



Erfassung biometrischer Daten mithilfe von Smartphones

Torben Brenner und Lukas Seemann

28.11.2017 - 28.05.2018

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Vorgehensweise	2
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Biometrie	3
2.2 Smartphone	3
2.3 Was sind Emotionen?	4
2.4 Grundlagen der Emotionserkennung	4
2.5 Umgang mit biometrischen Daten	4
2.5.1 Indiz	5
2.5.2 Kausalität	6
2.6 Emotionsindizien	6
2.6.1 Puls	6
2.6.2 Hautleitfähigkeit/Hautwiderstand	6
2.6.3 Gesichtszüge	8
2.6.4 Tippverhalten	8
2.7 Erfassungsmöglichkeiten des Smartphones	8
2.7.1 Nutzerinteraktionen	8
2.7.2 Im Smartphone eingebaute Sensoren	9
2.7.3 Zusätzliche Hardware	9
3 Konzept	10
3.1 Priorisierung der Erfassungsmöglichkeiten	10
3.2 Datenerfassung	11
3.3 Auswertung	11
3.4 Entscheidungsalgorithmus	11
4 Umsetzung	12
4.1 Ionic-Framework	12
4.2 Mobile Applikation emoTrix	12
5 Schluss	13
5.1 Fazit	13
5.2 Ausblick	13
Literaturverzeichnis	14
Anhänge	16

Abkürzungsverzeichnis

DAG	Directed acyclic graph
EDA	Elektrodermale Aktivität
GHz	Gigahertz
GSR	Galvanic Skin Response

Abbildungsverzeichnis

1	Rad der Emotionen - Robert Plutchick	5
2	Fiktives Beispiel eines DAGs	6
3	Reaktion des Körpers auf Stress und Entspannung	7
4	Das ist ein cooler GSR Sensor	9

Tabellenverzeichnis

1	Priorisierung der Erfassungsmöglichkeiten	10
---	---	----

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird zunächst die Motivation für die Studienarbeit beschrieben. Im Anschluss daran werden die Ziele der Arbeit definiert, um schließlich die Vorgehensweise zur Erreichung dieser Ziele aufzustellen.

1.1 Motivation

LUKAS SEEMANN

Smartphones sind aus dem Alltag vieler Menschen nicht mehr wegzudenken. Nach Prognosen der Statista GmbH nutzen im Jahr 2018 57 Millionen Menschen in Deutschland ein Smartphone.¹ Weltweit betrachtet vergrößert sich die Nutzerzahl für 2018 auf ungefähr 2,53 Milliarden Personen.² Hierbei muss der Unterschied zwischen Smartphones und normalen Mobiltelefonen, die als Hauptfunktionalität das Telefonieren besitzen, hervorgehoben werden. Die 2,53 Milliarden Smartphone-Nutzer machen circa 53,3% aller Mobiltelefonnutzer weltweit aus.³ Smartphones unterscheiden sich von Mobiltelefonen in der Anzahl der Funktionalitäten, die bei Smartphones die übliche Nutzung eines Telefons bei Weitem überschreiten. Um diese zusätzlichen Funktionalitäten bereitzustellen, werden in Smartphones heutzutage viele Arten von Sensoren eingebaut und verwendet, um Daten zu erfassen. Hierzu zählen beispielsweise

- GPS-Sensoren zur Positionsbestimmung,
- Touchscreens zur einfachen Bedienung des Smartphones,
- Beschleunigungssensoren zur automatischen Ausrichtung des Bildschirms,
- Fingerabdrucksensoren zur Authentifizierung des Nutzers und
- Helligkeitssensoren zur Anpassung der Bildschirmhelligkeit.⁴

Diese Auflistung ist nur ein kleiner Ausschnitt der Technologien, die in der heutigen Zeit verwendet werden. Ein Potenzial, das sich hieraus ergibt jedoch nicht sehr häufig genutzt wird, ist die Erfassung von biometrischen Daten mithilfe dieser Sensoren. Bei biometrischen Daten handelt es sich um menschliche Merkmale, die als Grundlage für verschiedene Arten von Analysen herangezogen werden können. In der Biometrie gängige Verfahren sind beispielsweise

- die Pulsmessung,
- die Gesichtserkennung und
- die Spracherkennung.

