

Step to the Heart

Appgesteuerte Regulierung der Herzfrequenz mithilfe
der Schrittkadenz

Bachelor-Thesis im Studiengang Informatik

von

Verena Rösli

Eingereicht bei:

Prof. Dr. Martin Sutter
Departement Informatik
Departementsleiter

Referent:

Prof. Dr. Heinrich Zimmermann

Weggis, 24. Juli 2016

Zusammenfassung

Das Laufen ist ein beliebter Freizeitsport der heutigen Gesellschaft. Die Tatsache, dass immer mehr Tätigkeiten im Sitzen ausgeführt werden und das Bedürfnis gesund zu bleiben führen dazu, dass viele Leute regelmässig Laufen. Ein Freizeitläufer stösst vielleicht in seiner Trainingsroutine an einen Punkt bei dem er in spezifischen Herzfrequenzzonen laufen will. Das Erreichen einer spezifischen Herzfrequenz sowie das konstante Halten dieser, kann dabei zur Herausforderung werden. Diese Arbeit zeigt ein Konzept um mit einer App das konstante Halten einer Herzfrequenzzone zu unterstützen. Mittels dem Tempo von Musik kann der Benutzer seine Bewegung synchronisieren. Gelingt es ihm damit nicht die gewünschte Herzfrequenz zu erreichen, wird die Musik entsprechend angepasst. Entstanden ist ein Proof of Concept einer App sowie ein erster Prototyp der diese Funktionalität aufweist. Die Herzfrequenz kann durch die Synchronisation der Bewegung mit Musik in die gewünschte Herzfrequenzzone gebracht werden.

Abstract

Running is a beloved sport in today's society. The fact that more and more activities are done sitting and the desire to stay healthy lead to an increased number of runners. Some runners wish to run in a specific heart rate zone. This can be a challenging task. This paper focuses on this problem. An app was created that helps a user to adjust his heart rate by synchronizing his movements with the tempo of music. If the user does not get to his desired heart rate, faster or slower music is played. A proof of concept of an app and a first prototype have been created. Reaching a target heart rate can be supported by synchronizing movements with the tempo of music.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Aufgabenstellung	2
1.3	Stand des Wissens und der Technik	3
1.4	Abgrenzung	6
2	Umriss des geplanten eigenen innovativen Beitrages	7
3	Sensoren und Technik	9
3.1	Herzfrequenzmessung.....	9
3.2	Messung der Schrittkadenz	10
3.3	Zusammenhang der Schrittkadenz und der Herzfrequenz	11
3.4	Bestimmung der maximalen Herzfrequenz.....	11
4	Planung der Entwicklung.....	12
4.1	Applikationsdesign	13
4.1.1	Persönliche Daten.....	13
4.1.2	Ziel auswählen	13
4.1.3	Übersichtsbildschirm	13
4.1.4	Ansicht während des Trainings	14
4.2	Applikationsfunktionen	15
4.2.1	Maximale Herzfrequenz berechnen	15
4.2.2	Sensoren verbinden	15
4.2.3	Sensordaten auslesen und analysieren	15
4.2.4	Testlauf durchführen	15
4.2.5	Akustische Übermittlung der falschen Schrittkadenz	17
4.2.6	Musikauswahl	17
4.2.7	Regulierung der Herzfrequenz während des Trainings	19
5	Umsetzung	21
5.1	Basiseinstellungen	21
5.2	Trainingsübersicht	22
5.3	Testlauf	22
5.4	Bluetooth.....	23
5.4.1	Sensoren scannen	23
5.4.2	Sensoren auslesen	23
5.4.3	Sensoren parallel auslesen.....	26
5.4.4	Anzeige und Erfassung der Daten	26

5.5	Musik abspielen	28
5.5.1	Übergang zwischen Liedern	29
5.6	Akustische Übermittlung der falschen Schrittkadenz.....	29
5.7	Regulierung der Herzfrequenz während des Trainings	30
5.7.1	Datenanalyse	30
5.7.2	Reaktion auf Datenanalyse	30
6	Resultate	32
7	Diskussion	33
7.1	Verbesserungsideen.....	33
7.2	Fragen	36

Abkürzungen

bpm	Beats per minute (Tempoangabe für Musik)
SPM	Steps per minute / Strides per minute / Schritte pro Minute
HfMax	Maximale Herzfrequenz

Begriffsdefinitionen

Schrittkadenz	Anzahl Schritte pro Minute
Herzfrequenz	Anzahl Herzschläge pro Minute
Musiktempo	Anzahl Schläge pro Minute / beats per minute

1 Einleitung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einem Ausdauersportler – genauer einem Läufer – zu helfen eine bestimmte Herzfrequenz zu erreichen. Dies soll mit einer mobilen Applikation erreicht werden. Der Benutzer soll seine angestrebte Herzfrequenz angeben und eine App gibt ihm, mithilfe des Taktes von Musik, die dafür benötigte Schrittkadenz vor. Die benötigte Schrittkadenz kann der Benutzer erreichen indem er seine Bewegung mit dem Tempo der Musik synchronisiert. Genauer heisst das, er tritt mit jedem Taktschlag auf den Boden auf.

Es wird erwartet, dass sich die Schrittkadenz für eine bestimmte Herzfrequenz mit der Zeit verändert oder so von äusseren Gegebenheiten abhängig ist, dass sich das System ständig daran anpassen muss. Zuerst kann das System trainiert werden. Dabei findet ein Testlauf statt, bei dem die App ermittelt mit welcher Schrittkadenz der Benutzer die gewünschte Herzfrequenz erreicht. Es wird versucht einen Zusammenhang zwischen Schrittkadenz und Herzfrequenz zu ermitteln.

Es handelt sich um eine Engineering Arbeit, da das Ziel darin besteht, ein Proof of Concept einer mobilen Applikation zu erstellen.

1.1 Motivation

Immer mehr Leute betreiben als Sport das Laufen, oft auch Joggen genannt. Auch andere Sportarten bei denen Schritte gemacht werden, wie Wandern oder Walking, sind in den letzten Jahren wieder beliebter geworden. Die Anzahl Teilnehmer an Wettkämpfen nimmt jährlich zu. Der Gesichtspunkt, dass viele Leute heute nicht mehr draussen auf dem Feld, sondern im Sitzen und vor allem im Büro tätig sind, führt dazu, dass vermehrt zusätzlich Sport gemacht wird, um die täglich empfohlene Aktivität in den Alltag zu integrieren. Das Laufen ist beliebt, weil es sich überall und mit wenig Ausrüstung ausführen lässt.

Beim Training, vor allem auch mit dem Fokus darauf einen längeren Wettkampf zu bestreiten, kann sich die Frage ergeben mit einer bestimmten Herzfrequenz zu laufen. Zum Beispiel um die Ausdauer zu verbessern oder ein Übertraining zu vermeiden. Es kann Ziel des Trainings sein in der so genannten Grundlagenausdauer 1 zu laufen. Dies entspricht einer Herzfrequenz im Bereich von 60 – 80% der maximalen Herzfrequenz (HFMax). Das Anstreben sowie das Halten einer spezifischen Herzfrequenz kann zur Herausforderung werden. Vor allem das Laufen in tiefen Herzfrequenzbereichen ist eher ungewohnt, da die

meisten Hobbyläufer ziemlich langsam unterwegs sein müssen, damit die Herzfrequenz nicht zu stark ansteigt. Hier setzt die zu entwickelnde App an. Sie soll dem Benutzer mit Musik dabei helfen seine angestrebte Herzfrequenz zu erreichen. Und zwar, in dem sie dem Benutzer Musik im passenden Tempo abspielt, sodass dieser seine Schritte mit dem Takt der Musik synchronisieren kann. Den Rest erledigt die App: Nämlich das Überprüfen der Herzfrequenz sowie das entsprechende Reagieren darauf mittels Abspielen von Musik in einem anderem Tempo. So kann zum Beispiel das Tempo verlangsamt werden, wenn die Herzfrequenz zu hoch ist.

Das Laufen zu Musik wird gemäss (Karageorghis & Priest, Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I), 2012) und (Karageorghis & Priest, Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part II), 2012) als angenehmer empfunden als ohne Musik.

Ist die Musik zusätzlich noch an den Benutzer angepasst, werden noch bessere Effekte auf das Durchhaltevermögen und das Vergnügen beim Sport erzielt. (de Oliveira & Oliver, 2008) (Oliver & Fernando, 2006)

1.2 Aufgabenstellung

Es stellt sich nun die Frage wie eine mobile Applikation umgesetzt werden muss, um die folgenden Hauptfunktionalitäten zu erfüllen.

- Das Ermitteln der korrekten Schrittkadenz zum Erreichen einer bestimmten Herzfrequenz.
- Das Bereitstellen von Musik, mit deren Takt der Benutzer seine Laufbewegung synchronisieren kann um eine angestrebte Herzfrequenz zu erreichen.
- Das Wechseln der Musik mit dem Ziel, die Herzfrequenz entsprechend zu regulieren, wenn sie sich nicht im angestrebten Bereich befindet.

Um diese Fragen zu beantworten, wird eine mobile Applikation entwickelt, die als Proof of Concept dient.

Als Erstes wird das Alter des Benutzers abgefragt, um die maximale Herzfrequenz zu ermitteln. Anschliessend kann der Benutzer angeben in welchem Bereich sich seine Herzfrequenz bewegen soll. Bei der ersten Benutzung wird der Benutzer anschliessend aufgefordert einen Testlauf auszuführen, um einen Anhaltspunkt zu erhalten in welcher Schrittkadenz sich der Benutzer zu bewegen hat, um die verschiedenen Herzfrequenzbereiche erreichen zu können. Nach erfolgreichem Testdurchgang kann das Training beginnen.

Musik im ermittelten Tempo wird dem Benutzer bereitgestellt. Während des Trainings werden die Schrittkadenz sowie die Herzfrequenz ständig überprüft. Die Musik wird dementsprechend ausgewählt, um dem Benutzer durch Synchronisation seiner Bewegung mit dem Musiktempo zu ermöglichen seine angestrebte Herzfrequenz zu erreichen.

1.3 Stand des Wissens und der Technik

Zu erwähnen ist die zweiteilige Studie (Karageorghis & Priest, Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I), 2012) (Karageorghis & Priest, Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part II), 2012) und (Karageorghis, Mouzourides, Priest, Sasso, Morrish, & Walley, 2009) welche den positiven Einfluss von Musik auf das Durchhaltevermögen und das Vergnügen einer Ausdauereinheit untersucht haben und bestätigen.

Eine Arbeit von der internationalen Konferenz für Music Information Retrieval 2008 beschreibt ein System, welches anhand der momentanen Anzahl Schritte pro Minute (SPM) Musik empfiehlt. Es wurde ein Experiment durchgeführt, in dem die Forscher zum Ergebnis kamen, Musik im Tempo der Schritthäufigkeit werde als passender und angenehmer empfunden als zufällig ausgewählte Musik. (Masahiro, Takaesu, Demachi, Oono, & Saito, 2008)

Auch die Studie von (Bacon, Myers, & Karageorghis, 2012) kommt zum Schluss, dass bei repetitiven Bewegungen Musik in Betracht gezogen werden kann, deren Rhythmus zum Bewegungsmuster passt.

Die Studie (Simpson & Karageorghis, 2005) bestätigt dies und zeigt auf, dass auf 400m Sprints eine verbesserte Leistung erkennbar ist im Gegensatz zu Testläufen die nicht durch Musik kontrolliert wurden. Es kann ein eindeutiger Trend ausgemacht werden, dass Musik eine verbesserte Leistung hervorrufen kann, zumindest bei Hobbysportlern. Wenn Musik auch noch synchron zur Bewegung angewendet wird, können diese Vorteile sogar auf Elitesportler ausgeweitet werden.

Eines der klarsten Beispiele der Wirkung von synchroner Musik zur repetitiven Bewegung zeitgleich zum Tempo ist der 2000 Meter Weltrekord des Äthiopiers Haile Gebreselassie. Er hat seine Schrittkadenz zum Pop Lied „Scatman“ synchronisiert (Terry & Karageorghis, 2006).

(Jensen & Mueller, 2014) bietet einen guten Überblick darüber wo die Technik heute bzgl. Trainingssupport beim Laufen steht. Sie bemängeln, dass die meisten Technologien vor allem Auswertungen nach und nicht während dem Lauf bereitstellen. Weiter merken sie an, dass die meisten Technologien sich auf die Leistung, wie zum Beispiel der Geschwindigkeit konzentrieren nicht aber auf die Lauftechnik.

(Wijnalda, Pauws, Vignoli , & Stuckenschmidt, 2005) Stellen das System IM4Sports (Interactive Music for Sports) vor, welches den Benutzer bei drei Dingen unterstützt.

- Pace-fixing mode: Die Musik wird in konstantem Tempo abgespielt. Der Benutzer soll nun seine Schrittkadenz der Musik anpassen, um seine Ausdauer zu verbessern. In diesem Modus passt sich also der Läufer der Musik an.
- Pace-matching mode: Das System passt die Musik an die Schrittkadenz des Benutzers an. Er kann also mit verschiedenen Schrittkadenzen laufen. In diesem Modus passt sich somit die Musik dem Läufer an.
- Pace-influencing mode: Das Tempo der Musik wird schneller oder langsamer, um den Benutzer dazu zu motivieren, schneller oder langsamer zu laufen. Das Ziel dieses Modus ist es, ein Leistungslevel zu erreichen, welches im Trainingsprogramm vorgegeben ist. Hier wird der Benutzer dazu animiert sich der Musik anzupassen.

