

Ich bin nicht gestresst. Oder etwa doch? – Eine Untersuchung möglicher Hardwarelösungen zur Detektion von Stress im Alltag

Josefine Welk

Fakultät Angewandte Computer- und Biowissenschaften,
Hochschule Mittweida,
09648 Mittweida, Deutschland,
koepke@hs-mittweida.de

Zusammenfassung: Stress ist im beruflichen Alltag der meisten Menschen kaum noch wegzudenken. Stress führt dabei nicht nur zu kurzfristigen, sondern bei regelmäßigem Auftreten auch zu langfristigen physischen sowie psychischen Beschwerden. Die frühzeitige Detektion von Stress kann langfristigen Auswirkungen entgegenwirken. Das zunehmende Aufkommen von Fitnesstrackern und Smartwatches rückt diese Geräte in den Fokus der wissenschaftlichen Untersuchungen zur Stressdetektion. Ihr Einsatzgebiet verspricht die Möglichkeit der Stresserkennung im alltäglichen Leben ohne den Träger in seiner Bewegungsfreiheit einzuschränken. In diesen Kontext gliedert sich diese Arbeit ein. Es wird ein Experimentalssetup zur Detektion von Stress mit dem Schwerpunkt auf die Güte der Stressdetektion unter Verwendung verschiedener Hardwarelösungen vorgestellt, wobei der Fokus auf Fitnesstrackern und Smartwatches liegt. Die Arbeit stellt einen Kriterienkatalog zur Auswahl möglicher Hardware vor. Basierend auf diesem Kriterienkatalog wird ausgewählte Hardware bewertet und mittels eines Scores in eine Rangliste eingeordnet. Dabei zeigte sich, dass Geräte namenhafter Hersteller die Rangliste anführen, während Produkte unbekannter Hersteller niedrige Positionen in der Rangliste einnehmen. Auf Basis dieser Platzierungen werden in naher Zukunft Untersuchungen durchgeführt, um die Rangliste der Hardwarelösungen zu bestätigen oder zu widerlegen.

Schlagwörter: Stressdetektion, Vitaldaten, Fitnesstracker

1 Einleitung

Die Belastung durch Stress in Beruf oder Alltag spielt für viele Personen eine große Rolle. Dies zeigt eine von Mensah durchgeführte Untersuchung basierend auf der sechsten Europäischen Erhebung über die Arbeitsbedingungen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Stress im beruflichen Alltag und mentaler Gesundheit. Dafür wertete er die ca. 29.000 Datensätze aus und fand heraus, dass Stress im Beruf einen direkten, negativen Einfluss auf die mentale Gesundheit hat. [Men21] Auch Babapour et al. beschäftigten sich mit dem Einfluss von Stress im Beruf auf das alltägliche Leben. Dabei lag der Fokus speziell auf der Berufsgruppe der Krankenpfleger und Krankenpflegerinnen. Die Untersuchung ergab eine signifikante, negative Beziehung zwischen Stress im Beruf und der

Lebensqualität der Studienteilnehmer und bestätigt somit den Negativeffekt von Stress auf das allgemeine Wohlbefinden. [BGMFK22]

Die aufgeführten Untersuchungen zeigen die tiefe Verankerung von Stress insbesondere im beruflichen Alltag. Diese Beobachtung bildet die Motivation für das Promotionsprojekt mit dem Arbeitstitel „Evaluierung unterschiedlicher Hardwarekonzepte zur domänenspezifischen Detektion von Stressreaktionen“, dessen Grundkonzept zur Untersuchung verschiedener Hardwarelösungen sowie erste Arbeitsschritte in dieser Arbeit präsentiert werden.

Im nachfolgenden Abschnitt 2 erfolgt eine Themenabgrenzung, um den Forschungsschwerpunkt des Promotionsprojektes klarer zu definieren. Dabei wird auch auf den aktuellen Stand der Forschung im Bereich der Stressdetektion eingegangen. Im Anschluss wird im Abschnitt 3 das Konzept zur Untersuchung verschiedener Hardwarelösungen vorgestellt. In Abschnitt 4 wird ein Kriterienkatalog zur Auswahl von Hardwarelösungen erläutert, auf dessen Basis verschiedene Geräte bewertet werden. Abschnitt 5 fasst die Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf das weitere Vorgehen.