Die Studienarbeit betrachtet verschiedene Möglichkeiten mithilfe von Smartphone-Sensoren und eventuell zusätzlicher Hardware, biometrische Daten zu erfassen, diese zu analysieren und so dieses selten genutzte Potenzial auszuschöpfen.

¹Sta18a.

²Sta18c.

³Sta18b.

⁴Vgl. Bie14.

1.2 Zielsetzung

TORBEN BRENNER & LUKAS SEEMANN

Das Ziel dieser Studienarbeit ist es, Möglichkeiten zu erkunden, mit Smartphones biometrische Daten zu erfassen. Dabei werden in das Smartphone integrierte Sensoren, über zusätzliche Hardware angeschlossene Sensoren und die Interaktion des Nutzers mit seinem Smartphone betrachtet. Diese erfassten Daten werden anschließend für Analysen verwendet, die Rückschlüsse auf die Emotionen des Nutzers zulassen. Als finales Produkt soll eine mobile Anwendung für Smartphones entstehen, die den Nutzer verschiedene Tests anbietet, anhand denen die aktuelle Gemütslage beziehungsweise die Emotion des Nutzers bestimmt werden können.

1.3 Vorgehensweise

LUKAS SEEMANN

Um die definierten Ziele der Arbeit zu erreichen, unterteilt sich die Arbeit im Folgenden in vier weitere Kapitel.

Im nächsten Kapitel werden zunächst wichtige theoretischen Grundlagen behandelt, die für das Verständnis der Arbeit notwendig sind. Hierzu zählen Definitionen zu den Themen Biometrie, Emotion, Emotionserkennung und die Auswertung von biometrischen Daten. Außerdem werden technische Themen wie die Grundlagen zu Smartphones, Sensoren und mobilen Applikationen thematisiert.

Im dritten Kapitel wird das Konzept der mobilen Anwendung beschrieben. Nachdem festgelegt wurde, welche Art von Daten mithilfe des Smartphones erfasst werden sollen, wird geplant, wie die Daten erfasst werden. In diesem Schritt wird auch bestimmt, ob zusätzliche Hardware benötigt wird oder ob ein handelsübliches Smartphone ausreicht. Im Anschluss daran wird konzipiert, nach welchem Prinzip die erfassten Daten ausgewertet werden. Der letzte Schritt ist der Entwurf eines Entscheidungsalgorithmus, der aus den ausgewerteten Daten eine Emotion des Nutzers bestimmen kann.

Im vierten Kapitel steht die Umsetzung des Konzepts als mobile Applikation im Mittelpunkt. Als erstes wird hierbei die Architektur der App beschrieben. Anschließend werden die konkrete Umsetzung im Ionic-Framework thematisiert und somit im Detail auf den geschriebenen Quellcode eingegangen.

Im Schluss wird ein Fazit zum Ergebnis geliefert und weitere mögliche Schritte des Projekts dargestellt.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Biometrie

TORBEN BRENNER

Bei der Biometrie handelt es sich um eine Wissenschaft, welche sich mit der Vermessung von biologischen Merkmalen beschäftigt.

Die Ergebnisse dieser Messungen können dann dazu verwendet werden, Individuen zu beschreiben und zu identifizieren. Dieser Bereich der Biometrie wird auch als *biometrische Erkennungsverfahren* beschrieben. Eine andere Facette der Biometrie, die *biometrische Statistik*, beschäftigt sich mit der Auswertung der erfassten Daten um diese zur Analyse zu nutzen.

Mit der biometrischen Statistik, werden wir uns in dieser Studienarbeit beschäftigen, um die Merkmale, die mittels Smartphone erfasst werden, auszuwerten und damit Rückschlüsse auf die Emotionen eines Menschen zu ermöglichen.

2.2 Smartphone

TORBEN BRENNER

Ein Smartphone differenziert sich durch mehrere Aspekte von einem herkömmlichen Telefon. Der erste Unterschied, so wie alten mobil Telefonen, ist das Telefonieren ohne direkten Kabelanschluss an das Netz oder zusätzliche Basisstation.

