

Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D-70569 Stuttgart

Masterarbeit

Design und Vergleich von in Benachrichtigungen integrierten Visualisierungen für Smartwatches

Mark Aukschat

Studiengang: Informatik

Prüfer/in: Prof. Dr. Thomas Ertl

Betreuer/in: Dr. Tanja Blascheck

Beginn am: 2. April 2019

Beendet am: 2. Oktober 2019

Kurzfassung

Smartwatches setzen sich immer stärker als Accessoire am Handgelenk durch. Maßgeblich dafür ist auch ihre Vielseitigkeit, gefördert durch eine Vielzahl verbauter Sensoren. Mit diesen Sensoren lassen sich verschiedene persönliche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten erfassen. In dieser Arbeit untersuchen wir, wie diese persönlichen Daten für die Anzeige in Benachrichtigungen auf Smartwatches visualisiert werden können.

Dabei betrachten wir alle Einflüsse, welche für das Design solcher Visualisierungen beachtet werden müssen. Dazu gehören die Aktivitätswerte, welche sich mit der Sensorik von Smartwatches messen lassen und die Frage, welche dieser Daten einen guten Maßstab für einen gesunden Lebensstil darstellen. Außerdem untersuchen wir, welche Erkenntnisse Nutzende aus ihren Daten ziehen wollen oder wie diese Daten zur gezielten Verhaltensänderung der Benutzenden eingesetzt werden können. Zusätzlich betrachten wir Benachrichtigungen und die Smartwatch als Anzeigekontext für unsere Visualisierungen und wie dies während dem Designprozess beachtet werden muss.

Unter Berücksichtigung dieser Einflüsse spannen wir den Design Space mit der Dimensionen-Methode auf. Die Hauptdimensionen sind dabei Daten (welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten werden angezeigt), Zeit (auf welchen Zeitraum beziehen sich diese Daten), Aufgabe (welche Aufgabe erfüllt die Visualisierung) und Abstraktion (welches Diagramm oder welche Metapher wird genutzt um die Daten zu abstrahieren). Für alle Dimensionen schlagen wir mögliche Ausprägungen vor. Im Falle der Aufgaben-Dimension sind dies: *Status*, *Übersicht*, *Trends/Muster Erkennen*, *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt Unterstützen*.

Mit Hilfe dieses Design Space untersuchen wir bestehende Visualisierungen, um den Bedarf für neue Konzepte zu ergründen. Unter Nutzung einer tabellarischen und zweidimensionalen Darstellung zeigen wir auf, dass für die Aufgaben *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt Unterstützen* ein Mangel an verfügbaren Visualisierungen besteht, weshalb wir — speziell für diese, aber auch andere Aufgaben und Eigenschaften — neue Visualisierungskonzepte präsentierten. Diese Konzepte testen wir anschließend nach subjektiven Kriterien in einer Onlineumfrage und nach objektiven Kriterien in einer kontrollierten Studie. Unsere Konzepte für den *Sozialen Vergleich* kommen dabei auf durchschnittliche Antwortzeiten von 675-1399 ms und eine Fehlerfreiheit von 94-99%. Für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* können wir Konzepte präsentieren, welche die Benutzenden dazu anregen ihre persönlichen Aktivitätsziele höher anzusetzen, um sie so auf dem Weg zu einem aktiveren Leben zu unterstützen. Abschließend diskutieren wir, welche Implikationen die Ergebnisse für das Design mit sich bringen und wie weitere Forschungsansätze aussehen könnten.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	ix
1. Einleitung	1
1.1. Ausgangssituation	1
1.2. Problemstellung	3
1.3. Gliederung	4
2. Verwandte Arbeiten	5
2.1. Personal und Lived Informatics	5
2.2. Visualisierung	10
2.3. Smartwatches	12
3. Grundlagen der Visualisierung	15
3.1. Der Visualisierungsprozess	15
3.2. Aufgaben einer Visualisierung	17
3.3. Diagrammtypen für die Datenvisualisierung	23
4. Datengrundlage	31
4.1. Wearables und Sensorik	32
4.2. Recherche der Verfügbaren Datengrundlage	42
4.3. Indikatoren für Einen Gesunden Lebensstil	49
4.4. Zusammenfassung	56
5. Design Space — Kontext	57
5.1. Anzeigekontext Benachrichtigung	57
5.2. Anzeigemedium Smartwatch	62
5.3. Strategien und Techniken der Gesundheitstechnologie	69
5.4. Zusammenfassung	74
6. Design Space — Entscheidungen	75
6.1. Übersicht Dimensionen	75
6.2. Hauptdimensionen	77
6.3. Eigenschaften	81
6.4. Zusammenfassung	85
7. Design Space — Visualisierungen	87
7.1. Analyse Bestehender Visualisierungen	87
7.2. Vorschläge für Neue Visualisierungen	93

7.3. Zusammenfassung	99
8. Vorstudie	101
8.1. Aufbau	102
8.2. Ergebnisse	104
8.3. Diskussion	110
8.4. Zusammenfassung	112
9. Hauptstudie	113
9.1. Studienaufbau	113
9.2. Ergebnisse	119
9.3. Diskussion	124
9.4. Zusammenfassung	127
10. Zusammenfassung und Ausblick	129
10.1. Zusammenfassung	129
10.2. Ausblick	131
A. Anhang	135
A.1. Studiendaten	135
A.2. Studienergebnisse	135
Literaturverzeichnis	139

Abbildungsverzeichnis

1.1. Einflüsse auf die Aufgabenstellung	3
2.1. Visualisierungen von Ungewissheit in Fitnessdaten	11
2.2. Beispiel Mikrovisualisierungen: GSparks	12
3.1. Visualisierungspipeline nach Card	16
3.2. Beispiele Balkendiagramm 1	24
3.3. Beispiele Balkendiagramme 2	25
3.4. Beispiele Füllflächendiagramme	26
3.5. Beispiele Kreisdiagramme	27
3.6. Beispiele Weitere Diagramme 1	28
3.7. Beispiele Piktogramme	29
3.8. Beispiele Weitere Diagramme 2	30
4.1. Sportuhren	33
4.2. Fitness-Tracker	34
4.3. Smartwatches	35
4.4. Hybrid-Uhren	36
5.1. Benachrichtigungen Fitbit	60
5.2. Benachrichtigung Smartwatches	60
5.3. Benachrichtigungen in Wear OS	62
5.4. Displayformen Smartwatch	66
5.5. Smartwatch Komplikationen	67
5.6. Smartphone Widget	68
6.1. Zusammenhänge Dimensionen	76
6.2. Beispiel Zusammenhang Aktivitätswerte	83
7.1. Übersicht Design Space	89
7.2. Verschiedene Visualisierungen	92
7.3. Visualisierungen: Aktueller Zustand	94
7.4. Visualisierungen: Zwischenziele	95
7.5. Visualisierungen: Mustererkennung	95
7.6. Visualisierungen: Fortschritt Unterstützen	96
7.7. Visualisierungen: Vergleich mit Wenigen	98
7.8. Visualisierungen: Vergleich Mit Großer Population	99
7.9. Visualisierungen für Onlineumfrage	100
8.1. Ablauf Umfrage	103

9.1. Stimuli Studie	117
9.2. Versuchsaufbau	118
9.3. Antwortzeiten Vergleich Vier	121

Tabellenverzeichnis

4.1. Übersicht Sensorik in Wearables	45
4.2. Übersicht Messwerte von Wearables	45
6.1. Ausprägungen Daten	77
6.2. Ausprägungen Zeit	79
7.1. Eigenschaften Visualisierungen	90
8.1. Interesse in Aufgaben	106
8.2. Bewertung Konzepte Vergleich	108
8.3. Bewertung Konzepte Fortschritt	109
9.1. Antwortzeiten Vergleich	121
9.2. Ranking Fortschritt Unterstützen	122
A.1. Mögliche Kombinationen Fortschritt Unterstützen	135
A.2. Ranking Ästhetik	136
A.3. Ranking Effizienz	136
A.4. Ranking Vertrauen in Korrektheit	137
A.5. Ranking Zielanpassung	137

1. Einleitung

Dieses Kapitel dient dazu einen Überblick über die Ausgangssituation zu liefern, welche das Verfassen dieser Arbeit motivierte. Es wird außerdem auf Problemstellungen eingegangen und die weitere Gliederung dieser Arbeit beschrieben.

1.1. Ausgangssituation

Der weltweite Markt für Smartwatches ist stark am Wachsen. Als bezahlbares und multifunktionales Gerät übernehmen Smartwatches langsam die Rolle des bevorzugten Zeitmessers von den herkömmlichen analogen Armbanduhren. Der starke Fokus einiger Hersteller auf das Design ästhetisch ansprechender Smartwatches führt zu der Prognose [JKC16], dass die Smartwatch über kurz oder lang die Schweizer Armbanduhr in ihrer Rolle als beliebtestes Luxusfashion-Accessoire ablösen wird. Im Jahr 2017 wurden laut einem Report von *ResearchAndMarkets* global 12,45 Milliarden US Dollar mit dem Verkauf von Smartwatches umgesetzt [RM19]. Laut diesem Report wird in den USA für 2019 ein Wachstum von 60% erwartet, was dazu führen würde, dass etwa 15% aller Konsumenten eine Smartwatch besitzen.

Ohne Zweifel macht gerade die Vielseitigkeit der Smartwatches die Geräte so beliebt. Sie beschränken sich nicht nur auf das reine Zeitablesen, sondern können auch Benachrichtigungen und E-Mails anzeigen, über das Wetter informieren oder Musik abspielen. Die verbaute Hardware eröffnet ein weiteres Feld an Möglichkeiten. Die neueste Generation von Smartwatches verfügt über diverse Sensorik zur Messung von Aktivitätsdaten wie Herzfrequenzmesser, Beschleunigungsmesser oder Höhenmeter. Derartige Sensoren waren bisher vorwiegend in spezialisierten Wearables wie Fitness-Trackern oder zweckorientiertem Sportequipment, beispielsweise Laufuhren oder Pulsgurten, zu finden.

Dank dieser Sensorik eignen sich Smartwatches bestens als Werkzeuge zur Selbstvermessung von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten. Eine *YouGov* Studie [You16] zeigte, dass bereits 30% aller Deutschen ihre eigenen Aktivitätsdaten regelmäßig messen. Über die Hälfte derer, die ihre Aktivitätsdaten noch nicht selber messen, planen dies in Zukunft zu tun. Allgemein spielt die Selbstvermessung des Menschen eine immer größer werdende Rolle. Ihren bisherigen Höhepunkt hat sie in Form der *Quantified Self* Bewegung gefunden, die 2007 von den beiden *Wired Magazin* Herausgebern Gary Worf und Kevin Kelly begründet wurde [Lup14]. Dabei handelt es sich um ein Netzwerk an Personen, die sich der Selbstvermessung verschrieben haben und regelmäßig über entsprechende Software, Hardware und Methoden in Foren oder auf Tagungen austauschen.

Ein weiterer — eher bedenklicher — Trend der heutigen Zeit ist ein weitestgehend inaktiver Lebensstil. Ein Mangel an Bewegung kann zu gesundheitlichen Problemen wie Herzerkrankungen und Fettleibigkeit führen [REP+19]. Um dieser Entwicklung entgegen zu treten, veröffentlichte die Weltgesundheitsbehörde eine wöchentliche Aktivitätsempfehlung¹ die unter anderem auch vom Deutschen Bundesministerium für Gesundheit [PBF+17] aufgegriffen wurde. Studien zeigten jedoch, dass diese Empfehlungen nur bedingt eingehalten werden [CFSL10] oder die Leute sogar fest davon überzeugt sind, die Empfehlungen einzuhalten, obwohl eine stichprobenartige Kontrolle bewies, dass dem nicht so ist [TWB11].

Um dieser problematischen Entwicklung der gesundheitlichen Lage in der Bevölkerung entgegen zu wirken, müssen Wege gefunden werden, die Menschen von einem aktiveren Lebensstil zu überzeugen. Um dies zu erreichen, sollten sie auf ihrem Weg dorthin durch motivierende Maßnahmen unterstützt und ihnen eine korrekte Einschätzung ihrer Leistung ermöglicht werden [CESL06]. Smartwatches und andere Wearables können dabei eine wichtige Rolle spielen. Sie dienen als Medium, um die Aktivität der Tragenden zu protokollieren, die gesammelten Daten informativ darzustellen und motivierend zu wirken.

Die grundlegende Wirksamkeit eines solchen Vorgehens wurde bereits untersucht. So konnte beispielsweise schon eine mobile App mit simpler Schrittzählerfunktion über eine Testperiode von fünf Wochen zu einer signifikanten Aktivitätssteigerung führen [WCH+16]. Auch für Fitness-Tracker konnten positive Effekte bezüglich der Aktivität der Tragenden festgestellt werden [WCA+16]. Über einen Zeitraum von drei bis acht Wochen konnten Aktivitätssteigerungen nachgewiesen werden [WCA+16]. Auf lange Sicht gesehen (zwanzig oder mehr Wochen) schnitten die Fitness-Tracker-Tragenden jedoch gleich oder sogar schlechter ab als die Kontrollgruppe [REP+19]. Strategien zur Motivation für ein erfolgreiches Langzeitengagement scheinen also erforderlich.

Um die Benutzenden aktiv unterstützen und beeinflussen zu können, braucht es eine von der Applikation getriebene Nutzung. Benachrichtigungen stellen auf Smartwatches dafür ein effektives Werkzeug dar. Je nach Kontext können die Benutzenden zu regelmäßigen Zeiten oder wenn gewisse Bedingungen erfüllt sind, auf der Smartwatch per Benachrichtigung informiert werden. Das Betrachten der so gesendeten Informationen wird von der Applikation initiiert und nicht von den Benutzenden. Dies unterscheidet sich von einer vom Benutzenden getriebener Interaktion, wenn diese aktiv eine Applikation starten, um ihre Daten zu betrachten.

Die meiste Benutzerinteraktion mit der Smartwatch beschränkt sich auf flüchtige Blicke, die unter fünf Sekunden andauern [PBML16]. Der Inhalt einer Benachrichtigung auf der Smartwatch sollte folglich schnell ersichtlich und aussagekräftig sein. Das kleine Display von Smartwatches ist dabei Vor- wie Nachteil. Es steht nur wenig Platz zur Verfügung, alles Angezeigte kann dafür aber auf einen Blick erfasst werden. Sogenannte *Mikrovisualisierungen* [BBB+19], [Bra14], [NSL+19] sind dabei ein relativ neues Forschungsgebiet der Visualisierungstechnik.

Ein weiterer Faktor ist, dass täglich unzählige Benachrichtigungen eine oder einen jeden Benutzenden erreichen [WVLH16]. Diese Vielzahl an Nachrichten wird nicht immer positiv aufgefasst und kann von vielen Nutzenden als störend empfunden werden [YLG17]. Es gilt

¹<https://www.who.int/behealthy/physical-activity>

also Quantität und Qualität der gesendeten Benachrichtigungen zu berücksichtigen, damit diese nicht ignoriert oder gar als störend empfunden werden.

1.2. Problemstellung

Sollen persönliche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Benachrichtigungen auf Smartwatches visualisiert werden, muss folglich ein breites Feld an Einflüssen in Betracht gezogen werden. Abbildung 1.1 liefert einen groben Überblick über die verschiedenen Bereiche. Aufgabe dieser Arbeit ist, es all diese Bereiche zu betrachten und zu entscheiden, welche Wichtigkeit sie für den Designprozess einer Visualisierung besitzen.

Zunächst stellt sich die Frage, welche Aktivitätsdaten dank automatischer Erfassung der Smartwatch oder anderer Wearables typischerweise zur Verfügung stehen. Dies soll in einer ausführlichen Recherche herausgefunden werden. Dabei lohnt es sich auch einen Blick darauf zu werfen, welche dieser Werte einen guten Indikator für einen gesunden Lebensstil geben. Im Folgenden soll die Beziehung zwischen Benutzenden und Benachrichtigungen sowie der Smartwatch unter die Lupe genommen werden. Es soll geklärt werden, welches Maß an Benachrichtigungen und welcher Inhalt bevorzugt werden. In ihrer Rolle als Anzeigemedium muss die Smartwatch aus HCI- und Visualisierungssicht analysiert werden. Darüber hinaus existieren Strategien und Designs, um die Nutzenden von Fitness-Apps und Fitness-Trackern positiv zu beeinflussen.

Mit Hilfe dieser gesammelten Informationen gilt es dann, einen Design Space für Visualisierung aufzuspannen. In Smartphone Apps, auf Fitness-Trackern und Smartwatches gibt es bereits Visualisierungen für Aktivitäts- und Gesundheitsdaten. Diese sollen in den Design Space eingeordnet werden, um den Design Space zu analysieren und eventuelle Lücken zu erkennen. Diese Lücken sollen dann — wo Bedarf besteht — mit eigens entwickelten

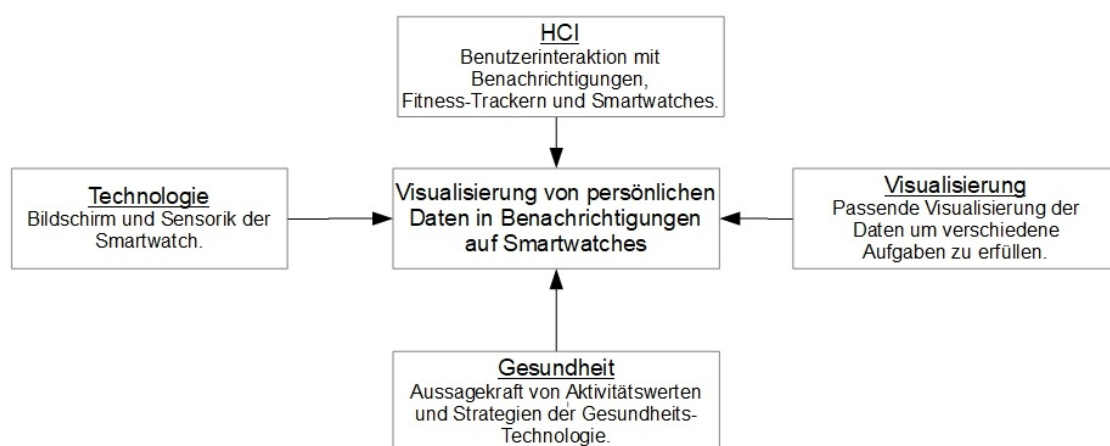


Abbildung 1.1.: Verschiedene Themengebiete haben einen Einfluss auf die Aufgabenstellung dieser Arbeit. Diese Einflüsse sollten untersucht und bedacht werden, wenn der Design Space aufgespannt wird und Visualisierungen entworfen werden.

Visualisierungen gefüllt werden. Abschließend sollen diese Visualisierungen in einer Studie auf ihre Tauglichkeit untersucht werden.

1.3. Gliederung

Die Arbeit ist in folgender Weise gegliedert:

Kapitel 2 – Verwandte Arbeiten: Dieses Kapitel befasst sich mit verwandten Arbeiten zum Thema.

Kapitel 3 – Grundlagen der Visualisierung: Hier werden die für das Verständnis des Designvorgangs benötigte Grundlagen aus dem Fachgebiet der Visualisierung behandelt.

Kapitel 4 – Datengrundlage: Um zu erfahren, welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten zur Verfügung stehen, wurde eine Recherche durchgeführt, deren Ergebnisse in diesem Kapitel präsentiert werden. Außerdem wird diskutiert, welchen Mehrwert die verschiedenen Daten für die Benutzenden haben.

Kapitel 5 – Design Space — Kontext: Der Kontext in welchem die Daten angezeigt werden sollen, beeinflusst die weiteren Design Entscheidungen. Wie das Anzeigemedium (Benachrichtigung auf Smartwatch) während des Designvorgangs beachtet werden muss und welche Strategien aus der Selbstvermessung und Gesundheitsforschung einen Einfluss haben, wird in diesem Kapitel vorgestellt.

Kapitel 6 – Design Space — Entscheidungen: Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Kapitel 5 wird nun der Design Space für die Visualisierung von persönlichen Aktivitätsdaten in Benachrichtigungen auf Smartwatches aufgespannt. Dafür werden die Dimensionen und Eigenschaften des Design Space sowie ihre möglichen und sinnvollen Ausprägungen detailliert beschrieben.

Kapitel 7 – Design Space — Visualisierungen: Nachdem der Design Space aufgespannt wurde, beschäftigt sich dieses Kapitel damit, bestehende Visualisierungen für persönliche Aktivitätsdaten zu analysieren und in den Design Space einzuordnen. Außerdem werden eigene Vorschläge skizziert, wie weitere Visualisierungen im Design Space aussehen könnten.

Kapitel 8 – Vorstudie: Kapitel 7 zeigt, dass für einige Bereiche im Design keine Visualisierungen in kommerziellen Produkten oder in der Wissenschaft existieren. Aus diesem Grund wurden in einer Onlineumfrage Visualisierungen, welche diese Lücken füllen, vorgestellt und von den Teilnehmenden nach verschiedenen Kriterien bewertet.

Kapitel 9 – Hauptstudie: Abschließend wurden jene Visualisierungen, die in der Onlineumfrage am besten abschnitten, in einer kontrollierten Studie weiter untersucht.

Kapitel 10 – Zusammenfassung und Ausblick: Die Ergebnisse der Arbeit werden zusammengefasst und Anknüpfungspunkte für zukünftige Weiterentwicklung vorgestellt.

2. Verwandte Arbeiten

Wie in Abschnitt 1.2 beschrieben, haben unterschiedliche Forschungs- und Themengebiete Einfluss auf die Aufgabenstellung dieser Arbeit. Um wichtige Terminologien zu erläutern und ein Überblick über den aktuellen Stands der Forschung zu erhalten, werden verschiedene Ansätze und Erkenntnisse aus den jeweiligen Gebieten vorgestellt.

Die Selbstvermessung des Menschen ist kein komplett neues Phänomen. Früher dienten noch Stift und Papier zur Dokumentation, heute übernehmen elektronische Tracking-Werkzeuge in Form von Wearables oder Apps auf dem Smartphone diese Aufgabe automatisiert. Auf diese Weise gesammelte Informationen dienen als Datengrundlage der Aufgabenstellung dieser Arbeit, weswegen in Abschnitt 2.1 Arbeiten vorgestellt werden, die sich mit dem Prozess der Selbstvermessung beschäftigen.

Die (abstrakte) Darstellung von Informationen fällt in das Forschungsgebiet der Visualisierung. Abschnitt 2.2 liefert einen Überblick über jene Teilbereiche der Visualisierung, welche für diese Arbeit von Interesse sind. Dies wären zum einen visuelle Darstellung, die explizit für persönliche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten entwickelt wurden. Zum anderen wäre dies das als „*Mikrovisualisierungen*“ bezeichnete Teilgebiet, welches sich mit der Darstellung von Daten auf kleinen Bildschirmen befasst.

2.1. Personal und Lived Informatics

Als *Personal Informatics* wird das Forschungsgebiet der Selbstvermessung des Menschen bezeichnet. Von Interesse ist dabei wie die persönlichen Daten gesammelt werden und welche Erkenntnisse eine Person aus diesen Daten gewinnen kann. Li et al. [LDF+11] definierten den Begriff *Personal Informatics* als „Klasse von Systemen, die Personen dabei unterstützen persönliche Daten zu sammeln und dadurch das Wissen über das eigene Selbst zu verbessern“.

Rooksby et al. [RRMC14] kritisieren Li et al.'s Definition, da in dieser die Technologie in den Mittelpunkt gerückt und nicht auf den Menschen, sein Verhalten und seine Interessen eingegangen wird. Gerade in Bezug auf das Tracking von Aktivitätsdaten stellten Rooksby et al. in ihrer Studie fest, dass Personen unterschiedliche Gründe für das Messen ihrer Daten haben und sich meistens mit anderen Personen vergleichen, wodurch die betrachteten Daten nicht immer gänzlich „persönlich“ sind. Rooksby et al. schlagen deswegen alternativ den Begriff *Lived Informatics* vor, um die Benutzung von Aktivitäts- und Fitness-Tackern zu charakterisieren.

Wir unterstützen die Auslegung von Rooksby et al., da sie den gesamten Kontext des Tracking Vorgangs besser erfasst. Die eigenen Aktivitätswerte zu messen und daraus Erkenntnisse zu gewinnen, stellt natürlich den Kern des Aktivitäts-Tracking dar [CS16], [SL17].

Gerade aber auch soziale Interaktion in Form von Vergleichen und Feedback [CESL06], [JDK+16], sowie unterschiedliche Interessen der Benutzenden an den gemessenen Daten [FFD12], [LDF11] können eine wichtige Rolle spielen. Folglich sollten alle diese Faktoren beachtet werden, wenn man sich mit persönlichen Aktivitätsdaten beschäftigt.

Unabhängig von der verwendeten Terminologie bildet die Selbstvermessung den Kern der *Personal Informatics* wie auch der *Lived Informatics*. Der folgende Unterabschnitt stellt Literatur vor, die sich mit dem Prozess der Selbstvermessung auseinandersetzt.

2.1.1. Selbstvermessung

Während die Selbstvermessung (engl.: self-tracking) die gängigste Bezeichnung für den Prozess der Aufzeichnung persönlicher Aktivitäts- und Gesundheitsdaten ist, gibt es eine Vielzahl anderer Begriffe, welche synonym verwendet werden. Zu diesen gehören beispielsweise die Selbstüberwachung (engl.: self-monitoring), die Selbstquantifizierung (engl.: self-quantifying) und das eingedeutschte „Body Hacking“. Dies kann für Unklarheiten sorgen, da etwa der Begriff Selbstüberwachung auch in der Psychologie Verwendung findet [Sny79]. In dieser Arbeit wird konsequent die Bezeichnung Selbstvermessung verwendet, selbst wenn in der behandelten Literatur ein anderer Begriff genutzt wurde.

Die Selbstvermessung stellt ein wichtiges Werkzeug dar, um Verhaltensänderungen bei Menschen zu bewirken. Deswegen wird sie oft von ärztlicher Seite im Rahmen einer gesundheitlichen Maßnahme verschrieben. Sie kann etwa zu einem aktiveren Lebensstil beitragen [MA08] oder eine kontrollierte Gewichtsreduktion mit anschließendem Halten des erreichten Körpergewichts unterstützen [LMP16].

Ärztlich verschriebene Maßnahmen stellen jedoch einen Extremfall und nicht die Norm dar. Der Prozess der Selbstvermessung wurde schon lange von den unterschiedlichsten Personenkreisen betrieben, aber gerade dieser Tage entwickelte er sich zu einem Phänomen, zu einer regelrechten „Selbstvermessungskultur“ [Lup14]. Dabei stellt sich natürlich auch die Frage, warum Personen sich selbst vermessen. Nur zum Spaß? Oder haben sie es zum Ziel auch Erkenntnisse aus den Daten zu gewinnen? Mehrere Studien beschäftigten sich mit dieser Fragestellung. Li et al. [LDF11] versuchten zu verstehen, welche Informationen Personen aus ihren gemessenen Daten ziehen wollen. Dazu führten sie eine Befragung durch, mit Hilfe welcher sie sechs grundlegende Fragestellungen die Teilnehmenden an ihre Daten feststellten. Choe et al. [CLL+14], [CLms15] untersuchten wie Quantified-Selfer ihre Daten und die daraus gewonnenen Einsichten auf Tagungen präsentierten. Dadurch ließen sich Rückschlüsse auf das Interesse der Vortragenden für verschiedene Einsichten und Informationen gewinnen.

Explizit mit den Gründen für das Tracking von persönlichen Aktivitätsdaten befassten sich Rooksby et al. [RRMC14]. Mit Hilfe einer Befragung kategorisierten sie Personen, die ihre persönlichen Aktivitätsdaten messen, in fünf verschiedene Tracking-Typen. Diese Kategorien waren zum einen zielgerichtetes, dokumentarisches oder diagnostisches Tracking, welches jeweils die Verbesserung der eigenen Person zum Ziel hatte. Zum anderen gab es den Tracking-Typ, der nur seine Werte misst, um Belohnungen und Erfolge zu sammeln. Für ihn war das Ganze nicht viel mehr als ein Spiel. Der letzte Typ wurde als „Tracking

Fetischist“ betitelt und umfasst jene Leute, die Tracking um des Trackings willen betreiben und kein tiefgründigeres Interesse am eigentlichen Informationsgehalt der Daten haben.

Zu verstehen, welche Einsichten und Informationen Tracker aus persönlichen Aktivitätsdaten gewinnen wollen, kann für diese Arbeit hilfreich sein. Aus ihnen lässt sich ableiten welche verschiedenen Aufgaben Visualisierungen für Aktivitätsdaten erfüllen sollen. Im nächsten Kapitel (siehe Abschnitt 3.2) wird ausführlicher auf diese Thematik eingegangen.

Wenn über Selbstvermessung diskutiert wird, sollte auch erwähnt werden, dass der Prozess an sich nicht frei von Problemen ist. Gerade neue Anwendende betrachteten die Sammlung von Daten häufig als eine Bürde oder begingen im Auswertungsprozess Fehler, die es ihnen erschwerten oder unmöglich machten brauchbare Erkenntnisse zu gewinnen [RC16]. Andere Probleme ergeben sich aus der Komplexität und Anzahl an getrackten Daten. Eppstein et al. [ECB+14] untersuchten, wie Kontext zwischen verschiedenen Messwerten im Alltag hergestellt werden kann, um Zusammenhänge besser zu verstehen. Wie eine langzeitige Datensammlung über Jahre hinweg unterstützt werden kann wurde von van Berkel et al. [vBLF+15] betrachtet.

2.1.2. Tracking Werkzeuge

Der Begriff Fitness-Tracker ist in seiner Formulierung schwammig. Primär umfasst er eigenständige, elektronische Geräte, die meistens am Handgelenk, gelegentlich auch an der Hüfte oder um den Hals getragen werden. Diese begriffliche Verwendung unterstützen wir in dieser Arbeit. Alternativ werden gelegentlich auch Apps auf dem Smartphone, die zum Messen von Aktivitätsdaten dienen, als Fitness-Tracker bezeichnet. Um zwischen dem Gerät und der App eine klare Unterscheidung zu haben, wird im Folgenden der Begriff Tracking-App verwendet.

Fitness-Tracker

Fitness-Tracker werden als wichtige Werkzeuge auf dem Weg zu einem gesünderen und aktiveren Lebensstil betrachtet. Ein positiver Effekt bezüglich der täglichen Aktivität der Tragenden konnte über den Zeitraum von acht Wochen nachgewiesen werden [WCA+16]. Doch sie stellen nicht nur ein Werkzeug zur Verhaltensänderung dar, sondern sie bieten darüber hinaus neue soziale Erfahrungen und neue Wege das eigene Selbstvertrauen zu erhöhen [KGHF16].

Wie jede Technologie sind Fitness-Tracker auch nicht frei von Problemen. Eine Betrachtung der Langzeitentwicklung offenbarte, dass nach zwanzig Wochen Fitness-Tracker-Tragende in ihrem Aktivitätslevel gleich oder sogar schlechter als die Kontrollgruppe abschnitten [REP+19]. Liang et al. [LXL+18] testeten die tatsächliche und wahrgenommene Usability von verschiedenen Fitness-Trackern. Letztere fiel dabei durchweg nicht zufriedenstellend aus. Nach objektiven wie subjektiven Maßstäben besteht also Verbesserungsbedarf bezüglich des Designs von Fitness-Trackern.

Wie genau diese Verbesserung des Designs aussehen könnte, wurden von einige Studien untersucht [CESL06], [FHMZ14] [PR14]. Dabei ergaben sich eine Reihe von Schlüsselanforderungen, die von Fitness-Trackern erfüllt werden sollten. Erstens soll den Benutzenden angemessene Anerkennung für ihre Leistung geben werden. Die Anzahl der täglichen Schritte, welche oft als Maßstab für Aktivität genommen wird, spiegelt keine anderen Aktivitäten wie Radfahren, Yoga oder Krafttraining wieder. Zweitens soll den Nutzenden ein persönliches Bewusstsein für das eigene Aktivitätslevel zur Verfügung gestellt werden. Drittens müssen die Beschränkungen durch den Lebensstil einer und eines jeden Benutzenden einbezogen und ihre Leistung den Umständen entsprechend bewertet werden. Viertens sollte eine Aktivitätssteigerung aufrechterhalten werden und ein durch den Fitness-Tracker ausgelöster positiver Wandel unterstützt werden.

Als eine mögliche Langzeitmotivation der Nutzenden wurde die Unterstützung sich ändernder Wettbewerbe, Belohnungen und Trophäen gefordert, um das System für die Benutzenden interessant zu halten. Dies sind typische Elemente der Gamification [AWR15]. Diese entlehnt Techniken, die in Spielen verwendet werden, ohne jedoch selber explizit ein Spiel zu sein [BL13]. Sie nutzt das dem Menschen angeborene Verlangen wahrgenommen zu werden und sofortiges (positives) Feedback zu erhalten, um Verhaltensänderungen herbeizuführen oder das Engagement der Nutzenden voranzutreiben [SHMM17]. Es wurde gezeigt, dass Gamification verwendet werden kann, um positive Verhaltensänderungen zu Gesundheitszwecken zu erzeugen [JDK+16], [SF15]. Gamification stellt also ein wichtiges, aber nur bedingt genutztes Werkzeug dar.

Wettkämpfe stellen einen sozialen Einfluss dar, da man sich mit anderen Nutzenden vergleicht. Soziale Interaktion kann jedoch auch anderweitig genutzt werden, etwa durch Lob oder Ratschläge anderer Nutzenden. Die allgemeine Kommunikation mit anderen Nutzenden kann dabei einen positiven Effekt haben. Kritzberg et al. [KDV+16] untersuchten, welche Informationen Besitzenden von Fitness-Trackern anderen Personen mitteilten und wie dies geschah. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass jegliche Form der Unterhaltung mit anderen Personen über gemessene Aktivitätsdaten eine essenzielle Rolle für den Erhalt der Motivation spielen kann.

Neben dem psychologischen Effekt von Fitness-Trackern lässt sich auch deren Leistung als Messwerkzeug bewerten. Kamišalić et al. [KFTK18] untersuchten, welche verschiedenen Sensoren zur Messung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Fitness-Trackern verbaut sind. Die Genauigkeit dieser Sensorik kann dabei Aufschluss darüber geben, wie exakt die von einem Fitness-Tracker gemessenen Werte tatsächlich sind. Verschiedene Studien [EGF15], [WBD+17], [CSKB03] beschäftigten sich mit dieser Thematik. Sie kamen einheitlich zu dem Ergebnis, dass große Schwankungen in der Messgenauigkeit bezüglich diverser Werte wie Schrittzahl, Herzfrequenz, Energieverbrauch, Distanz und Schlaf bestehen. Selbst Modelle einer einzelnen Marke wiesen große Unterschiede in den gemessenen Werten auf, da je nach Baujahr und Preisklasse verschiedenwertige Sensorik verbaut war. Dies sollte bei der Bewertung und Darstellung von Aktivitätsdaten im Hinterkopf behalten werden.

Gesundheits- und Fitness-Apps

Fitness-Apps sind noch beliebter als Fitness-Tracker. Dies ist wenig verwunderlich. Circa 68% aller Deutschen [Bit18] besitzen ein Smartphone, womit die Anzahl der Besitzer

von Smartphones jene von Fitness-Trackern bei Weitem übersteigt. Da in modernen Smartphones Sensoren wie Beschleunigungsmesser verbaut sind, kann das Smartphone mit Hilfe einer entsprechenden App als Tracking-Werkzeug verwendet werden. In den USA hatte bereits über die Hälfte aller Smartphone-Besitzenden einmal eine Gesundheitsapp auf ihrem Gerät installiert [KD15]. Als Grund für die Benutzung einer Gesundheitsapp nannten die Benutzenden das Tracken von Aktivitätsdaten, die Ernährung festzuhalten oder das Tracken von Gesundheitsdaten. Es zeigte sich aber auch, dass fast die Hälfte der Nutzenden die App nicht mehr regelmäßig verwendeten oder deinstalliert hatte.

Die Anzahl der verfügbaren Gesundheits- und Fitness-Apps ist gewaltig. Im *Google Play Store* sind zum aktuellen Zeitpunkt knapp 40.000 Gesundheits- und Fitness-Apps verfügbar [App19a], der *Apple App Store* bietet knapp 50.000 zum Download an [App19b]. Verschiedene Versuche wurden getätigt, einen Überblick über die Vielzahl an Apps zu bekommen. Seabrook et al. [SSS+14] und Xu et al. [XL15] untersuchten die Gesundheits- und Fitnessapps aus beiden genannten Stores und kategorisierten sie. Die Kategorien waren unter anderem von der Zielgruppe (privat oder beruflich), den Hauptfunktionen (Tracking, Ernährung, informativ) und dem Gesundheitsgebiet abhängig. Für diese Arbeit sind nicht alle dieser Apps von Interesse, sondern nur die Tracking-Apps.

Dass eine Person verschiedene Tracking-Apps oder sogar Fitness-Tracker verwendet, ist nicht ausgeschlossen. Gerade Apps sind häufig auf Ernährung oder bestimmte Aktivitäten wie Joggen spezialisiert. Dies hat den Nachteil, dass die Daten auf verschiedene Apps verteilt und meist nicht zentral einsehbar sind. Eine gleichzeitige Einsicht aller Daten stellt in der Personal Informatics jedoch einen der zentralen Punkte dar, um maximalen Erkenntnisgewinn zu garantieren. Als Lösung für dieses Problem entwickelten Leijdeckers und Gay [LG15] mit *myFitnessCompanion@* eine App, welche Daten von diversen Fitness-Trackern und Tracking-Apps integrieren kann.

Eine solche App zur Verwaltung, Analyse und Anzeige aller Daten ist ein erstrebenswertes Ziel. Bestehende Apps folgen überwiegend nicht den empfohlenen Bewegungsrichtlinien [KSPP15], unterstützen keine wirkliche Verhaltensänderung [SCB15], besitzen keinerlei gemeinsame Standards (was die Datenintegration in eine zentrale App erschwerte) [vVBvG13] und sind zumeist von fragwürdiger Qualität, die sich darüber hinaus nur schwer bestimmen lässt [GWB16].

Helf et al. [HH16] empfahlen deswegen Schritte zur Besserung. Diese umfassten unter anderem eine einfache Integration von wissenschaftlich Erkenntnissen oder der Meinung von Experten. Außerdem forderten sie die Anwendung von Maßnahmen, welche auf die individuellen Bedingungen der Nutzenden eingehen sowie eingebaute Evaluationswerkzeuge, um die Ergebnisse zu verbessern. Wie aus den Designempfehlungen für Fitness-Trackern können aus diesen Vorschlägen wichtige Anforderungen für diese Arbeit gefunden werden. In Kapitel 4 wird in Abschnitt 4.3 diskutiert, welche Aktivitätsempfehlungen in der Literatur gefunden werden können.

Eine weitere Forderung von Helf et al. [HH16] war es, *Gamification* konsequent in den Apps zu implementieren. Edwards et al. [ELR+16] und Lister et al. [LWC+14] beschäftigten sich ausführlich mit *Gamification* in Apps. Beide kamen wie Helf et al. zu der Erkenntnis, dass nur ein geringer Anteil von Gesundheitsapps Elemente der Gamification verwendet.

2.2. Visualisierung

Wie im vorangehenden Abschnitt festgestellt, sind Fitness-Tracker in Form von Wearables und Tracking-Apps auf dem Smartphone keine Neuheiten. Diese greifen bereits auf Visualisierungen zurück, um die gemessenen Daten den Benutzenden zu präsentieren. Auch die Wissenschaft arbeitet daran neue Konzepte und Prototypen zu entwerfen. Literatur, die sich ausgiebig mit Visualisierungen von Aktivitätsdaten auseinandergesetzt hat, wird in Abschnitt 2.2.1 betrachtet.

Überwiegend findet die Einsicht der persönlichen Fitnessdaten noch auf einem Smartphone oder am Computerbildschirm statt. Die meisten Wearable Hersteller haben eine eigene mobile App oder Website entwickelt, auf welcher die gemessenen Werte betrachtet werden können. Sollen Daten jedoch auf dem kleinen Display eines Wearables wie einer Smartwatch angezeigt werden, stellen sich neue Herausforderungen an das Design der Visualisierung. Der Begriff *Mikrovisualisierung* wurde eigens für diese Darstellungsform geprägt [Bra14]. Abschnitt 2.2.2 behandelt Literatur zu diesem Forschungsgebiet.

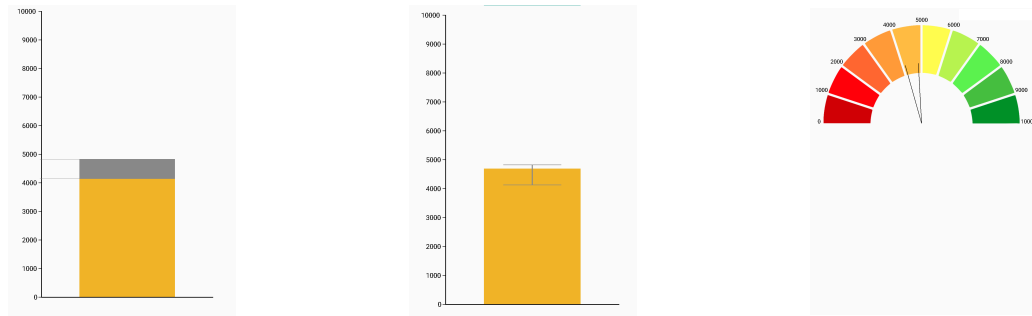
2.2.1. Visualisierung von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten

Eine Taxonomie für die Visualisierung von persönlichen Aktivitätsdaten präsentierten Alrehiely et al. [AEB18a]. Dazu erfassten sie die verwendeten Darstellungen in kommerziellen Produkten. Dabei bemängelten die Autoren, dass wichtige Eigenschaften und Anforderungen nicht erfüllt waren. Sie führten ebenfalls eine Befragung [AEB18b] durch, wie gut verschiedene Visualisierungstechniken für Fitness Daten geeignet sind. Dabei waren traditionelle Formen von Diagrammen wie das Säulen- oder Liniendiagramm deutlich beliebter als Metaphern. Außerdem gab es für beide Varianten verschiedene Möglichkeiten, die bewertet wurden.

Dass ein Bedarf für eine breite Palette an unterschiedlichen Visualisierungen der persönlichen Aktivitätsdaten existiert, wird in mehreren Studien aufgezeigt. Fan et al. [FFD12] sowie Li et al. [LDF11] kamen zu dem Schluss, dass unterschiedliche Bedürfnisse und Ziele einer oder eines Benutzenden verschiedene Perspektiven auf ihre oder seine Daten verlangen. Dies kann dadurch unterstützt werden, dass den Benutzenden eine Vielzahl an Visualisierungen zur Verfügung gestellt werden. Aus diesen kann dann eine passende Visualisierung vorgeschlagen werden oder die Benutzenden wählen jene selber aus, die sie für passend halten.

Choe et al. [CLms15] untersuchten, welche Visualisierungstechniken von *Quantified Selfern* bei ihren Präsentationen von persönlichen Daten verwendet wurden. Sechzehn verschiedene Visualisierungstechniken kamen zur Verwendung. Dabei waren viele der Anzeigarten ineffizient oder sogar fehlerhaft, da die Visualisierung nicht richtig verstanden wurde. Ein weiterer Punkt war, dass Annotationen in Form von Icons, Pfeilen und Texten häufig Kontext für die Daten gaben, der nicht in den Daten angezeigt werden konnte. Dies führte zu der Frage, wie viel Kontext gebraucht wird, um das Verständnis zu verbessern.

Einige Arbeiten beschäftigten sich mit speziellen Formen der Visualisierung. So stellten beispielsweise Liang et al. [LPL+16] mit *SleepExplorer* ein Visualisierungswerkzeug vor, das einen Kontext zwischen persönliche Schlafdaten und Alltagseinflüssen sichtbar machen soll.



(a) Gestapeltes Säulendiagramm

(b) Errorbar Säulendiagramm

(c) Speedometer

Abbildung 2.1.: Mögliche Visualisierungen für die Ungewissheit in Aktivitätsdaten nach Bulut[Bul15].

Fan et al. [FFD12] betrachteten, wie man die Schrittzahl abstrakt in Form von farblich kodierten Spiralen visualisiert. *QS Spiral* welches von Larsen et al. [LCJ13] entwickelt wurde, ist ebenfalls eine Spiralanordnung, um periodische Muster in Daten zu finden. Huang et al. [HTB16] untersuchten, wie aufgezeichnete Fitnessdaten sich in einem Kalender integrieren lassen.

In Abschnitt 2.1.2 wurde erläutert, dass Schwankungen in der Messgenauigkeit von Fitness-Trackern bestehen. Eine Möglichkeit mit diesen Schwankungen umzugehen wäre es, diese dem Betrachter in der Darstellung sichtbar zu machen. Damit, wie sich solche Ungenauigkeiten in gemessenen Aktivitätsdaten visualisieren lassen, beschäftigte sich Bulut [Bul15]. Abbildung 2.1 zeigt die drei von ihm entworfenen Konzepte. Mit Hilfe eines gestapelten Säulendiagramms, eines Säulendiagramms mit annotiertem Errorbar oder eines Speedometers wird die Ungewissheit in den Daten dargestellt.

Die Visualisierung von Ungewissheiten in Daten (engl.: Uncertainty Visualization) stellt ein Forschungsgebiet der Visualisierung dar. Gängige Methoden der Kodierung von Ungewissheiten in einer Visualisierung sind Glyphen in Form von Boxplots und Errorbars, Transparenz, Unschärfe und eine gezielte Farbwahl [MRO+12], [PWL97], [PRJ11], [SZB+09]. Auch wenn die Visualisierung von Ungewissheiten ein Werkzeug darstellt, um mit Ungenauigkeiten in den Aktivitätsdaten umzugehen, sollte die Verwendung gut bedacht sein. Boukhelifa et al. [BD09] kritisierten, dass die Visualisierung von Ungewissheiten die Betrachtenden verwirren und die gewonnene Erkenntnis aus den dargestellten Daten einschränken kann.

2.2.2. Mikrovisualisierungen

Wie die Visualisierung von Ungewissheiten stellt die *Mikrovisualisierung* einen Forschungsbereich der Visualisierung dar. Brandes [Bra14] verwendete den Begriff erstmals im Jahr 2014. Als *Mikrovisualisierung* bezeichnete er dabei hochauflösende Visualisierungen, welche für kleine bis mittelgroße Bildschirme gedacht sind. Diese Darstellungsform bringt dabei gewisse Vorteile mit sich. Dank des vergleichsweise kleinen Bildschirms, so argumentierte



Abbildung 2.2.: Anwendungsbeispiele für GSparks[NSL+19]: (a) Mehr Details und Informationen hinzufügen, (b) Anzeige komplexere Liniendiagramm auf Smartwatches mit rundem Display und (c) zur Einbettung in verschiedenen Apps, um die Nutzenden mit Entscheidungsaufgaben zu helfen.

Brandes, können alle in der Visualisierung dargestellten Informationen auf einen einzelnen Blick erfasst werden. Diese von Brandes geprägte Definition des Begriffes *Mikrovisualisierung* griffen verschiedene Arbeiten auf.

Blascheck et al. [BBB+19] untersuchten, wie schnell Personen Datenvergleichsaufgaben auf der Smartwatch mit verschiedenen Diagrammtypen korrekt lösen können. Dabei betrachteten sie Balken-, Radialbalken- und Donutdiagramme. *GSparks* (siehe Abbildung 2.2) ist ein von Netashi et al. [NSL+19] entwickelter Ansatz, um Liniendiagramme auf den Bildschirmen von Smartwatches effizient anzuzeigen. Dabei ließen sich durch die von Tufte [Tuf06] entwickelten *Sparklines* inspirieren.

Chen et al. [Che17] präsentierten eine Visualisierung um Zeitreihendaten auf kleinen Bildschirmen zu erkunden. Dabei werden an den Bildschirmrändern kontextuelle Darstellungen gezeigt und eine fokussierte Ansicht in der Mitte des Bildschirms. Wie sich multivariate Datensätze effizient auf den Bildschirmen von Smartphones darstellen lassen, untersuchten Brehmer et al. [BLIC19]. Sie verglichen dabei verschiedene Varianten von Scatterplots.

Es existieren auch andere kompakte und kleine Formen der Visualisierung. Willet et al. [WHA07] verwendeten kompakte Visualisierungen, um Oberflächen die zur Navigation in Informationsräumen dienen zu verbessern. Goffin et al. [GBWI17] untersuchten Anwendungen für im Text integrierte Graphiken. Beck et al. [BW17] präsentierten eine Übersicht verschiedener Graphiken von Buchstabengröße für wissenschaftliche Texte. Während diese auf den ersten Blick als *Mikrovisualisierungen* erscheinen, sind sie nicht explizit für die Darstellung von Daten auf kleine Bildschirme entworfen worden, sondern erfordern durch ihre Einbindung in einen Text oder die Eingabeoberfläche ihre kleine Darstellung. Dies sorgt für andere Anforderung, als für Brandes Auslegung.

2.3. Smartwatches

Seit knapp zwei Jahrzehnten sind Smartwatches kommerziell erhältlich [NR00]. Jedoch begannen sie erst in den letzten Jahren als massentaugliches Wearable in Erscheinung zu treten. Welche Rolle die Smartwatch dabei genau übernehmen sollte, war jedoch zunächst unklar. Studien [PBML16], [JKK+17], [VSvB+17] untersuchten das Trageverhalten von

Smartwatch-Besitzenden und versuchten daraus Schlüsse zu ziehen. Sie kamen zu der Erkenntnis, dass die Smartwatch primär als ein Begleiter für das Smartphone diene. Eingehende Informationen — wie Benachrichtigungen — konnten zum Beispiel auf der Smartwatch deutlich schneller, unauffälliger und weniger störend für das Umfeld betrachtet werden als auf dem Smartphone.

Eine andere Herangehensweise war die Frage nach den Erwartungen von Benutzenden an Smartwatches. „Was würde ich gerne machen?“, anstatt „Was kann ich schon machen?“ Cecchinato et al. [CCB15] gehörten zu den Ersten, die untersuchten, wie diese Erwartungen aussahen. Die Nutzenden wünschten sich dabei neue Funktionalitäten und ein ästhetischeres Design. Dass neue Funktionalitäten einer Smartwatch eine große Rolle für das Interesse von Leuten an einer Smartwatch spielt, stellten Hong et al. [HLH17] fest. Sie merkten aber auch an, dass es den Interessierten wichtig war, innovative Wege zu entdecken, aus der Smartwatch einen Nutzen zu ziehen.

Neben dem allgemeinen Trageverhalten, wurde auch die direkte Interaktion mit Smartwatches untersucht. Das kleine Display und die feste Position am Handgelenk brachten neue Herausforderungen, aber auch Möglichkeiten, mit sich. Die meiste Interaktion mit der Smartwatch findet durch flüchtige Blicke statt, welche im Durchschnitt weniger als fünf Sekunden andauern, [PBML16]. Dabei wird die Smartwatch typischerweise in einer Distanz von 28 Zentimetern, in einem Neigungswinkel von 50 Grad und in einem Winkel von 10 Grad zum Sichtfeld gehalten [BBB+18]. Während beides natürlich Verallgemeinerungen sind und nicht zwingend jede Smartwatchnutzung repräsentieren, sollten sie als Faktoren beim Design von Visualisierungen für die Smartwatch, wie auch beim Design von Studien, welche auf einer Smartwatch durchgeführt werden, im Hinterkopf behalten werden.

Nicht nur das Betrachten des Bildschirms, sondern auch eine Eingabe spielt für die Nutzung der Smartwatch eine Rolle. Motti et al. [MC15] untersuchten, welche Interaktionsmöglichkeiten mit Smartwatches beziehungsweise generell mit am Handgelenk getragenen Wearables bestehen. Die Autoren gehen auf die Herausforderungen für das Design von Geräten ein, welche mit einem kleinen Display und kurzer Interaktionsdauer (sogenannten „*Mikrointeraktionen*“) einhergehen.

Durch ein Touchdisplay und Sensoren zur Bewegungswahrnehmung ergeben sich verschiedene Bedienmöglichkeiten für die Smartwatch, welche über gewöhnliches „Knöpfe drücken“ hinaus gehen. Interaktionsmöglichkeiten, die sich rein durch Neigung des Unterarms ergeben können, wurden von Guo und Peak [GP16] betrachtet. Ashbrook et al. [ALS08] untersuchten, wie sich die Interaktion auf runden Touchscreens von Smartwatches gestaltet. Dafür testeten sie verschiedene Anordnungen und Größen von Buttons und maßen die Fehlerrate bei der Benutzung. Ein Interface zur Anzeige und Auswahl von Listen auf runden Bildschirmen wurde von Plaumann et al. [PMR16] vorgestellt.

3. Grundlagen der Visualisierung

Dieses Kapitel dient dem Zweck jene Grundlagen der Datenvisualisierung zu erläutern, welche zum weiteren Verständnis dieser Arbeit vorausgesetzt werden. Zunächst wird dabei in Abschnitt 3.1 eine Ablaufbeschreibung des Visualisierungsprozesses anhand der Visualisierungspipeline nach Card gegeben. Die vorgestellten Schritte der Pipeline dienen auch als roter Faden für die folgenden Kapitel 4 bis 7, in welchen der Designprozess von Visualisierungen für persönliche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten durchlaufen wird.

Die Visualisierung von Daten sollte stets einem bestimmten Zweck dienen und nicht nur zum Ziel haben schöne Bilder zu erzeugen. Deshalb stellt sich in dieser Arbeit die Frage, welche Aufgaben eine Visualisierung von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten erfüllen könnte, beziehungsweise sollte, um Betrachtende im Führen eines aktiveren Lebensstils zu unterstützen. Um diese Frage beantworten zu können, betrachtet Abschnitt 3.2 verschiedene Ansätze zur Kategorisierung von Aufgaben in der Datenvisualisierung und den Personal Informatics. Die unterschiedlichen Aufgaben einer Visualisierung werden später eine der Hauptdimensionen des in Kapitel 6 aufgespannten Design Space darstellen.

Ein wichtiger Schritt im Visualisierungsprozess ist die Abbildung der Daten auf visuelle Strukturen. Dabei gilt es geeignete Strukturen zu finden, um die verschiedenen vorgestellten Aufgaben zu erfüllen. Für die Visualisierung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten kommen in den Kapiteln 6 bis 9 verschiedene Diagramme und Metaphern aus bereits bestehenden oder selbst entwickelten Konzepten zum Einsatz. Ein Grundverständnis für die Funktionsweise der Diagramme wird dabei vorausgesetzt. Um dieses auch für Leser ohne grundlegende Kenntnisse in der Datenvisualisierung zu garantieren, stellt Abschnitt 3.3 alle in dieser Arbeit betrachteten Diagrammtypen kurz vor.

3.1. Der Visualisierungsprozess

Unter dem wissenschaftlichen Prozess der Visualisierung versteht man den Vorgang, aus abstrakten Rohdaten ein informatives Bild zu erzeugen. Diesen Entstehungsprozess beschrieben unter anderem Card et al. [CMS99] in ihrer 1999 vorgestellten Visualisierungspipeline. An Hand dieser Pipeline (siehe Abbildung 3.1) wird nun ein grober Überblick über den Ablauf des Visualisierungsprozesses gegeben. Außerdem wird für jeden Prozessschritt kurz betrachtet, wie er in dieser Arbeit entsprechend umgesetzt wurde.

Als **Rohdaten** wird die unaufbereitete Datengrundlage bezeichnet, welche für die Visualisierung zur Verfügung steht. Im Kontext dieser Arbeit sind dies persönliche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten, die vom jeweiligen Nutzenden selbst gemessen werden. Zur automatischen Selbstvermessung dienen dabei Wearables. Dies sind elektronische, am Körper

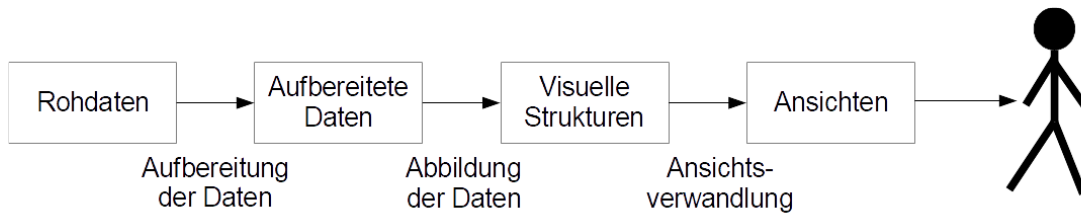


Abbildung 3.1.: Die Visualisierungspipeline nach Card et al. [CMS99] beschreibt die Schritte, welche im Visualisierungsprozess durchlaufen werden.

getragene Geräte wie Fitness-Tracker, das Smartphone oder (natürlich von primärem Interesse für diese Arbeit) die Smartwatch. Aber auch von Benutzenden manuell eingetragene Daten, wie gegessene Nahrung oder getrunkene Flüssigkeit spielen eine Rolle. Welche verschiedenen Aktivitäts- und Gesundheitswerte als Rohdaten für diese Arbeit in Frage kommen, wird in Abschnitt 4.2 untersucht.

Nicht alle dieser zur Verfügung stehenden Daten sind letztendlich von Interesse für die Aufgabenstellung oder von brauchbarer Qualität. Deswegen muss in den meisten Fällen eine **Datenaufbereitung** in Form von Filterung, Korrektur und Ergänzung auf den Rohdaten durchgeführt werden. Im Kontext dieser Arbeit gilt es die Entscheidung zu treffen, welche Aktivitätsdaten von Interesse und Nutzen sind, in welchem zeitlichen Kontext sie präsentiert werden sollen und welche Erkenntnis man aus ihnen gewinnen will. Primär findet also eine Filterung der Daten statt. Abschnitt 4.3 betrachtet welche Aktivitätsdaten aus wissenschaftlicher Sicht einen relevanten Faktor für einen gesunden Lebensstil darstellen.

Als erstes Zwischenergebnis des Visualisierungsprozesses ergeben sich dann die **Aufbereiteten Daten**. Diese sollen schlussendlich in der Visualisierung dargestellt werden. Im Zusammenhang dieser Arbeit könnten dies beispielsweise die Schritte sein, die eine Person jeden Tag über den Verlauf einer Woche gegangen ist. Daraus könnte sich die Information gewinnen lassen, an welchen Tagen die Person sich viel bewegte und an welchen sie eher „faul“ war. Daraus wiederum kann die Erkenntnis abgeleitet werden, dass die Person an bestimmten Tagen versuchen sollte sich zusätzlich ein bisschen mehr zu bewegen, um über die ganze Woche hinweg aktiv zu sein. Dabei ist von Interesse, welche dieser aufbereiteten Daten eine Person überhaupt als Benachrichtigung zugesendet bekommen will, welche Information sie interessiert und wie häufig sie eine Visualisierung als Benachrichtigung erhalten möchte, ohne dass dies als störend empfunden wird. Abschnitt 5.1 untersucht die Beziehung zwischen Benutzenden und Benachrichtigungen im Allgemeinen. Eine im Laufe dieser Arbeit durchgeführte Onlineumfrage (siehe Kapitel 8) beschäftigte sich wiederum unter anderem mit der Frage nach dem Interesse der Leute an verschiedenen Aufgaben, welche die Visualisierungen erfüllen können.

Der nächste Schritt umfasst die **Abbildung der Daten** auf visuelle Strukturen. Dabei gilt es zu entscheiden, welche Darstellungsformen verwendet werden, um die Daten zu präsentieren. Dies kann in reiner Textform stattfinden oder durch eine Abstraktion in Form eines Diagramms. Für die wöchentliche Schrittübersicht beispielsweise wird von den meisten Tracking-Apps und Fitness-Trackern ein Säulendiagramm verwendet. Eine Übersicht der für diese Arbeit in Betracht gezogenen Abstraktionen findet sich wie bereits erwähnt in

Abschnitt 3.3. Kapitel 5 untersucht in welcher Form die persönlichen Daten einer Person präsentiert werden sollten und wie sie für eine positive Beeinflussung der Verhaltensweise eingesetzt werden können. Daraus lassen sich Eigenschaften ableiten, die von verwendeten Visualisierungen erfüllt werden sollten.

Ergebnis der Datenabbildung sind die **Visuellen Strukturen**. Ziel dieser Arbeit ist es einen Design Space aufzuspannen, welcher alle möglichen Ausprägungen von visuellen Strukturen beschreibt, die der Darstellung von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Benachrichtigungen auf Smartwatches dienen. Dieser Design Space wird in Kapitel 6 vorgestellt. Mit Hilfe dieses Design Spaces lassen sich bereits vorhandene Visualisierungen einordnen, Lücken im Design Space erkennen und füllen sowie neue Visualisierungen gezielt kategorisieren. Dieser Vorgang wird in Kapitel 7 beschrieben.

In der **Ansichtsverwandlung** wird den Betrachtende der Visualisierung die Möglichkeit gegeben, mit dieser zu interagieren. Dies führt schließlich zu den verschiedenen **Ansichten**. Dazu gehört beispielsweise hinein oder heraus zu zoomen, den betrachteten Ausschnitt zu verschieben oder visuelle Elemente ein- und auszublenden. Im Kontext von Benachrichtigungen auf Smartwatches mit Wear OS (siehe Abschnitt 5.1.3 für nähere Informationen) ist die Interaktion mit einer Visualisierung stark eingeschränkt, beziehungsweise gar nicht vorhanden. Deswegen entfällt dieser Schritt im Visualisierungsprozess der Arbeit.

