



Department für Informatik
Abteilung für Medieninformatik und Multimedia-Systeme

Bachelorarbeit

Enlighten me! - Ein ambientes Licht-Display
zur Bewegungsmotivation

Tim Claudius Stratmann

20. September 2012

1. Gutachterin: Prof. Dr. Susanne Boll
2. Gutachter: Dr. Dietrich Boles

Danksagung

Ich danke meinen Betreuern Jutta Fortmann und Benjamin Poppinga, für ihre Geduld und ihre Unterstützung durch Feedback.

Erklärung

Ich erkläre, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Tim Claudius Stratmann
Oldenburg, den 19. September 2012

Zusammenfassung

In dieser Arbeit stellen wir Ihnen EnlightenMe vor, ein ambientes Licht-Display zur Bewegungsmotivation. Bewegungsmangel ist gerade im Bürokontext durch lange sitzende Tätigkeiten ein bekanntes Problem. Zu wenig Bewegung durch andauerndes Sitzen birgt ein großes Gesundheitsrisiko.

Das Ziel unseres Systems ist es daher Büroangestellte zu mehr Bewegung zu motivieren. Die Motivation soll durch ein ambientes Licht-Display erreicht werden. Aus einer Online-Umfrage und verwandter Literatur wurden die Anforderungen an ein solches System ermittelt. Durch eine Nutzerstudie haben wir ein geeignetes Lichtmuster dafür bestimmt. Wir haben eine Evaluation unseres Systems durchgeführt. Die zentralen Fragestellungen dabei sind: Bewegt sich ein Nutzer des Systems tatsächlich mehr als zuvor? Bewegt er sich häufiger als zuvor?

Die Evaluation ergab, dass sich die Teilnehmer der Studie durch das EnlightenMe-System mit einer Konfidenz von 99% signifikant mehr bewegt haben ($p=0,01$, einseitiger t-Test). Es wurde zwar auch eine leichte Steigerung von 5,26% in der Bewegungshäufigkeit festgestellt, diese war jedoch nicht statistisch signifikant. Als Fazit ergibt sich, dass positive Verhaltensänderungen durch ambiente Licht-Displays, wie EnlightenMe, möglich sind. Es konnte eine Steigerung der Bewegungsaktivität erreicht werden. Die Auswirkungen des Systems auf die Bewegungshäufigkeit benötigen allerdings weiterer Untersuchungen, um eine valide Aussage darüber machen zu können.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XI
1. Einleitung	1
2. Grundlagen	3
2.1. Licht zur Informationsdarstellung	3
2.1.1. Wahrnehmung von Licht und die Wirkung auf den Menschen	3
2.1.2. Licht als Informationsmedium	5
2.1.3. Design von Licht-Displays	7
2.2. Bewegungsaktivität	8
2.2.1. Bewegungsmangel und gesundheitliche Folgen	8
2.2.2. Methoden zur Bewegungserfassung	8
2.2.3. Technische Hilfsmittel zur Bewegungserfassung	9
2.3. Verhaltensänderung	10
2.3.1. Theorien	10
2.3.2. Quantified Self-Bewegung	11
2.3.3. Vorhandene Systeme zur Verhaltensänderung	11
2.3.4. Design-Strategien	12
3. Design	15
3.1. Allgemeine Anforderungen	15
3.2. Designvorschläge	15
3.3. Nutzerstudie	16
3.3.1. Studie	16
3.3.2. Online-Umfrage	20
3.3.3. Diskussion	22
3.4. Finales Design	22
3.5. Darstellung	23
4. Implementierung der Anwendung	25
4.1. Ansteuerung der Philips Living Colors	26
4.2. Android-Anwendung Pedometer	27
5. Evaluation	29
5.1. Methode	29

5.1.1. Aufbau und Ablauf ohne ambientes Licht-Display	30
5.1.2. Aufbau und Ablauf mit ambientem Licht-Display	30
5.2. Ergebnisse	31
5.3. Diskussion	35
6. Fazit	37
7. Ausblick	39
A. Appendix 1 - Leuchtfeuer-Kennungen	41
A.1. Internationale Leuchtfeuer-Kennungen	41
A.2. Eigene Kennungen	42
B. Appendix 2	43
Literaturverzeichnis	51
C. Erklärung	55

Abbildungsverzeichnis

2.1. Elektromagnetisches Spektrum - http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Electromagnetic_spectrum_c.svg&filetimestamp=20090611090004 , letzter Aufruf: 21.5.2012	3
2.2. US-Soldat sendet Morsecode-Signale - http://www.navy.mil/view_single.asp?id=22943 , letzter Aufruf: 21.5.2012	6
2.3. Mittelwerte der durchschnittl. Schritte/Tag nach Bevölkerungsgruppen	9
3.1. Studienaufbau - Die vom Laptop angesteuerte Lampe ist von den Arbeitsplätzen peripher zu sehen.	19
3.2. Ablenkung von der Haupttätigkeit - A1.Iso.G.Y.R hat am stärksten abgelenkt.	20
3.3. Wie angenehm war das Lichtmuster? - F.Br.Y war am angenehmsten.	21
3.4. Batterie-Analogie - Die Batterie entlädt sich mit der Zeit, Schritte laden sie wieder auf.	23
4.1. Aufbau - Das Smartphone sendet die Schrittzahl an ein Laptop, welches die Lampe und deren Lichtverlauf steuert.	25
4.2. Aufbau der Java-Anwendung	26
4.3. Aufbau der Android App	27
5.1. Ablaufplan - Jeder Proband hatte eine Woche zwischen der Studie mit Lampe und ohne Lampe, die Reihenfolge alternierte.	29
5.2. Getätigte Schritte der Teilnehmer mit und ohne Lampe als Graph .	32
5.3. Getätigte Schritte der Teilnehmer mit und ohne Lampe	32
5.4. Bewegungsphasen der Teilnehmer mit und ohne Lampe	34

Tabellenverzeichnis

3.1. Tabelle der erdachten möglichen Lichtmuster	17
A.1. Liste wichtiger Leuchtfeuer-Kennungen	41
A.2. Liste eigener Kennungen	42

1. Einleitung

Bewegung ist gut für die Gesundheit, das ist allgemein bekannt. Dennoch verbringen viele Menschen täglich einen großen Teil ihrer Zeit sitzend und ohne große Bewegungsaktivität. Sei es im Büro am Schreibtisch, Zuhause vor dem Fernseher oder dem Computer, die Zeit vergeht schnell und man bewegt sich kaum.

Doch wie viel sollte man sich täglich bewegen? Um eine Aussage darüber zu machen, benötigt man ein Maß für die Bewegungsaktivität. Eine weit verbreitete und schon seit langer Zeit erfolgreich verwendete Methode dafür ist das Zählen der Schritte, die eine Person am Tag zurücklegt. Schrittzähler, auch Pedometer genannt, werden in Japan schon seit über 30 Jahren zu diesen und ähnlichen Zwecken eingesetzt [TL02].

Laut Tudor-Locke et al. [TL02] sollte ein gesunder Erwachsener etwa 10.000 Schritte am Tag machen. Eine Schrittzahl von unter 5.000 Schritten am Tag zeugt von Bewegungsmangel. Dieser Bewegungsmangel kann zu Arthrose, Osteoporose, Bandscheibenleiden, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Stresserkrankungen, einem geschwächten Immunsystem und, da Bewegungsmangel häufig mit Übergewicht zusammen auftritt, Typ-II-Diabetes führen¹.

Um diesen Erkrankungen vorzubeugen, muss eine Verhaltensänderung bei der gefährdeten Person erreicht werden. Im Büro oder nach Feierabend vor dem Fernseher fehlt häufig die Motivation zur Bewegung. Aber auch wenn diese da ist, wird leicht vergessen wie lange man schon sitzt. Eine Methode zur Bewegungserinnerung ist es, sich einen Wecker zu stellen oder eine Kalendererinnerung am Computer einzurichten. Solche Alarmierungen werden von einigen Büroangestellten verwendet. Dies unterbricht den Arbeitsfluss aber abrupt, da diese Art der Erinnerung meist ein wiederholendes Tonsignal oder eine visuelle Darstellung auf dem Bildschirm als Signal verwendet.

Es handelt sich bei der Erinnerung an körperliche Bewegung um eine wichtige, jedoch nicht kritische Information. Eine gut wahrnehmbare Möglichkeit eine solche Information darzustellen, ist die Verwendung eines Ambient Information Systems [PS06]. Ein Ambient Information System stellt Informationen durch ein in die Umgebung des Nutzers integriertes System dar. Es kann sich dabei beispielsweise um ein optisches Display handeln, welches die Information unaufdringlich darstellt, ohne die betreffende Person in ihrer derzeitigen Arbeit zu unterbrechen. Eine Erinnerung

¹<http://www.novafeel.de/gesund/bewegungsmangel.htm>, letzter Aufruf: 2.5.2012

alleine reicht aber meist nicht, man benötigt eine zusätzliche Motivation zur Bewegung. Eine gute Methode zur Motivation ist es, positives Feedback zu geben, wie es auch Trainer im Sport machen.

In dieser Arbeit wird ein System entwickelt, welches einer Person über ein ambientes Licht-Display Feedback zur ihrer Bewegungsaktivität gibt. Das Licht soll dabei einerseits einen Fortschritt anzeigen, andererseits aber auch visualisieren, wie lange die Person ununterbrochen gesessen hat und der Person signalisieren, dass sie sich wieder bewegen sollte. Wie das Licht diese Information darstellt soll durch nutzerzentrierte Studien ermittelt werden. Auch der Effekt auf den Nutzer soll in einer Studie evaluiert werden. Die Bewegungsaktivität soll mithilfe eines Pedometers erfasst werden.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut. Das erste Kapitel nach dieser Einleitung beschäftigt sich mit den Grundlagen dieser Arbeit. Dazu gehört Licht und seine Wirkung auf den Menschen, sowie Möglichkeiten Licht zur Informationsdarstellung zu verwenden. Ein weiterer Teil des Grundlagen-Kapitels beschäftigt sich mit der Bewegungsaktivität von Menschen und Möglichkeiten diese zu erfassen. Der dritte Teil behandelt Theorien zur Verhaltensänderung bei Menschen und Design-Strategien für Systeme mit der Intention einer Verhaltensänderung.

Das dritte Kapitel behandelt das Design des in dieser Arbeit entwickelten Systems EnlightenMe. Es dokumentiert den Entwicklungsprozess von EnlightenMe. Zu Beginn werden Anforderungen an das System, basierend auf einer durchgeführten Online-Umfrage und Erkenntnissen aus dem Grundlagen-Teil, erhoben. Es wird durch eine Studie ein geeignetes Lichtmuster für EnlightenMe ermittelt. Basierend auf den Anforderungen und dem ermittelten Lichtmuster wird ein finales Design des Systems hergeleitet.

Nach dem Design folgt die Implementierung des Systems. Hier wird eine Android-App zum erfassen und weiterleiten der Schritte entwickelt. Des Weiteren wird eine Java-Anwendung implementiert, welche die Schrittzahlen empfangen und mittels dieser Werte die verwendete Licht-Quelle, eine Philips Living Colors Lampe, mit dem ermittelten Lichtmuster ansteuert.

Das implementierte System wird im Evaluationsteil auf seine Tauglichkeit untersucht. Dazu wird eine Studie durchgeführt, ausgewertet und die Ergebnisse diskutiert. Es folgt ein Fazit, welches die Ergebnisse dieser Arbeit zusammenfasst und diskutiert. Das letzte Kapitel ist ein kurzer Ausblick, wie das bestehende System erweitert und verbessert werden könnte.

2. Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen dieser Arbeit erläutert. Diese lassen sich in drei Abschnitte unterteilen: Licht zur Informationsdarstellung, Bewegungsaktivität und Verhaltensänderung.

2.1. Licht zur Informationsdarstellung

Licht ist eines der für den Menschen bedeutendsten Phänomene der Welt. Noch bis weit in die Neuzeit war nicht klar was es genau ist. Licht definiert man heute als für den Menschen sichtbare elektromagnetische Strahlung. Der von Menschen wahrnehmbare Teil des elektromagnetischen Spektrums geht von etwa 400 nm bis 800 nm Wellenlänge [Bad06].

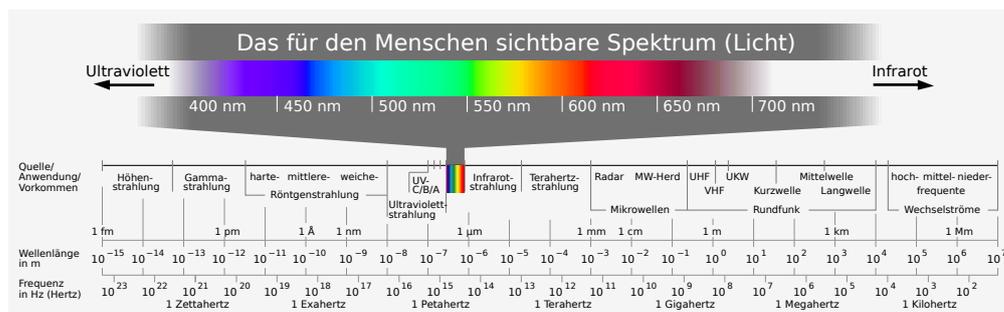


Abbildung 2.1.: Elektromagnetisches Spektrum - http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Electromagnetic_spectrum_c.svg&filetimestamp=20090611090004, letzter Aufruf: 21.5.2012

Abbildung 2.1 zeigt das elektromagnetische Spektrum und die Einordnung des Lichtes in das Spektrum. Die elektromagnetische Strahlung ist von links nach rechts, von kurzwellig nach langwellig aufgelistet. Wie in der Abbildung zu sehen ist, macht das Licht nur einen sehr kleinen Teil des elektromagnetischen Spektrums aus.