Ein interessanter Ansatz zum Signalisieren, dass die Schrittkadenz des Benutzers nicht im angestrebten Bereich ist, bietet BeatClearWalker. Die Qualität der Musik wird verändert sobald der Benutzer zum Beispiel zu langsam unterwegs ist. (Komminos, Dunlop, Rowe, Hewitt, & Coull, 2015)

Die App TempoRun¹ klassifiziert vorhandene Musik auf dem Smartphone des Benutzers in 10 Stufen abhängig von deren Geschwindigkeit. Level 1 beginnt mit Geh-Tempo und Level 10 ist Sprinttempo. Die RunningMusicApp² stellt Musik bereit mit einem Standardtempo von 150 bpm, welche auf die individuelle Geschwindigkeit angepasst werden kann. Die App RockMyRun³ stellt Playlists von internationalen DJs in verschiedenen Längen und Tempi bereit. Alle Apps haben gemeinsam, dass der Benutzer die Musik mit entsprechender Anzahl bpm selbst auswählen muss, um seine Läufe zu unterstützen.

¹ <http://www.temporunapp.com/> - 21.07.16

² <http://www.runningmusicapp.com/> - 21.07.16

³ <http://www.rockmyrun.com/> - 21.07.16

Die App DJogger berechnet die Geschwindigkeit des Joggers und wählt den nächsten Song aus, um die gewünschte Geschwindigkeit zu erreichen. Reactive Music und Robin adaptieren einen regelbasierten Ansatz, wobei ein Stück Musik generiert und angepasst wird, während es abgespielt wird. Es wird also individuelle Musik in Echtzeit kreiert. (Bauer & Kratschmar, 2015)

Auch (Rubisch, et al., 2010) entwerfen ein mobiles System, das mithilfe von Musik dem Benutzer das Erreichen einer spezifischen Anzahl Pulsschläge pro Minute ermöglichen soll.

Es gibt bereits diverse Apps, die den Benutzer dabei unterstützen ein spezifisches Ziel beim Training, wie zum Beispiel eine angestrebte Herzfrequenz, zu erreichen. Ein Beispiel ist die App MPTrain⁴. Sie hilft dem Benutzer die Herzfrequenz zu erreichen, indem er ein Übungsprogramm auswählt. Die App vergleicht im Betrieb die momentane Herzfrequenz mit der zu erreichenden und spielt dann schnellere oder langsamere Musik ab. Im experimentellen Test konnte ermittelt werden, dass das Training mit Musik angenehmer ist als ohne. Das Training mit MPTrain ist angenehmer als mit zufällig ausgewählter Musik. Die Testpersonen trainierten härter und waren weniger schnell müde. (Oliver & Fernando, 2006). Die App ist im Play Store für Android und im App Store für Apple erhältlich jedoch nicht für die Schweiz. Gemäss Statistik des Play Stores hat sie 10'000 – 50'000 Nutzer (play.google.com, 2016).

In (de Oliveira & Oliver, 2008) wird die App MPTrain nochmals aufgegriffen und verbessert. Eine Autorin ist dieselbe wie in (Oliver & Fernando, 2006). Sie konnte im Gegensatz zu MPTrain in einem experimentellen Test ausfindig machen, dass die Wirksamkeit der verbesserten App noch höher ist. Die neuere Studie fokussiert sich noch mehr darauf, den Benutzer zusätzlich zu motivieren, zum Beispiel indem er sich mit anderen Benutzern messen kann. Diesen neuen Motivationsfeatures und der verbesserten Benutzeroberfläche wird der bessere Erfolg der App TripleBeat⁵ gegenüber MPTrain zugeschrieben.

Es sind auch noch weitere Apps für Android und Apple Geräte in den jeweiligen Stores erhältlich, welche mit Musik den Benutzer dabei unterstützen wollen eine bestimmte

⁴ <http://www.mptrain.com/> - 21.07.16

⁵ <http://www.nuriaoliver.com/triplebeat/> - 21.07.2016

Schrittkadenz, eine bestimmte Herzfrequenz oder eine bestimmte Geschwindigkeit zu erreichen.

Was alle Studien gemeinsam haben ist, dass sie aufgrund des Veröffentlichungsdatums veraltete Hardware benutzen. Meistens sind mehrere Geräte, zum Teil sogar ein Bluetooth Transmitter, zur Benutzung der App nötig. Aufgrund des heutigen Stands der Technik, können die Ideen an heutige Standards angepasst werden. Es gilt zum Beispiel zu beachten, dass heute praktisch jedes Smartphone einen Bluetooth-Empfänger integriert hat. Die erwähnten Arbeiten beschreiben oft zu wenig genau, wie die spezifische Herzfrequenz tatsächlich erreicht werden soll. Die Methode, nämlich die Vorgabe der Schrittkadenz, wird in keiner Arbeit beschrieben.

Alle Apps haben gemeinsam, dass sie auf lokale Musikdatenbanken zugreifen. Wünschenswert wäre, wenn Musik über Streaming-Dienste, wie zum Beispiel Spotify oder andere, benutzt werden könnte. Die Apps wählen Musik aus, die der Benutzer in der vorgegebenen Anzahl bpm auf dem Mobiltelefon hat. Gemäss (Rubisch, et al., 2010) ist es mit der privaten Musikbibliothek zum Teil schwierig passende Musik auszuwählen um das angestrebte Ziel zu erreichen. Wenn ein Benutzer zum Beispiel nur Musik eines bestimmten Genres gerne hört, ist es fast unmöglich, verschiedene Bereiche an Musiktempos zu finden.

Die meisten Arbeiten handeln davon, dass sich die Musik an den Benutzer anpasst. Bei der vorliegenden Arbeit soll genau das Umgekehrte geschehen: Der Benutzer soll sich der Musik anpassen.

1.4 Abgrenzung

Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit steht die Unterstützung eines Sportlers beim Erreichen einer vorgegebenen Herzfrequenz. Auf die maximale Sauerstoffaufnahme $\dot{V}O_{max}$ wird nicht eingegangen. Es ist nicht Gegenstand dieser Arbeit zu untersuchen, ob und wenn ja, wie sinnvoll das Laufen in einer bestimmten Herzfrequenz ist. Der medizinische Aspekt wird aussen vorgelassen. Es interessiert ausschliesslich die technische Umsetzung. Die Verantwortung liegt in jedem Fall beim Benutzer.

2 Umriss des geplanten eigenen innovativen Beitrages

In der vorliegenden Arbeit soll also geprüft werden, wie es nach neuestem Stand der Technik erreicht werden kann, folgende Funktionalitäten in einer mobilen Applikation bereitzustellen.

Messen der Schrittkadenz und Herzfrequenz

Es wird ermittelt, wie viele Schritte pro Minute der Benutzer machen muss, um eine bestimmte Herzfrequenz zu erreichen. Dazu ist es notwendig die Herzfrequenz sowie die Schrittkadenz zu messen.

Ermitteln der benötigten Schrittkadenz bei einer bestimmten Herzfrequenz

Die Herausforderung besteht darin, zu ermitteln, in welcher Schrittkadenz sich ein Benutzer bewegen muss, um eine bestimmte Herzfrequenz zu erreichen. Dazu wird ein Testlauf durchgeführt, bei dem die Schrittkadenz und die Herzfrequenz gemessen werden. Es wird Musik in verschiedenen Tempos abgespielt und ermittelt, bei welcher Schrittkadenz eine bestimmte Herzfrequenz erreicht werden kann.

Abfrage von Musik in spezifischem Tempo

Ist die benötigte Schrittkadenz ermittelt, soll der Benutzer dabei unterstützt werden durchgehend in dieser Schrittkadenz zu laufen, um die gewünschte Herzfrequenz zu erreichen und auch während längerem Laufen zu halten. Dazu wird Musik in einem Tempo verwendet, mit welchem der Benutzer seinen Aufprall auf dem Boden synchronisieren kann. Somit ist die einzige Aufgabe des Benutzers seine Bewegung synchron mit dem Tempo der Musik zu halten. Er braucht nicht ständig seine aktuelle Herzfrequenz zu überprüfen. Die Musik soll sich dem Erreichen des Ziels des Benutzers und seiner momentanen Herzfrequenz anpassen. Das heisst, es findet während dem Lauf andauernd die Überprüfung statt, ob sich der Benutzer auch tatsächlich im gewünschten Bereich befindet. Ist dies nicht der Fall wird er dabei unterstützt sein Ziel zu erreichen.

Abspielen der Musik

Die Musik im geeigneten Tempo muss selektiert und abgespielt werden. Dazu sind viele verschiedene Ansätze denkbar. Zum Beispiel das Abspielen der Musik von Spotify, von lokalen Musikdateien oder von einer quelloffenen Musikdatenbank. Diese Methoden werden während der Planung analysiert, ihre Vor- und Nachteile gegenübergestellt und ihre Eignung für diesen Fall festgestellt.

Überprüfen der Vorgaben während des Trainings und entsprechende Reaktion

Während des Trainings wird überprüft, ob sich der Benutzer auch tatsächlich mit der vorgegebenen Schrittkadenz bewegt. Auch wird überprüft, ob die Herzfrequenz die ist, die der Benutzer erreichen will. Um dies festzustellen werden die Daten während des Trainings ermittelt. Stimmen die Werte nicht überein, soll der Benutzer dabei unterstützt werden dies zu ändern. Ist seine Herzfrequenz zu hoch, wird ihm Musik in langsamerem Tempo bereitgestellt, mit welchem er die entsprechende Zielherzfrequenz erreichen kann. Die Musik beziehungsweise seine Bewegung wird so lange justiert, bis seine Zielherzfrequenz erreicht ist.

Es muss auch beachtet werden, dass die Herzfrequenz mit der gleichen Schrittkadenz je nach Erschöpfungsgrad variiert. Zum Beispiel hat der Läufer im ausgeruhten Zustand bei einer Schrittkadenz von 60 Schritten pro Minute eine Herzfrequenz von 120 Schlägen pro Minute. Ist er aber nun schon eine Stunde mit dieser Schrittkadenz am Laufen, ist seine Herzfrequenz vielleicht aufgrund der bereits zurückgelegten Laufstrecke mit derselben Schrittkadenz bei 150 Schlägen pro Minute. Auf diese Gegebenheiten gilt es während des Laufens mithilfe der Selektion von Musik im geeigneten Tempo einzugehen.

3 Sensoren und Technik

3.1 Herzfrequenzmessung

Die Herzfrequenz wird mithilfe eines Polar H7 Herzfrequenzmessgeräts ermittelt.



Abbildung 1 Polar H7 Herzfrequenzmessgerät

Polar ist aktives Mitglied der Non Profit Organisation Bluetooth SIG (Special Interest Group). Darum unterstützen ihre Geräte den Bluetooth Smart Standard mit dem die Kommunikationen unter verschiedenen Plattformen und Geräten standardisiert ist. (Polar, 2016) Der Smart Standard wird auch Bluetooth Low Energy genannt, da er einen deutlich geringeren Stromverbrauch aufweist, als herkömmliche Bluetooth-Verbindungen.

Um den Puls mit einem Android Smartphone zu messen und anzuzeigen wurde die Applikation BLEConnect (Roland, 2013) verwendet. Sie dient dazu die Daten von einem Polar H7 Messgerät in Echtzeit zu messen, zu übermitteln und anzuzeigen.

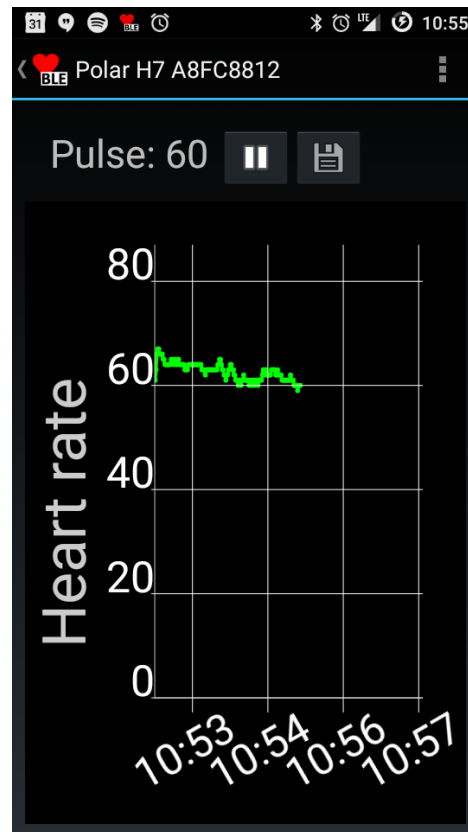


Abbildung 2 BLEConnect Applikation: Anzeige der Herzfrequenz in Schlägen pro Minute

Der Code von BLEConnect dient als Ausgangslage für den zu entwickelnden Prototypen.