Die Benachrichtigung und ihre enthaltene Visualisierung können jedoch als *Gateway* dienen, um zu weiterer Interaktion mit einer Applikation auf der Smartwatch oder auch einem anderen Gerät wie dem Smartphone zu führen. Beispielsweise können die Benutzenden in ihrer Wochenübersicht erkennen, dass sie sich an einem Tag besonders wenig bewegt haben. Um mehr zu erfahren, wechseln sie in die entsprechende Tracking-App, in welcher sie sich dann eine detailliertere Tagesübersicht des betroffenen Tages anzeigen lassen kann. Diese indirekte Ansichtsverwandlung sollte als mögliche Interaktion im Hinterkopf behalten werden, auch wenn sie die erstellte Visualisierung an sich nicht direkt betrifft.

Natürlich ist keine perfekte Abbildung aller in den folgenden Kapiteln behandelten Themengebieten auf einen Schritt in der Visualisierungspipeline möglich. Trotzdem bot sie eine strukturierte Methode, um die Überlegungen hinter dem weiteren Aufbau dieser Arbeit zu kommunizieren.

3.2. Aufgaben einer Visualisierung

Wie in der Einleitung dieses Kapitels bereits erwähnt, wird die Aufgabe, welche eine Visualisierung erfüllen soll, eine der Hauptdimensionen des Design Spaces ausmachen. Allgemein gilt: wenn Daten visualisiert werden, wird dies mit einem klar definierten Ziel getan. Card et al. [CMS99] stellten bereits fest, dass es „der Zweck der Visualisierung ist, Erkenntnis zu gewinnen und nicht Bilder zu zeichnen.“ Daten darzustellen, ohne zu wissen, was damit erreicht werden soll, gilt es also folglich zu vermeiden.

Die angestrebte Definition für die Aufgabe einer Visualisierung im Design Space dieser Arbeit ist die Erkenntnis, welche die Benutzenden aus einer betrachteten Visualisierung ziehen können. Diese Erkenntnis kann dabei verschiedenste Formen annehmen. Wie viele Schritte fehlen mir heute noch bis zu meinem Ziel? Wie aktiv war ich jeden Tag diese Woche?

Habe ich mich heute mehr bewegt als mein Kollege? Sollte ich meine Ziele anpassen, weil sie mich nicht mehr herausfordern? Verschiedene Strategien, die zu einem gesünderen und aktiveren Leben beitragen können (siehe Abschnitt 5.3) beinhalten diese Fragestellungen. Auf den nächsten Seiten wird versucht Aufgaben für den Design Space zu definieren, welche den betrachteten Bereich der Visualisierung von persönlichen Aktivitätsdaten abdecken.

Die Literatur liefert einige Ansätze zu diesem Thema. Einerseits gibt es Definitionen für visuelle Aufgaben aus dem Forschungsgebiet der Visualisierung selbst [Shn03], [BM13]. Andererseits wird in den Personal Informatics die Frage gestellt, welche Einsichten die Betrachtenden (oder Erstellenden) einer Visualisierung gewinnen wollen [LDF11], [CLms15]. Beide Herangehensweisen werden darauf untersucht, in wie weit sie für unsere Auslegung einer Aufgabe brauchbare Beschreibungen liefern.

Shneidermans Taxonomie Visueller Aufgaben

Eine der bekanntesten Taxonomien für visuelle Aufgaben stammte von Ben Shneiderman [Shn03]. Er vertrat die Ansicht, dass sich auf einem hohen Abstraktionslevel die verschiedenen Aufgaben der Visualisierung auf nur einige wenige Kategorien herunterbrechen lassen. Diese Abstraktion stellte er erstmals 2003 vor. Dabei verwendete er sieben übergeordnete Aufgabentypen:

- **Übersicht:** Erhalte einer Übersicht der gesamten Daten.
- **Zoom:** Zoome auf Elemente von Interesse herein.
- **Filter:** Filtere uninteressante Elemente heraus.
- **Details-auf-Nachfrage:** Wähle ein Element oder eine Gruppe aus und erhalte Details, wenn Bedarf besteht.
- **Bezug:** Zeige Beziehungen zwischen Elementen an.
- **Historie:** Behalte einen Ablauf aller Aktionen, um rückgängig machen, erneut ausführen und progressive Verfeinerung zu unterstützen.
- **Entnehmen:** Erlaube das Entnehmen von Untersammlungen und des Frageparameters.

Diese Auslegung des Begriffs Aufgabe ist aus unserer Sicht für diese Arbeit nicht ideal. Sie beschäftigt sich nicht mit dem Erkenntnisgewinn aus einer Visualisierung, sondern mit der Manipulation einer Visualisierung, um zu einem möglichen Erkenntnisgewinn zu führen. Es beschreibt also die Schritte, welche während der Abbildung der Daten oder der Ansichtsverwaltung durchgeführt werden und nicht den Grund, warum wir die Daten in dieser Form visualisieren.

Unsere Festlegung der Aufgabe soll die Frage nach dem *Warum* klären und nicht die Frage nach dem *Was*. Genau eine solche Herangehensweise verwendeten Brehmer und Munzner in ihrer Typologie abstrakter visueller Aufgaben.

Brehmer und Munzners Typologie Abstrakter Visueller Aufgaben

Um genau zu sein, stellten Brehmer und Munzner [BM13] drei Fragen, um visuelle Aufgaben zu typologisieren: *warum*, *wie* und *was*. Das *Wie* umfasste dabei Methoden, die an

Shneidermans Verwendung der Aufgaben erinnerten. Das *Was* beschrieb dabei grob die verwendeten Daten und wie diese schließlich präsentiert wurden. Für die Definition von Aufgaben in dieser Arbeit ist dabei aber nur das *Warum* von Interesse.

Die Frage nach dem *Warum* unterteilten Brehmer und Munzner in drei konsekutive Schritte. Den ersten stellt das *Konsumieren* dar, so genannt, da Visualisierung dazu dienen, dass der Betrachter Informationen konsumiert. Es wird dabei die Frage gestellt, für welche Form der Betrachtung die Visualisierung erstellt wurde. Dies kann entweder dazu dienen, um kurz und prägnant Informationen zu präsentieren (*present*), bei der Generierung oder Überprüfung von Thesen zu helfen (*discover*) oder um das Interesse des Betrachters zu wecken, ohne zwangsweise tiefgründigere Informationen herüber zu bringen (*enjoy*).

Der zweite Schritt ist die *Suche*. Um Informationen aus einer Visualisierung gewinnen zu können, müssen die Betrachtenden ein oder mehrere Element(e) von Interesse in der Visualisierung ausfindig machen, das sogenannte Suchziel. Dieser Suchvorgang ist danach unterteilt, ob Betrachtende wissen, welches Element sie genau suchen oder nicht, und ob sie wissen an welcher Stelle in der Visualisierung dieses gefunden werden kann. Ist der Ort des Elements bekannt und man weiß genau, welches Element gesucht ist, wird die Suche als *nachschlagen* kategorisiert und als *stöbern*, falls der Ort zwar bekannt ist, aber nicht genau bekannt ist, welches Element gesucht wird. Wissen die Betrachtenden, welches Element gesucht ist, aber nicht an welchem Ort es sich befindet, handelt es sich um *lokalisieren*. Ist weder das Element noch den Ort bekannt, ist von *explorieren* die Rede.

Haben die Benutzenden ihr(e) Element(e) gefunden, folgt der dritte Schritt, die *Anfrage*. Das oder die Element(e) können die Nutzenden *identifizieren*, *vergleichen* oder *zusammenfassen*. Das *Identifizieren* liefert dabei entweder die Eigenschaften eines Elements (wenn nach dem Element gesucht wurde) oder ein bestimmtes Element (wenn dieses Anhand von Eigenschaften gesucht wurde). Im Gegensatz zum *Identifizieren* beziehen der *Vergleich* und die *Zusammenfassung* mehrere Elemente ein, wobei ersterer mehrere Untermengen des Suchziels und letztere alle im Suchziel enthaltenen Elemente umfasst.

Diese Typologie scheint schon um einiges besser zur Bestimmung von Aufgaben zu passen, die für diese Arbeit angestrebt wird. Die Zusammenfassung der jeweiligen Schrittzahlen an allen Tagen einer Woche für eine Übersicht ist ein typisches Vorgehen zur Visualisierung von Fitness-Daten. Der Vergleich der eigenen wöchentlichen Schrittzahl mit der von Freunden ist ein typischer Wettbewerb in Tracking-Apps, wofür man selbst und die Freunde aus dem Pool aller App-Benutzer herausgenommen werden.

Es fällt jedoch auf, dass erneut der Auswahlprozess, der zu visualisierenden Daten, für die Bezeichnung der Aufgabe eine primäre Rolle spielt. Also ist auch diese Herangehensweise nicht vollständig zufriedenstellend. Mit dem *Vergleich* und der *Zusammenfassung* haben sich jedoch zwei Aufgabendefinitionen ergeben, auf die später zurückgegriffen werden. Die Zusammenfassung wird in der Literatur (beispielsweise bei Shneiderman [Shn03], s.o.) auch als *Übersicht* bezeichnet, welche als bevorzugte Begrifflichkeit übernommen wird.

Die „visuellen Aufgaben“ scheinen trotzdem keinen idealen Anhaltspunkt für das gewünschte Verständnis des Begriffes Aufgabe zu liefern. Eine bessere Herangehensweise stellt ein Blick auf die Personal Informatics dar. In diesen spielt der Erkenntnisgewinn der Anwender eine zentrale Rolle. Vielleicht lässt sich hier ein besser eine Kategorisierung finden.

Typologie der Informationserkenntnisse von Quantified Selfern

Während Treffen und Konferenzen der *Quantified Self* Bewegung präsentieren *Quantified Selfers* ihre gemessenen persönlichen Daten und erläutern welche Erkenntnisse sie daraus gewinnen konnten. Zu verstehen, welche Erkenntnisse Leute aus ihren Daten ziehen, kann dabei helfen Visualisierungen zu erschaffen, die ihnen dies erleichtern. Möglicherweise lassen sich also dadurch sinnvolle Aufgaben definieren.

Choe et al. [CLms15] analysierten Präsentationen von 79 *Quantified Self* Treffen aus den Jahren 2013 und 2014. Dabei identifizierten sie acht Typen von Erkenntnissen, welche die Präsentierenden aus ihren Daten zogen:

- **Detail:** Präsentierende betrachte einen speziellen Wert aus der Datenmenge, um beispielsweise ein Extremum oder einen Wertebereich hervorzuheben.
- **Selbstreflexion:** Kategorisiert eine Erkenntnis, welche die Präsentierenden durch Selbstreflexion der eigenen Daten gewonnen haben.
- **Trend:** Häufig wurde ein Trend in Bezug darauf, wie sich Daten über die Zeit veränderten, vorgestellt.
- **Vergleich:** Erhalte Erkenntnisse durch einen Vergleich der persönlichen Daten untereinander oder mit externen Daten.
- **Korrelation:** Eine Erkenntnis, gewonnen durch den direkten Vergleich zwischen zwei Variablen. Eine spezielle Form des allgemeineren Vergleichs.
- **Zusammenfassung:** Fasse alle Elemente der Datenmenge über die Tracking-Dauer hinweg zu einem Wert zusammen.
- **Verteilung:** Betrachtet, ob eine hohe Variabilität in den Daten besteht und ob daraus eine Erkenntnis gezogen werden kann.
- **Ausreißer:** Ausreißer in der Datenmenge können von Bedeutung sein und einen Erkenntnisgewinn zulassen.

Während die *Selbstreflexion* in unseren Augen eher den Prozess des Erkenntnisgewinns und nicht die Art der gewonnen Erkenntnis beschreibt, lassen sich aus fast allen anderen Typen zumindest Überlegungen dazu anstellen, wie sie in Aufgaben nach unserem Verständnis für den Design Space umgewandelt werden können. Erwähnt sei an diesem Punkt, dass Choe et al. im Gegensatz zu Brehmer und Munzner unter der *Zusammenfassung* eine Aggregation von Elementen verstehen und nicht die Darstellung aller relevanter Elemente. Dies bestärkt uns in der Annahme, dass die Bezeichnung *Übersicht* besser geeignet ist, um diesen Sachverhalt unmissverständlich zu beschreiben.

Erneut spielt der *Vergleich* eine Rolle, wird an dieser Stelle aber noch verfeinert. Nach Choe et al. können einerseits die persönlichen Daten über verschiedene Zeiträume mit einander verglichen werden, beispielsweise wie viele Schritte eine Person jeweils pro Tag über den Verlauf einer Woche gemacht hat. Sie können aber auch mit externen Daten verglichen werden, etwa einem gesetzten Ziel, sozialen Normen oder den Daten anderer Leute in der Tracking-Population. Die *Korrelation* stellt einen besonderen Fall dar, in welchem genau zwei Variablen in den Vergleich einbezogen werden. Ein Beispiel für eine *Korrelation* war der Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Testosteronlevel einer Person.

Das *Detail*, die *Verteilung* und der *Ausreißer* beziehen sich auf bestimmte Datenpunkte in der Datenmenge, um daraus eine Erkenntnis zu ziehen. „Freitag war dein aktivster

Tag der Woche“ und „die Nacht von Samstag auf Sonntag hast du deutlich weniger als sonst geschlafen“ wären auf Aktivitäts- und Gesundheitsdaten bezogene Formulierungen von Erkenntnissen. Diese Datenpunkte lassen sich alle durch einen *Vergleich* finden. Sie sind also in unseren Augen lediglich Ergebnisse einer anderen Aufgabe und keine eigenen vollwertigen Aufgabenstellungen. Als ein Beiprodukt des *Vergleichs* kann auch der *Trend* betrachtet werden. Er beschreibt eine langfristige Entwicklung, die durch Betrachtung des *Vergleichs* gefunden werden kann.

Auch wenn die Aufgabe des *Vergleichs* verfeinert wurde, ist die Menge der Aufgaben noch nicht weiter angewachsen. Sie umfasst immer noch lediglich die *Übersicht* und den *Vergleich*. Die Suche geht also weiter. Ergiebiger sollte sich dabei nicht die Frage nach der Art der Einsicht, die eine Person aus ihren Daten gewonnen hat, sondern die Frage danach, welche Informationen eine Person in ihren Daten sucht, herausstellen.

Fragestellungen der Personal Informatics

Um Werkzeuge für Personal Informatics besser designen zu können, versuchten Li et al. [LDF11] zu verstehen, welche Informationen Benutzende aus ihren Daten ziehen wollen. Dazu führten sie eine Befragung unter Personen durch, welche Selbstvermessung betrieben. Dabei stellten sie fest, dass die Leute sich sechs grundlegende Fragen stellten:

- **Status:** *Wie ist mein aktueller Status?* Dies umfasste etwa das regelmäßige überprüfen eines Fitness-Trackers, um die aktuellen Aktivitätswerte zu erfahren. Dieser Status konnte auch in Abhängigkeit von einem Ziel sein und die Leute überprüften ihren Status, um zu entscheiden, ob sie eventuell ihr Verhalten anpassen mussten, um dieses Ziel auch wirklich zu erreichen.
- **Langzeitübersicht:** *Wie ist die Langzeitentwicklung meiner Daten?* Anstatt nur den aktuellen Status zu erfahren, waren Personen an der langzeitigen Entwicklung ihrer Daten interessiert, um etwaige Trends und Muster erkennen zu können. Ein Teilnehmer betrachtete seine langzeitigen Aktivitätsdaten, um sicher zu gehen, dass er regelmäßig sein Ziel für körperliche Aktivität erfüllte.
- **Ziel:** *Welches Ziel sollte ich verfolgen?* Gelegentlich beginnen Leute mit der Selbstvermessung ohne genau zu wissen, welches Ziel sie verfolgen. Mit Hilfe der gemessenen Werte ist es ihnen dann möglich ein Ziel zu formulieren, das für ihren Stand angemessen ist. Dies kann entweder ein konkreter Wert sein, wie eine täglich angestrebte Schrittzahl oder weiter gefasst, wie das Ziel allgemein fitter zu werden. Für beides können Werte wie tägliche Schritte, tägliche Aktivität oder konsumierte Kalorien betrachtet werden, um ein passendes Ziel zu formulieren.
- **Diskrepanz:** *Führt mein Status zur Erreichung meines Ziels?* Wenn Leute ein Ziel haben und ihren Status kennen, können sie überprüfen, ob ihr aktueller Status dazu führt, dass sie das gesteckte Ziel erfüllen. Ist dem nicht der Fall, können sie Maßnahmen ergreifen, um dies zu ändern. Diese Fragestellung ist offensichtlich fest damit verknüpft, dass eine Person ihren Status und ihr Ziel kennt, ansonsten ist es unmöglich diese Unstimmigkeiten zu finden.

- **Kontext:** *Welche anderen Geschehnisse könnten gerade einen Einfluss auf meinen Status haben?* Einige Teilnehmende der Studie fragten sich, welche anderen Geschehnisse parallel zu dem passierten, was sie gerade auf ihrer Suche nach Erkenntnissen betrachteten. Dies umfasste etwa zu betrachten, ob und wie die heutige körperliche Aktivität und der Schlaf den aktuellen Blutzuckerspiegel beeinflussen.
- **Faktoren:** *Wie haben Geschehnisse langfristig gesehen einen Einfluss aufeinander?* Diese Fragestellung entspricht dem **Kontext**, nur dass Faktoren nicht nach dem Status, sondern nach langfristigen Trends fragen. Dies könnte beispielsweise die Veränderung des Körpergewichts über einen Monat sein, in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität und den konsumierten Kalorien in dieser Zeit.

Mit Hilfe von Fragestellungen **Status** und **Ziel** lassen sich zwei neue Aufgabe für den Design Space dieser Arbeit finden. Eine Visualisierung kann entweder dazu dienen, den aktuellen *Status* der Aktivitätsdaten einer Person anzuzeigen oder sie kann ihr oder ihm dabei helfen, sich ein geeignetes *Ziel* für einen Aktivitätswert zu setzen. Fragestellung **Langzeitübersicht** kann mit dem *Vergleich* oder der *Übersicht* gleichgesetzt werden, da sie alle Langzeitdaten betrachtet.

Bei den anderen drei Fragestellungen handelt es sich um die Kombination aus *Vergleich* mit dem *Status* oder der *Geschichte*. Wir betrachten diese Fragestellungen als verschiedene Ausprägungen des *Status* und der *Übersicht*, anstatt als eigenständigen Aufgaben.

Zusammenfassung

Wir definierten die Aufgabe einer Visualisierung im Kontext unseres Design Space als die Erkenntnis, welche ein Benutzer aus der Visualisierung ziehen kann. Um mögliche Aufgaben zu beschreiben, wurde die Literatur betrachtet und wie in dieser der Aufgabenbegriff definiert. Die visuellen Aufgaben nach Shneiderman [Shn03] stellten sich als untauglich heraus, da diese Aufgaben beschrieben, die von einer Visualisierung auf der dargestellten Datenmenge durchgeführt wurden.

Brehmer und Munzner [BM13] typologisierten zwar ebenfalls visuelle Aufgaben, stellten dabei aber die Frage nach dem *Warum* der Visualisierung. Zwei Gründe für eine Visualisierung waren dabei einen *Vergleich* zwischen Elementen durchzuführen oder eine *Übersicht* der Elemente zu bekommen. Dies waren jedoch abstrakte Aufgabenstellungen, die uns noch nicht ausreichten, weshalb ein Blick auf die Personal Informatics geworfen wurde. Choe et al. [CLms15] lieferten eine Verfeinerung der *Vergleich* Aufgabe und Li et al. [LDF11] steuerten schließlich den *Status* und die *Zielsetzung* als direkte Aufgaben bei sowie einige Eigenschaften für verschiedene Aufgabenstellungen.

Eine Terminologie, die in unterschiedlichen Varianten dabei auftrat, war die *Übersicht*, auch *Zusammenfassung* genannt oder von Choe et al. [CLms15] als *Vergleich* von persönlichen Daten vom selben Typ über Zeitintervalle hinweg bezeichnet. Um für Klarheit zu sorgen, hatten wir bereits die *Zusammenfassung* nach Brehmer und Munzner als *Übersicht* benannt. Wir haben uns entschieden, die von Choe et al. beschriebene Form des Vergleichs ebenfalls als *Übersicht* zu bezeichnen. Damit entsprechen wir auch der häufig verwendeten Terminologie einer Wochenübersicht, wie sie bereits gerne in Tracking-Apps verwendet wird.

Dies ermöglicht ebenfalls eine Abgrenzung zum *Vergleich* mit „externen“ Daten in der Definition von Choe et al.. Die Aufgabe des Vergleichs mit Normen und der Population bezeichnen wir dabei als *Sozialen Vergleich*. Den Vergleich mit einem selbst gesetzten Zielwert betrachten wir als Erweiterung des *Status* oder der *Übersicht*. In diesem Falle wird die Aufgabe als *zielorientiert* bezeichnet.

Die Erkennung von Trends und Mustern haben wir ihrerseits auch als eine Variante der *Übersicht* betrachtet. In gewisser Weise können in jeder *Übersicht* Trends und Muster gefunden werden. Bestimmte Formen der Visualisierung, wie etwa *QS Spiral* [LCJ13] sind jedoch speziell darauf ausgelegt, Muster und Trends zu erkennen. Deswegen wurde der Entschluss gefasst dies als eine eigenständige Aufgabe zu betrachten. Folglich ergeben sich fünf grundlegenden Aufgaben für eine Visualisierung im Design Space dieser Arbeit:

- **Status:** Zeige den Nutzenden den aktuellen Status für einen Aktivitätswert an. Dabei kann dieser Status in Abhängigkeit von einem Zielwert sein oder nicht.
- **Zielsetzung:** Hilfe den Nutzenden angemessene Ziele für ihre oder seine Aktivitätswerte zu setzen.
- **Übersicht:** Gebe den Nutzenden eine Übersicht aller Aktivitätsdaten eines Aktivitätswert (etwa Schritte) in einem bestimmten Zeitraum.
- **Sozialer Vergleich:** Vergleiche die Aktivitätsdaten einer oder eines Nutzenden mit denen von anderen Personen.
- **Trends/Muster Erkennen:** Ermögliche es den Nutzenden Trends oder Muster in ihren oder seinen langzeitigen Aktivitätsdaten zu entdecken.

Kapitel 5 greift diese Aufgaben noch einmal auf und betrachtet in Abschnitt 5.3 in wie fern sich mit ihnen die dort vorgestellten Strategien für Verhaltensänderungen umsetzen lassen oder ob Ergänzungen neuer Aufgaben von Nöten sind.

3.3. Diagrammtypen für die Datenvisualisierung

Die abstrakte Darstellung von Daten ist ein Kernpunkt des Visualisierungsprozesses. Dazu stehen verschiedene Formen der Abstraktion zur Verfügung. Mit den wichtigsten Typen der in dieser Arbeit vorkommenden Diagramme und Metaphern beschäftigen sich die folgenden Seiten. Auch wenn Leser mit Erfahrung in der Visualisierung nicht viel Neues lernen werden, wird zumindest ein kurzes Überfliegen empfohlen, um sich mit den hier verwendeten Begrifflichkeiten vertraut zu machen. Allen anderen Lesern liefert dieser Abschnitt eine gute Übersicht.

In der Literatur können einige Zusammenfassungen der unterschiedlichen Formen von Visualisierungen gefunden werden, etwa das 1939 erschienene Buch *Graphic Presentation* von Brinton [Bri12]. Aus diesem Buch sind die meisten Bezeichnungen und Beschreibungen der vorgestellten Diagramme entnommen. Für ausführlichere Beschreibungen und Beispiele der diversen Visualisierungen kann ein Blick in andere Werke geworfen werden, für das nötige Verständnis im Rahmen dieser Arbeit, sollten die folgenden Ausführungen jedoch ausreichend sein. Wir gehen dabei auf alle Diagrammtypen ein, welche in bestehenden Visualisierungen im Design Space oder von uns entworfenen Konzepten zur Anwendung kommen.

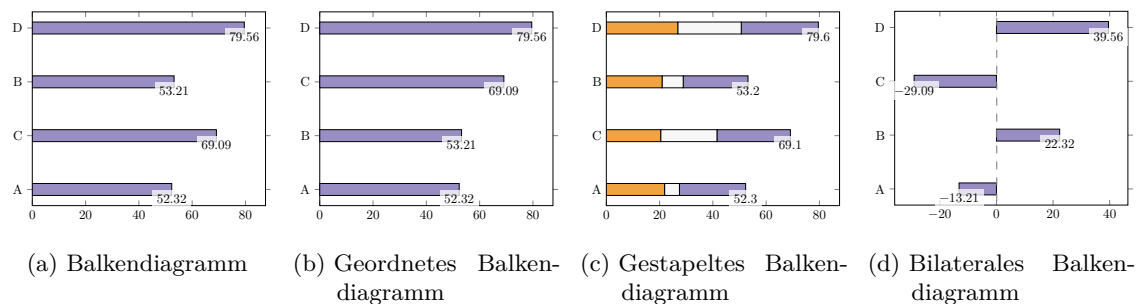


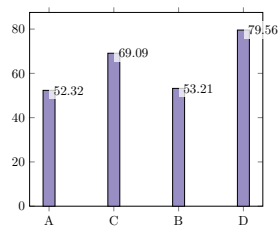
Abbildung 3.2.: Beispiele für diverse Balkendiagramm.

3.3.1. Balken- und Säulendiagramme

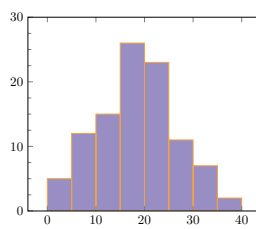
Im alltäglichen Gebrauch, aber auch in der wissenschaftlichen Literatur, werden die Begriffe Säulen- und Balkendiagramm nicht immer konsequent verwendet. Meistens wird der Begriff Balkendiagramm für beide Varianten benutzt, im Englischen wie im Deutschen. Im Englischen wird „Bar Chart“ als Bezeichnung genommen, gelegentlich mit horizontal oder vertikal als ergänzende Beschreibung der Ausrichtung versehen. Wie im Deutschen gibt es für die vertikale Variante eigentlich den Begriff „Column Chart“, der wörtlich übersetzt, dem im Deutschen verwendeten Begriff Säulendiagramm entspricht.

Um eine möglichst eindeutige Beschreibung der Diagramme in den Visualisierungen zu haben, wird in dieser Arbeit zwischen Balken- und Säulendiagramm unterschieden. Das Balkendiagramm besteht dabei aus waagerechten Balken (siehe Abbildung 3.2 (a)) und das Säulendiagramme senkrechte Balken (siehe Abbildung 3.3 (a)). Bis auf diese Drehung um 90 Grad unterscheiden sich die beiden Diagrammartentypen nicht voneinander. Alle im nächsten Absatz vorgestellten Varianten des Balkendiagramms existieren äquivalent für das Säulendiagramm und umgekehrt.

Die Grundform des Balkendiagramms kodiert den Datenwert verschiedener Elemente durch die waagerechte Länge der jeweiligen Balkens. Unterschiedliche Varianten des Balkendiagramms existieren und können für bestimmte Aufgaben besser geeignet sein. Eine solche Abwandlung stellt das *geordnete* Balkendiagramm dar (Abbildung 3.2 (b)), in welchem die Elemente der Größe nach sortiert sind. In der *gestapelten* Variante (siehe Abbildung 3.2 (c)) werden verschiedene Teilwerte der Elemente einzeln kodiert, um einen Vergleich zwischen diesen und dem aufsummierten Wert zu erhalten. Die Balken des *bilaterale* Balkendiagramms sind nicht nur in eine Richtung ausgerichtet, sondern stellen die positive und negative Differenz von einem Null-Wert dar (siehe Abbildung 3.2 (d)). Dieser Nullwert muss kein mathematischer Nullpunkt sein, sondern kann beispielsweise ein Durchschnitt oder Median sein.



(a) Säulendiagramm



(b) Histogramm



(c) Radialbalkendiagramm

Abbildung 3.3.: Beispiele für Säulen- und Balkendiagramme.

Histogramm

Das Histogramm ist eine spezielle Form des Säulendiagramms, welches die Häufigkeitsverteilung kardinal skalierteter Merkmale anzeigt. Hierfür werden die Daten in Klassen eingeteilt, welche meist eine konstante, aber gelegentlich auch eine variable Breite haben können. Diese Klassen werden dann in Form von senkrechten Balken gezeichnet, die mit ihrer Breite, den jeweils von der Klasse abgedeckten Wert darstellt. Die Höhe der Balken kodiert dann die relativen oder absolute Häufigkeitsdichte (Häufigkeit dividiert durch Breite). Abbildung 3.3 (b) zeigt ein Histogramm mit gleichen Klassen der Größe fünf einer fiktiven Einheit, welche den Wertebereich von null bis vierzig abdecken.

Auf das Histogramm kann zurückgegriffen werden, wenn Interesse an der Häufigkeitsverteilung besteht. Diese Darstellung ist um einiges detaillierter als Median, Durchschnitt und Standardabweichung separat. Durch die Klassen, ob nun von fester oder berechneter variabler Größe, lassen sich einzelne Datenwerte schnell und mit Kontext einordnen. Wenn es beispielsweise um die Einordnung der eigenen Leistung im Kontext einer größeren Population geht, sind Histogramme bestens geeignet.

Radialbalkendiagramm

Das Radialbalkendiagramm stellt eine Variante des Balkendiagramms dar, in welcher die einzelnen Balken nicht in rechteckiger Form waagrecht, sondern auf einer radialen Bahn ausgerichtet sind (siehe Abbildung 3.3 (c)). Dabei gibt der Umlaufwinkel, beziehungsweise der relative Umlauf den Wert an und nicht die absolute Umlauflänge. Eine Überschätzung der äußeren Balken durch den Betrachter kann beobachtet werden, da diese selbst bei niedrigerem Wert eine größere absolute Länge haben. Der volle Umlauf des Kreises kann als Maximalwert dienen, es gibt jedoch Varianten, in denen ein einzelner Balken mehrere Umläufe machen kann, welche dann als solche sichtbar gemacht werden.

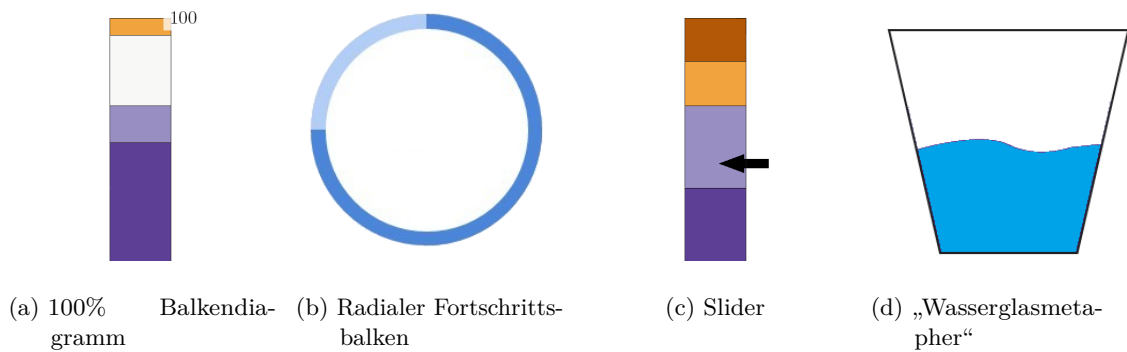


Abbildung 3.4.: Beispiele für Füllflächendiagramme.

3.3.2. Füllflächendiagramme

Das Füllflächendiagramm kodiert einen Datenpunkt, indem dieser einen relativen Anteil der Fläche passend zu seinem Wert einnimmt. Dafür ist eine Voraussetzung, dass es einen festgelegten Maximalwert gibt, welcher für gewöhnlich durch die gesamte Fläche des Diagramms repräsentiert wird. Die drei Haupttypen von in dieser Arbeit vorkommenden Füllflächendiagrammen sind das 100% Balkendiagramm, die Füllmengenmetapher und Kreisdiagramme.

100% Balkendiagramm

Das **gewöhnliche 100% Balkendiagramm** (siehe Abbildung 3.4 (a)) ist nicht mit dem zuvor vorgestellten Balkendiagramm verwandt. In diesem repräsentieren die einzelnen Balken Datenpunkte, während das 100% Balkendiagramm nur so heißt, da es häufig eine Balkenform hat. Einzelne Datenwerte sind dadurch kodiert, dass sie einen bestimmten Prozentsatz des Balkens einnehmen, während der gesamte Balken 100% der aggregierten Daten ausmacht.

Der **Fortschrittsbalken** stellt eine Sonderform des 100% Balkendiagramms dar. Seinem Namen entsprechend wird der Fortschrittsbalken dazu verwendet, um den (prozentualen) Fortschritt in einem Prozess anzuzeigen. Dazu werden nur zwei Datenwerten im Balken kodiert, der Fortschritt und was noch zum Erreichen des Zieles (100%) fehlt. Dabei wird oft der Fortschritt farblich hervorgehoben und der Restwert transparent angezeigt. Gerade bei der Darstellung von Aktivitätsdaten wird in Tracking-Apps häufig eine radiale Version des Fortschrittsbalken verwendet (siehe Abbildung 3.4 (b)). Der radiale Fortschrittsbalken hat dabei genauso wenig etwas mit dem Radialbalkendiagramm zu tun, wie der balkenförmige Fortschrittsbalken etwas mit einem Balkendiagramm zu tun hat.

Die Fortschrittsbalken kodieren lediglich zwei Werte, die verglichen werden und eignen sich dafür eine *Diskrepanz* zu finden [LDF11] (siehe Abschnitt 3.2). Balkendiagramme können mehrere Werte kodieren und besitzen eine zusätzliche Achse, die ein besseres Verständnis für

den Zusammenhang der einzelnen Datenwerte liefert (etwa Wochentage Mo-So). Dadurch eignen sich das Balkendiagramm und seine Varianten besser für die Aufgaben *Übersicht* und *Sozialer Vergleich*.

Eine weitere Variante des 100% Balkendiagramms ist der **Slider**, auch Schieberegler genannt (siehe Abbildung 3.4 (c)). In diesem wird das 100% Balkendiagramm um einen Anzeigeindikator, etwa einen Pfeil erweitert. Dadurch können die einzelnen Abschnitte dazu dienen die Zusammensetzung der Gesamtpopulation zu beschreiben und der Anzeigeindikator zur Einordnung eines einzelnen Wertes dienen. Wenn mit der Visualisierung interagiert werden kann, ist der Anzeigeindikator oft beweglich und erinnert dann an einen Schieberegler, wie er an Geräten oder in Software Interfaces bekannt ist. Daher stellt der Slider eine bekannte und schnell verständliche Form dar.

Füllflächenmetaphern

Eine weit verbreitete Form von Füllflächendiagrammen sind metaphorische Darstellungen. Abbildung 3.4 (d)) zeigt eine Wasserglasmetapher, welche in Tracking-Apps sehr beliebt ist. Die bekannte Form der zu füllenden Fläche weckt bewusste Assoziationen bei den Betrachtenden. Dies kann dazu dienen das Interesse und die Neugier zu wecken, bringt jedoch auch den potenziellen Nachteil mit sich, dass durch die Form der gewählten Fläche die Genauigkeit leidet, mit welcher ein angezeigter Wert erkannt werden kann.

Kreisdiagramm

Kreisdiagramme sind Füllflächendiagramme, deren einzelne Bestandteile nicht nur durch die Fläche kodiert werden, sondern auch durch den Winkel. Nach Bertin [Ber83] sowie Cleveland und McGill [CM85] stellt der Winkel ein effizienteres Werkzeug dar, um Werte zu erkennen, als die Fläche, weswegen das Kreisdiagramm zu bevorzugen ist, wenn die Genauigkeit der Erkennbarkeit des Verhältnisses zwischen einzelnen Werten eine Rolle spielt. Im Gegenzug werden alle Werte anteilig der Gesamtsumme angezeigt, wodurch zwar relative Verhältnisse gut unterschieden werden können, absolute Werte aber schwerer zu erkennen sind.



Abbildung 3.5.: Beispiele für Kreisdiagramme.

Zu den bekanntesten Kreisdiagrammen zählen das **Kuchendiagramm** und das **Donutdiagramm** (in alternativer Schreibweise Doughnutdiagramm oder auch Ringdiagramm genannt). Dabei unterscheidet sich das Donutdiagramm dadurch, dass nicht die volle Kreisfläche genutzt wird, sondern nur ein Ring. Abbildung 3.5 (a) zeigt ein Beispiel für ein Kuchen- und Abbildung 3.5 (b) für ein Donutdiagramm.

3.3.3. Liniendiagramm

Ein Liniendiagramm (auch Kurvendiagramm) ist die graphische Darstellung des funktionellen Zusammenhangs zweier (bei 2D-Darstellung) oder dreier (bei 3D-Darstellung) Merkmale in Linienform. Es gibt jeweils ein Wertepaar beziehungsweise Wertetrio pro Merkmal. Meistens wird das kartesische Koordinatensystem verwendet. Das Liniendiagramm ist zur Darstellung von kontinuierlichen Daten gedacht, da es durch den Verlauf der Linie diese Assoziation bei Betrachtenden hervorruft. Zwar können durch Interpolation auch nicht kontinuierliche Daten in einem Liniendiagramm dargestellt werden, doch dies könnte zu einer falschen Annahme der Betrachtenden über die gezeigten Daten führen.

Abbildung 3.6 (a) zeigt ein klassisches zweidimensionales Liniendiagramm. Eine Variante davon ist das Flächendiagramm, in welchem Entwicklung von Mengen graphisch dargestellt wird. Dabei werden die Flächen zwischen Achse und Linien zusätzlich mit unterschiedlichen Farben, Mustern oder Schraffuren hervorgehoben. Dies ermöglicht eine ähnliche Kodierung von Teilmengen wie etwa das gestapelte Säulendiagramm. Ein Beispiel für ein Flächendiagramm zeigt Abbildung 3.6 (b).

3.3.4. Proportionale Objekte

Proportionale Objekte vergleichen zwei oder mehr Werte indem sie die Flächengröße von Formen nutzen (für gewöhnliche Quadrate, Rechtecke oder Kreise). Sie sind beliebt, da sie dem Betrachter sofort den Unterschied zwischen Werten vermitteln, wenn große Unterschiede zwischen den einzelnen Werten bestehen. Diese werden dann besonders hervorgehoben. Für nah beieinander liegende Werte fällt ein Vergleich schwer, da es für

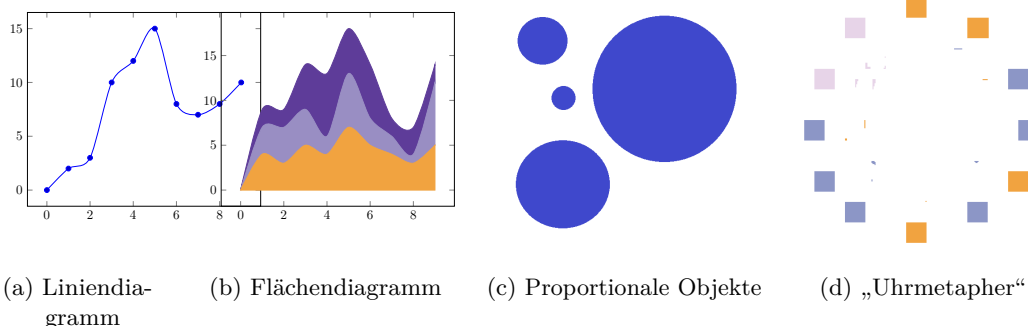


Abbildung 3.6.: Beispiele für weitere Diagramme.

Betrachtende schwierig ist, Flächen genau abzuschätzen [CM85]. Proportionale Objekte werden deswegen häufig bewusst eingesetzt, wenn die Visualisierung mit der Intention erstellt wird, den Betrachtenden die großen Unterschiede zu verdeutlichen, und nicht, wenn eine Erkenntnis noch gefunden werden soll. Abbildung 3.6 (c) zeigt ein Beispiel für proportionale Objekte mit Kreisen als Objektform.

3.3.5. Uhrmetapher

Die Uhrmetapher stellt eine runde Anordnung von Datenpunkten in Form des Zifferblatts einer Uhr dar. Betrachtende assoziieren die gezeigten Daten mit einem zeitlichen Ablauf, da die Ähnlichkeit mit einer Uhr einen solchen suggeriert. Folglich sollte diese Diagrammform beziehungsweise Metapher nur verwendet werden, wenn Datenpunkte über einen solchen zeitlichen Verlauf angezeigt werden sollen. Abbildung 3.6 (d) zeigt ein Beispiel für eine Uhrmetapher mit zwölf Datenpunkten. Diese könnten sich beispielsweise darauf beziehen, ob die Person, zu welcher die Daten gehören, innerhalb der jeweiligen Stunde 250 Schritte gemacht hat (blau) oder nicht (orange), beziehungsweise der Tag noch nicht soweit voran geschritten ist (blass violett).

3.3.6. Piktogramm

Bei Piktogrammen handelt es sich um Symbol, auch Icons genannt, die Informationen durch eine vereinfachte grafische Darstellung vermittelt. Ein Piktogramm kann aus einer ikonischen Darstellung von Objekten, Szenen, abstrakten Symbolen, Zahlen oder Textelementen bestehen. Typischerweise ist ein Piktogramm in ein Piktogrammsystem eingebunden. Im Kontext von Aktivitätsdaten würden sich beispielsweise Männchen anbieten, die sich mit verschiedener Intensität bewege, wie Abbildung 3.7 (a) zeigt. Alternativ können Piktogramme auch zum Zählen verwendet. Abbildung 3.7 (b) zeigt Piktogramme in Form von leeren und vollen Wassergläsern, um anzuzeigen, wie viel eine Person an diesem Tag bereits getrunken hat und wie viel sie noch trinken sollte.



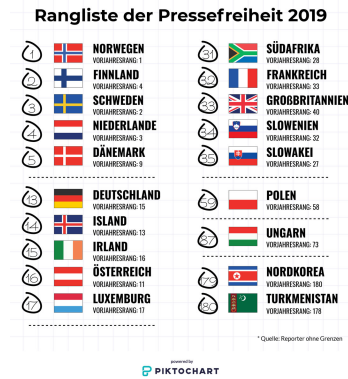
(a) Piktogrammsystem mit verschiedenen Formen

(b) Piktogramme als Zählmenge

Abbildung 3.7.: Beispiele für Verwendungen von Piktogrammen.



(a) Kartographische Darstellung



(b) Rangliste

Abbildung 3.8.: Beispiele für weitere Diagramme: (a) Kartographische Darstellung^a und (b) Rangliste^b.

^aQuelle: <https://www.vvs.de/vvs/>

^bQuelle: <https://fink.hamburg/2019/05/pressefreiheit-pavla-holcova-im-interview/>

3.3.7. Kartographische Darstellung

Eine kartographische Darstellung greift die allgemein bekannte Form von Landkarten auf. Sie werden häufig zur Anzeige von Erdschichten oder Höhenlagen eingesetzt, aber auch als Stadt- und Gebäudepläne. Oft wird eine gewöhnliche Landkarte mit weiteren Annotationen wie Linien, Pfeilen oder Text versehen, um weitere Informationen zu kodieren. Abbildung 3.8 (a) zeigt eine Karte des Großraum Stuttgarts mit dem Streckenverlauf der Stadtbahnen und Regionalbahnen des Verkehrs- und Tarifverbunds Stuttgart. Streckenverläufe sind als Linien dargestellt und Icons markieren wichtige Bahnhöfe.

3.3.8. Ranglisten

In Ranglisten wird der Rang von Elementen in graphischer Form präsentiert. Die Anordnung stellt eine Kodierung durch Position dar und wird von den quantitativen Werten eines jeden Elements bestimmt. Die Rangliste ist eine bekannte Metapher und kann deswegen von Betrachtenden schnell verstanden werden. Abbildung 3.8 (b) zeigt eine Rangliste über die weltweite Pressefreiheit.

4. Datengrundlage

An erster Stelle der Visualisierungspipeline nach Card et al. [CMS99] (siehe Abschnitt 3.1) stehen die unverarbeiteten Rohdaten. Diese Daten sollen im Verlauf des Visualisierungsprozesses gefiltert und schließlich so dargestellt werden, dass Betrachtende Erkenntnisse aus ihnen gewinnen können. Im Kontext dieser Arbeit handelt es sich bei diesen Rohdaten um die typischen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten, welche sich vom Gros der im Handel erhältlichen Wearables messen lassen.

Dieser letzten Satz lässt schon erahnen, dass moderne Wearables eine Vielzahl an Aktivitätsdaten messen können, welche aber nicht unbedingt allesamt im weiteren Verlauf dieser Arbeit eine Rolle spielen werden. Die Laufanalyse von Garmin [Gar] umfasst etwa Messwerte wie den VO₂max-Wert (maximale Sauerstoffaufnahme des Körpers unter Belastung) oder den Winkel der Körperneigung beim Laufen. Ersterer Wert ist bei der Messung durch die aktuell verbauten Sensoren noch so ungenau, dass die gewonnene Erkenntnis für Benutzende mangelhaft ist (siehe Abschnitt 4.1.2). Die Körperneigung andererseits ist ein solch spezifischer Wert, dass sie nur für eine begrenzte Zahl von Personen, welche sehr ehrgeizig dem Laufsport nachgehen, von wirklicher Bedeutung ist. Dieses Kapitel widmet sich ausführlich den zur Verfügung stehenden Aktivitätsdaten und welche wir für die Aufgabenstellung dieser Arbeit als relevant erachten.

Um ein besseres Verständnis zu erhalten, wird zunächst ein Blick auf die im Handel erhältlichen Wearables und die darin verbaute Sensorik geworfen (Abschnitt 4.1). Natürlich ist nicht in jedem Gerät auch jeder verfügbare Sensor verbaut. Deshalb werden in Abschnitt 4.2 die Ergebnisse einer Recherche präsentiert, die feststellte, welche Sensoren jeweils in den aktuell im Handel erhältlichen Wearables verbaut sind. Aus diesem Ergebnis lässt sich herleiten, welche Daten typischerweise zur Verfügung stehen.

Einen anderen Blickwinkel auf die Daten von potenziellem Interesse liefert die Fragestellung, welche Aktivitäten einen erwiesenen Nutzen für die Gesundheit des Menschen haben. „Nicht zu viel sitzen“, „auch mal die Treppe statt dem Aufzug zu nehmen“ und „am besten jeden Tag 10.000 Schritte machen“ sind bekannte und viel zitierte Weisheiten. Doch wie viel Wissenschaft steckt hinter diesen Aussagen und welche von ihnen sind in erster Linie nicht mehr als ein Werbeslogan¹. Abschnitt 4.3 betrachtet, welche Aktivitätsempfehlungen von der wissenschaftlichen Literatur unterstützt werden und nachweislich zu einem gesünderen Lebensstil führen.

¹<https://www.spiegel.de/gesundheit/ernaehrung/fitness-die-10-000-schritte-regel-pro-tag-basiert-auf-einer-werbung-a-1279520.html>

4.1. Wearables und Sensorik

Wenn heutzutage von Fitness-Trackern die Rede ist, dann wird meistens von Fitness-Bänder gesprochen. Diese messen eine Vielzahl an Aktivitätswerten, sind zunehmend, aber nicht ausschließlich, mit einem Display zur Anzeige der gemessenen Werte ausgestattet und werden vorwiegend am Handgelenk getragen. Die meisten dieser Eigenschaften und Funktionen von Fitness-Trackern lassen sich auch in aktuellen Smartwatch-Modellen finden. Für Fitness-Tracker, Smartwatches und ähnliche Geräte hat sich der eingedeutschte Begriff „Wearables“ durchgesetzt. Um Klarheit zu schaffen, was genau nun Wearables sind und welche verschiedenen Wearables für uns von Interesse sind, liefert Abschnitt 4.1.1 Definitionen für Geräte von Interesse.

Das erste Wearable zur Messung von Aktivitätsdaten war eine Sportuhr von Polar, die in den 80er Jahren auf dem Markt erschien. Die ersten modernen Fitness-Tracker wie auch die ersten Smartwatches sind seit Anfang der 2000er Jahre erhältlich. Wirkliche Aufmerksamkeit wurde ihnen jedoch erst mit dem Hype um Fitbit und Jawbone 2011, beziehungsweise dem Erscheinen der Sony SmartWatch 2012 geschenkt. Die Geschichte der Sensorik zur Messung von Aktivitätsdaten geht jedoch viel weiter zurück — teilweise bis in die Renaissance. Einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung und heutige Funktionsweise der einzelnen Sensoren liefert Abschnitt 4.1.2.

4.1.1. Wearables

Der Begriff Wearable ist ein aus dem Englischen übernommene Bezeichnung, die einen Überbegriff für am Körper tragbare Elektronik darstellt. Dies können unter anderem Smartwatches, Fitness-Tracker oder auch Datenbrillen umfassen. Bei den Smartwatches handelt es sich um die wichtigsten Wearables in Bezug auf diese Arbeit, da sie das Anzeigemedium für die Datenvisualisierung darstellen.

Aber auch andere Geräte sind einen Blick wert. Zum einen kann die in Sportuhren und Fitness-Trackern verwendete Sensorik Hinweise darauf liefern, welche Hardware zukünftig ebenfalls in Smartwatches verbaut wird. Zum anderen zeigt unsere Onlineumfrage (siehe Kapitel 8), dass einige Leute nicht nur ihre Smartwatch, sondern zusätzlich auch andere Geräte zum Tracking ihrer Aktivitätsdaten verwenden.

Sportuhr

Sportuhren (auch Laufuhr, GPS-Uhr oder Pulsuhr genannt) waren die ersten multifunktionalen und zu Sportzwecken gedachten Wearables, welche im Handel erhältlich waren. Mit der PE 2000 brachte Polar 1982 die erste Sportuhr auf den Markt [AJ03], [Pol]. Neben der klassischen Uhrzeit zeigte die PE 2000 auch den Puls des Trägers an, welcher über einen separaten Brustgurt gemessen werden konnte. Diese zusätzliche Funktion unterschied die PE 2000 von herkömmlichen Uhren, die sich nur auf das Zeitmessen beschränkten. Bei dem Nachfolgemodell Polar PE 3000 (siehe Abbildung 4.1 (a)) stand bereits eine Schnittstelle zum Computer zur Verfügung, was eine weitere Auswertung der Daten zuließ. Späteren Versionen der Modellreihe maßen noch zusätzliche biometrische Daten.



(a) Polar PE 3000



(b) Garmin Forerunner 945

Abbildung 4.1.: Beispiele für Sportuhren: (a) Polar PE 3000^a und (b) Garmin Forerunner 945^b.

^aQuelle: https://www.polar.com/de/uber_polar/wer_wir_sind/innovationen

^bQuelle: <https://buy.garmin.com/de-DE/DE/p/621922>

Diese ersten Sportuhren von Polar gelten heutzutage als Urväter der modernen Fitness-Tracker. Tatsächlich fällt es schwer, eine klare Unterscheidung zwischen Sportuhren und Fitness-Trackern zu finden. Moderne Sportuhren wie etwa die Garmin Forerunner 945 (siehe Abbildung 4.1 (b)) sind mit einer Vielzahl an Sensoren ausgestattet, die häufig einen Bewegungssensor, Herzfrequenzsensoren, ein Positionsbestimmungssystem oder auch einen Kompass umfassen.

Frühe Modelle der Fitness-Tracker in Form von Bändern und Clips besaßen keinen Bildschirm oder zeigten lediglich den gemessenen Wert und nicht die Uhrzeit an (siehe Abbildung 4.2 (c)). Dadurch konnte hier eine Unterscheidung zur Sportuhr getroffen werden, da sie im Endeffekt eine Uhr mit erweiterter Funktionalität war. Neuere Modelle von Fitness-Trackern (etwa die Fitbit Charge 3, siehe Abbildung 4.2 (a)) verfügen inzwischen bis auf wenige Ausnahmen über ein Display und eine Zeitanzeige. Damit ist diese Unterscheidung mehr oder weniger hinfällig.

Um trotzdem eine Abgrenzung zwischen Sportuhr und Fitness-Tracker zu schaffen, wurde das Augenmerk auf den Zeitraum des Tracking von Aktivitätsdaten gelegt. Für diese Arbeit definieren wir Sportuhren in der Form, dass sie nur zum Tracken von Aktivitätsdaten während der Dauer einer sportlichen Tätigkeit verwendet werden. Fitness-Tracker lassen sich darüber charakterisieren, dass sie während des ganzen Tages die Aktivitäts- und Gesundheitsdaten des Trägers messen.

Eine Abgrenzung der Sportuhr zur Smartwatch fällt leichter als zum Fitness-Tracker, da der Sportuhr jegliche „smarten Features“ fehlen. Auf der Sportuhr können keine zusätzlichen Apps installiert und auch keine Benachrichtigungen empfangen werden. Neben den üblichen Funktionen, die eine Uhr ausmachen, verfügt die Sportuhr lediglich über Tracking-Funktionen für die Aktivitätsdaten.



(a) Fitbit Charge 3



(b) Samsung Gear Fit 2 Pro



(c) Jawbone Up 3

Abbildung 4.2.: Beispiele für Fitness-Tracker: (a) Fitbit Charge 3^a, (b) Samsung Gear Fit 2 Pro^b und (c) Jawbone Up 3^c.

^aQuelle: <https://www.fitbit.com/de/charge3>

^bQuelle: <https://www.samsung.com/at/wearables/gear-fit2-pro-r365-large/>

^c<https://www.amazon.co.uk/Jawbone-UP3-activity-tracker-black-Twist/dp/B000P2I0M0>

Fitness-Tracker

Als Fitness-Tracker (auch Activity-Tracker, Fitness-/Gesundheits-Armband oder Smart Band) werden Wearables bezeichnet, die primär zur Aufzeichnung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten dienen. Sie können mit dem Smartphone oder Computer verbunden werden, um die langzeitige Datenerfassung zu speichern und zu analysieren. Die meisten aktuellen Geräte verfügen zusätzlich über ein Display, um Teile der Daten selber anzeigen zu können.

Die ersten massentauglichen und in der breiten Öffentlichkeit wahrgenommenen Fitness-Tracker entstanden im Jahr 2006 aus einer Kooperation von Nike und Apple [App06]. Nike stellt dabei Schuhe her, die Sensoren beinhalten um Daten wie zurückgelegte Entfernung, Kalorienverbrauch und aktive Zeit zu messen. Diese wurde dann an einen iPod oder ein iPhone gesendet. Ein Jahr später (2007) wurde der langzeitige Marktführer Fitbit gegründet. Als erster Hersteller setzt er auf Fitness-Tracker, welche rund um die Uhr Messdaten lieferten und sogar den Schlaf überwachten. Außerdem prägten sie entscheidend das Design, hin zu am Handgelenk getragenen Trackern.

Wenn von Fitness-Trackern die Sprache ist, kommt einem meistens ein Fitness-Armband in den Sinn. Auch wenn es moderne Fitness-Tracker gibt, die an der Hüfte oder um den Hals getragen werden, so ist das Armband am Handgelenk das dominante Design. Abbildung 4.2 zeigt aktuelle Modelle von beliebten Fitness-Trackern der Hersteller Fitbit (a), Samsung (b) und Jawbone (c).

Wie Smartwatches werden die meisten Fitness-Tracker am Handgelenk getragen. Ihre primäre Aufgabe stellt die Messung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten dar. Einen Blick auf die verbaute Sensorik zu werfen ergibt also einen Sinn, da sie auch für Smartwatches zum Einsatz kommen kann.



(a) Apple Watch Series 4



(b) Sony SmartWatch 3 SWR50



(c) Misfit Vapor 2

Abbildung 4.3.: Beispiele für Smartwatches: (a) Apple Watch Series 4^a, (b) Sony SmartWatch 3 SWR50^b und (c) Misfit Vapor 2^c.

^aQuelle: <https://www.apple.com/de/shop/buy-watch/apple-watch>

^bQuelle: <https://www.amazon.de/Sony-Mobile-SmartWatch>

^cQuelle: <https://misfit.com/misfit-vapor-2>

Smartwatches

Bei der Smartwatch handelt es sich um eine elektronische Armbanduhr, welche über zusätzliche Sensoren, Aktuatoren und Computerfunktionalitäten verfügt. Dadurch kann sie diverse Funktionen bieten, wie das Anzeigen von Benachrichtigungen, E-Mails oder dem Wetter. Aber auch Musik abspielen und bargeldloses Bezahlen sind mit der Smartwatch kein Problem. Die Möglichkeit zusätzliche Apps auf der Smartwatch zu installieren, fügt ständig neue Funktionalitäten hinzu.

Manche Definitionen dafür, was eine Smartwatch ausmacht, sehen vor, dass die mögliche Installation zusätzlicher Apps ein zwingendes Kriterium ist. Geht man nach wissenschaftlichen Definitionen, wie jener von Cecchinato et al. [CCB15] findet sich dies jedoch nicht wieder. Sie definieren eine Smartwatch als: „Ein am Handgelenk getragenes Gerät mit Rechenleistung, das sich mit anderen Geräten über kurze Entfernung kabellos verbinden kann; Benachrichtigungen zur Verfügung stellt; persönliche Daten durch eine Reihe an Sensoren sammelt und abspeichert; und eine integrierte Uhr besitzt.“

Die erste Smartwatch erschien 2000 auf den Markt in Form der IBM Linux Watch [NR00]. Es dauerte jedoch über ein Jahrzehnt, bis die Öffentlichkeit den Smartwatches Aufmerksamkeit schenkte [CCB15]. Das erste Mal traten Smartwatches im öffentlichen Interesse auf, als die Pebble Smartwatch im Jahr 2012 auf der Crowdfunding Seite *Kickstarter*² erfolgreich finanziert wurde. Mit dem Erscheinen der Apple Watch anno 2015 setzten sich Smartwatches dann endgültig als beliebtes Wearable durch. Abbildung 4.3 zeigt Beispiele für moderne Smartwatches von Apple (a), Sony (b) und Misfit (c).

Während im Abschnitt 4.2 auf die in Smartwatches verbaute Sensorik zur Messung der Aktivitätsdaten eingegangen wird, spielt die Smartwatch als Anzeigemedium eine Rolle. Der Größe und Form des Displays müssen während des Designprozesses Beachtung geschenkt

²www.kickstarter.com



Abbildung 4.4.: Beispiele für Hybriduhren: (a) Withings Steel HR^a, (b) Withings Move^b und (c) Garmin vívomove HR^c.

^aQuelle: <https://www.withings.com/de/de/steel-hr/>

^bQuelle: <https://www.withings.com/de/de/withings-move-timeless-chic>

^cQuelle: <https://buy.garmin.com/de-DE/DE/p/583562/>

werden. Diese Thematik wird jedoch nicht in diesem, sondern im nächsten Kapitel in Abschnitt 5.2 behandelt.

Hybrid-Uhren

Die Hybrid-Uhr (auch Hybridwatch oder Hybrid-Smartwatch) ist, wie der Name schon sagt, ein Zwischending aus klassischer Armbanduhr und einer Smartwatch. Die Hybrid-Uhr besitzt dabei einerseits ein analoges Ziffernblatt zur Uhrzeitanzeige, darüber hinaus verfügt sie aber auch über weitere Anzeigemöglichkeiten, sogenannte Komplikationen (siehe Abschnitt 5.2.3 für eine ausführlichere Begriffserklärung). Diese können in Form eines Digitaldisplays oder zusätzlichen Ziffernblatts, auch „Totalisator“ genannt, sein. Diese zusätzliche Anzeige kann dann verwendet werden, um etwa Aktivitätsdaten anzuzeigen.

Abbildung 4.4 zeigt verschiedene Versionen des zusätzlichen Displays. Die Steel HR von Withings (a) besitzt beide Varianten, unten einen Totalisator und oben ein digitales Display. Das Move Modell von Withings (b) verfügt lediglich über einen Totalisator und die vívomove HR von Garmin (c) hat nur ein Digitaldisplay. Es lässt sich dabei gut erkennen, dass selbst das Digitaldisplay von den Anzeigemöglichkeiten her nicht mit dem vollständig digitalen Display einer Smartwatch zu vergleichen sind.

Visualisierungen von Aktivitätsdaten, die auf Smartwatches ausgelegt wurden, sind also nur bedingt oder gar nicht für Hybrid-Uhren tauglich. Als mögliches weiteres Anzeigemedium wird den Hybrid-Uhren folglich in dieser Arbeit keine Beachtung geschenkt. Wie bei den Sportuhren und Fitness-Trackern gilt das einzige Interesse der verbauten Sensorik. Als „abgespeckte“ Version der Smartwatch und mit deutlich höherer Akkulaufzeit (der Akku der Withings Steel HR hält 25 Tage) kann die Sensorik einer Hybrid-Uhr als untere Schranke für die zukünftig in Smartwatches verbauten Sensorik angesehen werden.

Tracking mit dem Smartphone

Nicht nur am Handgelenk getragene Wearables können zur Messung von Aktivitätsdaten verwendet werden, sondern auch das Smartphone. Beschleunigungssensoren, die zur Messung diverser Aktivitätsdaten geeignet sind, lassen sich heutzutage in jedem Smartphone finden. Das erste Mal wurde 2006 ein 3D-Beschleunigungssensor in das Nokia 5500 Sport Mobiltelefon eingebaut³. Dies war noch vor der Zeit von Fitness-Trackern, womit das Nokia 5500 Sport als wegweisend für eine genauere Berechnung von Entfernungen, Aktivitäten und verbrauchten Kalorien betrachtet werden kann. Die damalige Technologie ist heute zentraler Bestandteil eines jeden Fitness-Trackers.