2.1.1. Wahrnehmung von Licht und die Wirkung auf den Menschen

Licht besitzt unterschiedliche vom Menschen wahrnehmbare Eigenschaften. Eine wahrnehmbare Eigenschaft des Lichtes ist seine Helligkeit. Während eine sehr hohe Helligkeit sogar schmerzhaft für die Augen sein kann, kann ein Mensch bei zu geringer Umgebungshelligkeit nur wenig bis gar nichts aus seiner Umwelt optisch wahrnehmen.

Eine weitere wahrnehmbare Eigenschaft ist die Farbe des Lichtes. Die Farbe des Lichtes hängt von seiner Wellenlänge ab. Farben können psychologische Einflüsse auf Menschen haben. Diese Einflüsse werden beispielsweise bereits in der Farbenlehre Goethes behandelt [Goe10]. Eine aktuellere Arbeit dieser Art ist Küppers' Farbenlehre. Harald Küppers versucht eine allgemeine Farbenlehre zu schaffen und stützt sich dabei auf die Funktionsweise des Sehorgans, um die Grundgesetze seiner Farbenlehre abzuleiten [Küp78]. Dies unterscheidet seine Farbenlehre von anderen Ansätzen. Auch wenn Goethe in seiner Farbenlehre ähnlich wie Küppers versuchte die Farbe in seiner Gesamtheit zu erfassen, war sein Ansatz ein anderer. Wobei seine Fehlannahme die Farben entstünden im Auge in eine ähnliche Richtung geht.

Wie allgemein bekannt, kann man durch das Mischen von Farben neue Farben erhalten. Die Anzahl unterschiedlicher Farbtöne scheint nahezu unendlich. Man unterscheidet zwischen additiver und subtraktiver Farbmischung [Küp78]. Bei additiver Farbmischung werden Farbreize hinzugefügt um die neue Farbe zu erzeugen. Addiert man beispielsweise Rot, Grün und Blau in gleicher Helligkeit, so erhält man Weiß. Die Farben entstehen, indem man zu Schwarz Farbe hinzufügt. Auf diese Weise nimmt das menschliche Auge gemischte Lichtfarben wahr. Die subtraktive Farbmischung, welche für alle Arten der Malerei gilt, funktioniert umgekehrt. Hierbei wird Farbe von Weiß abgezogen. Mischt man die drei dazugehörigen Primärfarben Gelb, Magenta und Cyan erhält man Schwarz.

Um Farben elektronisch verarbeiten zu können, bestimmt man die gewünschte Farbe über einen Farbraum. Dabei werden alle Farben des Farbmodells, z.B. RGB, in einem dreidimensionalen Raum angeordnet. Im Folgenden werden drei Farbmodelle und ihre Farbräume kurz beschrieben.

Das im Farbdruck verwendete CMYK-Farbmodell verwendet eine subtraktive Farbmischung. Die Farben sind geräteabhängig, da die Bestimmung der Farben von den Grundfarben des Modells abhängig ist. Der Farbton der Grundfarben Cyan, Magenta und Gelb ist im Gerät festgelegt. Folgende Parameter beschreiben den Farbort in dem CMYK-Farbraum:

- Cyan-Anteil
- Magenta-Anteil
- Gelb-Anteil
- Schwarz-Anteil

Die Anteile werden prozentual angegeben, 0% steht für unbedruckt und 100% für Volltonfläche.

Das RGB-Farbmodell verwendet die additive Farbmischung. Wie beim CMYK-Farbmodell

sind auch hier die Farben geräteabhängig, da die Bestimmung der Farben von den Grundfarben des Modells abhängig ist. Die Grundfarben sind hier Rot, Grün und Blau. Folgende Parameter beschreiben den Farbort in dem RGB-Farbraum:

- Rot-Anteil
- Grün-Anteil
- Blau-Anteil

Mittels der drei Anteile wird die Position der Farbe in einem dreidimensionalen Würfel beschrieben. Die Angabe erfolgt mit drei Werten (X-, Y- und Z-Wert) zwischen 0 und einem Maximalwert, der je nach Anzahl der darstellbaren Farben zwischen 7 und 65.535 liegen kann. Der Maximalwert gibt die Kantenlänge des Würfels an.

Das HSV-Farbmodell verwendet wie das RGB-Farbmodell die additive Farbmischung. Jedoch sind in diesem Modell die Farben nicht geräteabhängig, da die Bestimmung der Farben nicht von den Grundfarben abhängt. Folgende Parameter beschreiben den Farbort in dem HSV-Farbraum:

- Farbton als Farbwinkel H auf dem Farbkreis (z. B. 0° = Rot, 60° = Gelb, 120° = Grün)
- Sättigung S in Prozent (0% = Neutral-grau, 50% = wenig gesättigte Farbe, 100% = gesättigte, reine Farbe)
- Hellwert V als Prozentwert (0% = keine Helligkeit, 100% = volle Helligkeit)

In dieser Arbeit wird das HSV-Farbmodell verwendet, da es gegenüber RGB und CMYK der menschlichen Farbwahrnehmung am meisten ähnelt.

Die sogenannte Farbtemperatur¹ ist eine weitere Eigenschaft des Lichtes, die psychologische Einflüsse auf den Menschen hat. So wird warmes Licht, das ist Licht mit einer Farbtemperatur unter 3300 Kelvin, als gemütlich und wohltuend wahrgenommen. Wohingegen kaltes Licht mit einer Farbtemperatur über 3300 Kelvin als ermunternd und belebend wahrgenommen wird. Die Worte warm und kalt beziehen sich dabei nicht direkt auf die Farbtemperatur, sondern darauf, wie der Mensch diese empfindet. Tageslicht hat eine Farbtemperatur von über 5000 Kelvin.

2.1.2. Licht als Informationsmedium

Licht kann zur Darstellung von Informationen verwendet werden. Der Einsatz von Licht zur Informationsübermittlung ist nicht neu. Licht wird z.B. in der Seefahrt bereits seit sehr langer Zeit zur Übermittlung von Informationen von Schiff zu

¹Definition: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:076:0003:0016:DE:PDF>, Anhang I g

Schiff verwendet. Dabei wird die Nachricht mittels des 1833 von Samuel Morse entwickelten Morse-Codes kodiert. Die kodierte Übertragung erfolgt dabei durch ein rhythmisches Ein- und Ausschalten eines Lichtes. Dabei werden Folgen von langer und kurzer Leuchtdauer verwendet, welche durch den Menschen gut wahrnehmbar sind.



Abbildung 2.2.: US-Soldat sendet Morsecode-Signale - http://www.navy.mil/view_single.asp?id=22943, letzter Aufruf: 21.5.2012

In Abbildung 2.2 ist ein US-Soldat beim Morsen zu sehen. Er öffnet und schließt die Blende vor der Lampe unterschiedlich lang, um die langen und kurzen Signale des Morsecodes zu erzeugen.

Eine weitere Möglichkeit Informationen durch Licht darzustellen ist die Kodierung der Information durch Farben. Ein bekanntes und einfaches Beispiel für diese Art der Kodierung ist eine Verkehrsampel. Es gibt viele verschiedene Varianten von Ampeln, wie Fußgängerampeln und Busampeln. Eine Ampel für Kraftfahrzeuge verwendet rotes, gelbes und grünes Licht zur Informationsdarstellung. Die Funktionsweise einer Ampel und die Bedeutung der Farben für den Straßenverkehr ist allgemein bekannt und wird hier deshalb nicht weiter erklärt. Eine Busampel verwendet, anders als die normale Verkehrsampel, keine Farben sondern Formen um die Informationen, die das Licht liefern soll zu kodieren.

Das interessante an der Darstellungsweise durch Licht ist, dass auch wenn die Lampe öffentlich einsichtig platziert wird, die Information nur durch Wissen um den Kontext verstanden werden kann. Somit bieten Leuchten die Möglichkeit Informationen mehreren Personen gleichzeitig darzustellen. Die Information kann jedoch nur interpretiert werden, wenn der Kontext bekannt ist. Dies kann allerdings auch als Nachteil betrachtet werden, da Informationen nicht jedem intuitiv zugänglich sind. Es ist also vom Einsatzzweck des Systems abhängig, ob es sich dabei um einen Vor- oder Nachteil handelt.

2.1.3. Design von Licht-Displays

Es existieren bereits einige Anwendungen von Licht als Display zur Darstellung von Informationen. Einige für diese Arbeit interessante und ähnliche Arbeiten werden im Folgenden beschrieben.

Die Eindhoven University of Technology verwendet eine Lösung mit Licht für ihr ambientes Display zur Unterstützung des Zeitmanagements während Meetings. Dem Vortragenden wird mittels mehrerer Leuchten sein Zeitfortschritt bzw. die verbleibende Zeit visualisiert. Die Lampen bilden mehrere Lichtbalken, ähnlich eines Balkendiagrammes [VOE11]. Auch in dieser Arbeit soll Licht zur Darstellung eines Zeitverlaufs verwendet werden.

Auch das Power-aware Cord verwendet Licht um eine Information darzustellen. Das Power-aware Cord ist ein Kabel, welches durch Leuchten anzeigt, ob und wie viel Strom durch es fließt [GG05]. Das erzeugte Licht ist ein Laufflicht, welches den Stromfluss visualisieren soll.

Eine weitere verwandte Arbeit ist das Daylight Display, welches seine Helligkeit der draußen herrschenden Helligkeit anpasst und dadurch in geschlossenen Räumen die Intensität des Tageslichtes anzeigt [DMMD03].

Der Personal Energy Orb, kurz PEO, ist ein Projekt in Physical Computing an der Ludwig-Maximilians-Universität München im Sommersemester 2012 [Hof12]. PEO ist eine kleine Kugel, die mittels Licht ihr Energie-Level anzeigt, Grün bedeutet voll aufgeladen, Rot bedeutet wenig Energie. Der Ladezustand des PEOs regelt die Dauer, die der Nutzer den Computer benutzen kann. Wenn die Energie aufgebraucht ist, wird die Geschwindigkeit der Maus stark verlangsamt, um den Nutzer dazu zu bewegen seine Energie wieder aufzuladen. Der PEO kann durch Fahrradfahren wieder aufgeladen werden, dazu wird der PEO von seiner Station am Rechner auf eine Station am Fahrrad gesteckt. Ist der PEO geladen nimmt man ihn wieder mit zu seinem Computer und kann seine Maus wieder in normaler Geschwindigkeit nutzen.

Ein weiteres interessantes Projekt der Ludwig-Maximilians-Universität München aus dem Wintersemester 2011/12 ist das Projekt AmbiLEON [Him12]. AmbiLEON ist einem Chamäleon nachempfunden. Es verfügt über drei Funktionen. Die erste Funktion ist die Camouflage-Funktion. Mittels einer Kamera wird die Umgebung wahrgenommen und die LED-Streifen des AmbiLEONs passen ihre Farbe an die Umgebung an. Die zweite Funktion des AmbiLEONs ist die Darstellung der Temperatur in 5°C -Schritten durch die Farbe der LED-Streifen. Als bisher letzte Funktion verfügt das AmbiLEON über eine Pet-Funktion. Es stellt durch die Farbe der LED-Streifen seine 'Happieness' dar. Sensoren auf dem Skelett des AmbiLEONs reagieren auf Berührung und beeinflussen die 'Happieness'.

Zuletzt sei noch der Ambient Orb erwähnt, eine leuchtende Kugel, welche Wettervorhersagen, Markt-Trends oder die Verkehrsdichte durch Farbveränderung im Licht darstellt. Die Auflösung beschränkt sich dabei auf das Anzeigen einer Änderung durch einen Farbverlauf und einer Unterscheidung zwischen gut und schlecht [Amb07].

2.2. Bewegungsaktivität

2.2.1. Bewegungsmangel und gesundheitliche Folgen

Viele Menschen in unserer Gesellschaft kommen einem Beruf mit hauptsächlich sitzenden Tätigkeiten nach, wie z.B. in einem Bürojob oder als Lkw-Fahrer. Nach einem langen Arbeitstag fehlt vielen Menschen die Motivation sich noch zu bewegen. Auch zu Hause gibt es viele sitzende Tätigkeiten, wie Fernsehen, Arbeiten und Spielen am Computer oder der Spiele-Konsole. Dies führt zu einem großen Bewegungsmangel, der gesundheitliche Folgen nach sich ziehen kann. Laut Katzmarzyk et.al. besteht ein Zusammenhang zwischen der Sitzdauer und Sterberate von Menschen. In einer Studie stellten sie fest, dass eine höhere Sitzdauer mit einer höheren Sterberate verbunden ist [PTKB09]. Genevieve N. Healy et.al. haben in ihrer Arbeit "Breaks in Sedentary Time" [GNHNO08] die Auswirkungen von Unterbrechungen in der sitzenden Tätigkeit untersucht. Sie fanden heraus, dass sich Unterbrechungen der Sitzdauer positiv auf stoffwechselbedingte Risiko-Variablen, wie Adipositätsmaße, als da wären BMI und Bauchumfang sowie auf Triglycerid-Werte und 2-h Plasma Glucose-Werte auswirken. Dies legt laut Genevieve N. Healy et.al. nahe, dass nicht nur die Dauer der Sitzdauer, sondern auch die Einteilung dieser Zeit mittels Unterbrechungen wichtig ist. Sogar kurzes Stehen soll sich positiv auf die genannten Risiko-Variablen auswirken.