Wodurch es sich aber von den eben genannten mobil Telefonen unterscheidet, ist die Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten. So besitzen heutige Smartphones häufig Prozessoren mit Acht Kernen und Leistungen ab 1,7 GHz pro Kern. Neben der Leistungsfähigkeit des Prozessors ist auch die Menge des verbauten Hauptspeichers gewachsen. Die wenigsten Smartphones besitzen heute noch weniger als 2 Gigabyte Arbeitsspeicher. Diese stärkeren Komponenten ermöglichen das ausführen komplexer Anwendungen und außerdem Multitasking. Das lässt beim Vergleich mit der Definition eines Computers es auch zu, zu behaupten das Smartphones ebenfalls Computer sind. **TODO: das hier mit quellen und bezug auf die beiden definitionen**

Der Hauptunterschied ist aber die Menge der verbauten Sensoren. Wie Kai Biermann auf Zeit Online schreibt, ermöglichen diese es einem Smartphone zu sehen, fühlen und hören⁵. In diesem Artikel beschreibt Biermann die enormen Möglichkeiten die diese Sensoren ermöglichen. So ermöglicht ein Smartphone die Navigation per Positionsbestimmung, das Mikrofon das hören und die Handykamera ermöglicht dem Smartphone das sehen. Gerade weil Smartphone Kameras immer besser werden sind die Möglichkeiten zur Gesichtserkennung deutlich gestiegen, wie zuletzt Apple mit dem iPhone X zeigte, das Emotionen über die Kamera erkennt und diese auf die sogenannten Animojis überträgt.

TODO: Finde Quelle für diese Aussage

⁵Vgl. Bie14, S. 1 Abs. 2.

2.3 Was sind Emotionen?

TORBEN BRENNER

Da wir uns in dieser Arbeit primär mit der Erkennung von Emotionen beschäftigen wollen, ist es wichtig den Begriff Emotion zu definieren. Schwarzer-Petruck beschreibt in ihrem Werk Emotionen und pädagogische Professionalität eine Emotion als *“ein komplexes Muster körperlicher und mentaler Veränderungen als Antwort auf eine als persönlich bedeutsam wahrgenommene Situation”*⁶. Das Muster umfasst laut Schwarzer-Petruck die Aspekte des kognitiven Prozess, die Gefühle, eine Verhaltensreaktion und eine physiologische Erregung.

2.4 Grundlagen der Emotionserkennung

TORBEN BRENNER

Nach dem nun geklärt ist was unter einer Emotion verstanden wird, stellt sich die Frage wie man diese erkennen kann. Das Problem hierbei ist, dass es eine große Anzahl an Emotionen gibt, laut Hokuma⁷ sind es 34.000 unterschiedliche Emotionen. Diese verschiedenen Emotionen lassen sich nur schwer erfassen und unterscheiden, weshalb ein Weg gefunden werden muss die Emotionen einzuteilen. Diese Einteilung wurde bereits von Robert Plutchick vorgenommen und herausgekommen sind dabei acht primäre Emotionen: Freude, Traurigkeit, Akzeptanz, Ekel, Angst, Wut, Überraschung und Erwartung.

Mit diesen acht Emotionen hat Plutchick das Rad der Emotionen gebildet(siehe Abbildung).

Das Rad stellt die primären Emotionen dabei in Relation, wobei die Kombinationen zwischen zwei Emotionen im Raum zwischen diesen steht und Emotionen die gegensätzlich wirken, z. Bsp. Traurigkeit und Freude, jeweils auch gegenüberliegend auf dem Rad sind. Außerdem wird die Stärke einer Emotion durch deren Nähe zum Zentrum des Rads gekennzeichnet, z. Bsp. Wut zu toben⁹.

In der Literatur gibt es neben dem Model von Plutchick auch das *Gevena Emotion Wheel*. Dieses Modell betrachtet die Emotionen nicht in acht primären Hauptkategorien, sondern unterscheidet zwischen 20 Emotionen anhand von zwei Parametern, die Valenz und die Kontrolle. Die Kontrolle bezeichnet, wie stark Individuum eine Situation kontrollieren kann. Die Valenz sagt aus ob eine Situation für das Individuum eher angenehm oder unangenehm ist.