Viele modernen Smartphones können mit einer ähnlichen Sensorik aufwarten wie Fitness-Tracker und Smartwatches. Auch wenn sich nicht alle von Fitness-Trackern und Smartwatches gemessenen Aktivitäts- und Gesundheitswerte auch vom Smartphone erfassen lassen, etwa eine dauerhafte Überwachung der Herzfrequenz, sind die in Tracking-Apps auf dem Smartphone verfügbaren Aktivitätsdaten auf jeden Fall auch einen Blick wert.

4.1.2. Sensorik zur Messung von Aktivitätsdaten

Das Prinzip der Selbstvermessung ist kein neues Phänomen. Schon vor Smart Devices und multifunktionalen Fitness-Trackern gab es passende Werkzeuge, mit denen der Mensch seine Aktivitäten überwachen und dokumentieren konnte. Alle Sensorik, die in heutigen Wearables verbaut ist, hat seine Ursprünge vor Jahrzehnten, wenn nicht gar Jahrhunderten.

Auf den folgenden Seiten wird die Funktionsweise und Entwicklung verschiedener Sensoren vorgestellt. Dabei wird auch ein Blick darauf geworfen, wie verlässlich die gemessenen Daten dieser Sensoren sind. Während gewisse Schwankungen akzeptabel sind und entweder vernachlässigt oder durch passende Präsentation in der Visualisierung einbezogen werden können, bieten manche Sensoren völlig unbrauchbare oder gesundheitsgefährdende Ergebnisse, da sie den Nutzenden suggerieren, dass kein gesundheitliches Problem vorliege, obwohl dies der Fall ist.

Schrittzähler und Beschleunigungsmesser

Die Geschichte von Schrittzählern, auch Pedometer genannt, lässt sich bis in die Renaissance zurückverfolgen [BTLC16]. Leonardo da Vinci wird von vielen als der Erfinder des ersten mechanischen Schrittzählers betrachtet, einem Apparat, der um die Hüfte getragen wurde und über einen Hebelarm mit dem Oberschenkel verbunden war. Als Schöpfer des modernen, kompakten Schrittzählers gilt Abraham-Lois Perrelet, der zunächst 1777 einen Mechanismus zur Schrittmessung mithilfe einer Taschenuhr erfand und später 1780 ein eigenständiges Pedometer entwickelte.

Große Beliebtheit erlangten Pedometer in Japan im Jahre 1965, kurz nach den Olympischen Spielen in Tokyo [BTLC16], [TB04]. Die Firma Yamase (international Yamax genannt)

³<https://fitnessarmband.eu/geschichte-und-entwicklung-der-fitness-armbaender/>

entwickelte den *manpo-kei*, ein Pedometer, das bis 10.000 Schritte zählte. Aus dieser Periode stammt auch der Slogan, dass 10.000 Schritte am Tag einen gesunden Lebensstil bedeuteten. Es ist also in erster Linie ein Werbespruch und nicht wissenschaftlich fundiert, dass 10.000 Schritte am Tag das ideale Maß für die Gesundheit sind. Auf diesen Punkt wird in Abschnitt 4.3 weiter eingegangen.

Traditionelle, mechanische Schrittzähler verwenden einen einfachen Mechanismus [TJK09]. Bei vertikaler Beschleunigung des Körpers, wie sie beim Gehen oder Laufen entsteht, bewegt sich ein gefederter Hebelarm auf und ab. Die Bewegung des Hebelarms öffnet und schließt einen elektronischen Kreislauf, der so die Schritte registriert und zählt.

Modernere Fitness-Trackern und Smartwatches verwenden inzwischen einen Mechanismus der aus einem piezoelektrischen oder piezo-resistiven Beschleunigungsmesser besteht [HBK09]. Beim Gehen oder Laufen ergeben sich sinusförmige Muster von Beschleunigung und Abbremsen, welche die Phasen des Bewegungszyklus kennzeichnen und so die einzelnen Schritte zählbar machen.

Mit Hilfe des Beschleunigungsmessers lassen sich auch andere Aktivitätsdaten erfassen. So können etwa über die Schrittzahl die zurückgelegte Distanz und Geschwindigkeit einer Person approximiert werden. Wahrgenommene Bewegungen können genutzt werden, um aktive Zeit zu messen, das Aufstehen aus sitzender Position zu registrieren oder die Schlafphasen (später dazu mehr) zu überwachen. Der Beschleunigungsmesser ist also ein multifunktionaler Sensor. In unserer durchgeführten Erhebung zu Wearables (siehe Abschnitt 4.2) handelte es sich beim Beschleunigungsmesser deshalb auch um den einzigen Sensor, der ausnahmslos in allen betrachteten Modellen verbaut war.

Lagesensor

Als Lagesensor (auch Kreiselstabilisator, Kreiselinstrument oder Gyroskop genannt) wird ein Kreisel bezeichnet, welcher in einem beweglichen Lager rasch rotiert. Aufgrund der Drehimpulserhaltung weist der Kreisel ein hohes Beharrungsvermögen gegenüber Lageänderungen im Raum auf. Wird die relative Drehgeschwindigkeit zwischen Kreisel und Käfig gemessen, spricht man von einem Gyrometer. Gyroskope werden als Navigationsinstrumente sowie zur aktiven Lageregelung eingesetzt, insbesondere in der Luft- und Raumfahrt [Sim61].

In Smartphones, Smartwatches und Fitness-Trackern werden heutzutage Vibrationskreisel verbaut. Diese bestehen aus einem schwingfähigen System, beispielsweise einem Schwingquarz [Czo00]. Die Lagesensoren in Wearables werden dabei ebenfalls zur Messung von Beschleunigung verwendet. Während die Beschleunigungssensoren ihrerseits geradlinige Bewegungen erfassen, dienen die Gyroskop-Sensoren dazu, Drehbewegungen messen zu können. Durch Kombination beider Sensoren können so noch präzisere Messwerte gewonnen und die Bewegungen des Körpers komplett beschrieben werden. Folglich sind durch Lagesensoren keine zusätzlichen Aktivitätswerte verfügbar, falls im Gerät bereits Beschleunigungssensoren verbaut sind. Die gemessenen Aktivitätsdaten können jedoch genauer festgestellt und erfasst werden.

Positionsbestimmungssysteme

Globale Navigationssatellitensysteme (*GNSS*) werden eingesetzt, um die Position des Empfängers zu bestimmen [Bau11]. Dafür werden Signale von Navigationssatelliten und Pseudoliten empfangen. Diese teilen über Funkcodes ihre genaue Position und Uhrzeit mit. Im Empfangsgerät werden dann die Signallaufzeiten gemessen und daraus die aktuelle Position ermittelt. Für eine korrekte Positionsbestimmung müssen die Signale von mindestens vier Satelliten gleichzeitig empfangen werden.

Das bekannteste und am weitesten verbreitete Navigationssatellitensystem ist das *GPS* (Global Positioning System). Alternativen dazu stellen das *Galileo* der Europäischen Union, das *GLONASS* der Russischen Föderation oder das *Beidou* der Volksrepublik China dar [Nat10].

Moderne Smartphones und Wearables sind überwiegend mit einem GPS Empfänger ausgestattet und manche besitzen zusätzlich eines oder mehrere der anderen genannten Systeme. Das GPS dient in Smartphones vorwiegend zur Navigation, doch auch Aktivitätsdaten wie die zu Fuß oder auf dem Fahrrad zurückgelegte Strecke lassen sich damit messen. Genauso lässt sich die exakte Geschwindigkeit der Bewegung erfassen. Beide Werte sind um ein Vielfaches genauer, als wenn sie mit Hilfe eines Beschleunigungsmesser geschätzt werden.

Höhenmesser

Wie die Schrittzähler können Höhenmesser auf eine längere Historie zurückblicken. Auf den von Galileo Galilei im Jahre 1638 beschriebenen Beobachtungen basierend, erfand Evangelista Torricelli im Jahre 1643 das Quecksilber-Barometer [Mid03]. Dafür wurde ein Rohr mit Quecksilber gefüllt und über ein Becken, welches ebenfalls voll Quecksilber war, platziert. Tauchte man die Säule in das Becken, entleerte sich diese nicht vollständig, da der Luftdruck auf die Oberfläche im Becken einwirkte. Über den Füllstand der Säule konnte dann der Luftdruck bestimmt werden. Da der Luftdruck von der Höhe über dem Meeresspiegel abhängig ist, kann somit die absolute Höhe über Normalnull auf diese Weise bestimmt werden.

Die Entwicklung des Barometers verlief dann zunächst schleppend. Erst Mitte des neunzehnten Jahrhunderts begann die kommerzielle Produktion von Barometern, welche sich zunächst nur an die Forschung richtete und erst später für den Hausgebrauch gedacht war. Heutzutage ist dafür eine Vielzahl an Barometern erhältlich, die in allen Formen und Größen vorkommt. Dies umfasst vor allem kleinere Barometer, die von der Größe eines Taschenrechners bis hin zum Mikrochip reichen und ohne Flüssigkeit funktionieren. Letztere sind in einigen aktuellen Smartphones und Wearables verbaut [LHG13].

Die von Globalen Navigationssatellitensystemen gelieferte Information enthält neben der Position ebenfalls die Höhe als kodierten Wert. Trotzdem ist in vielen Geräten zusätzlich ein Barometer verbaut. Zum einen bedeutet die Aktivierung des *GNSS* Empfänger einen erhöhten Akkuverbrauch, weswegen dieser nicht immer aktiviert ist, zum anderen ist der Empfang des Satellitensignals nicht zu allen Zeitpunkten garantiert [LHI+14]. Gerade in geschlossenen Räumen sind *GNSS* selten bis gar nicht benutzbar [CCY14].

Wenn der Akku eines Wearables geschont werden soll, wenn kein *GNSS*-Signal empfangen werden kann oder wenn aus Kosten- oder Platzgründen überhaupt kein Empfänger im Wearable verbaut ist, stellt ein barometrischer Höhenmesser eine verlässliche Alternative dar. Gerade wenn es darum geht Treppensteigen als Aktivität zu messen, findet dies meist in Gebäuden statt und die zurückgelegten Stockwerke können ohne Barometer nicht dokumentiert werden.

Herzfrequenzmesser

Mobile Herzfrequenzmessgeräte existieren bei weitem noch nicht so lange wie Schrittzähler oder Höhenmesser. Mit dem ersten vorgestellten Gerät im Jahre 1980, einem Brustgurt mit Armbanduhr als Empfänger, dienen sie aber schon seit fast 40 Jahren der Selbstvermessung [AJ03]. Dabei gilt gerade das bereits erwähnte Unternehmen Polar Electro Oy als einer der Vorreiter in Herzfrequenzmessung [LV98]. Neben Herzfrequenzmesser und Sportuhren produziert der Hersteller inzwischen Wearable-Modelle wie Fitness-Tracker und Smartwatches, welche auch für die Erhebung berücksichtigt wurden.

In vielen aktuellen Wearables ist ein optischer Herzfrequenzsensor verbaut, welcher eine Messung am Handgelenk vornehmen kann. Die Genauigkeit von State of the Art Herzfrequenzmessgeräten am Handgelenk kann dabei aber nicht mit jener von Brustgurten mithalten [WBD+17]. Für eine genaue Einhaltung von herzfrequenzabhängigen Trainingszonen im Ausdauertraining sind Wearables damit nur bedingt geeignet. Wenn es jedoch um die grundlegende Feststellung der Intensität von körperlicher Aktivität während des Tages geht, sind die Messwerte ein ausreichender Indikator.

Blutdruckmesser

Der Blutdruck stellt einen wichtigen Gesundheitsindikator dar. Zur Messung wird eine Manschette um den Ober- oder Unterarm gelegt und langsam aufgeblasen⁴. Ohne auf diese Prozedur weiter detaillierter einzugehen, sollte ersichtlich sein, dass eine solche Manschette sich nicht leicht in ein Wearable integrieren lässt. Dies hielt jedoch die Entwickler von mobilen Apps nicht davon ab, ein alternatives Messverfahren für das Smartphone zu entwickeln. Die *Instant Blood Pressure* App etwa schätzt den Blutdruck mit einer eigens entwickelten Technik ein. Dafür muss die oder der Nutzenden die obere Kante des Smartphones auf ihre oder seine linke Brust und den rechte Zeigefinger über der Kamera des Smartphones platzieren.

Die Genauigkeit dieser Methode ist jedoch ungenügend. In einer Studie [PUM+16] zeigte sich, dass gerade bei erhöhtem Blutdruck, welcher schwerwiegende Folgen mit sich ziehen kann, wenn er ignoriert wird, der Blutdruck zu niedrig gemessen wurde. Fast 80% der Leute mit erhöhtem Blutdruck erhielten von der App die Rückmeldung, dass ihr Blutdruck im akzeptablen Bereich liege. Sollte der Blutdruck also von akutem gesundheitlichem Interesse sein, wäre es besser ein dafür geeignetes Gerät zu nutzen.

⁴<https://www.blutdruckdaten.de/lexikon/blutdruckmessung.html>

VO2max Messer

Die VO2max ist die maximale Sauerstoffmenge, die vom Körper während einer maximalen Belastung aufgenommen werden kann. Die Erhebung dieser Sauerstoffaufnahmekapazität erfolgt mittels einer Atemgasanalyse während der Körper einer ansteigenden Ausdauerbelastung unterzogen wird. Dies findet vorwiegend in einer Laborumgebung statt. Dabei werden die Atemgase gemessen und analysiert. Zahlreiche Studien [FTS+03], [HMB+10] belegen, dass eine Person, die eine hohe VO2max besitzt, ein geringeres Risiko aufweist, eine Herz-Kreislauf-bedingte Erkrankung zu erleiden oder daran zu sterben. Sie ist also ein gutes Maß für die körperliche Fitness.

Es ist also nicht verwunderlich, dass, wie beim Blutdruck, der Versuch besteht die VO2max mit Hilfe von Fitness-Trackern zu messen. Ebenfalls wie beim Blutdruck stützen sich die Fitness-Tracker dabei auf weniger ideale Messalternativen. So wie keine Blutdruckmanschette in einem Smartphone verbaut werden kann, lässt sich keine Maske für die Atemgasanalyse im Fitness-Tracker integrieren. Trotzdem versuchen Hersteller wie Garmin und Polar mit Hilfe der Herzfrequenz und Herzfrequenzvarianz bei Belastung eine Approximation des VO2max zu erhalten. Wie Untersuchungen [SWS18], [ACT+19] der Genauigkeit dieser Methode zeigten, sind die errechneten Werte von unbrauchbarer Qualität. Während der Blutdruck noch selbst mit einer Manschette gemessen und ein Wert manuell eingetragen werden kann, macht nur die Labormessung der VO2max einen Sinn, womit dieser Wert für uns nicht von Interesse ist.

Körpertemperaturmesser

Die Körpertemperatur kann mit Hilfe der Hauttemperatur abgeschätzt werden. Diese wiederum kann via Infrarot Thermosäulen, Thermistoren, dem thermoelektrischen Effekt oder auf optische Weise gemessen werden [KOL+16], [GLGG17]. In Wearables wird überwiegend ein Thermistor verwendet, ein elektrischer Widerstand, dessen Wert sich abhängig von der Temperatur ändert [KOL+16].

Eine Abschätzung der Körpertemperatur auf Grund der Hauttemperatur ist dabei nicht frei von Problemen. Zwar wird dabei beachtet, dass die Hauttemperatur ein paar Grad unter der Körpertemperatur liegt, doch wie von Individuum zu Individuum dieser Unterschied ausfällt, kann sich nur schwer sagen lassen. Zusätzlich können signifikante Änderungen der Hauttemperatur abhängig von Umgebungseinflüssen auftreten, während die Körpertemperatur im Normalfall eine Varianz von unter 1°C aufweist [KOL+16]. Ein weiteres Problem in der Messung stellt Schweiß dar, der die Sensoren beeinflussen kann. Durch Einbezug dieser Faktoren in den Berechnungsprozess konnten bereits vielversprechende Sensoren und Berechnungsmöglichkeiten präsentiert werden [MMS+12]. Diese Sensoren sind von theoretischem Interesse für uns, sofern sie überhaupt in Wearables verbaut sind.

Schlaferfassung

Zur Erfassung des Schlafes wird in Schlaflaboren die Bewegung, die Atmung, der Herzschlag und die Hirnaktivität gemessen. Dies dient zur Aufteilung des Schlafes in verschiedene

Zwischenphasen. Dabei wird zwischen den Leichtschlaf-, Tiefschlaf- und REM-Phasen unterschieden. In einer gewöhnlichen Nacht durchläuft ein Mensch vier bis sechs Zyklen, in welchen sich diese Phasen wiederholen [CD+05]. Es lassen sich also die Länge des Schlafs, Einschlaf- sowie Aufwachzeitpunkte und die Schlafphasen messen.

Natürlich lassen sich Atmung und Hirnaktivität nicht von Wearables erfassen. Bewegung und Herzschlag geben jedoch gute Indikatoren, in welcher Schlafphase man sich befindet. Wearables ohne Herzfrequenzmesser können immerhin entscheiden, ob sich der Träger in der Leichtschlafphase befindet oder in der Tiefschlaf- beziehungsweise REM-Phase. Letztere beide sind durch wenig bis keine Bewegung im Schlaf zu erkennen und so unmöglich nur mit Beschleunigungssensoren zu unterscheiden. Wearables mit beiden Sensoren sind theoretisch zum REM-Tracking fähig, allerdings ist hier die Software entscheidend. Ist diese nicht für die Erfassung der Phasen ausgelegt, so werden natürlich auch keine REM-Phasen angezeigt.

Es existieren vielversprechende Ansätze [dACS17], [ABC+17] für Analysesoftware der mit Wearables gemessenen Schlafdaten. Auch wenn diese nicht mit den präziseren Ergebnissen von Schlaflaboren mithalten können, sind sie trotzdem ausreichend, um eine grundlegende Überwachung des Schlafes durchzuführen.

4.2. Recherche der Verfügbaren Datengrundlage

Nachdem betrachtet wurde, welche Arten der Sensorik zur Verfügung stehen, um verschiedene Aktivitäts- und Gesundheitswerte zu erfassen, stellt sich nun die Frage, welche dieser Sensoren tatsächlich auch in Wearables verbaut sind. Es ergibt wenig Sinn über den Nutzen, geschweige denn die Visualisierung, von Aktivitätsdaten zu diskutieren, wenn diese in den meisten Fällen gar nicht zur Verfügung stehen. Systematisch zu erfassen, welche Daten typischerweise getrackt werden, stellt also den nächsten Schritt dieser Arbeit dar.

Im Jahr 2014 führte die offizielle *Quantified Self* Website⁵ über 500 Selbstvermessungswerkzeuge. Diese Liste enthielt dabei nicht nur Tracker für Aktivitäts- und (körperliche) Gesundheitswerte, sondern auch andere Kategorien wie: psychologischer Zustand, mentaler und kognitiver Zustand, Umgebungseinflüsse, situationsbedingte und soziale Einflüsse [Swa13]. Über die Jahre hat sich diese Liste noch erweitert. Viele der aufgeführten Geräte sind jedoch nicht oder nur bedingt im Handel erhältlich oder zu speziell für den Alltag.

Der Umfang der in Betracht gezogenen Geräte sollte vernünftig eingeschränkt werden. Smartwatches sind natürlich von primärem Interesse für diese Arbeit. Darüber hinaus kann die verbaute Sensorik in diversen anderen Wearables wie Fitness-Trackern und Sportuhren einen Hinweis darauf geben, was in Zukunft von Smartwatches zu erwarten ist. Außerdem bestand die Vermutung, dass Personen eventuell noch andere Tracker neben ihrer Smartwatch verwenden könnten, was in einer später durchgeführten Onlineumfrage bestätigt wurde (siehe Abschnitt 8.2).

⁵www.quantifiedself.com

4.2.1. Recherchemethode

Um festzustellen, welche Aktivitätsdaten mit typischen Wearables zur Verfügung stehen führten wir eine Recherche durch. Für diese stellten sich zwei grundlegende Fragen:

Recherchefrage 1: *Welche Sensorik ist in aktuellen Wearables verbaut?*

Recherchefrage 2: *Welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten werden mit Hilfe dieser Sensorik von aktuellen Wearables erfasst?*

Neben automatisch erfassten Werten besteht auch die Möglichkeit, dass Nutzende Werte manuell in eine Tracking-App eintragen, da sie sich nicht mit der vorhandenen Sensorik erfassen lassen. Daraus ergibt sich die Frage:

Recherchefrage 3: *Welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten lassen sich typischerweise in einer Tracking-App von Hand eintragen?*

Da später das Design von Visualisierungen zur Anzeige auf der Smartwatch betrachtet werden soll, stellt sich ebenfalls die Frage, wie der Bildschirm von Smartwatches beschaffen ist:

Recherchefrage 4: *Welche Größe, Auflösung und Form haben Smartwatch Displays?*

Auf die Ergebnisse von **Recherchefrage 4** werden wir jedoch erst im nächsten Kapitel in Abschnitt 5.2 eingehen. Dieses Kapitel beschäftigt sich nur mit den für die Visualisierung verfügbaren Daten (also **Recherchefrage 1, 2 und 3**).

Literaturrecherche

Zunächst wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um herauszufinden, ob sich aktuelle Studien mit der verbauten Sensorik in Wearables befassten. Dabei wurden zwei Arbeiten von Interesse gefunden. Beide beschäftigten sich zwar mit der Sensorik und den dadurch erfassbaren Aktivitätswerten von Wearables, lieferten jedoch keine zufriedenstellenden Antworten auf unsere Recherchefragen.

Liang et al. [LXL+18] untersuchten zwar die gemessenen Aktivitätswerte von Fitness-Trackern, konzentrierten sich jedoch vorwiegend auf die Usability der betrachteten Geräte. Außerdem umfasste die Studie lediglich sieben Wearables und machte keine genauen Angaben zur verbauten Sensorik, sondern lediglich zu einigen wenigen ausgewählten Messwerten.

Auf die in Wearables verbaute Sensorik gingen Kamišalić et al. [KFTK18] ein. Sie führten ihrerseits eine Literaturrecherche durch, welche sich mit diversen Formen von Sensoren auseinandersetzte. Dabei wurden Sensoren betrachtet, welche bereits in Wearables verwendet oder als Prototyp entwickelt wurden. Kamišalić et al. loteten jedoch lediglich aus, welche Möglichkeiten bestehen. Darauf, was von einem durchschnittlichen Fitness-Tracker zu erwarten ist, gingen auch sie nicht ein.

Internetrecherche

Da sich keine geeignete Literatur finden ließ, bestand der Bedarf eine weitere Recherche im Internet durchzuführen. Von Interesse waren dabei diverse Wearables mit verbauter Sensorik. Dies umfasste Smartwatches, Fitness-Tracker, Hybrid-Uhren und Sportuhren. Wie bereits beschrieben wurde nicht der volle Katalog an Tracking-Technologie ergründet, sondern nur Wearables welche Smartwatches ähnlich sind und deshalb eine vergleichbare Sensorik aufweisen sollten.

Um mögliche Modelle zu finden wurde zum einen die Liste der weltweiten Marktführer für Wearables [IDC19] herangezogen. Mit Hilfe dieser Information wurden dann auf den jeweiligen Homepages der Anbieter im Shop nach den aktuell erhältlichen Modellen gesucht. Dies ergab eine erste Sammlung an Geräten, die noch um weitere ergänzt werden sollte.

Um weitere Modelle zu finden, wurde auf der Onlineshopping Plattform Amazon⁶ nach dem Beriff „Wearables“ gesucht. Diese Suche gestaltete sich jedoch nicht so erfolgreich wie erwartet. Um exakte Daten zu erhalten, wurden die *technischen Spezifikationen* der Geräte eingesehen. Diese standen auf der Amazon Seite nicht immer detailliert zur Verfügung — manchmal sogar gar nicht. Es wurde also bevorzugt, wenn ein Modell in einem herstellereigenen Shop angeboten wurde, wo ausführlichere Spezifikationen gegeben waren. Eine Google-Suche nach einigen auf Amazon gefundenen Herstellern brachte jedoch keine Ergebnisse oder sogar vereinzelt Plagiatswarnungen des Zolls, dass bei einer Einfuhr die Möglichkeit einer Geldstrafe bestände.

Für bessere Ergebnisse wurden deshalb nach Vergleichswebseiten gesucht, welche eine Übersicht über aktuell beliebte Modelle geben. Durch diese Methode wurden diverse Webseiten wie etwa *curved.de*⁷ und *trusted.de*⁸ gefunden. Abschließend wurde noch ein Bericht des Verbraucherschutzes [Ver17] zu Wearables betrachtet, um weitere, kleinere Modelle zu finden, die vornehmlich für den deutschen Markt eine Rolle spielen.

4.2.2. Ergebnisse der Recherche

Im Zuge der Recherche im Internet wurden insgesamt 130 Wearable Modelle von 27 Herstellern gefunden. Erneut mussten einige Geräte aussortiert werden, von denen sich entweder keine verfügbare *Technische Spezifikationen* finden ließen oder die sich von anderen Modellen des selben Herstellers nur im Namen und äußeren Design unterschieden, von der sonstigen Hardware jedoch praktisch identisch waren. Dies ließ eine Liste mit 86 Modelle von 24 Herstellern übrig, die analysiert und kategorisiert wurden.

Bei diesen 86 untersuchten Modellen handelt es sich um 33 Smartwatches, 35 Fitnessstracker, 9 Sportuhren und ebenfalls 9 Hybriduhren. Für alle diese Wearables wurde von Herstellerseite die verbaute Sensorik und die vom Gerät erfassten Aktivitätsdaten angegeben. Tabelle 4.1 zeigt die Ergebnisse für die Sensorik und Tabelle 4.2 für die gemessenen Aktivitäts- und Gesundheitswerte.

⁶<https://amazon.com>

⁷<https://curved.de/toplist/beste-wearables/full>

⁸<https://trusted.de/fitness-armband>

Tabelle 4.1.: Übersicht der verbauten Sensorik in Wearables, um potenzielle Messwerte zu erfassen.

Kategorie	Anzahl	Beschlm.	Herzfrequ.	Höhenm.	Posbest.	Lages.
Alle	86	100%	72%	36%	49%	37%
Fitness-Tracker	35	100%	60%	14%	17%	14%
Sport-Uhr	9	100%	89%	0%	78%	22%
Hybrid-Uhr	9	100%	22%	0%	0%	22%
Smartwatch	33	100%	94%	79%	88%	70%

Tabelle 4.2.: Übersicht der erfassten Aktivitäts- und Gesundheitswerte von Wearables.

Kategorie	Anzahl	Schritte	Aktive Zeit	Strecke Geschätzt	Strecke Gemessen	Stockwerke	Kalorienverbrauch	Schlafüberwachung
Alle	86	100%	80%	95%	62%	31%	95%	100%
Fitness-Tracker	35	100%	80%	91%	91%	14%	91%	100%
Sport Uhr	9	100%	100%	100%	78%	0%	100%	100%
Hybrid Uhr	9	100%	0%	89%	89%	0%	89%	100%
Smartwatch	33	100%	97%	100%	94%	67%	100%	100%

Verbaute Sensorik

Als einziger Sensor ist ein Beschleunigungsmesser in wirklich allen betrachteten Geräten enthalten. Da dieser verwendet werden kann, um eine Vielzahl an Aktivitätswerten zu messen, ist dies wenig verwunderlich. Einige Modelle hatten zusätzlich einen Lagesensor verbaut, gerade bei den Smartwatches waren es 70%. Dieser sorgt für eine höhere Genauigkeit in der Erfassung von unterschiedlichen Aktivitätswerten, aber Geräte ohne einen Lagesensor können an sich nicht weniger verschiedene Aktivitätswerte berechnen als solche mit. Der Lagesensor spielt folglich eher eine Rolle, wenn die Genauigkeit der Aktivitätsdaten diskutiert (und eventuell auch visualisiert) werden soll.

Ein optischer Herzfrequenzmesser war der zweithäufigste verbaute Sensor. In 72% aller Geräte war einer zu finden und ganze 94% der betrachteten Smartwatches hatten einen integrierten Herzfrequenzmesser. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Herzfrequenz typischerweise von einem Wearable, insbesondere einer Smartwatch, erfasst wird.

Nur in etwa jedem dritten Gerät war ein barometrischer Höhenmesser verbaut, bei Smartwatches waren es jedoch immer noch vier von fünf Modellen (79%) die einen solchen Sensor besaßen. Auch wenn es kein garantiert zur Verfügung stehender Sensor ist, haben wir uns entschieden, dass er trotzdem für die weiteren Überlegungen eine Rolle spielt.

Eine exakte Positionsbestimmung via Satellitensystem war mit knapp der Hälfte aller Geräte (49%) und neun von zehn Smartwatches (88%) möglich. In manchen Modellen waren dabei Empfänger für mehrere verschiedene Systeme verbaut, wobei einer davon immer ein GPS-Empfänger war. Zusätzlich waren gelegentlich GLONASS-, Galileo- oder Beidou-Empfänger integriert, doch dies waren nur vereinzelte Geräte und, wie beschrieben, zusätzlich zu einem GPS-Empfänger.

Ein paar weitere Sensoren waren in vereinzelten Geräten zu finden. Dies umfasste beispielsweise ein Thermometer, einen Kompass oder Umgebungslichtsensoren. Diese Sensoren waren jedoch so selten verbaut oder stellten keinen Lieferanten für Messdaten her, die zur Berechnung eines Aktivitätswertes genutzt werden konnten, weswegen wir nicht weiter auf sie eingehen.

Erfasste Aktivitätswerte

Mit den Rohdaten, welche die verschiedenen Sensoren erfassen, können wir noch wenig anfangen. Verschiedene Beschleunigungsmuster müssen noch in Schritte umgerechnet, nächtliche Bewegung und Herzfrequenz auf die Schlafphasen abgebildet werden. In gewisser Weise übernehmen die Wearables einen Schritt der Visualisierungspipeline, indem sie aus den gesammelten Rohdaten durch Filterung, Umrechnung und Ergänzung die Aktivitäts- und Gesundheitswerte berechnen.

Die zwei häufigsten Werte waren dabei die gemachten Schritte und die Schlafüberwachung. Beide wurden von allen Wearables berechnet. Wie in Abschnitt 4.1 beschrieben können

Modelle ohne Herzfrequenzmesser nur zwischen Leichtschlaf- und Tiefschlaf- beziehungsweise REM-Phasen jedoch nicht zwischen letzteren Beiden unterscheiden. Unterschiede in der Form und Genauigkeit der Schlafüberwachung sind also auf jeden Fall gegeben.

Mit 95% aller Geräte und 100% der Smartwatches liegt die geschätzte zurückgelegte Strecke am Tag auf Rang Zwei der am häufigsten berechneten Werte. Um die Strecke zu schätzen, wird die Anzahl der getätigten Schritte mit einer manuell eingetragenen oder der durchschnittlichen Schrittlänge multipliziert. Dies ist natürlich kein exaktes Ergebnis, es kann jedoch manchen Wearable-Nutzenden ein besseres Gespür für seine Laufleistung geben als die Schrittzahl.

Die exakte zurückgelegte Distanz kann mit Hilfe der Positionsbestimmung gemessen werden. Die genaue Strecke lässt sich dann auch auf einer Landkarte verfolgen. An dieser Stelle fällt auf, dass nur 49% aller Geräte und 88% der Smartwatches über ein Positionsbestimmungssystem verfügen, jedoch 62% aller Wearables und 94% der Smartwatches die Strecke messen können. Diese vermeintliche Unstimmigkeit rührt daher, dass sich fast alle Wearables mit dem Smartphone verbinden lassen und manche Wearables dann auf die GPS-Daten des Smartphones zurückgreifen können.

Von 80% aller betrachteten Wearables und von 97% der Smartwatches wird die aktive Zeit pro Tag berechnet. Dabei wird je nach Gerät und Hersteller auch die Intensität der Aktivität mit einbezogen. Da nur bedingt Angaben von Herstellerseite gemacht wurden, ob die Intensität erfasst wird, kann keine genaue Aussage getroffen werden, welche Modelle sich in ihrer Intensität unterscheiden. Klar ist, dass ein Herzfrequenzmesser Voraussetzung ist, um zumindest grundsätzlich zwischen mittlerer und hoher Intensität zu unterscheiden, wie sie etwa in den Bewegungsempfehlungen der WHO vorkommt (siehe Abschnitt 4.3).

Die verbrannten Kalorien des Trägers berechneten 95% aller Geräte und 100% der Smartwatches. Da sich der Kalorienverbrauch des Menschen aus seinem Grundumsatz plus der mit Aktivitäten verbrannten Kalorien berechnet [Bul15] sind die aktiven Minuten und die jeweilige Intensität eigentlich Voraussetzung für eine genaue Berechnung. Da jedoch nicht alle Geräte einen Herzfrequenzsensor besitzen und ebenso nicht von allen Geräten allgemeine Aktivität erfasst wird, sind die von manchen Wearables berechneten verbrannten Kalorien im besten Falle ein Schätzwert. Die hohe Verfügbarkeit des Wertes und die Tatsache, dass sich mit genügend Informationen eine gute Abschätzung berechnen lassen kann [Bul15], sprechen trotzdem dafür diesen Wert nicht außer Acht zu lassen.

Täglich hochgestiegene Stockwerke wurden lediglich von 31% aller Wearables erfasst, aber immerhin waren es noch zwei Drittel (67%) der Smartwatches. Auch wenn es kein so weit verbreiteter Messwert ist wie Schritte oder aktive Zeit, scheint Treppensteigen zumindest von manchen Wearables als wichtiger Aktivitätswert betrachtet zu werden.

Ein weiterer Aktivitätswert, der von einigen Geräten gemessen oder besser berechnet wird, ist die VO₂max. Vier Hersteller gaben an, dass ihre Wearables dazu in der Lage sind, den VO₂max zu berechnen. Wie in Abschnitt 4.1.2 diskutiert, sind diese Berechnungen jedoch noch von unbrauchbarer Qualität, weswegen wir uns entschieden, die VO₂max nicht als Aktivitätswert zur weiteren Betrachtung aufzunehmen.

Das Smartphone als Datenlieferant

In Bezug auf die gemessene Distanz wurde bereits festgestellt, dass die Sensorik des Smartphones genutzt werden kann, um ein Wearable bei der Messung von Aktivitätsdaten zu unterstützen. Um herauszufinden, ob sich durch das Smartphone zusätzliche Aktivitäts- und Gesundheitswerte ergeben, untersuchten wir die beliebtesten Gesundheits- und Ernährungs-Apps im *Google Play Store*.

Da im *Play Store* nur wenige Informationen über den genauen Inhalt von Apps zur Verfügung gestellt werden, mussten alle Apps von Interesse eigens installiert werden. Um die Anzahl der Apps einzuschränken, entschieden wir uns die zehn beliebtesten Tracking-Apps sowie die gratis verfügbaren Tracking-Apps der größten Wearable Hersteller einzubeziehen. Dies ergab insgesamt eine Liste von 15 Apps. Dabei fielen jedoch die Fitbit und Garmin App heraus, da diese nicht eigenständig auf einem Smartphone funktionieren, sondern ein entsprechendes Wearable des Herstellers voraussetzen.

Die genaue Betrachtung der Apps zeigte, dass mit dem Smartphone keine weiteren Aktivitäts- und Gesundheitsdaten erfasst werden. Die von den Apps gemessenen Werte waren dabei Schritte (85%), Aktive Minuten (92%), Strecke geschätzt (92%), Strecke gemessen (69%), Stockwerke (8%), Kalorienverbrauch (100%) und Schlafüberwachung (54%).

Es ist dabei wenig verwunderlich, dass keine neuen Werte hinzukommen, da das Smartphone außer einem GPS-Empfänger keine weiteren, relevanten Sensoren besitzt. Eher ist das Smartphone eingeschränkt, da es keine ständige Herzfrequenzmessung vornehmen kann und auch Bewegung nur wahrnimmt, wenn es in der Hosentasche getragen wird. Die Schlafüberwachung etwa ist dadurch noch weiter eingeschränkt (Schlafdauer, eventuell Einschlaf- und Aufwachzeitpunkt). Zusätzliche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten ergeben sich durch das Smartphone nicht.

Manuell Eingetragene Werte

Neben Daten, die automatisch von Wearables erfasst werden, besteht natürlich auch die Möglichkeit, dass Nutzende Werte manuell eintragen. Über diese gab die Betrachtung der Tracking-Apps einen brauchbaren Ansatzpunkt.

Dabei stachen als wichtigste Punkte die konsumierten Kalorien und die getrunkene Menge an Flüssigkeit hervor. Beide konnten in 39% der Apps protokolliert werden. Bezieht man die zuvor nicht betrachtete Garmin und Fitbit App mit ein, unterstützten 71% der Tracking-Apps welche mit einem Wearable verbunden sind, die Aufzeichnung von aufgenommener Nahrung und Flüssigkeit. Es ergibt also durchaus Sinn diese beiden Werte auf die Liste der Daten von Interesse aufzunehmen.

Vier Tracking-Apps (inklusive der Fitbit App) ließen auch die Eingabe des Körpergewichts zu. Zwar bieten Hersteller, etwa Fitbit⁹, inzwischen intelligente Waagen an, die sich mit der Tracking App verbinden lassen, trotzdem stellen diese eher die Ausnahme dar. Die gewöhnliche Badezimmerwaage und das Eintragen des Gewichts von Hand stellen eher den Normalfall dar.

⁹<https://www.fitbit.com/de/aria2>

Nur eine einzige App hatte eine Funktion zum Protokollieren des Blutdrucks. Darüber hinaus diskutierten wir, dass automatische Blutdruckmessmethoden mit dem Smartphone fehlerhafte Ergebnisse liefern, die gesundheitsschädigend sein können, wenn man sich fälschlicherweise auf sie verlässt. Der Blutdruck kann jedoch als wichtiger Indikator für die Gesundheit dienen. Mit im Handel erhältlichen Messmanschetten lässt sich der Blutdruck zumindest so genau erfassen, dass dauerhaft ungesund hohe Werte erkannt werden [JAS+03].

4.2.3. Zusammenfassung

In einer Internetrecherche haben wir die typischerweise in Wearables verbauten Sensoren untersucht. Dafür haben wir 86 Geräte betrachtet. Außerdem wurde erfasst, welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten mit Hilfe der Sensordaten berechnet werden. Um diese Datenmenge noch zu erweitern, wurde betrachtet welche Werte sich von Hand in Tracking-Apps eintragen lassen.

Daraus ergab sich folgende Liste an Werten: Schritte gemacht, Aktive Zeit (mit/ohne jeweilige Intensität), Schlafüberwachung (variierende Details), zurückgelegte Distanz (geschätzt/gemessen), Stockwerke hochgestiegen, Kalorien verbrannt, Kalorien konsumiert, Flüssigkeit getrunken, Körpergewicht und Blutdruck.

Natürlich ist diese Liste keinesfalls erschöpft. Es lassen sich beliebige Aktivitäts- und Gesundheitsdaten mit einbeziehen. Wir haben uns an dieser Stelle nur für eine Auswahl entschieden, da diese Werte typischerweise zur Verfügung stehen und die Genauigkeit ihrer Messung oder Berechnung zumeist im akzeptablen Bereich ist, um brauchbare Ergebnisse zu liefern.

4.3. Indikatoren für Einen Gesunden Lebensstil

Neben „*Was kann ich messen?*“, lässt sich auch die Frage stellen „*Was ergibt Sinn gemessen zu werden?*“ Wenn die Selbstvermessung zum Ziel hat, ein gesünderes Leben zu führen, sollte betrachtet werden, welche Aktivitätsdaten einen guten Anhaltspunkt dafür geben.

Es wurde bereits erwähnt, dass die berühmten 10.000 Schritte am Tag nur ein Werbeslogan und nicht der wissenschaftlich fundierte Weg zu ewiger Gesundheit sind. Die täglich gemachten Schritte stellen aber für viele eine einfach verständliche Metrik dar, weshalb man sie natürlich nicht gänzlich abschreiben sollte. Es lohnt sich einen Blick auf die wissenschaftliche Literatur zu werfen, welche Aktivitätswerte als Indikatoren für einen gesunden und aktiven Lebensstil taugen.

Bevor die Ergebnisse einer weiteren Recherche betrachtet werden, wird ein Blick darauf geworfen, welche Bewegungsempfehlungen von Gesundheitsorganisationen und -behörden herausgegeben werden. Diese bemühten sich bereits, auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basierend, Empfehlungen für die körperliche Ertüchtigung zu formulieren, um steigendes Übergewicht und Herzkrankheiten in der Weltbevölkerung zu bekämpfen.

4.3.1. WHO und Nationale Empfehlungen

Die Weltgesundheitsbehörde WHO veröffentlichte wöchentliche Aktivitätsempfehlung, welche auf ihrer Webseite¹⁰ einzusehen sind. Die Empfehlungen umfassen dabei:

- 150 Minuten pro Woche ausdauerorientierte Bewegung mit moderater Intensität
- oder 75 pro Woche ausdauerorientierte Bewegung mit erhöhter Intensität
- oder eine Kombination aus beiden
- Gesamtzeit muss in mindestens 10-minütigen Einheiten gesammelt werden
- muskelkräftigende körperliche Aktivitäten an mindestens zwei Tagen die Woche
- versuchen weniger zu sitzen

Diese Empfehlungen wurden von den meisten nationalen Behörden etwa in Deutschland [PBF+17] oder den USA [RTJ+08] direkt übernommen. Andere Länder setzten noch höhere Richtlinien an. Indien etwa, das in den letzten Jahren die Entwicklung zu einer Industrienation durchmachte, hat wie kaum ein anderes Land mit einer stark steigenden Quote an Übergewichtigen und Diabetikern zu kämpfen [MNH+12]. Hier werden für jeden Wochentag sechzig Minuten Bewegung empfohlen, welche sich aus ausdauerorientierter und muskelkräftigender Bewegung zusammensetzen.

Bei einem Blick auf die Aktivitätsempfehlungen fällt auch auf, dass drei Aktivitätswerte eine Rolle spielen, zwei davon mit konkret gesetzten Zielen und einer mit schwammiger Formulierung. Auf die aktive Zeit wird dabei das Hauptaugenmerk gelegt. Nicht nur gilt es eine Gesamtdauer pro Woche zu schaffen, sondern dabei auch für jede Aktivität eine Mindestdauer einzuhalten. Die erforderliche Gesamtdauer ist dabei auch von der Intensität der Aktivität abhängig.

Verschiedene Fitness-Tracker und Tracking-Apps setzen diese Empfehlungen mit variierender Strenge um. Von Wearables der Marke Fitbit wird aktive Zeit beispielsweise erst angerechnet, wenn eine Aktivität für mindestens zehn Minuten andauert¹¹. Dafür findet jedoch keine Unterscheidung zwischen moderater und hoher Intensität statt, obwohl die meisten Wearables mit einem Herzfrequenzmesser ausgerüstet sind. Die Google Fit Tracking-App führt diese Unterscheidung bezüglich der Intensität durch, zählt dafür im Gegenzug jede aktive Minute, ohne auf eine Mindestdauer zu achten¹². Beide Systeme entsprechen also nicht den exakten Empfehlungen.

Knight et al. [KSPP15] führten eine umfassende Studie durch, ob Tracking-Apps den WHO Empfehlungen folgen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass sich keine einzige App an die ausdauerorientierten Empfehlungen hielt und lediglich 1,8% der Apps die Empfehlungen bezüglich des Krafttrainings umsetzten.

Ein durchgeführtes Krafttraining ist ein Datenwert, der sich in unseren bisher festgelegten Aktivitätswert nicht wiederfinden lässt. Um dies zu beschreiben, muss eine Erweiterung der aktiven Zeit durchgeführt werden. Diese kann nicht nur durch die Intensität des Trainings, sondern auch durch die Form des Trainings (beispielsweise: Joggen, Radfahren, Schwimmen, Krafttraining, etc.) versehen werden.

¹⁰<https://www.who.int/behealthy/physical-activity>

¹¹https://help.fitbit.com/articles/de/Help_article/1379

¹²<https://support.google.com/fit/answer/7619539>

Letzter Punkt der Aktivitätsempfehlungen ist die schwammige Formulierung zu „versuchen weniger zu sitzen“. Im Gegensatz zu den anderen Empfehlungen handelt es sich hier um einen eher gemeingültigen Vorschlag, als um ein genau zu verfolgendes Ziel. Verschiedene Wearable-Hersteller versuchten diese Empfehlung konkret umzusetzen, allen voran Apple. Als Leitspruch der Aktivitätsapp auf der Apple Watch dient „Schließe deine Ringe.“¹³ Dabei handelt es sich um drei Aktivitätswerte deren Zielwert erreicht werden soll. Einer davon ist es, an zwölf Stunden am Tag aufzustehen und sich für eine kurze Zeit zu bewegen. Das (Auf)stehen ergänzt also unsere Liste für sinnvolle Aktivitäts- und Gesundheitsdaten.

Es sei noch erwähnt, dass an dieser Stelle nicht das falsche Gefühl auftreten soll, dass alle Aktivitätswerte, außer jenen von der WHO genannten, eigentlich nutzlos sind. Die Lehre, die sich daraus ziehen lässt, ist, dass wir vornehmst die Zeit als Maßstab betrachten sollten, in der wir uns körperlich ertüchtigen. Diese körperliche Ertüchtigung wiederum besteht gerade oft darin eine längere Strecke zu gehen oder zu laufen. Auch wenn die 10.000 Schritte am Tag in erster Instanz nur ein Werbeslogan sind, ist eine Person die so weit und lange geht, wahrscheinlich auf dem besten Wert die geforderten aktiven Minuten zu erreichen.

Der nächste Abschnitt wirft einen genaueren Blick darauf, was verschiedene Aktivitäts- und Gesundheitswerte aus unserer Liste darüber aussagen, wie gesund der Lebensstil einer Person ist.

4.3.2. Aussagekraft von Aktivitätswerten über Einen Gesunden Lebensstil

Die Gesundheitsforschung beschäftigte sich ausführlich damit, welche Formen von Aktivitäten sich positiv auf die Gesundheit des Menschen auswirken. Im Folgenden werden die von uns vorgeschlagenen Aktivitätswerte dahingehend betrachtet, ob sie als sinnvoller Indikator für einen gesunden Lebensstil Unterstützung in der Literatur erhalten.

Aktive Zeit

Die tägliche oder wöchentliche aktive Zeit kann als guter Indikator für einen gesunden Lebensstil dienen. Schon der Wechsel von einer vorwiegend inaktiven Lebensweise hin zu 30 oder mehr Minuten täglicher Bewegung hat einen nachweislich positiven Effekt auf das Gewicht, den BMI und senkt die Gefahr für kardiovaskuläre Erkrankungen [SLM+15].

Morabia et al. [MC04] untersuchten, welche tägliche Aktivität ausreichen würden, um die steigende Übergewichtigkeit in der Weltbevölkerung zu bekämpfen. Um das hypothetisch benötigte Kalorienziel durch Bewegung zu erreichen, wären 30 Minuten flottes oder 60 Minuten gemütliches Gehen von Nöten. Ist nicht nur die kardiovaskuläre Gesundheit von Interesse, sondern auch ein gezielter Gewichtsverlust, sollte das Aktivitätsziel also eventuell nach oben korrigiert werden.

Dass eine 30-minütige körperliche Ertüchtigung die geistige Aufnahmefähigkeit von Schülern erhöhte, stellten Kubesch et al. [KWS+09] in einer Studie fest. Es hat also nicht nur körperliche, sondern auch geistige Vorteile. Im Gegensatz zur 30-minütigen Übung brachten

¹³<https://www.apple.com/de/watch/close-your-rings/>

kurze, einminütige Bewegungspausen jedoch keinen Unterschied. Dies unterstützt die Forderung, dass ein Mindestmaß an Bewegung am Stück durchgeführt werden sollte.

Die aktive Zeit bietet sich natürlich als Maßstab an, wie aktiv der Lebensstil einer Person ist. Dabei griffen verschiedene Arbeiten [SLM+15], [TB04] eine Festlegung auf, die ebenfalls von der WHO verwendet wurde. Diese sieht folgende Einordnungen vor:

- 0-74 aktive Minuten/Woche = überwiegend inaktiver Lebensstil
- 75-149 aktive Minuten/Woche = gering aktiver Lebensstil
- 150-299 aktive Minuten/Woche = aktiver Lebensstil
- 300+ aktive Minuten/Woche = sehr aktiver Lebensstil

Bei der aktiven Zeit handelt es sich also um einen guten Indikator für einen gesunden Lebensstil. Sie wird von Gesundheitsorganismen für Bewegungsempfehlungen genutzt und kann auch als Klassifikator dafür dienen, wie aktiv sich der Lebensstil gestaltet.

Schritte

Schritte sind eine für den Laien leicht zu verstehende Aktivitätsmetrik und die ersten Pedometer wurden vor über 200 Jahren entwickelt. Es ist also verständlich, dass sich die täglich gemachten Schritte als Indikator für Fitness- und Gesundheit in der Öffentlichkeit etablierten. Aus einer gesundheitswissenschaftlichen Sicht werden die Schritte als Mittel zum Zweck betrachtet, um auf die aktive Zeit zu kommen. Marshall et al. [MLT+09] wandelten beispielsweise die Bewegungsempfehlungen der WHO in ein Schritt- und Bewegungsziel für Pedometer um. Dieses sah vor, dass an mindesten fünf Tagen die Woche 3.000 Schritte in 30 Minuten oder dreimal 1.000 Schritte in jeweils 10 Minuten zu machen sind.

Die Empfehlung von Marschall et al. enthält einen wichtigen Punkt: Für das Aktivitätsziel von 30 aktiven Minuten pro Tag zählt nur körperliche Aktivität, die länger als zehn Minuten anhält. Am Tag 10.000 Schritte zu machen erhöht zwar die Wahrscheinlichkeit, die geforderte aktive Zeit zu erreichen, ist jedoch keine Garantie dafür [LSC03]. Der Großteil der Menschen macht im Alltag für gewöhnlich zwischen 3.000 und 6.000, ohne dabei regelmäßig zehn Minuten oder länger am Stück aktiv zu sein [CPC07].

Es stellt sich nun die Frage: sind all diese Schritte wirklich ohne positive Auswirkung für die Gesundheit, wenn man sie nicht an die Bewegungsempfehlungen hält, während man sie sammelt? Dieser Frage gingen Tudor-Locke und Bassett [TB04] in einer Metastudie auf den Grund. Nur danach bewertet, dass eine Person 10.000 Schritten am Tag machte und nicht, wie diese zustande kamen, konnte von mehreren der betrachteten Studien positive gesundheitliche Entwicklungen nachgewiesen werden, wie etwa Verlust an Körperfett und gesenkter Blutdruck.

Die gemachten Schritte als brauchbaren Indikator für einen gesunden Lebensstil zu verwerfen wäre also falsch. Sie können entweder als Werkzeug dienen, um die geforderte aktive Zeit zu erreichen oder eben auch eigenständig als Aktivitätswert stehen. Analog zur Kategorisierung des Lebensstils anhand von aktiver Zeit, schlugen Tudor-Locke und Bassett [TB04] deshalb eine Klassifizierung nach Schritten vor:

- 0-4.999 Schritte/Tag = überwiegend inaktiver Lebensstil
- 5.000-7.499 Schritte/Tag = niedrige Aktivität
- 7.500-9.999 Schritte/Tag = einigermaßen aktiv
- 10.000-12.499 Schritte/Tag = aktiver Lebensstil
- > 12.500 Schritte/Tag = sehr aktiver Lebensstil

Das beste Werkzeug zur Bestimmung, wie aktiv der Lebensstil ist, stellen die Schritte jedoch nicht dar. In Abschnitt 2.1.2 diskutierten wir, dass gemachte Schritte eine schlechte Metrik für Fitness-Tracker darstellen, da sie körperliche Aktivität wie Schwimmen, Radfahren, Krafttraining oder Yoga schlecht abbilden können. Außerdem kann der Eindruck entstehen, dass die Schritte ein Ziel sind, das geschafft werden muss, obwohl die empfohlene aktive Zeit bereits erreicht wurde. Hinzu kommt, dass gerade von Männern mittleren Alters längeres Gehen, das zum Erreichen der 10.000er Marke benötigt wird oft als langweilig erachtet und gemachte Schritte als Metrik deswegen eher skeptisch betrachtet werden [BWB08].

Schritte haben also ihren Platz als brauchbarer Aktivitätswert, sie sollten jedoch nicht — wie es bei vielen Fitness-Trackern und Tracking-Apps der Fall ist — als primäres Messmerkmal und Ziel gelten.

Treppensteigen

Dass Treppensteigen sich positiv auf die Gesundheit auswirkt ist kein neu entdecktes Phänomen [Kos87]. 1986 wurde von den Doktoren Brent G. Petty und David M. Herrington die These aufgestellt, dass jede genommene Stufe das Leben um fünf Sekunden verlängert. Sie kamen außerdem zu dem Ergebnis, dass die durchschnittliche Person pro Woche 38 Stockwerke hinaufsteigen müsste, um den damaligen Aktivitätsempfehlungen zu entsprechen. Diese betragen 2.000 kcal, die durch körperliche Anstrengung pro Woche verbrannt werden sollten.

Wie die 10.000 Schritte pro Tag stellen die 38 Stockwerke pro Woche in dieser Argumentation nur ein Mittel zum Zweck dar, um auf die empfohlene Aktivität zu kommen (in diesem Fall verbrauchte Energie und keine Zeitdauer). Dies gibt dem Laien ein Ziel, dem er folgen kann. Die 38 Stockwerke stellen jedoch nicht das absolute Ziel dar, dem unbedingt gefolgt werden muss. Vorteile stellen sich schon früher ein. Bereits kurzes, vereinzelt Treppensteigen kann zu positiven Effekten für die Gesundheit führen [Bor05].

Die Empfehlung, die Treppen statt dem Aufzug zu nehmen ist genauso alt wie die Erkenntnis, dass Treppensteigen gesund ist. Folglich wurde in der Literatur bereits ausgiebig untersucht, wie Leute dazu gebracht werden können, sich für die Treppe zu entscheiden. Nocon et al. [NMNW10] führten ein Literatur Review durch, welches sich mit der Auswirkung unterschiedlicher Aktionswahlempfehlungen (engl. Point-Of-Choice Prompts) beschäftigte. Ziel dieser Aktionswahlempfehlungen, überwiegend in Form von Postern, war es, das Benutzen von Treppen statt Aufzügen und Rolltreppen zu fördern. 31 von den 42 überprüften Ergebnissen zeigten eine signifikante Steigerung der Personenanzahl, welche die Treppe nutzte. Eine Bereitschaft, sich für das Treppensteigen zu entscheiden, scheint gegeben, wenn Personen aktiv dazu aufgefordert werden.

Regelmäßig (Auf)stehen

Langzeitiges Sitzen hat erwiesenermaßen negative Effekte auf die Gesundheit [ARE+12]. Da eine Vielzahl der Arbeitnehmenden im Büro tätig ist, verbringen sie unter der Woche jeden Tag bis zu acht Stunden sitzend. Diese langen Perioden durch regelmäßiges Aufstehen zu reduzieren hat einen erwiesenen Nutzen für die Gesundheit. Es sollte also gefördert werden.

Aber nicht nur die negativen Effekte des Sitzens können durch Stehen bekämpft werden. Buckley et al. [BMMJ13] wiesen etwa nach, dass es bei Büroarbeitern, die täglich für eine vorgegebene Zeit standen statt saßen, zu einem gesteigerten Kalorienverbrauch kam und es ebenso positive Auswirkungen auf einen erhöhten Blutzuckerspiegel hatte. Ebenfalls einen höheren Kalorienverbrauch und bessere Cholesterinwerte konnten MacEwan et al. [MMB15] nachweisen. Zusätzlich zeigte sich eine lediglich minimale Einschränkung der Arbeitsfähigkeit in einer Bürotätigkeit. Dafür berichteten Studienteilnehmer von einer deutlichen Verbesserung der Laune, etwa in Form von erhöhter Fröhlichkeit, besserem Wohlbefinden, mehr Fokus und erhöhter Energie.

Mit Sicht auf die Umsetzbarkeit erwies sich das Aufstehen ebenfalls als geeignet. Alle genannten Studien zeigten eine hohe Bereitschaft der Teilnehmer, auf Maßnahmen, wie Stehtische oder regelmäßige Erinnerungen aufzustehen einzugehen. Roemmich [Roe16] führt darüber hinaus eine Langzeitstudie durch welche nachwies, dass die Bereitschaft der Leute regelmäßig (auf)zustehen auch nach 12 Monaten noch unverändert hoch war.

Ernährung

Die Beziehung zwischen Selbstvermessung und Gewichtsveränderung während gezielter Maßnahmen zur Gewichtsabnahme wurde in der Literatur ausführlich untersucht. Ein systematisches Review von Burke et al. [BWS11] zeigte, dass die Erfassung der konsumierten Nahrung mit einem Gewichtsverlust einherging und dass der Gewichtsverlust signifikant größer bei jenen Personen ausfiel, die regelmäßig ihre Daten protokollierten und später auch einsahen. Das regelmäßige Tracken und Betrachten der zu sich genommenen Nahrung kann also eine wichtige Rolle spielen.

Zu einem gesunden Lebensstil gehört auch die Aufnahme von genügend Flüssigkeit über den Tag [SCC05]. Sicherzustellen, dass täglich genug Flüssigkeit, bevorzugt mineralhaltiges Wasser, getrunken wird, ist dabei empfohlen. Auch wenn verschiedene Maßstäbe für „genug Flüssigkeit“ angesetzt werden [CK16], kann eine ungefähre Empfehlung abgegeben werden, die zwischen zwei und drei Litern am Tag liegt [Gle96]. Ob Wasser zu trinken den Gewichtsverlust unterstützen kann, ist umstritten [Cun14]. Es wird theoretisiert, dass Wasser den Magen füllt und damit das Hungergefühl hemmen kann, aber dies reicht nicht über anekdotische Evidenz hinaus.

Die Nahrungszunahme kann noch detaillierter als nur in Form der konsumierten Kalorien betrachtet werden. Eine Aufteilung in die verschiedenen Bestandteile wie Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße ist dabei beliebt. Gerade in staatlichen Ernährungsempfehlungen wie denen der USA [McG11] finden sich vorgeschlagene Anteile der verschiedenen Bestandteile an der Ernährung. Diese Empfehlungen ändern sich jedoch regelmäßig und während Fette

beispielsweise in der Vergangenheit verteufelt wurden, stellen sie inzwischen wieder einen wichtigen Anteil in der Ernährung dar [ML15].

Die Literatur ist sich also uneins, welche Zusammensetzung nun ideal ist. Gerade aber bei Diäten spielen bestimmte Nährstoffanteile eine große Rolle, allen voran die derzeit populären „Low-Carb Diäten“, also eine Ernährung, die wenig Kohlenhydrate enthält. Während ihr wahre Wunder nachgesagt werden, erbrachte sie jedoch keine signifikanten langfristigen Vorteile gegenüber einer lediglich kalorienreduzierten Ernährung ohne weitere Einschränkungen [FWH+03], [SBC+09]. In wie weit diese Unterteilung also von Vorteil für den Menschen ist, lässt sich nicht einwandfrei sagen.

Man kann natürlich aber noch weitere Nahrungsanteile und Lebensmittel betrachten. Bekannt sind auch beispielsweise die positiven Effekte von einer Ernährung reich an Ballaststoffen [LH10], Antioxidantien [SA15] und Omega 3 Fettsäuren [SBM12], aber auch die negativen Effekte durch übermäßigen Konsum von Zucker [LSB12] oder Alkohol [OBL07] sind nicht von der Hand zu weisen. Eine solch detaillierte Aufschlüsselung kann Sinn ergeben und wir werden in Kapitel 6 und 7 zumindest kurz auf sie eingehen, auch wenn wir sie nicht als Gesundheitsdaten von primärem Interesse aufzählen.

Schlaf

Qualitativ hochwertiger und ausreichend langer Schlaf ist eine Schlüsselkomponente für die Gesundheit, Lebensqualität und das Wohlbefinden des Menschen [Fox99]. Genügend zu schlafen, ist ohne Frage eine der wichtigsten Aktivitäten, die der Mensch für seine Gesundheit tätigen kann. Doch was bedeutet genug Schlaf und wie lässt sich qualitativer Schlaf wissenschaftlich festlegen?

Studien [HWA+15], [CD+05] zeigten, dass erwachsene Menschen im Schnitt sieben bis neun Stunden Schlaf pro Nacht brauchen, welcher von ärztlicher Seite auch empfohlen wird. Schlafdauern außerhalb dieses Bereiches können vorkommen und für die Person ausreichend sein, starke Abweichungen sind jedoch selten. Treten bei Individuen regelmäßig deutlich längere oder kürzere Schlafdauern auf, kann dies als Anzeichen oder Symptom für schwerwiegender Gesundheitsprobleme gedeutet und sollte weiterverfolgt werden. Sollte diese Person mit Absicht oder durch Umwelteinflüsse für einen Schlafentzug sorgen, kann dies wiederum zu Gesundheitsproblemen führen. Eine angemessene Schlafdauer von sieben bis neun Stunden sollte also angestrebt werden und es kann sich als gesundheitsfördernd erweisen, sicherzugehen, dass man diese auch einhält.