2.2.2. Methoden zur Bewegungserfassung

Die einfachste Möglichkeit die Bewegungsaktivität einer Person zu erfassen ist ihre Schritte zu zählen. Laut Tudor-Locke et al. [TL02] sollte ein gesunder Erwachsener etwa 10.000 Schritte am Tag machen. Eine Schrittzahl von unter 5.000 Schritten am Tag zeugt von Bewegungsmangel.

Abbildung 2.3 zeigt die Mittelwerte der durchschnittlichen Schrittzahlen pro Tag nach Bevölkerungsgruppen. Die Daten stammen aus einer Studie von Tudor-Locke et.al. [TL02]. In der Studie werden für Kinder von 8-10 Jahren 12.000-16.000 Schritte, für gesunde junge Erwachsene 7.000-13.000 Schritte, für gesunde ältere Erwachsene 6.000-8.500 Schritte und für Menschen mit Behinderungen oder chronischen Erkrankungen 3.500-5.500 Schritte als Tagesdurchschnitt ermittelt. In allen Bevölkerungsgruppen war die durchschnittliche Schrittzahl pro Tag für Frauen bzw. Mädchen geringer als für Männer bzw. Jungen.



Abbildung 2.3.: Mittelwerte der durchschnittl. Schritte/Tag nach Bevölkerungsgruppen

Viele Bewegungsformen, wie Fahrrad fahren, Schwimmen und Bergsteigen lassen sich allerdings nicht durch das Zählen von Schritten erfassen. Für diese Bewegungsformen gibt es andere Messmöglichkeiten, wie das Messen der zurückgelegten Strecke und Geschwindigkeit.

2.2.3. Technische Hilfsmittel zur Bewegungserfassung

Schrittzähler, sogenannte Pedometer, können als technische Hilfsmittel zur Erfassung der zurückgelegten Schritte einer Person über einen Messzeitraum benutzt werden. Im Zeitalter der Smartphones gibt es auch mobile Anwendungen, die Pedometerfunktionen bieten. Dies wird mit Hilfe des Beschleunigungssensors im Smartphone erreicht. Der Beschleunigungssensor wird sonst beispielsweise für das Drehen des Bildes beim Drehen des Smartphones verwendet.

Bei Bewegungsformen, die sich nicht durch Schrittzählung messen lassen, werden andere technische Hilfsmittel eingesetzt. Beim Fahrrad fahren wird die Bewegungsaktivität beispielsweise mittels eines Tachometers am Fahrrad gemessen. Beim Schwimmen werden die geschwommenen Bahnen gezählt und die benötigte Zeit mittels einer Stoppuhr gemessen.

Eine umfassende Bewegungserfassung ist schwierig zu realisieren, da sehr viele unterschiedliche Bewegungsformen existieren. Die meisten Ansätze in diese Richtung stützen sich daher auf Werte wie die Pulsfrequenz und andere Werte, die die Be-

lastung des Körpers indizieren.

2.3. Verhaltensänderung

2.3.1. Theorien

In der Psychologie gibt es diverse Theorien zur Bewirkung von Verhaltensänderungen bei Menschen. Im Folgenden wird auf einige dieser Theorien eingegangen, die sich zum Entwurf von Systemen zur Unterstützung von Verhaltensänderungen bewährt haben.

Laut Consolvo et.al. [CML09] soll ein unterstützendes System zur Verhaltensänderung in den Tagesablauf des Nutzers integriert werden, um ausreichend Unterstützung bieten zu können. Das System kann also auch vom sozialen Umfeld des Nutzers wahrgenommen werden.

Als erstes sei die "Goal-Setting Theory" genannt, welche beschreibt, wie sich Menschen am besten motivieren lassen. Menschen reagieren unterschiedlich auf Zielsetzungen und lassen sich durch eine für sie ansprechendere Zielsetzung leichter motivieren.

Das "Transtheoretical Model of Behavior Change" besagt, dass eine Person, die ein problematisches Verhalten ändern will, dabei mehrere Phasen durchläuft. Die Phasen sind:

1. Precontemplation
Die Person hat noch nicht den Wunsch etwas zu ändern.
2. Contemplation
Die Person hat den Wunsch ihr Verhalten zu ändern, hat aber noch nichts dafür getan.
3. Preparation
Die Person hat den Versuch unternommen ihr Verhalten zu ändern, dies ist jedoch noch nicht geglückt und die Person will es weiter versuchen.
4. Action
Die Person hat das neue, geänderte Verhalten weniger als sechs Monate lang angewendet.
5. Maintenance
Die Person hat das neue, geänderte Verhalten länger als ein halbes Jahr lang erfolgreich beibehalten.

Die "Presentation of Self in Everyday Life" beschreibt, wie ein Mensch sich anderen Menschen gegenüber verhält, um bei ihnen sein gewünschtes Selbstbild zu erreichen. Diese Theorie stützt sich auf eine Theaterbühne als Metapher. Der Mensch

ist ein Schauspieler, der über diese Bühne mit den anderen Menschen, den Zuschauern, interagiert. Alles, was auf der Bühne passiert, wird vom Schauspieler gesteuert. Hinter der Bühne kann der Schauspieler entspannen und seine Fassade fallen lassen. Für ein System zur Verhaltensänderung bedeutet dies, dass es das Bedürfnis des Menschen, auf das Bild, das andere von ihm haben, Einfluss zu nehmen, berücksichtigen muss. Dies betrifft vor allem die Verfügbarkeit von Informationen des Nutzers für andere Personen.

Zuletzt sei noch die "Cognitive Dissonance Theory" genannt, welche besagt, dass ein Mensch verschiedene Möglichkeiten hat mit einem als schlecht erkanntem Verhalten umzugehen. Er kann sein Verhalten ändern, seinen "Wissenstand" ändern, z.B. verleugnen, dass Rauchen Gesundheitsrisiken mit sich bringt, rationalisieren, d.h. nach anderen schlimmeren Verhaltensfehlern suchen und sich auf diese konzentrieren oder Situationen aus dem Weg gehen, die ihm sein negatives Verhalten anzeigen.

Diese Theorien werden wir beim Entwurf dieses Systems berücksichtigen.

2.3.2. Quantified Self-Bewegung

Quantified Self ist eine 2007 von den Wired Magazin Editoren Gary Wolf und Kevin Kelly gegründete Bewegung, die Technologie einsetzt, um täglich Daten über sich selbst zu loggen [Wol]. Dieses sogenannte Self-Tracking erfreut sich recht großer Beliebtheit. Zu den Werten, die dabei erfasst werden, gehören z.B. Nahrungsaufnahme, Stimmung, Sauerstoffkonzentration im Blut und die mentale und physische Leistungsfähigkeit [Blo12].

Die große Beliebtheit des Self-Trackings zeigt, dass viele Menschen bereit sind technische Hilfsmittel zur Erfassung ihres eigenen gesundheitlichen Zustandes zu verwenden. Ziel des Quantified Self ist eine Überwachung des eigenen physischen Zustandes, die oft genutzt wird um den eigenen Fortschritt bei einer Verhaltensänderung, z.B. einer gesünderen Ernährung, zu erfassen.

Zur Erfassung werden unterschiedliche Techniken und Geräte verwendet, wie das Führen eines Ernährungs-Tagebuchs, Pulsmessgeräte, Schrittzähler und ähnliche Geräte.

2.3.3. Vorhandene Systeme zur Verhaltensänderung

Das System Breakaway [JFHZ05], welches mittels einer sitzenden Skulptur die Sitzdauer einer Person anzeigt, soll Menschen dabei unterstützen sich beispielsweise im Büro mehr zu bewegen. Je länger die Person sitzt desto mehr knickt die Skulptur ein. Gemessen wird dies über einen Sensor am Stuhl des Nutzers. Ist der Stuhl leer, richtet sich die Skulptur schrittweise wieder auf. Das System versucht eine Verhaltensänderung mit Hilfe von direktem Feedback zu erzeugen.

Ein weiteres System zur Verhaltensänderung ist das System Fish’N’Steps [JLS06]. Es soll den Nutzer zu mehr Bewegung motivieren. Zur Erfassung der Bewegungsaktivität wird ein Pedometer verwendet, welches die zurückgelegten Schritte zählt. Der tägliche Stand wird durch ein Display dargestellt, das ein Aquarium mit Fischen anzeigt. Ein Fisch repräsentiert dabei den Status des Nutzers durch Farbe, Größe und Stimmung des Fisches. Auch der Zustand des Aquariums spiegelt den Status des Nutzers. Der Fisch kann ein fröhliches, trauriges und wütendes Gesicht machen. Die anderen Fische repräsentieren den Status anderer Nutzer des Systems. Sie befinden sich immer in einem bestimmten Bereich des Aquariums. Fish’N’Steps gibt sowohl positives, als auch negatives Feedback.

Zuletzt sei noch das System Houston [PKWP09] genannt. Hierbei handelt es sich um eine Anwendung für ein Smartphone, die durch ein Pedometer die Bewegungsaktivität in Schritten misst. Houston ermöglicht das Hinzufügen von Notizen zu Schrittzahlen und bietet eine Historie. Erfolgreich erreichte Ziel-Schrittzahlen werden durch Gratulationsmeldungen belohnt.

2.3.4. Design-Strategien

Ein System, das einen Menschen bei einer Verhaltensänderung zu einem gesünderen Leben unterstützen soll, sollte laut Consolo et.al. [PKWP09] die folgenden Eigenschaften besitzen. Das System sollte dem Nutzer regelmäßig sein Ziel des gesünderen Lebens vor Augen führen, es sollte den Fokus auf Aktivitäten über einen längeren Zeitraum legen und soziale Unterstützung durch das Teilen von Fortschritten mit anderen Menschen bieten. Diese soziale Unterstützung sollte allerdings nur als optionale und keinesfalls als primäre Motivationsquelle dienen. Consolvo et.al. [CML09] nennen folgende acht Design-Strategien für Systeme zur Unterstützung bei der Verhaltensänderung:

1. Abstract & Reflective
Das Abstrahieren von Daten ermöglicht ein besseres Verständnis der Daten. Der Nutzer bekommt eine Repräsentation seiner Messergebnisse zur Verfügung.
2. Unobtrusive
Die Daten sollen erfasst werden, ohne den Nutzer abzulenken oder in seiner Tätigkeit zu unterbrechen und immer für den Nutzer verfügbar sein.
3. Public
Die Information soll für den Nutzer immer verfügbar sein. Das hat zur Folge, dass auch das soziale Umfeld des Nutzers die Information wahrnehmen könnte. Ein System zur Verhaltensänderung sollte diese Möglichkeit berücksichtigen, um den Nutzer in keine unangenehme Situation zu bringen.

4. Aesthetic
Da ein System zur Verhaltensänderung über einen längeren Zeitraum benutzt wird und der Nutzer es immer um sich hat, sollte es ästhetisch sein und zu dem Stil des Nutzers passen.
5. Positive
Das Feedback des Systems sollte immer positiv sein. Korrektes Verhalten soll belohnt werden, falsches Verhalten jedoch nicht bestraft werden. Dies beruht auf Erfahrungen aus Projekten wie Fish’N’Steps [JJLS06], bei denen Bestrafungen falschen Verhaltens in einigen Fällen zu geringerer Nutzung des Systems führte.
6. Controllable
Der Nutzer soll die Möglichkeit haben, die gesammelten Daten zu ändern und zu ergänzen. Viele Systeme zur Verhaltensänderung konzentrieren sich auf eine Art der Bewegungserfassung, die natürlich nicht alle Bewegungsformen erfassen kann. Daher sollte der Nutzer Daten ergänzen können.
7. Trending/Historical
Ein System zur Verhaltensänderung sollte eine Historie der erfassten Daten zur Verfügung stellen, um das Reflektieren des eigenen Verhaltens zu erleichtern.
8. Comprehensive
Auch wenn viele Systeme nur auf eine Datenerfassungsart, wie z.B. das Zählen der Schritte ausgelegt sind, sollte sich das System nicht nur auf die damit erfassbaren Bewegungsformen beschränken.

3. Design

In diesem Kapitel wird das Design des Systems aus den bereits existierenden Anforderungen und zwei Studien entwickelt. Die bereits existierenden Anforderungen werden unter den allgemeinen Anforderungen in Punkt 3.1 behandelt. Dabei ergeben sich mehrere Herausforderungen. Es muss eine Verhaltensänderung beim Nutzer erreicht werden, um eine dauerhafte Bewegungssteigerung zu erreichen. Der Nutzer muss daran erinnert werden sich zu bewegen und es sollte ihm dargestellt werden, wie lange er schon ununterbrochen sitzt. Die Erinnerung sollte gut wahrnehmbar sein, jedoch nicht im Arbeitsfluss stören.

3.1. Allgemeine Anforderungen

Diese Arbeit stützt sich auf die Ergebnisse verwandter Arbeiten zu Systemen zur Bewegungsmotivation, Strategien zur Verhaltensänderung und Systemen mit Lichtdarstellungen. Insbesondere werden Erkenntnisse aus der Arbeit von Consolvo et.al. [CML09], welche im Grundlagen-Kapitel im Abschnitt 2.3.4 erläutert wurden, zur Anforderungserhebung herangezogen.