Beide Modelle können dafür genutzt werden um Emotionen auszuwerten, wobei hier zu diskutieren ist welches Modell besser geeignet ist.

2.5 Umgang mit biometrischen Daten

TORBEN BRENNER

⁶Sch13, S.51 Z.20ff.

⁷Vgl. Hok17, Absch. 1.

⁸Vgl. Hok17.

⁹Vgl. Hok17, Absch. Elements of the Wheel.



Abbildung 1: Rad der Emotionen - Robert Plutchick⁸

Eine Problematik, mit der wir uns in dieser Arbeit beschäftigen müssen, ist der Umstand das biometrische Daten nicht immer einen direkten Schluss auf einen Emotion zulassen. So lässt ein hochfrequenter Puls keinen direkten Schluss auf die Emotion zu die ein Individuum gerade empfindet. Er kann maximal ein Indiz für verschiedene Emotionen sein, z. Bsp. Wut oder Angst. Um mit diesem Umstand umzugehen benötigen wir zwei neue Begriffe die im folgenden genauer erläutert werden.

2.5.1 Indiz

Ein Indiz ist im allgemeinen Sprachgebrauch ein Anzeichen für einen Umstand, an dem sich ein Zustand oder eine Entwicklung absehen lässt¹⁰. In unserer Arbeit, sehen wir Daten

¹⁰Vgl. Dud18.

die wir von den Sensoren bekommen, als Indizien an. Ein Indiz macht es wahrscheinlicher bzw. unwahrscheinlicher das ein Individuum eine bestimmte Emotion verspürt.

2.5.2 Kausalität

Als Kausalität wird im allgemeinen der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung verstanden. In der Physik ist die Kausalität ein grundlegendes Prinzip, welches besagt, “daß in der Natur nichts ohne Grund passiert, d.h. zu jedem Ereignis (Wirkung) ein anderes (Ursache) existiert, das a) in seiner Vergangenheit liegt und b) zwingende Voraussetzung für das Eintreten der Wirkung ist”¹¹.

In dieser Arbeit werden wir ebenfalls versuchen, kausale Zusammenhänge zwischen Reaktionen des Körpers und den gerade empfundenen Emotionen zu ermitteln. Ein Werkzeug um kausale Zusammenhänge darzustellen ist in der Literatur der Kausale Graph (im englischen *directed acyclic graph*).¹³ Die Grafik zeigt ein fiktives Beispiel für einen kausalen

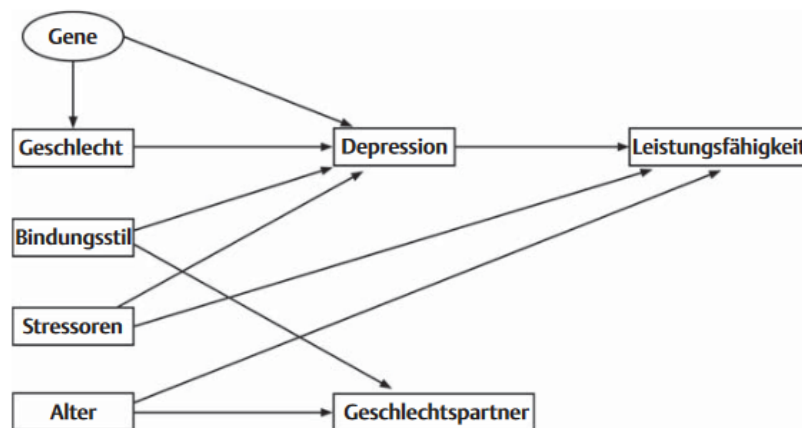


Abbildung 2: Fiktives Beispiel eines DAGs¹²

Graphen. In diesem Beispiel von Thoemmes wird dargestellt das Bindungsstil, Geschlecht, Stressoren und Gene Einfluss auf Depressionen haben. Wichtig ist, dass alle Annahmen die in einem solchen Graph gemacht werden theoretisch begründet werden müssen. Ist dies nicht der Fall, dürfen sie kritisiert und infrage gestellt werden¹⁴.