Für eine hohe Schlafqualität ist außerdem wichtig, dass die Schlafdauer möglichst gering in der Länge variiert, und der Einschlaf sowie Aufwachzeitpunkt jeden Tag gleich gelegen sind [LLF13]. Eine hohe Varianz in der Schlafdauer kann dabei größere negative Auswirkungen auf die Schlafqualität haben, als eine kürzere durchschnittliche Schlafdauer.

Die Qualität des Schlafes einer Person lässt sich daraus bemessen, wie lange sie in den verschiedenen Schlafphasen (Leichtschlaf, Tiefschlaf und REM) ist und wie oft die Schlafzyklen durchlaufen werden [CD+05]. Sollte eine Person zu kurz oder lange in bestimmten Schlafphasen verbringen, kann dies ein Indiz für eine schlechte Schlafqualität sein.

Mit Hilfe der Schlafdauer, dem Einschlaf- und Aufwachzeitpunkt sowie die Dauer der verschiedenen Schlafphasen können also Aussagen darüber getroffen werden, ob ein qualitativ und quantitativ hochwertiger Schlaf stattfindet, welcher wichtig für die Gesundheit ist.

Fallbeispiel: Selbstvermessung zum Erhalt Eines Erfolgreichen Gewichtsverlusts

Die verschiedenen von uns betrachteten Aktivitätswerte können also allesamt als Indikatoren für einen gesunden Lebensstil genommen werden. Abschließend wird noch eine Studie von Akers et al. [ACS+12] betrachtet, welche sich damit beschäftigte, wie die Messung unterschiedlicher Aktivitäts- und Gesundheitswerte sich auf das erfolgreiche Halten des Körpergewichts nach einer gezielten Gewichtsreduktion auswirkte.

In ihrer Studie unterteilten sie die Teilnehmer in Gruppen und ließen diese sich selbst vermessen. Dabei trackten die Gruppen täglich unterschiedliche Kombinationen der Werte Körpergewicht, körperliche Aktivität, gegessenes Obst/Gemüse und getrunkenes Wasser. Das wenigste Gewicht nahmen dabei jene Gruppen wieder zu, welche Körpergewicht, körperliche Aktivität und gegessenes Obst/Gemüse trackten, während Tracking der getrunkenen Wassermenge nur einen geringen Unterschied machte. Gruppen die nur einen oder zwei der ersten drei Werte trackten nahmen deutlich mehr an Gewicht zu.

Es zeigt sich also, dass es sinnvoll ist, je nach Ziel oder auch allgemein, verschiedene Aktivitäts- und Gesundheitswerte im Blick zu behalten. Alle in diesem Kapitel zusammen getragenen Aktivitäts- und Gesundheitswerte werden sich also im Design Space in Kapitel 6 wiederfinden.

4.4. Zusammenfassung

In diesem Kapitel betrachteten wir die Datengrundlage für den Visualisierungsprozess dieser Arbeit. Dazu erklärten wir zunächst den Begriff Wearable und betrachteten jene Geräte, welche unter diese Einordnung fallen und für diese Arbeit von primärem oder sekundärem Interesse sind: Sport-Uhren, Fitness-Tracker, Smartwatches und Hybrid-Uhren. Wir untersuchten welche Sensorik in solchen Wearables verbaut ist, welche Aktivitätsdaten sich damit gewinnen lassen und ob die Messung von brauchbarer Qualität ist. Anschließend präsentierten wir die Ergebnisse einer Onlinerecherche, welche Sensoren typischerweise in Wearables verbaut sind und welche Aktivitätsdaten damit gemessen werden. Wir wollten für diese Arbeit in erster Linie Aktivitäts- und Gesundheitswerte betrachten, welche dank der Sensorik einer durchschnittlichen Smartwatch zur Verfügung stehen.

Abschließend betrachteten wir welche Empfehlungen von Gesundheitsorganisationen für Aktivitätswerte bestehen und welche Erkenntnisse bezüglich der Aktivitätswerte sich in der wissenschaftlichen Literatur finden lassen. Für alle Aktivitäts- und Gesundheitswerte, welche sich mit in der Smartwatch verbauten Sensoren erfassen oder sinnvoll anderweitig messen und manuell in eine App eintragen lassen, ließen sich Argumente finden, dass sie einen guten Indikator für einen gesunden Lebensstil darstellen. Die vollständige Liste kann in der Zusammenfassung von Abschnitt 4.2 eingesehen werden.

5. Design Space — Kontext

Im vorherigen Kapitel wurden die verschiedenen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten ergründet, die im Zuge dieser Arbeit in Benachrichtigungen auf der Smartwatch visualisiert werden sollen. Dabei wurden die verschiedenen Sensoren in Wearables betrachtet, welche uns die Rohdaten liefern. Dabei übernehmen die Wearables und Tracking-Apps die Aufbereitung der Daten für uns, indem sie die berechneten Aktivitäts- und Gesundheitswerte liefern.

Der nächste Schritt im Visualisierungsprozess ist es nun, die Daten den Anforderungen entsprechend abzubilden. Der Design Space für die daraus resultierenden Visualisierungen wird in Kapitel 6 beschrieben. Zuvor müssen jedoch einige weitere Faktoren beachtet werden, welche sich auf das Design der Visualisierungen auswirken. Dieser Design Kontext wird in diesem Kapitel behandelt.

Eine Visualisierung soll in Benachrichtigungen auf Smartwatches angezeigt werden. Also wird im Folgenden betrachtet, welche Einflüsse der Kontext „Benachrichtigung“ (Abschnitt 5.1) und der Kontext „Smartwatch“ (Abschnitt 5.2) für eine Visualisierung bedeuten.

Strategien und Techniken, um einen gesunden Lebensstil oder den Weg dorthin zu unterstützen, werden bereits von Tracking-Apps und Fitness-Trackern eingesetzt. Wie und ob diese Techniken funktionieren, wurde von der Literatur bereits ausführlich untersucht. In Abschnitt 5.3 wird betrachtet, wie diese Strategien aussehen und ob sie sich in Visualisierungen integrieren lassen und damit den Designprozess beeinflussen.

5.1. Anzeigekontext Benachrichtigung

Als Benachrichtigungen (engl.: Notifications) werden visuelle, auditive oder haptische Auslösereize durch eine Applikation oder einen Dienst bezeichnet, der Informationen, welche außerhalb des Aufmerksamkeitsbereiches der oder des Benutzenden liegen, weiterreichen [IH10]. Alle aktuellen großen Smartphone und Smartwatch Plattformen bieten einheitliche Mechanismen für die Anzeige und Interaktion mit Benachrichtigungen an. Aber auch andere Smart-Devices wie Fernseher, Lautsprecher oder Kühlschränke können inzwischen von der Benachrichtigungsfunktion Gebrauch machen.

“Immer online, immer erreichbar“, scheint das Motto der heutigen Zeit. Der Mensch verbringt im Berufsleben wie der Freizeit immer mehr Zeit vor einem Computerbildschirm. Wenn er dann einmal unterwegs ist oder auf dem Sofa sitzt, hat er das Smartphone stets zur Hand. Einer Studie zufolge verfügten 90,4% der deutschen Haushalte im Jahr 2018 über mindestens einen Personal Computer [Bun18] und etwa 57 Millionen Deutsche besaßen ein Smartphone [Bit18].

Dank dieser Technologie besteht eine erhöhte Erreichbarkeit. Doch diese bringt nicht nur ihre Vorteile mit sich. Insgesamt ist die Zahl der Benachrichtigungen, denen sich ein Mensch ausgesetzt sieht, sehr hoch. 20 E-Mails [YLG17] und bis zu 200 Benachrichtigungen auf dem Smartphone [WVLH16] werden dabei täglich empfangen. Die oder der Nutzende ist dabei nicht immer glücklich über die Vielzahl an empfangenen Benachrichtigungen [YLG17], zumal diese gerade auf dem Smartphone oder der Smartwatch von im Moment des Empfangens durchgeführten Tätigkeiten ablenken können [KHG+16].

Mit der Smartwatch kommt zum Smartphone nun ein weiteres mobiles Gerät hinzu, welches ebenfalls Benachrichtigungen empfangen kann. Teil dieser Arbeit ist explizit die Visualisierung von Daten im Kontext von Benachrichtigungen zu betrachten. Es sollte also in die Design Überlegungen auf jeden Fall einfließen, wie zufrieden Benutzende mit erhaltenen Benachrichtigungen sind, was diese Zufriedenheit beeinflusst und welche Schlüsse für das Design daraus gezogen werden können.

5.1.1. Benutzerzufriedenheit mit Benachrichtigungen

Bei Benachrichtigungen handelt es sich um einen Auslösereiz, der auf etwas aufmerksam macht, das außerhalb des Aufmerksamkeitsbereiches einer oder eines Benutzenden liegt. Jede Benachrichtigung unterbricht also potenziell die Tätigkeit, welche eine Person gerade ausführt. Erhält jemand viele Benachrichtigungen täglich, kann dies als störend empfunden werden, wie einige Studien zeigten.

Schon ohne Smartphone, nur mit einem Personal Computer kann es durchaus normal sein, an einem Tag 20 oder mehr E-Mails zu erhalten, über welche man von einem E-Mail-Programm dann benachrichtigt wird [YLG17]. Danach gefragt, wie glücklich die Teilnehmer mit der Anzahl der täglich erhaltenen E-Mails waren, zeigte sich deutlich, dass weniger E-Mails generell für mehr Zufriedenheit sorgten.

Auf dem Smartphone kann die Anzahl der erhaltenen Benachrichtigungen noch deutlich übertroffen werden [SHD+14]. Auf diesem Gerät sind gerade Messenger und soziale Netzwerke verantwortlich für eine Großzahl der Benachrichtigungen. Bis zu 200 verschiedene Benachrichtigungen erhielten manche Teilnehmer an einer Studie [WVLH16] täglich, bis zu 50 von einer einzelnen App. Wie Weber et al. [WVLH16] feststellten, unterschätzten Personen sogar die wahre Anzahl der erhaltenen Benachrichtigungen.

Nun kommen Smartwatches als weiteres Gerät hinzu, über welches die Besitzenden noch mehr Benachrichtigungen erreichen können. Wir müssen uns also fragen, ob die Smartwatch-Tragenden wirklich glücklich über noch weitere Benachrichtigungen sind, welche sie oder ihn über Aktivitätsdaten informieren. Erfüllt die Benachrichtigung einen sinnvollen Zweck oder trägt sie zur störenden Masse an Benachrichtigungen bei?

Zwei Punkte sprechen dafür, dass Benutzende nicht zwangsweise unzufrieden mit (unsere angestrebten) Benachrichtigungen auf der Smartwatch sein müssen. Zunächst einmal sind nicht alle Benachrichtigungen auf der Smartwatch neu, sondern viele erreichten die Benutzenden bereits auf dem Smartphone und werden nur zusätzlich auf der Smartwatch angezeigt. Dabei stellt die Smartwatch für einige Benutzende das bevorzugte Anzeigemedium dar, da Benachrichtigungen schneller und unauffälliger betrachtet werden können [CCB15].

In Gesellschaft anderer Personen kann beispielsweise auf der Smartwatch schneller und weniger das Umfeld störend nachgeschaut werden, welche Nachricht einen gerade erreicht hat, als wenn man dafür das Smartphone herausholen müsste.

In ihrer Studie fragten Weber et al. die Teilnehmenden nicht nur, wie diese die Anzahl der erhaltenen Benachrichtigungen einschätzten, sondern auch wie zufrieden sie mit den Benachrichtigungen verschiedener Apps waren. Andere Studien [YLG17], [SHD+14] betrachteten nur die Zufriedenheit mit der Gesamtzahl der Benachrichtigung ohne nach Ursprungsapp oder Inhalt der Benachrichtigung zu unterteilen. Weber et al. stellten ihrerseits fest, dass hunderte Benachrichtigungen der Messenger-App *WhatsApp* als wenig störend eingeordnet wurden, während schon zwei oder drei Benachrichtigungen einer Musik-App über neu vorhandene Musiktitel als nervig empfunden wurden, da sie nicht von Interesse waren.

Es zeigt sich also, dass in erster Linie nicht die Quantität der Benachrichtigungen eine Rolle spielt, sondern viel mehr die Wahrnehmung der Wichtigkeit des Inhaltes der Benachrichtigung durch die oder den jeweiligen Nutzenden. Dieses Prinzip ist keine neue Entdeckung, sondern wurde bereits von Larcker und Lessig [LL80] sowie von Davis [Dav89] als „*Empfundene Brauchbarkeit*“ (engl. „*Perceived Usefulness*“) beschrieben.

Als Schlussfolgerung steht also, dass Benachrichtigungen auf der Smartwatch per se nicht von Benutzenden als störend empfunden werden. Dabei kann die Smartwatch sogar als bevorzugtes Anzeigemedium für Benachrichtigungen dienen, da sie eine schnellere Betrachtung zulässt. Allgemein hängt die Bewertung von Benachrichtigungen durch Betrachtende primär davon ab, ob der Inhalt der Benachrichtigung für sie von Interesse ist.

Daraus lassen sich zwei Herausforderungen für Visualisierungen in unserem Design Space ziehen. Erstens sollten Benachrichtigungen so gestaltet sein, dass die gezeigte Information schnell zu erfassen und verstehen ist. Diese Fähigkeit macht den Kern der Definition von Mikrovisualisierungen aus und in Abschnitt 5.2 wird noch einmal näher darauf eingegangen. Zweitens sollten die angezeigten Informationen stets von Interesse für die oder den Benutzenden sein, also von ihm als nützlich empfunden werden. Die Nutzung von Aufgaben und interessanten Abstraktionen zur Darstellung der Daten ist einer der Kernpunkte des Design Space.

5.1.2. Benachrichtigungen im Fitness Kontext

Benachrichtigungen werden bereits regelmäßig von Tracking-Apps und Fitness-Trackern verwendet. Als Beispiel dafür kann *Fitbit* dienen. Die App zeigt Benachrichtigungen über bereits oder bald erreichte tägliche Bewegungsziele auf dem Smartphone an (Abbildung 5.1 (a)). Auf dem Fitness-Tracker werden stündliche Bewegungserinnerungen und das Erreichen des täglichen Bewegungsziels gezeigt (Abbildung 5.1 (b)). Diese beiden Benachrichtigungsinhalte lassen sich auch auf der Smartwatch wiederfinden (Abbildung 5.2 (b) und (c)). Per E-Mail wird schließlich wöchentlich eine Zusammenfassung der Aktivitätsdaten der vergangenen Woche geschickt (Abbildung 5.1 (c)).

In ihrer Wirksamkeit wurden Benachrichtigungen im Kontext von Fitness-Trackern bereits getestet. Gouveia et al. [GKH15] entwickelten im Jahr 2015 *Habito*, eine Tracking-App auf dem Smartphone. Ziel von *Habito* war es, die Interaktion zwischen Benutzenden und



Abbildung 5.1.: Verschiedene Benachrichtigungen von Fitbit.

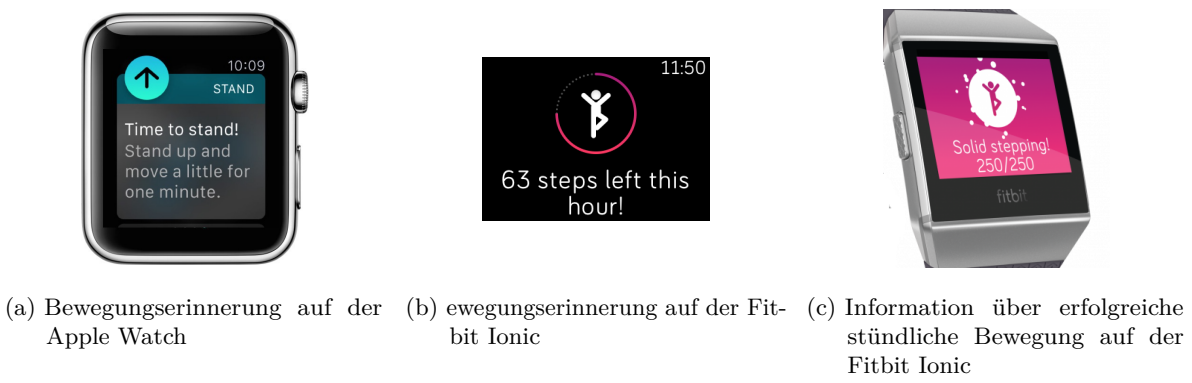


Abbildung 5.2.: Beispiele für Benachrichtigungen auf Smartwatches.

Tracking-Apps zu untersuchen. Ein Teil der Studie umfasste dabei die Reaktion der Benutzenden auf von der App gesendete Benachrichtigungen. Während nur eine insignifikante Aktivitätssteigerung nach dem Erhalten von Benachrichtigungen zu vernehmen war, zeigte sich zumindest eine erhöhte Interaktion von Teilnehmenden mit *Habito* direkt nach dem Erhalten der Nachricht. Während Gouveia et al. vorsichtig waren, Benachrichtigungen als probates Mittel zur Aktivitätssteigerung zu betrachten, ließ sich zumindest ein gesteigertes Interesse für die Tracking App beweisen.

Einen direkten Zusammenhang zwischen Benachrichtigungen und sofortiger Aktivitätssteigerung konnten auch Wang et al. [WCA+16] nicht herstellen. Sie testeten die Effektivität von Fitness-Trackern und sendeten eine SMS mit Bewegungserinnerungen an Teile ihre Studienteilnehmenden. In den ersten Stunden danach konnte keine signifikante Steigerung in der gemessenen Bewegung wahrgenommen werden. Einige Teilnehmenden gaben jedoch an, dass die Bewegungserinnerungen sie zu mehr Bewegung motivierten, zumeist jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt, wenn sich im Tagesablauf Zeit dafür ergab.

Bewegungserinnerungen machen den Großteil der Benachrichtigungen aus, die von Fitness-Trackern und Tracking-Apps angezeigt werden. Die Apple Watch etwa erinnert an ein regelmäßiges Aufstehen, wenn man zu lange sitzt (siehe Abbildung 5.2 (a)). Studien zeigten jedoch, dass diese Form der Benachrichtigungen nicht unbedingt zu mehr Aktivität führen müssen. Sullivan et al. [SL17] stellten sogar die Vermutung auf, dass zu häufige Benachrichtigungen mit Bewegungsempfehlungen entmutigend wirken, wenn die vorgeschlagenen Aktivitäten wiederholt nicht erfüllt werden können. Dies kann dann eventuell sogar dazu führen, dass eine Person frustriert aufgibt.

Der Inhalt von bisherigen Benachrichtigungen für Fitness-Tracker und Tracking-Apps ist also noch sehr beschränkt und die Wirksamkeit steht zur Debatte. Neue Inhalte für Benachrichtigungen zu entwickeln — was das Ziel dieser Arbeit ist — scheint also erforderlich zu sein.

5.1.3. Benachrichtigungen in Wear OS

Wie alle großen Betriebssysteme für Smartphones oder Smartwatches hat das Wear OS von Android eine einheitliche Umsetzung für Benachrichtigungen. Dafür kann aus vier verschiedenen Styles¹ gewählt werden, welche dazu dienen Bilder oder Aktionen in die Benachrichtigung zu integrieren.

Abhängig vom Style können einer Benachrichtigung dann verschiedene Elemente übergeben werden. Diese umfassen: Titel, kleines Icon, großes Icon, Text, Bild und Aktionen. Mit Hilfe dieser Elemente wurden in der frühen Phase dieser Arbeit Überlegungen für einige Interaktionen mit Benachrichtigungen angestellt.

Diese Überlegungen sollten sich als hinfällig herausstellen, da sich das Design von Benachrichtigungen in Wear OS geändert hat². Dies wurde jedoch nur im *Android Developer Blog* verkündet, während auf der offiziellen Android Seite noch die alten Elemente beschrieben werden und die dort verfügbaren Codebeispiele diese Elemente noch beinhalten.

¹<https://developer.android.com/training/wearables/notifications/noti-styles>

²<https://android-developers.googleblog.com/2018/08/make-most-of-notifications-with.html>

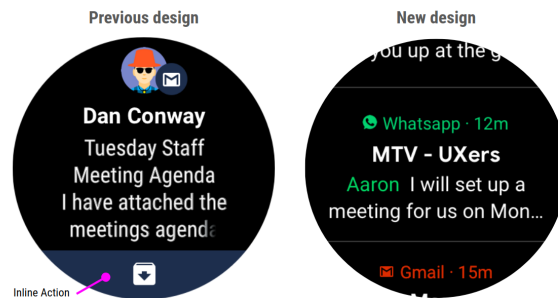


Abbildung 5.3.: Das alte und neue Design für eingeklappte Benachrichtigungen in Wear OS im Vergleich.

Als Begründung für die Designänderung gab der Blogbeitrag an, Benachrichtigungen „einfacher und stromlinienförmiger gestalten zu wollen.“ Für einen Vergleich zwischen den Designs siehe Abbildung 5.3. Große Icons fallen heraus und die Verwendung von Aktionen ist stark eingeschränkt. Für unsere Zwecke bleiben nur Benachrichtigungen übrig, die simplen Texte oder Bilder anzeigen können. Dies reicht natürlich aus, um Visualisierungen von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten anzuzeigen. Eine Möglichkeit der direkten Interaktion mit diesen ist jedoch nicht wirklich gegeben.

Eine indirekte Form der Interaktion ließe sich derart umsetzen, dass man über eine festgelegte Aktion von der Benachrichtigung in die Tracking-App wechselt. Dort sind dann (auf der Smartwatch oder dem Smartphone) weitere Möglichkeiten gegeben. Sollte das Interesse der Betrachtenden durch die Visualisierung in der Benachrichtigung für weitere Informationen geweckt sein, kann diese als *Gateway* zur eigentlichen App dienen. Dies ist jedoch keine direkte Interaktion mit der App, wie sie in der Visualisierungspipeline nach Card et al. [CMS99] beschrieben wird. Es ist eher eine Eigenschaft einer Visualisierung, ob sie Betrachtende dazu bringen kann, die App zu öffnen und mit dieser zu interagieren oder ob sie dies sogar zum Ziel hat.

5.2. Anzeigemedium Smartwatch

Nicht nur die Benachrichtigung als Kontext beeinflusst die Visualisierung in unserem Design Space, sondern auch die Smartwatch als Anzeigemedium. Zunächst wird ein Blick darauf geworfen, wie Tragende gewöhnlich ihre Smartwatch nutzen. Im vorherigen Abschnitt stellten wir bereits fest, dass ein schnelles Erfassen einer empfangenen Benachrichtigung zu den Stärken einer Smartwatch gehört. Ein Design für Visualisierungen auf der Smartwatch sollte sich also der typischen Nutzung anpassen.

Der kleine Bildschirm der Smartwatch stellt besondere Anforderungen an das Design der darauf angezeigten Visualisierungen. Dabei stellt sich auch die Frage, wie viel Platz auf dem typischen Smartwatch-Display wirklich zur Verfügung steht und wie die Tendenz zu einem runden Design die verfügbare Fläche noch weiter einschränkt.

Außerdem kann man die sogenannte Komplikationen betrachtet, in die Uhranzeige der Smartwatch (das sogenannte *Watchface*) integrierte, eigenständige Anzeigen. Diese werden von Smartwatches gerne genutzt, um Aktivitätsdaten anzuzeigen. Wir werden kurz diskutieren, wie sich Anforderungen für das Design von Visualisierungen für Komplikationen und Benachrichtigungen unterscheiden.

5.2.1. Nutzung der Smartwatches

Die Nutzung von Wearables lässt sich in drei Typen unterteilen: *Glance* (deutsch³: *Flüchtiger Blick*), *Review* (deutsch: *Überprüfen*) und *Engage* (deutsch: *Untersuchen*) [BBMD14]. Bei einem *Glance* blicken Nutzende nur kurz auf den Bildschirm ihres Geräts, um die gezeigten Informationen aufzunehmen ohne weiter mit dem Gerät zu interagieren. *Review* beschreibt die kurze Interaktion der Benutzenden mit einer oder mehreren Apps auf dem Gerät. *Engage* umfasst eine langfristige Interaktion mit Apps.

Zwei Studien befassten sich unter anderem damit, wie lange die durchschnittlichen Nutzungen von Smartwatches andauern. Pizza et al. [PBML16] stellten fest, dass 50% aller Nutzungen das Betrachten des Watchfaces waren, entweder um die Uhrzeit oder Informationen aus den Komplikationen einzusehen. Dies dauerte für gewöhnlich unter 2 Sekunden. Die zweithäufigste Nutzung (17%) war das Betrachten von Benachrichtigungen, was im Schnitt unter 7 Sekunden dauerte. Das Betrachten des Watchfaces lässt sich als *Glance* typisieren. Für den Großteil der Benachrichtigungen gilt dasselbe, wobei auf einige wenige reagiert wurde, was diese dann in die Nutzungstypen *Review* oder *Engage* einordnet.

Visuri et al. [VSvB+17] versuchten einzelne Nutzungen der Smartwatch zu kategorisieren. Dafür betrachteten sie wie lange die jeweilige Nutzung dauerte und ob dieser Nutzung kurz zuvor eine Benachrichtigung vorausging. Alle Nutzungen unter fünf Sekunden nannten sie *Peek Session* (deutsch: *Nutzung mit kurzem Blick*) und alle Nutzungen über fünf Sekunden *Interaction Session* (deutsch: *Nutzung mit Interaktion*). Sie wählten die fünf Sekunden als Grenze, da der Smartwatch-Bildschirm technisch bedingt nach fünf Sekunden automatisch abschaltet, was also die Obergrenze für eine Nutzung ist, bei welcher die oder der Nutzende nur den Bildschirm betrachtet und nicht weiter interagiert. Es kann also eine direkte Abbildung zwischen *Glance* und *Peek Session* stattfinden, während *Interaction Sessions* einem der beiden anderen Typen zugeordnet werden.

Über die Hälfte aller von Visuri et al. [VSvB+17] betrachteten Nutzungen waren *Glances*. Außerdem waren 20% der Nutzung die Folge einer erhaltenen Benachrichtigung. Diese Benutzung bestand wiederum zur Hälfte aus *Glances*, hatte aber genauso häufig eine weitere Interaktion zur Folge. Dies deckt sich weitestgehend mit den Zahlen von Pizza et al. [PBML16]. Es lässt sich also die Aussage treffen: Die Hälfte aller Smartwatch-Nutzung dauert weniger als fünf Sekunden und beinhaltet nur das Betrachten der angezeigten Information. Diese Werte lassen sich auch auf den Großteil der Nutzung übertragen, wenn sie durch den Empfang einer Benachrichtigung initiiert wurde.

³*Anmerkung:* Diese Arbeit bemüht sich darum Deutsche Fachbegriffe zu verwenden, wenn diese existieren, und den englischen Begriff dann ergänzend zu erwähnen. Für die verschiedenen Nutzungstypen in diesem Unterabschnitt ließen sich keine direkten deutschen Begriffe finden, weswegen die originalen, englischen Bezeichnungen genutzt werden.

Für Benachrichtigungen auf der Smartwatch mit Fitness-Kontext können wir ähnliche Werte erwarten. Gouveia et al. [GKH15] stellten fest, dass 70% der Nutzungen ihrer Tracking-App *Glances* waren, die einen Median von 5 Sekunden besaßen. Auch wenn eine vom Benutzenden initiierte Nutzung auf dem Smartphone nicht zu einhundert Prozent mit der von einer Benachrichtigung initiierten Nutzung auf der Smartwatch zu vergleichen ist, gibt uns dies zumindest einen Anhaltspunkt, dass mit keinen großen Änderungen im Nutzungsverhalten zu rechnen ist.

Dies bedeutet für Visualisierungen in unserem Design Space, dass ihr Informationsgehalt schnell erfasst werden kann, vorzugsweise im niedrigen Sekundenbereich. In Kapitel 2 stellten wir im Absatz 2.2.2 den Begriff Mikrovisualisierung vor. Dieser bezeichnet hochauflösende Visualisierungen, welche für kleine Bildschirme gedacht sind. Während die Menge und Genauigkeit der Daten, die angezeigt werden können, im Vergleich zu großen Monitoren eher eingeschränkt ist, besteht dafür die Möglichkeit alle dargestellten Informationen mit einem einzelnen flüchtigen Blick, einem *Glance*, zu erfassen.

Einen solchen kleinen Bildschirm besitzen Smartwatches. Sie sind also bestens geeignet Visualisierungen zu zeigen, deren ganzer Informationsgehalt auf einem Blick erfasst werden kann. Blaschek et al. [BBB+19] zeigten, dass sich simple Vergleichsaufgaben in Sekundenbruchteilen mit Visualisierungen in Form von Säulen-, Donut- und Radialbalkendiagrammen lösen lassen. Visualisierungen in unserem Design Space können aus verschiedenen Gründen von komplexerer Form sein, als diese Diagrammtypen. Dabei sollte bedacht werden, dass die Visualisierung nicht zu kompliziert wird und die Eigenschaft verliert, dass ihre angezeigten Informationen auf einen flüchtigen Blick erkannt und eine Erkenntnis daraus gewonnen werden kann.

5.2.2. Bildschirmeigenschaften einer Smartwatch

Nachdem die typische Nutzung der Smartwatch geklärt ist, wird nun ein kurzer Blick auf die technischen Eigenschaften der Displays von Smartwatches geworfen und was dabei für das Design beachtet werden muss. Zum einen sollte die Größe und Auflösung des Bildschirms bedacht werden, wenn Visualisierungen für einen solchen designet. Zum anderen besitzen Smartwatches runde wie quadratische Bildschirme und das Design für eine Bildschirmform muss nicht zwingend ideal für die jeweils Andere sein.

Bildschirmgröße, -Auflösung und -Form

In Abschnitt 4.2 beschrieben wir bereits eine von unserer Seite durchgeführte Internetrecherche zu den technischen Details von Wearables. Eine der Recherchefragen war dabei: *Welche Größe, Auflösung und Form haben Smartwatch Displays?* Die gefundenen Antworten auf diese Recherchefrage und was sie für unsere Designüberlegungen bedeuten, werden wir nun diskutieren.

Die betrachteten Smartwatches besaßen entweder einen runden oder rechteckigen (meistens quadratischen) Bildschirm. Auf Details zu diesen Formen werden wir später noch eingehen, zunächst werfen wir jedoch einen Blick auf die Größe der Bildschirme. Der Bildschirmdurchmesser von runden Smartwatches lag zwischen 25,4 mm und 44,5 mm, wobei 86% der

runden Bildschirme einen Durchmesser zwischen 30,4 mm und 35,6 mm hatten. Die eckigen Bildschirme wiesen eine Seitenlänge von 20,7 mm bis 32,3 mm auf und die verschiedenen Größen dazwischen variierten stärker als bei den runden Bildschirmen.

Zur Betrachtung und zum Testen der von uns designten Visualisierungen verwendeten wir eine Sony Smartwatch 3 SWR50, welche ein quadratisches Display mit jeweils 28,7 mm Seitenlänge besaß. Damit war sie am oberen Ende der Bildschirmgröße angesiedelt. Dies bedeutet, dass Visualisierungen auf anderen Smartwatches wahrscheinlich noch kleiner dargestellt werden. Sollte sich also eine Visualisierung auf unserer Smartwatch als schlecht erkennbar herausstellen, kann dies auf kleineren Smartwatches zu einer unbrauchbaren Erkennbarkeit führen.

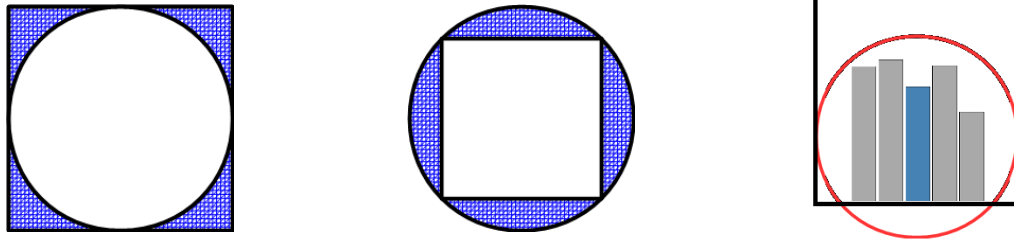
Die Varianz in der Bildschirmgröße spricht auch dafür, dass ein möglichst simples Design gefunden werden sollte, das unabhängig von der Anzeigegröße leicht erkennbar ist. Auch schwankt eventuell die Genauigkeit, mit welcher Unterschiede zwischen Datenwerten in Diagrammen erkannt werden können. Also sollte gut überlegt werden, wie fein die Datenwerte in den Visualisierungen erkennbar sein müssen, dass sich aus der Visualisierung die gewünschten Erkenntnis ziehen lassen.

Dafür, wie gut sich Informationen darstellen lassen, spielt auch die Auflösung des Bildschirms eine Rolle. Diese bewegt sich bei den betrachteten Smartwatches im Bereich von 176x176 Pixel bis hin zu 480x480 Pixel, wobei diese beiden Auflösungen hier eher als Extremwerte und nicht als Norm zu betrachten sind. 79% der betrachteten Modelle bewegten sich in einem Auflösungsbereich von 240x240 Pixel bis 454x454 Pixel und über die Hälfte der Smartwatches hatten eine Auflösung zwischen 300x300 Pixel und 400x400 Pixel. Da sich das Design einer Visualisierung leichter nach oben als nach unten skalieren lässt, wurden alle Designvorschläge in dieser Arbeit mit einer Auflösung von 256x256 Pixel skizziert. Die verwendete Sony Smartwatch wies eine Auflösung von 320x320 Pixel auf, womit sie eine annähernd so große oder zumindest kleinere Auflösung als das Gros der betrachteten Smartwatches besitzt. Eine für diese Auflösung konzipierte Visualisierung sollte also rein theoretisch auf den meisten anderen Smartwatches funktionieren.

Die Form des Displays zeigte unter den betrachteten Modellen eine klare Tendenz. Zwei Drittel aller Modelle besaßen ein rundes und nur ein Drittel ein eckiges Display. Durch die Form bedingt bietet der Bildschirm einer Smartwatch unterschiedlichen Platz, der für die Darstellung einer Visualisierung zur Verfügung steht. Das Design für eine Bildschirmform muss nicht zwingend für die andere ideal sein. Im Folgenden wollen wir darauf eingehen, was beachtet werden muss.

Design für Runde und Eckige Bildschirme

Natürlich lassen sich Visualisierungen, welche für einen runden oder eckigen Bildschirm entworfen wurden, auch auf der jeweils anderen Bildschirmform anzeigen. Dies soll an diesem Punkt nicht in Frage gestellt werden. Abbildung 5.4 zeigt (a) wie sich der Inhalt eines runden Displays auf einem eckigen Display und (b) wie der Inhalt eines eckigen Displays auf einem runden Bildschirm angezeigt werden kann. Die schraffierte Fläche weist auf ungenutzten Bildschirmplatz hin. Für welche Bildschirmform man auch designet, in der anderen ergeben sich also zwangsweise freie Bereiche.



(a) Rundes Design auf eckigem Bildschirm (b) Eckiges Design auf rundem Bildschirm (c) Beispielvisualisierung, welche für beide Bildschirmformen designet wurde

Abbildung 5.4.: Integration von Designs für verschiedene Bildschirmformen.

Eine dritte Herangehensweise wäre es Visualisierungen nicht explizit für die eine oder andere Bildschirmform zu entwerfen, sondern beide Formen im Hinterkopf zu behalten. Abbildung 5.4 (c) zeigt, wie ein Säulendiagramm für unsere Studie (Kapitel 9) für beide Bildschirmformen passend designet wurde. Der relevante Teil einer Visualisierung (in diesem Fall die Säulen des Diagramms) muss dabei in den roten Kreis, welcher den runden Bildschirm darstellt und in das schwarze Quadrat, welches einen eckigen Bildschirm repräsentiert passen. In unserer Umsetzung wählten wir dann einen Kreis, der einen etwas größeren Durchmesser als die Seitenlänge des Quadrats hatte, da dies die höhere Auflösung und Bildschirmgröße von Smartwatches mit runden Bildschirmen besser repräsentiert.

Für unsere Studie stellten wir auf diese Weise sicher, dass sich jede getestete Visualisierung ohne große Anpassungen von Form und Skalierung auch auf runden Bildschirmen anzeigen lässt. Für die Skizzen der von uns erstellten Konzepte, die in Kapitel 7 präsentiert und in der Onlineumfrage (siehe Kapitel 8) einer qualitativen Bewertung unterzogen wurden, setzten wir dies nicht um. Da es sich eben nur um Skizzen handelt, die dazu dienen eine Idee zu erläutern und diese subjektiv bewerten zu lassen, trafen wir den Entschluss, andere Maßstäbe anzusetzen.

Ergänzend sei angemerkt, dass verschiedene Diagramme von Natur aus eine bestimmte Form besitzen. Gewöhnliche Säulendiagramme sind nun mal von rechteckiger und Radialbalkendiagramme von runder Form. Es ist also weniger eine Entscheidung des Erstellers der Visualisierung, als eine Eigenschaft der Visualisierung selbst, welche Form sie hat. Dies öffnet nun wiederum der Diskussion Tür und Tor, ob für runde und eckige Smartwatches jeweils unterschiedliche Designs empfehlenswert wären. Säulendiagramm für den eckigen Bildschirm und Radialbalkendiagramm für den runden Bildschirm?

Zumindest in unserer Onlineumfrage und Studie, schnitt das Radialdiagramm nach subjektiven wie objektiven Maßstäben schlechter ab als das Säulendiagramm. Dass ein Visualisierungsdesign also besser für eine Bildschirmform passt, muss also nicht automatisch bedeuten, dass sie nach allen Maßstäben besser ist als ein anderes Visualisierungsdesign, welches nicht so ideal für die Bildschirmform geeignet ist. Natürlich wurden beide Visualisierungen auf derselben Bildschirmform (eckig) präsentiert, was einen gewissen Bias nicht ausschließt. Auch Blascheck et al. [BBB+19] führten ihre Studie auf einer Smartwatch mit eckigem

Bildschirm durch. Eine weitere Untersuchung wäre also empfehlenswert, ob Diagramme auf verschiedenen Bildschirmformen nach subjektiven und objektiven Bewertungskriterien unterschiedlich abschneiden.

Abschließend lässt sich also schlussfolgern, dass die Form des Bildschirms der Smartwatch bedacht werden sollte, wenn man Visualisierungen designt, welche auf diesen Geräten dann angezeigt werden. Die Literatur liefert bisher keine Anhaltspunkte, dass dies einen Einfluss auf die verwendeten Diagrammtypen haben sollte. Viel mehr beschränkt es nur Größe und Fläche, welche eine Visualisierung annehmen kann. Dies ist hauptsächlich zu beachten, wenn die Visualisierung schließlich erzeugt wird. Während des Designs spielt es nur eine Rolle, wenn die Gefahr besteht, dass eine Visualisierung zu klein wird, wenn man sie von einer Bildschirmform auf die andere überträgt, und dadurch wichtige Einzelheiten nicht mehr zu erkennen sind.

5.2.3. Watchfaces und Komplikationen

Über die Hälfte aller Nutzungen der Smartwatch bestand in der Studie von Pizza et al. [PBML16] wie bereits erwähnt aus flüchtigen Blicken auf das Watchface der Uhr. Bei dem Watchface (eingedeutscht, wörtlich „Uhrengesicht“) handelt es sich um die primäre Anzeige einer Smartwatch. Diese besteht für gewöhnlich aus der Uhrzeit und verschiedenen Komplikationen. Der Begriff Komplikation beschreibt ursprünglich bei Uhren die Zusatzfunktionen eines mechanischen Uhrwerkes, welche über die übliche Anzeige von Stunden, Minuten und Sekunden hinausgehen [Jac19]. Dazu können etwa eine Stoppuhr- oder Kalenderfunktion zählen.

Durch ihren digitalen Bildschirm, die eigene Rechenleistung und verschiedene Apps, sind die Komplikationen auf Smartwatches natürlich um einiges vielfältiger als für gewöhnliche Armbanduhren. Zu einer der wichtigsten und häufigsten Aufgaben zählt dabei die Anzeige von Aktivitäts- und Gesundheitswerten (siehe Abbildung 5.5).

Gouveia et al. [GPK+16] stellten ihrerseits einen Design Space für die Visualisierung von Aktivitätsdaten in Komplikationen auf. Es stellt sich also an dieser Stelle die Frage, wie sich



(a) Watchface für die Fitbit Ionic (b) Watchface diverse Garmin (c) Watchface für diverse Apple Watches

Abbildung 5.5.: Beispiele für Komplikationen in Watchfaces für Smartwatches.

der Kontext Komplikationen vom Kontext Benachrichtigungen unterscheidet. Wäre nämlich kein Unterschied gegeben, könnten wir den Design Space von Gouveia et al. übernehmen, hätten uns dafür aber die gesamte Arbeit sparen können.

Der wohl deutlichste Unterschied zwischen Komplikationen und Benachrichtigungen ist die Eigenschaft, von welcher Seite die Nutzung der Smartwatch initiiert wurde. Ein Blick auf das Watchface geschieht entweder beiläufig oder mit Absicht, ist also in beiden Fällen von Benutzenden initiiert. Eine Benachrichtigung wird jedoch von einer App auf der Smartwatch gesendet, eine Nutzung der Smartwatch wird also von der Anwendung initiiert.

Visualisierungen in Komplikationen sind also jederzeit sichtbar, wenn die oder der Benutzende auf die Smartwatch blickt. Dies bringt unterschiedliche Vorteile und Herausforderungen mit sich. Einerseits wird die oder der Benutzende nicht genervt sein, wenn sie oder er zum zehnten Mal am Tag den selben Fortschrittsbalken für getätigten Schritte sieht. Andererseits kann es schnell passieren, dass dieser Fortschrittsbalken nicht mehr interessant ist und einfach ignoriert wird. Gouveia et al. schlugen als Lösung etwa eine zeitlich begrenzte Anzeige gewisser Informationen vor, um das Interesse der Nutzenden zu erhalten.

Wenn Benutzende zur Mittagszeit die fünfte Benachrichtigung erreicht, wie viele Schritte bis dato gemacht wurden, wird mit hoher Wahrscheinlichkeit die Benachrichtigung ignoriert oder direkt der App die Erlaubnis entzogen Benachrichtigung senden zu dürfen. Die Nutzenden entschieden sich nicht selbst ihren Status einzusehen, sondern die App entschied, dass dies der richtige Zeitpunkt dafür war. Wir diskutierten bereits in Abschnitt 5.1, dass Benachrichtigungen nicht per se von Nutzenden als störend empfunden werden, sie jedoch das Gefühl haben sollten, dass der Inhalt der Benachrichtigung für sie von Nutzen ist. Für Benachrichtigungen muss also viel mehr als für Komplikationen darauf geachtet werden, dass eine Visualisierung die Nutzenden anspricht und idealerweise direkt eine Erkenntnis daraus gezogen werden kann.

Trotz dieser Abgrenzung zwischen den Design Spaces bedeutet dies natürlich nicht, dass Designs aus dem einen nicht auch im anderen ihren Platz finden können. In Kapitel 7 ordneten wir die Konzepte von Gouveia et al. ebenfalls in unseren Design Space ein. Bestimmte Formen des Widgets auf dem Smartphone können als entfernte Verwandter der Komplikation betrachtet werden. Besonders bei Tracking-Apps enthalten Widgets



(a) Fitbit App



(b) Prototyp von Meyer et al.

Abbildung 5.6.: Beispiele für Smartphone Widgets: (a) Fitbit App und (b) ein von Meyer et al. [MKBB16] entwickelter Prototyp.

häufig eine Visualisierung von Aktivitätsdaten (siehe Abbildung 5.6). Auch diese waren für unseren Design Space von Interesse.

5.3. Strategien und Techniken der Gesundheitstechnologie

Die Gesundheitsforschung beschäftigt sich damit, wie Menschen zu einem aktiveren und gesünderen Leben verholfen werden kann. Fitness-Tracker und Tracking-Apps sind dabei die neusten Werkzeuge im Bereich der mobilen Gesundheitstechnologie, um Verhaltensänderungen herbeizuführen, positiven Wandel zu bestärken und langfristig für einen gesunden Lebensstil zu sorgen. Dabei etablierten sich unterschiedliche Strategien und Techniken, welche sich auch beim Design von Visualisierungen anwenden lassen.

5.3.1. Allgemeine Strategien und Techniken

Im Folgenden werden verschiedene Strategien und Techniken erklärt, die von Fitness-Trackern und Tracking-Apps angewendet werden, um die Nutzenden zu motivieren. Dabei wird auch diskutiert, ob und wie diese in die Designüberlegungen einfließen können. Dies wird hauptsächlich in der Form von Eigenschaften der Visualisierungen passieren, welche festgelegt und dann von einer Visualisierung erfüllt werden können oder nicht. Es wird aber auch noch einmal die Definition der Aufgaben von Visualisierungen aus Abschnitt 3.2 aufgegriffen und geringfügig modifiziert.

Einige der betrachteten Techniken finden auch Anwendung in der Gamification, welche wir im nächsten Abschnitt behandeln. Die dort diskutierten Techniken sind jedoch allesamt deutlicher an das „Spielement“ der Gamification angeknüpft, als die hier behandelten.

Ziele Setzen

Eine der, wenn nicht sogar die grundlegendste Technik von Tracking-Apps und Fitness-Trackern ist es, für die Nutzenden Ziele zu setzen [SL17]. Ein konkretes tägliches Ziel für Aktivitätsdaten (meistens gemachte Schritte) vor Augen zu haben kann dazu beitragen noch aktiver zu werden, als wenn die Aktivitätsdaten nur eingesehen werden.

Personen, die vor kurzem erst den Entschluss gefasst haben, aktiver und gesünder zu werden haben oft das Problem sich nicht sicher zu sein, ob sie das Richtige tun [TOB+02]. Dies kann oft zu Frustration führen und ist einer der Hauptgründe, warum die meisten Menschen nach wenigen Tagen ihren Verhaltenswandel bereits wieder aufgeben. Diesen Personen ein Ziel vorzuschlagen, welches sie verfolgen können, kann ihnen das Gefühl geben auf dem richtigen Weg zu sein.

In Abschnitt 3.2 legten wir die *Zielsetzung* bereits als eine der Aufgaben für Visualisierungen in unserem Design Space fest. Sie beschreibt, den Nutzenden dabei zu helfen, angemessene Ziele für ihre Aktivitätswerte zu setzen. Dies unterscheidet sich jedoch von der in diesem Unterabschnitt verwendeten Semantik von „Ziele setzen“. Es beschreibt in erster Linie, sich

überhaupt ein Ziel zu setzen, welches idealerweise auf die Nutzenden angepasst ist, dies aber nicht sein muss.

Wird die Technik *Ziele setzen* in einer Visualisierung angewandt, wird diese im Design Space als *zielorientiert* beschrieben. In Abschnitt 3.2 prägten wir diesen Begriff für Visualisierungen, welche die gemessenen Aktivitätsdaten mit einem gesetzten Zielwert abglich. Um die Aufgabenstellung *Zielsetzung* von der Technik *Ziele setzen* abzugrenzen, entschieden wir uns den Term *Fortschritt Unterstützen* zu wählen.

Fortschritt Unterstützen

Um die Nutzenden nicht durch ein frühes und wiederholtes Scheitern beim Erreichen von Zielen zu demotivieren, setzen viele Fitness-Tracker zunächst niedrigere Ziele an [GKH15]. Diese Ziele sind jedoch schnell zu niedrig für die Nutzenden und fordern sie nicht mehr heraus. Während eine gewisse Freude die Benutzenden erfüllen kann ständig ihr Ziel zu erfüllen, kann es sie schnell langweilen und der anfängliche positive Effekt auf Aktivitätslevel und Gesundheit bricht ein.

Zu den Designempfehlungen für Fitness-Trackern von Fritz et al. [FHMZ14] gehört unter anderem die „Aufrechterhaltung des positiven Wandels“, wozu an den Fortschritt der Benutzenden angepasste Ziele gehören. Der inzwischen nicht mehr im Handel erhältliche Fitness-Tracker *Basis* beispielsweise forderte die Benutzenden jede Woche auf, die eigenen Ziele zu aktualisieren. Eine andere Herangehensweise wäre die automatische Berechnung eines neuen Ziels. Beides widerspricht jedoch dem Prinzip der Selbstkontrolle der Nutzenden, welches nach Karapanos et al. [KGHF16] einen wichtigen Aspekt für den Erfolg von Fitness-Trackern darstellt. Es sollten also keine neuen Ziele aufgezwungen werden, ob diese nun automatisch berechnet sind oder von den Nutzenden eingegeben werden müssen.

In ihrer Interaktionsstudie mit Fitness-Trackern untersuchten Gouveia et al. [GKH15] auch, wie sich es mit der manuellen Anpassung von persönlichen Zielen bestimmt war. Nur knapp ein Drittel der Teilnehmenden passte das standardmäßige Ziel für tägliche Schritte an. Jene die das Ziel anpassten, machten dann auch mehr Schritte. Der Großteil der Nutzenden (80%) führte die Zielanpassung bei der ersten Bedienung der App durch. Anpassungen zu einem späteren Zeitpunkt waren selten, obwohl den Benutzenden eine Benachrichtigung gesendet wurde, wenn sie regelmäßig über ihrem Zielwert lag. 87% der Nutzenden erhielten eine Aufforderung das Ziel anzupassen. Jedoch nur fünf Prozent dieser Nutzenden, welche eine Empfehlung bekamen, das Ziel nach oben zu korrigieren, taten dies auch.

Es muss also ein Weg gefunden werden die Leute davon zu überzeugen, dass sie ihre Ziele anpassen, um den Fortschritt nicht zu behindern. Eine Vermutung von Goveia et al. [GKH15] war, dass neue Ziele mit der Selbsteffizienz der Nutzenden im Konflikt stehen, da diese sich nicht mehr sicher sind, diese Ziele erreichen zu können. Studien zeigen, dass Leute ein Ziel effektiver verfolgten, wenn sie sich sicher waren, dass sie dieses auch erreichen können [Loc96].

Für eine Visualisierung ergeben sich also zwei Teilaufgaben. Zum einen den Benutzenden zu vermitteln, warum sie ihre Ziele neu setzen sollten. Zum anderen ihnen gleichzeitig zu versichern, dass die neuen Ziele sinnvoll und nicht zu hoch angesetzt sind, weshalb sie

keine Angst haben müssen, diese nicht mehr erreichen zu können. Visualisierungen, die dies umsetzen erfüllen die Aufgabe *Fortschritt [zu] Unterstützen*.

Zwischenziele Verwenden

Immer direkt das Gesamtziel vor Augen zu haben kann sich als hinderlich herausstellen. Ob man nun fünf Kilogramm abnehmen oder jeden Tag 10.000 Schritte machen will, nach einer Woche zeigt die Waage, dass man noch weit vom Ziel entfernt ist und der Fortschrittsbalken für die Schritte hat sich um zehn Uhr morgens häufig noch kaum gefüllt. Man hat schnell das Gefühl sich dem Ziel gar nicht zu nähern. Um dem zu begegnen, kann das Prinzip der „Babyschritte“ [AWR15] angewendet werden. Dabei wird das große und überwältigend wirkende Gesamtziel auf kleinere Zwischenziele herunter gebrochen.

Zweihundertfünfzig Schritte sind ein kleiner Marsch, der die meisten Menschen nicht einmal zum Schwitzen bringt. Stündlich praktiziert (wie Fitbit Fitness-Tracker es vorschlagen) kann dies bereits Gesundheitsverbesserungen mit sich bringen [TB04], aber noch wichtiger, es hilft auf dem Weg zum Schrittziel für den gesamten Tag. Ein halbes Kilo pro Woche abzunehmen ist die empfohlene Menge, um in gesunden Maßen zu bleiben⁴. Über zehn Wochen gesehen bringt uns dies zum gewünschten Gewichtsverlust. Beides Zwischenziele erscheinen machbar, wenn man sie mit dem Gesamtziel vergleicht. Am Ende sind es diese vielen kleinen Schritten (in wörtlichem wie übertragenem Sinne), welche jemanden ans Ziel bringen.

Eine *zielorientierte* Visualisierung setzt *Zwischenziele* um, wenn sie diese statt dem Gesamtziel visualisiert. Dabei ist aber wichtig, dass der Fortschritt zum Gesamtziel trotzdem in irgendeiner Art und Weise dargestellt ist. Ansonsten wäre es keine Eigenschaft der Visualisierung, dass sie Zwischenziele zeigt, sondern die Wahl der App ein kleineres Ziel darstellen zu lassen, wodurch sich aus Sicht der Visualisierung keine andere Aufgabe ergibt als für eine gewöhnliche *zielorientierte* Visualisierungen.

Feedback Geben

Eng mit dem Setzen von Zielen ist das geben von Feedback verwandt [SL17]. Dabei unterscheiden wir zwischen Feedback vom Fitness-Tracker selbst und dem Feedback von anderen Nutzenden, welches wir im nächsten Unterabschnitt besprechen. Das Feedback vom Fitness-Tracker kann in seiner simpelsten Form einfach nur die reine Anzeige der Leistung der Nutzenden in Form ihrer Aktivitätsdaten sein oder ihre Leistung in Abhängigkeit der gesetzten Ziele umfassen [JDK+16].

Dadurch ergeben sich vorerst keine neuen Aufgaben und Eigenschaften für unsere Visualisierungen. Beides wird durch den *Status* abgedeckt, welcher *zielorientiert* dargestellt wird oder eben nicht. Eine Möglichkeit für Feedback stellt die Verwendung der „Zuckerbrot und Peitsche“-Methode [AWR15] dar. Wollen die Benutzenden gelobt werden für erreichte Ziele oder in harter Form an verpasste sowie anstehende Ziele erinnert werden? In einer

⁴<https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/weight-loss/in-depth/weight-loss/art-20047752>

Visualisierung, welche den *Status zielorientiert* darstellt, könnten also lobende und tadelnde Elemente eingearbeitet werden, etwa durch eine Farbwahl mit positiver oder negativer Assoziation (bspw. rot und grün).

Sozialen Einfluss Zulassen

Einen immer wichtiger werdender Faktor für den Erfolg von Fitness-Trackern und Tracking-Apps stellen soziale Einflüsse dar. Dies kann einerseits dadurch umgesetzt werden, dass man seine Daten mit anderen Nutzenden teilt und diese dann mit Feedback in Form von Ratschlägen oder lobenden und motivierenden Antworten darauf reagieren [SL17], [CESL06]. Aber auch schon mit anderen Personen ohne weiteren Hintergedanken über die eigenen Aktivitätswerte zu reden und welche Erkenntnisse man daraus zog, konnte sich positiv auf eine weitere Aktivitätssteigerung auswirken [KDV+16].

Wollen die Nutzenden ihre persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten via einer Visualisierung mit anderen Personen teilen, sollte dabei bedacht werden, dass keine sensiblen oder zu persönlichen Daten geteilt werden. Es gilt also entweder kritische Daten während des Visualisierungsprozesses unkenntlich zu machen oder gar nicht erst in Betracht zu ziehen. Damit sehen wir hierin weniger eine Aufgabe für die Visualisierung, als für die Person oder App, welche die Daten auswählt, dies mit Bedacht zu tun.

Eine andere wichtige Form der indirekten sozialen Interaktion zwischen Nutzenden stellen Wettbewerbe dar [JDK+16], [AWR15]. Diese können als motivierendes Mittel genommen werden, da sie den Ehrgeiz ansprechen, gewinnen zu wollen. Sie gehören definitiv zu den beliebten Techniken der Gamification, doch sie lassen sich ebenso als sozialen Einfluss kategorisieren, weswegen wir sie hier schon behandeln. Neben dem spielerisch motivierenden Effekt des Wettbewerbes kann der Vergleich der eigenen Leistung mit jener von anderen dabei helfen sich besser einzuschätzen [GPK+16]. Also macht nicht nur das Ziel zu siegen den Wettbewerb interessant, sondern lässt den Teilnehmer auch sehen wie seine Leistung gerade einzuordnen ist.

Mit dem *Sozialen Vergleich* haben wir für Visualisierungen bereits eine Aufgabe definiert, welche genau diesen Bereich abdeckt. Auch wenn keine neue Aufgabe hinzukommt, können wir uns trotzdem nochmals bestätigt fühlen, dass die Festlegung der Aufgabe sinnvoll ist.

Implementation Intentions

Eine andere, nicht so weit verbreitete Strategie stellt es dar, für die Benutzenden einen Aktionsplan aufzustellen. Ein Ziel zu setzen und sich vorzunehmen es zu schaffen reicht nicht immer zwingend aus, um erfolgreich zu sein. Statt dem vagen Ziel, eine bestimmte Anzahl Schritte machen zu wollen, kann überlegt werden, wie sich diese Schritte am besten machen lassen. Eine Möglichkeit dafür stellen *Implementation Intentions* dar [Bol13]. Dies sind einfache Wenn-Dann-Pläne, die beschreiben wie man ein Ziel erreichen will. Die Wann-Komponente enthält einen Auslöser (z. B. eine gute Möglichkeit, ein vermutetes Hindernis), das mit einer zielgerichteten Antwort in der Dann-Komponente verknüpft ist. *Implementation Intentions* erhöhen erwiesenermaßen das Erreichen von gesetzten Zielen [GS06].

Für Nutzende, die mehr Bewegung in ihr Leben bringen wollen, wären diese Wenn-Dann-Pläne beispielsweise eine Möglichkeit zusätzlich gelaufene Schritte in den Alltag zu integrieren. Wenn sie einkaufen gehen, dann parkt sie etwas weiter weg. Wenn sie mit dem Bus von der Arbeit heimfahren, dann steigen sie eine Station früher aus. Zur Umsetzung dieser Wenn-Dann-Pläne können Benachrichtigungen auf der Smartwatch verwendet werden. Zu festgelegten Zeiten oder wenn die Person sich an einem bestimmten Ort befindet kann eine Benachrichtigung zu mehr Bewegung verhelfen. Diese Benachrichtigungen können motivierend oder fordernd sein, zeigen wie viel eine Aktion für das Gesamtziel bringt oder wie weit man diesem hinterherhinkt. Außerdem kann Lob nach Erreichen eines Wenn-Dann-Planes verschickt werden.

Während *Implementation Intentions* ein wichtiges Werkzeug darstellen können, haben wir uns entschieden sie nicht zusätzlich in unseren Design Space zu integrieren. Sie stellen keine neue Herausforderung für die Visualisierung in einer Benachrichtigung dar. Sie sind im Endeffekt eine spezielle Form von Bewegungserinnerung, deren Anzeigzeitpunkt von Benutzenden ausgewählt wird. Eine neue Aufgabe oder Eigenschaft für die Visualisierung ergibt sich folglich nicht.

5.3.2. Gamification

Neben den allgemeinen Techniken und Strategien von Fitness-Trackern und Tracking-Apps, gibt es noch jene, welche in der Gamification Anwendung finden. Zur Erinnerung: Die Gamification entlehnt Techniken, die in Spielen verwendet werden, ohne jedoch selber explizit ein Spiel zu sein [AWR15]. Sie nutzt das dem Menschen angeborene Verlangen wahrgenommen zu werden und sofortiges (positives) Feedback zu erhalten, um Verhaltensänderungen herbeizuführen oder das Engagement der Nutzenden voranzutreiben.

Gamification bringt überwiegend positiv Ergebnisse, es besteht aber Gefahr von der eigentlichen Funktionalität abzulenken. Es kann ein positiver Effekt erzielt werden, aber gerade für Anfänger sollte die verwendete Gamification nicht übertrieben werden, sodass die Benutzenden gar nicht mehr die angezeigten Aktivitäts- und Gesundheitsdaten erkennen können [JDK+16]. Ansonsten läuft man Gefahr, die eigentliche Aufgabe der Visualisierung, Daten zu zeigen und einen Erkenntnisgewinn zu ermöglichen, zu vernachlässigen.

Verschiedene Studien [AWR15], [JDK+16], [SIF17], [SL17] beschäftigten sich mit den typischen Elementen der Gamification. Die meisten klassifizierte Elemente waren verschiedene Methoden, um das Interesse der Benutzenden an einem stetigen Fortschritt hochzuhalten. Dazu ergänzten sie das geben von Feedbacks durch spielerische Techniken, die den Ehrgeiz oder das Interesse wecken.

Neben den bereits erwähnten Wettbewerben stellen Herausforderungen für die Nutzenden einen Weg dar, sich mit einem anderen Wert als dem eigenen Ziel zu vergleichen, wobei natürlich auch der Ehrgeiz angesprochen wird. Herausforderungen können dabei von kurzweiliger Natur sein (mache 50.000 Schritte in den nächsten drei Tagen) oder von langzeitiger Natur (lege 1.000 Kilometer zurück, während du deinen Fitness-Tracker trägst). Letzteres wird meistens Trophäe oder Abzeichen genannt.

Die Jagd nach Trophäen und Abzeichen, welche sich über Wochen oder Monate hinweg verdienen lassen, stellt einen Ansatzpunkte für der langzeitige Bindung der Benutzenden dar. Ergänzt werden sie gerne durch ein Level-System oder Punkte. Mit diesen können die Nutzenden auf abstrakte Weise ihren langfristigen Fortschritt sehen und sich so mit anderen Nutzenden vergleichen. Es findet also eine Abbildung der eigentlichen Aktivitätsdaten auf einen imaginären Wert statt. Dieser könnte als weiterer persönlicher Wert betrachtet werden, der in einer Visualisierung dargestellt werden soll. Wir sehen dies jedoch nur bedingt als Teil unseres Design Spaces. Ansätze, wie eine solche Visualisierung aussehen könnte, lassen sich in der Literatur finden [AD14], [NSM17].