Laut Aufgabenstellung soll ein System entwickelt werden, das dem Nutzer visuell durch ein ambientes Licht Informationen und Feedback zu seiner Bewegungsaktivität gibt. Die Informationen und das Feedback sollen den Nutzer dabei unterstützen sein Bewegungsverhalten zu verbessern.

Laut Aufgabenstellung sollen dazu zwei Daten erfasst, durch das Licht kodiert und dargestellt werden. Diese Daten sind die ununterbrochene Sitzdauer und die Bewegungsaktivität. Durch Zeitmessung und das Zählen der Schritte des Nutzers sollen diese erfasst werden. Des Weiteren sollte das System möglichst oft die Sitzdauer unterbrechen, da selbst kurze Bewegungsphasen sich positiv auf die Gesundheit auswirken, wie Genevieve N. Healy et.al. herausgefunden haben [GNHNO08].

3.2. Designvorschläge

Licht lässt sich auf unterschiedliche Weise manipulieren. Einige Parameter sind: Farbe, Helligkeit und Rhythmus. Aus der Kombination und zeitlichen Veränderung dieser Parameter lassen sich Lichtmuster bilden. Ein einfaches Beispiel für so ein Lichtmuster ist ein Farbverlauf von Grün nach Rot.

Um ein geeignetes Lichtmuster zu finden benötigt man erst einmal eine Menge von möglichen Lichtmustern. Diese werden dann in einer Studie auf ihre Tauglichkeit hin untersucht. Um diese Menge an Lichtmustern zu erzeugen wurde ein Brainstorming durchgeführt, bei dem, mittels Variation der oben genannten Parameter Farbe, Helligkeit und Rhythmus, die in Tabelle 3.1 aufgelisteten neun Lichtmuster entstanden sind.

Die Bezeichnungen der Lichtmuster orientieren sich an den internationalen Kennungen von Leuchtfeuern aus der Seefahrt [Bar04]. Der Vorteil der Verwendung dieser Kennungen als Bezeichnungen für die Lichtmuster ist, dass die Kennung die Gestalt des Lichtmusters fast vollständig beschreibt. Die Leuchtfeuerkennungen sind ein weltweiter Standard zur Bezeichnung und Beschreibung von Lichtfolgen und Lichtmustern. Sie werden in der Seefahrt seit langer Zeit erfolgreich verwendet. Nach einem kurzen Lernen der Abkürzungen sind sie recht einprägsam und beschreiben das Lichtmuster kurz und trotzdem verständlich. Eine Erläuterung der unterschiedlichen Kennungen und ihrer Bedeutung findet sich im Anhang in **Appendix 1**.

3.3. Nutzerstudie

Um die Designvorschläge der Lichtmuster zu prüfen und weitere Anforderungen zu erheben wurden eine Studie und eine Online-Umfrage durchgeführt.

3.3.1. Studie

Zur Bestimmung geeigneter Lichtmuster für die Darstellung der Sitzdauer und Bewegungsaktivität, wurde eine Studie zum Lichtdesign durchgeführt. Ziel der Studie war es, die für die Studie gewählten Lichtmuster auf ihre Alltagstauglichkeit zu prüfen. Die Alltagstauglichkeit der Lichtmuster wurde nach den folgenden Kriterien bestimmt:

- möglichst geringe Ablenkung von der Haupttätigkeit
- Diskretion
- Wahrnehmbarkeit der Lichtänderung

Ein weitere Anforderung an die Lichtmuster war es, dass ihre Lichtänderung über einen zwei Stunden Intervall gestreckt noch gut wahrnehmbar ist.

Methode

Für diese Studie wurden vier Teilnehmer im Alter von 27 bis 31 (Mittelwert 29,50, SD 1,91) Jahren akquiriert. Alle vier Teilnehmer sind wissenschaftliche Mitarbeiter

Tabelle 3.1.: Tabelle der erdachten möglichen Lichtmuster

Kennung	Grafik	Beschreibung	Studie
F.Br.Y		Gelb, heller werdend	✓
F.Dr.Y		Gelb, dunkler werdend	X
IQ.Y		Gelb, blinkend, Intervall kleiner werdend	X
Al.CGr.G.Y.R		linearer Farbverlauf von Grün nach Rot	✓
Al.St.CGr.G.Y.R		stufenweiser Farbverlauf von Grün nach Rot	X
Al.Exp.CGr.G.Y.R		exponentieller Farbverlauf von Grün nach Rot	✓
Al.Br.CGr.G.Y.R		linearer Farbverlauf von Grün nach Rot, heller werdend	✓
Al.Iso.G.Y.R		Blinkwechsel Grün-Gelb-Rot: Grün, Grün-Gelb, Gelb, Gelb-Rot, Rot	✓
Al.occas.CGr.G.Y.R		Verlaufwechsel Grün-Gelb-Rot nach folgendem Muster: konstantes Grün, Grün-Gelb, Gelb-Grün, Grün-Gelb, konstantes Gelb, Gelb-Rot, Rot-Gelb, Gelb-Rot, konstantes Rot	✓

im OFFIS¹ und kommen einer Büro-Tätigkeit nach. Die Teilnehmer wurden vor der Studie nicht über den späteren Verwendungszweck der Lichtmuster informiert, um einen möglichst unverfälschten Eindruck der Lichtmuster zu erfassen. Die drei männlichen Teilnehmer und eine weibliche Teilnehmerin wurden an je zwei Tagen insgesamt sechs Lichtmustern ausgesetzt, während sie ihrer normalen Tätigkeit nachgingen. Die Studie dauerte insgesamt vier Tage, da je zwei Teilnehmer gleichzeitig in einem Doppelbüro teilnehmen konnten.

Zur Darstellung der Lichtmuster wurde eine Philips Living Colors Lampe verwendet, welche durch ein Notebook mit den zu testenden Lichtmustern angesteuert wurde. Die Reihenfolge der Lichtmuster wurde dabei variiert.

Die folgenden Lichtmuster wurden untersucht:

- `Al.CG.G.Y.R`, um die Wahrnehmung von leichten Farbänderungen zu testen
- `F.Br.Y`, um die Wahrnehmung von leichten Helligkeitsänderungen zu testen
- `Al.Br.CG.G.Y.R`, um zu prüfen ob Kombinationen von Helligkeitsänderung und Farbverlauf bessere Ergebnisse bringen
- `Al.Iso.G.Y.R`, um Blinken auf einem großen Intervall zu prüfen
- `Al.Exp.CG.G.Y.R`, um zu testen, ob ein nicht-linearer Verlauf eine andere Wirkung hat als ein linearer Farbverlauf
- `Al.occas.CG.G.Y.R`, um ein komplexeres Muster zu testen

Abbildung 3.1 zeigt den Aufbau in einem Doppelbüro. Die Lampe wurde seitlich im Blickfeld der Teilnehmer platziert. Um ein ambientes Licht zu erreichen, wurde die Lampe auf die Wand ausgerichtet, sodass die Beleuchtung indirekt erfolgte. Auf dem Notebook unten links im Bild lief das Java-Programm mit den untersuchten Lichtmustern ab. Zur Ansteuerung der Lampe wurde die am OFFIS-Institut entwickelte Lumicon API² mit einem Arduino Uno Board verwendet.

Die Teilnehmer mussten pro Lichtmuster einen vorbereiteten Tagebuchbogen ausfüllen und am Ende der Studie in einem semi-strukturierten Interview Fragen zu der Studie beantworten. Das Tagebuch wurde im 2-Stunden-Takt um 12, 15 und 17 Uhr ausgefüllt, die Mittagspause von 12-13 Uhr war aus den Intervallen ausgeschlossen. Der Tagebuchbogen befindet sich im Anhang unter **Appendix 2**.

¹Oldenburger Forschungs- und Entwicklungs- Institut für Informatik-Werkzeuge und -Systeme - <http://www.offis.de/>

²aus dem OFFIS GAL Projekt: Gestaltung altersgerechter Lebenswelten, ein Forschungsprojekt zu 'Ambient Assisted Living'



Abbildung 3.1.: Studienaufbau - Die vom Laptop angesteuerte Lampe ist von den Arbeitsplätzen peripher zu sehen.

Ergebnisse

Vorweg ist zu erwähnen, dass die letzten beiden Probanden aufgrund eines Stromausfalls die letzten beiden Lichtmuster, *A1.Exp.CG.R.G.Y.R* und *A1.occas.CG.R.G.Y.R*, nicht testen konnten. Für diese beiden Muster liegen daher nur 2 Probanden-Meinungen vor. Der heller werdende Farbverlauf von Grün nach Rot, *A1.Br.CG.R.G.Y.R*, wurde eindeutig von allen Probanden am besten wahrgenommen. Die durchgeführten Interviews ergaben einige interessante Eindrücke und Anmerkungen.

Gefühle und Eindrücke der Teilnehmer:

Alle vier Teilnehmer empfanden das heller werdende Lichtmuster als angenehm. Einer der Teilnehmer fand, dass das rote Licht wach mache. Drei von vier Teilnehmern ist das rote Licht am Ende der Lichtmuster, besonders in Kombination mit dem Heller-werden, stark aufgefallen. Das Ein- und Ausschalten des Lichtes in Lichtmuster *A1.Iso.G.Y.R* fanden alle vier Teilnehmer sehr auffallend und störend. Zwei der Teilnehmer machte das Ein- und Ausschalten hektisch. Das grüne Licht wurde von einem Teilnehmer als beruhigend empfunden. Einer der Teilnehmer meinte: "Bei starker Konzentration wird die Lampe peripher wahrgenommen, bei wechselnden Aufgaben bewirkt sie das Gefühl, man müsste fertig werden. Ein weiterer Teilnehmer meinte: "Bei schlechtem Wetter beeinflusst die Lampe die Stimmung im Raum. Ein Teilnehmer vermutete, dass ein Verlauf von Rot nach Grün einem ein gutes Gefühl geben würde.

Einsetzbarkeit und Wirkung auf Andere:

Einer der Teilnehmer präferierte ein blaues Licht im Büro. Drei von vier Teilneh-

mern können sich vorstellen, die Lampe während einer Besprechung im Büro zu betreiben, meinten aber, dass sie andere irritieren könnte. Die Besucher zweier Teilnehmer fanden die Lampe interessant und angenehm. Die Besuche fanden bei grünem und gelbem Licht statt.

Anmerkungen:

Zwei der Teilnehmer merkten an, dass die Position der Lampe eine Rolle spielt. Des Weiteren meinten sie, dass die restliche Beleuchtung die Wahrnehmung des Lichtes der Lampe beeinflusst. Einer der Teilnehmer schlug vor, sich selbst ein Lichtmuster aussuchen zu können, als Personalisierung. Einer der Teilnehmer meinte man könne die Lampe mit einer Vibrations-Erinnerung verbinden.

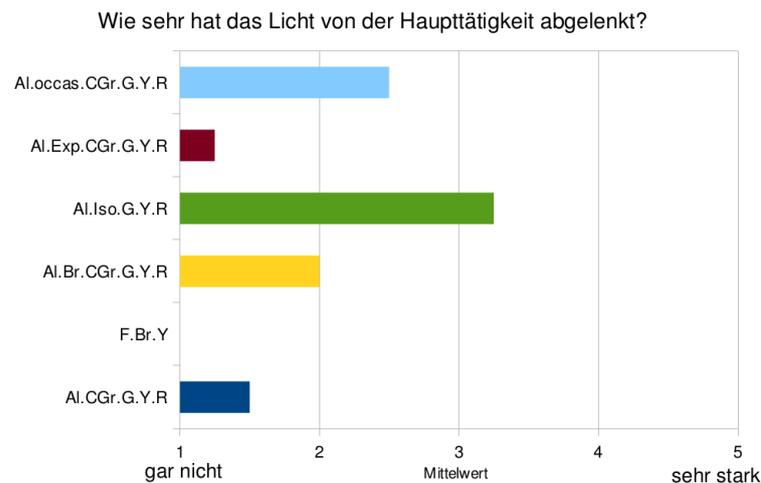


Abbildung 3.2.: Ablenkung von der Haupttätigkeit - *Al.Iso.G.Y.R* hat am stärksten abgelenkt.

Abbildung 3.2 zeigt wie stark die untersuchten Lichtmuster von den Probanden im Mittel als ablenkend empfunden wurden. Die Angabe erfolgte auf einer fünfstelligen Likert-Skala im Tagebuch. Der erste Wert stand für 'gar nicht' und der letzte für 'sehr stark'. *F.Br.Y* hat am wenigsten abgelenkt.

Abbildung 3.3 zeigt, wie angenehm die Lichtmuster von den Teilnehmern im Mittel empfunden wurden. Es handelt sich wieder um eine fünf-stellige Likert-Skala. Der erste Wert stand für 'sehr unangenehm' und der letzte für 'sehr angenehm'. Als angenehmstes Lichtmuster ergab sich *F.Br.Y*, ein heller werdendes Gelb.

3.3.2. Online-Umfrage

Zur weiteren Anforderungserhebung wurde eine Online-Umfrage zum Thema "Bewegungsaktivität und -erinnerung" durchgeführt.