3.2 Messung der Schrittkadenz

Die Schrittkadenz wird mithilfe eines Schrittsensors von Polar (Polar Electro, 2016) gemessen. Die Verbindung zum Gerät erfolgt ebenfalls durch die Open Source App BLEConnect (Roland, 2013). Das Auslesen der Daten wird neu implementiert. Als Basis dafür dient die Herzfrequenzauslesung.



Abbildung 3 Polar Schrittsensor

3.3 Zusammenhang der Schrittkadenz und der Herzfrequenz

Gemäss (McGovern, 1997) verhält sich die Schrittkadenz zur Herzfrequenz bis zum Erreichen der maximalen Herzfrequenz proportional. Je höher die Schrittkadenz, desto schneller die Herzfrequenz, da mehr geatmet werden muss. Auf die maximale Sauerstoffaufnahme wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen.

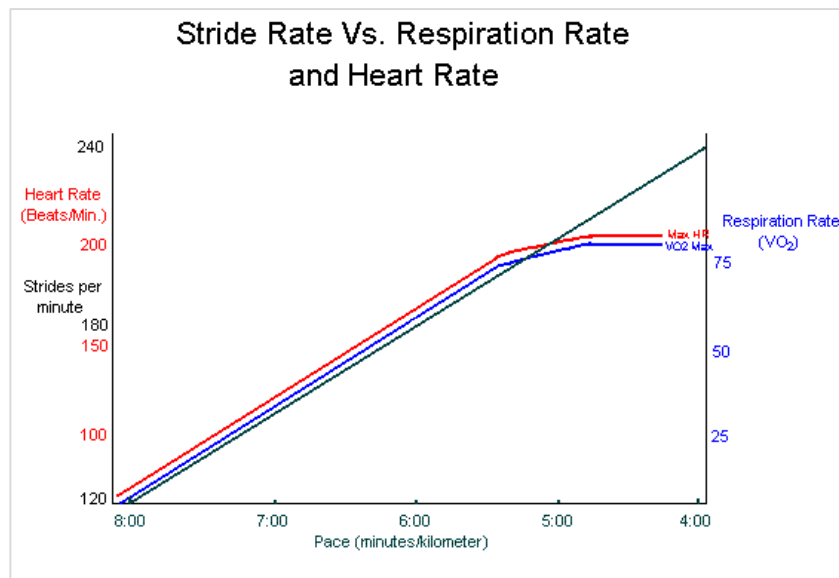


Abbildung 4 Der Zusammenhang der Schrittkadenz und der Herzfrequenz sowie der maximalen Sauerstoffaufnahme

3.4 Bestimmung der maximalen Herzfrequenz

Es wird die meist verbreitete Methode zum Bestimmen der maximalen Herzfrequenz verwendet. Dies ist die Methode nach Fox und Haskell. Die Formel berechnet die maximale Herzfrequenz folgendermassen:

$$\text{HRMax} = 220 - \text{Alter}$$

Das Alter des Benutzers wird von 220 subtrahiert und diese Zahl ergibt dann die maximale Herzfrequenz. Genauer wäre es, die maximale Herzfrequenz des Benutzers individuell zu messen. Fürs Erste wird aber darauf verzichtet, weil für Freizeitsportler und im Rahmen des ersten Prototyps die Genauigkeit der Bestimmung gemäss Fox und Haskell ausreichend ist.

4 Planung der Entwicklung

Die Planung der Entwicklung beinhaltet Mockups der Benutzeroberflächen sowie erste Ansätze, wie die Applikation umgesetzt werden könnte. Als erster Überblick dient eine Zeichnung, die folgenden Regelkreis beschreibt:

- Das Tempo der Musik gibt dem Benutzer die Schrittkadenz vor. Dieser bewegt sich im Takt der Musik. Mit jedem Taktschlag prallt der Benutzer seinen Fuss am Boden auf.
- Die Schrittkadenz hat einen direkten Einfluss auf die Herzfrequenz. Ist die Schrittkadenz oder die Herzfrequenz zu hoch oder zu tief, hat dies wiederum einen Einfluss auf die abzuspielende Musik.
- Das Tempo der Musik muss so justiert werden, dass der Benutzer die angestrebte Herzfrequenz erreichen kann. Das heisst, ist beispielsweise die Herzfrequenz des Benutzers zu hoch, wird langsamere Musik abgespielt. Synchronisiert der Benutzer seine Bewegung mit der Musik, wird dadurch seine Herzfrequenz verringert.

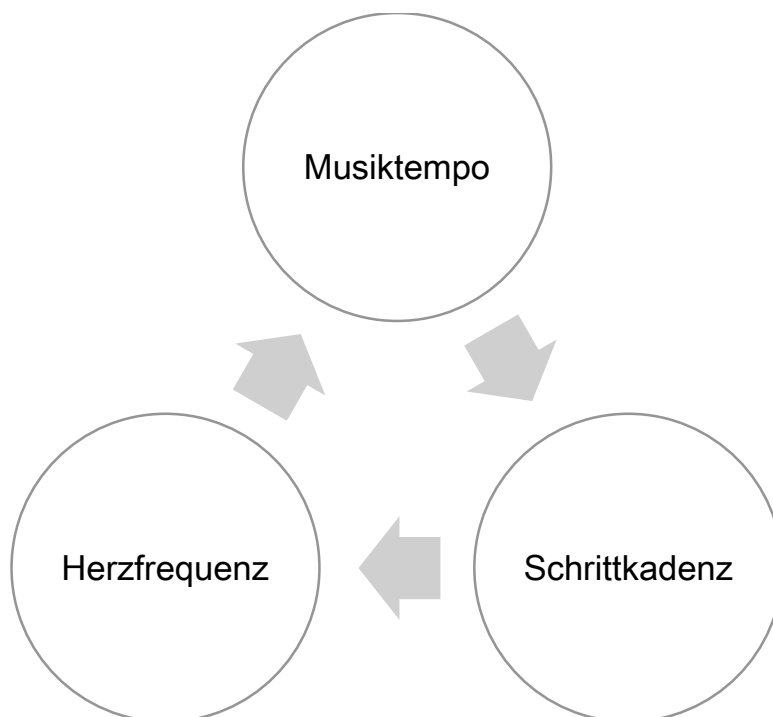


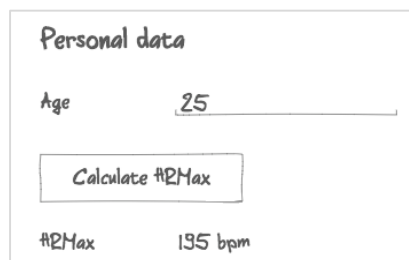
Abbildung 5 Regelkreis Musiktempo Schrittkadenz Herzfrequenz

4.1 Applikationsdesign

Es wird eine mobile native Applikation für Android 6 „Marshmallow“ als Prototyp entwickelt. Folgende Bedienelemente sind die Mindestanforderung. Es handelt sich bei den vorgeschlagenen Bedienelementen um Umsetzungsbeispiele.

4.1.1 Persönliche Daten

Zur Bestimmung der maximalen Herzfrequenz wird das Alter des Benutzers benötigt. Nach Angabe des Alters kann die maximale Herzfrequenz berechnet und angezeigt werden. Die maximale Herzfrequenz wird gespeichert und beim nächsten Öffnen der App automatisch angezeigt, kann aber jederzeit neu berechnet werden.



Personal data

Age 25

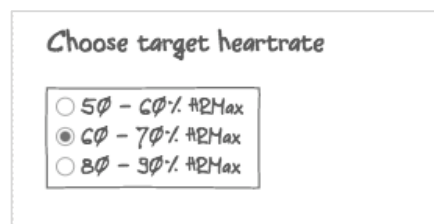
Calculate HRMax

HRMax 195 bpm

Abbildung 6 Persönliche Daten des Benutzers

4.1.2 Ziel auswählen

Die Auswahl der angestrebten Herzfrequenz erfolgt in folgendem Beispiel anhand von Herzfrequenzzonen, die in Prozent der maximalen Herzfrequenz ausgewählt werden. Die drei Zonen wurden im Testbetrieb so ausgewählt, dass sie gängigen Empfehlungen von Laufexperten entsprechen. Über das Laufen in den verschiedenen Herzfrequenzzonen herrscht keine Einigkeit. Die drei beschriebenen Zonen können in einem weiteren Entwicklungsstadium angepasst werden.



Choose target heartrate

☐ 50 - 60% HRMax

☒ 60 - 70% HRMax

☐ 80 - 90% HRMax

Abbildung 7 Angestrebte Herzfrequenzzone auswählen

4.1.3 Übersichtsbildschirm

Die Trainingsübersicht zeigt dem Benutzer welche Einstellungen er vorgenommen hat und ermöglicht ihm das Training zu starten. Im folgenden Beispiel hat sich der Benutzer für ein Training entschieden, in dem er dabei unterstützt werden möchte, eine Herzfre-

quenz zwischen 60% und 70% der maximalen Herzfrequenz zu erreichen und zu halten. Die ausgewählte Herzfrequenz wird ausgerechnet und angezeigt. In der Trainingsübersicht hat der Benutzer auch die Möglichkeit den Testlauf zu starten. Dieser ist beim ersten Starten des Trainings obligatorisch – vorher kann das Training nicht gestartet werden. Der Trainingslauf kann jederzeit wiederholt werden.

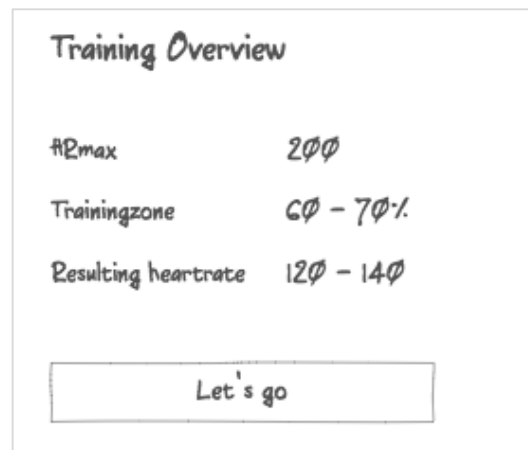


Abbildung 8 Übersicht der ausgewählten Einstellungen

4.1.4 Ansicht während des Trainings

Während des Trainings könnte dem Benutzer dann beispielsweise der Titel und Interpret des momentan gespielten Liedes, das Tempo des Liedes sowie Titel und Interpret des nächsten Liedes angezeigt werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Benutzer während des Trainings auf das Display des Gerätes schaut ist eher gering, weshalb kein grosses Augenmerk auf die Gestaltung gelegt wurde.

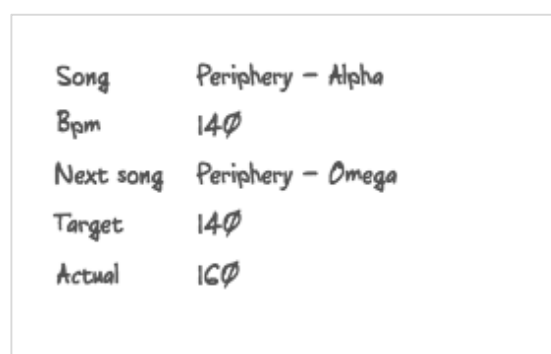


Abbildung 9 Ansicht während des Trainings

4.2 Applikationsfunktionen

Folgende Funktionen muss die Applikation bereitstellen.

4.2.1 Maximale Herzfrequenz berechnen

Die maximale Herzfrequenz wird anhand der Berechnung nach Fox und Haskell implementiert. Die Angabe wird gespeichert und beim wiederholten Öffnen der Applikation angezeigt. Der Wert kann jederzeit neu berechnet werden, was zum Beispiel jedes Jahr nötig ist, da die Berechnung das Alter miteinbezieht.

4.2.2 Sensoren verbinden

Die beiden Sensoren für die Herzfrequenz und die Schritte werden via Bluetooth mit der Applikation verbunden. Die verfügbaren Geräte sollen zuerst in einer Liste angezeigt werden. Es ist immer ein Schrittsensor und ein Herzfrequenzsensor nötig.

4.2.3 Sensordaten auslesen und analysieren

Die Sensoren werden im Sekundenintervall ausgelesen. Die Überprüfung der Schrittkadenz könnte zum Beispiel alle 30 Sekunden stattfinden, mit den Daten aus den letzten 30 Sekunden. Die Daten werden gespeichert und stehen dem Benutzer später zur Verfügung.

4.2.4 Testlauf durchführen

Der Testlauf dient dazu, die individuelle Schrittkadenz des Benutzers zu ermitteln, die er braucht, um eine gewünschte Herzfrequenz zu erreichen. Dabei gibt es vor allem zu beachten, dass es gelingen muss die Herzfrequenz in verschiedene Stufen zu bringen, um die verschiedenen Herzfrequenzzonen abzudecken.