Das letzte Element der Gamification, auf welches wir eingehen wollen, ist der Avatar. Dieser stellt eine virtuelle Repräsentation des Nutzers dar [AWR15]. Die Theorie dahinter ist, dass sich der Nutzer selbst im Avatar wiedererkennt und dadurch eine stärkere Bindung entwickelt. Studien belegen, dass die beiläufige Betrachtung eines Avatars, der Benutzende imitiert, zu Verbesserungen in Sitzhaltung, stehend verbrachter Zeit und benötigten Arbeitspausen bewirken kann [JDK+16]. Eine Visualisierung, in welcher sich Betrachtende selber als Avatar wiederfinden kann also stärker Interesse und Aufmerksamkeit dieser wecken. In unserem Design Space findet sich der Avatar als Diagrammtyp vor.

5.3.3. Schlussfolgerung

In diesem Abschnitt betrachteten wir verschiedene Techniken und Strategien, die bereits von Tracking-Apps, Fitness-Trackern oder in der Gamification Anwendung finden. Für jede Technik diskutierten wir, wie und ob sie sich in die Visualisierung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten anwenden lässt. Sollten sie sich als brauchbar erwiesen haben, untersuchten wir, ob sie bereits durch die festgelegten Aufgaben und Eigenschaften für Visualisierungen im Design Space abgedeckt wurden, oder neue hinzugefügt werden mussten.

Die Literatur [GKH15], [SL17], [JDK+16] zeigt sich unschlüssig, welche Strategien wie effektiv sind. Dabei wird angenommen, dass sich Menschen von verschiedenen Ansätzen oder auch Kombinationen angesprochen fühlen. Deswegen ist es sinnvoll ein möglichst breites Feld in das Design von Visualisierungen einfließen zu lassen, ohne es jedoch dabei zu übertreiben und die eigentlich anzuzeigenden Aktivitätsdaten aus dem Blick zu verlieren.

5.4. Zusammenfassung

In diesem Kapitel betrachteten wir verschiedene Einflüsse auf den Design Space, welcher in dieser Arbeit aufgespannt werden soll. Dazu gehörten Benachrichtigungen und die Smartwatch, welche beide als Anzeigekontext für eine Visualisierung dienen, sowie Techniken und Strategien zur Verhaltensänderung. Wir kamen zu der Erkenntnisse, dass Visualisierungen die in Benachrichtigungen auf Smartwatches angezeigt werden sollen für die Betrachtenden interessant sowie schnell zu erfassen und der Inhalt eine für sie als wichtig erachtete Information sein sollte. Aus den Strategien zur Verhaltensänderung zogen wir einige Ansätze, welche beim Design einer Visualisierung in Erwägung gezogen werden können.

6. Design Space — Entscheidungen

Ziel der vorangegangenen Kapitel war es, alle möglichen Faktoren für und Einflüsse auf den Design Space zu betrachten. In Kapitel 3 wurde betrachtet, welche Aufgabe eine Visualisierung erfüllen kann und welche Diagrammtypen zur Darstellung der Daten verwendet werden können. Kapitel 4 untersuchte, welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten typischerweise zur Verfügung stehen, aber auch, ob sie einen sinnvollen Indikator für einen gesunden Lebensstil darstellen. Kapitel 5 schließlich betrachtete die Kontexte Smartwatch und Benachrichtigung in welchen Visualisierungen unseres Design Spaces angezeigt werden. Auch wurden in diesem Kapitel Techniken zur Verhaltensbeeinflussung betrachtet und überprüft, ob und wie sich diese in Visualisierungen umsetzen lassen würden.

In diesem Kapitel wird nun, unter Berücksichtigung aller dieser Faktoren und Einflüsse, der Design Space für die Visualisierung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Benachrichtigungen auf Smartwatches aufgespannt. Zunächst wird eine Übersicht aller Dimensionen des Design Space in Abschnitt 6.1 gegeben. Auf die Hauptdimensionen mit ihren jeweiligen Ausprägungen wird in Abschnitt 6.2 eingegangen. Abschließend beschäftigt sich Abschnitt 6.3 mit weiteren möglichen Eigenschaften einer Visualisierung.

6.1. Übersicht Dimensionen

Als Design Space wird die Netzwerkstruktur verwandter Designs bezeichnet, welche in einem explorativen Prozess betrachtet werden [WB06]. Sollen also verschiedene Designs zu einer Thematik untersucht, fehlende oder mangelhafte Designs ausfindig gemacht und neue Designs (im Vergleich zu bestehenden) eingeordnet werden, bietet sich ein Design Space als Werkzeug an.

Für das Aufspannen unseres Design Spaces verwendeten wir die von Gries [Gri04] vorgeschlagene Dimensionen-Methode, bei welcher es sich um bestimmte Parameter oder Einschränkungen der jeweiligen Designs im Design Space handelt. Ein derart aufgespannter Design Space bietet effektive Möglichkeiten, um Visualisierungen im Design Space einzuordnen und miteinander zu vergleichen. Außerdem kann ein solcher Design Space gezielt erkundet und jeweilige Lücken, für welche eventuell noch ein Bedarf an passenden Designs besteht, gefunden werden. Ein solches Vorgehen für unseren Design Space präsentieren wir in Kapitel 7.

Um die wichtigsten Dimensionen unseres Design Space zu bestimmen verwenden wir folgende Fragestellung für eine enthaltene Visualisierung: *Welche Aktivitäts- oder Gesundheitsdaten werden über welchen Bezugszeitraum mit welchem Ziel und in welcher Form visualisiert?* Daraus lassen sich vier einzelne Fragen formulieren, welche wiederum unsere vier Hauptdimensionen ergeben:

- **Daten:** Welche persönlichen Daten sollen visualisiert werden?
- **Zeit:** Auf welchen Zeitraum beziehen sich die persönlichen Daten?
- **Aufgabe:** Welche Aufgabe soll die Visualisierung erfüllen?
- **Abstraktion:** In welcher Art und Weise werden die Daten abstrahiert dargestellt?

Diese vier Hauptdimensionen beantworten auch die drei „W-Fragen“ *Was* (Daten über Zeitraum), *Wie* (Abstraktion) und *Warum* (Aufgabe), welche gerne zur Einordnung in diversen Verfahren verwendet werden. Die drei fehlenden „W-Fragen“ *Wo*, *Wer* und *Wann* werden von den Anzeigekontexten Smartwatch (wo wird es angezeigt) und Benachrichtigung (wer zeigt es an und wann wird es angezeigt) geliefert.

Aus der Antwort auf die *Was*-Frage lässt sich bereits erkennen, dass ein Zusammenhang zwischen den vier Hauptdimensionen besteht. Die angezeigten persönlichen Daten beziehen sich auf einen bestimmten Messzeitraum, etwa einen Tag oder eine Woche. Die in der Visualisierung verwendete Abstraktion (ein Diagramm oder eine Metapher) stellt die persönlichen Daten dar. Schließlich soll diese bestimmte Abstraktion eine Aufgabe erfüllen. Abbildung 6.1 gibt eine Übersicht dieser Zusammenhänge zwischen den Dimensionen.

Neben den vier Hauptdimensionen kann ein Design noch einige weitere Eigenschaften besitzen. Diese beziehen sich auf die gewählten anzuzeigenden Daten oder Techniken der Visualisierungs- und Verhaltensforschung. Die wichtigsten Eigenschaften einer Visualisierung sind:

- **Anzahl Datenpunkte:** Wie viele verschiedenen Datenpunkte werden angezeigt?
- **Verschiedene Datenwerte:** Werden unterschiedliche Aktivitätswerte in einer Visualisierung dargestellt?
- **Zielorientiert:** Werden die Daten in Abhängigkeit von einem Zielwert angezeigt?
- **Teilziele:** Wird nicht nur der finale Zielwert, sondern auch Zwischenziele visualisiert?
- **Unsicherheit:** Sind in der Visualisierung Unsicherheiten bezüglich der Messgenauigkeit der Aktivitätsdaten dargestellt?

In den nächsten Abschnitten gehen wir im Detail auf die Hauptdimensionen und Eigenschaft ein. Dies umfasst neben einer ausführlichen Beschreibung auch mögliche und typische Ausprägungen der Dimensionen.

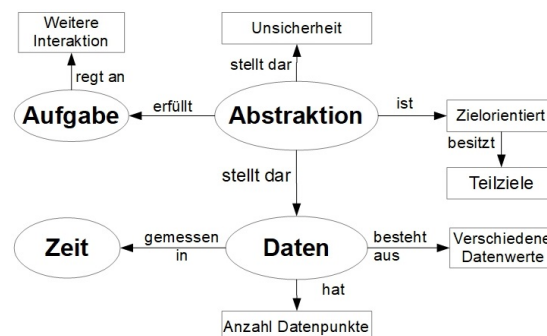


Abbildung 6.1.: Zusammenhänge der Dimensionen und Eigenschaften des Design Space. Hauptdimensionen besitzen einen ovalen und Eigenschaften einen quadratischen Rahmen.

6.2. Hauptdimensionen

Um eine Visualisierung in unserem Design Space zu charakterisieren spielen die Hauptdimensionen Daten, Zeit, Abstraktion und Aufgabe eine primäre Rolle. Über die verschiedenen Ausprägungen dieser Dimensionen lassen sich zweidimensionale oder Tabellendarstellungen zur Erkundung des Design Space aufstellen. Für letztere ist es wichtig, dass die Ausprägungen der einzelnen Dimensionen von diskreter Natur sind, was für unseren Design Space der Fall ist.

6.2.1. Dimension Daten

Die persönlichen Daten, welche angezeigt werden sollen, stellen den Kern einer Visualisierung dar. Wenn keine Daten angezeigt werden sollen, gibt es keinen Grund für die Visualisierung. Um eine Visualisierung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten zu charakterisieren kann der angezeigte Aktivitäts- oder Gesundheitswert betrachtet werden.

In Kapitel 4 betrachteten wir in Abschnitt 4.2 welche Aktivitäts- und Gesundheitswerte typischerweise zur Verfügung stehen und in Abschnitt 4.3 untersuchten wir, ob diese Werte einen guten Indikator für einen gesunden Lebensstil liefern und so einem weiteren Zweck außer der Befriedigung des „Tracking-Fetisch“ dienen. Tabelle 6.1 liefert eine Übersicht der verschiedenen Werte. Für diese Aufzählungen unternehmen wir eine Unterteilung in Aktivitäts-, Gesundheits- und Ernährungsdaten. Letztere wurden bisher als Gesundheitsdaten bezeichnet und die Unterscheidung an dieser Stelle dient primär einer besseren Übersicht. Ist im Folgenden von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten die Rede, schließt dies immer noch die Ernährungsdaten mit ein.

Für das Design einer Visualisierung können die Art der angezeigten Aktivitäts- und Gesundheitsdaten eine wichtige, aber auch eine untergeordnete Rolle spielen. Ausschlaggebend dafür ist die Form der Abstraktion. Werden gewöhnliche Diagramme wie Säulendiagramme verwendet, spielt es keine Rolle, ob Schritte oder die konsumierten Kalorien angezeigt werden sollen. Werden jedoch Metaphern verwendet, wie ein Füllflächendiagramm in Form einer Treppe, ist diese prädestiniert zur Anzeige von hochgestiegenen Stockwerken und eher weniger für den Blutdruck geeignet.

Natürlich können potenziell auch weitere Aktivitäts- und Gesundheitswerte visualisiert werden. In Abschnitt 4.1.2 verwarfen wir bereits einige Werte aus unterschiedlichen Gründen.

Tabelle 6.1.: Übersicht über einige Ausprägungen der Daten Dimensionen des Design Space.

Kategorie	Datenwerte
Aktivitätsdaten	Schritte, Aktive Zeit, Aktive Zeit (Intensität), Distanz, Geschwindigkeit, Stockwerke, Kalorien verbrannt
Ernährungsdaten	Kalorien konsumiert, Flüssigkeit getrunken, Ernährungsdetails
Gesundheitsdaten	Schlaf , Herzfrequenz, Blutdruck, Körpergewicht

Dies bedeutet lediglich, dass sie in unserer Erkundung des Design Space und für unseren Entwurf neuer Visualisierungen keine Rolle spielen. Für alle Dimensionen gilt, dass die hier vorgeschlagenen Ausprägungen keinesfalls erschöpfend sind, es handelt sich lediglich um jene Ausprägungen, die sich in unseren Recherchen als typisch und sinnvoll herausstellten.

6.2.2. Dimension Zeit

Wenn Aktivitätsdaten visualisiert werden, sollte dies mit einem zeitlichen Kontext geschehen. Wird dem Betrachter angezeigt, dass er fünftausend Schritte gemacht hat, hilft ihm diese Information zunächst nicht viel. Hat er diese Schritte am heutigen Tag gemacht? Oder ist das die Schrittzahl seit er die Smartwatch das letzte mal geladen hat? Ohne einen zeitlichen Kontext lässt sich zumeist nicht viel mit angezeigten Aktivitätsdaten anfangen.

Bisher wurde in dieser Arbeit der Faktor Zeit wenn überhaupt indirekt betrachtet. Deswegen wird an dieser Stelle genauer ein kurzer Blick darauf geworfen, welche Rolle verschiedene Zeiträume für Aktivitäts- und Gesundheitsdaten spielen. Dabei besteht auch ein Zusammenhang zwischen verschiedenen Aufgaben und dem Zeitraum, worauf wir ebenfalls eingehen werden.

In den *Personal Informatics* wird die Unterscheidung zwischen kurzzeitigen und langzeitigen Daten gemacht. Kurzzeitige Daten sind von großer Aktualität und beziehen sich meist auf die letzten Stunden beziehungsweise den aktuellen Tag. Im Kontext von Fitness-Trackern helfen sie den Benutzenden festzustellen, wie ihr momentaner Zustand ist [LDF+11]. Die Benutzenden können dadurch erkennen, ob sie gerade auf einem guten Weg ist, das gesetzte Ziel zu erreichen, oder ob sie gegebenenfalls etwas unternehmen müssen [LDF11]. Gouveia et al. [GKH15] bezeichneten Fitness-Tracker primär als „eine Defizit Technologie, an welche Leute sich wenden, wenn sie die Sorge haben zu versagen“.

Kurzzeitige Daten sind also in erster Linie an die Aufgabe *Status* gebunden. Eine Rolle spielen sie aber auch für den *Sozialen Vergleich*. Man kann sich über den Verlauf einer Woche mit anderen Personen messen oder auch die jeweilige Leistung des bisherigen Tages betrachten. Ob sich die *Übersicht* auf kurzzeitige Daten bezieht, kann diskutiert werden. Eine Tagesübersicht enthält vergleichsweise kurzzeitige Daten, doch für gewöhnlich bietet sie nicht mehr die Möglichkeit etwas kurzfristig zu unternehmen, um diese Werte noch zu ändern. *Fortschritt Unterstützen* und *Trends/Muster Erkennen* sind eindeutig keine Aufgaben für kurzzeitige Daten, da langzeitige Entwicklungen für beide Aufgabenstellungen in Betracht gezogen werden müssen, um sie zu erfüllen.

Als langfristig werden jene Daten betrachtet, deren Messzeitraum über einen Tag hinaus geht. Sie helfen dabei, dauerhafte Entwicklungen — seien diese nun von positiver oder negativer Natur — festzustellen und den Betrachtenden zu ermöglichen, entsprechend Schlüsse daraus zu ziehen [LDF11]. Einige Studien [RRMC14], [GKH15] stellten ein vorhandenes Desinteresse der Nutzenden von Fitness-Trackern an Langzeitdaten bezüglich ihrer Aktivitäten fest oder entdeckten Probleme bei der Interpretation von Langzeitdaten unter Quantified Selfern [CLL+14]. Dies soll aber nicht bedeuten, dass langzeitige Daten unwichtig sind, es hebt jedoch die Wichtigkeit von ansprechenden Visualisierungskonzepten hervor, welche außerdem den Benutzer darin unterstützen die gewünschte Information oder korrekte Erkenntnis aus seinen persönlichen Daten zu ziehen.

Tabelle 6.2.: Übersicht über Ausprägungen der Zeitraum Dimensionen des Design Space.

Ausprägung		Beschreibung
	Aktivität	Dauer einer (physischen) Aktivität
	Stunde	Kleine, sinnvolle statische Einheit
	Tag	Repetitiver Zeitraum für Ziele und Zusammenfassungen
Langzeitig	Woche	Meist periodisch geregelter Ablaufzeitraum von Menschen
	Monat	Größerer Umfang an Datenpunkten als die Woch
	Jahr	Geeignet zur Erkennung von wirklich langfristigen Mustern
	Lebenszeit	Daten seit Beginn der Messung für Erfolge, Trophäen u.ä.

Langzeitige Daten spielen für alle fünf Aufgaben eine Rolle. Während der *Status* vorwiegend kurzzeitige Daten anzeigt, muss dies nicht immer der Fall sein. Auch langzeitiger Fortschritt auf dem Weg zu Trophäen und Erfolgen oder in Form von Levels oder Punkten wie sie von der Gamification verwendet werden (siehe Abschnitt 5.3.2) sind Teil des *Status*. Die Bezeichnung Wochen-, Monats- oder Jahresübersicht suggeriert bereits, dass die *Übersicht* über langzeitige Daten eine typische Aufgabe darstellt. Der *Soziale Vergleich* kann, wie bereits erwähnt, ebenfalls langfristige Daten miteinbeziehen. Für die Aufgaben *Fortschritt Unterstützen* und *Trends/Muster Erkennen* wurde bereits festgestellt, dass sie sich ausschließlich auf langzeitige Daten beziehen.

Eine Unterteilung in langzeitig und kurzzeitige kann teilweise noch zu grob granuliert für unsere Zwecke sein, weshalb eine feinere Aufteilung sinnvoll ist. Tabelle 6.2 gibt eine Übersicht unserer vorgeschlagenen Ausprägungen.

Die Stunde, der Tag, die Woche, der Monat und das Jahr spielen als soziales und kulturelles Konstrukt eine wichtige Rolle. Meistens hat sich der reguläre Ablauf und das Verhalten von Menschen dem Tag und der Woche angepasst. Benutzende empfinden darüber hinaus, dass Daten, die länger als eine Woche alt sind, ihre jetzige Gesundheit nicht direkt beeinflussen [MKBB16]. Monat und Jahr sind also eher als wirklich langzeitig zu betrachten, wenn es darum gehen soll langfristige Muster oder Trends zu erkennen.

Wenn es um eine Visualisierung geht, welche den Status für den aktuellen Tag zeigen soll, gibt es Zweifel [MKBB16] daran, ob der Kalendertag, welcher von Fitness-Trackern und Tracking-Apps überwiegend verwendet wird, ein perfekter Ansatz ist. Es kann diskutiert werden, ob die gemachten Schritte seit Mitternacht um sechs Uhr morgens ein guter Anhaltspunkt darstellen. Deswegen werden von Meyer et al. [MKBB16] die letzten 24 Stunden als Zeitrahmen in Erwägung gezogen, da sie aussagekräftiger sind. Eine andere Lösung, um ein besseres Gefühl für die Leistung seit Mitternacht zu bekommen, wäre es, diese mit jener von anderen Personen zum selben Zeitpunkt zu vergleichen, wie Gouveia et al. [GKH15] vorschlagen. Dies lässt sich in der Aufgabe *Sozialer Vergleich* wiederfinden.

Zwei andere Ausprägungen der Zeitdimension stellen die Aktivität und die Lebenszeit dar. Erstere umfasst die Dauer einer körperlichen Aktivität, wobei es sich um einen Spaziergang, eine Runde Joggen oder ein Krafttraining handeln kann. Die Lebenszeit

beschreibt den Zeitraum seit eine oder ein Nutzende seine Daten misst. Dies dient primär dazu, die langzeitige Motivation mit Elementen wie Erfolge, Abzeichen und Trophäen zu unterstützen.

6.2.3. Dimension Aufgabe

Abschnitt 3.2 stellte bereits fest, dass eine Visualisierung stets ein klares Ziel verfolgen sollte. Für das Design einer Visualisierung ist es wichtig zu verstehen, welche Aufgabe die Visualisierung erfüllen soll. In diesem Abschnitt leiteten wir auch verschiedene Aufgaben für eine Visualisierung in unserem Design Space her. Dabei verwendeten wir nicht die Definition einer visuellen Aufgabe, wie sie häufig in der Literatur [Shn03], [BM13] festgelegt werden, da sie Operationen auf der Datenmenge oder in der Visualisierung selbst beschreiben. Wir verwendeten stattdessen die Erkenntnisse, welche Quantified Selfer [CLms15] und Nutzende der Personal Informatics [RRMC14] aus ihren Daten ziehen wollen.

Eine Verfeinerung dieser Aufgaben fand in Abschnitt 5.3 dar. Dort benannten wir die Aufgabe *Ziele Setzen in Fortschritt Unterstützen* um, da dies den Gedankengang hinter der Aufgabe aus Sicht der Verhaltensänderungsforschung besser beschreibt. Außerdem wurde an dieser Stelle noch einmal die Wichtigkeit verschiedener Aspekte hervorgehoben, welche sich als Eigenschaften im Design Space wiederfinden und im nächsten Abschnitt behandelt werden.

Da die Herleitung der Aufgaben an bereits genannter Stelle ausführlich erläutert wurde, wollen wir den Leser für detaillierte Informationen an diese Abschnitte verweisen. Hier sei lediglich noch einmal eine kurze Zusammenfassung der fünf von uns festgelegten Aufgaben gegeben:

- **Status:** Zeige den Nutzenden den aktuellen Status für einen Aktivitätswert.
- **Übersicht:** Gebe den Nutzenden eine Übersicht über alle Aktivitätsdaten eines Aktivitätswert in einem bestimmten Zeitraum.
- **Fortschritt Unterstützen:** Hilfe den Nutzenden durch das Setzen neuer, fordernder Ziele ihren positiven Wandel beizubehalten.
- **Sozialer Vergleich:** Vergleiche die Aktivitätsdaten der oder des Nutzenden mit jenen von anderen Personen.
- **Trends/Muster Erkennen:** Ermögliche es den Nutzenden Trends oder Muster in ihren langzeitigen Aktivitätsdaten zu entdecken.

Wie für alle anderen Dimensionen gilt natürlich auch für die Aufgaben-Dimension, dass diese fünf Ausprägungen noch durch weitere ergänzt werden könnten. Wir sehen diese Aufgaben jedoch als am Wichtigsten an und begründeten diese Wahl ausführlich. Folglich werden wir uns in der Erkundung unseres Design Space auf diese Aufgaben beschränken.

6.2.4. Dimension Abstraktion

Die letzte Hauptdimension unseres Design Space ist die Darstellungsform der Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in der Visualisierung. Während die simpelste Form eine rein textuelle Anzeige darstellt, lassen sich durch die Abstraktion in Form von klassischen Diagrammen

oder Metaphern diverse positive Effekte erzielen [BAM+12], [FFD12]. Abstrakt visualisierte Daten können von Betrachtenden schneller und besser erfasst werden. Außerdem kann dadurch das Interesse der Benutzenden an den Daten zusätzlich geweckt und Zusammenhänge in den Daten gezielt übermittelt werden.

Gouveia et al. [GPK+16] bezeichneten eine Abstraktion der Daten als wichtigste Eigenschaft einer Visualisierung, die mit nur einem *Glance* (siehe Abschnitt 5.2.1) erfasst werden kann. Diese Feststellung stützten sie auf Erkenntnisse von Matthews et al. [MBS+06]. Die abstrakte Darstellung von Daten in einer Visualisierung ist also ein wichtiger beschreibender Faktor, auch für unseren Design Space. Wir gehen für unseren Design Space noch einen Schritt weiter und betrachten nicht nur, ob eine Visualisierung die Daten abstrakt darstellt, wie Gouveia et al. [GPK+16] es taten, sondern unterscheiden welcher Diagrammtyp oder welche Metapher zur Darstellung der Daten verwendet wird.

Im Bezug auf die Datendimension diskutierten wir bereits, dass besonders bei der Verwendung von Metaphern der darzustellende Aktivitäts- oder Gesundheitswert beachtet werden muss. Nicht jede Abstraktion ist für jeden Wert geeignet. Dasselbe gilt für die Aufgabe, welche von der Visualisierung erfüllt werden soll. Fortschrittsbalken sind bestens dafür geeignet den *Status* anzuzeigen und Säulendiagramme werden von fast allen Fitness-Trackern und Tracking Apps für eine *Wochenübersicht* verwendet. Für die jeweils andere Aufgabe sind beide Diagrammtypen eher weniger geeignet.

Darüber hinaus gilt zu bedenken, dass ein Diagramm allgemein für eine der Aufgabe geeignet sein mag, jedoch nicht für die Anzeige auf der Smartwatch geeignet ist. In Abschnitt 5.2.2 betrachteten wir die Eigenschaften von Smartwatch-Displays und stellten Überlegungen an, dass Größe und Form des Bildschirms für das Design von Visualisierungen beachtet werden müssen. Ein Diagramm, in welchem die dargestellten Informationen nicht korrekt oder erst nach langem Überlegen erkannt werden können, erfüllt nicht den gewünschten Zweck.

Während wir für die anderen Hauptdimensionen des Design Space eine Aufzählung möglicher Ausprägungen der Dimension gaben, werden wir dies für mögliche Diagramme und Metaphern in diesem Kapitel nicht tun. Abschnitt 3.3 gibt eine Übersicht verschiedener Diagramme und im nächsten Kapitel werden diverse konkrete Verwendungen von Diagrammen und Metaphern betrachtet. Um einen ausführlichen Überblick der möglichen Ausprägungen der Abstraktions-Dimension zu bekommen, können diese Abschnitte zu Rate gezogen werden.

6.3. Eigenschaften

Es bieten sich noch einige weitere Eigenschaften an, um eine Visualisierung in unserem Design Space zu beschreiben und einzuordnen. Diese stellen selbst keine Hauptdimension dar, sondern können eher als Subdimensionen der zuvor beschriebenen Dimensionen betrachtet werden, da sie deren Ausprägungen ergänzend beschreiben. Abbildung 6.1 stellt diese Bezüge zwischen Hauptdimensionen und Eigenschaften dar.

Wie bei den Hauptdimensionen, wurde der Gedankengang hinter den meisten Eigenschaften bereits in vorherigen Kapiteln behandelt. Deswegen sind auch hier einige Beschreibungen kürzer gehalten, besitzen jedoch einen Verweis auf den entsprechenden Abschnitt, in

welchem eine detaillierte Herleitung zu finden ist. Zunächst wird aber auf zwei Eigenschaften mit Bezug auf die Daten-Dimension eingegangen, welche noch nicht an anderer Stelle erwähnt wurden.

6.3.1. Anzahl Datenpunkte

Die Anzahl der gezeigten Datenpunkte ist an sich eine grundlegende Eigenschaft von Visualisierungen. Sie beschreibt wie viele Datenpunkte dargestellt werden, was im Falle einer Wochenübersicht typischerweise sieben Datenpunkte wären, einer für jeden Tag. Dies spielt eine Rolle für die Wahl des Diagramms. Ein Fortschrittsbalken eignet sich für die Anzeige eines einzelnen Datenwertes und das Säulendiagramm für mehrere.

Daneben muss aber auch bedacht werden, wie viele verschiedene Datenpunkte überhaupt sinnvoll auf der Smartwatch angezeigt werden können. Ein Säulendiagramm kann problemlos zehn Datenpunkte kodieren, bei fünfzig stößt es aber sicher an seine Grenzen. Die Anzahl der Datenpunkte, welche dargestellt werden sollen, spielt also eine wichtige Rolle für die Wahl des Diagrammtyps. Die darstellbare Anzahl kann aber auch als Grenzwert verwendet werden, ob ein Diagramm für die Darstellung dieser Daten auf der Smartwatch sinnvoll ist.

Blascheck et al. [BBB+19] setzten 24 verschiedene Datenpunkte als sinnvolle obere Grenze in ihrer Studie für Säulen-, Radialbalken- und Donutdiagramme. Dies liegt unter den 30 beziehungsweise 31 Datenpunkten, die für eine Monatsübersicht nötig wären. Die starke Kompression von *G-Sparks* [NSL+19] (siehe Abbildung 2.2) schuf eine effiziente Darstellung für Liniendiagramme, welche pro Datenpunkt einen einzigen Pixel auf dem Smartwatch-Display verwendete. Die bewusste Wahl des Diagrammtyps abhängig von der Anzahl der anzuzeigenden Datenpunkte kann also unter Umständen für den Designprozess von *Mikrovisualisierungen* eine wichtige Rolle spielen.

6.3.2. Verschiedene Datenwerte

Die verschiedenen Datenwerte unterscheiden sich als Eigenschaft von der Anzahl an Datenpunkte darin, dass die einzelnen Datenpunkte zu verschiedenen Aktivitäts- und Gesundheitswerten gehören. Als ein Beispiel dafür können die Watchfaces in Abbildung 5.5 im Kapitel 5 genommen werden. Das Watchface der Fitbit Ionic (a) etwa zeigt den *Status* für Schritte, aktive Zeit, Strecke, Stockwerke und verbrannte Kalorien. Also fünf Datenpunkte von fünf verschiedenen Datenwerten.

An dieser Stelle kann diskutiert werden, ob es sich bei dem Watchface um eine einzige Visualisierung von fünf Datenwerte und Punkten handelt, oder ob es nicht eher fünf eigenständige Visualisierungen eines einzelnen Datenwertes und Punktes sind. Dies lässt sich noch besser am Beispiel der „drei Ringe“ von Apple betrachten, welche in Abbildung 5.5 (c) links unten im Watchface zu sehen sind. Auf den ersten Blick könnte man die drei Ringe für ein Radialbalkendiagramm halten, doch die einzelnen Ringe stehen in keinem Bezug zueinander und stellen drei unabhängige Fortschrittsbalken von radial Form dar.

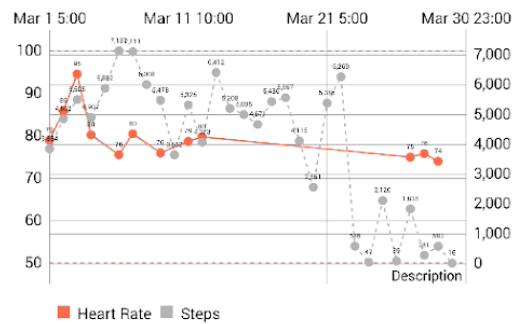


Abbildung 6.2.: Die Heartrate OS App^a verwendet ein Liniendiagramm, um einen potenziellen Zusammenhang zwischen Anzahl Schritte und dem Ruhepuls herzustellen.

^aQuelle: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.jwork.wearable.heartratesync2>

Diesen Kombinationen von im Prinzip eigenständiger Visualisierungen stehen Visualisierungen gegenüber, welche unterschiedliche Aktivitäts- und Gesundheitswerte darstellen und zwischen diesen einen Bezug herzustellen versuchen. Abbildung 6.2 zeigt ein Liniendiagramm der Heartrate OS App, welches eine Monatsübersicht der täglichen Schritte und des jeweiligen gemessenen Ruhepulses anzeigt. Diese Visualisierung versucht dem Betrachter mögliche Zusammenhänge zwischen beiden Datenwerten aufzuzeigen, womit sie sich klar von den beiden vorherigen Beispielen unterscheidet.

Die Anzahl der verschiedenen angezeigten Aktivitäts- und Gesundheitswerte kann also verwendet werden, um eine Visualisierung im Design Space einzuordnen. Dabei ist zu unterscheiden, ob wirklich verschiedene Werte zusammen in einer Visualisierung angezeigt werden, oder ob es sich um mehrere unabhängige Visualisierungen handelt.

6.3.3. Zielorientiert

In Abschnitt 3.2 und in Abschnitt 5.3 wurde bereits erklärt, dass das Setzen von Zielen eine wichtige Rolle für eine erhöhte Motivation und positive Verhaltensänderungen darstellt. Eine Visualisierung, welche gesetzte Ziele neben dem erreichten Aktivitätswert anzeigt, macht sich diese Technik zu nutzen. Ist das Ziel ein aktiverer und gesünderer Lebensstil, kann die Visualisierung auf dem Weg zu diesem behilflich sein.

Der Fortschrittsbalken ist natürlich die offensichtlichste Form, welche das angestrebte Ziel und den erreichten Wert präsentiert. Doch auch Säulendiagramme können beispielsweise mit einer Linie annotiert werden, welche den Zielwert repräsentiert. Für alle fünf möglichen Aufgaben, die wir für eine Visualisierung im Design Space festgelegt haben, kann der Zielwert eine Rolle spielen. Im Falle von *Fortschritt Unterstützen* sind sogar ein aktueller und vorgeschlagener Zielwert von Interesse. Es ergibt also durchaus Sinn, Visualisierungen danach zu charakterisieren, ob sie einen Zielwert anzeigen.

6.3.4. Herunterbrechen auf Zwischenziele

In Bezug auf das Setzen von Zielen betrachteten wir in Abschnitt 5.3 die Idee das Ziel in kleinere Zwischenziele herunter zu brechen und so durch schnellere Erfolge zu motivieren anstatt durch einen kaum wahrnehmbaren Fortschritt den Nutzer zu frustrieren. Dies ist eine zusätzliche Eigenschaft einer Visualisierung, welche bereits zielorientiert ist. Es ist auch eine eher spezifische Eigenschaft für eine Visualisierung im Design Space, welche wir trotzdem für erwähnenswert erachten, da sie eine wichtige Rolle für die kurzfristige Motivation spielen kann [AWR15].

Eine Visualisierung kann verschiedene Ansätze verwenden, um das Gesamtziel kleiner erscheinen zu lassen. Die offensichtlichste Möglichkeit wäre es, nicht direkt das Ziel anzuzeigen, sondern lediglich das Zwischenziel. Dieses Design würde die Visualisierung jedoch in keinsten Weise von einer gewöhnlichen zielgerichteten Visualisierung unterscheiden. Die Modifikation würde auf Seite der ausgewählten Daten in Form des anzuzeigenden Ziels und nicht in der Darstellungsform durchgeführt. Damit eine Visualisierung die Eigenschaft des Herunterbrechens auf Zwischenziele erfüllt, sollte sie das Zwischenziel hervorheben, jedoch trotzdem nicht das Gesamtziel aus dem Blick zu verlieren — heißt dieses in irgend einer Form in der Visualisierung zu kodieren. Eine Möglichkeit dafür wäre eine nicht lineare Darstellung der Daten, in welcher das aktuelle Zwischenziel und die bereits geleistete Aktivität auf dem Weg dorthin hervorgehoben werden und alle zuvor erreichten und ausstehenden Zwischenziele kleiner skaliert werden.

6.3.5. Regt Weitere Interaktion an

Dass eine direkte Interaktion des Betrachters mit einer Visualisierung in Benachrichtigungen auf einer Smartwatch mit der neusten Version von Wear OS nicht möglich ist, klärten wir bereits in Abschnitt 5.1.3. Wir stellten aber auch die Überlegung an, dass die Smartwatch als „Gateway“ zu weiterer Interaktion in einer App auf der Smartwatch oder dem Smartphone dienen kann. Eine Visualisierung kann derart gestaltet sein, dass sie dem Betrachter Informationen zeigt, welche seine Aufmerksamkeit auf sich ziehen und dazu führen, dass er die App nutzt, um sein gewecktes Interesse zu befriedigen. Dies betrifft speziell Visualisierungen für die *Unterstützung von Fortschritt*, welche den Nutzer dazu bringen sollen, eine Anpassung seiner Ziele durchzuführen.

6.3.6. Ungewissheit Dargestellt

In Abschnitt 2.1.2 stellten wir Literatur vor, welche sich mit der Messgenauigkeit von Fitness-Trackern beschäftigte und einheitlich feststellte, dass eine variierende Ungenauigkeit in den Aktivitätsdaten besteht. Es kann in Erwägung gezogen werden, die Ungewissheit darüber, wie genau die gemessenen Aktivitätsdaten sind, in der Visualisierung darzustellen. Dafür betrachteten wir in Abschnitt 2.2.1 Literatur zum Forschungsgebiet der Visualisierung von Ungewissheit. Wir diskutierten weiterhin, dass eine solche Darstellung den Betrachter eventuell nur unnötig verwirrt und ihm keinen direkten Mehrwert liefert. Trotzdem sollte die Möglichkeit Ungewissheit darzustellen nicht ignoriert werden.

6.4. Zusammenfassung

In diesem Kapitel stellten wir den Design Space für Visualisierungen von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Benachrichtigungen auf Smartwatches vor. Für das Aufspannen des Design Space verwendeten wir die Dimensionen-Methode. Zu den Hauptdimensionen gehörten die Daten, der Zeitraum, die Aufgabe und die Abstraktionsform. Diese Dimensionen und typische Ausprägungen hatten wir bereits in vorherigen Kapiteln hergeleitet oder beschrieben sie im Fall der Zeit-Dimension in diesem Kapitel ausführlich. Zusätzlich stellten wir einige potenzielle Eigenschaften vor, welche eine Visualisierung erfüllen kann. Auch diese entstammten Erkenntnissen, welche wir in vorherigen Kapiteln zogen.

Der nächste Schritt besteht nun darin, den aufgespannten Design Space zu erkunden, indem bestehende Visualisierungen untersucht und eingeordnet werden. Mit der von uns verwendeten Dimensionen-Methode lässt sich eine tabellarische oder zweidimensionale Darstellung des Design Space erstellen, dank welcher Lücken oder kaum belebte Abschnitte identifiziert werden können. Für diese Bereiche können dann — sofern Bedarf besteht — gezielt Visualisierungen designet werden.

7. Design Space — Visualisierungen

Nachdem in Kapitel 6 der Design Space für die Visualisierungen von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Benachrichtigungen aufgestellt wurde, dient dieses Kapitel dazu, diesen Design Space und die enthaltenen Visualisierungen zu erkunden. Dazu werden bereits vorhandene Visualisierungen auf Basis der vorgestellten Dimensionen und Eigenschaften eingeordnet, um die Belebtheit des Design Space festzustellen. Außerdem lassen sich Visualisierungen gezielt entwerfen, um Lücken im Design Space zu füllen oder die Tiefe des Design Spaces zu ergründen.

Zunächst werden dafür in Abschnitt 7.1 bestehende Visualisierung, die sich in kommerziellen Produkten finden lassen oder als Prototyp in der wissenschaftlichen Literatur existieren, betrachtet und im Design Space eingeordnet. Anschließend werden in Abschnitt 7.2 eigene Vorschläge für Visualisierungen skizziert und kategorisiert.

7.1. Analyse Bestehender Visualisierungen

Die Visualisierung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten stellt kein völlig neues Gebiet dar. Fitness-Tracker und Tracking-Apps nutzen Visualisierungen bereits ausgiebig, um den Benutzenden ihre gemessenen Daten zu präsentieren [AEB18a], [AEB18b]. Auch für die Smartwatch lassen sich zunehmend Apps und Watchfaces finden, welche auf Visualisierungen zur Datenanzeige zurückgreifen. Neben den Visualisierungen in kommerziellen Produkten lassen sich auch in der wissenschaftlichen Literatur verschiedene Prototypen und Konzepte zur Visualisierung von Aktivitäts- und Gesundheitsdaten finden, welche für unseren Design Space von Interesse sind.

7.1.1. Suche Bestehender Visualisierungen

Um eine Übersicht der in kommerziellen Produkten verwendeten Visualisierungen zu bekommen, durchsuchten wir den *Google Play Store* ein weiteres Mal nach Tracking-Apps. Dieses mal zogen wir darüber hinaus auch Watchfaces in Betracht und suchten explizit nach Apps für die Smartwatch. Wir verwendeten zunächst die Suchbegriffe „*Fitness*“, „*Tracking*“, „*Sport*“ und „*Training*“. In einem zweiten Suchlauf kombinierten wir sie mit den Termen „*Wear OS*“ und „*Smartwatch*“. Die Beschreibung der so gefundenen Apps wurde dann betrachtet und die dort präsentierten Screenshots nach Visualisierungen durchsucht. Außerdem wurde auf den Seiten der Wearable-Anbieter unserer in Abschnitt 4.2 durchgeführten Recherche nach Beispielvisualisierungen oder Apps der jeweiligen Hersteller gesucht. Insgesamt ließen sich so 44 Apps finden, welche Diagramme zur Darstellung von Aktivitätsdaten verwendeten.

Um diese Sammlung an Visualisierungen zu ergänzen, wurden in einer Literaturrecherche Arbeiten gesucht, welche sich mit Visualisierungen für Aktivitäts- und Gesundheitsdaten beschäftigen. Eine kurze Vorstellung aller gefundenen Literatur ist in Abschnitt 2.2.1 zu finden. Für den Design Space zogen wir nach ausgiebiger Analyse fünf Arbeiten in Betracht.

Gouveia et al. [GPK+16] stellten 21 Watchface-Konzepte für die Smartwatch vor. Während in Abschnitt 5.2.3 argumentiert wurde, dass sich die Anforderungen für Visualisierungen in Benachrichtigungen und Watchfaces unterscheiden, ergibt es trotzdem Sinn einen Blick auf diese Visualisierungen zu werfen, da sie für die Aufgabenstellung dieser Arbeit verwendet werden können.

Nicht direkt für die Smartwatch, sondern als Widgets auf dem Smartphone entworfen Meyer et al. [MKBB16] sechs Konzepte zur Darstellung von Aktivitätsdaten. Der begrenzte Platz, der für ein Widget zur Verfügung steht und die beiläufige Wahrnehmung führen dazu, dass Smartphone-Widgets vergleichbare Anforderungen wie Watchfaces besitzen (siehe Abschnitt 5.2.3). Aravind et al. [ABI19] betrachteten sechs Konzepte zur Visualisierung von Schlafdaten auf einem Fitness-Tracker. Liang et al. [LPL+16] stellten zwei Konzepte zur Visualisierung von Zusammenhängen zwischen Schlafdaten und anderen Aktivitätsdaten vor. Drei Vorschläge zur Visualisierung von Ungewissheit in Aktivitätsdaten, womit sich sonst keine kommerziellen oder wissenschaftlichen Konzepte auseinandersetzen haben, stammen von Bulut [Bul15].

Insgesamt umfasste unsere erste Sammlung 191 Visualisierungen aus 44 Apps und 36 wissenschaftlichen Konzepten. Diese wurden dann daraufhin gefiltert, ob der selbe Diagrammtyp mehrfach in ein und derselben App vorkam und ob die Visualisierung tatsächlich für die Anzeige auf einem Smartwatch-Display geeignet wäre. Nach dieser Filterung verblieben 137 Visualisierungen, welche näher untersucht wurden.

7.1.2. Einordnung im Design Space

Um die gefundenen Visualisierungen in unserem Design Space einzuordnen und eine Erkundung des Design Space durchführen zu können, verwendeten wir sowohl die zweidimensionale Darstellung (siehe Abbildung 7.1) als auch die Tabellendarstellung (siehe Tabelle 7.1). Mit beiden lassen sich typische Designs für Visualisierungen erkennen, aber auch Lücken im Design Space finden.

Für die zweidimensionale Darstellung wählen wir die Dimensionen Abstraktion und Aufgabe um den Design Space aufzuspannen. Zusätzlich unterteilten wir die Aufgabe *Übersicht* mit Hilfe der Zeit Dimension in die Ausprägungen Tag, Aktivität und Langzeit (Woche + Monat + Jahr), da sich hier Unterschiede in den verwendeten Diagrammen finden lassen.

Durch die Wahl der Abstraktions-Dimensionen kann erkundet werden, welche Diagramme typischerweise eine Anwendung finden oder eher selten verwendet werden. Daraus kann einerseits der Schluss gezogen werden, dass ein Diagramm gut für eine Aufgabe geeignet ist. Andererseits kann bei bestehenden Lücken die Überlegung durchgeführt werden, ob dieses Diagramm sich einfach nicht für die Aufgabe eignet oder hier Potenzial für neue Konzepte besteht. Die Aufgaben-Dimension steht in beiden Darstellungen im Fokus, da wir uns die

Frage stellen, ob neben den für Fitness-Tracker und Tracking-Apps typischen Aufgaben *Status* und *Übersicht* auch den anderen drei Aufgaben Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Die Daten-Dimension wird in der Erkundung bestehender Visualisierungen vernachlässigt. Viele Apps zeigten eine beispielhafte Wochenübersicht für Schritte, welche, wie in Kapitel 4 besprochen, ein von der Werbung gefördertes und in der Gesellschaft verankertes Maß für ausreichende Bewegung sind. Dass für die Übersicht anderer Aktivitätswerte die selbe Form der Visualisierung zur Wochenübersicht verwendet wird, speziell wenn es sich um ein Säulendiagramm handelt, kann angenommen werden. Gerade für generische Diagramme wie das Säulendiagramm oder den Fortschrittsbalken spielt der angezeigte Aktivitäts- oder Gesundheitswert keine wirkliche Rolle. In Abschnitt 7.2.1 werden wir darauf eingehen, wie verschiedene Metaphern in Form von Icons und Füllmengendiagrammen in Bezug auf den Datentyp verwendet werden können.

In Abbildung 7.1 ist die Belebtheit des Design Space in zweidimensionalen Darstellung zu sehen. Die Werte beziehen sich auf die absoluten Zahlen der gefundenen Visualisierungen. Dabei wurden Visualisierungen aussortiert, welche das selbe Diagramm für die selbe Aufgabe über den selben Zeitraum aber unterschiedliche Aktivitätsdaten verwendeten. Pro App kann also maximal eine Visualisierung in einem Aufgabe×Diagramm-Feld aufgezählt werden. Felder, welche mit einem „x“ markiert wurden, enthalten eine aus unserer Sicht














Diagramm	Status	Übersicht			Sozialer Vergleich	Muster	Fortschritt Unterstützen
		Tag	Aktivität	Langzeit			
Säulendiagramm 	X	6	8	14	2	1	
100% Balken 	3			1		X	
Fortschrittsbalken 	31	X	X	X	2	X	
Slider 	2	X	X	X		X	1
Liniendiagramm 	X	3	9	6			
Kreisdiagramm 	5	2				X	
Icons 	5	2					
Füllmengen Metapher 	8	2					
Objektgröße 				3		1	
Uhr Metapher 	5	1					
Kalender Metapher 	X			3			
Karten Metapher 	1		14				1
Rangliste  ① Max Muster ② Lisa Müller ● Heinz Kunz	X				3	X	

Abbildung 7.1.: Zweidimensionale Darstellung unseres Design Space. Die Zahlen beziehen sich auf gefundene Visualisierungen. Ein „x“ markiert eine nicht sinnvolle Kombination aus Diagramm und Aufgabe.

nicht sinnvolle Kombination, da sich der Diagrammtyp nicht für die Aufgabe eignet.

Untersucht man die Belebtheit genauer, zeigt sich, dass für die Aufgaben *Status* und *Übersicht* die meisten Visualisierungen zu finden sind. Für den *Status* stellen dabei Fortschrittsbalken das dominante Bild dar, in Watchfaces und Widgets beinahe der einzige Diagrammtyp. Füllmengenmetaphern, gerade das Wasserglas für getrunkene Flüssigkeit, kommen noch vergleichsweise häufig vor. Icons und Kreisdiagramme werden etwas seltener verwendet und von den Uhr-Metaphern stammen vier von fünf aus den Konzepten von Gouveia et al. [GPK+16]. Für die *Übersicht* stellt das Säulendiagramm den dominanten Diagrammtypen dar, gefolgt vom Liniendiagramm. Ebenfalls beliebt sind Karten, um eine Übersicht über Ausdaueraktivitäten wie Joggen und Radfahren zu geben. Für die anderen drei Aufgaben *Sozialer Vergleich*, *Mustererkennung* und *Fortschritt Unterstützen* gibt es nur vereinzelte Visualisierungen, wobei die Rangliste für den *Sozialen Vergleich* noch am häufigsten vorkommt.

Tabelle 7.1 hebt den Mangel an Visualisierungen manche Aufgaben noch einmal explizit hervor. Für die tabellarische Darstellung wurden Visualisierungen darauf untersucht, welche Aufgabe sie erfüllen und ob sie eine der Eigenschaften *zielorientiert*, *verwendet Zwischenziele* oder *stellt Ungewissheiten dar* besitzen. Dabei wird der prozentuale Anteil

Tabelle 7.1.: Die prozentuale Verteilung der gefundenen Visualisierungen welche bestimmte Aufgaben Eigenschaften im Design Space erfüllen.

Anteil Visualisierungen		<i>Status</i>	<i>Übersicht</i>	<i>Sozialer Vergl.</i>	<i>Muster</i>	<i>Fortschritt</i>	<i>Zielorientiert</i>	<i>Zwischenziele</i>	<i>Ungewissheit</i>
	3%	■							
	39%	■					■		
	1%	■							■
	1%	■					■		■
	47%		■						
	3%		■				■		
	1%			■					
	3%			■			■		
	1%				■				
	1%					■			

aller Visualisierungen angegeben, welche die jeweilige Aufgabe und Eigenschaften erfüllen.

Es ist deutlich zu erkennen, dass eine Fülle an Darstellungen für einen zielorientierten *Status* gibt. Lediglich für die *Übersicht*, welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten unabhängig von einem Zielwert präsentiert, lassen sich noch mehr Visualisierungen finden. Zumindest 5% der betrachteten Visualisierungen beschäftigten sich noch mit dem *Sozialen Vergleich*, während gerade einmal 1% jeweils für die *Mustererkennung* und das *Unterstützen von Fortschritt* gedacht sind. Für alle drei Aufgaben besteht also ein Bedarf, weitere Konzepte zu entwerfen.

Keine einzige Visualisierung widmete sich der Anzeige von Zwischenzielen und nur die Konzepte von Bulut [Bul15] stellten Ungewissheit dar. Während wir bereits diskutierten, dass die Darstellung von Ungewissheiten auch ihre Nachteile mit sich bringt, da sie die Benutzenden eher verwirren können, als ihnen hilfreich zu sein, stellen Zwischenziele ein gutes Werkzeug dar, um die Motivation hoch zu halten und die Frustration eines zu langsamen Vorankommens einzudämmen. Folglich sollten Konzepte überlegt werden, wie Zwischenziele angezeigt werden könnten.

7.1.3. Beispiele für Visualisierungen

In Abbildung 2.1 wurden bereits die Konzepte zur Visualisierung von Ungewissheiten gezeigt und die Abbildungen 5.5 sowie 5.6 lieferten Beispiele für Watchfaces und Widgets, welche vornehmlich verschiedene Versionen eines Fortschrittsbalken zur zielorientierten Anzeige des *Status* sind. Im Folgenden wollen wir noch auf einige weitere Visualisierungen eingehen, welche repräsentativ für Visualisierungen mit gleichen oder ähnlichen Eigenschaften sind oder als repräsentativ gesehen werden können. Alle erwähnten Visualisierungen lassen sich in Abbildung 7.2 finden.

Die Wochenübersicht für Schritte der Ultra Watchface App (a) ist eine klassische Verwendung des Säulendiagramms. Interessant an diesem Beispiel ist, dass die Balkenbreite zu dick gewählt wurde und deshalb nur sechs Tage anstatt sieben angezeigt werden. Ein gutes Beispiel dafür, dass der begrenzte Bildschirmplatz der Smartwatch für das Design im Hinterkopf behalten werden muss.

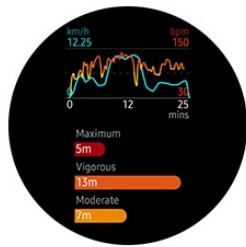
Verschiedene Aktivitätswerte, wie in diesem Beispiel die Geschwindigkeit und die Herzfrequenz, werden gerne über den Verlauf einer körperlichen Aktivität als Liniendiagramm präsentiert. Die Samsung Health App (b) ist dafür ein gutes Beispiel, aber bei weitem nicht das einzige. Zu beachten ist an dieser Stelle auch der farbliche Gradient der Herzfrequenzlinie, welcher genutzt wird, um die einzelnen Herzfrequenzzonen zu markieren. Diese Visualisierungstechnik werden wir uns später zu nutzen machen.

Ein Beispiel für eine Uhrmetapher bietet die Samsung Health App (c). Sie präsentiert den kompletten Tag als kreisförmigen Ablauf, mit Mitternacht an oberster Stelle. Dies weckt Assoziationen mit einer Uhr und ist für die Betrachtenden vermutlich schnell und leicht verständlich. Dabei ist farblich markiert, wie aktiv die Benutzenden über zeitliche Perioden waren, beziehungsweise wann sie geschlafen haben.

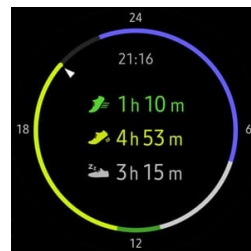
Das Konzept *Normly* (d) stammt von Gouveia et al. [GPK+16] und ist für die Aufgabe *Sozialer Vergleich* gedacht. Es verwendet ein Radialbalkendiagramm (in Abbildung 7.1 wie



(a) Ultra Watchface App



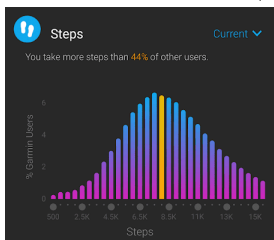
(b) Samsung Health App



(c) Samsung Health App



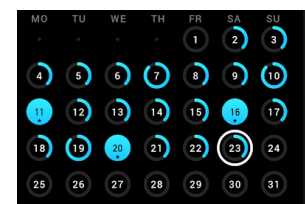
(d) Normly



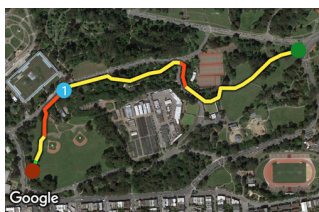
(e) Garmin Connect App



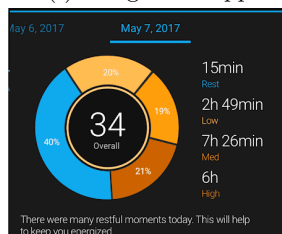
(f) Google Fit App



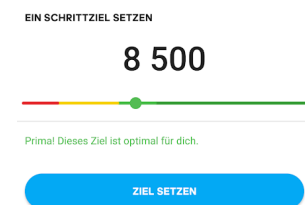
(g) Steps App Schrittzähler



(h) Sportactive App



(i) Garmin Connect App



(j) Runntastic Steps App

Abbildung 7.2.: Verschiedene Visualisierungen für persönliche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten.

auch Balkendiagramme der Einfachheit halber unter Säulendiagramm geführt), welches die eigene Leistung mit dem Durchschnitt aller anderen Nutzenden vergleicht. Dadurch kann die bisherige eigene Leistung besser eingeordnet werden. Eine Alternative stellt das Histogramm in der Garmin Connect App (e) dar. Hier wird das Histogramm genutzt, um alle Nutzenden nach Anzahl der täglichen Schritte in Klassen einzuteilen und die Betrachtenden einer dieser Klassen zuzuordnen. Das Histogramm wird in der zweidimensionalen Darstellung ebenfalls als Säulendiagramm geführt, da es in erster Linie eine Variante dessen darstellt. Dies ist jedoch ein gutes Beispiel dafür, dass bestimmte Varianten eines Diagrammtypen ebenfalls für unterschiedliche Aufgaben geeignet sein können. Als weiteres Beispiel dafür wird später das bilaterale Säulendiagramm dienen.

In der Google Fit App und der Steps App Schrittzähler ließen sich zwei kalendarische Darstellungen finden. Beide verwenden dabei eine zusätzliche Diagrammform, um Information für die einzelnen Kalendertage zu kodieren. Die Google Fit App (f) verwendet Objektgrößen, um die Leistung an den einzelnen Tagen darzustellen, während die Steps

App Schrittzähler (g) radiale Fortschrittsbalken nutzt. Letztere Variante hat im Vergleich zu Ersterer den Vorteil zielorientiert zu sein.

Eine typische Kartendarstellung lässt sich in der Sportive App (h) finden. Die Karte wird verwendet, um eine gejoggte Strecke anzuzeigen. Die Strecke wird dabei noch zusätzlich farblich kodiert, um verschiedene Geschwindigkeitsstufen oder Herzfrequenzzonen repräsentieren zu können.

Kreisdiagramme, wie sie etwa die Garmin Connect App (i) verwendet werden, kommen vereinzelt vor, sind aber nicht so beliebt wie Säulendiagramme. Das Problem der Kreisdiagramme ist, dass sie Werte in prozentualer Abhängigkeit anzeigen. Im Falle einer Wochenübersicht für gemachte Schritte würde man dadurch erfahren, wie viel die einzelnen Tage prozentual zur gesamten Schrittzahl der Woche beigetragen haben. Dadurch lässt sich die relative Leistung gut erkennen, aber die absoluten Schrittwerte pro Tag sind schwerer zu erkennen. Kreisdiagramme eignen sich eher, wenn es um Zusammensetzungen geht, etwa für die Nährwerte der Nahrung welche die oder der Nutzende zu sich genommen hat (siehe Abschnitt 4.3.2).

Eines der wenigen Beispiele für die *Unterstützung von Fortschritt* stammt aus der Runntastic Steps App (i). Entscheidet sich die oder der Nutzende das Ziel anpassen zu wollen, wird der neue Wert mit Hilfe eines Sliders angezeigt. Der Slider ist dabei farblich kodiert, um einen Hinweis darauf zu geben, wie gut das Ziel geeignet ist. Während dies ein erster Ansatz ist, verbirgt sich in dieser Visualisierung jedoch keinerlei Information, warum dieses Ziel für die oder den Nutzenden geeignet ist oder eben nicht. Dies betrachten wir jedoch als wichtige Informationen, um diese Aufgabe erfüllen zu können.

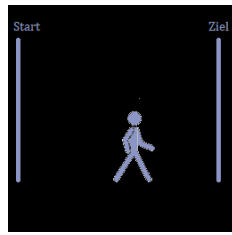
7.2. Vorschläge für Neue Visualisierungen

Die Erkundung des Design Space im letzten Abschnitt zeigte auf, dass Lücken und kaum belebte Abschnitte im Design Space bestehen. In diesem Abschnitt werden verschiedene von uns entworfenen Konzepte vorgestellt, welche diese Lücken füllen oder alternative Abstraktionen verwenden, welche wir als sinnvolle Ergänzungen betrachten.

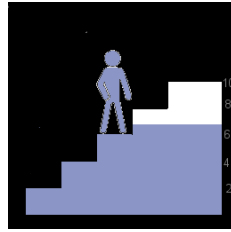
7.2.1. Status

Auch wenn für die Aufgabe *Status* eine große Anzahl an Visualisierungen besteht, beschränken sich diese primär auf die Verwendung eines Fortschrittsbalken. Eine größere Vielfalt an möglichen Visualisierungen kann das Interesse der Betrachtenden wecken. Ihr oder ihm einen Fortschrittsbalken als Benachrichtigung zu zeigen, welcher sich sowieso bereits im Watchface der Smartwatch finden lässt, könnte die Nutzenden am Sinn und Mehrwert dieser Benachrichtigung zweifeln lassen. Neue, interessantere Designs sind also erstrebenswert.

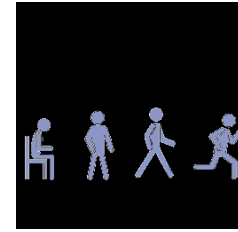
Des weiteren stellten wir fest, dass keine der betrachteten Visualisierungen die Eigenschaft *Zwischenziele Verwenden* erfüllt. Da Zwischenziele eine motivationspsychologischen Vorteil mit sich bringen können, sollte überlegt werden, wie diese sich umsetzen lassen könnten.



(a) „Rennstrecke“



(b) „Treppenmetapher“



(c) „Aktivitätsmetapher“

Abbildung 7.3.: Metaphorische Darstellungen des *Status*, um das Interesse der Betrachtenden zu wecken.

Metaphorische Avatar-Darstellungen

Im Zusammenhang der Gamification diskutierten wir bereits in Abschnitt 5.3.2, dass eine Avatar-Darstellung dabei helfen kann, dass sich die Betrachtenden in einer Visualisierung selbst wiederfindet und dadurch ein gesteigertes Interesse für die dargestellte Information entwickelt. Die Neuheit einer solchen Darstellung im Vergleich zu den typischen Fortschrittsbalken ist ein weiterer positiver Faktor.

Abbildung 7.3 liefert drei Konzepte für Visualisierungen mit Avataren für den *Status* der Aktivitätswerte Schritte, Stockwerke und aktive Zeit. Die „Rennstrecke“ (a) kann in übertragener Form auch als Fortschrittsbalken in Kombination mit einem Icon, dem Avatar, betrachtet werden, welches den Fortschritt vom Start (0 Schritte) zum Ziel(wert) markiert. Die „Treppenmetapher“ (b) ist eine Kombination aus Icon/Avatar und einem Füllmengendiagramm, welches metaphorisch eine Treppe verkörpert. Die „Aktivitätsmetapher“ (c) besteht aus einer Menge von Avataren, welche das Aktivitätslevel verschieden fein granuliert (im Beispiel vier Level) darstellen.

Will man eine feinere Granulierung für die aktive Zeit im Bezug auf die Dauer, könnte man die „Rennstrecke“ mit der „Aktivitätsmetapher“ kombinieren. Der Fortschritt auf der horizontalen Achse würde die genaue aktive Zeit angeben und die Form des Avatars eine grobe Einschätzung liefern (vergleiche Abbildung 7.6).

Herunterbrechen auf Zwischenziele

In Abschnitt 6.3.4 legten wir fest, dass eine Visualisierungen Zwischenziele verwendet, wenn sie den Fortschritt für einzelne Abschnitte des Gesamtziels darstellt, dabei aber immer noch in irgend einer Weise den Weg zum Gesamtziel anzeigt. Ansonsten wäre nicht die Visualisierung selbst für die Verwendung eines Zwischenziels verantwortlich, sondern die vorherige Auswahl der Informationen, welche visualisiert werden soll.