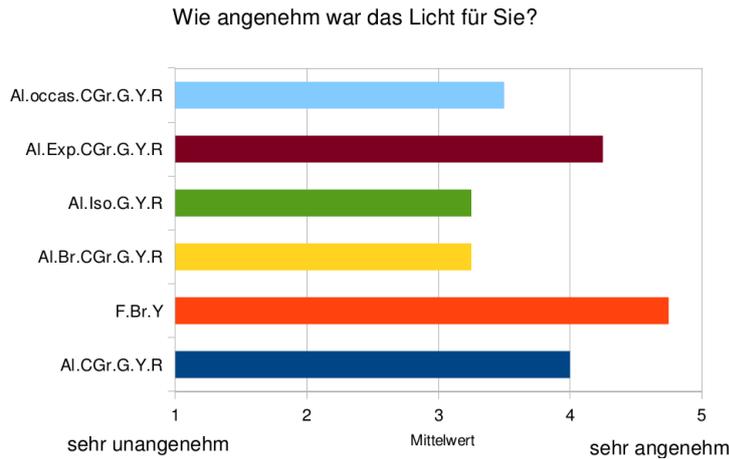


Abbildung 3.3.: Wie angenehm war das Lichtmuster? - F.Br.Y war am angenehmsten.

Methode

An der Umfrage nahmen 50 Teilnehmer zwischen 18 und 61 (Mittelwert 33,82, SD 14,30) Jahren teil. 60% der Teilnehmer waren männlich und 40% waren weiblich. Zur Bereitstellung des Online-Fragebogens wurde Google-Docs verwendet. Der Fragebogen ist unter **Appendix 2** zu finden.

Ergebnisse

Aus der Umfrage ergaben sich Personalisierbarkeit, unaufdringliche Erinnerung, stufenweise Erinnerung und Diskretion als meist gewünschte Eigenschaften einer Bewegungserinnerungsfunktion. Fast alle Teilnehmer nutzen bisher keine Erinnerungshilfe um sich mehr zu bewegen. Von den Befragten tragen 92% ihr Handy täglich bei sich und 60% der Befragten besitzen ein Smartphone. Die Befragten äußerten diverse Vorschläge und Anforderungen an ein System zur Bewegungserinnerung.

Das Zählen der Schritte sei gut, um die Bewegung von Menschen zu erfassen, die keinen Sport machen, da jeder gesunde Mensch läuft. Das Zählen der Schritte sei jedoch nicht geeignet um andere Bewegungsformen, wie z.B. Schwimmen, Fahrradfahren oder Klettern zu erfassen. Dies könnte durch eine Umrechnungsfunktion von beispielsweise 30 Minuten Fahrradfahren auf x Schritte funktionieren. Ein Umfrage-Teilnehmer schlug eine Schlummerfunktion vor, die die Möglichkeit bietet die Bewegung kurz verschieben zu können, um z.B. noch einen Absatz fertig zu schreiben. Mehrere Teilnehmer wünschten sich eine Möglichkeit ihre Leistung auszuwerten und Steigerung der Bewegungsaktivität darstellen zu können. Dies könnte durch möglicherweise ausdrückbare Statistiken geschehen, welche ein positives Feedback sein

könnten. Des Weiteren äußerte einer der Befragten den Wunsch, dass ein Erinnerungssignal zum Sport zu gehen ausgelöst werden sollte, wenn ein bestimmter Ort verlassen wird.

Weitere Anmerkungen waren, dass die Intensität der Bewegung beachtet werden sollte, Spazieren gehen oder Joggen, und dass man sich unter Strecken in Metern/Kilometer mehr vorstellen kann als unter der Anzahl an Schritten. Das Problem dabei sei, dass man Schritte nicht ohne zusätzliche Angabe der Schrittweite in eine Strecke umwandeln könne, da Menschen unterschiedlich große Schritte machen würden.

Des Weiteren wurde der Wunsch nach einem kombinierten personalisierten Programm geäußert, das auf den physischen Ist-Zustand des Nutzers angepasst ist. Einige Teilnehmer wünschen sich außerdem eine Verbindung mit Sportübungen, die man am Arbeitsplatz durchführen kann. Abschließend sei hier noch ein Zitat eines Umfrage-Teilnehmers genannt: "Gehen ist die häufigste Bewegung des Menschen, es ist daher eine gute Idee diese zu erfassen".

3.3.3. Diskussion

Für das zu entwickelnde System nehmen wir aus den Ergebnissen die folgenden Anforderungen mit. Das Lichtmuster sollte ein Kompromiss aus Wahrnehmbarkeit und Ablenkung sein. Es sollte nicht zu sehr ablenken, aber trotzdem noch wahrgenommen werden. Das Lichtmuster sollte in der grün-gelben Phase noch angenehm wahrnehmbar sein und in der roten Phase unangenehmer werden. Aus der Licht-Design-Studie ergab sich daher *A1.Br.CG.r.G.Y.R* als am besten geeignet. *A1.Br.CG.r.G.Y.R* wurde vor allem in den Interviews von 75% der Teilnehmer angesprochen, da das rote Licht am Ende des Verlaufes stärker aufgefallen ist als bei dem Verlauf ohne Heller-werden.

Aus den Interviews und der Umfrage berücksichtigen wir außerdem noch die folgenden Anforderungen. Das System sollte positives Feedback geben. Die Erinnerung sollte unaufdringlich und stufenweise erfolgen. Das System sollte diskret sein, was bei einer Darstellung durch Licht gegeben ist.

3.4. Finales Design

Das Lichtmuster für das finale Design steht fest. Das Lichtmuster *A1.Br.CG.r.G.Y.R* wird im System 'EnlightenMe' verwendet. Die Dauer, die ein Nutzer höchstens ununterbrochen sitzen sollte wird auf zwei Stunden gesetzt. Eine geringere Zeit wäre laut Sheri Colberg besser, sie empfiehlt alle 30 Minuten aufzustehen [SC12]. Da unser Studien-Design sich aber immer am absoluten Minimum orientiert um die Verhaltensänderung zu erleichtern, verwenden wir die oben genannte Dauer von zwei Stunden. Aufgrund der begrenzten Zeit beschränken wir uns auf die ersten

fünf der insgesamt acht Design-Strategien von Consolvo et.al. Es werden also Abstract and Reflective, Unobstrusive, Public, Aesthetic und Positive angewendet. Als abstrakte Repräsentation der Bewegungs-Daten dient die Lampe, welche das Lichtmuster `A1.Br.CG.R.G.Y.R` verwendet um den Füllstand einer Batterie darzustellen. Diese Batterie dient als bildliche Repräsentation der Daten. Die Kapazität der Batterie wird wie folgt bestimmt. Laut Tudor-Locke et.al. [TL02] machen bürotätige Menschen zwischen 5.000 und 7.500 Schritten am Tag. Es sollen am gesamten Tag mindestens 5.000 Schritte getätigt werden, alles unter diesem Wert gilt als Bewegungsmangel. Diese Schrittzahlen berücksichtigt den gesamten Tag. Unsere Studie nimmt nur maximal acht Stunden des Tages ein. Dies entspricht der maximalen durchschnittlichen Arbeitszeit pro Werktag laut §3 des deutschen Arbeitszeitgesetzes³. Wir wählen als Richtwert für unsere Zwei-Stunden-Energieladung daher 10% der mindestens zu tätigen Schrittzahl von 5.000 Schritten. Damit ergeben sich 500 Schritte als Kapazität für die Batterie. Das Batterie-Modell ist im Abschnitt Darstellung näher beschrieben.

3.5. Darstellung

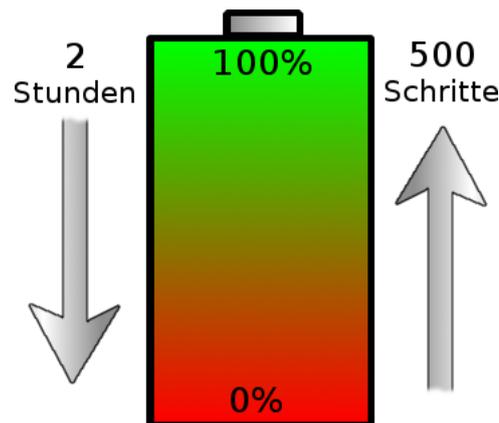


Abbildung 3.4.: Batterie-Analogie - Die Batterie entlädt sich mit der Zeit, Schritte laden sie wieder auf.

Dieses Licht-Muster `A1.Br.CG.R.G.Y.R` läuft auf einen zwei Stunden Intervall skaliert auf der Lampe ab. Durch getätigte Schritte kann der Nutzer diesen Verlauf beeinflussen und ihn zeitlich auf einen vorherigen Stand zurückstellen. Man kann sich die Lampe wie eine Batterie vorstellen, die sich mit der Zeit von Grün nach Rot entlädt. Durch getätigte Schritte lädt sie sich wieder auf.

Abbildung 3.4 ist eine schematische Darstellung des verwendeten Batterie-Modells.

³http://www.gesetze-im-internet.de/arbzg/___3.html, letzter Aufruf: 10.9.2012

Sollte die Energie einmal auf 0% stehen, bleibt die Lampe solange Rot bis sie wieder durch Schritte aufgeladen wurde.

4. Implementierung der Anwendung

Zur Umsetzung des Systems wird eine Android-Pedometer-App zum Zählen der Schritte und eine Java-Anwendung zur Steuerung der Philips Living Colors Lampe entwickelt. Die Java-Anwendung lief auf einem Notebook, welches die verwendete Philips Living Colors Lampe über ein Arduino Uno Board¹ mit der Lumicon API ansteuern konnte.

Das Notebook diente als Vermittler zwischen dem Smartphone und dem ambienten Licht-Display. Abbildung 4.1 zeigt den Aufbau anhand einer Grafik.

Dabei wird folgender bereits durch Dritte implementierter Quellcode verwendet: Die Lumicon API des OFFIS-Instituts und das Pedometer StepDetectionAndroid aus dem PaceGuard-Projekt des OFFIS-Instituts. Außerdem ist der BluetoothService ein eigener modifizierter Fork aus einem bereits vorhandenen Open-Source-Projekt².

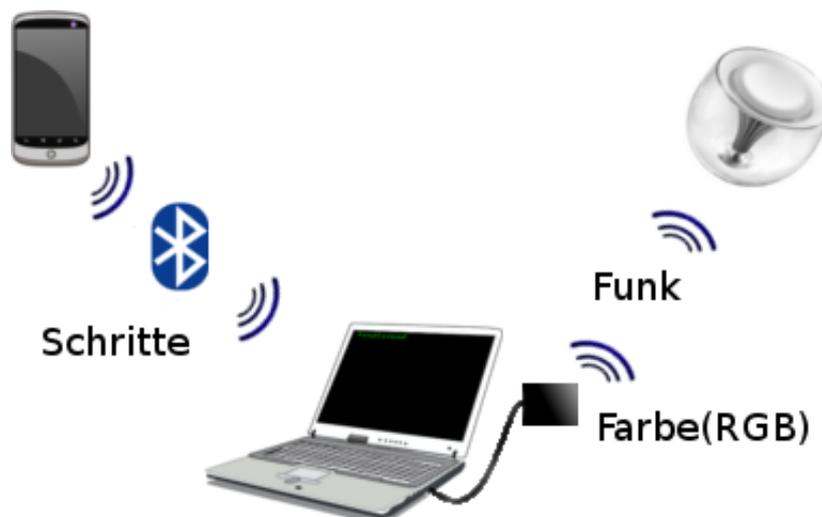


Abbildung 4.1.: Aufbau - Das Smartphone sendet die Schrittzahl an ein Laptop, welches die Lampe und deren Lichtverlauf steuert.

¹<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

²<https://github.com/Addy269/StepLog-Bluetooth-Android>

4.1. Ansteuerung der Philips Living Colors

Die Kommunikation zwischen Smartphone und Laptop lief über Bluetooth, da WLAN-Direkt-Verbindungen unter Android problematisch sind, sofern nicht das Smartphone als Wireless Access Point dienen soll. Abbildung 4.2 zeigt den Aufbau

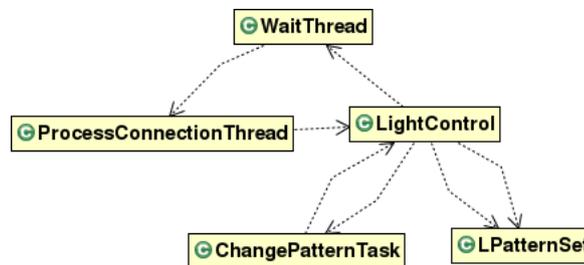


Abbildung 4.2.: Aufbau der Java-Anwendung

der Java-Anwendung. Diese setzt sich aus 5 Komponenten zusammen. Die Klasse `LightControl` enthält die `main()`-Methode welche beim Start der Anwendung aufgerufen wird. Diese startet dann den `ChangePatternTask` und den `ProcessConnectionThread`. Das Lichtmuster wird aus dem `LPatternSet` geladen. Dieses enthält alle in der Licht-Design-Studie untersuchten Lichtmuster.

Die `LightControl` aktiviert mittels der Lumicon API das Lichtmuster auf der Lampe. Da die Timer-Steuerung des Verlaufs innerhalb der Lumicon API abläuft, benötigen wir einen eigenen Timer. Der `ChangePatternTask` spiegelt den Verlauf der Lampe in Variablen in der `LightControl`-Klasse. Der `WaitThread` wartet auf eine Bluetooth-Verbindung vom Smartphone. Sobald eine Verbindung aufgebaut ist, wird diese im `ProcessConnectionThread` abgehandelt. Dieser hält die Verbindung und horcht auf gesendete Schrittzahlen.