Herzfrequenzbereich	Herzfrequenz in Schlägen pro Minute
50% - 60% HFMax	97 – 117
60% - 70% HFMax	117 – 136
70% - 80% HFMax	136 – 156

Tabelle 1 Herzfrequenzen einer 25-jährigen Person in den verschiedenen Herzfrequenzbereichen

Wie hoch muss die Schrittkadenz für den Benutzer sein, um diese Herzfrequenzen zu erreichen? Dies ist von diversen Merkmalen abhängig, wie zum Beispiel der Schrittgröße, dem Ruhepuls und der Tagesform. Darum braucht es den Testlauf, damit diese Daten

pro Benutzer ermittelt werden können. Die Auswertung des Testlaufs dient dazu eine Annahme zu treffen, mit welcher Schrittkadenz der Benutzer laufen muss, um eine bestimmte Herzfrequenz zu erreichen. Die Genauigkeit wird noch nicht sehr hoch sein, aber sie bietet einen ersten Anhaltspunkt.

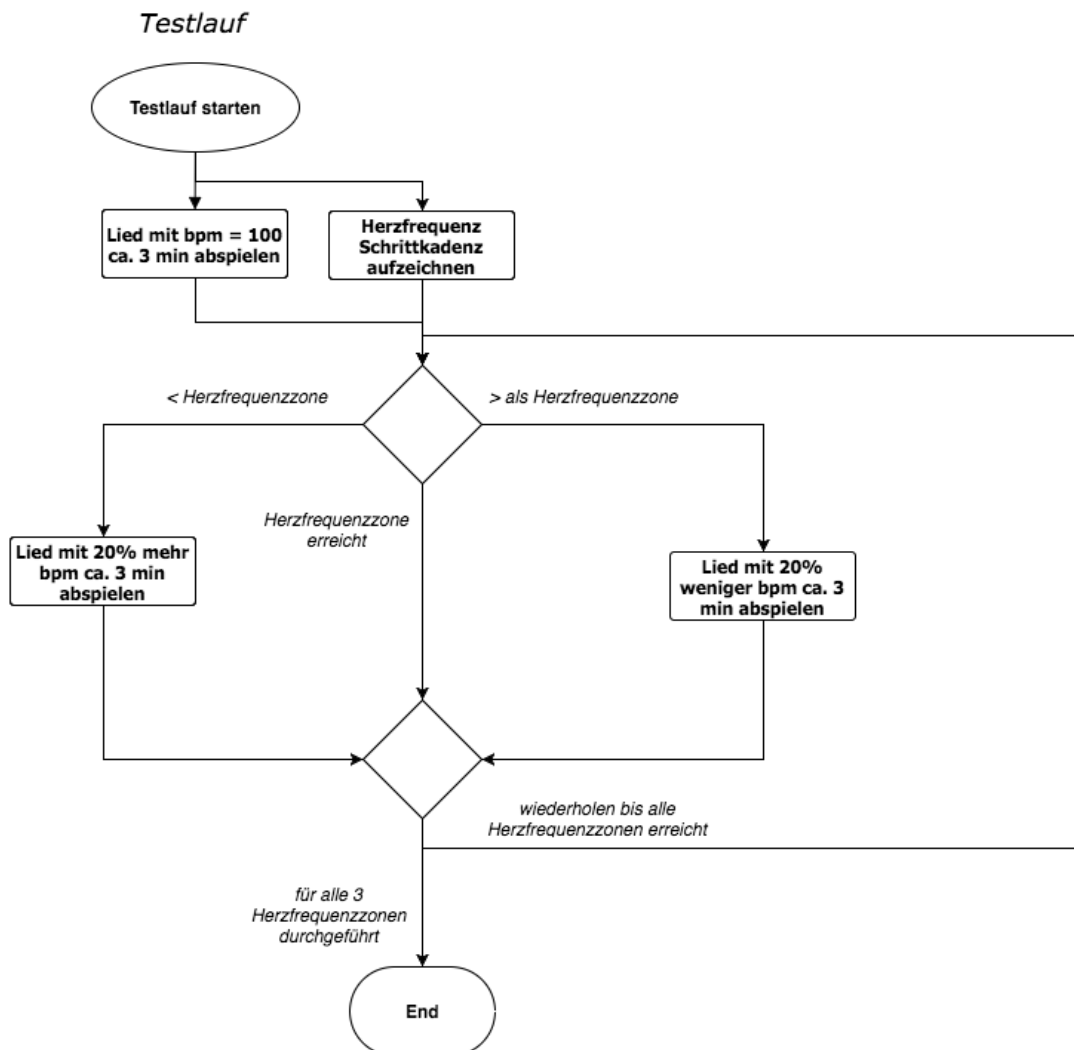


Abbildung 10 Ablauf beim Testlauf

Der Testlauf dauert neun Minuten und muss vor dem ersten Training im Zuge der Basis-einstellungen durchgeführt werden. Während des Testlaufs werden drei Lieder abgespielt. Begonnen wird mit einem Lied von 100 bpm. Je nachdem, welche Herzfrequenzzone der Benutzer mit diesem Musiktempo beziehungsweise dieser Schrittkadenz erreicht, wird das Tempo für das nächste Lied bestimmt. Das heisst, wenn der Benutzer bei 100 bpm eine höhere Herzfrequenz hat als in Stufe eins, wird das nächste Lied mit 95 bpm abgespielt, um die Herzfrequenz zu verringern. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis

alle Stufen erreicht werden konnten. Beim Erreichen einer Stufe wird dieser Wert gespeichert und zum nächsten Lied übergegangen.

Für den Testlauf wird die Musik aus einer Playlist von Spotify abgespielt, welche Lieder mit verschiedenen Musiktempos enthält. Vor dem Testlauf wird der Läufer durch einen Einleitungstext eingeführt, der ihm erklärt, wie er den Testlauf absolvieren soll.

Die Musik für den Testlauf muss idealerweise die folgenden Kriterien erfüllen. Sie hat

- ein geeignetes Tempo
- einen durchgehenden Beat
- einen gut hörbaren Takt

4.2.5 Akustische Übermittlung der falschen Schrittkadenz

Es stellt sich die Frage, wie dem Benutzer nun gezeigt werden kann, ob er sich auch im Tempo der Musik, das heißt mit der vorgegebenen Schrittkadenz bewegt. Dazu wird die Schrittkadenz mit dem Faktor zwei multipliziert, da der Benutzer abwechselungsweise mit dem rechten und dem linken Fuss auf den Boden, im Takt der Musik, aufprallen soll. Stimmt diese Anzahl Aufpralle nicht mit dem Musiktempo überein könnte dies dem Benutzer zum Beispiel so übermittelt werden, dass das Tempo der Musik angepasst wird. Zum Beispiel, wenn die Schrittkadenz zu hoch ist, wird das Tempo der Musik ebenfalls erhöht. Dies führt zum so genannten Chipmunks-Effekt. Da dieser Effekt als unangenehm empfunden wird, kann er vielleicht den Benutzer dazu führen, sich langsamer zu bewegen. Das heißt, seine Schrittkadenz mit dem Originaltempo der Musik zu synchronisieren. Derselbe Mechanismus funktioniert auch in die umgekehrte Richtung. Also wenn der Benutzer sich zu langsam bewegt, wird das Tempo der Musik auch verlangsamt. Stimmt die Schrittkadenz wieder mit dem Tempo der Musik überein, so wird das Tempo wieder normalisiert. Dieser Ansatz funktioniert aber nur, wenn die Musik sich im Besitz des Benutzers befindet. Das heißt, er muss Zugang zu der Musikdatei haben. Wird Musik über einen Streaming-Dienst wie Spotify abgespielt, kann das Tempo nicht angepasst werden. Es könnte dem Benutzer dann durch ein bestimmtes Signal oder durch einen bestimmten Musiktitel gezeigt werden, dass er sich nicht im vorgegebenen Tempo bewegt. Da in der Prototyp-Implementierung mit Spotify gearbeitet wird, wird dem Benutzer via Signal – genauer durch eine Stimme – gesagt, ob seine Bewegung korrekt mit dem Tempo der Musik synchronisiert ist.

4.2.6 Musikauswahl

Idealerweise kann der Benutzer mit der Musik laufen, die er mag und ihn somit auch motiviert. Es gibt mehrere Möglichkeiten dem Benutzer Musik bereitzustellen.

Die erste Möglichkeit wäre das Benutzen der lokalen Musikbibliothek des Benutzers, das heisst die Musik, die sich lokal auf dem Gerät befindet. Das hat jedoch den Nachteil, dass diese zumeist ein zu schmales Band an verschiedenen Musiktempi bietet, um die gewünschte Herzfrequenz zu erreichen. (Rubisch, et al., 2010) Deswegen wird diese Methode nicht umgesetzt.

Eine weitere Möglichkeit die untersucht wurde, ist das Benutzen des Audio-Streams von YouTube-Videos. Dies bietet zwar die Möglichkeit aus einer grossen Bandbreite von Musik auszuwählen, aber das ausschliessliche Benutzen des Audio-Streams ohne den Video-Stream verstösst gegen die Terms of Services von YouTube (Google, 2015). Deswegen kommt auch diese Möglichkeit nicht in Frage.

Das Benutzen einer quelloffenen Datenbank ist eine weitere Möglichkeit, die in Betracht gezogen wurde. Hier spricht das Argument dagegen, dass der Benutzer nicht die Musik hören kann, die er kennt und mag, sondern solche von Interpreten die eventuell nicht ganz so bekannt sind. Es könnte dem Benutzer ermöglichen neue Musik zu entdecken, dies entspricht aber nicht dem gewollten Anwendungsfall.

Was heute sehr beliebt ist und oft genutzt wird sind Streaming-Dienste. Diese Methode wird implementiert. Aber auch die Verwendung eines Streaming-Dienstes bietet Nachteile: Zum Beispiel kann es für die einen Benutzer nicht in Frage kommen, sich bei einem Streaming-Dienst anzumelden. Ein weiterer Nachteil ist die Tatsache, dass der Audio-Stream nicht verändert werden kann. Somit kann dem Benutzer nicht durch das Verändern des Musiktempos erkenntlich gemacht werden, dass seine Bewegung nicht korrekt mit dem Tempo der Musik synchronisiert ist. Diese Methode wird implementiert.

Auch eine Mischform der verschiedenen Ansätze ist denkbar. Es könnte verschiedene Stufen geben. In der ersten Stufe kann in der lokalen Musikbibliothek nach Musik in geeignetem Tempo gesucht werden. Die Musik kann in diesem Fall in ihrem Tempo angepasst werden, um dem Benutzer zu ermöglichen die korrekte Herzfrequenz zu erreichen. Dies kann aber zum Verzerren der Musik führen. Es könnte dem Benutzer ermöglicht werden auszuwählen, ob er das Tempo der Musik zum Beispiel um 20% erhöhen und verlangsamen möchte, mit dem Risiko sie zu verzerren, aber mit dem Vorteil seine lokale Musik hören zu können. Wird keine Musik im korrekten Tempo gefunden, kann auf eine frei verfügbare Onlinedatenbank zugegriffen werden. Der Benutzer kann ein Genre aus-

wählen und Musik im entsprechenden Genre mit passendem Tempo wird ausgewählt. Oder es wird Musik in dem Genre abgespielt das dem, der zuvor abgespielten Musik aus der lokalen Bibliothek entspricht. Es wäre denkbar, dass der Benutzer zwischen quelloffener Musik und dem Verwenden von online Streaming-Diensten wie Spotify auswählen kann. Diese Methode wird momentan nicht implementiert.

4.2.7 Regulierung der Herzfrequenz während des Trainings

Während des Trainings werden die Herzfrequenz und die Schrittkadenz gemessen. Zusätzlich wird dem Benutzer Musik abgespielt. Die abgespielte Musik hat ein spezifisches Tempo mit dem der Benutzer seine angestrebte Herzfrequenz erreichen kann. Voraussetzung dafür ist die Synchronisation seiner Bewegung im Tempo der Musik. Das Erreichen der Herzfrequenz wird dadurch sichergestellt, dass der Benutzer im Takt der Musik mit seinen Füßen nacheinander auf dem Boden aufprallt. Das Tempo der Musik entspricht also der Schrittkadenz des Benutzers multipliziert mit dem Faktor zwei.

Je nach äusseren Gegebenheiten, wie zum Beispiel der Tagesform des Läufers, der Umgebungstemperatur oder wenn der Läufer seinen Trainingszustand verbessert, wird seine Schrittkadenz nicht dieselbe sein, mit der er im Testlauf die angestrebte Herzfrequenz erreicht hat. Auf diese Gegebenheiten wird während des Trainings reagiert. Und zwar damit, dass zum Beispiel die Daten der letzten 30 Sekunden analysiert werden. Ist die Herzfrequenz mit der vorgegebenen Schrittkadenz zu hoch, wird langsamere Musik ausgewählt und zwar je nachdem, wie stark die aktuelle Herzfrequenz von der angestrebten abweicht.

Die Herzfrequenz erhöht sich, wenn die Steigung der Laufstrecke zunimmt. Umgekehrt nimmt die Herzfrequenz ab, wenn die Steigung der Strecke sinkt. Vorausgesetzt der Läufer behält sein Tempo bei. Dauert die Steigung länger als zum Beispiel 30 Sekunden an, könnte damit reagiert werden, dass Musik in langsamerem Tempo abgespielt wird, um dem Benutzer zu ermöglichen auch bei einer Steigung seine angestrebte Herzfrequenz beizubehalten. Es ist zu erwarten, dass der Benutzer seine Schrittkadenz automatisch senkt, sobald er eine Steigung hinauf läuft. Die Schrittkadenz ist dann nicht mehr synchron mit dem Tempo der Musik. Auf diese Gegebenheit wird im Kapitel, 4.2.5 Akustische Übermittlung der falschen Schrittkadenz, genauer eingegangen.