Eine Möglichkeit Zwischenziele anzuzeigen wäre die Verwendung eines „doppelten“ Fortschrittsbalken (siehe Abbildung 7.4). In diesem ist zum einen der Weg zum Zwischenziel dargestellt, zum anderen sieht man, wie viele Teilziele bereits erreicht sind oder noch

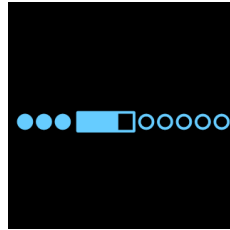
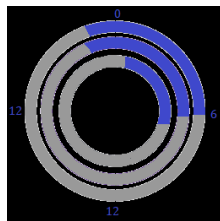
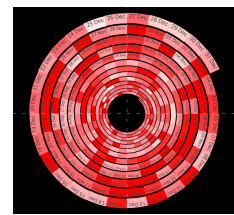


Abbildung 7.4.: Herunterbrechen des Gesamtziels auf Zwischenziele durch modifizierten Fortschrittsbalken.



(a) „mehrfache Uhrmetapher“



(b) *QS Spiral*

Abbildung 7.5.: *Erkennen von Mustern und Trend*: (a) mit Hilfe einer „mehrfachen Uhrmetapher“ für den täglichen Schlaf. (b) das *QS Spiral* Konzept von Larsen et al. [LCJ13]

bevorstehen. Eine wichtige Variable ist die Größe des Zwischenzielbalkens im Vergleich zur Darstellung der anderen Teilziele. Die Frage nach einem idealen Größenverhältnis stellt sich an dieser Stelle und könnte sich eventuell durch eine Studie ermitteln lassen.

7.2.2. Muster und Trends Erkennen

Natürlich kann diskutiert werden, ob nicht jede beliebige Übersicht dazu geeignet ist, Muster und Trends zu erkennen, wenn in irgendeiner Weise der Faktor Zeit kodiert ist. In Säulen- und Liniendiagrammen, welche auf der horizontalen Achse die Zeit als Wert verwenden, können Entwicklungen gut dargestellt und potenziell auch erkannt werden. Für die Aufgabe *Mustererkennung* setzen wir jedoch voraus, dass die Visualisierung die Betrachtenden aktiv dabei unterstützt, entsprechend ihres Namen, ein Muster oder einen Trend in Aktivitäts- oder Gesundheitsdaten zu erkennen.

Ein Beispiel für eine aktive *Mustererkennung* wäre eine „mehrfache Uhrmetapher“, wie sie in Abbildung 7.5 (a) gezeigt wird. In dieser werden die täglichen Schlafzeiten dargestellt. Da möglichst gleichzeitige, regelmäßige Einschlaf- und Aufwachzeitpunkte eine wichtige Rolle für einen gesunden Schlaf spielen, kann diese Visualisierung dabei helfen, diese Zeiten anzupassen. Eine weitere Überlegung wäre es zusätzlich die Schlafphasen durch verschiedene Blautöne zu kodieren. Dabei läuft man jedoch Gefahr, dass die Erkennbarkeit der gezeigten Informationen leiden.

Ein gutes Beispiel dafür ist in Abbildung 7.5 (b) zu sehen. Wir betrachteten ursprünglich *QS Spiral* [LCJ13] auch als potenziell interessantes Konzept für unseren Design Space. Es stellt eine spiralförmige Anordnung von Schrittdaten dar, um Muster zu erkennen. Man sieht jedoch gut, dass diese Visualisierung für die Anzeige auf einem großen Bildschirm gedacht und für die Smartwatch eher wenig tauglich ist.

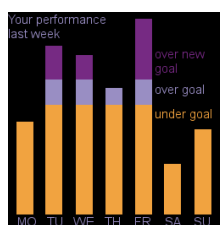
Es stellt sich also die Frage, wie viel Information wirklich auf der Smartwatch dargestellt werden kann und wie weit diese ausreicht, um *Muster und Trends zu erkennen*. Wir denken, dass simple Muster erkannt werden können, wie in unserem Konzept. Bei der *Unterstützung des Fortschritts* handelt es sich um eine spezielle Form des Trends, nämlich dass die oder der Nutzende stetig über dem selbst gesetzten Ziel ist und dieses deswegen anpassen sollte. Die dort gezeigten Konzepte können teilweise auch auf diese Aufgabe übertragen werden.

7.2.3. Fortschritt Unterstützen

Um die Betrachtenden davon überzeugen zu können, ihr gesetztes Ziel für einen Aktivitätswert zu einem höheren Wert anzupassen, ist es wichtig, dass sie verstehen, warum sie ein neues Ziel setzen sollen, auf welchen Wert sie dieses setzen sollen und dass ihnen versichert wird, dass es ihnen möglich ist dieses Ziel auch zukünftig noch regelmäßig zu erreichen. Aus diesen Voraussetzungen leiten sich drei Informationen ab, welche Idealerweise von einer Visualisierung kodiert werden.

Dafür bietet sich etwa ein gestapeltes Säulendiagramm (Abbildung 7.6 (a)) an, in welchem die Säulen etwa gemachte Schritte pro Tag kodieren und die farblichen Teile der Balken die Schritte unter dem aktuellen Ziel, über dem aktuellen Ziel und über dem neuen Ziel darstellen. Dadurch lässt sich schnell erkennen, wie oft das aktuelle Ziel geschafft wurde, wo das vorgeschlagene Ziel angesetzt wurde und wie oft dieses erreicht oder nur knapp verfehlt wurde. Dadurch kann sich die oder der Betrachtende schnell ein Bild machen, ob das neue Ziel zu hoch angesetzt ist und wahrscheinlich dazu führen würde, das Ziel regelmäßig zu verpassen. Den selben Ansatz verfolgt das gefärbte Liniendiagramm (Abbildung 7.6 (b)). Anstatt Säulen und Linie direkt zu färben, ergibt sich auch die Möglichkeit die Diagramme mit Linien zu annotieren, welche den Wert des alten und neuen Ziels anzeigen.

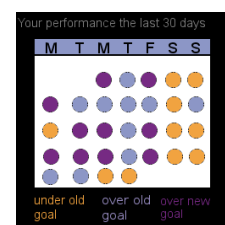
Eine Alternative stellt die kalendarische Darstellung dar, wie Abbildung 7.6 (c) sie zeigt. In dieser lassen sich auch gut Trends erkennen, etwa wenn das Ziel regelmäßig an bestimmten



(a) Gestapeltes Säulendiagramm



(b) gefärbtes Liniendiagramm



(c) „Kalendermetapher“

Abbildung 7.6.: Visualisierungen für *Fortschritt Unterstützen*.

Wochentagen nicht erfüllt wird, dafür aber den Rest der Woche. Es hat jedoch den Nachteil, dass nicht die konkreten Zahlenwerte der täglichen Aktivitätsdaten visualisiert werden, sondern lediglich eine trinäre Kodierung verfügt (unter aktuellem Ziel, über aktuellem Ziel, über vorgeschlagenem Ziel). Eine Möglichkeit dies zu verbessern, wäre es einen feiner granulierten farblichen Gradienten zu verwenden, welcher die Schrittzahl etwas präziser kodiert. Die Genauigkeit des Säulen- oder Liniendiagramm wird damit jedoch auch nicht erreicht. Es gilt also eine Abwägung zu machen, wie wichtig exakte Werte sind, oder ob diese noch später eingesehen werden können, wenn die Visualisierung die Nutzenden zum Nachdenken angeregt haben (*Gateway-Ansatz*).

7.2.4. Sozialer Vergleich

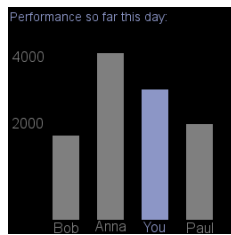
Wenn es um die Wahl des Diagramms beziehungsweise der Metapher geht, macht es Sinn, die Aufgabe *Sozialer Vergleich* noch in zwei Unterkategorien zu unterteilen. Zum einen kann mit einer kleinen, konkreten Anzahl an Personen verglichen werden, welche vom Nutzenden direkt ausgewählt wurden. Dabei könnte es sich beispielsweise um Freunde und Kollegen handeln, die entweder einen vergleichbaren Lebensstil haben, um die eigene Leistung mit ihrer zu vergleichen und besser einschätzen zu können, oder mit diesen einen Wettkampf durchzuführen, der zu mehr Aktivität motiviert. Diese Unteraufgabe bezeichnen wir als den *Vergleich mit Wenigen*.

Andererseits kann man sich mit der breiten Masse an Leuten, etwa allen anderen Nutzenden der App, vergleichen. Dies bietet eine größere Vergleichsmenge, um die eigene Leistung einzuordnen. Dafür bietet es sich an die Leistung aller Personen in Klassen einzuteilen und dann zu betrachten, in welche dieser Leistungsklasse man selber eingeordnet wird. Diese Unteraufgabe nennen wir *Vergleich mit Population*. Sie unterscheidet sich vom *Vergleich mit Wenigen*, da die Anzahl der zu vergleichenden Datenpunkten um ein Vielfaches höher ist und deswegen mit Durchschnitts, relativen Einordnungen und Klassifizierungen gearbeitet werden muss, was eine Verwendung anderer Diagrammtypen verlangt, als wenn wenige Datenpunkte direkt miteinander verglichen werden.

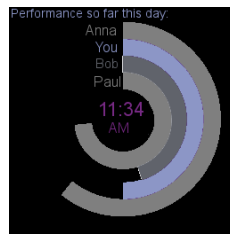
Vergleich mit Wenigen

Der Vergleich mit einer kleinen Anzahl an konkreten Personen lässt einen schnelle und gezielte Einordnung der eigenen Leistung zum aktuellen Zeitpunkt zu. In einer Visualisierung sollte die oder der Betrachtende also schnell und korrekt erkennen können, wie sie oder er im Vergleich zu den restlichen Teilnehmenden steht. Abbildung 7.7 zeigt verschiedene entwickelte Konzepte.

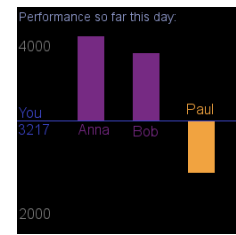
Dafür können einerseits einfache Diagramme wie ein Säulen- (a) oder Radialbalkendiagramm (b) verwendet werden, in welcher ein effektiver Datenvergleich möglich ist. Das bilaterale Säulendiagramm (c) bietet sich ebenfalls an, da es sich gut dafür eignet, Differenzen von einem gewählten Wert anzuzeigen. Als künstlicher Nullpunkt dient dabei die eigene Leistung und die Säulen stellen die positive wie negative Differenz der Leistung von anderen Personen zur eigenen dar.



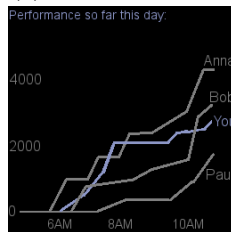
(a) Säulendiagramm



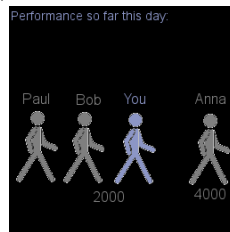
(b) Radialbalkendiagramm



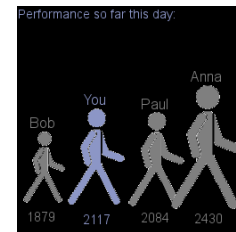
(c) Bilaterales Säulendiagramm



(d) Liniendiagramm



(e) „Rennstrecke“



(f) „Objektgrößenmetapher“

Abbildung 7.7.: Visualisierungen für den *Vergleich mit Wenigen*.

Alternativ kann auch mehr Information kodiert werden, etwa durch ein Liniendiagramm (d), welches nicht nur den aktuellen Stand vergleicht, sondern auch den vorherigen Leistungsverlauf zeigt und damit die zeitliche Entwicklung der Leistung darstellt.

Möglichkeiten einer metaphorischen Darstellung wären die „Rennstrecke“ (e) wie sie bereits für den Status präsentiert wurde, lediglich mit „mehr Teilnehmenden am Rennen“. Die „Objektgrößenmetapher“ (f) kodiert die jeweilige Leistung der Personen durch die Größe des Avatars. Wie die „Rennstrecke“ arbeitet dieses Konzept nach dem Prinzip der Gamification. Die Betrachtenden sollen nicht nur ihre Leistung durch den Vergleich mit anderen einordnen können, sondern auch zu weiterer Aktivität angespornt werden, da sie sich nicht als „die Kleinste in der Gruppe“ sehen wollen.

Vergleich mit Population

Bestehende Umsetzungen für den *Vergleich mit der Population* verwenden vorwiegend Histogramme, wie etwa in der Garmin Connect App (siehe Abbildung 7.2 (e)). Das Histogramm ist gut dazu geeignet eine Verteilung darzustellen und ein einzelnes Element, in diesem Fall den eigenen Wert, aussagekräftig in der Gesamtmenge einzuordnen. Je nach Anzahl der für die Erstellung des Histogramms verwendeten Klassen kann diese Darstellung auch auf der Smartwatch sinnvoll eingesetzt werden. Es stellt sich aber auch die Frage, ob die feine Granularität der Klassen im Histogramm für einen flüchtigen Blick überhaupt verwertbare Informationen enthält. Die Betrachtenden möchten vielleicht nur eine ungefähre Einschätzung ihrer Leistung erlangen (bin ich besser als der Durchschnitt, gehöre ich zur Spitzengruppe oder den letzten Plätzen). Diese Information lässt sich auch aus dem Histogramm ziehen, doch es stellt nicht die einzige Möglichkeit dar.



Abbildung 7.8.: Visualisierung für den *Vergleich mit Population* mit einer „Aktivitätsmetapher“.

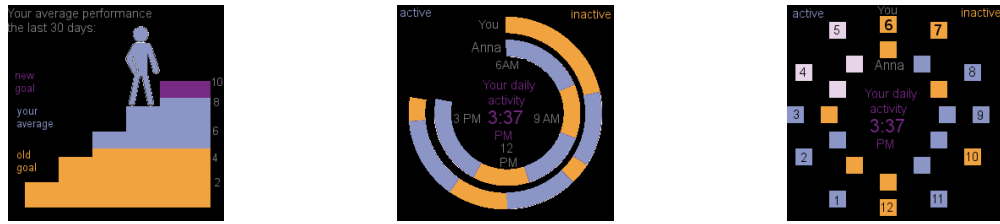
Als Alternative zum Histogramm schlagen wir ein Konzept vor, welches eine Mischung aus grober und feiner Granularität des angezeigten Wertes verwendet. Abbildung 7.8 zeigt eine „Aktivitätsmetapher“ in Form von Avataren. Die vier verschiedenen Avatare stehen dabei für grobe Einordnung der Aktivität, etwa jeweils ein viertel der Population, mit dem sitzenden Avatar als „faulster“ Anteil und dem rennenden Avatar als „aktivste“ fünfundzwanzig Prozent. Die oder der Benutzende werden als zusätzlicher Avatar dargestellt, welcher die Form der Teilgruppe hat, in welche sie fallen. Dadurch ist eine grobe Einordnung schnell zu erkennen. Zusätzlich ist das Perzentil der Gesamtpopulation, in welches die eigene Leistung fällt, auf der horizontalen Achse kodiert. Dadurch wird eine feinere Einordnung möglich.

Während das Histogramm seine klaren Vorteile hat, wenn die Betrachtenden sich für die genaue Verteilung der Population und ihren Platz in dieser interessieren, bietet die „Aktivitätsmetapher“ in unseren Augen eine schnelle und simple Möglichkeit, die eigene Leistung in der Gesamtpopulation einzuordnen. Durch die Verwendung von Avataren lässt sich zusätzlich das Interesse der Nutzenden wecken und vielleicht wird auch der Ehrgeiz angesprochen, nicht zu den „faulen Sitzenden“ gehören zu wollen, was zu mehr Aktivität führt. Beide Visualisierungen haben also ihre Vorzüge und am Ende hängt es auch vom jeweiligen Betrachtenden ab, welche Darstellung sie oder er bevorzugt.

7.3. Zusammenfassung

In diesem Kapitel führten wir eine Erkundung des Design Space durch, indem wir bestehende Visualisierungen aus kommerziellen Apps und wissenschaftliche Prototypen in einer zweidimensionalen und tabellarischen Darstellung einordneten. Außerdem betrachteten wir einige beispielhafte Visualisierungen, um ein besseres Verständnis für typische und mögliche Visualisierungen zu erhalten. Diese Erkundung zeigte eine geringe Belebtheit im Design Space für die Aufgaben *Trends/Muster Erkennen*, *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt Unterstützen*.

Im Folgenden präsentierten wir einige Visualisierungskonzepte für diese drei Aufgaben, aber auch andere wenig belebte Abschnitte im Design Space, wie metaphorische Darstellungen für den *Status* unter Verwendung von Avataren oder einen Ansatz, um einen *zielorientierten Status* auf kleinere, leichter erreichbar scheinende Zwischenziele herunterzubrechen. Einige dieser Konzepte sollen nun nach subjektiven und objektiven Faktoren bewertet werden. Dabei konzentrierten wir uns auf die beiden Aufgaben *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt*



(a) „Treppenmetapher“ (b) „Uhrmetapher fein granuliert“ (c) „Uhrmetapher grob granuliert“

Abbildung 7.9.: Weitere Visualisierungen, welche in der Onlineumfrage verwendet werden.

Unterstützen, da wir diese als wichtige Aufgaben erachten und wir hier den größten Bedarf an geeigneten Konzepten sehen.

Für beide Aufgaben trafen wir eine Vorauswahl an Visualisierungskonzepten, die potenziell für Nutzende von Interesse sein können, um diese in einer Onlineumfrage (siehe nächstes Kapitel) bewerten zu lassen. Im Falle der Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* waren dies das gestapelte Säulendiagramm und das gefärbte Liniendiagramm (siehe Abbildung 7.6 (a) und (c)) sowie jeweils die annotierte Variante beider Diagramme. Außerdem wurde die „Kalendermetapher“ (Abbildung 7.6 (c)) ausgewählt, sowie verschiedene Füllflächendiagramme, welche dazu dienen das Verhältnis zwischen den Tagen zu zeigen, an welchen man das Ziel nicht erreichte, erreichte oder sogar über das neue hinaus kam. Dazu wurden das Kreis- und Donutdiagramm sowie eine „Treppenmetapher“ (siehe Abbildung 7.9 (a)) ausgewählt.

Für die Aufgabe *Sozialer Vergleich* wählten wir die in Abbildung 7.7 gezeigten Diagramme und Metaphern: Säulendiagramm, Radialbalkendiagramm, bilaterales Säulendiagramm, Liniendiagramm, „Rennstrecke“ und „Objektgrößenmetapher“. Hinzu kamen die „Aktivitätsmetapher“ (siehe Abbildung 7.8) und zwei „Uhrmetaphern“ mit feiner und grober Granulierung (siehe Abbildung 7.9) bei welchen wir uns von Konzepten von Gouveia et al. [GPK+16] inspirieren ließen.

8. Vorstudie

In Kapitel 7 wurden diverse Konzepte für die Visualisierung von Aktivitätsdaten präsentiert und in den von uns aufgespannten Design Space eingeordnet. Ziel dieser Arbeit ist es auch einige der entworfenen Konzepte auf ihre objektiven wie subjektiven Qualitäten zu untersuchen. Dies wurde in Form einer kontrollierten Studie getan, deren Durchführung und Ergebnisse in Kapitel 9 aufgeführt werden.

Eine Überprüfung aller entwickelten und betrachteten Konzepte würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, weswegen sich auf zwei Aufgabenstellungen konzentriert wurde, den *Sozialen Vergleich* und die *Unterstützung von Fortschritt*. Für beide Aufgaben existieren bisher nur wenige oder gar keine Visualisierungen. Jene Visualisierungen, die sich als Prototyp in der Literatur finden lassen oder in kommerziellen Produkten zum Einsatz kommen, wurden noch nicht ausführlich untersucht oder noch nicht im Kontext der spezifischen Aufgabenstellung betrachtet.

Wir kamen in Kapitel 5 zu der Erkenntnis, dass einerseits das Interesse der Benutzenden an einer angezeigten Visualisierung eine große Rolle spielen kann, wie gerne er seine Daten derart in einer Benachrichtigung präsentiert bekommen will. Dies umfasst etwa die Neuartigkeit der Darstellung und wie ästhetisch ansprechend sie wahrgenommen wird. Andererseits ist es wichtig, wie intuitiv die Visualisierung verstanden werden kann. Eine interessante Darstellungsform, aus welcher keine Erkenntnisse gewonnen werden können, ist im Endeffekt für die Benutzenden wertlos.

Um die in dieser Arbeit entwickelten Konzepte auf Interesse und Intuitivität zu überprüfen wurde eine Vorstudie in Form einer Onlineumfrage durchgeführt. Dieses Kapitel dient dem Aufbau und den Ergebnissen der Vorstudie vorzustellen. In dieser Onlineumfrage wurden den Teilnehmenden unter anderem jeweils neun Konzepte für die beiden Aufgabenstellungen *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt Unterstützen* präsentiert. Die Teilnehmenden wurden aufgefordert diese Visualisierungskonzepte subjektiv zu bewerten. Jene Konzepte, die am besten abschnitten, werden dann in der Hauptstudie weiter untersucht.

Wir erwarten einerseits, dass gerade Visualisierungen mit Avataren das Interesse der Betrachter stärker wecken. Andererseits ist davon auszugehen, dass herkömmliche Diagrammtypen als intuitiver betrachtet werden. Insgesamt erwarten wir aber, dass Neuheit und Interesse eines Konzepts die Betrachtenden eher ansprechen. Deshalb sollte es ihnen eher gefallen, die eigenen Daten derart präsentiert zu sehen.

Ein weiteres Ziel der Umfrage ist es herauszufinden, ob tatsächlich ein Interesse der Nutzenden an verschiedenen Aufgaben für die Visualisierung besteht. Aravind et al. [ABI19] stellten fest, dass kein großes Interesse der Leute an einem sozialen Vergleich für Schlafdaten bestand. Deswegen sollen die Teilnehmenden der Umfrage bewerten, wie hoch ihr Interesse an den verschiedenen Aufgaben in Bezug auf verschiedene Aktivitäts- oder Gesundheitswert ist.

Wir nehmen an, dass die Aufgaben *Status* und *Übersicht* von höherem Interesse sein werden, da sie sich einerseits besser für den Einsatz im Alltag anbieten und andererseits von beinahe jedem Fitness-Tracker und jeder Tracking-App umgesetzt werden. Deswegen sollten sie den Teilnehmenden eher vertraut sein. Trotzdem gehen wir davon aus, dass für die anderen Aufgaben zumindest ein grundsätzliches Interesse besteht. Bezüglich der Aktivitäts- und Gesundheitswerte erwarteten wir, dass Schritte und aktive Zeit von primärem Interesse sein würden, da sie ebenfalls typische Messwerte von erhältlichen Trackern darstellen. Für die anderen Werte ist ein schwankendes Interesse zu erwarten, auch in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufgabe.

8.1. Aufbau

Die Studie wurde auf der Plattform Google Forms¹ gehostet. Die Teilnehmenden brauchten im Schnitt 15 Minuten um den Fragebogen auszufüllen, beziehungsweise 3 Minuten, wenn sie sich nicht für den zweiten Teil qualifizierte. Die Umfrage wurde in englischer Sprache durchgeführt, um ein großes Publikum erreichen zu können. Eine Teilnahme fand auf freiwilliger Basis statt und wurde nicht entlohnt.

Ablauf

Der Aufbau der Umfrage bestand aus sechs Fragenkatalogen. Abbildung 8.1 gibt einen Überblick über den Grundlegenden Aufbau. Im Folgenden werden die sechs Frageblöcke, ihr Inhalt sowie wann und wie der Benutzer in einem Frageblock landet beschrieben.

Nach einer kurzen Einleitung zum Thema durchliefen alle Teilnehmenden zunächst *Fragenkatalog A*. Anschließend wurden die Benutzer in vier Gruppen eingeteilt, je nachdem ob sie eine Smartwatch oder einen Fitness-Tracker besitzen, ob sie eine Tracking-App auf dem Smartphone verwenden oder ob sie in keine dieser Gruppen fallen. Für letztere Teilnehmenden war die Umfrage danach beendet. Die ersten drei Gruppen wurden dann an die *Fragenkataloge B, C* oder *D* verwiesen, in welchen es um das Tracking-Verhalten ging. Abschließend durchliefen die drei Gruppen gemeinsam die *Fragenkataloge E* und *F*, in welchen es um das Interesse an Aufgabenstellungen für Fitness-Daten respektive einer Bewertung der vorgestellten Visualisierungen ging. Im Folgenden wird auf die einzelnen Fragenkataloge im Detail eingegangen.

Fragenkatalog A beschäftigte sich einleitend mit persönlichen Informationen. Für die Studie wurde entschieden weder nach dem Alter noch nach dem Geschlecht der Teilnehmenden zu fragen. Alter und Geschlecht der Teilnehmenden spielten in bisherigen Studien [ECB+14], [BTS+13] zu Tracking-Verhalten und Adoption neuer Präsentationsformen persönlicher Daten. Folglich wurde zum Zweck der Datensparsamkeit präferiert, nur nach so vielen persönlichen Daten wie nötig zu fragen. Die abgefragte Informationen, wie aktiv die Teilnehmenden im Alltag und Arbeitsleben sind, sowie ihre Zufriedenheit mit diesem Aktivitätslevel, kann eher von Interesse für die weiteren Antworten sein.

¹<https://forms.gle/ivPEmm6ookryqX616>

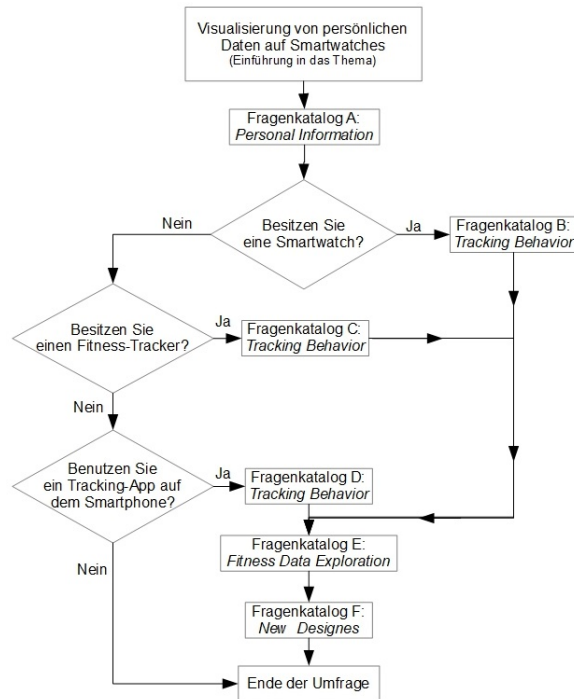


Abbildung 8.1.: Vereinfachte Übersicht des Ablaufs der Onlineumfrage.

Nachdem alle Teilnehmenden *Fragenkatalog A* durchliefen, fand danach eine Aufteilung statt, je nachdem ob sie eine Smartwatch oder einen Fitness-Tracker besaßen, beziehungsweise eine Tracking-App auf dem Smartphone verwendeten. Die Smartwatch-Besitzenden landeten in *Fragenkatalog B*. In diesem sollten sie angeben, ob sie ihr Smartwatch zum Tracken ihrer Aktivitätsdaten verwendeten. Anschließend wurden sie gefragt, ob sie stattdessen beziehungsweise zusätzlich einen Fitness-Tracker oder eine Tracking-App zur Selbstvermessung verwenden. Während Smartwatch-Besitzer ohne Tracking-Erfahrung natürlich nicht der oder die ideale Teilnehmende für Fragen bezüglich der Darstellung von Aktivitätsdaten sind, wurde die Entscheidung getroffen, dass sie zumindest allgemein ein Verständnis für die Datenanzeige auf Smartwatch-Displays besitzen und so eine Bewertung angeben können.

Von diesem Punkt in *Fragenkatalog B* an gestaltete sich die Fragestellung äquivalent zu jenen in *Fragenkatalog C* (Fitness-Tracker Besitzer) und *Fragenkatalog D* (Tracking-App Nutzer). Da Benutzer von Fitness-Trackern und Tracking-Apps Erfahrung mit der Messung persönlicher Aktivitätsdaten haben, erachteten wir ihre Antworten ebenfalls als relevant für die Bewertung unserer Visualisierungen.

In den genannten drei Fragenkataloge wurden die Teilnehmenden danach gefragt, wie oft sie ihre Daten tracken (täglich, nur sportliche Aktivitäten, gelegentlich ...) und wie oft sie ihre Daten einsehen (mehrmals täglich, Tagesende, selten ...). Aus diesem Tracking-Verhalten lassen sich eventuell Präferenzen für Aufgabenstellungen oder Visualisierungen ableiten. Außerdem wurde gefragt, auf welchen Geräten die Teilnehmenden ihre Fitnessdaten einsehen (direkt auf der Smartwatch/dem Fitness-Tracker oder auf einem größeren Display wie dem Smartphone oder Computerbildschirm).

In *Fragenkatalog E* wurden dann die fünf von uns aufgestellten Aufgaben für die Visualisierung von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten vorgestellt: *Status*, *Übersicht*, *Sozialer Vergleich*, *Fortschritt Unterstützen* und *Mustererkennung*. Die Teilnehmenden wurden dann gefragt, wie groß ihr Interesse an den einzelnen Aufgabenstellungen für verschiedene Aktivitäts- und Gesundheitswerte ist.

Abschließend wurden in *Fragenkatalog F* die entwickelten Visualisierungen präsentiert und die Teilnehmenden aufgefordert sie zu bewerten. Jede Visualisierung sollte nach den Faktoren „Interesse an der Visualisierung“, „intuitives Verständnis der Visualisierung“ und „wie gerne würde ich meine Daten in dieser Form präsentiert bekommen“ bewertet.

Teilnehmende

An der Studie nahmen insgesamt 67 Personen teil. Dreiundzwanzig der Teilnehmenden besaßen eine Smartwatch, sieben einen Fitness-Tracker und zwei eine Sportuhr (welche wie Fitness-Tracker-Besitzer an *Fragenkatalog C* weitergeleitet wurden). Außerdem verwendeten neun Teilnehmende eine Tracking-App auf ihrem Smartphone. Damit stehen 41 Bewertungen der Visualisierungen zur Verfügung.

Ein Großteil der Teilnehmenden (86%) gab an, bereits Erfahrung mit Visualisierungstechniken zu besitzen. Da primär über Mailinglisten an der Universität um Teilnehmende geworben wurde und der weitere Suchkreis vorwiegend aus Studenten oder Personen mit akademischem Abschluss bestand, ist dies nicht verwunderlich. Ein gewisser Bias in der Betrachtungsweise ist dadurch nicht ausgeschlossen.

8.2. Ergebnisse

Im Folgenden wird auf die Ergebnisse der Onlineumfrage eingegangen. Die Umfrage lief 14 Tage vom 8. Juli 2019 10:00 Uhr (MESZ) bis zum 22. Juli 2019 um 10:00 Uhr (MESZ). Als Bewertungsmaßstab für die *Fragenkataloge E* und *F* wurde eine Fünfpunkte-Skala verwendet, wobei eins der schlechteste (kein Interesse an der Aufgabe, Visualisierung ist gar nicht intuitiv, etc.) und fünf der beste Wert (hohes Interesse an der Aufgabe, Visualisierung ist sehr intuitiv, etc.) war. Für die Fragen aus *Fragenkatalog A* bis *D* wurden unterschiedliche Antwortmöglichkeiten vorgegeben oder dem Benutzer die Möglichkeit gegeben eine eigene Antwort einzutragen.

8.2.1. Aktivitätslevel und Zufriedenheit

Die Teilnehmenden sollten ihre wöchentliche Aktivität nach den in Abschnitt 4.3 vorgestellten WHO-Kategorien einordnen. Zunächst betrachteten wir die Zahlen aller Teilnehmenden, auch jene derer, die nach *Frageblock A* aussortiert wurden. 17,9% der Teilnehmenden gaben an, sich unter 75 Minuten pro Woche zu bewegen, was als inaktiver Lebensstil betrachtet wird. Die größte Aktivitätsgruppe stellten die Teilnehmenden mit einem nur gering aktiven Lebensstil dar (75-149 aktive Minuten pro Woche, 34,2%). 22,4% der Teilnehmenden führten einen aktiven (150-299 aktive Minuten) und (25,4% einen sehr aktiven Lebensstil (330+

aktive Minuten). Unter den Teilnehmenden, welche eine Smartwatch, einen Fitness-Tracker oder eine Tracking-App verwenden zeigten sich ähnliche Ergebnisse (20% inaktiv, 29% kaum aktiv, 20% aktiv, 31% sehr aktiv).

Damit stach unter den Teilnehmenden keine Aktivitätsgruppe besonders stark heraus. Außerdem erfüllten im schlechtesten Falle die Hälfte aller Teilnehmenden die WHO-Empfehlungen für ausdauernde Bewegung. Es konnten jedoch auch bis zu 80% der Teilnehmenden sein, da 75 aktive Minuten bei einer hohen Intensität ebenfalls ausreichen können. Da aber nicht nach der Intensität gefragt wurde, lässt sich keine klare Aussage treffen.

Eine eindeutigere Verteilung zeigte sich hingegen, wie Personen ihren Arbeitsalltag verbrachten. 82,1% der Teilnehmenden saßen überwiegend während ihrer Arbeit. 10,4% der Teilnehmenden hatten einen Job der ein wenig Bewegung mit sich bringt und 3,0% der Teilnehmenden hatten einen sehr aktiven Job, der vorwiegend aus körperlicher Arbeit besteht. Bei 4,5% der Teilnehmenden gestaltete sich der Arbeitsalltag unterschiedlich aktiv. Auch diese Zahlen spiegelten sich in den Teilnehmenden wieder, die am zweiten Teil der Studie teilnahmen (83% sitzend, 10% etwas Bewegung, 5% viel Bewegung, 2% unterschiedlich).

Nachdem sie zuvor ihr Aktivitätslevel angeben hatten, wurden die Teilnehmenden als nächstes gefragt, wie sehr sie mit diesem zufrieden sind. Der Großteil (71,6%) gab an, aktiver werden zu wollen. Nur 23,9% der Teilnehmenden waren mit dem eigenen Aktivitätslevel zufrieden. 4,5% der Teilnehmenden hatten sich bisher keine Gedanken darüber gemacht, ob sie etwas an ihrem Lebensstil bezüglich der Aktivität ändern sollten. Dabei trackten zwei von ihnen ihre Aktivitätsdaten überhaupt nicht, während der dritte sie mit der Smartwatch täglich trackte und angab sich wöchentlich über 300 Minuten zu bewegen. Keine einzige und kein einziger der Teilnehmenden gab an, das Gefühl zu haben, zu aktiv zu sein und sich ein bisschen mehr Ruhe gönnen zu müssen.

Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit (oder Unzufriedenheit) einer Person mit dem eigenen Aktivitätslevel und damit, ob sie ihre Aktivitätsdaten trackt oder nicht, hergestellt werden. Insgesamt wollen 71,6% der Teilnehmenden aktiver werden. Der prozentuale Anteil der mit dem eigenen Aktivitätslevel Unzufriedenen unterschied sich zwischen den Nicht-Trackern (69,2%) und den Trackern (73,2%) kaum.

8.2.2. Tracking-Verhalten

Achtunddreißig Teilnehmende trackten ihre Aktivitäts- und Gesundheitsdaten. Davon maßen 71,1% ihre Daten täglich, 15,8% nur körperlicher Aktivitäten und der Rest (13,1%) gelegentlich. Ihre Daten sahen 36,8% mehrmals täglich an, 44,7% am Ende des Tages, 26,3% direkt nach Aktivitäten, 10,5% am Ende des Monats und 7,9% nur gelegentlich und unregelmäßig. Es sei angemerkt, dass Teilnehmende bei der Frage nach der Einsicht im Gegensatz zur Tracking-Häufigkeit mehrere Antworten (auch selbst eingetragene) geben konnten.

Eine weitere Frage umfasste, auf welchem Gerät Benutzer ihre Aktivitätsdaten einsahen. Dass jene mit einer Tracking-App auf dem Smartphone diese auch auf diesem Gerät betrachten ist zu erwarten. Also waren jene von Interesse, welche ein Wearable (Smartwatch

oder Fitness-Tracker) besaßen, und ob sie auf dessen kleinem Bildschirm ihre Daten einsahen. 10,5% der Teilnehmenden betrachteten ihre Aktivitätsdaten gar nicht auf ihrem Wearable, sondern ausschließlich auf dem Smartphone. 13,1% betrachten ihre Daten ausschließlich auf einem Wearable und 52,6% betrachteten die Daten auf ihrem Wearable und zusätzlich auf einem weiteren Gerät. Folglich sahen bereits 65,7% der Teilnehmenden ihre Daten auf dem kleinen Bildschirm ihres Wearables an.

8.2.3. Aufgaben einer Visualisierung für Aktivitätsdaten

Die Teilnehmenden zeigten ein gemischtes Interesse für verschiedene Kombinationen von Aufgabe und Aktivitäts- beziehungsweise Gesundheitsdaten. Tabelle 8.1 gibt eine Übersicht über das Interesse für diese Kombinationen.

Von der Aufgabenseite waren der *Status* und die *Übersicht* am interessantesten und erhielten unabhängig vom Aktivitäts- oder Gesundheitswert fast ausschließlich überdurchschnittliche Bewertungen (Bewertung > 3,0). Der *Soziale Vergleich* und die *Mustererkennung* zeigten über alle Aktivitätswerte gesehen das geringste Interesse der fünf Aufgaben, während das *Unterstützen von Fortschritt* im allgemeinen Interesse zwischen den ersteren und letzteren genannten Aufgabenpaaren anzusiedeln ist.

Ein komplettes Desinteresse am *Sozialen Vergleich* und an der *Mustererkennung* bestand jedoch nicht. Für Schritte (3,34), aktive Zeit (3,1) und fortbewegte Distanz (2,98) zeigt sich ein deutlich höheres Interesse am *Sozialen Vergleich* als für die restlichen Aktivitäts- und Gesundheitswerte, welche allesamt mit 2,23 oder niedriger bewertet wurden.

Nach Aktivitäts- und Gesundheitswerten betrachtet, zeigten die Teilnehmenden an Schritten (SR) und aktiver Zeit (A) das größte Interesse. Distanz (D) und Herzfrequenz (HF)

Tabelle 8.1.: Ergebnisse für das Interesse an fünf Aufgaben für verschiedene Aktivitäts- und Gesundheitswerte auf einer Skala von 1 bis 5. In schwarz das durchschnittliche Interesse und in grau die Standardabweichung.

Aufgabe	SR	A	D	SW	HF	KK	KV	W	SL
<i>Status</i>	4,07 1,17	3,83 1,26	3,61 1,16	3,12 1,35	3,61 1,41	3,44 1,38	3,23 1,49	2,98 1,33	3,34 1,49
<i>Übersicht</i>	4,12 1,08	4,02 0,85	3,73 1,16	2,90 1,48	3,56 1,40	3,63 1,28	3,32 1,37	3,00 1,34	3,54 1,36
<i>Sozialer Vergleich</i>	3,34 1,42	3,1 1,39	2,98 1,39	2,32 1,37	2,27 1,28	2,22 1,39	2,12 1,40	2,07 1,23	2,12 1,42
<i>Fortschritt</i> <i>Unterstützen</i>	3,78 1,04	3,63 1,11	3,10 1,20	2,41 1,24	3,00 1,34	2,93 1,42	2,93 1,46	2,88 1,42	2,86 1,37
<i>Mustererkennung</i>	3,12 1,52	3,34 1,39	2,76 1,50	2,29 1,47	3,10 1,62	2,71 1,47	2,68 1,51	2,61 1,61	2,98 1,70

schnitten durchschnittlich ab. Ein eher geringes Interesse zeigte sich an den hochgestiegenen Stockwerken (SW) und den Ernährungs- sowie Gesundheitsdaten: Kalorien konsumiert (KK), Kalorien verbrannt (KV), Wasser getrunken (W) und Schlaf (SL).

8.2.4. Visualisierungskonzepte für Sozialen Vergleich

Fünf der neun präsentierten Visualisierungen erreichten eine überdurchschnittliche Gesamtbewertung von über 3,0 (siehe Tabelle 8.2). Mit 3,43 und 3,41 erreichten das gewöhnliche Säulendiagramm respektive das Liniendiagramm die ersten beiden Plätze. Aktivitätsmetapher (3,28), Radialbalkendiagramm (3,26) und Rennstrecke (3,24) schnitten ebenfalls gut ab. Mit einem Gesamtwert von gerade einmal 1,85 wurde die Uhrmetapher mit grober Granulierung mit Abstand am schlechtesten bewertet. Das bilaterale Säulendiagramm schnitt mit einem Gesamtwert von 2,41 ebenfalls schlecht ab.

Während die beiden bestplatzierten Diagramme des Gesamtwerts im Interessenranking nur auf den Plätzen 4 und 6 liegen, schnitten sie zumindest mit Werten größer 3,0 ab. Bezüglich des Interesses waren die Aktivitätsmetapher (3,70) und die Rennstrecke (3,56) die klaren Gewinner, wobei das Radialbalkendiagramm (3,37) auf den dritten Platz kam. Die Intuitivität betreffend setzten sich Säulen- (3,85) und Liniendiagramm (3,68) wieder klar durch, aber auch die Rennstrecke (3,46), die Aktivitätsmetapher (3,37) und das Radialbalkendiagramm (3,37) kamen auf gute Werte. Nach der Fragestellung ob Teilnehmende ihre Daten derart visualisiert haben wollen, verhielt es sich genauso: Das Säulen- (3,07) und Liniendiagramm (3,15) belegten die ersten Plätze, während Radialbalkendiagramm (2,93), Aktivitätsmetapher (2,78) und Rennstrecke (2,71) schlechter abschnitten, jedoch deutlich besser als der Rest: Proportionale Objekte auf Platz sechs erreichten einem Wert von 2,34.

8.2.5. Visualisierungskonzepte für Fortschritt Unterstützen

Die Konzepte für *Fortschritt Unterstützen* schnitten nicht ganz so gut ab, wie der *Soziale Vergleich*. Es wurde lediglich ein Gesamtwert von 3,33 für das annotierte Säulendiagramm und 3,32 für das annotierte Liniendiagramm erreicht. Dafür erreichte keine Visualisierung eine schlechtere Gesamtbewertung als 2,50 (Kuchen- und Donutdiagramm).

Erneut schnitten die herkömmlichen Diagramme in Form des Säulen- und Liniendiagramms gut ab. Bezüglich des Interesses lagen das Säulendiagramm in seinen Varianten annotiert, gestapelt und bilateral auf den Plätzen drei bis fünf und das Liniendiagramm in seinen Varianten annotiert und gefärbt auf den Plätzen eins und zwei. Im intuitiven Verständnis wurden das annotierte Säulendiagramm am besten bewertet (3,73), während das gestapelte noch auf den vierten Platz kam. Das bilaterale Säulendiagramm schnitt mit einer Bewertung von 2,68 deutlich schlechter ab. Die Liniendiagrammvarianten kamen auf die Plätze zwei und drei. Danach betrachtet, wie gerne die Teilnehmenden ihre Daten derart dargestellt sehen würden, setzten sich erneut das annotierte und gestapelte Säulendiagramme sowie das annotierte und gefärbte Liniendiagramm deutlich von den anderen Konzepten ab.

Tabelle 8.2.: Bewertungen der verschiedenen Konzepte für die Aufgabenstellung *Sozialer Vergleich* auf einer Skala von 1 bis 5. In schwarz die durchschnittliche Bewertung und in grau die Standardabweichung. Der Maximalwert ist jeweils fett markiert.



















Konzept		Interesse	Intuitiv	Gefallen	Gesamt
Säulendiagramm		3,37 1,04	3,85 1,11	3,07 1,23	3,43
Bilaterales Säulendiagramm		2,59 1,32	2,68 1,21	1,98 1,27	2,41
Radialbalkendiagramm		3,49 1,19	3,37 1,2	2,93 1,39	3,26
Liniendiagramm		3,41 1,38	3,68 1,21	3,15 1,44	3,41
Rennstrecke		3,56 1,55	3,46 1,36	2,71 1,35	3,24
Proportionale Objekte		3,00 1,3	2,98 1,23	2,34 1,23	2,77
„Aktivitätsmetapher“		3,70 1,47	3,37 1,37	2,78 1,37	3,28
„Uhr Grob“		2,49 1,31	1,59 0,92	1,46 0,74	1,85
„Uhr Fein“		3,39 1,18	2,95 1,25	2,54 1,34	2,96

Tabelle 8.3.: Bewertungen der verschiedenen Konzepte für die Aufgabenstellung *Fortschritt Unterstützen* auf einer Skala von 1 bis 5. In schwarz die durchschnittliche Bewertung und in grau die Standardabweichung. Der Maximalwert ist jeweils fett markiert.

Konzept		Interesse	Intuitiv	Gefallen	Gesamt
Annotiertes Säulendiagramm		3,22 1,13	3,73 1,18	3,05 1,24	3,33
Gestapeltes Säulendiagramm		3,27 1,05	3,29 1,05	2,93 1,19	3,16
Bilaterales Säulendiagramm		3,15 0,94	2,68 1,06	2,63 1,24	2,82
Kuchendiagramm		2,56 1,23	2,88 1,41	2,07 1,26	2,50
Donutdiagramm		2,61 1,12	2,68 1,40	2,22 1,19	2,50
Annotiertes Liniendiagramm		3,39 1,05	3,41 1,07	3,15 1,13	3,32
Gefärbtes Liniendiagramm		3,54 1,12	3,36 1,09	2,85 1,25	3,25
„Treppenmetapher“		3,05 1,34	2,68 1,13	2,15 1,06	2,63
„Kalendermetapher“		3,12 1,23	3,10 1,36	2,44 1,20	2,89

8.3. Diskussion

Ziel dieser Onlineumfrage war es herauszufinden, welche der entworfenen und betrachteten Visualisierungen für die Aufgaben *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt Unterstützen* den Betrachter nach subjektiven Kriterien ansprechen. Dabei setzten sich für beide Aufgaben verschiedene Visualisierungskonzepte durch. Außerdem sollte die Frage geklärt werden, ob ein Interesse an den Aufgaben besteht. Es bestätigte sich die Vermutung, dass für bestimmte Aktivitätswerte und Aufgaben ein Interesse besteht, während andere eher uninteressant zu sein erscheinen. Ebenfalls wird die Frage beantwortet, ob das kleine Display der Smartwatch oder eines Fitness-Trackers tatsächlich verwendet wird, um Aktivitäts- und Gesundheitsdaten einzusehen.

Es wurde überlegt, die Antworten der Teilnehmenden abhängig von Tracking-Verhalten, Einsicht-Verhalten, zur Einsicht verwendetem Gerät und noch weiteren Möglichkeiten in Gruppen eingeteilt zu präsentieren. Dieses Vorhaben wurde jedoch wieder verworfen, da die Zahl der Teilnehmenden in einzelnen Gruppen zu klein wurde, um noch als repräsentativ gelten zu können und die Bewertung der großen Gruppen nur gering vom Gesamtwert abweichen. Eine Erkenntnis lässt sich folglich daraus nicht ziehen, weswegen wir die Ergebnisse mit wenigen Ausnahmen für die Gesamtheit der Teilnehmenden präsentieren. Ausgenommen seien dabei natürlich jene Teilnehmenden, welche die *Fragenkataloge B bis F* nicht durchliefen. Für die Bewertung der Aufgaben und Visualisierungen spielen sie keine Rolle.

Einsicht von Daten auf der Smartwatch

Über zwei Drittel der Teilnehmenden sahen ihre Daten bereits direkt auf der Smartwatch oder dem Fitness-Tracker ein. Der Großteil verwendet jedoch ergänzend das Smartphone. Dies gibt einerseits Anlass zur Vermutung, dass die Smartwatch ein wichtiges Anzeigemedium für Aktivitätsdaten spielen kann. 17,2% der Teilnehmenden, die ein Wearable zum Tracken ihrer persönlichen Daten verwendetet, nutzen ausschließlich dieses, um ihre Aktivitätsdaten einzusehen. Andererseits unterstützen die Ergebnisse die „Gateway“ Theorie, dass der Inhalt einer Visualisierung das Interesse eines oder einer Betrachtenden wecken kann und diese oder dieser dann das Smartphone benutzt, um genauere Einsicht zu erhalten. 70% der Wearable-Besitzenden nutzten das Smartphone zusätzlich, um auf diesem ebenfalls Aktivitäts- und Gesundheitsdaten einzusehen.

Interesse an Aufgabenstellungen

Wie erwartet waren der *Status* und die *Übersicht* über alle Aktivitäts- und Gesundheitsdaten hinweg für die Teilnehmenden am interessantesten. Dies unterstützt unsere Annahme, dass diese zwei Aufgaben interessanter erscheinen. Da sie bereits von Fitness-Trackern und Tracking-Apps erfüllt werden, ist aber natürlich kein endgültiger Beweis. Rein nach durchschnittlichem Interesse einer Aufgabe betrachtet erscheint es, als bestände kaum Interesse an den Aufgaben *Sozialer Vergleich* und *Mustererkennung*, während an *Fortschritt Unterstützen* zumindest ein gewisses Interesse vorhanden war. Dies sieht jedoch anders

aus, wenn man die verschiedenen Aktivitäts- und Gesundheitswerte in die Betrachtung mit einbezieht.

Das Interesse am *Sozialen Vergleich* für Schritte war beispielsweise höher als das Interesse am *Status* für verbrauchte Kalorien, getrunkenes Wasser und Stockwerke hochgestiegen. Dass gerade die Gesundheitswerte im *Sozialen Vergleich* schlecht abschneiden ist ebenso verständlich, da Ernährung und Schlaf individuelle Werte sind und nicht verallgemeinert werden können. Die verschiedenen Aufgaben haben durchaus ihre Daseinsberechtigung, es sollte jedoch überlegt werden, für welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten sie jeweils Sinn ergeben. Dabei stellen Schritte und aktive Zeit die Aktivitätswerte von höchstem Interesse für alle Aufgaben dar, weswegen wir für die Studie auch darauf achteten Visualisierungen zu erstellen, die entweder speziell für diese beiden Aktivitätswerte gedacht sind oder zumindest generisch genug sind, um diese Werte ohne Probleme abbilden zu können. Ein Säulendiagramm lässt sich quasi für jeden beliebigen Aktivitäts- oder Gesundheitswert verwenden, während ein Füllflächendiagramm in Form eines Wasserglases für Schritte nicht geeignet scheint.

Visualisierungskonzepte für Sozialen Vergleich

Für den *Sozialen Vergleich* schnitt das Konzept „Aktivitätsmetapher“ am besten bezüglich des Interesses der Teilnehmenden ab. Dies stellt zum einen ein gutes Beispiel für eine Visualisierung dar, die primär für die Darstellung der aktiven Zeit und mit Abstrichen für gemachte Schritte oder Strecke dienen kann. Zum anderen bestätigt es unsere These, dass die Verwendung von Avataren sich am besten eignet, um das Interesse des Betrachters zu wecken. Auf dem zweiten Platz des Interesse-Ranking lag die „Rennstrecke“, welche ihrerseits besser für Schritte funktioniert. Diese beiden Visualisierungen unterscheiden sich außerdem dadurch, dass die Rennstrecke besser geeignet für den *Vergleich mit Wenigen* ist und der Aktivitätsmetapher für den *Vergleich mit Vielen*.

In Abschnitt 7.2.4 wurde bereits die Unterteilung des Vergleichs in diese beiden Teilaufgaben beschrieben. Für die Onlineumfrage wurde diese Aufteilung noch nicht vorgenommen, da zum Zeitpunkt der Durchführung der Umfrage die endgültige Entscheidung zur Aufteilung der Aufgabe noch nicht gefallen war. In der Hauptstudie kam diese Unterteilung dann aber zur Anwendung. Auf Grund des hohen Interesses und insgesamt guten Abschneidens, wurden beide Visualisierungen für die Studie und die jeweilige Teilaufgabe des *Vergleichs* ausgewählt.

Das Säulendiagramm, das Liniendiagramm und das Radialbalkendiagramm schnitten im Gesamtwert besser als die „Rennstrecke“ und nur das Radialbalkendiagramm minimal schlechter als die „Aktivitätsmetapher“ ab. Die vertraute Funktionsweise sorgt für ein intuitives Verstehen, in welchem sie gut abschnitten, aber es zeigte sich auch ein hohes Interesse der Teilnehmenden an allen drei Diagrammen. Die anderen vorgeschlagenen Visualisierungskonzepte konnten nicht überzeugen. Während die „Uhrmetapher fein“ und die proportionalen Objekte zumindest noch das Interesse der Teilnehmenden wecken konnten, wurden die „Uhrmetapher grob“ und das bilaterale Säulendiagramm durchweg schlecht bewertet.

Visualisierungskonzepte für Fortschritt Unterstützen

Die besten Bewertungen der Teilnehmenden bezüglich des Interesse, der Intuitivität und wie gerne die Teilnehmenden ihre Daten so präsentiert sehen würden (und damit auch den besten Gesamtwert), erhielten das Säulendiagramm in seinen Varianten annotiert und gestapelt sowie das Liniendiagramm in seinen Varianten annotiert und gefärbt. Folglich sind diese Diagramme für die Hauptstudie am interessantesten.

Das bilaterale Säulendiagramm schnitt in dieser Aufgabe besser ab, als für den *Sozialen Vergleich*, auch wenn es nicht so gut, wie die vier erstgenannten Diagramme bewertet wurde. Woher dieser Unterschied, lässt sich nur schwer sagen. Die Aufgaben und Konzepte wurden für alle Teilnehmenden in der selben Reihenfolge präsentiert und eventuell kann aus dieser die unterschiedliche Bewertung herrühren.

Die Kalenderdarstellung schnitt minimal besser ab als das bilaterale Säulendiagramm, konnte die Teilnehmenden aber auch nicht vollständig überzeugen. Ein Faktor dafür könnte die Farbwahl für die Kodierung der Ziele sein. Eine Teilnehmende merkte an, dass eine Verwendung anderer Farben (rot/grün/gelb) besser geeignet wäre. Eine solche Farbwahl stellt sich jedoch als problematisch für Menschen mit Rot-Grün-Schwäche dar, weshalb eine alternative Farbwahl getroffen wurde. Da das Feedback der Onlineumfrage eher negativ war, könnte über eine andere Farbwahl nachgedacht werden oder man könnte die farbliche Kodierung möglicherweise durch Icons ersetzen, um eine bessere und schnellere Erkennbarkeit zu ermöglichen.

Das schlechte Abschneiden des Kuchen- und Donutdiagramms sowie der Treppenmetapher sind wenig überraschend. Im Gegensatz zum Liniendiagramm in der Aufgabe *Sozialer Vergleich*, welches eine Dimension (die Zeit) zusätzlich kodiert, können diese drei Konzepte eine Dimension (ebenfalls die Zeit) weniger darstellen als die restlichen Diagramme. Da zu wissen, an welchen Tagen man jeweils die Ziele erreichte oder nicht, eine ebenfalls wichtige Information dafür darstellen kann, ob man seine Ziele anpassen will, sollte dies auf jeden Fall in einer Visualisierung für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* enthalten sein.

8.4. Zusammenfassung

In dieser Onlineumfrage wurden verschiedene Visualisierungskonzepte für die Aufgaben *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt Unterstützung* unseres Design Spaces präsentiert und die Teilnehmenden bewerteten sie dann nach den subjektiven Kriterien, wie interessant und intuitiv sie die Konzepte finden und wie gerne sie ihre Daten derart präsentiert bekommen würden. Insgesamt erhielten neun Konzepte deutlich bessere Bewertungen als die Sonstigen, weswegen wir diese in der Hauptstudie weiter untersuchten.

Für die Aufgabe *Sozialer Vergleich* setzten sich das Säulendiagramm, das Liniendiagramm, das Radialbalkendiagramm, die „Rennstrecke“ und die „Aktivitätsmetapher“ durch. In der Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* setzten sich das annotierte und gestapelte Säulendiagramm sowie das annotierte und gefärbte Liniendiagramm durch.

9. Hauptstudie

Nachdem die von uns durchgeführte und im vorherigen Kapitel beschriebene Onlineumfrage feststellte, welche Visualisierungskonzepte für die Aufgaben *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt Unterstützen* nach subjektiven Kriterien des Betrachters am besten abschnitten, sollen diese nun in einer kontrollierten Studie mit objektiven, messbaren und reproduzierbaren Methoden getestet werden. Dazu wird untersucht, wie schnell und korrekt die angezeigten Daten erkannt werden können, beziehungsweise wie überzeugend die Visualisierungen sind, die Betrachtenden zu überreden ihre persönlichen Ziele anzupassen.

9.1. Studienaufbau

Aufbau und Design dieser Studie wurde grundlegend von den Ergebnissen der Vorstudie beeinflusst. Zum einen zeigte sich, dass ein Interesse für den Sozialen Vergleich und das Unterstützen des Persönlichen Fortschritts für die Aktivitätswerte Schritte und aktive Zeit bestanden. Dies zeigt, dass beide Aufgabenstellungen eine Rolle spielen können und deswegen brauchbare Visualisierungen für sie gefunden werden sollten. Zum anderen gab es unter den vorgeschlagenen Visualisierungen klare Favoriten, die nun in einem Experiment auf objektive Qualitätsmerkmale untersucht werden sollten.

9.1.1. Studiendesign

Für die Studie verwendeten wir drei Aufgaben: Die Aufgabe *Sozialer Vergleich*, welche dabei in den *Vergleich mit Wenigen* und den *Vergleich Population* aufgeteilt wurde, sowie *Fortschritt Unterstützen*. Für die Aufgabe *Vergleich mit Wenigen* wählten wir vier andere Personen da wir diese Anzahl als realistisches Szenario unter echten Bedingungen betrachteten, weshalb die Aufgabe fortan als *Vergleich Vier* bezeichnet wird. Für die Aufgabe *Vergleich Vier* wurden das Säulendiagramm, das Radialbalkendiagramm und die „Rennstrecke“ getestet. Im *Vergleich Population* kamen das Histogramm (als Variante des Säulendiagramms) und die „Aktivitätsmetapher“ zum Einsatz. Bezüglich der Aufgabenstellung *Fortschritt Unterstützen* wurden das Liniendiagramm in annotierter und farblich kodierter Form, sowie das Säulendiagramm in annotierter und gestapelter Variante getestet. Alle diese Diagramme hatten in der Vorstudie jeweils die besten Bewertungen von den Teilnehmenden erhalten.

Die Überlegung für den *Vergleich Vier* war zunächst auch das Liniendiagramm zu nehmen, welches am zweitbesten für die *Sozialer Vergleich* Aufgabe abschnitt, doch im Gegensatz zu allen anderen Diagrammen der Aufgabe kodiert das Liniendiagramm eine weitere Dimension, nämlich den zeitlichen Verlauf. Dies merkte auch eine der Teilnehmenden in der

Vorstudie an. Sollen die Betrachtenden der Visualisierung sich mit den anderen Personen vergleichen, können sie im Säulendiagramm oder auf der „Rennstrecke“ den aktuellen Wert zu diesem Zeitpunkt einsehen. Im Liniendiagramm würde dieser Wert durch den am weitesten rechts auf der X-Achse liegenden Y-Wert kodiert. Der Verlauf der Linien wäre zusätzliche Information im Vergleich zu den beiden anderen Diagrammen. Da wir jedoch Diagramme vergleichen wollen, die einen vergleichbaren Informationsgehalt kodieren, haben wir uns entschlossen, nicht das Liniendiagramm, sondern das Radialbalkendiagramm zu verwenden.

Für die Studie wurde ein einfaches Ja/Nein-Antwortschema verwendet. Dazu wurden den Teilnehmern Stimuli der verschiedenen Diagrammtypen gezeigt und sie mussten eine von zwei Antwortoptionen wählen. Wenn der Benutzer antwortete, wurde ein kurzes textuelles Feedback geliefert (**korrekt/falsch** oder Ziel angepasst/Ziel nicht angepasst), bevor der nächste Stimulus gezeigt wurde. In der Aufgabenstellung *Vergleich Vier* konnte sich der eigene angezeigte Wert auf den Plätzen eins, zwei, vier oder fünf befinden. Teilnehmende mussten antworten, ob sie zu den besten oder schlechtesten zwei Plätzen gehört. Im *Vergleich Population* sollten die Teilnehmenden angeben, ob sie zu den besseren oder schlechteren fünfzig Prozent der Gesamtpopulation gehörten. Für beide Aufgabenstellungen wurden Korrektheit und Antwortzeit der Teilnehmenden gemessen. In der Aufgabenstellung *Fortschritt Unterstützen* gab es keine objektiv richtige oder falsche Antwortmöglichkeit, sondern die Teilnehmenden entschied subjektiv, ob sie bei den angezeigten Werten ihr Ziel zum vorgeschlagenen Wert anpassen oder das alte Ziel behalten wollten. Hier wurde die Entscheidung der Teilnehmenden als Merkmal gemessen.