2 Themenabgrenzung

Die Relevanz zur Erkennung von Stress ist im wissenschaftlichen Kontext längst kein Neuland mehr. Die Methoden zur Erkennung von Stress unterscheiden sich dabei in vielerlei Hinsicht. So können sie sich hinsichtlich des Anwendungskontextes unterscheiden. Die Methoden können zum einen in einer kontrollierten Laborumgebung [SHS⁺17] getestet werden zum anderen aber auch in realitätsnahen Anwendungsszenarien [CCEE19]. Auch die Anwendungsszenarien selbst unterscheiden sich deutlich. Viele der Arbeiten fokussieren auf Stressdetektion im Kontext der Büroarbeit [CALMT13, GCOM16], des Straßenverkehrs [CZY⁺17] oder im Kontext von Studierenden [CXM⁺16] an Universitäten oder vergleichbaren Einrichtungen. Des Weiteren unterscheiden sich die Methoden hinsichtlich der Anzahl an Klassen, die zur Detektion von Stress herangezogen werden. Während einige Ansätze eine binäre Klassifikation (Stress/kein Stress) [EPZ⁺17] vornehmen, fokussieren andere Ansätze auf eine Mehrklassenklassifikation [CCE⁺20, SHS⁺17], um verschiedene Stresslevel detektieren zu können; in einigen Arbeiten werden beide Ansätze untersucht [GSDI21]. Nicht zuletzt unterscheiden sich die verschiedenen Methoden hinsichtlich der Datenerhebung, welche die Grundlage für die Stresserkennung bildet. Neben klassischen Ansätzen, wie Fragebögen [HS88], rücken dabei auch immer mehr Sensoren [CCEE19, CFL⁺17, EPZ⁺17, GSDI21, SHS⁺17], insbesondere körpernahe Sensoren, wie sie z.B. in Fitnesstrackern oder Smartphones verbaut sind, in den Fokus der Wissenschaft.

Gegenstand der Dissertation ist eine Untersuchung unterschiedlicher Hardwarelösungen und Anwendungsdomänen zur Detektion von Stress in alltäglichen Situationen. Basis

für die Durchführung bilden dabei die Hardwareuntersuchungen, in denen die Stresserkennung zum einen mit handelsüblichen Hardwarelösungen und zum anderen mit einem medizinischen Messgerät durchgeführt wird, welches den Goldstandard für die Untersuchung definiert. Ziel der Hardwareuntersuchung ist die Identifikation von Hardwarelösungen, die qualitativ hochwertige Ergebnisse bei der Erkennung von Stress liefern. Hardwarelösungen, auf die dies zutrifft, werden in der Untersuchung der Anwendungsdomänen weiterverwendet. Die Domänen unterscheiden sich dabei hinsichtlich ihrer durchgeführten Aktivitäten, so werden beispielsweise in der Anwendungsdomäne „Büroarbeit“ Tätigkeiten vorwiegend sitzend durchgeführt während in der Domäne „Medizinische Grundversorgung“ auch oftmals Aktivitäten im Stehen ausgeübt werden. Im Gegensatz zu anderen Forschungen im Bereich der Stressdetektion fokussiert sich das Promotionsvorhaben nicht ausschließlich auf ein Gerät und eine Domäne, sondern liefert einen ganzheitlichen Ansatz, der sowohl den Aspekt möglicher Hardwarelösungen als auch den Aspekt unterschiedlicher Anwendungsdomänen im Bereich der alltäglichen Stressdetektion beleuchtet.

Dieser ganzheitliche Ansatz verfolgt das Ziel, die Erkennung von Stress in verschiedenen Situationen zu ermöglichen, wobei ausschließlich handelsübliche Geräte zum Einsatz kommen. Die frühzeitige Erkennung von Stress wiederum kann das Bewusstsein für Stresssituationen sowohl bei der betroffenen Person selbst als auch bei ihr nahestehenden Personen, z.B. bei Arbeitskollegen oder Familienmitgliedern verbessern und somit eine frühzeitige Reaktion auf den Stress ermöglichen. Dies wiederum senkt das Risiko für langfristige Folgen von Stress und erhöht somit das Wohlbefinden der vom Stress betroffenen Person und minimiert gleichzeitig berufliche Ausfälle. Da der Übergang zwischen einer nicht stressigen und einer stressigen Situation individuell ist und daher kein allgemeiner Grenzwert definiert werden kann, soll untersucht werden ob dennoch eine Stressdetektion ohne personenspezifische Trainingsphase möglich ist, indem beispielsweise ein Grenzwert in Abhängigkeit des Ruhepulses ermittelt wird. Aus den Erläuterungen zur Themenabgrenzung ergeben sich zwei wesentliche Forschungsfragen für die Hardwareuntersuchungen:

1. Ist das Auftreten von unter Verwendung der untersuchten Hardwarelösungen identifizierbar?
2. Ist eine Bewertung der Stresssituation ohne personenindividuelle Lernphase möglich?

Für die Beantwortung der Forschungsfragen ist vorab eine Auswahl der zu untersuchenden Hardware sowie der Aufbau eines Experimentalsetups erforderlich. Die Auswahl der Hardware erfolgt mit Hilfe des in Abschnitt 4 vorgestellten Kriterienkatalogs, der konzeptuelle Rahmen für das Experimentalsetup wird im nächsten Abschnitt dargestellt.