Es soll ein anderes Lied in einem anderen Tempo abgespielt werden, wenn sich die Herzfrequenz des Benutzers nicht in der angestrebten Zone befindet. Das Auswählen eines

Liedes in einem anderen Tempo soll so lange stattfinden, bis der Benutzer seine angestrebte Herzfrequenz erreichen kann. Wichtig dabei ist, dass das Wechseln der Lieder auf eine bestimmte Zeitspanne begrenzt wird. Das heisst, es soll zum Beispiel nicht mehr als einmal pro Minute das Lied gewechselt werden. Ansonsten kann sich das für den Benutzer unangenehm anhören.

Es wird sich zeigen, ob sich die Überprüfung der Daten der letzten 30 Sekunden eignet, oder ob es sinnvoller ist, die Daten der letzten 60 Sekunden auszuwerten. Um darauf zu reagieren, dass sich die Herzfrequenz nicht im gewünschten Bereich befindet, ist folgender Ablauf denkbar.

Regulierung der Herzfrequenz

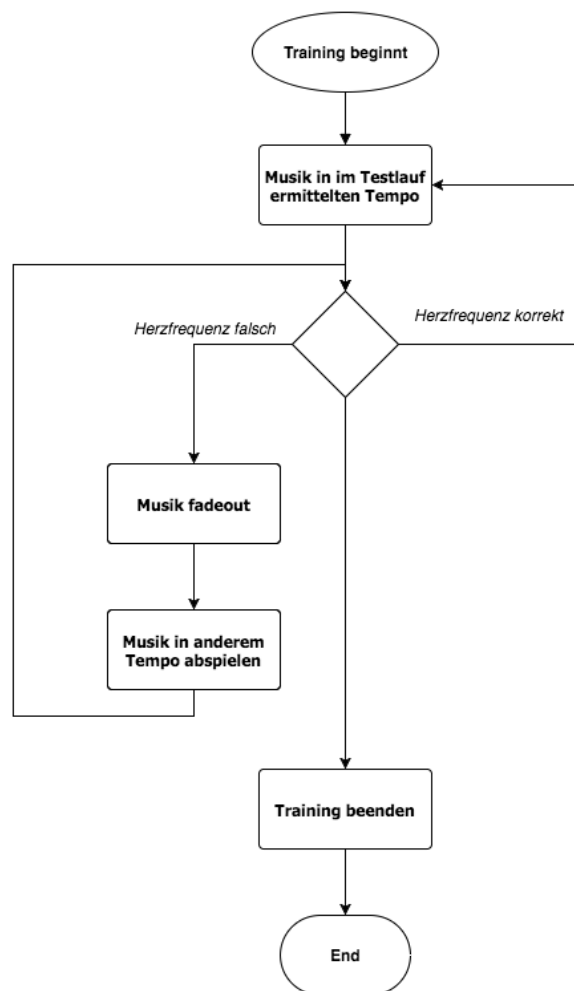


Abbildung 11 Ablauf der Herzfrequenzregulierung während des Trainings

5 Umsetzung

5.1 Basiseinstellungen

Es wurde, wie im Mockup entworfen, eine Eingabemöglichkeit erstellt, um das Alter des Benutzers zu erfragen und die maximale Herzfrequenz nach Fox und Haskell zu berechnen. Im nächsten Schritt kann der Benutzer die gewünschte Trainingsintensität in Prozent der maximalen Herzfrequenz auswählen. Diese ist momentan in drei Herzfrequenzzonen eingeteilt, nämlich 50% - 60%, 60% - 70% und 70% - 80%.

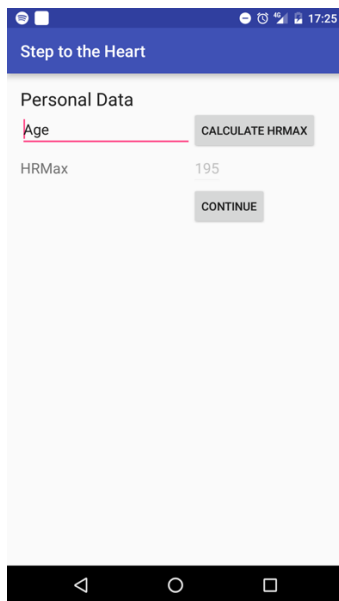


Abbildung 12 Basiseinstellungen

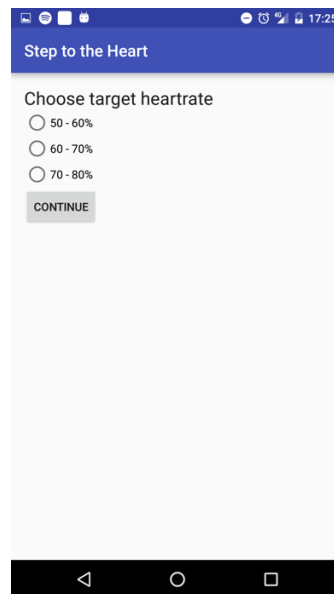


Abbildung 13 Trainingszone

5.2 Trainingsübersicht

Nach der Auswahl der gewünschten Trainingszone in Prozent der maximalen Herzfrequenz gelangt der Benutzer zur Trainingsübersicht. In der Trainingsübersicht wird dem Benutzer seine maximale Herzfrequenz angezeigt, die ausgewählte Trainingszone in Prozent sowie der Herzfrequenzbereich.

In der Trainingsübersicht hat der Benutzer die Möglichkeit den Testlauf zu absolvieren. Er kann jedoch auch gleich mit dem Training beginnen. Zusätzlich hat der Benutzer hier die Möglichkeit Lieder aus einer Spotify-Playlist für die Verwendung während des Trainings zuzuordnen. Diese Funktionalität wird im Kapitel 5.5 Abspielen von Musik erläutert.

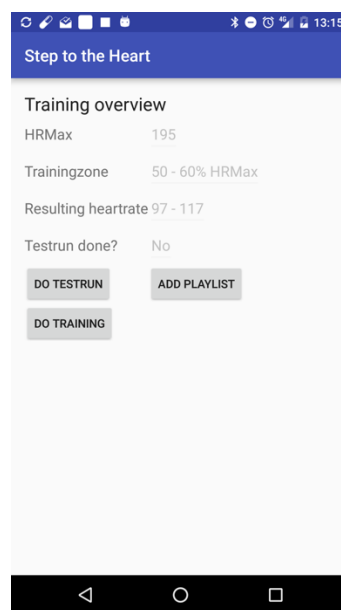


Abbildung 14 Trainingsübersicht

5.3 Testlauf

Der Testlauf ist so implementiert, dass die Daten des Herzfrequenzsensors und des Schrittsensors aufgezeichnet werden wie im Kapitel 5.4.4 Anzeige und Erfassung der Daten beschrieben wird.

Während des Testlaufs werden drei Lieder in unterschiedlichem Musiktempo abgespielt. Das Erste mit 80 bpm, das Zweite mit 100 bpm und das Dritte mit 120 bpm. Es wird angenommen, dass jede Herzfrequenzzone mit diesen drei Musiktempi erreicht werden kann. Die Lieder wurden zufällig aber unter Beachtung der genannten Kriterien ausgewählt. Nämlich, dass der Beat gut hörbar und möglichst durchgängig ohne lange Pausen

ist, um das Synchronisieren der Bewegung zu vereinfachen. Der Testlauf dauert insgesamt elf Minuten und 37 Sekunden.

Während des gesamten Testlaufs werden die Messwerte der Sensoren ausgewertet. Sobald 100 Werte aus dem Herzfrequenzsensor empfangen wurden, wird überprüft, ob der Median dieser 100 Werte in einer der Herzfrequenzzonen liegt. Ist dies der Fall, wird erfasst, dass mit diesem Musiktempo die gewünschte Herzfrequenz erreicht werden kann. Diese Werte sind mit Vorsicht zu genießen. Sie bieten einen ersten Anhaltspunkt können aber je nach Gelände, Tagesform, Temperatur und weiteren Gegebenheiten stark variieren.

5.4 Bluetooth

5.4.1 Sensoren scannen

Als erstes wird ein Bluetooth Scan durchgeführt. Wenn ein Schrittsensor „Polar RUN“ und ein Herzfrequenzsensor „Polar H7“ erkannt wurde, wird automatisch auf den Auslesebildschirm gewechselt.

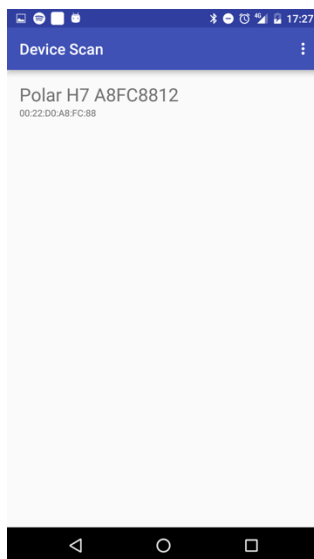


Abbildung 15 Sensoren scannen

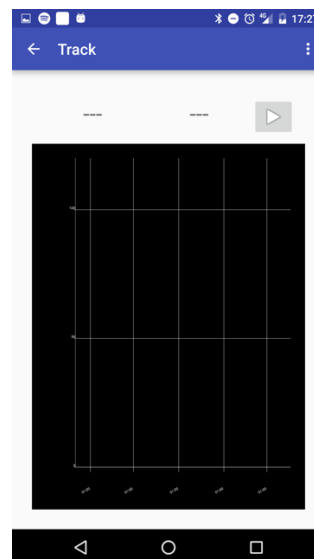


Abbildung 16 Auslesebildschirm

5.4.2 Sensoren auslesen

Als Basis zur Auslesung der beiden Bluetooth Sensoren dient die Applikation BLEConnect von (Roland, 2013). Der Herzfrequenzsensor wurde durch die Applikation erkannt und konnte ausgelesen werden. Auch der Schrittsensor wurde im Gerätescan erkannt. Für die Auslesung musste die Applikation entsprechend angepasst werden. Dazu war es nötig die

verwendete Basisapplikation in ihrem Ablauf zu verstehen und so anzupassen, dass auch die Daten des Schrittsensors ausgelesen werden konnten.

Für mit Bluetooth übermittelte Daten existieren GATT-Spezifikationen. GATT bedeutet Generic Attribute Profile und ermöglicht Operationen auf einem via Bluetooth verbundenen Gerät. Zusätzlich definiert GATT ein Framework für die zu transportierenden Daten. GATT-Profile enthalten Services und in den Services sind characteristics enthalten. In den characteristics sind die auszulesenden Werte enthalten. Auch Beschreibungen der Werte können in den sogenannten descriptors abgelegt werden, welche in den characteristics zusätzlich zum eigentlichen Wert enthalten sind (Bluetooth SIG, Inc., 2016). Es folgt ein Bild des Aufbaus eines GATT-Profils.

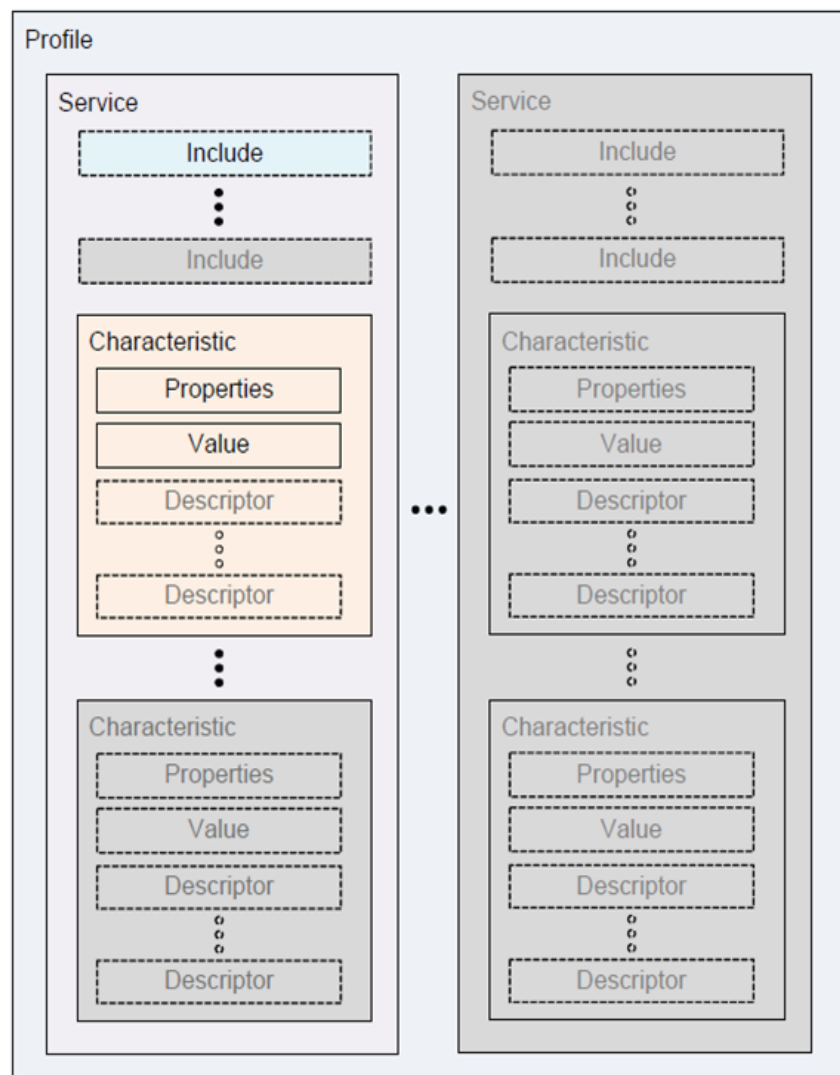


Abbildung 17 Aufbau eines Bluetooth GATT (Generic Attribute Profile)

Das Lesen der Bluetooth-Spezifikation für das RSC (Running Speed and Cadence) Measurement, welches vom Schrittsensor benutzt wird, stellte sich als Herausforderung dar. Das Profil ist anders aufgebaut, als das in der Applikation (Roland, 2013) verwendete Heart Rate Measurement Profil, das vom Herzfrequenzsensor unterstützt wird.