Sobald er eine Schrittzahl erhalten hat, ruft der `ProcessConnectionThread` die `resetLight()`-Methode in der `Light-Control` auf, welche den Lichtverlauf anhand der Schritte anpasst. Der `ProcessConnectionThread` wartet weiterhin auf Schrittzahlen. Sollte die Verbindung einmal unterbrochen sein, wartet der `WaitThread` solange bis wieder eine neue Verbindung aufgebaut wurde.

4.2. Android-Anwendung Pedometer

Die Android-App setzt sich aus 4 Komponenten zusammen. Die EnlightenMeActivity ist die *Activity*, welche die Benutzeroberfläche beinhaltet und die Schrittzahl anzeigt. Sie startet beim ersten Aufruf den StepCounterService. Der StepCounter-

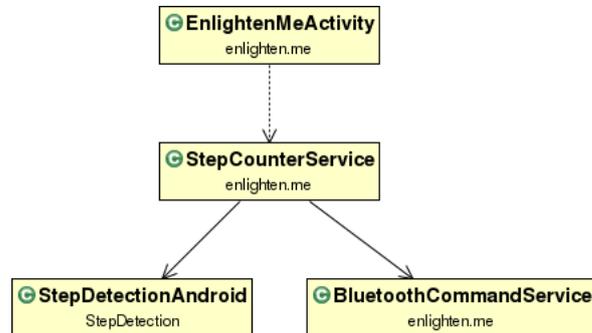


Abbildung 4.3.: Aufbau der Android App

Service bezieht die Schrittzahl aus dem StepDetectionAndroid-Dienst aus dem am OFFIS-Institut entwickelten PaceGuard-Projekt [For].

Die erhaltene Schrittzahl sendet der StepCounterService via Broadcast an die EnlightenMActivity, welche die Anzeige aktualisiert. Außerdem startet der StepCounterService den BluetoothCommandService, der der Java-Anwendung alle zehn Schritte die aktuelle Schrittzahl diktiert. Sollte die Verbindung unterbrochen werden wird versucht sie neu aufzubauen.

5. Evaluation

Um die Effektivität des entworfenen Systems zu untersuchen wurde eine Evaluationsstudie durchgeführt.

5.1. Methode

ABLAUFPLAN – EVALUATION

WOCHE 1

LAMPE	TAG 1	TAG 2	TAG 3	TAG 4	TAG 5	SMARTPHONE
mit	Proband 1	Proband 2	Proband 3	Proband 4	Proband 5	1
ohne	Proband 6	Proband 7	Proband 8	Proband 9	Proband 10	2

SMARTPHONE 1: Software mit Lampenansteuerung
SMARTPHONE 2: Software ohne Lampenansteuerung

WOCHE 2

LAMPE	TAG 6	TAG 7	TAG 8	TAG 9	TAG 10	SMARTPHONE
mit	Proband 6	Proband 7	Proband 8	Proband 9	Proband 10	2
ohne	Proband 1	Proband 2	Proband 3	Proband 4	Proband 5	1

SMARTPHONE 1: Software ohne Lampenansteuerung
SMARTPHONE 2: Software mit Lampenansteuerung

Beide Smartphones loggen Zeit und Schritte.

Abbildung 5.1.: Ablaufplan - Jeder Proband hatte eine Woche zwischen der Studie mit Lampe und ohne Lampe, die Reihenfolge alternierte.

An der Studie nahmen 10 Teilnehmer, zwei weibliche und acht männliche, im Alter von 22 bis 52 Jahren (Mittelwert 29,6, SD 11,92) teil. Die Teilnehmer kamen alle einer vorwiegend sitzenden Bürotätigkeit nach. Ein Teil der Teilnehmer waren Studenten, welche zur der Zeit an ihrer Abschlussarbeit schrieben. Die Dauer

der Studie betrug je Proband zwei Tage mit bis zu acht Stunden Studiendauer. Die Studiendauer richtete sich nach den Arbeitszeiten der Studien-Teilnehmer. Die kürzeste Studiendauer betrug fünf Stunden pro Tag. Die beiden Studientage lagen mindestens eine Woche auseinander. An einem Tag wurde die Studie nur mit dem Smartphone durchgeführt und an dem anderen mit dem Smartphone und der Philips Living Colors Lampe. Die Reihenfolge der Studientage wurde alterniert um Folge-Effekte auszuschließen. Das bedeutet, dass fünf Probanden die Studie mit Lampe begannen und je fünf Probanden ohne Lampe. Abbildung 5.1 beschreibt diesen Ablauf in einer Grafik.

5.1.1. Aufbau und Ablauf ohne ambientes Licht-Display

Dieser Studientag diente zum Sammeln von Kontrolldaten, um die gewonnen Ergebnisse in unserem Experiment zu validieren.

Aufbau

Den Probanden wurde ein Smartphone mit Pedometer-App ausgehändigt.

Ablauf

Die Teilnehmer wurden über den Umgang mit den gesammelten Daten informiert und gaben ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie. Die Probanden mussten das gestellte Smartphone bei laufender Pedometer-App in der Hosentasche tragen und dabei ihren normalen Büro-Tätigkeiten nachgehen. Nach Feierabend wurde dann ein kurzes Interview durchgeführt.

5.1.2. Aufbau und Ablauf mit ambientem Licht-Display

Dies war das eigentliche Experiment mit dem ambienten Lichtdisplay.

Aufbau

Wie unter Implementierung der Anwendung beschrieben.

Ablauf

Die Teilnehmer wurden über den Umgang mit den gesammelten Daten informiert und gaben ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie. Die Funktionsweise des ambienten Licht-Displays und die Interaktion zwischen Pedometer und Licht-Display wurde anhand des Batterie-Modells erklärt. Die Probanden mussten das gestellte Smartphone bei laufender Pedometer-App in der Hosentasche tragen und dabei ihren normalen Büro-Tätigkeiten nachgehen. Die Lampe wurde in ihrem Sichtfeld platziert. Nach Feierabend wurde dann ein kurzes Interview durchgeführt.

5.2. Ergebnisse

Während der Studie sind ein paar Probleme aufgetreten. Diese haben keinen großen Einfluss auf die Studien-Ergebnisse, mussten jedoch während der Auswertung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Studien-Tag je Teilnehmer lag nicht bei wie geplant einer Woche (sieben Tagen) sondern bei sechs Tagen. Dies kam durch die kurzfristige Absage von zwei Probanden zustande. Das Anschließen von Fremdgeräten an das Firmen Stromnetz war in ihrem Fall verboten. Sie arbeiteten in derselben Firma. Die Zusage der Teilnehmer erfolgte ohne Wissen um dieses Verbot. Daher wurde die erste Studienwoche umgestaltet. Die Tatsache, dass einige Teilnehmer flexible Studenten waren, ermöglichte es die erste Studienwoche von Dienstag bis Samstag durchzuführen. Dadurch blieb der Gesamt-Zeitplan wie unverändert.

Die zweite Studienwoche lief dann wieder von Montag bis Freitag. Jedoch trat auch in der zweiten Woche ein Termin-Problem auf, sodass der zweite Studientag eines Probanden am Donnerstag auf den folgenden Mittwoch verschoben werden musste. Damit lagen nicht sechs sondern sogar zwölf Tage zwischen dem ersten und letzten Studientag dieses Probanden.

Die Aufzeichnung der Schritte war zu Beginn lückenhaft. Die Android-App zeichnete jede Sekunde eine Schrittzahl auf. Sprünge von unter 3 Sekunden werden als Messfehler gewertet. Bei den ersten Probanden traten jedoch vereinzelt kleine Sprünge von einigen Minuten auf. Dies lag am Stromsparverhalten des Android-Betriebssystems, welches die Anwendung pausierte, obwohl Maßnahmen zur Prävention getroffen wurden. Dies wurde früh erkannt und durch eine Änderung in der Android-App korrigiert. Die Funktionsweise des Pedometers und der Aufzeichnung der Daten war von der Korrektur der Software unbeeinträchtigt. Da Lücken in der Aufzeichnung bedeuten würden, dass einzelne Teilnehmer potentiell mehr Schritte getätigt haben könnten, wurden sämtliche Messdaten auf Lücken hin untersucht und geprüft ob der Vergleich zwischen den beiden Konditionen mit Lampe und ohne Lampe noch möglich ist. In den gefundenen Fällen lagen die Lücken in langen Sitzphasen, das heißt in langen Phasen der Inaktivität der Anwendung. Sobald wieder Schritte erfasst wurden, begann das Log wieder aufzuzeichnen. In der Aufwachphase können höchstens ein bis zwei Schritte nicht erfasst worden sein. Diese vereinzelt Lücken beeinträchtigen die Messergebnisse daher nicht, sie sind zu vernachlässigen.

Damit sind alle aufgetretenen Probleme genannt und beschrieben. Vor der Präsentation der Ergebnisse erfolgt noch der Hinweis, dass das Pedometer nur die Bewegung eines Beines aufzeichnet. Daher wurde die Gesamt-Schrittzahl in der Auswertung verdoppelt. Auf diese Weise repräsentiert der Wert die vollständige Bewegung recht

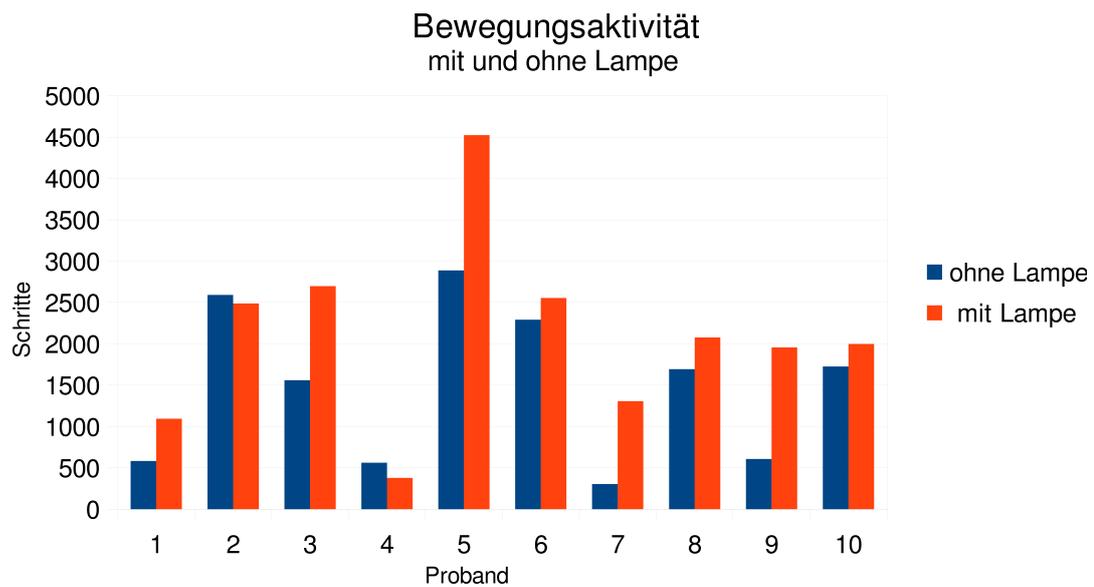


Abbildung 5.2.: Getätigte Schritte der Teilnehmer mit und ohne Lampe als Graph

Proband	Schritte	
	ohne Lampe	mit Lampe
1	584	1094
2	2592	2488
3	1560	2698
4	562	378
5	2888	4524
6	2292	2554
7	304	1308
8	1694	2078
9	608	1956
10	1726	1998
Mittelwert:	1481	2107.6
Std.-Abw.:	929.8	1116.8
Steigerung (%)	2-seitiger t-Test	1-seitiger t-Test
0.423092505	0.010947733	0.005473867

Abbildung 5.3.: Getätigte Schritte der Teilnehmer mit und ohne Lampe

genau. Dies hat keine Auswirkung auf die Auswertung und Interpretation der Messdaten, da alle Gesamt-Schrittzahlen um den gleichen Faktor erhöht wurden. Alle Berechnungen, wie die t-Tests führen zu den gleichen Ergebnissen, sowohl mit direkt gemessener als auch verdoppelter Gesamt-Schrittzahl.

Trotz der vielen kleinen Probleme ergaben sich valide Ergebnisse. Abbildung 5.2 zeigt die getätigten Schritte der Teilnehmer mit und ohne ambientem Licht-Display nebeneinander in einem Säulendiagramm. Wie in der Grafik zu sehen, gab es bei fünf Probanden sehr große Steigerungen in der Bewegungsaktivität, während es bei drei der Teilnehmer nur kleine Steigerungen gab. Zwei der Teilnehmer machten mit dem ambienten Licht-Display weniger Schritte als ohne. Obwohl sich somit ein leicht heterogenes Bild ergibt, sind die Ergebnisse eindeutig. Acht der Probanden haben mit dem ambienten Licht-Display mehr Schritte gemacht als ohne.

Die Teilnehmer der Studie tätigten im Mittel 1499,6 (SD 933,4) Schritte ohne das ambiente Licht und 2107,6 (SD 1116,8) Schritte mit der Lampe. Das entspricht einer mittleren Steigerung der Schrittzahlen von 40,54%. Die Unterschiede in der Anzahl der getätigten Schritte sind mit einer Konfidenz von 95% ($p=0,05$, zweiseitiger t-Test) statistisch signifikant. Ebenfalls mit einer Konfidenz von 99% ($p=0,01$, einseitiger t-Test) ergab sich, dass die Schrittzahlen mit dem ambienten Licht statistisch signifikant größer waren. Die Gesamt-Schrittzahlen und t-Test-Ergebnisse sind in der Tabelle in Abbildung 5.3 aufgelistet.