2.6 Emotionsindizien

2.6.1 Puls

2.6.2 Hautleitfähigkeit/Hautwiderstand

LUKAS SEEMANN

Die menschliche Haut verfügt über „*aktive als auch passive elektrische Eigenschaften, die sich auf Strukturen und Funtionen der Haut und der in ihr enthaltenen Organe*

¹¹Sav18.

¹³Vgl. Tho11, Kausale Graphen - DAGs.

¹⁴Vgl. Tho11, S.3 Kausale Graphen - DAGs.

zurückführen lässt.“¹⁵ Diese elektrischen Phänomene der Haut sind in wissenschaftlichen Kreisen unter dem Sammelbegriff elektrodermale Aktivität (kurz EDA) bekannt.¹⁶ Eine elektrodermale Aktivität, die sich sehr gut als Indikator für Emotionen eignet, ist die Hautleitfähigkeit. Hierzu wird mit einer externen Stromquelle mit geringer Spannung gemessen, wie gut die Haut eines Probanden diesen Strom leitet.¹⁷ Häufig wird anstand der Hautleitfähigkeit auch der Hautwiderstand gemessen. Diese beiden Indizien stehen in einer negativ proportionalen Beziehung. Dies bedeutet, je höher der Widerstand der Haut ist, desto niedriger ist die Leitfähigkeit und umgekehrt. Letzten Endes sagen beide Indizien dasselbe aus, unterscheiden sich aber in der Betrachtungsrichtung.¹⁸

Die Hautleitfähigkeit wird anhand der Menge von Schweiß an den Ausgängen der Schweißdrüsen bestimmt, die sich über den gesamten Körper verteilen. Je mehr Schweiß, der elektrisch sehr gut leitend ist, sich auf der Haut befindet, umso größer ist die Hautleitfähigkeit. Am besten eignen sich Stellen, an denen die Schweißdrüsen sehr dicht angeordnet sind und die somit sehr schweißsensibel sind. Dies ist zum Beispiel an den Handinnenflächen beziehungsweise Fingerinnenseiten der Fall, die sich deshalb sehr gut für solche Messungen eignen.¹⁹

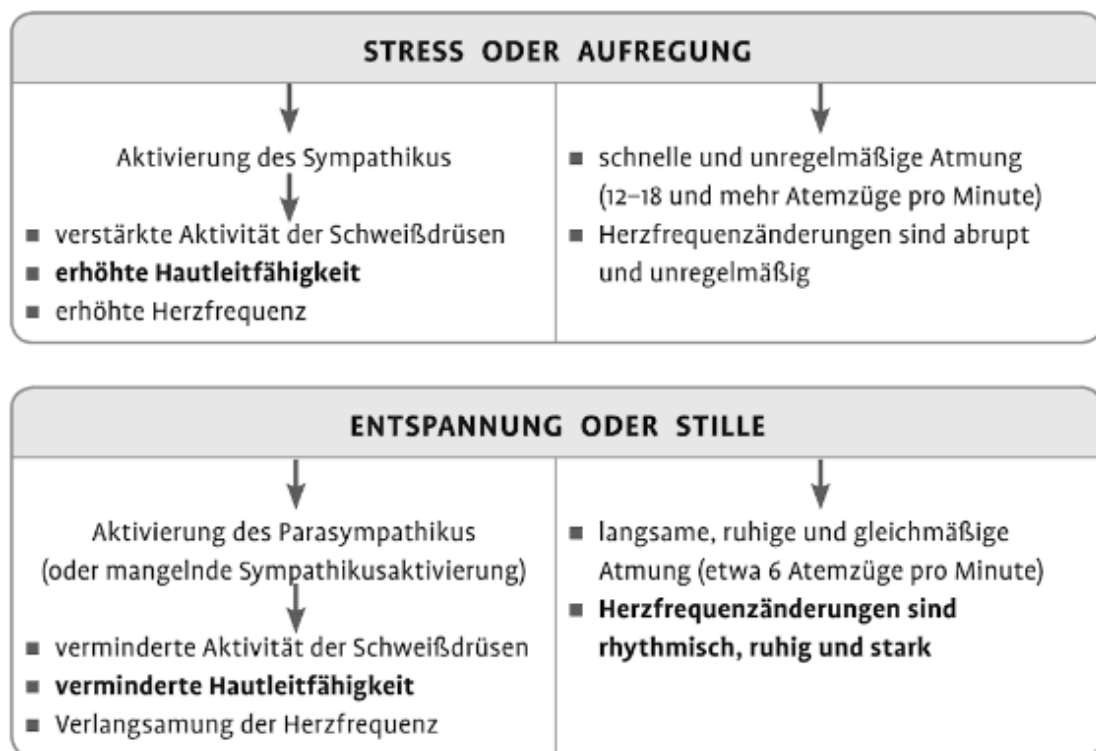


Abbildung 3: Reaktion des Körpers auf Stress und Entspannung²⁰

¹⁵Bou88, S. 2.