Als erstes galt es zu ermitteln an welchen Stellen sich der Code auf die Auslesung des Herzfrequenz-Profiles spezialisierte. Das Auslesen der entsprechenden characteristic mit Hex Code 0x2A37 bezog sich auf das Heart Rate Measurement Profil. Das Running Speed and Cadence Measurement Profil kann via Hex Code 0x2A53 angesprochen werden.

Als nächster Schritt mussten die GATT-Services abgefragt werden. Hier stellte sich als Unterschied zum Herzfrequenzsensor heraus, dass das Erkennen der Services auf dem Schrittsensor längere Zeit in Anspruch nahm und eine Wartezeit zwischen dem Verbinden und Auslesen eingebaut werden musste. Nun konnten aus dem entsprechenden Service die characteristics ausgelesen werden. Aus der Spezifikation ging hervor, dass die characteristics je nach Einstellung in den ersten acht Bits variieren können. Es kann festgelegt werden, ob ein Feld für die Schrittlänge und ein Feld für die total zurückgelegte Distanz vorhanden ist. Wie erwähnt könnte die characteristic eine Beschreibung enthalten. Das Feld der Beschreibung war jedoch nicht gesetzt. Der Schrittsensor konnte ausgelesen werden, die Daten wurden im Log angezeigt, aber es war noch nicht klar, was die Daten bedeuten. Es konnte vorerst nur angenommen werden, welcher Wert die Schrittkadenz ist.

Die Entwicklungsinformationen dazu im Polar Developer Wiki (Polar Developers, 2014) beschränken sich für Android auf den Link zur Bluetooth Low Energy Implementierung (Android Developer). Die verwiesenen Beispielapplikationen verwenden nur das Heart Rate Measurement Profil. Das Heart Rate Measurement Profil (Bluetooth SIG, Inc., 2016) enthält aber weniger Werte als das Running Speed and Cadence Measurement Profil und ist anders aufgebaut.

Den entscheidenden Hinweis gab schliesslich die Applikation von (Yuan, 2014). Auch sie liest das Running Speed and Cadence Measurement Profil aus. Die Schrittkadenz wird mit einem Offset von drei ausgelesen. Das heisst, die Schrittkadenz befindet sich an dritter Stelle der vorhandenen Werte.

5.4.3 Sensoren parallel auslesen

Der Schrittsensor und der Herzfrequenzsensor konnten nun einzeln und nacheinander ausgelesen werden. Für die vorgesehene Anwendung müssen die Sensoren jedoch parallel ausgelesen werden können. Um dies zu ermöglichen mussten zwei verschiedene Bluetooth Services initiiert werden und zwar je einer für den Herzfrequenzsensor und einer für den Schrittsensor. Der Service ist dafür zuständig mit dem Sensor zu interagieren, das heisst zu verbinden, Änderungen der Daten zu empfangen und die Verbindung wieder zu beenden. Schliesslich wurden die Methoden zum Anzeigen der Daten noch so angepasst, dass die Daten beider Sensoren angezeigt werden konnten. Das Starten der Auslesung des Herzfrequenzsensors wurde in einem asynchronen Task gestartet.

5.4.4 Anzeige und Erfassung der Daten

Die Daten vom Schrittsensor werden als Schrittkadenz erfasst. Die Schrittkadenz ist die Anzahl Schritte pro Minute, die der Sensor misst. Die Bewegung des Läufers soll aber so mit dem Tempo der Musik synchronisiert werden, dass der Benutzer auf den Schlag der Musik mit dem Fuss auf dem Boden aufprallen kann. Das heisst die Schrittkadenz muss mit dem Faktor zwei multipliziert werden, damit das Musiktempo in Beats pro Minute mit der Synchronisierung der Bewegung des Läufers übereinstimmt. Um diese Gegebenheit zu vereinfachen, wird dem Benutzer nicht mehr die Schrittkadenz angezeigt, sondern der Aufprall des linken und rechten Fusses was der Schrittkadenz multipliziert mit dem Faktor zwei entspricht. Dieser Wert wird auch zur Weiterverarbeitung benutzt und in ein .csv File in den internen Speicher geschrieben. Zusätzlich werden die Daten in einem Graph mit entsprechendem Zeitstempel zum Erfassungszeitpunkt sowie als numerischer Wert angezeigt.

Die Daten vom Herzfrequenzsensor werden in Anzahl Schlägen pro Minute übermittelt und auch so in einem Graph mit dem entsprechenden Zeitstempel zum Zeitpunkt der Erfassung angezeigt. Zusätzlich werden die Daten auch in dasselbe .csv im internen Speicher geschrieben wie die Daten des Schrittsensors. Zur ermittelten Herzfrequenz wird noch die Zone hinzugefügt in der sich die aktuelle Herzfrequenz befindet.

Folgende Tabelle zeigt die im Moment implementierten Herzfrequenzzonen.

Zone	Herzfrequenzbereich
Zone 1	50% - 60% HFMax
Zone 2	60% - 70% HFMax
Zone 3	70% - 80% HFMax

Tabelle 2 Trainingszonen

Heartrate: Sat Jul 23 13:36:10 GMT+02:00 2016	126	HeartrateZone: 2
Cadence: Sat Jul 23 13:36:10 GMT+02:00 2016	188	
Heartrate: Sat Jul 23 13:36:11 GMT+02:00 2016	132	HeartrateZone: 2
Cadence: Sat Jul 23 13:36:11 GMT+02:00 2016	196	
Heartrate: Sat Jul 23 13:36:12 GMT+02:00 2016	131	HeartrateZone: 2
Cadence: Sat Jul 23 13:36:12 GMT+02:00 2016	184	
Heartrate: Sat Jul 23 13:36:13 GMT+02:00 2016	130	HeartrateZone: 2
Cadence: Sat Jul 23 13:36:13 GMT+02:00 2016	198	
Heartrate: Sat Jul 23 13:36:14 GMT+02:00 2016	129	HeartrateZone: 2
Cadence: Sat Jul 23 13:36:14 GMT+02:00 2016	220	
Heartrate: Sat Jul 23 13:36:15 GMT+02:00 2016	136	HeartrateZone: 2

Abbildung 18 Auszug csv Log während Sensorauslesung

Die momentane Umsetzung ist so, dass sich die zwei Serien, Schrittkadenz multipliziert mit dem Faktor zwei und die Herzfrequenz, auf demselben Graphen dargestellt werden.

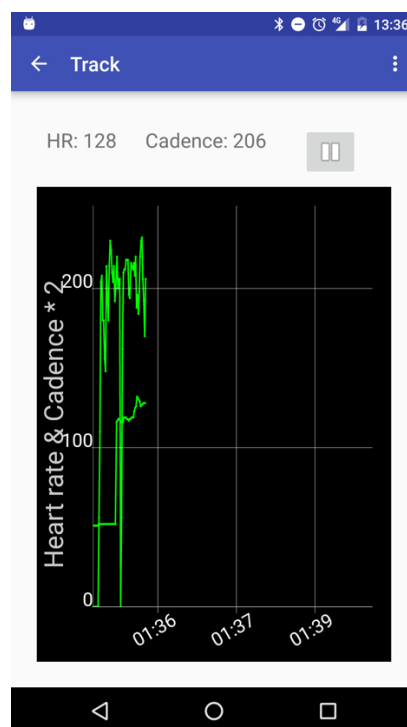


Abbildung 19 Anzeige während des Trainings

5.5 Musik abspielen

Das Mittel, um den Benutzer dabei zu unterstützen seine angestrebte Herzfrequenz zu erreichen, ist die Vorgabe der Schrittkadenz. Die Schrittkadenz soll mithilfe des Tempos von Musik vorgegeben werden. Dies gelingt, in dem der Benutzer seine Laufbewegung mit dem Takt der Musik synchronisiert. In der jetzigen Lösung wird Musik aus Spotify abgespielt. Um die Funktionalität zu nutzen ist ein Spotify Premium Account nötig. Das Abrufen der Musik wird mittels der Spotify Android SDK (kaaes, 2015) und einem Wrapper für die Web API (Kasia, 2016) gemacht. Beim ersten Ausführen der Applikation wird die vom Benutzer gespeicherte Musik zu Playlists mit Tempobereichen hinzugefügt. Dazu wird das Tempo der Lieder abgefragt und der entsprechenden Playlist zugeordnet.

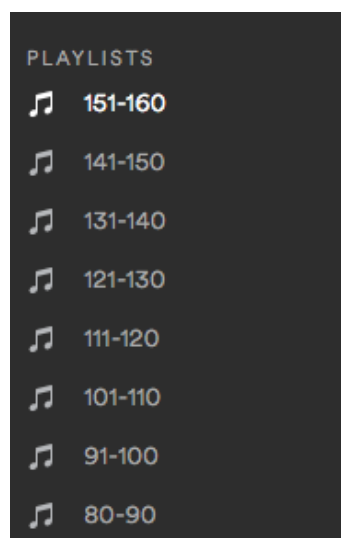


Abbildung 20 Playlists mit den verschiedenen Tempobereichen in beats per minute

Um dem Benutzer zu einem späteren Zeitpunkt zu ermöglichen neue Musik den Playlists zuzuordnen wurde eine weitere Funktion implementiert. Dem Benutzer werden alle Playlists angezeigt, welche sich in seinem Account befinden. Er kann die gewünschte aus einer Auswahlliste selektieren und dessen Lieder werden anschliessend den Playlists mit den Tempobereichen zugeordnet.

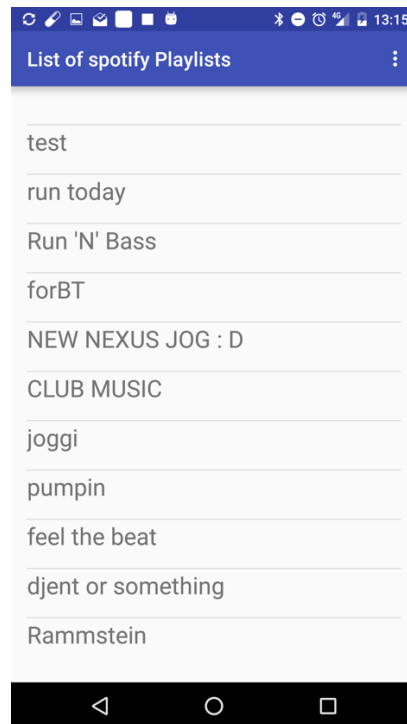


Abbildung 21 Auswahlliste für die Zuordnung zu den Tempobereichen

5.5.1 Übergang zwischen Liedern

Wenn aufgrund der falschen Herzfrequenz ein anderes Lied in einem anderen Tempo abgespielt werden soll, wird der Liederwechsel überblendet. Dies wird erreicht indem die Lautstärke der Musik verringert wird und anschliessend wieder auf den zuvor eingestellten Level erhöht wird.

Da der genutzte Player von Spotify keine Möglichkeit dazu bietet die Lautstärke anzupassen, wird die Musikk Lautstärke des Geräts reguliert. Dies ist in diesem Fall nicht problematisch, da der Vorgang, je nach Lautstärkelevel, nur wenige Sekunden in Anspruch nimmt. Nach dem Starten des neuen Liedes wird die Lautstärke wieder auf den vorherigen Level zurückgesetzt. Der Ausgangszustand wird also wiederhergestellt. Die Funktion, die Lautstärke beim Spotify Player direkt regulieren zu können, ist in Planung.