Des Weiteren wurden die Bewegungsphasen analysiert. Dazu wurden die Studientage in 20-Minuten-Blöcke unterteilt und für jeden Block entschieden, ob es sich um eine Bewegungsphase handelt oder nicht. Als Schwellwert wurden 20 Schritte pro Block, das entspricht einem Schritt in der Minute, gewählt. Abbildung 5.4 zeigt die Bewegungsphasen der Teilnehmer an beiden Studientagen. Es ergab sich zwar eine Steigerung der Häufigkeit der Bewegungsphasen um 5,26%, diese ist jedoch nicht statistisch signifikant. Die Probanden hatten mit der Lampe im Mittel 4 (SD 1,40) Bewegungsphasen und ohne die Lampe im Mittel 3,8 (SD 1,56) Bewegungsphasen.

Die durchgeführten post-hoc Interviews werden hier nun separat zusammengefasst:

Interviews nach dem Studientag ohne Lampe:

90% der Teilnehmer fühlten sich durch das Aufzeichnen und Anzeigen der Schrittsumme nicht positiv in ihrem Bewegungsverhalten beeinflusst. Außerdem fanden 80% der Teilnehmer, dass das Smartphone sie nicht in der Hosentasche störte. Der Großteil, 90% der Teilnehmer, hat die Anzahl der getätigten Schritte nachgeschaut. 70% der Probanden würden das System mit dem Schrittzähler als Pedometer in der Hosentasche über einen längeren Zeitraum nutzen. Eine Probandin merkte an, das Damenhosen kleinere Taschen hätten, als die von Männerhosen und daher ein großes Smartphone in der Hosentasche stören würde. Ein weiterer Teilnehmer wünschte sich eine Visualisierung der Schrittzahlen, beispielsweise in der Form von Grafiken

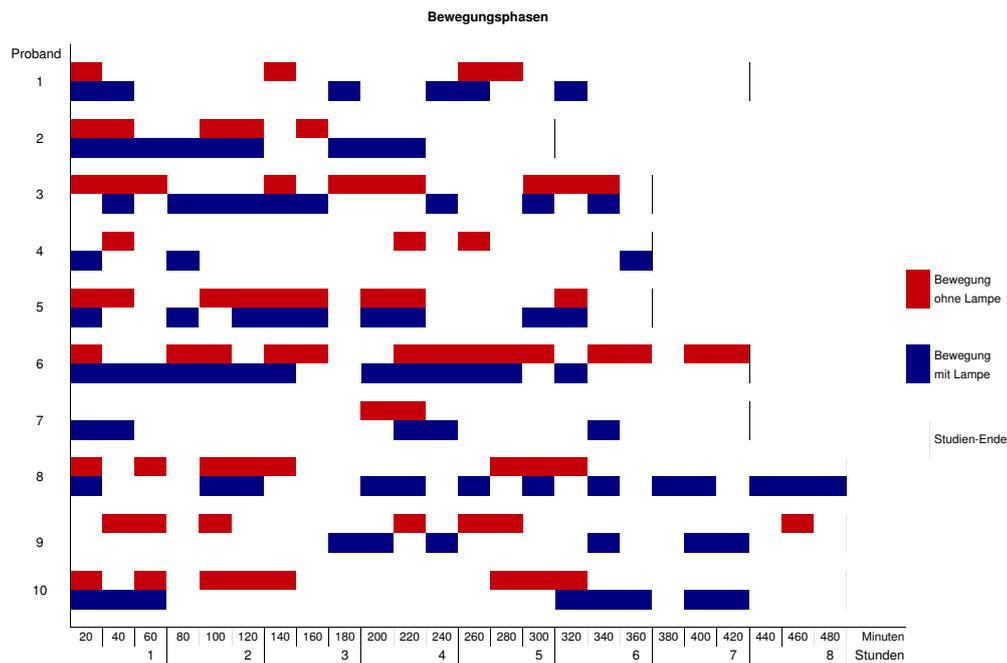


Abbildung 5.4.: Bewegungsphasen der Teilnehmer mit und ohne Lampe

und Diagrammen.

Interviews nach dem Studientag mit Lampe:

An diesem Studientag wurde das Pedometer mit dem ambienten Lichtdisplay verknüpft. Allen Teilnehmern sind Änderungen im Licht aufgefallen. Die Hälfte der Teilnehmer empfand das rote Licht als stark auffällig. 90% der Teilnehmer fühlten sich nicht durch die Lampe von ihrer Haupttätigkeit abgelenkt. 70% der Probanden empfanden das Licht der Lampe insgesamt als angenehm, besonders das grüne Licht. Nur das rote Licht wurde als unangenehmer bezeichnet. Mehrere Probanden äußerten, dass das rote Licht einen Aufforderungscharakter habe. Die Teilnehmer wurden gefragt, ob sie sich vorstellen könnten die Lampe über einen längeren Zeitraum in ihrem Büro stehen zu haben. 50% der Teilnehmer äußerten sich dagegen, wobei von den Teilnehmern folgende Gründe dafür genannt wurden: Die Lampe sei zu klobig, sie wirke zu künstlich (würde sich auch keine Lavalampe ins Büro stellen) und sie sei zu groß und nehme zu viel Platz ein. Die Gründe sprachen also gegen die Philips Living Colors Lampe und nicht gegen das System. Die Probanden äußerten einige Verbesserungsvorschläge. Ein Proband schlug vor eine Auffüll-Animation einzubauen, um die Änderungen nicht so abrupt zu erleben. Zwei Probanden wünschten sich eine bessere Verknüpfung des Lichtmusters mit ihrem Arbeitsablauf. Ein weiterer Proband schlug vor, die Lampe, ähnlich wie ein Ambilight, in das Display

des Computers zu integrieren.

5.3. Diskussion

Ein Licht-Muster mit einem Farbwechsel von Grün über Gelb nach Rot ist dank der Ampel-Analogie gut geeignet, um die den zeitlichen Verlauf leicht erkennbar darzustellen. Der Lichtverlauf lenkt den Großteil der Teilnehmer nicht von der Haupttätigkeit ab, wird aber gerade gegen Ende hin durch das rote Licht gut wahrgenommen. Die Design-Strategien Abstract & Reflective, Unobstrusive, Public und Positive wurden erfolgreich umgesetzt. Wie sich allerdings aus den Interviews ergeben hat, ist das Kriterium Aesthetic für 50% der Teilnehmer nicht zufriedenstellend erfüllt.

Das Ziel der Bewegungsmotivation wurde jedoch deutlich erreicht. Das ambiente Licht Display kann die Bewegungsaktivität von Bürotätigen positiv beeinflussen. Das EnlightenMe-System hat die täglichen Schrittzahlen der zehn Probanden im Durchschnitt um bis zu 40,54% gesteigert. Die Studienergebnisse ergaben aber nicht nur, dass sich die Teilnehmer durch das Feedback des ambienten Lichtes mehr bewegten, sondern sie lassen außerdem vermuten, dass sich die Teilnehmer häufiger bewegten. Die Analyse der Bewegungsphasen ergab mit 5,26% eine geringe, jedoch nicht statistisch signifikante, Steigerung in der Häufigkeit der Bewegung. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um eine eindeutige Aussage über den Einfluss des ambienten Licht-Displays auf die Bewegungshäufigkeit zu bestätigen.

6. Fazit

Mit einem ambienten Licht-Display ist es möglich Menschen zu einer signifikanten Steigerung ihrer Bewegungsaktivität zu motivieren. Am besten lässt sich dies durch eine Kombination von Farbverläufen und Anpassungen der Helligkeit des Lichtes erreichen. Rot eignet sich gut um ungewünschte Zustände anzuzeigen, da es eine Signalfarbe ist, die von jedem Teilnehmer als dringlich wahrgenommen wurde. Insgesamt haben sich die Ampel-Farben als Farbwahl bewährt.

Ein solches System hat aber auch Limitierungen. Menschen nehmen Farben subjektiv unterschiedlich wahr, was zu unterschiedlich guten Ergebnissen mit dem gleichen Lichtmuster führt. Des Weiteren ist ein solches System nicht barrierefrei, da es von visueller Farbwahrnehmung abhängt. Menschen mit einer Rot-Grün-Sehschwäche oder ähnlichen Seh-Beeinträchtigungen können das System nicht nutzen.

Es wird ein positiver Einfluss auf die Bewegungshäufigkeit vermutet. Diese Vermutung basiert auf den Ergebnissen der Evaluationsstudie, bedarf aber weiterer Untersuchungen, um diese zu bestätigen.

Alles in allem ist die Verwendung von ambienten Licht-Displays zur Informationsdarstellung und Motivation zur Verhaltensänderung ein praktikabler Ansatz. Es lohnt sich diesen Ansatz in weiteren Projekten zu verwenden und weitere Studien dazu durchzuführen. Es viele Anwendungsmöglichkeiten die noch untersucht werden können. Zur Darstellung von kritische Informationen, wie die Erinnerung an die Einnahme von Medikamenten, ist ein ambientes Licht-Display allein allerdings nicht geeignet. Dies könnte höchstens in Kombination mit einer anderen verlässlichen Erinnerungshilfe umgesetzt werden.

7. Ausblick

Wie bei jedem Prototypen gibt es auch für EnlightenMe einige Erweiterungsmöglichkeiten und mögliche Verbesserungen. Einige davon werden im Folgenden genannt.

EnlightenMe könnte um eine Auflade-Animation erweitert werden, etwa durch einen schnellen Verlauf auf die aktualisierte Farbe in umgekehrter Verlaufsrichtung. Außerdem könnte eine Möglichkeit zum ergänzen von anderen Bewegungsformen wie Schwimmen, Rad fahren und Klettern eingebaut werden. Dies könnte beispielsweise durch Angabe des Körpergewichts und der zurückgelegten Strecke in Metern in der entsprechenden Bewegungsart erreicht werden. Daraus ließe sich der Kalorienverbrauch berechnen. Dieser könnte dann, mittels eines Vergleichswertes für den Kalorienverbrauch beim Gehen, näherungsweise in Schritte umgerechnet werden.

Des Weiteren wäre eine Synergie mit Arbeitsablauf möglich, beispielsweise durch die Kombination mit Techniken zum Zeitmanagement, wie der Pomodoro¹ Technik. Viele der genannten Erweiterungsmöglichkeiten leiten sich aus Vorschlägen der Studienteilnehmer ab und stammen aus den durchgeführten Interviews. Ein weiterer Vorschlag war es das System mit Sportübungen für das Büro zu verbinden. Eine Auswertung und Aufzeichnung der Bewegungsdaten durch Diagramme und Statistiken, wie in der Quantified-Self-Bewegung üblich, würde die Möglichkeit geben, sich mit anderen zu vergleichen. Die Design-Strategien Controllable, Trending/Historical und Comprehensive wurden in EnlightenMe nicht verwendet, lassen sich aber durch Umsetzung einiger oben genannter Erweiterungsmöglichkeiten ergänzen.

Die verwendete Hardware könnte gewechselt werden. Das Licht könnte in den Rahmen des Bildschirms integriert werden, ähnlich den Ambilight-Systemen in Fernsehgeräten oder es könnte einfach nur eine kleinere Lampe verwendet werden. Eine weitere Möglichkeit wäre es Lichtarmband zu verwenden. Parallel zu dieser Arbeit wird ein solches Lichtarmband von der Bachelor-Anwärtlerin Vanessa Cobus entwickelt.

In späteren Arbeiten könnte untersucht werden, ob die Bewegungshäufigkeit der Nutzer positiv beeinflusst wird und ob die Dauer der Bewegungsaktivität ausschlaggebend für den gesundheitlichen Nutzen ist.

¹<http://www.pomodorotechnique.com/>

A. Appendix 1 - Leuchtfeuer-Kennungen

A.1. Internationale Leuchtfeuer-Kennungen

Diese Kennungen werden weltweit in der Seefahrt verwendet. Die folgende Tabelle enthält einen Auszug der existierenden Kennungen [Bar04].

Tabelle A.1.: Liste wichtiger Leuchtfeuer-Kennungen

Kennung	Bedeutung
F	Festfeuer
Oc	Unterbrochen
Iso	Gleichtakt
Fl	Blitz
LFl	Blink
Q	Funkel
IQ	Funkel unterbrochen
VQ	Schnelles Funkel
IVQ	Schnelles Funkel unterbrochen
Mo	Morse
W	Weiß
R	Rot
G	Grün
Bu	Blau
Vi	Violett
Y	Gelb
Or	Orange
occass	Zeitweise
temp	Zeitweilig
intens	Verstärkt
faint	Schwach

A.2. Eigene Kennungen

Um alle Lichtmuster beschreiben zu können reichten die internationalen Leuchtfuer-Kennungen nicht aus. Daher wurden die folgenden eigenen Kennungen festgelegt.

Tabelle A.2.: Liste eigener Kennungen

Kennung	Bedeutung
Br	Heller werdend
Dr	Dunkler werdend
CGr	Farbverlauf
St	Schrittweise
Exp	Exponentiell

B. Appendix 2

Im folgenden sind ein exemplarisches Informationsblatt, ein Ablaufplan und ein Tagebuchbogen aus der Licht-Design-Studie, sowie der Online-Fragebogen zur Anforderungsbestimmung zu finden.

INFORMATIONSBLATT

STUDIE ZUM THEMA „DESIGN EINES AMBIENTEN LICHT-DISPLAYS“

Liebe/r StudienteilnehmerIn,

Vielen Dank für die Teilnahme an dieser Studie. Dieses Informationsblatt erklärt kurz die Hintergründe der Studie und erläutert was Sie im Falle einer Teilnahme erwartet und informiert Sie über ihre Rechte als StudienteilnehmerIn.