¹⁶Vgl. Bou88, S. 2.

¹⁷Vgl. Moe07, S.77.

¹⁸Vgl. Die06, S. 28.

¹⁹Vgl. Moe07, S.77.

²⁰Dil13, S. 200.

„Die Aktiviation beschreibt das Ausmaß der physiologischen Aktiviertheit oder Wachheit eines Menschen“²¹. Unter Aktivitation versteht man bei Menschen generell jede Art von emotionaler Erregung. Hierzu zählen unter anderem Wut, Aufregung, Schreckmomente oder auch extreme Freude. In Abbildung 3 ist die Reaktion des Körpers auf Stress (darausfolgend auch Aktivation) und auf Entspannung dargestellt. Die Schweißproduktion wird über das unwillkürliche Nervensystem gesteuert. Dieses besteht aus Sympathikus der für die Bereitstellung von Energie und Arbeitsleistung zuständig ist, und dem Parasympathikus, der zur Erholung und Wiederherstellung von Körperfunktionen dient.²²

Bei Stress oder Aufregung wird der Sympathikus aktiviert, was eine verstärkte Schweißproduktion und somit auch eine erhöhte Hautleitfähigkeit hervorruft. Außerdem wird die Herz- und Atemfrequenz erhöht und der Rhythmus dieser ist unregelmäßig. Die Reaktion auf ein Ereignis, das emotionale Erregung hervorruft, lässt sich meistens innerhalb von einer bis vier Sekunden anhand der Änderung der Hautleitfähigkeit feststellen.²³

Bei Entspannung hingegen wird der Parasympathikus aktiviert, was zu einer verminderten Aktivität der Schweißdrüsen führt. Die Hautleitfähigkeit sinkt somit auch. Des Weiteren werden Herz- und Atem verlangsamt und gelangen wieder in einen normalen Rhythmus.

Der Vorteil der Messung der Hautleitfähigkeit ist, dass diese unwillkürlich gesteuert wird und somit keine willentliche Mitarbeit des Probanden erfordert. Da die Aktivierung des Sympathikus automatisch geschieht, kann der Proband die Messung nicht verfälschen.

Ein Nachteil des Verfahrens ist, dass die Hautleitfähigkeit nur Rückschlüsse auf den Grad der Aktiviation schließen lässt, jedoch nicht gesagt werden kann, ob es sich um positive oder negative Reaktionen handelt. Die Wut über ein Ereignis würde zum selben Ergebnis führen, wie die übermäßige Freude über ein Ereignis. Aus diesem Grund müssen zur genauen Emotionsbestimmung weitere Indizien herangezogen werden.²⁴

2.6.3 Gesichtszüge

2.6.4 Tippverhalten

2.7 Erfassungsmöglichkeiten des Smartphones

2.7.1 Nutzerinteraktionen

TORBEN BRENNER

Im Laufe des Alltags verwenden Nutzer ihr Smartphone sehr häufig. Dabei können unter anderem Aspekte wie das Tippverhalten, z. Bsp. verwendet der User viele Smileys, Rückschlüsse auf den emotionalen Zustand eines Nutzers ermöglichen.

²¹Die06, S. 28.

²²Vgl. Lie14, S. 5.

²³Vgl. Sch14, S. 130f.

²⁴Vgl. Moe07, S.77.

2.7.2 Im Smartphone eingebaute Sensoren

2.7.3 Zusätzliche Hardware

Im Rahmen des Projektes wird die Möglichkeit erforscht, mit Hilfe eines Arduinos die Hautleitfähigkeit aufzuzeichnen. Diese ist ein großer Faktor bei der Bestimmung von Emotionen und wird unter anderem auch in Lügendetektoren verwendet.