5.6 Akustische Übermittlung der falschen Schrittkadenz

Stimmt die Schrittkadenz des Läufers nicht mit der vorgegebenen Schrittkadenz durch das Musiktempo überein, wird ein akustisches Signal an den Läufer übermittelt. Es wurde eine Tonsequenz generiert mit dem Text: „You’re running too slow“ wenn die Schrittkadenz zu tief und „You’re running too fast“ wenn die Schrittkadenz zu hoch ist. Es werden die letzten 200 Werte beachtet, der Median ermittelt und mit einer Toleranz von 40% gemessen, ob die Schrittkadenz multipliziert mit dem Faktor zwei mit dem Musiktempo

übereinstimmt. Priorität hat jedoch, ob der Benutzer sich im angestrebten Herzfrequenzbereich befindet. Ob die Schrittkadenz des Benutzers dieselbe ist, wie ihm durch das Tempo der Musik vorgegeben wird, ist sekundär. Das Tempo eines Liedes in beats per minute stellt immer einen Mittelwert über das gesamte Lied dar. Das heisst, dass sich das Tempo während eines Liedes ändert. Somit wird die Überprüfung, ob die Schrittkadenz multipliziert mit dem Faktor zwei mit dem Tempo der Musik übereinstimmt, schwierig. Trotzdem wird eine Prüfung gemacht, um zu verhindern, dass der Benutzer die angestrebte Herzfrequenz überhaupt nicht erreichen kann, weil seine Schrittkadenz extrem abweicht. Dies ist auch der Grund für die relativ hohe Toleranz von 40%.

5.7 Regulierung der Herzfrequenz während des Trainings

Stimmt die Herzfrequenz während des Trainings nicht mit der angestrebten Herzfrequenz überein, so soll mithilfe eines neu ausgewählten Liedes in einem anderen Tempo reagiert werden. Somit kann die Herzfrequenz reguliert werden. Zum Beispiel wird momentan ein Lied mit dem Tempo 100 bpm abgespielt, da im Testlauf ermittelt wurde, dass der Benutzer, wenn er seine Bewegung mit dem Takt synchronisiert, die angestrebte Herzfrequenz erreicht. Da dieser Wert jedoch variieren kann, soll – wenn der Benutzer damit die angestrebte Herzfrequenz nicht erreichen kann – darauf reagiert werden. Strebt der Benutzer nun eine Herzfrequenz zwischen 50% und 60% an, befindet sich aber zwischen 60% und 70% so wird ihm nun ein Lied abgespielt, dessen Tempo 20 bpm langsamer ist. Das bedeutet in diesem Fall 80 bpm anstatt 100 bpm.

Ist der Benutzer bereits im niedrigsten verfügbaren Tempo angelangt, wird weiterhin Musik aus diesem Tempo abgespielt. Dasselbe gilt, wenn der Benutzer im höchst verfügbaren Tempo unterwegs ist und seine Herzfrequenz nicht erreichen kann.

5.7.1 Datenanalyse

Ähnlich wie beim Testlauf, werden auch beim Training die letzten 100 gelieferten Werte des Herzfrequenzsensors analysiert. Es wird der Median dieser hundert Werte berechnet und überprüft, ob sich dieser im ausgewählten Trainingsbereich befindet.

5.7.2 Reaktion auf Datenanalyse

Befindet sich der Median der Herzfrequenz der letzten 100 Werte im ausgewählten Trainingsbereich, wird keine Aktion durchgeführt. Das heisst, die momentan abgespielte Playlist in dem durch den Testlauf ermittelten Tempo wird weiterhin abgespielt. Befindet sich der Median ausserhalb des Bereiches, wird die Playlist mit Liedern in einem um 20 bpm

schnelleren oder langsameren Tempo abgespielt. Zum Beispiel, wenn eine 25-jährige Person als Trainingszone 50% - 60% der maximalen Herzfrequenz ausgewählt hat entspricht das einer Herzfrequenz im Bereich von 97 – 117 Schlägen pro Minute. Nun wird ein Lied im Tempo von 100 bpm abgespielt und die Person hat ihre Bewegung korrekt mit dem Musiktempo synchronisiert, hat aber eine Herzfrequenz von 120. Jetzt wird als nächstes die Playlist mit Liedern abgespielt deren Musiktempo um 20 bpm langsamer ist als 100bpm, nämlich 80bpm. Nun wird wieder überprüft ob die Herzfrequenz mit diesem Tempo erreicht werden kann. Ist die Herzfrequenz immer noch zu hoch, wird wieder ein Lied mit langsamerem Tempo ausgewählt. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis die gewünschte Herzfrequenz erreicht werden kann oder bis die untere Grenze der zur Verfügung gestellten Tempos erreicht ist.

Die Werte des Herzfrequenzsensors werden während des ganzen Trainings ausgewertet und die Musik laufend angepasst, wenn die gemessene nicht mit der angestrebten Herzfrequenz übereinstimmt. Die im Testlauf ermittelten Werte dienen als Ausgangspunkt. Es ist aber zu beachten, dass diese sehr wahrscheinlich nicht genau sind. Darum ist eine Regulierung während des Trainings nötig. Auch auf wechselnde Gegebenheiten wie eine Steigung kann somit eingegangen werden.

6 Resultate

Als Resultat ist ein Prototyp einer mobilen Applikation für Android 6.0 „Marshmallow“ entstanden, der in seinem Kern die geforderten Hauptfunktionen erfüllt, nämlich:

- Das Ermitteln der korrekten Schrittkadenz zum Erreichen einer bestimmten Herzfrequenz.
- Das Bereitstellen von Musik, mit deren Takt der Benutzer seine Laufbewegung synchronisieren kann, um eine angestrebte Herzfrequenz zu erreichen.
- Das Anpassen der Musik mit dem Ziel die Herzfrequenz entsprechend zu regulieren, wenn sie sich nicht im angestrebten Bereich befindet.

Zusätzlich stellt sie folgende Hilfsfunktionen zur Verfügung, die zur optimalen Nutzung der Hauptfunktionen notwendig sind:

- Erfassen der Basiseinstellungen zum Ermitteln der maximalen Herzfrequenz sowie die Möglichkeit die gewünschte Trainingsintensität auszuwählen.
- Berechnung der maximalen Herzfrequenz

Zum Benutzen der Applikation braucht es einen Polar H7 Herzfrequenzsensor, einen Polar RUN Laufsensoren sowie einen Spotify Premium Account. Die Applikation befindet sich momentan noch im Alpha-Status und ist darum noch nicht im Google Play Store verfügbar.

7 Diskussion

Es hat sich gezeigt, dass eine Applikation entwickelt werden kann, welche die geforderten Funktionen erfüllt. Jedoch muss der Nutzen für den Anwender noch nachgewiesen werden. Dazu muss zuerst eine Studie durchgeführt werden, in welcher die Applikation auf ihre Eignung zur Unterstützung des Laufens in einer spezifischen Herzfrequenzzone getestet wird. Grundsätzlich dürfte sich das Anpassen der Schrittkadenz an die Musik zum Erreichen einer bestimmten Herzfrequenz eignen. Auch die Regulation durch das Abspielen eines anderen Musiktempos ist geeignet, da sich die Herzfrequenz verändert sobald die Schrittkadenz angepasst wird.

Diverse Punkte der erstellten Applikationen können kritisch beurteilt werden. Folgende Fragen und Verbesserungsideen haben sich während der Umsetzung der Applikation ergeben.

7.1 Verbesserungsideen

- Individuelle Messung der maximalen Herzfrequenz
Die verwendete Methode nach Fox und Haskell ist nicht sehr genau. Das individuelle Messen durch die maximale Ausschöpfung der Herzfrequenz wäre genauer und besser geeignet. Dies führt dazu, dass noch ein weiterer Test vor dem Trainingsstart durchgeführt werden muss. Die Durchführung könnte der Benutzer selbst vornehmen und es wäre sinnvoll, wenn ihm dann die Möglichkeit geboten würde, seine ermittelte maximale Herzfrequenz zu hinterlegen.
- Angabe des Geburtsdatums zur HFMax Berechnung anstelle Alter
Um die maximale Herzfrequenz zu berechnen wird momentan das Alter angegeben. Die neue Berechnung der HFMax muss somit jedes Jahr wiederholt werden. Wird das Geburtsdatum hinterlegt, kann das automatisiert werden und die Benutzerfreundlichkeit wird verbessert.
- Lauftechnik verbessern
Durch das Recherchieren der Studien ist hervorgegangen, dass sich keine Applikationen damit beschäftigen die Lauftechnik zu verbessern. Das Verbessern der Lauftechnik kann zum Beispiel durch das Anpassen der Schrittlänge erzielt werden. Der Schrittsensor bietet die Möglichkeit die Schrittlänge zu messen. Es ist denkbar diese Daten dazu zu verwenden, um den Benutzer zu unterstützen seine Technik zu verbessern. Dies ist vor allem unter dem Gesichtspunkt denkbar, dass

sich viele Läufer verletzen und dies oft auf eine nicht optimale Lauftechnik zurückzuführen ist.

- Musik automatisch nach Tempo selektieren

Wenn der Benutzer nach der Zuordnung seiner gespeicherten Musik zu den Playlists in verschiedenen Tempi nicht in allen nötigen Tempi Musik zur Verfügung hat, können öffentliche Playlists bereitgestellt werden. Wünschenswert wäre eine Erweiterung der Spotify API um die Funktion Musik in spezifischem Tempo abzufragen. Der Wunsch wurde in der Community von mehreren Benutzern bereits gefordert, wurde aber als nicht dringend eingestuft. Es ist also nicht voraussehbar, ob und wenn ja, wann diese Funktion zur Verfügung stehen wird. Entgegengesetzt zur Aussage von (Rubisch, et al., 2010) muss hinzugefügt werden, dass beim Zuordnen der gespeicherten Musik in Spotify zu den Tempobereichen aus dem Account der Autorin, Musik in allen Bereichen zwischen 80 und 160 bpm vorhanden war. Es kann aber nicht eindeutig gesagt werden warum das so ist, ob dies am vielfältigen Musikgeschmack liegt oder an der grossen Anzahl von gespeicherten Liedern oder aus anderen Gründen.

- Darstellung der Daten

Die Darstellung der Herzfrequenz und Schrittkadenz multipliziert mit dem Faktor zwei befindet sich momentan je als eine Serie auf demselben Graphen. Wenn die beiden Werte stark variieren, führt dies zu einem sprungähnlichen Flackern der Darstellung. Die beiden Serien könnten in einem separaten Graphen oder in einem Graphen mit verschiedenen skalierten Achsen dargestellt werden.

- Sammeln der Daten zur besseren Voraussage der Schrittkadenz

Die ermittelten Daten bei Testläufen sowie beim Training selbst, können dazu verwendet werden immer besser vorauszusagen, in welcher Schrittkadenz sich ein Benutzer bewegen muss, um eine bestimmte Herzfrequenz zu erreichen. Wird zum Beispiel immer dieselbe Strecke gelaufen, können mit der Zeit sogar die verschiedenen Tempi vorausgesagt werden, bis sich diese aufgrund von anderen Gegebenheiten, wie des Trainingszustandes oder der Tagesform, wieder ändern. Die Daten können als Trainingsdaten agieren, um die Voraussage der Schrittkadenz zu trainieren und dadurch stetig zu verbessern. So würde ein lernfähiges System entstehen.

- Weitere Sportarten wie Wandern und Gehen unterstützen

Das Laufen im tiefen Herzfrequenzonenbereich und das Synchronisieren mit einem geringen Musiktempo, wie zum Beispiel 80 bpm, können als gewöhnungsbedürftig angesehen werden. Es ist auch denkbar, dass es Personen gibt, die auch

mit einem Musiktempo von 80 bpm nicht die Herzfrequenzzone 1, welche 50% - 60% der maximalen Herzfrequenz entspricht, erreichen. Es müsste noch langsamere Musik bereitgestellt werden, damit die Herzfrequenz nicht zu hoch ist. Diese Personen, oder auch für Personen die keine Lust haben in tiefen Herzfrequenzen zu laufen, könnten auf Gehen oder Wandern ausweichen. Mit dem verwendeten Schrittsensor ist es möglich, zwischen Gehen und Laufen zu unterscheiden. Mithilfe dieser Information kann der Benutzer, wenn er geht, mittels einer anderen Schrittkadenz und entsprechendem Musiktempo dabei unterstützt werden, eine entsprechende Herzfrequenz zu erreichen. Gerade das Wandern bergauf kann als Alternative zum flachen Laufen im tiefen Herzfrequenzonenbereich dienen. Um trotzdem in der gewünschten Herzfrequenz zu gehen oder wandern, kann wieder Musik in spezifischem Tempo angeboten werden, mit dem die Schrittkadenz synchronisiert werden muss. Allerdings ist auch da das Musiktempo wieder gering, da der Atem schneller wird, wenn bergauf gewandert wird und dadurch auch die Herzfrequenz entsprechend stark ansteigt. Das Finden von Musik in einem Tempo unter 80 bpm erweist sich als Herausforderung. Es wäre denkbar auf algorithmisch komponierte Musik zurückzugreifen.

- Regulierung der Herzfrequenz ohne Durchführung des Testlaufs

Es wäre möglich, aus Erfahrungswerten mit der Zeit Musiktempos vorauszusagen, ohne dass es nötig ist einen Testlauf durchzuführen. Es könnte mit einem Tempo gestartet werden und wenn die gewünschte Herzfrequenz nicht erreicht wird, könnte darauf reagiert werden, indem Musik in einem anderen Tempo abgespielt wird. Unter Umständen könnte die Regulierung schnell genug vorgenommen werden und auf die Voraussagung des Startempos könnte verzichtet werden. Dies ist vor allem unter dem Gesichtspunkt zu beachten, dass die Herzfrequenz von der Tagesform und auch von anderen Faktoren abhängig ist. Die entsprechende Schrittkadenz könnte dann hinterlegt werden und somit würde das Training auch gleich als Testlauf fungieren. Aus diesem Grund wurde die zwingende Voraussetzung, den Testlauf durchzuführen bevor mit dem eigentlichen Training gestartet werden kann, entfernt.