HINTERGRUND

Organisiert wird diese Studie vom Bacheloristen Tim Claudius Stratmann. Diese Studie ist Teil seiner Bachelorarbeit, die sich mit Fragestellungen zu ambienten Licht-Displays beschäftigt.

DIE STUDIE

In dieser konkreten Studie untersuchen wir die Wirkung des ambienten Lichtes auf Sie (Stimmung, etc.) während Sie ihrer Haupttätigkeit im Büro nachgehen.

DATENERHEBUNG

Wie in jeder Studie sind wir auch hier an Daten interessiert. Dabei legen wir allergrößten Wert auf den Schutz der Daten.

Im Rahmen der Studie werden unterschiedliche Daten erhoben.

Sie verfassen ein Tagebuch nach einer Vorlage. Außerdem führen wir ein Interview mit ihnen durch. Zusätzlich erheben wir demographische Daten, wie z.B. Geschlecht, Alter und Beruf.

Wenn Fotos gemacht werden, werden Sie nach ihrer Zustimmung gefragt.

Sofern Daten veröffentlicht werden, handelt es sich dabei um zusammengefasste Ergebnisse aus Daten mehrerer Studienteilnehmer, denen Sie als Person ausdrücklich nicht zugeordnet werden. Dies gilt sowohl für interne Veröffentlichungen innerhalb des Projekts, als auch für eventuelle Veröffentlichungen im wissenschaftlichen Kontext.

Tim Claudius Stratmann

Ich bin mir darüber im Klaren, dass

- 1) während der Studie meine Aussagen aufgezeichnet und evtl. Daten per Fragebogen erhoben werden,
- 2) ich nicht dazu verpflichtet bin, schriftlich und mündlich gestellte Fragen zu beantworten,
- 3) alle persönlichen Informationen unter das Bundesdatenschutzgesetz¹ fallen, was bedeutet, dass meine Identität nicht ohne meine Einwilligung preisgegeben wird,
- 4) alle gesammelten Daten ausschließlich im Rahmen dieses Projekts verwendet werden,
- 5) ich jederzeit und ohne Begründung eine Aktivität oder die gesamte Teilnahme an der Studie abbrechen kann.

Ich kann den Bacheloristen Tim Claudius Stratmann² oder die Uni-Mitarbeiterin Jutta Fortmann³ kontaktieren, wenn ich Fragen zur Studie, dem Projekt oder meiner Teilnahme habe.

(Ort / Datum)

(TeilnehmerIn / Unterschrift)

(Ort / Datum)

(Studienleiter / Unterschrift)

1 http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bdsg_1990/gesamt.pdf

2 Tim Claudius Stratmann, Neu Utlände 2, 26434 Wangerland, 0151 59 10 10 30, tim.claudius.stratmann@uni-oldenburg.de

3 Dipl.-Inform. Jutta Fortmann, Escherweg 2, 26121 Oldenburg , 0441/ 9722-405, jutta.fortmann@uni-oldenburg.de

Detaillierter Ablaufplan

Tag 1

- 9:00 Uhr Begrüßen
- Infoblatt austeilen & erklären
- Termin für Post-Interview abklären
- Tagebuch für den Tag austeilen & erklären
- Lampe & Laptop aufbauen
- Lampe: Selbsttest (Schnelldurchlauf)
- Zeitablauf besprechen
- Erklären, wie die Lampe nach der Mittagspause wieder eingeschaltet wird
- 9:30 Uhr Studie starten
- ... Studie läuft
- 17:00 Uhr Lampe ausschalten, Tagebücher und Laptop abholen

Tag 2

- 9:00 Uhr Begrüßen
- Tagebücher fuer den Tag austeilen
- Laptop anschließen & Lampe einschalten
- Lampe: Selbsttest (Schnelldurchlauf)
- Gibt es noch Unklarheiten? (Lampen-Start nach Mittagspause noch bekannt?)
- 9:15 Uhr Studie starten
- ... Studie läuft
- 17:00 Uhr Lampe & Laptop abbauen, Tagebücher einsammeln
- Einzel-Interviews durchführen

Tagebuch zum Licht-Design

Intervall-Nr. ___

Teilnehmer-Nr. ___

Bitte beantworten Sie folgende Fragen um 12 Uhr, 15 Uhr und 17 Uhr:

(Die Mittagspause von 12-13 Uhr ist aus den Intervallen ausgeschlossen)

Sind Ihnen Änderungen im Licht aufgefallen?

Ja Nein

Wie sehr hat das Licht Sie von Ihrer Haupttätigkeit abgelenkt?

gar nicht sehr stark

Falls es Sie abgelenkt hat, warum hat es Sie abgelenkt?

Wie angenehm war das Licht für Sie?

sehr unangenehm sehr angenehm

Falls es unangenehm war, warum war es unangenehm?

Haben Sie das Büro länger als 10 min. verlassen?

Wenn ja, wann und für wie lange haben Sie das Büro verlassen?

Was ist Ihnen sonst noch aufgefallen? Haben Sie weitere Anmerkungen?



Fragebogen zur Bewegungsaktivität und -erinnerung

Im Rahmen meiner Bachelorarbeit "Enlighten me! - ein ambientes Licht-Display zur Bewegungsmotivation" beschäftige ich mich mit der Entwicklung eines Systems, das Menschen dabei unterstützen soll, sich im Alltag mehr zu bewegen.

Mit Hilfe dieses Fragebogens will ich die Anforderungen an ein solches System prüfen.

Sofern Daten aus dieser Umfrage veröffentlicht werden, handelt es sich dabei um zusammengefasste Ergebnisse aus Daten mehrerer Studienteilnehmer, denen Sie als Person ausdrücklich nicht zugeordnet werden.

Ich danke Ihnen für Ihre Teilnahme!

Tim C. Stratmann

Alter

Geschlecht

- männlich
- weiblich

Was machen Sie beruflich?

(Allgemeine Berufsbezeichnung ist ausreichend.)

Wie lange sitzen sie pro Tag im Durchschnitt?

- 10 - 12 Stunden
- 8 - 10 Stunden
- 6 - 8 Stunden
- < 6 Stunden

Schätzen Sie, wie viele Schritte Sie täglich machen.

- 10.000 - 15.000
- 5.000 - 10.000

< 5.000

Halten Sie das Zählen der Schritte für ein sinnvolles Maß zur Bestimmung der Bewegungsaktivität einer Person?

Betreiben Sie werktags Sport? Wenn ja, welchen sportlichen Aktivitäten kommen Sie nach?

Nutzen Sie eine Erinnerungshilfe um sich mehr zu bewegen? Wenn ja, was nutzen Sie als Erinnerungshilfe?
(Kalendererinnerung, Wecker, o.ä.)

Was würden Sie sich von einem System zur Bewegungserinnerung am meisten wünschen?

Zutreffendes bitte ankreuzen.

- Diskretion
- Personalisierbarkeit
- aufdringliche visuelle Erinnerung
- unaufdringliche visuelle Erinnerung
- stufenweise Erinnerung
- Erinnerung nicht auf meinem PC-Bildschirm anzeigen, sondern durch eine andere Darstellung

Wünschen Sie sich neben einer visuellen Erinnerung auch eine akustische Erinnerung?

- Ja
- Nein

Tragen Sie ihr Handy täglich bei sich?

- Ja
- Nein

Besitzen Sie ein Smartphone?

- Ja
- Nein

Haben Sie weitere Anmerkungen oder Ideen?

Senden

Powered by [Google Docs](#)

[Missbrauch melden](#) - [Nutzungsbedingungen](#) - [Zusätzliche Bestimmungen](#)

Literaturverzeichnis

- [Amb07] AMBIENT DEVICES: Ambient Orb. In: <http://www.ambientdevices.com/cat/orb/orborder.html>, letzter Aufruf: 12.7.2012 (2007)
- [Bad06] BADER, Professor Dr. F.: *Dorn Bader Physik 12/13 Gymnasium Sek II*. Hannover, NDS, Deutschland : Schroedel Verlag, 2006. – 188–189 S. – ISBN 3-507-10722-8
- [Bar04] BARK, Axel: *Sportküstenschifferschein + Sportbootführerschein See*. Bielefeld, Deutschland : Delius Klasing Verlag, 2004. – 24ff S. – ISBN 3-7688-1136-0
- [Blo12] BLOCH, Doreen: *The Coolest Startups in America*. New York, NY, USA : Building Bloch Books, 2012. – 215–217 S. – ISBN 978-0-6155-7645-9
- [CML09] CONSOLVO, Sunny ; McDONALD, David W. ; LANDAY, James A.: Theory-driven design strategies for technologies that support behavior change in everyday life. In: *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2009 (CHI '09). – ISBN 978-1-60558-246-7, 405–414
- [DMMD03] DEY, Anind ; MANKOFF, Jennifer ; MANKOFF, Jennifer ; DEY, Anind K.: *FROM CONCEPTION TO DESIGN, A Practical Guide to Designing Ambient Displays*. 2003
- [For] FORTMANN, Martin; Büscher Martin; Mittelsdorf Martin; Trienen Stefan; Boll S. Jutta; Pielot P. Jutta; Pielot: PaceGuard: Improving Running Cadence by Real-time Auditory Feedback (MobileHCI '12)
- [GG05] GUSTAFSSON, Anton ; GYLLENSWÄRD, Magnus: The power-aware cord: energy awareness through ambient information display. In: *CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2005 (CHI EA '05). – ISBN 1-59593-002-7, 1423–1426
- [GNHNO08] GENEVIEVE N. HEALY, David W. Dunstan PHD Jo Salmon PHD Ester Cerin PHD Jonathan E. Shaw MD Paul Z. Zimmet M. MPH ; NEVILLE OWEN, PHD: Breaks in Sedentary Time - Beneficial associations with metabolic risk. In: <http://care.diabetesjournals.org> (2008)

- [Goe10] GOETHE, J.W. von: *Zur Farbenlehre*. J.G. Cotta, 1810 (Zur Farbenlehre Bd. 1). <http://books.google.de/books?id=1U87AAAAcAAJ>
- [Him12] HIMPERLICH, Tanja Frederick und N. Frederick und Neumeyer: AmbiLEON. In: <http://sketchingwithhardware.wordpress.com/2012/04/06/ambileon/>, letzter Aufruf: 15.9.2012 (2012)
- [Hof12] HOFMANN, Fabian Janko und P. Janko und Pammer: PEO - Personal Energy Orb. In: <http://sketchingwithhardware.wordpress.com/2012/08/19/peo-personal-energy-orb/>, letzter Aufruf: 15.9.2012 (2012)
- [JFHZ05] JAFARINAIMI, Nassim ; FORLIZZI, Jodi ; HURST, Amy ; ZIMMERMAN, John: Breakaway: an ambient display designed to change human behavior. In: *CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2005 (CHI EA '05). – ISBN 1-59593-002-7, 1945-1948
- [JJLS06] JAMES J. LIN, Silvia Lindtner Gregory D. Lena Mamykina M. Lena Mamykina ; STRUB, Henry B.: Fish'n'Steps: Encouraging Physical Activity with an Interactive Computer Game. In: *Ubicomp 2006: Ubiquitous Computing* (2006)
- [Küp78] KÜPPERS, H.: *Das Grundgesetz der Farbenlehre*. DuMont, 1978 (DuMont Kunst-Taschenbücher). <http://books.google.de/books?id=MtiMSwAACAAJ>. – ISBN 9783770110575
- [PKWP09] PREDRAG KLASNJA, PhD David W. McDonald PhD James A. Landay P. Sunny Consolvo C. Sunny Consolvo ; WANDA PRATT, PhD: Using Mobile and Personal Sensing Technologies to Support Health Behavior Change in Everyday Life: Lessons Learned. In: *AMIA Annu Symp Proc. 2009* (2009)
- [PS06] POUSMAN, Zachary ; STASKO, John: A taxonomy of ambient information systems: four patterns of design. In: *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*. New York, NY, USA : ACM, 2006 (AVI '06). – ISBN 1-59593-353-0, 67-74
- [PTKB09] PETER T. KATZMARZYK, CORA L. C. TIMOTHY S. CHURCH C. TIMOTHY S. CHURCH ; BOUCHARD, CLAUDE: Sitting Time and Mortality from All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer. In: *American College of Sports Medicine* (2009)
- [SC12] SHERI COLBERG, PhD: Taking More Breaks in Sedentary Time May Be the Place to Start. In: <http://www.diabetesincontrol.com/component/content/article/64-feature-writer-article/12985-taking-more-breaks-in-sedentary-time-may-be-the-place-to-start>, letzter Aufruf: 15.9.2012 (2012)

- [TL02] TUDOR-LOCKE, Catrine: Taking Steps toward Increased Physical Activity: Using Pedometers To Measure and Motivate. In: *President's Council on Physical Fitness and Sports* (2002)
- [VOE11] VALENTINA OCCHIALINI, Harm van E. ; EGGEN, Berry: Design and Evaluation of an Ambient Display to Support Time Management during Meetings. In: *Human-Computer Interaction -Interact 2011* (2011)
- [Wol] WOLF, Gary I.: Quantified Self. In: <http://aether.com/quantifiedself>, letzter Aufruf: 15.9.2012

C. Erklärung

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Tim Claudius Stratmann
Matrikelnummer 1110707
Oldenburg, den 19. September 2012