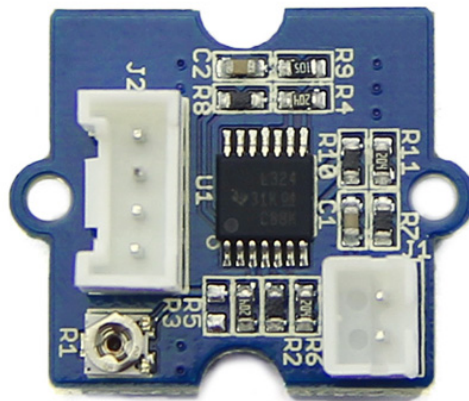


Abbildung 4: Das ist ein cooler GSR Sensor

3 Konzept

Hier wird ein Konzept mit Mock Ups und Architektur entstehen

3.1 Priorisierung der Erfassungsmöglichkeiten LUKAS SEEMANN

Nachdem im vorherigen Kapitel verschiedene Möglichkeiten vorgestellt wurden, mit denen Anzeichen von Emotionen bei Menschen gemessen werden können, werden nun diese Möglichkeiten priorisiert. In der folgenden Tabelle (Tabelle 1) ist die Priorisierung abgebildet.

Priorität	Indiz	Sensor	Im Smartphone?
1	Hautleitfähigkeit	GSR/EDA-Sensor	NEIN
2	Puls	Kamera	JA
3	Puls	Externe Sensoren	NEIN
4	Tippverhalten	Touchscreen	JA
5	Gesicht	Kamera	JA
5	Stimme	Mikrofon	JA

Tabelle 1: Priorisierung der Erfassungsmöglichkeiten

In der ersten Spalte ist die Priorität dargestellt. Je niedriger die Zahl ist, desto höher ist die Erfassungsmöglichkeit priorisiert. Die Möglichkeiten werden in der Reihenfolge der hier dargestellten Priorisierung thematisiert und letzten Endes in den Prototyp der mobilen Applikation integriert, um Daten zu erfassen. Je nachdem wie viel Zeit die einzelnen Features benötigen, können mehr und mehr Möglichkeiten der Datenerfassung in die App eingebaut werden, wenn sie noch im Zeitrahmen der Studienarbeit umsetzbar sind. Bei den einzelnen Möglichkeiten werden das Indiz, anhand dessen Rückschlüsse auf eine Emotion gemacht werden kann, und ein Sensor, der Daten zum Indiz für die App erfassen soll, aufgelistet. In der letzten Spalte ist festgehalten, ob der benötigte Sensor in den meisten aktuellen Smartphones bereits enthalten ist oder nicht.

Die höchste Priorität hat das Indiz der Hautleitfähigkeit, die mithilfe von GSR- beziehungsweise EDA-Sensoren erfasst werden kann. Diese Art von Sensoren befinden sich nicht in handelsüblichen Smartphones, weshalb man hierzu externe Sensoren mit dem Handy verbinden muss.

...

3.2 Datenerfassung

3.3 Auswertung

3.4 Entscheidungsalgorithmus

TORBEN BRENNER

Ziel der Anwendung ist es, basierend auf zuvor aufgenommenen Daten eine Entscheidung zu fällen, welche Emotion der Nutzer der Anwendung aktuell empfinden könnte. Die Entscheidung muss dabei die verschiedenen Ergebnisse der Auswertungsebene einbeziehen und aus diesen auf eine Emotion schließen. Deshalb muss eine Einheitliche Datenstruktur entwickelt werden, über die die Auswertungsebene die Daten zur Verfügung stellt.

Die Entscheidung könnte hierbei über ein *Scoring* entstehen. Dieses *Scoring* müsste dabei auf der Auswertungsebene stattfinden, wobei jeder der Auswertungsalgorithmen ein *Scoring* für die verschiedenen Emotionen angeben muss. Am Ende könnten z. Bsp. die verschiedenen *Scorings* addiert und die Emotion mit dem höchsten *Scoring* ausgewählt werden.

4 Umsetzung

Hier werden Dinge umgesetzt.