Für jeden Diagrammtypen führten die Teilnehmenden eine Reihe von Versuchen durch, im Folgenden Durchlauf genannt. Ein Durchlauf umfassten 6 Test- und 30 reguläre Versuche für Aufgabenstellung *Vergleich Vier* und *Vergleich Population*, sowie 10 Test- und 30 reguläre Versuche für die Aufgabenstellung *Fortschritt Unterstützen*. Die Teilnehmenden führten immer alle Durchläufe für die verschiedenen Diagrammtypen einer Aufgabenstellung am Stück durch. Für eine ausgeglichene Reihenfolge der Aufgabenstellungen und der Diagrammtypen innerhalb der Aufgabenstellung wurde ein Lateinisches Quadrat Design verwendet. Zusätzlich gab es die Bedingungen, dass die Aufgabenstellungen *Vergleich Vier* und *Vergleich Population* immer am Stück (aber in beliebiger Reihenfolge) kamen. Dies diente dazu, dass die Teilnehmenden jeweils die Aufgaben am Stück lösen muss, bei welchen es eine korrekte Antwort gab, in Gegensatz zu jenen, bei welchen sie eine rein subjektive Entscheidung treffen mussten.

Neben den objektiven Messwerten ließen wir die Konzepte durch die Studienteilnehmenden nochmals nach ästhetischen Maßstäben bewerten. Wir erwarten, dass Avatar-Darstellungen dabei überwiegend ansprechender auf die Betrachtenden wirken. Da die Nutzenden über die Funktionsweise der Visualisierungen aufgeklärt werden, sollte das intuitive Verständnis eine untergeordnete Rolle für Antwortzeit und Fehlerrate darstellen, wenn Erkenntnisse (*auf welchem Platz bin ich?; wo werde ich in der Population eingeordnet?*) aus den Visualisierungen gezogen werden sollen. Wir vermuten, dass keine großen Unterschiede zwischen Säulendiagramm beziehungsweise Histogramm und den Avatar-Darstellungen bezüglich Antwortzeit und Fehlerrate bestehen.

Über die Konzepte zum *Fortschritt Unterstützen* lassen sich nur schwer Annahmen machen. Wir vermuten, dass Säulendiagramme ein Einbrechen der Leistung an einzelnen Tagen eher

verkräften als Liniendiagramme, diese aber bei konstant guter Leistung überzeugender erscheinen werden. Außerdem vermuten wir, dass die farbliche Kodierung der angezeigten Daten, wie sie beim gestapelten Säulendiagramm und dem gefärbten Liniendiagramm vorkommen, ebenfalls gute Leistungen besser hervorheben, im Falle des Liniendiagramms schlechte Tage wiederum gewichtiger erscheinen lassen werden. Unsere Erwartung ist, dass die Säulendiagramme besser abschneiden werden als die Liniendiagramme, wobei das gestapelte Säulendiagramm überzeugender als das annotierte Säulendiagramm sein und das annotierte Liniendiagramm überzeugender als das gefärbte Liniendiagramm wirkt.

9.1.2. Prozedur

Jede Studienteilnahme begann damit, dass die Teilnehmenden eine Einverständniserklärung unterschrieben und einen Fragebogen mit Hintergrundinformationen ausfüllte. Als nächstes bekam die Teilnehmenden eine kurze Beschreibung der Studie zu lesen. Diese umfasste eine Übersicht der verschiedenen Aufgabenstellungen und Diagrammtypen sowie den generellen Ablauf der Studie. Nachdem eventuelle Unklarheiten zu den Diagrammtypen und Aufgabenstellungen geklärt wurden, führten die Teilnehmenden die verschiedenen Durchläufe durch.

Wenn eine Aufgabenstellung abgeschlossen war, wurden die Teilnehmenden nach allgemeinen Anmerkungen oder direkten Bemerkungen zu den einzelnen Diagrammtypen gefragt. Außerdem wurden sie gebeten ein Ranking für die Diagramme nach den Faktoren Ästhetik, Effizienz und Vertrauen in die Richtigkeit der Antwort (Aufgabenstellung *Vergleich Vier* und *Vergleich Population*) beziehungsweise Ästhetik und Bereitschaft das Ziel anzupassen (Aufgabenstellung *Fortschritt Unterstützen*) durchzuführen.

9.1.3. Stimuli Generierung

Da sich alle drei Aufgaben in den angezeigten Daten voneinander unterscheiden, wurde für jede ein eigenständiger Datensatz generiert. In den Aufgaben *Vergleich Vier* und *Fortschritt Unterstützen* bewegten die Daten sich auf der Skala von 0 bis 260 eines fiktiven Datenwertes, welcher einen Aktivitätswert (etwa Schritte oder aktive Zeit) repräsentiert. Für die Aufgabe *Vergleich mit Population* wurde ein prozentualer Wert (0 bis 100) generiert, der die jeweilige Einordnung in der Population darstellt.

Für die Aufgabe *Vergleich Vier* wurden vier Fälle generiert. Man selbst befand sich auf Platz Eins, Zwei, Vier oder Fünf. Dafür wurde zunächst der eigene Startwert generiert (Platz 1 = 240 ± 20 , Platz 2 = 200 ± 20 , Platz 3 = 160 ± 20 , Platz 4 = 140 ± 20). Abhängig von diesem Datenwert wurden dann dem Platz entsprechend bessere oder schlechtere Datenwerte zufällig generiert. Die Daten hatten immer einen Abstand von mindestens 10 Einheiten vom eigenen Wert und konnten im Intervall von 60 bis 260 liegen. Dadurch wurde versucht eine möglichst breite Streuung der Daten zu erzeugen, um unterschiedlichste Aktivitätsleistungen wie sie in der Realität vorkommen zu repräsentieren. Für jeden Platz wurden neun Stimuli generiert, was eine Gesamtzahl von 36 Stimuli ergibt.

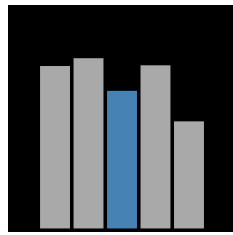
Für die Aufgabe *Vergleich Population* wurden sechs Fälle gewählt. Untere 10 Prozent, um die 25 Prozent, um die 45 Prozent, um die 55 Prozent, um die 75 Prozent und Top Zehn

Prozent, um eine gleichmäßige Verteilung mit den Randwerten für beide Fälle (ich bin in den Top 50 Prozent oder ich bin es nicht) zu erlangen. Für jeden Fall wurden sechs Stimuli generiert, was insgesamt 36 Stimuli pro Diagrammtyp ergab.

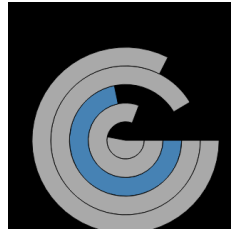
Für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* wurden vierzehn verschiedene Fälle gewählt, in welchen 0-7 mal das vorgeschlagene Ziel und 0-7 mal das aktuelle Ziel erreicht wurde, sowie 0-3 das aktuelle Ziel verfehlt wurde. In der Summe waren es immer sieben Datenwerte, um den Verlauf einer Woche zu simulieren. Das aktuelle Ziel lag bei 190, das neue Ziel bei 230. Wenn das aktuelle Ziel 5.000 Schritten entsprechen würde, wäre das neue Ziel bei etwa 6.000 Schritten, was eine aus unserer Sicht realistische Steigerung darstellt. Für Tage unter dem Ziel wurden zufällige Werte von 10 bis 179 generiert, um alles von einem faulen Tag auf dem Sofa bis hin zum knappen Verfehlen des Ziels darzustellen. An Tagen, an denen das aktuelle Ziel erreicht wurde, bewegte sich der Wert zwischen 180 und 229. Tage über dem Ziel erhielten einen zufällig generierten Wert von 230 bis 260. Während höhere Werte durchaus realistisch sind (beispielsweise sportlich aktive Tage, Wandertage, etc.) haben wir uns entschieden, dass diese weniger Einfluss darauf haben, ein für den Alltag gestecktes Ziel zu setzen und diese deswegen vernachlässigt werden können. Die beiden Extremfälle siebenmal über aktuellem aber unter neuem Ziel sowie siebenmal über neuem Ziel wurden jeweils einmal generiert. Die anderen zwölf Fälle (siehe Tabelle A.1 im Anhang A.1) wurden jeweils in vier Ausführungen als Stimulus generiert, womit insgesamt 40 Stimuli zur Verfügung standen.

Zum Zeichnen der Stimuli wurde D3 verwendet. Beispiele von Stimuli für alle neun Diagrammtypen lassen sich in Abbildung 9.1 finden. Für das Säulendiagramme (a), (f), (g) und das Histogramm (d) wurde einen Bereich von 240 px auf 240 px verwendet und für die Radialbalkendiagramme (b) einen Bereich von 210 px auf 210 px. Dies sollte dem Ziel dienen, dass die generierten Säulendiagramme in der Theorie auch auf einem runden Display ohne Skalierung angezeigt werden können (siehe Abbildung 5.4 (c)). Für die Icon-Versionen „Rennstrecke“ (Abbildung 9.1 (c)) und „Aktivitätsmetapher“ (e) verwendeten wir einen Bereich von 320 px auf 80 px. Eine hohe Breite ermöglicht eine bessere Skalierung der Datenwerte, durch die eingeschränkte Höhe sollte die Darstellung trotzdem kein Problem für runde Displays darstellen. Die Liniendiagramme (h), (i) sind als einzige in der Form für die Studie nicht für beide Displayformen ausgelegt. Zunächst wurden sie ebenfalls mit 240 px auf 240 px kodiert, doch in einer Kurzumfrage unter fünf Teilnehmenden merkten alle fünf an, dass sie es unästhetisch und verwirrend fanden, dass die Linien nicht über die volle breite des Bildschirms gingen. Folglich wurden diese mit den Maßen 320 px auf 320 px gezeichnet und müssten für ein rundes Display angepasst werden.

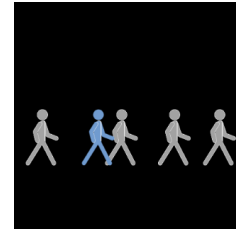
Im Säulendiagramm und Radialbalkendiagramm in Aufgabe *Vergleich Vier* wurde der Balken mit dem eigenen Wert stets mittig platziert, da man selbst im Mittelpunkt steht und sich mit den anderen vergleicht. In der „Rennstrecke“ gestaltete sich ein solches Vorgehen schwierig, da die X- und nicht die Y-Achse den angezeigten Wert codiert. Stattdessen wurde entschieden, dass der erste Platz die Position ganz rechts auf der x-Achse einnimmt und der letzte Platz ganz links. Dass diese Visualisierung sich dadurch von den anderen durch einen verschobenen Nullpunkt unterscheidet, macht diese Lösung nicht zu hundert Prozent ideal. Wir haben uns dennoch für diese Variante entschieden, da als primäres Merkmal der relative Vergleich zur Leistung anderer dient und nicht die absolute Leistung.



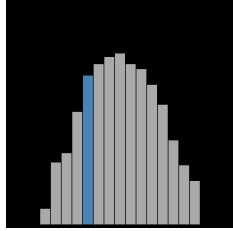
(a) Säulendiagramm



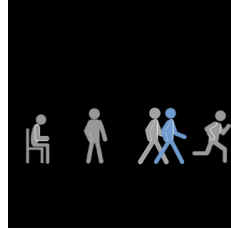
(b) Radialbalkendiagramm



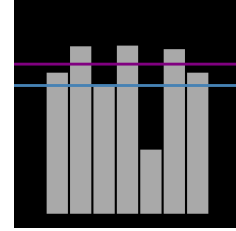
(c) „Rennstrecke“



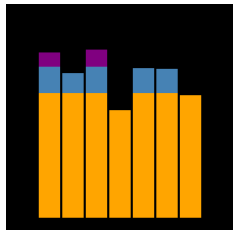
(d) Histogramm



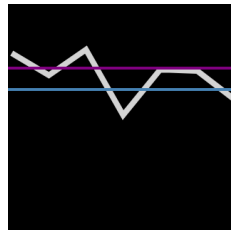
(e) „Aktivitätsmetapher“



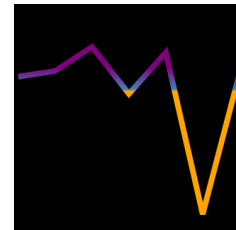
(f) Annotiertes Säulendiagramm



(g) Gestapeltes Säulendiagramm



(h) Annotiertes Liniendiagramm



(i) Gefärbtes Liniendiagramm

Abbildung 9.1.: Beispiele für Stimuli der verschiedenen Aufgabenstellungen der Studie: Aufgabe *Vergleich Vier* (a bis c), Aufgabe *Vergleich Population* (d bis e) und Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* (f bis i).

Die Farbwahl in den Aufgabenstellung *Vergleich Vier* und *Vergleich Population* führt das Motto des „selber im Mittelpunkt stehen“ fort. Alle anderen Balken und Icons wurden in einem hellen grau gefärbt, während der eigene Balken oder das eigene Icon in einem matten Hellblau gefärbt wurde. In der Aufgabenstellung *Fortschritt Unterstützen* wurden Violett, Hellblau und Hellorange als Farben gewählt. Auch wenn in der Vorstudie angemerkt wurde, dass manchen Teilnehmern eine rot-grün-Farbwahl lieber wäre, wurde sich für diese Farben entschieden, da sie Menschen mit einer Schwäche in der Farbwahrnehmung (speziell rot-grün-Schwäche) entgegenkommen. Bei der Wahl aller Farben wurde darauf geachtet, dass sie für Farbenblinde geeignet und innerhalb der jeweiligen Diagramme isoluminant sind, damit keine der Farben einen besonderen Fokus auf sich zieht.

9.1.4. Geräte

Als Anzeigegerät wurde eine Sony SmartWatch 3 mit Android Wear 2.8.0 Betriebssystem verwendet. Abbildung 9.2 (a) zeigt die Smartwatch. Das Display der Smartwatch ist



(a)



(b)

Abbildung 9.2.: Der Versuchsaufbau: (a) die verwendete Sony SmartWatch3, wie sie ein Diagramm anzeigt, und (b) die Konstruktion, zur Halterung der Smartwatch.

quadratisch und misst 28,73 mm auf 28,73 mm. Die Auflösung beträgt 320 px auf 320 px (Pixelgröße von 0,089mm). Sie entspricht damit der durchschnittlichen Displaygröße, wie in Abschnitt 5.2.2 festgestellt wurde, hat jedoch kein rundes Display. Wie in Abschnitt 9.1.3 beschrieben, wurden die meisten Visualisierungen darauf ausgelegt, auch auf einem runden Display mit voller Größe angezeigt zu werden.

Für die Position der Smartwatch verwendeten wir die Erkenntnisse von Blascheck et al. [BBB+18]. Sie untersuchten, in welchem Winkel und von welcher Distanz Personen für gewöhnlich Informationen von ihrer Smartwatch ablesen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Personen die Smartwatch in einer Distanz von 28 Zentimetern in einem Neigungswinkel von 50 Grad und in einem Winkel von 10 Grad zum Sichtfeld lesen. Um diese Werte während der Studie zu gewährleisten, wurde der von Blascheck et al. für ihre Studie [BBB+19] entwickelte Stand verwendet.

Die Teilnehmer wurden angewiesen, sich bequem auf einen Stuhl zu setzen. Anschließend wurde die Smartwatch wie oben beschrieben ausgerichtet. Zur Eingabe ihrer Antworten verwendeten die Teilnehmer eine Computertastatur, auf welcher sie die *rechte* oder *linke Pfeiltaste* drücken mussten. Den Teilnehmern blieb es überlassen die Tastatur nach ihrem Belieben zu positionieren. Alle Teilnehmer platzierten die Tastatur zur rechten Seite der Smartwatch-Aufhängung, in einem variierenden Winkel, der von den persönlichen Vorzügen abhing. Abbildung 9.2 (b) zeigt den Versuchsaufbau mit der Smartwatch-Aufhängung und der Tastatur. Den Teilnehmenden war es während des Studienablaufes ebenso erlaubt, ihre Sitzposition zu verändern, ohne dass die Smartwatch neu justiert wurde. Reale Bedingungen beinhalten oft ein Näher- oder weiter Weghalten der Uhr zum besseren Erkennen der Daten und selten eine statische Position, weswegen wir keine Neuausrichtung durchführten.

Ein Lenovo Legion Y520 Laptop mit Windows 10 wurde verwendet, um eine Java Anwendung auszuführen. Diese protokollierte, welche Taste gedrückt wurde, wie lange es gebraucht hatte, bis die Teilnehmenden antwortete, und ob es die korrekte Antwort war (beziehungsweise wie sie sich in der Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* entschieden hatten).

Die Smartwatch und der Laptop waren über einen WiFi Hotspot miteinander verbunden und kommunizierten über das Transmission Control Protocol (TCP).

9.1.5. Teilnehmer

An der Studie nahmen 16 Teilnehmer (11 Männer und 5 Frauen; 1 Auszubildender, 10 Studierende, 2 Forschende, 3 Berufstätige) mit einem durchschnittlichen Alter von 30 Jahren (SD: 11,5) teil. Die höchste von den Teilnehmern erlangten Abschlüsse waren Mittlere Reife (1), Abitur (3), Bachelorabschluss (9), Masterabschluss (3), Diplomabschluss (1) und Lehramtsstudium (1). Bis auf drei Personen (VWL, BWL und Physik) hatten alle Teilnehmer einen beruflichen, studentischen oder forschenden Hintergrund in der Informatik. Alle Teilnehmer hatten normale Sehkraft oder trugen während der Studie eine Sehhilfe. Keiner der Teilnehmer gab an eine Störung der Farbwahrnehmung zu haben. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig und wurde mit 10 Euro vergütet.

Ein Teilnehmer gab an eine Smartwatch, welche er auch zum Tracking seiner Aktivitätsdaten nutzte, zu besitzen (Huawei Watch). Drei Teilnehmer trugen im Alltag einen Fitness-Tracker (Mi Band 2, Mi Band 3, Fitbit Charge 3) und sechs Teilnehmer verwendeten eine Tracking-App auf dem Smartphone (Huawei Health, Samsung Health, Pedometer for Android, Google Fit, MyFitnessPal). Da die Teilnehmer in der Studie eine Smartwatch direkt vor sich hatten und mit dieser konkrete Aufgaben erfüllten, wurde die Entscheidung getroffen, dass keine Einschränkung des Teilnehmerfeldes wie in der Vorstudie von Nöten ist.

Sieben Teilnehmer gaben an, Visualisierungen zu nutzen, um die von ihnen getrackten Aktivitätsdaten einzusehen. Die Teilnehmer bewerteten ihre Vertrautheit mit dem Säulendiagramm ($M = 4,69$; $SD = 0,60$), dem Radialbalkendiagramm ($M = 2,81$; $SD = 1,33$), dem Histogramm ($M = 4,38$; $SD = 0,72$) und dem Liniendiagramm ($M = 4,62$; $SD = 0,72$) auf einer Fünfpunkteskala (1 = gar nicht vertraut und 5 = sehr vertraut).

9.2. Ergebnisse

Im Folgenden gehen wir auf die Ergebnisse der Studie ein. Dabei gab es für die Aufgaben *Vergleich Vier* und *Vergleich Population* eine Aufgabenstellung, die klar richtig oder falsch gelöst werden konnte. Deswegen werden hierfür die Messwerte Antwortzeit und Fehlerfreiheit der Antworten betrachtet. Für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* gab es keine objektiv richtige oder falsche Antwort, sondern nur die Überzeugungskraft, welche eine Visualisierung auf den Betrachter hatte. Abschließend gaben die Teilnehmer noch eine subjektive Einschätzung zu den Visualisierungen ab.

Für die Analyse der gemessenen Antwortzeiten verwendeten wir Intervallschätzungen [Dra16] und liefern in diesem Abschnitt Durchschnittswerte und Konfidenzintervalle. Diese Konfidenzintervalle wurden unter Verwendung des BCa Bootstrapp-Verfahren berechnet. Es handelt sich dabei um 95% Konfidenzintervalle, folglich können wir zu 95% sicher sein, dass der Erwartungswert sich innerhalb dieses Intervalls befindet. Unsere Ergebnisse können damit als repräsentativ für den wahren Erwartungswert betrachtet werden.

9.2.1. Antwortzeit

Insgesamt ergaben sich 80 Durchläufe von 16 Teilnehmenden für jeweils fünf verschiedene Visualisierungen, bei welchen die Antwortzeit ein relevanter Messwert war. Tabelle 9.1 sowie die Abbildungen 9.3 (a) und (c) liefern eine Zusammenfassung der Konfidenzintervalle für die Durchschnittswerte der einzelnen Diagramme. Die Abbildungen 9.3 (b) und (d) zeigen die Differenzen der Durchschnittswerte zwischen zwei Diagrammen.

Für die Aufgabe *Vergleich mit Vier* ergab sich bei der „Rennstrecke“ die geringste durchschnittliche Antwortzeit von 802 ms. Antworten für das Säulen- und Radialbalkendiagramm brauchten über 200 ms beziehungsweise fast 600 ms länger. Dass eine große Varianz in den Antwortzeiten stecken kann, zeigen Konfidenzintervalle von über 300 ms für die „Rennstrecke“ sowie das Säulendiagramm und von über 400 ms für das Radialbalkendiagramm.

Im Vergleich mit der Population brauchten die Teilnehmer deutlich kürzer, um eine Antwort geben zu können. Die durchschnittliche Antwortzeit für das Histogramm betrug 675 ms und 837 ms für die Aktivitätsmetapher. Für das Konfidenzintervall des Histogramms ergab sich dabei ein Wert von 161 ms, welcher weniger potenzielle Schwankungen in der Antwortzeit suggeriert als die „Aktivitätsmetapher“, welche ein Konfidenzintervall von 264 ms besitzt und damit näher am Säulendiagramm und der „Rennstrecke“ liegt.

9.2.2. Fehlerfreiheit

Neben der Antwortzeit der Teilnehmer auf einen Stimulus protokollierten wir auch, ob diese Antwort korrekt war. Schnell etwas in einer Visualisierung zu erkennen bringt nichts, wenn diese Erkenntnis falsch ist. Tabelle 9.1 liefert eine Übersicht der Fehlerfreiheit aller Visualisierungen der Aufgaben *Vergleich mit Vier* und *Vergleich mit Population*.

Alle Diagrammtypen zeigten dabei eine Fehlerfreiheit von über 90%. Besonders in der Aufgabe *Vergleich mit Population* wurden für die Aktivitätsmetapher und das Histogramm 99% korrekte Antworten gemessen. Tatsächlich wurden während der Durchläufe mit dem Histogramm von allen Teilnehmern nur ein einziger Fehler gemacht. Für die Aufgabenstellung *Vergleich mit Viert* kam die „Rennstrecke“ ebenfalls auf 99% Fehlerfreiheit und das Säulendiagramm auf 97%. Das Radialdiagramm hatte mit 94% Fehlerfreiheit die höchste Fehlerrate aller Diagramme, wobei dies im Durchschnitt trotzdem nur zwei Fehler pro Durchlauf mit dreißig Antworten bedeutete.

9.2.3. Überzeugungskraft

Für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* gab es keine richtigen oder falschen Antworten, sondern lediglich die persönliche Bewertung der Teilnehmer, ob sie ihr Ziel anpassen würden oder nicht. Folglich stellte Fehlerfreiheit hier keinen brauchbaren Messwert dar. Stattdessen wurde gemessen wie gut ein Diagramm die Teilnehmenden überzeugen kann, ihre Ziele anzupassen.

Wann Teilnehmende bereit sind, ihre Ziel anzupassen, ist dabei völlig subjektiv und hängt stark von der einzelnen Person ab. Eine Teilnehmende passte nur durchschnittlich 5,25-mal

Tabelle 9.1.: Durchschnittswert und Konfidenzintervall in Millisekunden sowie die Fehlerfreiheit für jedes Diagramm der Aufgabe *Vergleich mit Vier* und *Population*.

Diagramm	Antwortzeit	Konfidenzintervall	Fehlerfreiheit
Radialbalkendiagramm	1399	[1185, 1610]	94%
Säulendiagramm	1065	[913, 1248]	97%
„Rennstrecke“	802	[699, 1002]	99%
Histogramm	675	[603, 765]	99%
„Aktivitätsmetapher“	837	[729, 993]	99%
Δ Antwortzeit		Δ Konfidenzintervall	
Säule - „Rennstrecke“	263	[187, 357]	
Radial - Säule	333	[226, 449]	
Radial - „Rennstrecke“	597	[438, 786]	
Histogramm - „Aktiv.“	161	[63, 319]	

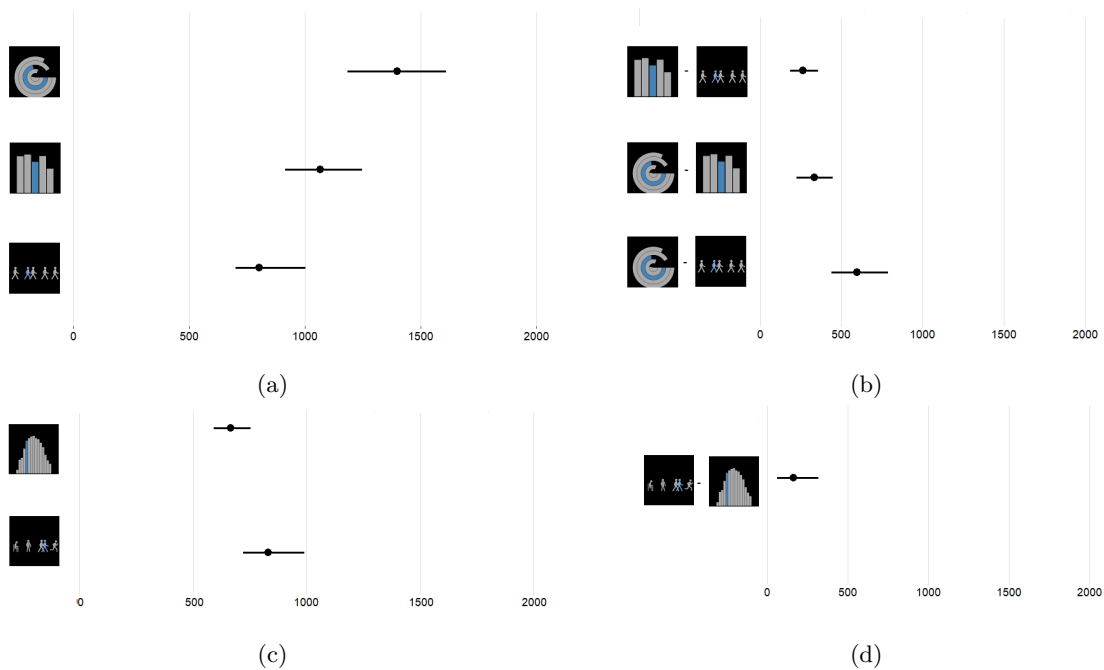


Abbildung 9.3.: Durchschnittliche Antwortzeit in Millisekunden für Diagramme der Aufgaben *Vergleich Vier* (a) und *Population* (b). Differenzen der durchschnittlichen Antwortzeiten zwischen den Diagrammen für *Vergleich Vier* (c) und *Population* (d). Die Balken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.

Tabelle 9.2.: Ranking der verschiedenen Diagrammtypen zur Unterstützung des Fortschrittes, abhängig davon, wie oft sie einen Teilnehmer davon überzeugten ihr Ziel anzupassen.

Diagrammtyp	Relative Überzeugungskraft			
	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4
Säulendiagramm Annotiert	6	5	3	2
Säulendiagramm Gestapelt	9	4	1	2
Liniendiagramm Annotiert	3	4	2	7
Liniendiagramm Gefärbt	1	5	6	4

sein Ziel an, während eine anderer durchschnittlich 25,5-mal ihre Ziel anpasste. Absolute Anpassungszahlen zu betrachten macht also eher wenig Sinn aus unserer Sicht. Ein besserer Ansatz ist zu untersuchen, welche Überzeugungskraft die verschiedenen Diagrammtypen jeweils relativ zu einander für einen Nutzer haben. Dazu führten wir ein Ranking der Diagrammtypen je Teilnehmer durch, wie oft er sein Ziel pro Diagrammtyp anpasste.

Tabelle 9.2 zeigt wie oft ein Diagramm bei den Teilnehmenden auf den jeweiligen Rängen 1-4 war. Dabei sei angemerkt, dass es drei geteilte erste und zwei geteilte zweite Plätze gab. Dies rührte beispielsweise daher, dass ein oder eine Teilnehmende bei zwei verschiedenen Diagrammen sein oder ihr Ziel 22-mal anpasste und damit beide Diagramme auf dem ersten Rang landeten. Der durchschnittliche Rang des gestapelten Säulendiagramm und vor allem neun erste Ränge, ließen dieses am Überzeugendsten sein. Gefolgt wurde es vom annotierten Säulendiagramm mit dem zweithöchsten Durchschnittsrang. Das annotierte Liniendiagramm folgte auf Rang drei lag knapp vor dem gefärbten Liniendiagramm.

9.2.4. Subjektive Bewertung

Nachdem alle Durchläufe einer Aufgabe erledigt waren, gaben die Teilnehmer den Visualisierungen Ränge bezüglich der Ästhetik (siehe Tabelle A.2 im Anhang A.2). Nach den beiden *Vergleich*-Aufgaben sollten sie Visualisierungen außerdem nach den Kriterien Effizienz (siehe Tabelle A.3 im Anhang A.2) und das Vertrauen in die eigene Fähigkeit, die korrekte Information aus der Visualisierung ziehen zu können (siehe Tabelle A.4 im Anhang A.2), beurteilen. Für die *Unterstützung des Fortschritts* wiederum sollten sie Ränge für die Visualisierungen davon abhängig geben, bei welcher sie glaubten das Ziel am öftesten angepasst zu haben (siehe Tabelle A.5 im Anhang A.2).

Ästhetik

Bezüglich der Ästhetik gefiel die „Rennstrecke“ den Teilnehmern am besten, während das Säulendiagramm eindeutig den zweiten und das Radialbalkendiagramm den dritten

Rang einnahm. Nur einem einzelnen Teilnehmer (T09) gefiel die „Rennstrecke“ nicht, was er mit *„ich mag einfach keine Männchen“* begründete. Die anderen Anmerkungen zur Ästhetik waren von positiver Natur. T08 meinte *„man fühlt sich [von dieser Visualisierung] angesprochen“* und T04 merkte an, dass *„die Männchen gut zum sportlichen Aspekt passen.“*

Die „Aktivitätsmetapher“ wurde vom ästhetischen Aspekt dem Histogramm gegenüber ebenfalls klar bevorzugt. Teilnehmer T01 fand die „Aktivitätsmetapher“ *„wesentlich schöner als das Histogramm“*. Doch auch zur „Aktivitätsmetapher“ gab es negative Äußerungen bezüglich der Ästhetik. Teilnehmer T09 *„mochte noch immer keine Männchen“* und Teilnehmer T06 fand die „Aktivitätsmetapher“ *„einfach nicht so geschmeidig“* wie das Histogramm.

Das gestapelte Säulendiagramm sprach von den Visualisierungen für *Fortschritt Unterstützen* die Teilnehmer ästhetisch am meisten an. Dahinter folgten das gefärbte Liniendiagramm, das annotierte Säulendiagramm und schließlich das Säulendiagramm. Wir hatten das Gefühl, dass die Teilnehmer bei diesem Ranking länger zögerten, als bei den anderen beiden Aufgaben. Teilnehmer T01 merkte auch an, dass hier *„keine starken Unterschiede zwischen den einzelnen Diagrammen“* bestehen.

Effizienz

Auch nach der Effizienz betrachtet bewerteten die Teilnehmer die „Rennstrecke“ am besten, mit dem Säulendiagramm und Radialbalkendiagramm auf den Rängen zwei und drei. Jedoch fiel der Unterschied zwischen der „Rennstrecke“ und dem Säulendiagramm nicht ganz so deutlich aus. Das Radialbalkendiagramm belegte jedoch immer noch abgeschlagen den letzten Rang. Dies spiegelte sich auch in Anmerkungen der Teilnehmer wieder. T03 meinte bezüglich des Radialbalkendiagramms: *„ist schlecht, viel schwieriger zu erkennen, muss nachgedacht werden und kann nicht intuitiv gemacht werden.“* Diese Einschätzung der Effizienz stimmte mit den tatsächlichen Antwortzeit der Studie überein.

Ob das Histogramm oder die „Aktivitätsmetapher“ effizienter ist, wurde von den Teilnehmern unterschiedlicher bewertet, wobei die „Aktivitätsmetapher“ am Ende von etwas mehr Teilnehmern (neun zu sieben) als effizienter betrachtet wurde. Teilnehmer T16 merkte an, dass man *„bei den Grenzfällen [des Histogramms] nachdenken muss“*, also wenn man in einem Balken nahe der Mitte eingeordnet wurde. In der Studie zeigten sich für das Histogramm etwas kürzere Antwortzeiten, was nicht völlig mit der subjektiven Wahrnehmung übereinstimmt, aber gut widerspiegelt, dass die Antwortzeiten der beiden Diagramme näher beieinander lagen, als bei den anderen dreien.

Vertrauen in Korrektheit

Für das Vertrauen die korrekten Informationen aus der Visualisierung ziehen zu können, ergab sich für den *Vergleich mit vier* das selbe Bild wie für die anderen beiden Bewertungsaspekte. Die „Rennstrecke“ auf Rang eins, das Säulendiagramm auf Rang zwei und das Radialbalkendiagramm auf Rang drei, dieses mal wieder deutlich. Für das Radialdiagramm wurden einige Gründe aufgezählt, warum Teilnehmer an der Korrektheit ihrer Antwort

Zweifel hatten. Teilnehmer *T04* merkte an, dass „*man eher auf die Fläche des Balken achtet, wodurch die äußeren Balken überschätzt werden, was T09 ebenfalls auffiel: „man achtet eher auf die Fläche des Balken satt den Winkel.“* Auch der kleinste Balken im Diagramm sorgte für Verwirrung. Teilnehmer *T12* meinte, dass der „*kleine Balken in der Mitte verwirrend [ist], ob er zählt oder nicht.*“ Für die anderen beiden Diagramme wurden nur die Fälle kritisch betrachtet, wenn Werte sich kaum von einander unterscheiden. Im Säulendiagramm „*kann es schwierig [sein], wenn Werte relativ nah beieinander liegen*“ (*T07*) und auf der „*Rennstrecke*“ „*wird es schwerer, wenn Männchen sich überlappen*“ (*T16*). Die in der Studie gemessene Fehlerfreiheit der einzelnen Diagramme stimmt mit dieser Einschätzung überein.

Während das *Vergleichs mit Population* hatten wieder deutlich mehr Teilnehmer das Gefühl bei der „*Aktivitätsmetapher*“ eher die korrekte Antwort geben zu können. Teilnehmer *T08* etwa bemerkte, dass die „*Männchen viel klarer als das Histogramm*“ sind. Beide Diagramme zeigten eine Fehlerfreiheit von 99%, wodurch aus objektiver Sicht keine wirkliche Unterscheidung zwischen den beiden Diagrammen gemacht werden kann. Die subjektive Sicherheit das richtige eher in der „*Aktivitätsmetapher*“ zu erkennen, kann als Unterscheidungsmerkmal genommen werden.

Wahrgenommene Überzeugungskraft

Beim gestapelten Säulendiagramm hatten die Teilnehmer am häufigsten das Gefühl ihr Ziel angepasst zu haben. Danach folgte das annotierte Säulendiagramm, das gefärbte Liniendiagramm (acht mal Rang drei) und das annotierte Liniendiagramm (sieben mal Rang vier). Teilnehmer *T06* begründete seine Einordnung damit, dass die Säulendiagramme „*weniger sensibel für Ausreißer [sind], weil der kleine Balken weniger schlimm aussieht als die abfallende Linie*“ und „*der Ausreißer es schon herausreißt*“ bei den Liniendiagrammen. Die Einschätzung der Teilnehmer bestätigte sich in weiten Teilen auch in den gemessenen Ergebnissen der Studie. Das gestapelte Säulendiagramm war am überzeugendsten, gefolgt vom annotierten Säulendiagramm. Einzig das annotierte Liniendiagramm schnitt tatsächlich etwas besser ab als das gefärbte Liniendiagramm.

9.3. Diskussion

Diese Arbeit hat das Ziel den Design Space für Visualisierung zur Anzeige von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Benachrichtigungen auf Smartwatches aufzuspannen, vorhandene Visualisierungen einzuordnen, neue Visualisierungen zu entwerfen und diese darauf zu überprüfen, wie gut sie geeignet sind. Wir stellten fest, dass ein Interesse an einem verwendeten Diagramm, wie auch an den angezeigten Daten eine wichtige Rolle spielt. Auf diese beiden Faktoren überprüften wir unsere Konzepte bereits in der in Kapitel 8 beschriebenen Onlineumfrage. Als weitere Herausforderungen für eine Visualisierung stellte sich heraus, dass sie schnell und korrekt erfassbar sein muss oder alternativ den Betrachter anregt, sich tiefer mit den angezeigten Werten beschäftigen zu wollen. In dieser Studie untersuchten wir die ausgewählten Konzepte auf diese Eigenschaften.

9.3.1. Ergebnisse und Schlüsse für das Design

Für die Aufgabe *Sozialer Vergleich* überprüften wir, wie schnell und korrekt gezeigte Informationen erfasst werden können. Für den *Vergleich Vier* konnten die Teilnehmer am schnellsten und korrektesten Informationen auf der „Rennstrecke“ (802 ms, 99%) erfassen, ob sie zu den vorderen oder hinteren Plätzen gehören. Das Säulendiagramm (1065 ms, 97%) und das Radialbalkendiagramm (1399 ms, 94%) zeigten leicht schlechtere, aber immer noch akzeptable Ergebnisse. Die Teilnehmer hatten auch überwiegend das Gefühl, bei den entsprechenden Visualisierungen schneller und korrekter antworten zu können. Von einem ästhetischen Standpunkt wurde die „Rennstrecke“ dem Säulendiagramm und dieses dem Radialbalkendiagramm bevorzugt.

Dies unterstützt unsere These, dass Metaphern, speziell ein Avatar, in welchem der Betrachter sich selbst wiederfindet, diesen eher ansprechen als gewöhnliche Diagrammtypen. Dass sich Erkenntnisse schneller und korrekter aus der „Rennstrecke“ ziehen lassen, als aus dem Säulen- oder dem Radialbalkendiagramm macht es zum klaren Gewinner der drei Designs in unserer Studie. Dies bedeutet aber nicht, dass es die einzige Visualisierung sein sollte, die Anwendung findet. Studien [AEB18a], [FFD12], [LDF11] kamen zu dem Ergebnis, dass es keine „einzig wahre“ Visualisierung gibt, sondern auch auf den persönlichen Geschmack des Betrachters eingegangen werden muss.

Im *Vergleich Population* konnten die Teilnehmer ihre Leistung im Histogramm leicht schneller und korrekter (675 ms, 99%) einordnen als mit der „Aktivitätsmetapher“ (837 ms, 99%). Vom Gefühl her glaubte die Mehrheit jedoch bei der „Aktivitätsmetapher“ schneller und korrekter antworten zu können. Diese wurde auch deutlich öfters als die ästhetischere Visualisierung wahrgenommen.

Es bestärkt also erneut unsere Annahme, dass eine Avatar-Darstellung ein gutes Design darstellt, welches eine sinnvolle Ergänzung zum Pool der bisher in kommerziellen Geräten verwendeten Visualisierungen sein kann. Dem Histogramm sollte seine Daseinsberechtigung trotzdem nicht abgesprochen werden. Teilnehmer *T11* beispielsweise merkte an, dass „*das Histogramm für kompetitive Menschen wahrscheinlich besser [ist], da man noch besser sieht, wie viele man hinter sich gelassen hat.*“ Verschiedene Visualisierungen besitzen verschiedene Vorzüge und sollten deshalb den Wünschen des Betrachters entsprechend angepasst werden, um ihre maximale Wirkung zu entfalten.

Für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* untersuchten wir, ob die Teilnehmer sich von den angezeigten Visualisierungen dazu bewegen lassen können, ihre persönlichen Ziele anzupassen, um einen positiven Wandel zu einem aktiveren Lebensstil weiter fortzuführen. Dabei zeigten sich bei beiden Varianten des Säulendiagramms die meisten Anpassungen. Wir vermuten, dass sich dies unter anderem darauf zurückführen lässt, dass im Liniendiagramm einzelne Ausreißer, gerade am letzten angezeigten Tag, schwerer gewichtet werden. Dies wurde auch von den Teilnehmern in diversen Anmerkungen aufgeführt. Sie hatten auch überwiegend das Gefühl, bei den Säulendiagrammen häufiger ihr Ziel angepasst zu haben. Soll der Betrachter also bewusst davon überzeugt werden, sein Ziel so häufig wie möglich anzupassen, scheint sich das gestapelte Säulendiagramm am besten dafür zu eignen.

An dieser Stelle müssen wir uns jedoch fragen, ob es auch immer sinnvoll ist, die Ziele anzupassen. Teilnehmer *T07* merkte für das Liniendiagramm an, dass man „*hier [im*

Liniendiagramm] einen Trend besser erkennen kann“ und dass man gerade im gefärbten Liniendiagramm „bei viel Lila geneigt ist [das Ziel] anzupassen, und den Rest zu ignorieren“, also das Ziel angepasst wird, wenn man häufig über dem neuen, vorgeschlagenen Ziel war und geneigt ist einzelne schlechte Tage dann ebenfalls zu ignorieren. Dies kann als ein stärkeres Reflektieren der angezeigten Werte gedeutet werden. Es stellt sich die Frage, ob eine Person möglichst häufig ihr Ziel anpassen soll oder nur dann, wenn es aus ihrer Sicht wirklich Sinn ergibt. Abhängig davon sollte die passende Visualisierung gewählt werden.

9.3.2. Einschränkungen und mögliche weitere Ansätze

Um die Antwortzeiten der Teilnehmer für die verschiedenen Aufgaben und Stimuli zu bestimmen maßen wir die Zeit zwischen dem Erscheinen des Stimulus auf dem Bildschirm der Smartwatch und dem Moment, in welchem eine Taste zum Antworten gedrückt wurde. In diese Messzeit floss nicht nur die Zeit ein, welche eine Person zum Erfassen der angezeigten Daten brauchte, sondern auch um darauf in haptischer Form zu reagieren. Blascheck et al. [BBB+19] berechneten in ihrer Studie den Grenzwert, wie lange ein Stimulus für den Teilnehmer sichtbar sein muss, sodass dieser einen Vergleich zwischen zwei Datenwerten korrekt durchführen kann. Eine weitere Studie unserer Konzepte mit diesem Design könnte unsere Ergebnisse unterstützen oder einen weiteren Ansatzpunkt liefern.

Das Design der Visualisierungen in der Studie war darauf bedacht, diese innerhalb einer Aufgabe so vergleichbar wie möglich zu halten, weswegen auch das Liniendiagramm für den sozialen Vergleich nicht berücksichtigt wurde. Eine weitere Studie mit angepassten Designs durchzuführen, könnte erwogen werden. Gerade für das Säulendiagramm stellten mehrere Teilnehmer die Frage, warum kein geordnetes Säulendiagramm verwendet wurde, für die Aufgabe *Vergleich Vier*. Dies würde das Herausfinden, ob man zu den besseren oder schlechteren beiden Personen gehört, um ein Vielfaches einfacher machen. In diesem Fall müsste dann eventuell die Erkenntnis, welche der Betrachter aus der Visualisierung ziehen kann, angepasst werden.

Für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* wählten wir den Zeitraum von sieben Tagen. Dieser Zeitraum könnte zum einen zu klein sein, um wirklich festzustellen, ob man sein Ziel anpassen sollte, und zum anderen die Säulendiagramme bevorzugen, da einzelne niedrige Datenwerte im Liniendiagramm stärker auffallen, wenn weniger Datenwerte angezeigt werden. Ein Durchlauf mit unterschiedlicher Anzahl an Datenwerten könnte zeigen, ob sich dadurch die Änderungsbereitschaft der Betrachter ändert. Blascheck et al. [BBB+19] visualisierten in ihrer Studie bis zu 24 Datenwerte in Balkendiagrammen auf der Smartwatch und Netashi et al. [NSL+19] präsentierten mit *GSparks* eine Möglichkeit, um Liniendiagramme auch mit vielen Datenwerten effizient auf der Smartwatch anzuzeigen. Größere Mengen an Datenwerten in Diagrammen auf der Smartwatch zu visualisieren ist also möglich.

Auch wenn wir darum bemüht waren, möglichst realistische Werte zur Erzeugung unserer Stimuli in der Studie zu verwenden, handelt es sich immer noch um fiktive Werte. Außerdem wurden alle Ergebnisse unter Laborbedingungen erzielt. Eine Langzeitstudie der Visualisierungen unter realen Bedingungen wie sie etwa Gouveia et al. [GKH15] für *Habito* durchführten, sollte angestrebt werden. Wichtige Punkte für diese Feldstudie wären die Verwendung von den tatsächlich gemessenen Aktivitätsdaten der Teilnehmer und die Anzeige

der Visualisierungen in Benachrichtigungen auf der Smartwatch. Bevorzugt sollten dabei Teilnehmer genommen werden, welche bereits eine Smartwatch besitzen sowie diese bereits als Tracking-Werkzeug verwenden und sich keine leihen müssen. In einer Studie [SL17] zu Fitness-Trackern zeigten sich starke Unterschiede zwischen jenen Teilnehmern, welche sich das Gerät selbst kauften, und jenen, welche einen Fitness-Tracker für die Studiendauer geliehen bekamen.

Gerade in Bezug auf die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* ist eine weitere Untersuchung unter echten Bedingungen empfehlenswert. Es ist eine Sache, gemütlich in einem Stuhl sitzend zu entscheiden, dass man seine Ziele anpassen würde. Ob eine Person diese Anpassung auch wirklich durchführen würde, wenn dies bedeuten würde täglich mehr Schritte machen zu müssen, um das Ziel zu erreichen ist eine andere Sache. Wir konnten zeigen für welche Visualisierungen eine theoretisch höhere Bereitschaft besteht, das Ziel anzupassen, die praktische Anwendung muss jedoch noch nachgewiesen werden.

Auch lässt sich an dieser Stelle die Frage aufgreifen, wann es überhaupt Sinn macht, ein Ziel anzupassen. Wir entwarfen Konzepte zur *Unterstützung von Fortschritt*, da in der Studie von Gouveia et al. [GKH15] die Benutzer ihr Ziel selbst dann nur selten anpassten, wenn sie jeden Tag ihr aktuelles Ziel überschritten. Eine (eventuell individuelle) untere Schranke aufzustellen, ab wann es für den Nutzer Sinn macht, sein Ziel aufzustellen ist eine Aufgabe die eher im Bereich der Gesundheits- oder Verhaltensforschung denn im Forschungsbereich der Visualisierung liegt.

9.4. Zusammenfassung

In diesem Kapitel beschrieben wir eine kontrollierte Studie, welche es zum Ziel hatte, die von uns entworfenen Visualisierungskonzepte nach objektiven Kriterien wie Antwortzeit, Fehlerfreiheit und Überzeugungskraft zu untersuchen. Dafür wurden jene Visualisierungen gewählt, welche die Aufgaben *Sozialer Vergleich* (mit den Ausprägungen *Vergleich mit Wenigen* und *Vergleich mit Population*) sowie *Fortschritt Unterstützen* erfüllen und sich in unserer Onlineumfrage (siehe Kapitel 8) durchsetzten.

Dabei zeigten die Diagramme für beide Teilaufgaben des *Sozialen Vergleichs* durchschnittliche Antwortzeiten von 675-1399 ms und eine Fehlerfreiheit von weit über 90%, womit sie allesamt akzeptable Werte erreichen. Nach subjektiven Maßstäben setzten sich die Visualisierungen mit Avatar-Metaphern klar durch. Für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* fällt eine absolute Bewertung der Überzeugungskraft schwer, da Personen unterschiedlich bereit sind, ihre Ziele anzupassen und deshalb große Schwankungen bestehen. Wir untersuchten jedoch die relative Überzeugungskraft der verschiedenen Konzepte im Vergleich zueinander.

10. Zusammenfassung und Ausblick

Dieses Kapitel gibt eine kurze Zusammenfassung der Erkenntnisse dieser Arbeit und gibt einen Ausblick, wie diese Erkenntnisse genutzt werden können und wie zukünftige Forschungsansätze aussehen könnten.

10.1. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, einen Design Space für die Visualisierung von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Benachrichtigungen auf Smartwatches zu erstellen, bestehende Visualisierungen in diesen Design Space einzuordnen und neue Konzepte zu entwerfen, wo ein Erkundung des Design Space Lücken offenbarte. Außerdem sollten bestehende und entworfene Konzepte in einer Studie miteinander verglichen werden. Dafür gingen wir wie folgend beschrieben vor.

Zunächst wurden in Kapitel 2 verwandte Arbeiten zum Thema betrachtet. Dabei wurden auch einige wichtige Begriffe wie *Personal* und *Lifed Informatics*, *Fitness-Tracker* und *Tracking-App* sowie *Mikrovisualisierungen* erklärt. Außerdem warfen wir einen Blick auf bereits bestehende Design Spaces und wie diese für eine Erkundung aufgespannt wurden.

Den Visualisierungsprozess beschrieben wir in Kapitel 3 und erklärten mit Hilfe dessen die weitere Strukturierung dieser Arbeit. Weiterhin definierten wir, welche Aufgaben (*Status*, *Übersicht*, *Fortschritt Unterstützen*, *Sozialer Vergleich* und *Trends/Muster Erkennen*) eine Visualisierung in unserem Design Space erfüllen kann. Diese leiteten wir von den Erkenntnissen ab, welche Nutzer der *Personal Informatics* und Quantified Selfer aus ihren Daten ziehen wollen. Außerdem beschrieben wir die Funktionsweise von diversen Diagrammtypen, welche in Visualisierungen zur Darstellung der Daten verwendet werden.

In Kapitel 4 gingen wir der Frage nach, welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten für eine Visualisierung typischerweise zur Verfügung stehen würden, aber auch welche davon einen Mehrwert für die Nutzenden besitzen, wenn ihre Selbstvermessung über das reine Verlangen hinaus geht, die Daten aus reinem Interesse tracken zu wollen. Dazu gaben wir zunächst eine Übersicht der in Wearables verbauten Sensorik, welche Aktivitäts- und Gesundheitsdaten sie erfassen können und ob das Mess- und Berechnungsverfahren brauchbare Werte liefert. Wir recherchierten dann, ob diese Sensorik in den meisten aktuellen Wearables verbaut ist und die von ihnen gemessenen Werte folglich auch wirklich zur Verfügung stehen. Abschließend warfen wir einen Blick auf die wissenschaftliche Literatur mit der Frage, welche der Aktivitäts- und Gesundheitsdaten als Indikatoren für einen gesunden Lebensstil dienen können und folglich von Interesse für die Nutzenden sind, die einen solchen anstreben. Dies führte zu einer Liste an Aktivitäts- und Gesundheitsdaten, welche aus unserer Sicht für den Design Space eine Rolle spielen.

In Kapitel 5 betrachteten wir die Benachrichtigung und die Smartwatch jeweils als Anzeigekontext für eine Visualisierung in unserem Design Space. Die Anzahl an erhaltenen Benachrichtigungen auf dem Smartphone und der Smartwatch können als nervig empfunden werden, wenn die Betrachtenden in ihnen keinen Nutzen für sich erkennen (*Perceived Usefulness*). Eine Visualisierung in unserem Design Space sollte also stets einen klaren Mehrwert für die Nutzenden haben.

Von Seiten der Smartwatch spielen die durchschnittliche Nutzungsdauer und die Größe des Bildschirms eine Rolle für Visualisierungen. Die kurze Nutzungsdauer der Smartwatch von meist unter fünf Sekunden verlangt, dass die präsentierten Informationen einer Visualisierung schnell erfassbar sein sollten. Außerdem schränkt der vorhandene Platz auf dem Bildschirm der Smartwatch mögliche Diagrammtypen und auch die Menge der Datenpunkte ein, welche gezeigt werden können. Für eben solche Visualisierungen, die für kleine Bildschirme entworfen sind und deren Inhalt mit einem kurzen Blick erfasst werden können, wurde der Begriff *Mikrovisualisierung* geprägt.

Abschließend warfen wir im letzten Abschnitt von Kapitel 5 einen Blick auf gängige Strategien und Techniken in der Verhaltens- sowie Gesundheitsforschung und untersuchten, ob und wie sich diese auf das Design von Visualisierungen übertragen lassen. Dabei ist speziell die Verwendung von Avataren hervorzuheben, durch welche sich die Betrachtenden selber in der Visualisierung wiederfinden sollen.

Nachdem alle Einflüsse auf den Design Space betrachtet wurden, spannten wir in Kapitel 6 den Design Space auf. Dafür verwendeten wir das Dimensionen Modell. Die Hauptdimensionen des Design Space sind Daten (welche Daten zeige ich an), Zeit (über welchen Zeitraum wurden diese Daten gemessen), Aufgabe (welche Aufgabe soll von der Visualisierung erfüllt werden) und Abstraktion (welches Diagramm, welche Metapher oder Kombination von beidem wird verwendet). Außerdem wurden einige Eigenschaften aufgezählt, welche die Visualisierung genauer beschreiben (bspw.: ist sie Zielorientiert, wie viele Datenpunkte werden angezeigt).

In Kapitel 7 wurden verwendete Visualisierungen von Apps im *Google Play Store* und Konzepte aus der wissenschaftlichen Literatur zusammen gesucht und in den Design Space eingeordnet. Mit Hilfe einer zweidimensionalen und einer Tabellendarstellung wurde der Design Space erkundet, um kaum oder gar nicht belebte Bereiche zu identifizieren. Für diese wurden anschließend eigene Konzepte vorgeschlagen.

Um eine subjektive Bewertung bereits vorhandener und selbst erstellter Konzepte zu erhalten, wurde eine Onlineumfrage durchgeführt, deren Ergebnisse in Kapitel 8 präsentiert wurden. Die Onlineumfrage diente auch dazu, eine engere Auswahl an Konzepten zu finden, welche dann in der Hauptstudie weiter überprüft wurden. Wir konzentrierten uns dabei auf die Aufgabenstellungen *Sozialer Vergleich* und *Fortschritt Unterstützen*, da für beide keine oder kaum bestehende Konzepte in kommerziellen Produkten und der Literatur zu finden sind.

In der Onlineumfrage schnitten acht Visualisierungen deutlich besser ab als die Restlichen. Vier von ihnen waren für die Aufgabe *Sozialer Vergleich* (Säulendiagramm, Radialbalkendiagramm, „Rennstrecke“ sowie „Aktivitätsmetapher“) geeignet und vier für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* (Säulendiagramm annotiert sowie gestapelt und Liniendiagramm annotiert sowie gefärbt). Die Aufgabe *Sozialer Vergleich* unterteilten wir in die Teilaufgaben

Vergleich mit Wenigen (Säulendiagramm, Radialbalkendiagramm sowie „Rennstrecke“) und *Vergleich mit Population* (Histogramm als Variante des Säulendiagramms sowie „Aktivitätsmetapher“). Diese untersuchten wir nach den objektiven Faktoren „Fehlerfreiheit“ und „Antwortzeit“ beziehungsweise „Überzeugungskraft“ in einer kontrollierten Studie, deren Ergebnisse wir in Kapitel 9 präsentierten.

Für den *Vergleich mit Wenigen* zeigte die Rennstrecke mit einer durchschnittlichen Antwortzeit von 802 ms und Fehlerfreiheit von 99% das beste Ergebnis. Das Säulendiagramm (1065 ms, 97%) und das Radialbalkendiagramm (1399 ms, 94%) schnitten jeweils schlechter, aber immer noch akzeptabel ab. In der subjektiven Bewertung, gerade nach Ästhetik beurteilt, schnitt die „Rennstrecke“ am Besten ab, was unsere Argumentation für die Verwendung von Avatar-Darstellungen unterstützt. Im *Vergleich mit Population* zeigte sich für das Histogramm eine kürzere Antwortzeit (675 ms) als bei der „Aktivitätsmetapher“ (837 ms). Die Fehlerfreiheit betrug bei beiden Diagrammen 99%. Nach subjektiven Maßstäben lagen die beiden Konzepte in der Bewertung enger beieinander, wobei die Teilnehmenden die „Aktivitätsmetapher“ bevorzugten.

Bei der Aufgabe *Fortschritt Unterstützten* konnten das gestapelte und annotierte Säulendiagramm die Nutzenden häufiger überzeugen ihre Ziele anzupassen. Das Liniendiagramm in annotierter und gefärbter Variante besaß weniger Überzeugungskraft. Dies wurde von den Teilnehmenden in dieser Form auch subjektiv so wahrgenommen. Vom ästhetischen Standpunkt aus wurde das Säulendiagramm ebenfalls dem Liniendiagramm bevorzugt, wobei die „farbige“ Variante jeweils unter beiden Versionen innerhalb eines Diagrammtyps den Vorzug erhielt.

10.2. Ausblick

Mit der Aufstellung unseres Design Space gaben wir zukünftigen Arbeiten einen Weg, den Bedarf an Visualisierungen strukturiert festzustellen und neue Konzepte für die Visualisierung von persönlichen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten in Benachrichtigungen auf Smartwatches gezielt zu entwerfen. Dabei sollen die Dimensionen und Eigenschaften primär als Leitfaden dienen und sie können oder sollen sogar um neue Ausprägungen erweitert werden — sofern sich diese begründen lassen.

Wir präsentierten einige Visualisierungskonzepte und testeten diese in einer Onlineumfrage und kontrollierten Studie. Während diese Ergebnisse erste Anhaltspunkte gaben, sollte der nächste Schritt daraus bestehen, sie unter realen Bedingungen und mit tatsächlich gemessenen Aktivitäts- und Gesundheitsdaten zu testen. Gerade für die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* kann ein großer Unterschied dazwischen bestehen, ob eine Person angibt, theoretisch bereit zu sein, das Ziel anzupassen und ob sie dies auch wirklich tun würde.

Die Forschung auf dem Gebiet der *Mikrovisualisierung* wird in der kommenden Zeit voraussichtlich weitere Diagrammtypen zur Anzeige von Daten auf kleinen Bildschirmen oder Verfeinerungen bestehender Diagramme entwickeln, wie etwa *GSparks* für Liniendiagramme von Netashi et al. [NSL+19]. Dadurch entstehen neue und potenziell bessere Formen der Abstraktion, welche Anwendung im Design von Visualisierungen in unserem Design Space finden können.

Genauso entwickelt sich die verbaute Sensorik in Wearables stetig weiter. Neue Aktivitäts- und Gesundheitswerte werden voraussichtlich hinzukommen, welche sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht messen lassen oder deren Genauigkeit bisher zu wünschen übrig ließ. Für diese können sich neue Anforderungen in der Abstraktion ergeben, aber eventuell auch neue Aufgaben oder Eigenschaften von Visualisierungen. Eine Erweiterung des Design Space (oder zumindest der Ausprägungen einzelner Dimensionen) muss mit der Forschung und Technologie einhergehen, soll der Design Space aktuell bleiben.

Einen Punkt, den wir in Kapitel 4 ansprachen und im Folgenden nur sporadisch betrachteten, waren die täglichen oder wöchentlichen Empfehlungen für Aktivitätswerte von Gesundheitsbehörden und aus der Gesundheitsforschung. In erster Linie beeinflussen diese die Daten, welche von einer Visualisierung gezeigt werden sollen, also welcher Aktivitätswert über welchen Zeitraum und mit welchem Zielwert. Dies hatte zumeist wenig Bedeutung für die Wahl der verwendeten Abstraktion. Eine Überlegung unsererseits war es jedoch, eine Visualisierung für eine *Wochenübersicht* beziehungsweise einen *Status* über den Verlauf einer Woche zu designen, welche alle geforderten Kriterien der WHO umsetzten. In diesem Fall hätten wir eine Visualisierung mit drei Datenwerte die wir darstellen müssen: aktive Zeit (Ausdauertraining; Intensität), aktive Zeit (Krafttraining; Anzahl Trainingseinheiten) und wie häufig aufgestanden oder gar nicht erst sich hingesetzt wurde. Letzteres ist zugegebenermaßen noch sehr abstrakt formuliert und könnte Beispielsweise Inspiration aus der Methode von Apple ziehen¹. Wir kamen während der Dauer dieser Arbeit zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis, wie eine solche Visualisierung aussehen könnte. Das Design von Visualisierungen, welche explizit solche Empfehlungen darstellen, sollte genauer betrachtet werden, da es Menschen dabei hilft eine wissenschaftlich fundierte Basis für einen gesunden Lebensstil zu legen.

Mit der wachsenden Zahl an Smartwatch- und Fitness-Tracker-Besitzenden nimmt auch die Zahl derjenigen zu, mit denen man seine eigene Leistung vergleichen kann, sei es durch konkrete Wettbewerbe über einen Aktivitätswert oder durch ein Levelsystem mit fiktiven Punkten. Die Aufgabe des *Sozialen Vergleichs* wird unserer Ansicht nach noch weiter an Wichtigkeit gewinnen. Wir lieferten einige Vorschläge, wie Visualisierungen dafür designet werden können. Das Erstellen weitere Konzepte ist jedoch sinnvoll. Die größere Anzahl an Benutzenden wird eine noch bessere Datenbasis zur Einschätzung der eigenen Leistung in der Population liefern, neue Personenkreise bieten, mit denen man täglich sein Aktivitätsniveau vergleichen kann, und neue Kontrahenten hervorbringen, mit welchen man sich in Wettbewerben messen kann. Es besteht also ein Bedarf stetig neuartige, interessante und motivierende Visualisierungen für diese Aufgabe zu designen, um Nutzenden den besten Mehrwert zu bieten.