- Kopplung Schrittkadenz lösen

Durch die Regulierung der Musik könnte eventuell sogar ohne das genaue Synchronisieren der Schrittkadenz die gewünschte Herzfrequenz erreicht werden. Das heisst, ist die Herzfrequenz zu hoch, wird Musik in langsamerem Tempo abgespielt und es darf erwartet werden, dass sich der Benutzer daran anpasst. Wenn die Herzfrequenz sinkt und sich nun in der richtigen Zone befindet, ist es sekun-

där, ob die Schrittkadenz multipliziert mit dem Faktor zwei mit dem Tempo übereinstimmt. Dieser Ansatz müsste unbedingt getestet werden. Durch diese Lösung könnten andere Sportarten wie Walking, Gehen oder Wandern ohne viel zusätzlichen Aufwand unterstützt werden.

- Erweiterung Trainingsmodus für Intervalltraining

Es könnte ein weiterer Trainingsmodus, nämlich Intervalltraining angeboten werden. Dieser Modus könnte idealerweise vom Benutzer individualisiert werden, das heisst er könnte die Anzahl Phasen des Intervalltrainings bestimmen. Das könnte zum Beispiel so aussehen, dass er vier Phasen mit hoher Intensität und vier Phasen mit geringer Intensität absolvieren möchte. Die App würde für die entsprechenden Phasen Musik in unterschiedlichen Tempi abspielen um den Benutzer dazu zu führen bestimmte Intensitäten in den einzelnen Phasen zu erreichen. Dieser Ansatz ist momentan dank der aufkommenden Beliebtheit von HIIT (High Intensity Intervall Training) gefragt.

- Weiter Sensoren unterstützen

Wünschenswert wäre auch die Unterstützung weiterer Sensoren. Zum Beispiel des Polar A360 Activity Tracker, der die Herzfrequenz am Arm misst. Zusätzlich wäre denkbar, dass ein Trainingsmodus angeboten werden könnte ohne Schrittsensor. So könnte der Läufer unterstützt werden die Herzfrequenz mit einem spezifischen Musiktempo zu erreichen ohne dass er sich einen Schrittsensor anschaffen muss.

7.2 Fragen

- Könnte eine optimale Schrittkadenz anstelle der Durchführung des Testlaufes empfohlen werden?

Es wäre denkbar, dass zum Beispiel auch aus bereits gesammelten Daten von anderen Benutzern eine Vorempfehlung gemacht werden könnte, im Stil von: Andere Benutzer mit ähnlichen Voraussetzungen wie zum Beispiel Grösse, Alter, Ruhepuls etc. haben mit einer Schrittkadenz von 60 eine Herzfrequenz von 120 erreicht. Es könnte also daraus geschlossen werden, dass sich die Schrittkadenz anderer Benutzer zum Erreichen einer spezifischen Herzfrequenz in ähnlichen Bereichen befinden könnte. Es müsste aber abgeklärt werden, wie zuverlässig diese Voraussagen wirklich sind. Auf jeden Fall könnten sie als Anhaltspunkt für die Selektion von Musiktempi für den Testlauf dienen, um diesen weiter zu optimieren.

- Könnte in einer Studie die Wirksamkeit der entworfenen Applikation bestätigt werden?

Sehr interessant wäre es eine Messung mit einigen Läufern durchzuführen, welche über eine längere Zeit die entworfene Applikation verwenden würden. Anschliessend könnte ihr Befinden bezüglich der Wirksamkeit der Applikation beim Unterstützen des Laufens in spezifischen Herzfrequenzzonen ermittelt werden. Die Eignung der Applikation kann erst nach Durchführen einer solchen Studie bestätigt werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Polar H7 Herzfrequenzmessgerät	9
Abbildung 2 BLEConnect Applikation: Anzeige der Herzfrequenz in Schlägen pro Minute	10
Abbildung 3 Polar Schrittsensor	10
Abbildung 4 Der Zusammenhang der Schrittkadenz und der Herzfrequenz sowie der maximalen Sauerstoffaufnahme	11
Abbildung 5 Regelkreis Musiktempo Schrittkadenz Herzfrequenz.....	12
Abbildung 6 Persönliche Daten des Benutzers	13
Abbildung 7 Angestrebte Herzfrequenzzone auswählen	13
Abbildung 8 Übersicht der ausgewählten Einstellungen	14
Abbildung 9 Ansicht während des Trainings	14
Abbildung 10 Ablauf beim Testlauf.....	16
Abbildung 11 Ablauf der Herzfrequenzregulierung während des Trainings	20
Abbildung 12 Basiseinstellungen	21
Abbildung 13 Trainingszone	21
Abbildung 14 Trainingsübersicht	22
Abbildung 15 Sensoren scannen	23
Abbildung 16 Auslesungsbildschirm.....	23
Abbildung 17 Aufbau eines Bluetooth GATT (Generic Attribute Profile)	24
Abbildung 18 Auszug csv Log während Sensorauslesung	27
Abbildung 19 Anzeige während des Trainings	27
Abbildung 20 Playlists mit den verschiedenen Tempobereichen in beats per minute	28
Abbildung 21 Auswahlliste für die Zuordnung zu den Tempobereichen	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Herzfrequenzen einer 25-jährigen Person in den verschiedenen Herzfrequenzbereichen	15
Tabelle 2 Trainingszonen	27

Literaturverzeichnis

- Alexandra Todiruta, M. G. (2013). StressFree - a tool for stress determination and treatment through computer music generation. *IEEE International Conference on Healthcare Informatics*.
- Android Developer. (kein Datum). *Bluetooth Low Energy*. Abgerufen am 02. 07 2016 von developer.android.com: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le.html>
- Bacon, C. J., Myers, T., & Karageorghis, C. (08 2012). Effect of music-movement synchrony on exercise oxygen consumption. *The Journal of sports medicine and physical fitness*.
- Bauer, C., & Kratschmar, A. (2015). Designing a Music-controlled Running Application: a Sports Science and Psychological Perspective. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (S. 1379 - 1384). New York: ACM.
- Bluetooth SIG, Inc. (2016). *Generic Attribute Profile (GATT)*. Abgerufen am 02. 07 2016 von developer.bluetooth.org: <https://developer.bluetooth.org/TechnologyOverview/Pages/GATT.aspx>
- Bluetooth SIG, Inc. (2016). *Name: Heart Rate Measurement*. Abgerufen am 02. 07 2016 von developer.bluetooth.org: https://developer.bluetooth.org/gatt/characteristics/Pages/CharacteristicViewer.aspx?u=org.bluetooth.characteristic.heart_rate_measurement.xml
- Bluetooth SIG, Inc. (2016). *Name: RSC Measurement*. Abgerufen am 02. 07 2016 von Name: RSC Measurement: https://developer.bluetooth.org/gatt/characteristics/Pages/CharacteristicViewer.aspx?u=org.bluetooth.characteristic.rsc_measurement.xml
- de Oliveira, R., & Oliver, N. (2008). TripleBeat: Enhancing Exercise Performance with Persuasion. *proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services* (S. 255 - 264). New York: ACM.
- Google. (18. 12 2015). *terms*. Abgerufen am 03. 07 2016 von developers.google.com: <https://developers.google.com/youtube/terms>
- Jensen, M. M., & Mueller, F. '. (2014). Running with technology: Where are we heading? *OzCHI '14 Proceedings of the 26th Australian Computer-Human Interaction Conference on Designing Futures: the Future of Design* (S. 527 - 530). New York: ACM Digital Library.
- kaaes. (27. 11 2015). *Spotify Android SDK 1.0.0-beta12*. Abgerufen am 02. 07 2016 von github.com: <https://github.com/spotify/android-sdk/releases>

- Karageorghis, C. I., & Priest, D.-L. (2012). Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I). *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 5 (1), 44 - 66.
- Karageorghis, C. I., & Priest, D.-L. (2012). Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part II). *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 5, 67-84.
- Karageorghis, C. I., Mouzourides, D. A., Priest, D.-L., Sasso, T. A., Morrish, J. D., & Walley, C. L. (2009). Psychophysical and Ergogenic Effects of Synchronous Music During Treadmill Walking. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 2009, 18-36.
- Kasia. (19. 04 2016). *github*. Abgerufen am 04. 07 2016 von <https://github.com/kaaes/spotify-web-api-android>
- Komminos, A., Dunlop, M. D., Rowe, D., Hewitt, A., & Coull, S. (2015). Using Degraded Music Quality to Encourage a Health Improving Walking Pace: BeatClearWalker. *Proceedings of the 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. Brussels, Belgium: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering) ICST.
- Masahiro, N., Takaesu, H., Demachi, H., Oono, M., & Saito, H. (2008). DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC MUSIC SELECTION SYSTEM BASED ON RUNNER'S STEP FREQUENCY. *ISMIR 2008 – Session 2b – Music Recognition and Visualization* (S. 193 - 198). Yokohama, Japan: Department of Computer Science, Keio University.
- McGovern, D. (1997). *The Link Between Stride Frequency, Respiration Rate and Heart Rate*. Abgerufen am 12. 06 2016 von racewalking.org: <https://www.racewalking.org/cadence.htm>
- Oliver, N., & Fernando, F.-M. (2006). *MPTrain: A Mobile, Music and Physiology-Based Personal Trainer*. Microsoft Research. Redmond: <http://www.research.microsoft.com>.
- play.google.com. (2016). *play.google.com*. (google, Produzent) Abgerufen am 27. 05 2016 von MPTRAIN mi Entrenador Personal: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mptrain.mptrainmobile&referrer=utm_source%3Dmptrain.com%26utm_medium%3Dweb%26anid%3Dadmob
- Polar. (2016). Abgerufen am 01. 05 2016 von http://www.polar.com/en/connect_with_polar/bluetooth_smart_compatibility
- Polar Developers. (13. 06 2014). *Stride Sensor*. Abgerufen am 02. 07 2016 von [developer.polar.com: http://developer.polar.com/wiki/Stride_sensor](http://developer.polar.com/wiki/Stride_sensor)
- Polar Electro. (2016). *Laufsensor Bluetooth® Smart*. Abgerufen am 07. 07 2016 von [polar.com: http://www.polar.com/ch-de/products/accessories/laufsensor_bluetooth_smart](http://www.polar.com/ch-de/products/accessories/laufsensor_bluetooth_smart)
- Roland, L. (28. 12 2013). *BLEConnect*. Abgerufen am 13. 05 2016 von GitHub: <https://github.com/mobilars/BLEConnect>

- Rubisch, J., Husinsky, M., Doppler, J., Raffaseder, H., Horsak, B., Ambichi, B., et al. (2010). A mobile music concept as support for achieving target heart rate in preventive and recreational endurance training. *Proceedings of the 5th Audio Mostly Conference: A Conference on Interaction with Sound*. New York: ACM.
- Shuai Chen, Y. M. (2014). Melody Oriented Interactive Chaotic Sound Generetaion System Using Music Conductor Gesture.
- Simpson, S. D., & Karageorghis, C. I. (2005). *Effects of Synchronous Music on 400-Metre Sprint Performance*. West London: School of Sport and Education, Brunel University.
- Terry, P., & Karageorghis, C. (2006). Psychophysical effects of music in sport and exercise: An update on theory, research and application. *Psychology bridging the Tasman: Science, culture and practice – Proceedings of the 2006 Joint Conference of the Australian Psychological Society and the New Zealand Psychological Society* (S. 415 - 419). Melbourne: Australian Psychological Society.
- The Echo Nest. (2016). *Create an Account*. Abgerufen am 09. 07 2016 von developer.echonest.com: <https://developer.echonest.com/account/register>
- Wijnalda, G., Pauws, S., Vignoli, F., & Stuckenschmidt, H. (05 2005). A Personalized Music System for Motivation in Sport Performance. *IEEE CS, IEEE ComSoc*, 1536 - 1268.
- Yuan. (13. 10 2014). *ble-android project*. Abgerufen am 03. 07 2016 von github: <https://github.com/xuyuanme>
- Zangl, C. (kein Datum). *Laufen und Joggen mit Musik*. Abgerufen am 21. 06 2016 von www.lauftipps.ch: <http://www.lauftipps.ch/laufsport/tipps-laufen-joggen/joggen-und-laufen-mit-musik/>

Anhang

Der geschriebene Code für den Prototyp ist unter <https://github.com/vroeoegli/StepToTheHeart> verfügbar.

Selbständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich diese Thesis selbständig verfasst und keine andern als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche kenntlich gemacht. Ich versichere zudem, dass ich bisher noch keine wissenschaftliche Arbeit mit gleichem oder ähnlichem Inhalt an der Fernfachhochschule Schweiz oder an einer anderen Hochschule eingereicht habe. Mir ist bekannt, dass andernfalls die Fernfachhochschule Schweiz zum Entzug des aufgrund dieser Thesis verliehenen Titels berechtigt ist.“

Ort, Datum, Unterschrift