3 Konzeptueller Rahmen

Nachfolgend wird der konzeptuelle Rahmen für die Identifikation von für die Stressdetektion geeigneter Hardware vorgestellt. Der Ablauf beruht im Wesentlichen auf dem allgemeinen Aufbau einer Prozesskette des maschinellen Lernens, wurde aber um eine detailliertere Datenerhebung erweitert, wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Es erfolgt die Beschreibung der einzelnen Prozessschritte, wobei der Schritt der Datenerhebung besonders hervorgehoben wird.

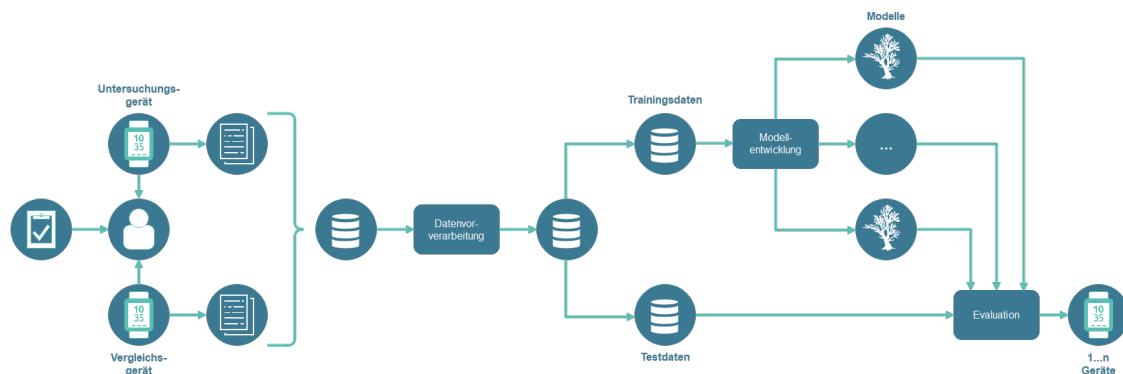


Abb. 1: Schematischer Ablauf zur Identifikation geeigneter Hardwarelösungen zur Stressdetektion: Versuchsteilnehmer führen Aufgaben durch während sie ein Untersuchungs- und ein Vergleichsgerät tragen, anschließend durchlaufen die Daten den klassischen Prozess des maschinellen Lernens (Datenvorverarbeitung, Modelltraining, Evaluation)

3.1 Datenerhebung

Zu Beginn der Prozesskette erfolgt die Datenerhebung, deren Ablauf in Abbildung 2 dargestellt wird. Im Wesentlichen besteht der Datenerhebungsprozess aus drei unterschiedlichen Bestandteilen: der Erhebung des Stresslevels, wobei hier zwischen der Erhebung des Grundstresslevels und der Erhebung der Stresslevel während des Versuchs unterschieden werden kann, der Stressinduktion durch die Durchführung einer Aufgabe und der Ruhephase. Während des gesamten Datenerhebungsprozesses wird der Proband mit zwei Messgeräten ausgestattet, die seine Vitaldaten erheben. Dabei handelt es sich zum einen um das Untersuchungsgerät, welches hinsichtlich seiner Güte zur Erkennung von Stress bewertet werden soll und zum anderen um ein medizinisches Vergleichsgerät. Der Kriterienkatalog zur Auswahl und Vorabbewertung möglicher Hardwarelösungen wird in Abschnitt 4 vorgestellt.

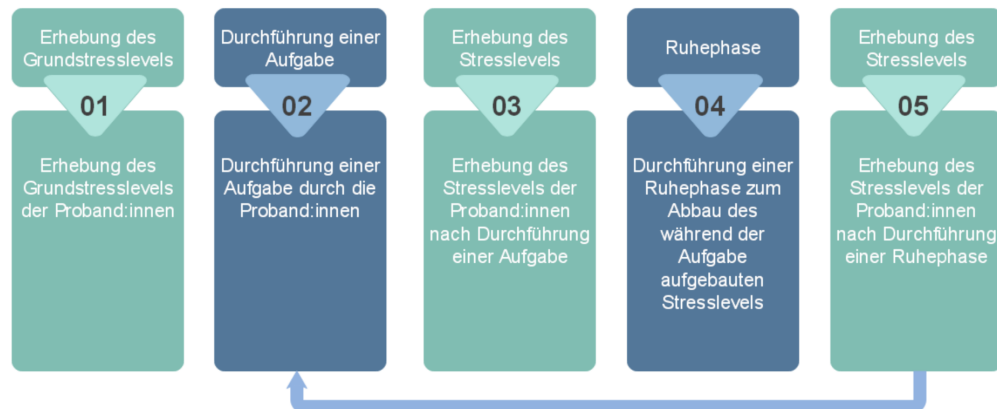


Abb. 2: Konzeptueller Ablauf der Versuchsreihen im Rahmen der Hardwareuntersuchung: Durch das Lösen von Aufgaben wird Stress induziert, die Versuchsperson schätzt ihr Stresslevel subjektiv ein und baut den Stress in der Ruhephase wieder ab.