Zunehmend spielen Fitness-Tracker und Smartwatches mit Tracking-Funktion eine Rolle bei Krankenkassen². Bonusprogramme stellen Prämien für erreichte Aktivitätsziele in Aussicht oder bieten Zuschüsse für den Kauf von Fitness-Trackern. Aus der fiktiven Punktezahl in der Gamification wird in diesem Fall bares Geld, welches man für gesteigerte Aktivität erhalten kann. Bei einigen Krankenkassen gehören die Fitness-Tracker bereits zu den beliebtesten Zusatzleistungen. Wir glauben, dass durch die monetären Vorteile weitere Personen —

¹<https://www.apple.com/de/watch/close-your-rings/>

²Quelle: <https://curved.de/news/bonusprogramm-diese-krankenkassen-bezahlen-fitnesstracker-oder-apple-watch-643033>

viele auch ohne jeglichen sportlichen Hintergrund oder große Trainingserfahrung — dazu motiviert werden können, sich einen Fitness-Tracker oder eine Smartwatch zuzulegen und mit Hilfe dieser aktiver zu werden. Gerade für diese Zielgruppe ist es umso wichtiger die Aufgabe *Fortschritt Unterstützen* verständlich und motivierend umzusetzen, um die Leute auf ihrem Weg zu einem gesünderen Leben zu unterstützen.

A. Anhang

A.1. Studiendaten

Tabelle A.1.: Die möglichen Kombinationen an Tagen unter dem Ziel, über dem Ziel und über dem neuen Ziel für die Aufgabenstellung *Fortschritt Unterstützen* in der Studie.

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Über neuem Ziel	7	0	3	4	3	2	4	3	2	4	1	5	0	4
Aktuelles Ziel erreicht	0	7	3	3	4	4	2	2	3	1	4	0	5	4
Ziel verfehlt	0	0	1	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	3

A.2. Studienergebnisse

Tabelle A.2.: Ranking der verschiedenen Diagrammtypen innerhalb der jeweiligen Aufgabe, abhängig davon, wie ästhetisch sie auf den Teilnehmer wirken.

Diagrammtyp	Ranking Ästhetik			
	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4
Säulendiagramm	■ 2	■ 11	■ 3	
Radialbalkendiagramm	■ 2	■ 2	■ 12	
„Rennstrecke“	■ 12	■ 3	■ 1	
Histogramm	■ 4	■ 12		
„Aktivitätsmetapher“	■ 12	■ 4		
Säulendiagramm Annotiert	■ 0	■ 8	■ 5	■ 3
Säulendiagramm Gestapelt	■ 10	■ 3	■ 1	■ 2
Liniendiagramm Annotiert	■ 2	■ 0	■ 8	■ 6
Liniendiagramm Gefärbt	■ 4	■ 6	■ 1	■ 5

Tabelle A.3.: Ranking der verschiedenen Diagrammtypen innerhalb der jeweiligen Aufgabe, abhängig davon, wie effizient die Teilnehmer glaubten, Informationen darin erkennen zu können.

Diagrammtyp	Ranking Effizienz		
	Rang 1	Rang 2	Rang 3
Säulendiagramm	■ 4	■ 11	■ 1
Radialbalkendiagramm	■ 2	■ 0	■ 14
„Rennstrecke“	■ 10	■ 5	■ 1
Histogramm	■ 7	■ 9	
„Aktivitätsmetapher“	■ 9	■ 7	

Tabelle A.4.: Ranking der verschiedenen Diagrammtypen innerhalb der jeweiligen Aufgabe, abhängig davon, wie groß das Vertrauen der Teilnehmer darin war, Informationen korrekt zu erkennen.

Ranking Vertrauen in Korrektheit			
Diagrammtyp	Rang 1	Rang 2	Rang 3
Säulendiagramm	2	13	1
Radialbalkendiagramm	1	1	14
„Rennstrecke“	13	2	1
Histogramm	5	11	
„Aktivitätsmetapher“	11	5	

Tabelle A.5.: Ranking der verschiedenen Diagrammtypen, abhängig davon, wie oft die Teilnehmer glaubten, ihr Ziel angepasst zu haben.

Ranking wahrgenommene Überzeugungskraft				
Diagrammtyp	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4
Säulendiagramm Annotiert	2	6	4	3
Säulendiagramm Gestapelt	6	4	3	2
Liniendiagramm Annotiert	3	1	8	3
Liniendiagramm Gefärbt	4	4	0	7

Literaturverzeichnis

- [ABC+17] A. L. Alfeo, P. Barsocchi, M. G. C. A. Cimino, D. L. Rosa, F. Palumbo und G. Vaglini. „Sleep behavior assessment via smartwatch and stigmergic receptive fields“. In: *Personal and Ubiquitous Computing* 22.2 (Juli 2017), S. 227–243. DOI: 10.1007/s00779-017-1038-9 (zitiert auf S. 42).
- [ABI19] R. Aravind, T. Blascheck und P. Isenberg. „A Survey on Sleep Visualizations for Fitness Trackers“. In: *EUROVIS 2019*. 2019 (zitiert auf S. 88, 101).
- [ACS+12] J. D. Akers, R. A. Cornett, J. S. Savla, K. P. Davy und B. M. Davy. „Daily Self-Monitoring of Body Weight, Step Count, Fruit/Vegetable Intake, and Water Consumption: A Feasible and Effective Long-Term Weight Loss Maintenance Approach“. In: *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 112.5 (Mai 2012), 685–692.e2. DOI: 10.1016/j.jand.2012.01.022 (zitiert auf S. 56).
- [ACT+19] J. C. Anderson, T. Chisenall, B. Tolbert, J. Ruffner, P. N. Whitehead und R. T. Conners. „Validating the Commercially Available Garmin Fenix 5x Wrist-Worn Optical Sensor for Aerobic Capacity“. In: *International Journal for Innovation Education and Research* 7.1 (Jan. 2019), S. 147–158. DOI: 10.31686/ijier.vol17.iss1.1293 (zitiert auf S. 41).
- [AD14] D. Ašeriškis und R. Damaševičius. „Gamification Patterns for Gamification Applications“. In: *Procedia Computer Science* 39 (2014), S. 83–90. DOI: 10.1016/j.procs.2014.11.013 (zitiert auf S. 74).
- [AEB18a] M. Alrehiely, P. Eslambolchilar und R. Borgo. „A Taxonomy for Visualisations of Personal Physical Activity Data on Self-Tracking Devices and their Applications“. In: *HCI 2018*. BCS Learning & Development Ltd, 2018. DOI: 10.14236/ewic/hci2018.17 (zitiert auf S. 10, 87, 125).
- [AEB18b] M. Alrehiely, P. Eslambolchilar und R. Borgo. „Evaluating Different Visualization Designs for Personal Health Data“. In: *HCI 2018*. BCS Learning & Development Ltd, 2018. DOI: 10.14236/ewic/hci2018.205 (zitiert auf S. 10, 87).
- [AJ03] J. Achten und A. E. Jeukendrup. „Heart Rate Monitoring“. In: *Sports Medicine* 33.7 (2003), S. 517–538. DOI: 10.2165/00007256-200333070-00004 (zitiert auf S. 32, 40).
- [ALS08] D. Ashbrook, K. Lyons und T. Starner. „An investigation into round touch-screen wristwatch interaction.“ In: *Mobile HCI*. 2008, S. 311–314. URL: <http://kentlyons.org/pubs/watch-mhci08.pdf> (zitiert auf S. 13).

- [App06] Apple. *Nike und Apple arbeiten zusammen und starten "Nike+iPod"*. Apple Inc. Mai 2006. URL: <https://www.apple.com/de/newsroom/2006/05/23Nike-and-Apple-Team-Up-to-Launch-Nike-iPod/> (zitiert auf S. 34).
- [App19a] Appfigures. *Number of mHealth apps available at Google Play from 1st quarter 2015 to 2nd quarter 2019*. Chart. Statista. Aug. 2019. URL: <https://www.statista.com/statistics/779919/health-apps-available-google-play-worldwide/> (zitiert auf S. 9).
- [App19b] Appfigures. *Number of mHealth apps available in the Apple App Store from 1st quarter 2015 to 2nd quarter 2019*. Chart. Statista. Aug. 2019. URL: <https://www.statista.com/statistics/779910/health-apps-available-ios-worldwide/> (zitiert auf S. 9).
- [ARE+12] T. A. Alkhajah, M. M. Reeves, E. G. Eakin, E. A. Winkler, N. Owen und G. N. Healy. „Sit–Stand Workstations“. In: *American Journal of Preventive Medicine* 43.3 (Sep. 2012), S. 298–303. DOI: 10.1016/j.amepre.2012.05.027 (zitiert auf S. 54).
- [AWR15] A. AlMarshedi, G. B. Wills und A. Ranchhod. „The Wheel of Sukr: A Framework for Gamifying Diabetes Self-Management in Saudi Arabia“. In: *Procedia Computer Science* 63 (2015), S. 475–480. DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.370 (zitiert auf S. 8, 71–74, 84).
- [BAM+12] R. Borgo, A. Abdul-Rahman, F. Mohamed, P. W. Grant, I. Reppa, L. Floridi und M. Chen. „An Empirical Study on Using Visual Embellishments in Visualization“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 18.12 (Dez. 2012), S. 2759–2768. DOI: 10.1109/tvcg.2012.197 (zitiert auf S. 81).
- [Bau11] M. Bauer. *Vermessung und Ortung mit Satelliten*. Wichmann, 2011. ISBN: 978-3-87907-482-2. URL: <https://www.amazon.com/Vermessung-und-Ortung-mit-Satelliten/dp/3879074828?SubscriptionId=AKIAIOBINVZYXZQZ2U3A&tag=chimbori05-20&linkCode=xm2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=3879074828> (zitiert auf S. 39).
- [BBB+18] T. Blascheck, A. Bezerianos, L. Besançon, B. Lee und P. Isenberg. „Preparing for Perceptual Studies: Position and Orientation of Wrist-worn Smartwatches for Reading Tasks“. In: *Proceedings of the Workshop on Data Visualization on Mobile Devices held at ACM CHI*. Montréal, Canada, Apr. 2018. URL: <https://hal.inria.fr/hal-01744246> (zitiert auf S. 13, 118).
- [BBB+19] T. Blascheck, L. Besançon, A. Bezerianos, B. Lee und P. Isenberg. „Glanceable Visualization: Studies of Data Comparison Performance on Smartwatches“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 25.1 (Jan. 2019), S. 630–640. DOI: 10.1109/tvcg.2018.2865142 (zitiert auf S. 2, 12, 64, 66, 82, 118, 126).

- [BBMD14] N. Banovic, C. Brant, J. Mankoff und A. Dey. *ProactiveTasks. the short of mobile device use sessions*. 2014. DOI: 10.1145/2628363.2628380 (zitiert auf S. 63).
- [BD09] N. Boukhelifa und D. J. Duke. „Uncertainty visualization“. In: *Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '09*. ACM Press, 2009. DOI: 10.1145/1520340.1520616 (zitiert auf S. 11).
- [Ber83] J. Bertin. „Semiology of Graphics: Diagrams“. In: *Networks, Maps* 10.00690805.1987 (1983) (zitiert auf S. 27).
- [Bit18] Bitkom. *Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2018 (in Millionen)*. In Statista - Das Statistik-Portal. Feb. 2018. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/> (zitiert auf S. 8, 57).
- [BL13] I. Blohm und J. M. Leimeister. „Gamification“. In: *Business & Information Systems Engineering* 5.4 (Juni 2013), S. 275–278. DOI: 10.1007/s12599-013-0273-5 (zitiert auf S. 8).
- [BLIC19] M. Brehmer, B. Lee, P. Isenberg und E. K. Choe. „A Comparative Evaluation of Animation and Small Multiples for Trend Visualization on Mobile Phones“. In: (9. Juli 2019). arXiv: <http://arxiv.org/abs/1907.03919v1> [cs.HC] (zitiert auf S. 12).
- [BM13] M. Brehmer und T. Munzner. „A Multi-Level Typology of Abstract Visualization Tasks“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 19.12 (Dez. 2013), S. 2376–2385. DOI: 10.1109/tvcg.2013.124 (zitiert auf S. 18, 22, 80).
- [BMMJ13] J. P. Buckley, D. D. Mellor, M. Morris und F. Joseph. „Standing-based office work shows encouraging signs of attenuating post-prandial glycaemic excursion“. In: *Occupational and Environmental Medicine* 71.2 (Dez. 2013), S. 109–111. DOI: 10.1136/oemed-2013-101823 (zitiert auf S. 54).
- [Bol13] M. Boltz. „Implementation Intentions“. In: *Encyclopedia of Behavioral Medicine*. Springer New York, 2013, S. 1043–1048. DOI: 10.1007/978-1-4419-1005-9_1710 (zitiert auf S. 72).
- [Bor05] C. A. G. Boreham. „Training effects of short bouts of stair climbing on cardiorespiratory fitness, blood lipids, and homocysteine in sedentary young women“. In: *British Journal of Sports Medicine* 39.9 (Sep. 2005), S. 590–593. DOI: 10.1136/bjsm.2002.001131 (zitiert auf S. 53).
- [Bra14] U. Brandes. „Visualization for Visual Analytics: Micro-visualization, Abstraction, and Physical Appeal“. In: *2014 IEEE Pacific Visualization Symposium*. IEEE, März 2014. DOI: 10.1109/pacificvis.2014.67 (zitiert auf S. 2, 10, 11).

- [Bri12] W. C. Brinton. *Graphic Presentation*. HardPress Publishing, 10. Jan. 2012. 524 S. ISBN: 129001907X. URL: https://www.ebook.de/de/product/18756713/willard_cope_brinton_graphic_presentation.html (zitiert auf S. 23).
- [BTLC16] D. R. Bassett, L. P. Toth, S. R. LaMunion und S. E. Crouter. „Step Counting: A Review of Measurement Considerations and Health-Related Applications“. In: *Sports Medicine* 47.7 (Dez. 2016), S. 1303–1315. DOI: 10.1007/s40279-016-0663-1 (zitiert auf S. 37).
- [BTS+13] F. Bentley, K. Tollmar, P. Stephenson, L. Levy, B. Jones, S. Robertson, E. Price, R. Catrambone und J. Wilson. „Health Mashups“. In: *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 20.5 (Nov. 2013), S. 1–27. DOI: 10.1145/2503823 (zitiert auf S. 102).
- [Bul15] V. Bulut. *Visualisierung von Ungewissheit in Aktivitätsdaten*. de. 2015. DOI: 10.18419/opus-9797 (zitiert auf S. 11, 47, 88, 91).
- [Bun18] S. Bundesamt. *Anteil der privaten Haushalte in Deutschland mit Personal Computern von 2000 bis 2018*. Okt. 2018. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/160925/umfrage/ausstattungsgrad-mit-personal-computer-in-deutschen-haushalten/> (zitiert auf S. 57).
- [BW17] F. Beck und D. Weiskopf. „Word-Sized Graphics for Scientific Texts“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 23.6 (Juni 2017), S. 1576–1587. DOI: 10.1109/tvcg.2017.2674958 (zitiert auf S. 12).
- [BWB08] N. W. Burton, A. Walsh und W. J. Brown. „It just doesn’t speak to me: mid-aged men’s reactions to ‘10,000 Steps a Day’“. In: *Health Promotion Journal of Australia* 19.1 (2008), S. 52–59. DOI: 10.1071/he08052 (zitiert auf S. 53).
- [BWS11] L. E. Burke, J. Wang und M. A. Sevick. „Self-Monitoring in Weight Loss: A Systematic Review of the Literature“. In: *Journal of the American Dietetic Association* 111.1 (Jan. 2011), S. 92–102. DOI: 10.1016/j.jada.2010.10.008 (zitiert auf S. 54).
- [CCB15] M. E. Cecchinato, A. L. Cox und J. Bird. „Smartwatches“. In: *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA ’15*. ACM Press, 2015. DOI: 10.1145/2702613.2732837 (zitiert auf S. 13, 35, 58).
- [CCY14] S. Chernbumroong, S. Cang und H. Yu. „A practical multi-sensor activity recognition system for home-based care“. In: *Decision Support Systems* 66 (Okt. 2014), S. 61–70. DOI: 10.1016/j.dss.2014.06.005 (zitiert auf S. 39).
- [CD+05] M. A. Carskadon, W. C. Dement et al. „Normal human sleep: an overview“. In: *Principles and practice of sleep medicine* 4 (2005), S. 13–23 (zitiert auf S. 42, 55).

- [CESL06] S. Consolvo, K. Everitt, I. Smith und J. A. Landay. „Design requirements for technologies that encourage physical activity“. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems - CHI '06*. ACM Press, 2006. DOI: 10.1145/1124772.1124840 (zitiert auf S. 2, 6, 8, 72).
- [CFSL10] S. A. Carlson, J. E. Fulton, C. A. Schoenborn und F. Loustalot. „Trend and Prevalence Estimates Based on the 2008 Physical Activity Guidelines for Americans“. In: *American Journal of Preventive Medicine* 39.4 (Okt. 2010), S. 305–313. DOI: 10.1016/j.amepre.2010.06.006 (zitiert auf S. 2).
- [Che17] Y. Chen. *Visualizing Large Time-series Data on Very Small Screens*. 2017. DOI: 10.2312/eurovisshort.20171130 (zitiert auf S. 12).
- [CK16] S. N. Cheuvront und R. W. Kenefick. „Am I Drinking Enough? Yes, No, and Maybe“. In: *Journal of the American College of Nutrition* 35.2 (Feb. 2016), S. 185–192. DOI: 10.1080/07315724.2015.1067872 (zitiert auf S. 54).
- [CLL+14] E. K. Choe, N. B. Lee, B. Lee, W. Pratt und J. A. Kientz. „Understanding quantified-selfers’ practices in collecting and exploring personal data“. In: *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems - CHI '14*. ACM Press, 2014. DOI: 10.1145/2556288.2557372 (zitiert auf S. 6, 78).
- [CLms15] E. K. Choe, B. Lee und m.c. schraefel. „Characterizing Visualization Insights from Quantified Selfers’ Personal Data Presentations“. In: *IEEE Computer Graphics and Applications* 35.4 (Juli 2015), S. 28–37. DOI: 10.1109/mcg.2015.51 (zitiert auf S. 6, 10, 18, 20, 22, 80).
- [CM85] W. S. Cleveland und R. McGill. „Graphical perception and graphical methods for analyzing scientific data“. In: *Science* 229.4716 (1985), S. 828–833 (zitiert auf S. 27, 29).
- [CMS99] S. Card, J. Mackinlay und B. Shneiderman. *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. Sagebrush Education Resources, 1999. ISBN: 9780613915861. URL: <https://www.amazon.com/Readings-Information-Visualization-Using-Vision/dp/0613915860?SubscriptionId=AKIAIOBINVZYXZQZ2U3A&tag=chimbori05-20&linkCode=xm2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=0613915860> (zitiert auf S. 15–17, 31, 62).
- [CPC07] B. C. K. Choi, A. W. P. Pak und J. C. L. Choi. „Daily step goal of 10,000 steps: A literature review“. In: *Clinical & Investigative Medicine* 30.3 (Juni 2007), S. 146. DOI: 10.25011/cim.v30i3.1083 (zitiert auf S. 52).
- [CS16] S. S. Coughlin und J. Stewart. „Use of Consumer Wearable Devices To Promote Physical Activity : A Review of Health Intervention Studies“. In: *Journal of Environment and Health Science* 2.6 (2016), S. 1–6. DOI: 10.15436/2378-6841.16.1123 (zitiert auf S. 5).
- [CSKB03] S. E. Crouter, P. L. SCschneider, M. Karabulut und D. R. Bassett. „Validity of 10 Electronic Pedometers for Measuring Steps, Distance, and Energy Cost“.

In: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35.8 (Aug. 2003), S. 1455–1460. DOI: 10.1249/01.mss.0000078932.61440.a2 (zitiert auf S. 8).

- [Cun14] E. Cunningham. „What Impact Does Water Consumption Have on Weight Loss or Weight Loss Maintenance?“ In: *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 114.12 (Dez. 2014), S. 2084. DOI: 10.1016/j.jand.2014.10.008 (zitiert auf S. 54).
- [Czo00] R. Czommer. *Leistungsfähigkeit fahrzeugautonomer Ortungsverfahren auf der Basis von Map-Matching-Techniken*. de. 2000. DOI: 10.18419/opus-3651 (zitiert auf S. 38).
- [dACS17] F. de Arriba-Perez, M. Caeiro-Rodriguez und J. M. Santos-Gago. „Towards the use of commercial wrist wearables in education“. In: *2017 4th Experiment@International Conference (exp.at'17)*. IEEE, Juni 2017. DOI: 10.1109/expat.2017.7984354 (zitiert auf S. 42).
- [Dav89] F. D. Davis. „Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology“. In: *MIS Quarterly* 13.3 (Sep. 1989), S. 319. DOI: 10.2307/249008 (zitiert auf S. 59).
- [Dra16] P. Dragicevic. „Fair Statistical Communication in HCI“. In: *Human-Computer Interaction Series*. Springer International Publishing, 2016, S. 291–330. DOI: 10.1007/978-3-319-26633-6_13 (zitiert auf S. 119).
- [ECB+14] D. Epstein, F. Cordeiro, E. Bales, J. Fogarty und S. Munson. „Taming data complexity in lifelogs“. In: *Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems - DIS '14*. ACM Press, 2014. DOI: 10.1145/2598510.2598558 (zitiert auf S. 7, 102).
- [EGF15] K. R. Evenson, M. M. Goto und R. D. Furberg. „Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers“. In: *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 12.1 (Dez. 2015). DOI: 10.1186/s12966-015-0314-1 (zitiert auf S. 8).
- [ELR+16] E. A. Edwards, J. Lumsden, C. Rivas, L. Steed, L. A. Edwards, A. Thiagarajan, R. Sohanpal, H. Caton, C. J. Griffiths, M. R. Munafò, S. Taylor und R. T. Walton. „Gamification for health promotion: systematic review of behaviour change techniques in smartphone apps“. In: *BMJ Open* 6.10 (Okt. 2016), e012447. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-012447 (zitiert auf S. 9).
- [FFD12] C. Fan, J. Forlizzi und A. K. Dey. „A spark of activity“. In: *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing - UbiComp '12*. ACM Press, 2012. DOI: 10.1145/2370216.2370229 (zitiert auf S. 6, 10, 11, 81, 125).
- [FHMZ14] T. Fritz, E. M. Huang, G. C. Murphy und T. Zimmermann. „Persuasive technology in the real world“. In: *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems - CHI '14*. ACM Press, 2014. DOI: 10.1145/2556288.2557383 (zitiert auf S. 8, 70).

- [Fox99] M. R. Fox. „The importance of sleep“. In: *Nursing Standard (through 20013)* 13.24 (1999), S. 44 (zitiert auf S. 55).
- [FTS+03] I. Ferreira, J. W. Twisk, C. D. Stehouwer, W. V. Mechelen und H. C. Kemper. „Longitudinal Changes in VO₂max: Associations with Carotid IMT and Arterial Stiffness“. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35.10 (Okt. 2003), S. 1670–1678. DOI: 10.1249/01.mss.0000089247.37563.4b (zitiert auf S. 41).
- [FWH+03] G. D. Foster, H. R. Wyatt, J. O. Hill, B. G. McGuckin, C. Brill, B. S. Mohammed, P. O. Szapary, D. J. Rader, J. S. Edman und S. Klein. „A Randomized Trial of a Low-Carbohydrate Diet for Obesity“. In: *New England Journal of Medicine* 348.21 (Mai 2003), S. 2082–2090. DOI: 10.1056/nejmoa022207 (zitiert auf S. 55).
- [Gar] Garmin. *Lauffeffizienz-Werte und physiologische Messwerte*. Garmin Ltd. URL: <https://www.garmin.com/de-DE/performance-data/running/> (zitiert auf S. 31).
- [GBWI17] P. Goffin, J. Boy, W. Willett und P. Isenberg. „An Exploratory Study of Word-Scale Graphics in Data-Rich Text Documents“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 23.10 (Okt. 2017), S. 2275–2287. DOI: 10.1109/tvcg.2016.2618797 (zitiert auf S. 12).
- [GKH15] R. Gouveia, E. Karapanos und M. Hassenzahl. „How do we engage with activity trackers?“ In: *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing - UbiComp '15*. ACM Press, 2015. DOI: 10.1145/2750858.2804290 (zitiert auf S. 59, 64, 70, 74, 78, 79, 126, 127).
- [Gle96] P. H. Gleick. „Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs“. In: *Water International* 21.2 (Juni 1996), S. 83–92. DOI: 10.1080/02508069608686494 (zitiert auf S. 54).
- [GLGG17] M. Gjoreski, M. Luštrek, M. Gams und H. Gjoreski. „Monitoring stress with a wrist device using context“. In: *Journal of Biomedical Informatics* 73 (Sep. 2017), S. 159–170. DOI: 10.1016/j.jbi.2017.08.006 (zitiert auf S. 41).
- [GP16] A. Guo und T. Paek. „Exploring tilt for no-touch, wrist-only interactions on smartwatches“. In: *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '16*. ACM Press, 2016. DOI: 10.1145/2935334.2935345 (zitiert auf S. 13).
- [GPK+16] R. Gouveia, F. Pereira, E. Karapanos, S. A. Munson und M. Hassenzahl. „Exploring the design space of glanceable feedback for physical activity trackers“. In: *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing - UbiComp '16*. ACM Press, 2016. DOI: 10.1145/2971648.2971754 (zitiert auf S. 67, 72, 81, 88, 90, 91, 100).

- [Gri04] M. Gries. „Methods for evaluating and covering the design space during early design development“. In: *Integration, the VLSI Journal* 38.2 (Dez. 2004), S. 131–183. DOI: 10.1016/s0167-9260(04)00032-x (zitiert auf S. 75).
- [GS06] P. M. Gollwitzer und P. Sheeran. „Implementation Intentions and Goal Achievement: A Meta-analysis of Effects and Processes“. In: *Advances in Experimental Social Psychology*. Elsevier, 2006, S. 69–119. DOI: 10.1016/s0065-2601(06)38002-1 (zitiert auf S. 72).
- [GWB16] Q. H. Grundy, Z. Wang und L. A. Bero. „Challenges in Assessing Mobile Health App Quality“. In: *American Journal of Preventive Medicine* 51.6 (Dez. 2016), S. 1051–1059. DOI: 10.1016/j.amepre.2016.07.009 (zitiert auf S. 9).
- [HBK09] E. A. HOLBROOK, T. V. BARREIRA und M. KANG. „Validity and Reliability of Omron Pedometers for Prescribed and Self-Paced Walking“. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41.3 (März 2009), S. 670–674. DOI: 10.1249/mss.0b013e3181886095 (zitiert auf S. 38).
- [HH16] C. Helf und H. Hlavacs. „Apps for life change: Critical review and solution directions“. In: *Entertainment Computing* 14 (Mai 2016), S. 17–22. DOI: 10.1016/j.entcom.2015.07.001 (zitiert auf S. 9).
- [HLH17] J.-C. Hong, P.-H. Lin und P.-C. Hsieh. „The effect of consumer innovativeness on perceived value and continuance intention to use smartwatch“. In: *Computers in Human Behavior* 67 (Feb. 2017), S. 264–272. DOI: 10.1016/j.chb.2016.11.001 (zitiert auf S. 13).
- [HMB+10] A. Holtermann, O. S. Mortensen, H. Burr, K. Søgaard, F. Gyntelberg und P. Suadicani. „Fitness, work, and leisure-time physical activity and ischaemic heart disease and all-cause mortality among men with pre-existing cardiovascular disease“. In: *Scandinavian journal of work, environment & health* 36.5 (2010), S. 366–372 (zitiert auf S. 41).
- [HTB16] D. Huang, M. Tory und L. Bartram. „A Field Study of On-Calendar Visualizations“. en-ca. In: *Proceedings of Graphics Interface 2016* Victoria (2016), S. 13–20. DOI: 10.20380/gi2016.03 (zitiert auf S. 11).
- [HWA+15] M. Hirshkowitz, K. Whiton, S. M. Albert, C. Alessi, O. Bruni, L. DonCarlos, N. Hazen, J. Herman, E. S. Katz, L. Kheirandish-Gozal, D. N. Neubauer, A. E. O’Donnell, M. Ohayon, J. Peever, R. Rawding, R. C. Sachdeva, B. Setters, M. V. Vitiello, J. C. Ware und P. J. A. Hillard. „National Sleep Foundation’s sleep time duration recommendations: methodology and results summary“. In: *Sleep Health* 1.1 (März 2015), S. 40–43. DOI: 10.1016/j.sleh.2014.12.010 (zitiert auf S. 55).
- [IDC19] IDC. *Marktanteile der Hersteller am Absatz von Wearables weltweit vom 1. Quartal 2014 bis zum 1. Quartal 2019*. Mai 2019. URL: [146](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/432983/umfrage/marktanteile-</p>
</div>
<div data-bbox=)

der-hersteller-am-absatz-von-wearables-weltweit-nach-quartal/
(zitiert auf S. 44).

- [IH10] S. T. Iqbal und E. Horvitz. „Notifications and awareness“. In: *Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work - CSCW '10*. ACM Press, 2010. DOI: 10.1145/1718918.1718926 (zitiert auf S. 57).
- [Jac19] W. Jackson. „Watch Face Complication Design“. In: *SmartWatch Design Fundamentals*. Apress, 2019, S. 283–313. DOI: 10.1007/978-1-4842-4369-5_10 (zitiert auf S. 67).
- [JAS+03] D. W. Jones, L. J. Appel, S. G. Sheps, E. J. Roccella und C. Lenfant. „Measuring Blood Pressure Accurately“. In: *JAMA* 289.8 (Feb. 2003), S. 1027. DOI: 10.1001/jama.289.8.1027 (zitiert auf S. 49).
- [JDK+16] D. Johnson, S. Deterding, K.-A. Kuhn, A. Staneva, S. Stoyanov und L. Hides. „Gamification for health and wellbeing: A systematic review of the literature“. In: *Internet Interventions* 6 (Nov. 2016), S. 89–106. DOI: 10.1016/j.invent.2016.10.002 (zitiert auf S. 6, 8, 71–74).
- [JKC16] Y. Jung, S. Kim und B. Choi. „Consumer valuation of the wearables: The case of smartwatches“. In: *Computers in Human Behavior* 63 (Okt. 2016), S. 899–905. DOI: 10.1016/j.chb.2016.06.040 (zitiert auf S. 1).
- [JKK+17] H. Jeong, H. Kim, R. Kim, U. Lee und Y. Jeong. „Smartwatch Wearing Behavior Analysis“. In: *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 1.3 (Sep. 2017), S. 1–31. DOI: 10.1145/3131892 (zitiert auf S. 12).
- [KD15] P. Krebs und D. T. Duncan. „Health App Use Among US Mobile Phone Owners: A National Survey“. In: *JMIR mHealth and uHealth* 3.4 (Nov. 2015), e101. DOI: 10.2196/mhealth.4924 (zitiert auf S. 9).
- [KDV+16] D. S. C. Kreitzberg, S. L. Dailey, T. M. Vogt, D. Robinson und Y. Zhu. „What is Your Fitness Tracker Communicating?: Exploring Messages and Effects of Wearable Fitness Devices“. In: *Qualitative Research Reports in Communication* 17.1 (Jan. 2016), S. 93–101. DOI: 10.1080/17459435.2016.1220418 (zitiert auf S. 8, 72).
- [KFTK18] A. Kamišalić, I. Fister, M. Turkanović und S. Karakatič. „Sensors and Functionalities of Non-Invasive Wrist-Wearable Devices: A Review“. In: *Sensors* 18.6 (Mai 2018), S. 1714. DOI: 10.3390/s18061714 (zitiert auf S. 8, 43).
- [KGHF16] E. Karapanos, R. Gouveia, M. Hassenzahl und J. Forlizzi. „Wellbeing in the Making: Peoples’ Experiences with Wearable Activity Trackers“. In: *Psychology of Well-Being* 6.1 (Juni 2016). DOI: 10.1186/s13612-016-0042-6 (zitiert auf S. 7, 70).
- [KHG+16] F. Kerber, C. Hirtz, S. Gehring, M. Löchtfeld und A. Krüger. „Managing smartwatch notifications through filtering and ambient illumination“. In:

Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct - MobileHCI '16. ACM Press, 2016. DOI: 10.1145/2957265.2962657 (zitiert auf S. 58).

- [KOL+16] Y. Khan, A. E. Ostfeld, C. M. Lochner, A. Pierre und A. C. Arias. „Monitoring of Vital Signs with Flexible and Wearable Medical Devices“. In: *Advanced Materials* 28.22 (Feb. 2016), S. 4373–4395. DOI: 10.1002/adma.201504366 (zitiert auf S. 41).
- [Kos87] L. E. Koszuta. „Can Fitness Be Found at the Top of the Stairs?“ In: *The Physician and Sportsmedicine* 15.2 (Feb. 1987), S. 165–169. DOI: 10.1080/00913847.1987.11709289 (zitiert auf S. 53).
- [KSPP15] E. Knight, M. I. Stuckey, H. Prapavessis und R. J. Petrella. „Public Health Guidelines for Physical Activity: Is There an App for That? A Review of Android and Apple App Stores“. In: *JMIR mHealth and uHealth* 3.2 (Mai 2015), e43. DOI: 10.2196/mhealth.4003 (zitiert auf S. 9, 50).
- [KWS+09] S. Kubesch, L. Walk, M. Spitzer, T. Kammer, A. Lainburg, R. Heim und K. Hille. „A 30-Minute Physical Education Program Improves Students’ Executive Attention“. In: *Mind, Brain, and Education* 3.4 (Dez. 2009), S. 235–242. DOI: 10.1111/j.1751-228x.2009.01076.x (zitiert auf S. 51).
- [LCJ13] J. Larsen, A. Cuttone und S. Jørgensen. „QS Spiral: Visualizing Periodic Quantified Self Data“. English. In: *Proceedings of CHI 2013 Workshop on Personal Informatics in the Wild: Hacking Habits for Health & Happiness*. 2013. URL: [http://orbit.dtu.dk/en/publications/id\(e62906b5-aa4b-4dae-8ec3-1c3c39f2d919\).html](http://orbit.dtu.dk/en/publications/id(e62906b5-aa4b-4dae-8ec3-1c3c39f2d919).html) (zitiert auf S. 11, 23, 95, 96).
- [LDF+11] I. Li, A. Dey, J. Forlizzi, K. Höök und Y. Medynskiy. „Personal informatics and HCI“. In: *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '11*. ACM Press, 2011. DOI: 10.1145/1979742.1979573 (zitiert auf S. 5, 78).
- [LDF11] I. Li, A. K. Dey und J. Forlizzi. „Understanding my data, myself“. In: *Proceedings of the 13th international conference on Ubiquitous computing - UbiComp '11*. ACM Press, 2011. DOI: 10.1145/2030112.2030166 (zitiert auf S. 6, 10, 18, 21, 22, 26, 78, 125).
- [LG15] P. Leijdekkers und V. Gay. „Improving User Engagement by Aggregating and Analysing Health and Fitness Data on a Mobile App“. In: *Inclusive Smart Cities and e-Health*. Springer International Publishing, 2015, S. 325–330. DOI: 10.1007/978-3-319-19312-0_30 (zitiert auf S. 9).
- [LH10] J. M. Lattimer und M. D. Haub. „Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health“. In: *Nutrients* 2.12 (Dez. 2010), S. 1266–1289. DOI: 10.3390/nu2121266 (zitiert auf S. 55).
- [LHG13] B. Li, B. Harvey und T. Gallagher. „Using barometers to determine the height for indoor positioning“. In: *International Conference on Indoor Positioning*

and Indoor Navigation. IEEE, Okt. 2013. DOI: 10.1109/ipin.2013.6817923 (zitiert auf S. 39).

- [LHI+14] G. Liu, K. M. A. Hossain, M. Iwai, M. Ito, Y. Tobe, K. Sezaki und D. Matekenya. „Beyond horizontal location context“. In: *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication - UbiComp '14 Adjunct*. ACM Press, 2014. DOI: 10.1145/2638728.2641670 (zitiert auf S. 39).
- [LL80] D. F. Larcker und V. P. Lessig. „PERCEIVED USEFULNESS OF INFORMATION: A PSYCHOMETRIC EXAMINATION“. In: *Decision Sciences* 11.1 (Jan. 1980), S. 121–134. DOI: 10.1111/j.1540-5915.1980.tb01130.x (zitiert auf S. 59).
- [LLF13] S. Lemola, T. Ledermann und E. M. Friedman. „Variability of Sleep Duration Is Related to Subjective Sleep Quality and Subjective Well-Being: An Actigraphy Study“. In: *PLoS ONE* 8.8 (Aug. 2013). Hrsg. von K. L. Gamble, e71292. DOI: 10.1371/journal.pone.0071292 (zitiert auf S. 55).
- [LMP16] M. H. Laitner, S. A. Minski und M. G. Perri. „The role of self-monitoring in the maintenance of weight loss success“. In: *Eating Behaviors* 21 (Apr. 2016), S. 193–197. DOI: 10.1016/j.eatbeh.2016.03.005 (zitiert auf S. 6).
- [Loc96] E. A. Locke. „Motivation through conscious goal setting“. In: *Applied and Preventive Psychology* 5.2 (März 1996), S. 117–124. DOI: 10.1016/s0962-1849(96)80005-9 (zitiert auf S. 70).
- [LPL+16] Z. Liang, B. Ploderer, W. Liu, Y. Nagata, J. Bailey, L. Kulik und Y. Li. „SleepExplorer: a visualization tool to make sense of correlations between personal sleep data and contextual factors“. In: *Personal and Ubiquitous Computing* 20.6 (Sep. 2016), S. 985–1000. DOI: 10.1007/s00779-016-0960-6 (zitiert auf S. 10, 88).
- [LSB12] R. H. Lustig, L. A. Schmidt und C. D. Brindis. „The toxic truth about sugar“. In: *Nature* 482.7383 (Feb. 2012), S. 27–29. DOI: 10.1038/482027a (zitiert auf S. 55).
- [LSC03] G. C. Le-Masurier, C. L. Sidman und C. B. Corbin. „Accumulating 10,000 Steps: Does this Meet Current Physical Activity Guidelines?“ In: *Research Quarterly for Exercise and Sport* 74.4 (Dez. 2003), S. 389–394. DOI: 10.1080/02701367.2003.10609109 (zitiert auf S. 52).
- [Lup14] D. Lupton. „Self-tracking cultures“. In: *Proceedings of the 26th Australian Computer-Human Interaction Conference on Designing Futures the Future of Design - OzCHI '14*. ACM Press, 2014. DOI: 10.1145/2686612.2686623 (zitiert auf S. 1, 6).
- [LV98] R. M. T. Laukkanen und P. K. Virtanen. „Heart rate monitors: State of the art“. In: *Journal of Sports Sciences* 16.sup1 (Jan. 1998), S. 3–7. DOI: 10.1080/026404198366920 (zitiert auf S. 40).

- [LWC+14] C. Lister, J. H. West, B. Cannon, T. Sax und D. Brodegard. „Just a Fad? Gamification in Health and Fitness Apps“. In: *JMIR Serious Games* 2.2 (Aug. 2014), e9. DOI: 10.2196/games.3413 (zitiert auf S. 9).
- [LXL+18] J. Liang, D. Xian, X. Liu, J. Fu, X. Zhang, B. Tang und J. Lei. „Usability Study of Mainstream Wearable Fitness Devices: Feature Analysis and System Usability Scale Evaluation“. In: *JMIR mHealth and uHealth* 6.11 (Nov. 2018), e11066. DOI: 10.2196/11066 (zitiert auf S. 7, 43).
- [MA08] B. A. Moore und A. Adams. „EXERCISE AS AN ADJUNCTIVE EVIDENCE-BASED TREATMENT“. In: *Evidence-Based Adjunctive Treatments*. Elsevier, 2008, S. 161–175. DOI: 10.1016/b978-012088520-6.50009-3 (zitiert auf S. 6).
- [MBS+06] T. Matthews, D. Blais, A. Shick, J. Mankoff, J. Forlizzi, S. Rohrbach und R. Klatzky. *Evaluating glanceable visuals for multitasking*. Techn. Ber. Technical Report EECS-2006-173. UC Berkeley, 2006 (zitiert auf S. 81).
- [MC04] A. Morabia und M. C. Costanza. „Does Walking 15 Minutes per Day Keep the Obesity Epidemic Away? Simulation of the Efficacy of a Populationwide Campaign“. In: *American Journal of Public Health* 94.3 (März 2004), S. 437–440. DOI: 10.2105/ajph.94.3.437 (zitiert auf S. 51).
- [MC15] V. G. Motti und K. Caine. „Micro interactions and Multi dimensional Graphical User Interfaces in the Design of Wrist Worn Wearables“. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 59.1 (Sep. 2015), S. 1712–1716. DOI: 10.1177/1541931215591370 (zitiert auf S. 13).
- [McG11] S. McGuire. „U.S. Department of Agriculture and U.S. Department of Health and Human Services, Dietary Guidelines for Americans, 2010. 7th Edition, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, January 2011“. In: *Advances in Nutrition* 2.3 (Apr. 2011), S. 293–294. DOI: 10.3945/an.111.000430 (zitiert auf S. 54).
- [Mid03] W. E. K. Middleton. *The History of the Barometer*. Johns Hopkins University Press, 2003. ISBN: 9780801871542. URL: <https://www.amazon.com/History-Barometer-W-Knowles-Middleton/dp/0801871549?SubscriptionId=AKIAIOBINVZYXZQZ2U3A&tag=chimbiori05-20&linkCode=xm2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=0801871549> (zitiert auf S. 39).
- [MKBB16] J. Meyer, A. Kazakova, M. Büsing und S. Boll. „Visualization of Complex Health Data on Mobile Devices“. In: *Proceedings of the 2016 ACM Workshop on Multimedia for Personal Health and Health Care - MMHealth '16*. ACM Press, 2016. DOI: 10.1145/2985766.2985774 (zitiert auf S. 68, 79, 88).
- [ML15] D. Mozaffarian und D. S. Ludwig. „The 2015 US Dietary Guidelines“. In: *JAMA* 313.24 (Juni 2015), S. 2421. DOI: 10.1001/jama.2015.5941 (zitiert auf S. 55).

- [MLT+09] S. J. Marshall, S. S. Levy, C. E. Tudor-Locke, F. W. Kolkhorst, K. M. Wooten, M. Ji, C. A. Macera und B. E. Ainsworth. „Translating Physical Activity Recommendations into a Pedometer-Based Step Goal“. In: *American Journal of Preventive Medicine* 36.5 (Mai 2009), S. 410–415. DOI: 10.1016/j.amepre.2009.01.021 (zitiert auf S. 52).
- [MMB15] B. T. MacEwen, D. J. MacDonald und J. F. Burr. „A systematic review of standing and treadmill desks in the workplace“. In: *Preventive Medicine* 70 (Jan. 2015), S. 50–58. DOI: 10.1016/j.ypmed.2014.11.011 (zitiert auf S. 54).
- [MMS+12] K. Malhi, S. C. Mukhopadhyay, J. Schnepfer, M. Haefke und H. Ewald. „A Zigbee-Based Wearable Physiological Parameters Monitoring System“. In: *IEEE Sensors Journal* 12.3 (März 2012), S. 423–430. DOI: 10.1109/jsen.2010.2091719 (zitiert auf S. 41).
- [MNH+12] A. Misra, P. Nigam, A. P. Hills, D. S. Chadha, V. Sharma, K. Deepak, N. K. Vikram, S. Joshi, A. Chauhan, K. Khanna, R. Sharma, K. Mittal, S. J. Passi, V. Seth, S. Puri, R. Devi, A. Dubey und S. Gupta. „Consensus Physical Activity Guidelines for Asian Indians“. In: *Diabetes Technology & Therapeutics* 14.1 (Jan. 2012), S. 83–98. DOI: 10.1089/dia.2011.0111 (zitiert auf S. 50).
- [MRO+12] A. M. MacEachren, R. E. Roth, J. O’Brien, B. Li, D. Swingley und M. Gahegan. „Visual Semiotics & Uncertainty Visualization: An Empirical Study“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 18.12 (Dez. 2012), S. 2496–2505. DOI: 10.1109/tvcg.2012.279 (zitiert auf S. 11).
- [Nat10] U. Nations. *Current and planned global and regional navigation satellite systems and satellite-based augmentation systems*. International Committee on Global Navigation Satellite Systems Providers’ Forum. 2010. URL: http://www.unoosa.org/pdf/publications/icg_ebook.pdf (zitiert auf S. 39).
- [NMNW10] M. Nocon, F. Müller-Riemenschneider, K. Nitzschke und S. N. Willich. „Review Article: Increasing physical activity with point-of-choice prompts - a systematic review“. In: *Scandinavian Journal of Public Health* 38.6 (Juli 2010), S. 633–638. DOI: 10.1177/1403494810375865 (zitiert auf S. 53).
- [NR00] C. Narayanaswami und M. Raghunath. „Application design for a smart watch with a high resolution display“. In: *Digest of Papers. Fourth International Symposium on Wearable Computers*. IEEE Comput. Soc, Okt. 2000. DOI: 10.1109/iswc.2000.888452 (zitiert auf S. 12, 35).
- [NSL+19] A. Neshati, Y. Sakamoto, L. C. Leboe-McGowan, J. Leboe-McGowan, M. Serrano und P. Irani. „G-Sparks: Glanceable Sparklines on Smartwatches“. In: (2019) (zitiert auf S. 2, 12, 82, 126, 131).
- [NSM17] R. Nakashima, T. Sato und T. Maruyama. „Gamification Approach to Smartphone-app-based Mobility Management“. In: *Transportation Research*

Procedia 25 (2017), S. 2344–2355. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.234 (zitiert auf S. 74).

- [OBL07] J. H. O’Keefe, K. A. Bybee und C. J. Lavie. „Alcohol and Cardiovascular Health“. In: *Journal of the American College of Cardiology* 50.11 (Sep. 2007), S. 1009–1014. DOI: 10.1016/j.jacc.2007.04.089 (zitiert auf S. 55).
- [PBF+17] K. Pfeifer, W. Banzer, N. Ferrari, E. Füzéki, W. Geidl, C. Graf, V. Hartung, S. Klamroth, K. Völker und L. Vogt. *Nationale Empfehlungen für Bewegung und Bewegungsförderung*. 2017. URL: https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Praevention/Broschueren/Bewegungsempfehlungen_BZgA-Fachheft_3.pdf (zitiert auf S. 2, 50).
- [PBML16] S. Pizza, B. Brown, D. McMillan und A. Lampinen. „Smartwatch invivo“. In: *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI ’16*. ACM Press, 2016. DOI: 10.1145/2858036.2858522 (zitiert auf S. 2, 12, 13, 63, 67).
- [PMR16] K. Plaumann, M. Müller und E. Rukzio. „CircularSelection“. In: *Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers - ISWC ’16*. ACM Press, 2016. DOI: 10.1145/2971763.2971766 (zitiert auf S. 13).
- [Pol] Polar. *Polar Innovationen*. Polar Electro Oy. URL: https://www.polar.com/de/uber_polar/wer_wir_sind/innovationen (zitiert auf S. 32).
- [PR14] M. Pantzar und M. Ruckenstein. „The heart of everyday analytics: emotional, material and practical extensions in self-tracking market“. In: *Consumption Markets & Culture* 18.1 (März 2014), S. 92–109. DOI: 10.1080/10253866.2014.899213 (zitiert auf S. 8).
- [PRJ11] K. Potter, P. Rosen und C. R. Johnson. „From quantification to visualization: A taxonomy of uncertainty visualization approaches“. In: *IFIP Working Conference on Uncertainty Quantification*. Springer, 2011, S. 226–249. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-32677-6_15.pdf (zitiert auf S. 11).
- [PUM+16] T. B. Plante, B. Urrea, Z. T. MacFarlane, R. S. Blumenthal, E. R. Miller, L. J. Appel und S. S. Martin. „Validation of the Instant Blood Pressure Smartphone App“. In: *JAMA Internal Medicine* 176.5 (Mai 2016), S. 700. DOI: 10.1001/jamainternmed.2016.0157 (zitiert auf S. 40).
- [PWL97] A. T. Pang, C. M. Wittenbrink und S. K. Lodha. „Approaches to uncertainty visualization“. In: *The Visual Computer* 13.8 (Nov. 1997), S. 370–390. DOI: 10.1007/s003710050111 (zitiert auf S. 11).
- [RC16] A. Rapp und F. Cena. „Personal informatics for everyday life: How users without prior self-tracking experience engage with personal data“. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 94 (Okt. 2016), S. 1–17. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2016.05.006 (zitiert auf S. 7).

- [rcom18] B. research; comScore. *Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2018 (in Millionen)*. Chart. Statista. Feb. 2018. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/>.
- [REP+19] A. Romeo, S. Edney, R. Plotnikoff, R. Curtis, J. Ryan, I. Sanders, A. Crozier und C. Maher. „Can Smartphone Apps Increase Physical Activity? Systematic Review and Meta-Analysis“. In: *Journal of Medical Internet Research* 21.3 (März 2019), e12053. DOI: 10.2196/12053 (zitiert auf S. 2, 7).
- [RM19] Research und Markets. *Global Smartwatch Market Report 2019: Size, Market Share, Application Analysis, Regional Outlook, Growth Trends, Key Players, Competitive Strategies and Forecasts, 2016-2026*. Feb. 2019. URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/02/14/1725650/0/en/Global-Smartwatch-Market-Report-2019-Size-Market-Share-Application-Analysis-Regional-Outlook-Growth-Trends-Key-Players-Competitive-Strategies-and-Forecasts-2016-2026.html> (zitiert auf S. 1).
- [Roe16] J. N. Roemmich. „Height-Adjustable Desks: Energy Expenditure, Liking, and Preference of Sitting and Standing“. In: *Journal of Physical Activity and Health* 13.10 (Okt. 2016), S. 1094–1099. DOI: 10.1123/jpah.2015-0397 (zitiert auf S. 54).
- [RRMC14] J. Rooksby, M. Rost, A. Morrison und M. C. Chalmers. „Personal tracking as lived informatics“. In: *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems - CHI '14*. ACM Press, 2014. DOI: 10.1145/2556288.2557039 (zitiert auf S. 5, 6, 78, 80).
- [RTJ+08] P. S. Royal, R. P. Troiano, M. A. Johnson, H. W. (K. III und J. E. Fulton. *2008 Physical Activity Guidelines for Americans*. 2008. URL: <https://health.gov/paguidelines/2008/pdf/paguide.pdf> (zitiert auf S. 50).
- [SA15] F. Shahidi und P. Ambigaipalan. „Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review“. In: *Journal of Functional Foods* 18 (Okt. 2015), S. 820–897. DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.018 (zitiert auf S. 55).
- [SBC+09] F. M. Sacks, G. A. Bray, V. J. Carey, S. R. Smith, D. H. Ryan, S. D. Anton, K. McManus, C. M. Champagne, L. M. Bishop, N. Laranjo, M. S. Leboff, J. C. Rood, L. de Jonge, F. L. Greenway, C. M. Loria, E. Obarzanek und D. A. Williamson. „Comparison of Weight-Loss Diets with Different Compositions of Fat, Protein, and Carbohydrates“. In: *New England Journal of Medicine* 360.9 (Feb. 2009), S. 859–873. DOI: 10.1056/nejmoa0804748 (zitiert auf S. 55).
- [SBM12] D. Swanson, R. Block und S. A. Mousa. „Omega-3 Fatty Acids EPA and DHA: Health Benefits Throughout Life“. In: *Advances in Nutrition* 3.1 (Jan. 2012), S. 1–7. DOI: 10.3945/an.111.000893 (zitiert auf S. 55).

- [SCB15] K. Stawarz, A. L. Cox und A. Blandford. „Beyond Self-Tracking and Reminders“. In: *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '15*. ACM Press, 2015. DOI: 10.1145/2702123.2702230 (zitiert auf S. 9).
- [SCC05] M. N. Sawka, S. N. Cheuvront und R. Carter. „Human Water Needs“. In: *Nutrition Reviews* 63 (Juni 2005), S30–S39. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2005.tb00152.x (zitiert auf S. 54).
- [SF15] K. Seaborn und D. I. Fels. „Gamification in theory and action: A survey“. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 74 (Feb. 2015), S. 14–31. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2014.09.006 (zitiert auf S. 8).
- [SHD+14] A. S. Shirazi, N. Henze, T. Dingler, M. Pielot, D. Weber und A. Schmidt. „Large-scale assessment of mobile notifications“. In: *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems - CHI '14*. ACM Press, 2014. DOI: 10.1145/2556288.2557189 (zitiert auf S. 58, 59).
- [SHMM17] M. Sailer, J. U. Hense, S. K. Mayr und H. Mandl. „How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction“. In: *Computers in Human Behavior* 69 (Apr. 2017), S. 371–380. DOI: 10.1016/j.chb.2016.12.033 (zitiert auf S. 8).
- [Shn03] B. Shneiderman. „The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations“. In: *The Craft of Information Visualization*. Elsevier, 2003, S. 364–371. DOI: 10.1016/b978-155860915-0/50046-9 (zitiert auf S. 18, 19, 22, 80).
- [SIF17] L. Sardi, A. Idri und J. L. Fernández-Alemán. „A systematic review of gamification in e-Health“. In: *Journal of Biomedical Informatics* 71 (Juli 2017), S. 31–48. DOI: 10.1016/j.jbi.2017.05.011 (zitiert auf S. 73).
- [Sim61] H. Simon. *Instrumentenflugkunde und Navigation. Teil 1. Grundlagen und Ausbildung im Motor- und Segelflug*. Bd. 8. Reich, 1961 (zitiert auf S. 38).
- [SL17] A. N. Sullivan und M. E. Lachman. „Behavior Change with Fitness Technology in Sedentary Adults: A Review of the Evidence for Increasing Physical Activity“. In: *Frontiers in Public Health* 4 (Jan. 2017). DOI: 10.3389/fpubh.2016.00289 (zitiert auf S. 5, 61, 69, 71–74, 127).
- [SLM+15] Z. T. Saleh, T. A. Lennie, G. Mudd-Martin, A. L. Bailey, M. J. Novak, M. Biddle, A. A. Khalil, M. Darawad und D. K. Moser. „Decreasing sedentary behavior by 30 minutes per day reduces cardiovascular disease risk factors in rural Americans“. In: *Heart & Lung* 44.5 (Sep. 2015), S. 382–386. DOI: 10.1016/j.hrtlng.2015.06.008 (zitiert auf S. 51, 52).
- [Sny79] M. Snyder. „Self-Monitoring Processes“. In: *Advances in Experimental Social Psychology*. Elsevier, 1979, S. 85–128. DOI: 10.1016/s0065-2601(08)60260-9 (zitiert auf S. 6).

- [SSS+14] H. J. Seabrook, J. N. Stromer, C. Shevkenek, A. Bharwani, J. de Groot und W. A. Ghali. „Medical applications: a database and characterization of apps in Apple iOS and Android platforms“. In: *BMC Research Notes* 7.1 (2014), S. 573. DOI: 10.1186/1756-0500-7-573 (zitiert auf S. 9).
- [Swa13] M. Swan. „The Quantified Self: Fundamental Disruption in Big Data Science and Biological Discovery“. In: *Big Data* 1.2 (Juni 2013), S. 85–99. DOI: 10.1089/big.2012.0002 (zitiert auf S. 42).
- [SWS18] N. C. Snyder, C. A. Willoughby und B. K. Smith. *Accuracy of Garmin and Polar Smart Watches to Predict VO₂max*. Juni 2018 (zitiert auf S. 41).
- [SZB+09] J. Sanyal, S. Zhang, G. Bhattacharya, P. Amburn und R. Moorhead. „A user study to compare four uncertainty visualization methods for 1d and 2d datasets“. In: *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 15.6 (Nov. 2009), S. 1209–1218. URL: <http://www.cs.kent.edu/~zwang/schedule/xk7.pdf> (zitiert auf S. 11).
- [TB04] C. Tudor-Locke und D. R. Bassett. „How Many Steps/Day Are Enough?“ In: *Sports Medicine* 34.1 (2004), S. 1–8. DOI: 10.2165/00007256-200434010-00001 (zitiert auf S. 37, 52, 71).
- [TJK09] C. TUDOR-LOCKE, W. D. JOHNSON und P. T. KATZMARZYK. „Accelerometer-Determined Steps per Day in US Adults“. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41.7 (Juli 2009), S. 1384–1391. DOI: 10.1249/mss.0b013e318199885c (zitiert auf S. 38).
- [TOB+02] S. G. Trost, N. Owen, A. E. Bauman, J. F. Sallis und W. Bworn. „Correlates of adults’ participation in physical activity: review and update“. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34.12 (Dez. 2002), S. 1996–2001. DOI: 10.1097/00005768-200212000-00020 (zitiert auf S. 69).
- [Tuf06] E. R. Tufte. *Beautiful evidence*. Graphics Press Cheshire, CT, 2006 (zitiert auf S. 12).
- [TWB11] J. M. Tucker, G. J. Welk und N. K. Beyler. „Physical Activity in U.S. Adults“. In: *American Journal of Preventive Medicine* 40.4 (Apr. 2011), S. 454–461. DOI: 10.1016/j.amepre.2010.12.016 (zitiert auf S. 2).
- [vBLF+15] N. van Berkel, C. Luo, D. Ferreira, J. Goncalves und V. Kostakos. „The curse of quantified-self“. In: *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers - UbiComp ’15*. ACM Press, 2015. DOI: 10.1145/2800835.2800946 (zitiert auf S. 7).
- [Ver17] Verbraucherzentrale. *Wearables, Fitness-Apps und der Datenschutz: Alles unter Kontrolle?* Apr. 2017. URL: https://www.marktwaechter.de/sites/default/files/downloads/untersuchung_wearables.pdf (zitiert auf S. 44).

- [VSvB+17] A. Visuri, Z. Sarsenbayeva, N. van Berkel, J. Goncalves, R. Rawassizadeh, V. Kostakos und D. Ferreira. „Quantifying Sources and Types of Smartwatch Usage Sessions“. In: *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17*. ACM Press, 2017. DOI: 10.1145/3025453.3025817 (zitiert auf S. 12, 63).
- [vVBvG13] L. van Velsen, D. J. Beaujean und J. E. van Gemert-Pijnen. „Why mobile health app overload drives us crazy, and how to restore the sanity“. In: *BMC Medical Informatics and Decision Making* 13.1 (Feb. 2013). DOI: 10.1186/1472-6947-13-23 (zitiert auf S. 9).
- [WB06] R. F. Woodbury und A. L. Burrow. „Whither design space?“. In: *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 20.2 (März 2006), S. 63–82. DOI: 10.1017/s0890060406060057 (zitiert auf S. 75).
- [WBD+17] R. Wang, G. Blackburn, M. Desai, D. Phelan, L. Gillinov, P. Houghtaling und M. Gillinov. „Accuracy of Wrist-Worn Heart Rate Monitors“. In: *JAMA Cardiology* 2.1 (Jan. 2017), S. 104. DOI: 10.1001/jamacardio.2016.3340 (zitiert auf S. 8, 40).
- [WCA+16] J. B. Wang, J. K. Cataldo, G. X. Ayala, L. Natarajan, L. A. Cadmus-Bertram, M. M. White, H. Madanat, J. F. Nichols und J. P. Pierce. „Mobile and Wearable Device Features that Matter in Promoting Physical Activity“. In: *Journal of Mobile Technology in Medicine* 5.2 (Juli 2016), S. 2–11. DOI: 10.7309/jmtm.5.2.2 (zitiert auf S. 2, 7, 61).
- [WCH+16] J. C. Walsh, T. Corbett, M. Hogan, J. Duggan und A. McNamara. „An mHealth Intervention Using a Smartphone App to Increase Walking Behavior in Young Adults: A Pilot Study“. In: *JMIR mHealth and uHealth* 4.3 (Sep. 2016), e109. DOI: 10.2196/mhealth.5227 (zitiert auf S. 2).
- [WHA07] W. Willett, J. Heer und M. Agrawala. „Scented Widgets: Improving Navigation Cues with Embedded Visualizations“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 13.6 (Nov. 2007), S. 1129–1136. DOI: 10.1109/tvcg.2007.70589 (zitiert auf S. 12).
- [WVLH16] D. Weber, A. Voit, H. V. Le und N. Henze. „Notification dashboard“. In: *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct - MobileHCI '16*. ACM Press, 2016. DOI: 10.1145/2957265.2962660 (zitiert auf S. 2, 58).
- [XL15] W. Xu und Y. Liu. „mHealthApps: A Repository and Database of Mobile Health Apps“. In: *JMIR mHealth and uHealth* 3.1 (März 2015), e28. DOI: 10.2196/mhealth.4026 (zitiert auf S. 9).
- [YLG17] S. Yoong, G. López und L. A. Guerrero. „Smart Device-Based Notifications: A Survey on User’s Satisfaction of Traditional Notification Mechanisms“. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, Juni 2017, S. 104–114. DOI: 10.1007/978-3-319-60477-0_12 (zitiert auf S. 2, 58, 59).

[You16] YouGov. *Internet 4.0: Smart Health & Smart Care*. Dez. 2016. URL: https://yougov.de/loesungen/reports/studien/smart-health-and-smart-care/?utm_medium=Media&utm_source=press&utm_campaign=24_05_smart%20health (zitiert auf S. 1).

Alle URLs wurden zuletzt am 01.10.2019 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