4.1 Ionic-Framework

LUKAS SEEMANN

Ionic-Framework mit allem drum und dran beschreiben, evtl. ins Konzept?

4.2 Mobile Applikation emoTrix

5 Schluss

Hier werden wir darauf eingehen was erreicht wurde was nicht und weshalb nicht.

5.1 Fazit

5.2 Ausblick

Literatur

- [Bie14] Kai Biermann. "Smartphone - Mächtige Sensoren". In: *Zeit Online* (28. Mai 2014). URL: <http://www.zeit.de/digital/mobil/2014-05/smartphone-sensoren-iphone-samsung> (besucht am 15.04.2018).
- [Bou88] Wolfram Boucsein. *Elektrodermale Aktivität: Grundlagen, Methoden und Anwendungen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, 1988. ISBN: 978-3-662-06969-1.
- [Die06] Franziska Dietz. *Psychologie 1: Methodische Grundlagen und biopsychologische Modelle*. Marburg: MEDI-LEARN Verlag, 2006. ISBN: 978-3-938802-02-1.
- [Dil13] Deborah Bacon Dilts Robert Dilts Judith DeLozier. *NLP II - die neue Generation: Strukturen subjektiver Erfahrung - die Erforschung geht weiter*. Paderborn: Junfermann Verlag GmbH, 2013. ISBN: 9783955712433.
- [Dud18] *Indiz, das*. Deutsch. Duden. 13. Apr. 2018. URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Indiz> (besucht am 13.04.2018).
- [Hok17] Hokuma. *Plutchik's Wheel of Emotions: What is it and How to Use it in Counseling? The Wheel of Emotions*. English. 14. Dez. 2017. URL: <https://positivepsychologyprogram.com/emotion-wheel/#what> (besucht am 13.04.2018).
- [Lie14] Julia Müller Alexandra Liedl Christine Knaevelsrud. *Trauma und Schmerz: Manual zur Behandlung traumatisierter Schmerzpatienten*. Stuttgart: Klett-Cotta, 2014. ISBN: 9783608267266.
- [Moe07] Thorsten Möll. *Messung und Wirkung von Markenemotionen: Neuromarketing als neuer verhaltenswissenschaftlicher Ansatz*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, Aug. 2007. ISBN: 978-3-8350-0897-7.
- [Sav18] *Kausalität*. Deutsch. Spektrum akademischer Verlag, Heidelberg. 15. Apr. 2018. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/kausalitaet/7841> (besucht am 15.04.2018).
- [Sch13] Myriam Schwarzer-Petruck. *Emotionen und pädagogische Professionalität*. Springer VS, Wiesbaden, Dez. 2013. Kap. Was sind Emotionen? ISBN: 978-3-658-04619-4.
- [Sch14] Ralf Stürmer Jennifer Schmidt. *Erfolgreiches Marketing durch Emotionsforschung: Messung, Analyse, Best Practice*. Freiburg: Haufe-Lexware GmbH & Co. KG, 2014. ISBN: 978-3-648-04894-8.

- [Sta18a] Statista GmbH. *Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2018 (in Millionen)*. Bitkom Research; comScore. 2018. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/> (besucht am 15.04.2018).
- [Sta18b] Statista GmbH. *Prognose zum Anteil der Smartphone-Nutzer an den Mobiltelefonnutzern weltweit von 2014 bis 2020*. eMarketer. 2018. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/556616/umfrage/prognose-zum-anteil-der-smartphone-nutzer-an-den-mobiltelefonnutzern-weltweit/> (besucht am 15.04.2018).
- [Sta18c] Statista GmbH. *Prognose zur Anzahl der Smartphone-Nutzer weltweit von 2012 bis 2020 (in Milliarden)*. eMarketer. 2018. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/309656/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smartphone-nutzer-weltweit/> (besucht am 15.04.2018).
- [Tho11] F. Thoemmes. *Ausgewählte Kausalitätstheorien im Vergleich*. English. Institut für Erziehungswissenschaft Abteilung Empirische Bildungsforschung und Pädagogische Psychologie, 2011. URL: https://www.human.cornell.edu/sites/default/files/HD/qml/Thoemmes_2011.pdf (besucht am 15.04.2018).

Anhänge