Erhebung des Stresslevels Wie bereits erwähnt, kann bei der Erhebung des Stresslevels zwischen der Aufnahme des Grundstresslevels und der Erhebung des Stresslevels nach der Versuchsdurchführung unterschieden werden. Der Ablauf beider Stresserhebungen verläuft trotz der unterschiedlichen zeitlichen Einordnung im Datenerhebungsprozess ähnlich und wird nachfolgend beschrieben.

Unter Zuhilfenahme eines Fragebogens wird das subjektive Stresslevel des Probanden erhoben. Dabei unterscheiden sich die Fragebögen abhängig davon, ob das Grundstresslevel des Probanden oder das Stresslevel nach einer Versuchsdurchführung erhoben werden soll. Eine zentrale Fragestellung beider Fragebögen ist die Einschätzung des derzeitigen Stresslevels bzw. des Stresslevels während der letzten Aufgabe. Obwohl ein Modell trainiert werden soll, welches binär entscheidet, ob eine Person gestresst ist oder nicht, wird im Rahmen des Fragebogens dennoch nicht auf diese binäre Einschätzung des Stresszustandes zurückgegriffen. Stattdessen wird dem Probanden eine Skala geboten, auf der das geforderte Stresslevel eingetragen werden kann. Die binäre Einschätzung, ob Stress vorliegt oder nicht, wird mit Hilfe eines Grenzwertes im Bezug auf die Skala vorgenommen. Es wird angenommen, dass eine binäre Abfrage des Stresslevels die Ergebnisse verzerren würde. Probanden könnten zu einer verspäteten Angabe von Stress neigen, da sie von noch stressigeren Situationen ausgehen. Das Abfragen des Stresslevels mittels einer Skala soll den Probanden eine differenziertere Einschätzungsmöglichkeit ihres Stresslevels bieten.

Stressinduktion Um die Entwicklung eines Modells zur Erkennung von Stress realisieren zu können, ist die Induktion von Stress erforderlich. In diesem Schritt wird bei

den Probanden künstlich Stress erzeugt, indem eine oder mehrere stressgenerierende Übungen durchgeführt werden. Dabei wird sich auf Aufgaben konzentriert, die intuitiv ausführbar sind und für die keine speziellen Fähigkeiten benötigt werden, die über eine grundlegende Allgemeinbildung hinausgehen. Dies soll gleiche Bedingungen für alle Probanden schaffen. Des Weiteren sollten die Aufgaben hinsichtlich ihres Aufgabenniveaus auf die zu Grunde liegenden Kenntnisse des jeweiligen Probanden anpassbar sein. Ein Aufgabentyp, auf den die genannten Anforderungen zutreffen, ist beispielsweise das Lösen von Kopfrechenaufgaben.

Ruhephase Die Ruhephase stellt verschiedene Methoden der Entspannung zur Verfügung, wobei die Probanden individuell entscheiden können, wie sie ihre Ruhephase konkret gestalten. Die individuelle Gestaltung der Ruhephase dient dabei dem Ziel, den Teilnehmenden eine angenehme Atmosphäre zur Entspannung zu bieten. Da jede Person eine entspannende Umgebung anders definiert, wird die Realisierung dieses Ziels durch die Kombination aus vorgegebener Methodik und persönlicher Ausgestaltung erreicht.

3.2 Datenvorverarbeitung

Im Rahmen der Datenvorverarbeitung erfolgt die Sichtung der in der Datenerhebungsphase aufgezeichneten Daten. Die Daten werden hinsichtlich ihrer Plausibilität geprüft und auf etwaige Fehler und Lücken in den Daten untersucht.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Identifikation der Datentupel, welche mit einer Stressreaktion in Verbindung stehen. Sobald einer der Probanden eine durchgeführte Aufgabe auf der Skala mit einem den Grenzwert überschreitenden Wert klassifiziert, wird eine Stressinduktion angenommen. Da der genaue Zeitpunkt der Stressinduktion nicht dokumentiert werden kann und nicht dauerhaft von einer Stressinduktion ausgegangen werden kann, muss eine Gruppierung der Datentupel in zwei Gruppen (Stress/kein Stress) erfolgen. Dies soll unter Verwendung eines Clustering-Verfahrens geschehen. Die physiologischen Messdaten werden dabei in zwei Gruppen aufgeteilt, welche im Anschluss als Stress bzw. kein Stress klassifiziert werden können. Somit entsteht ein vorklassifizierter Datensatz, welcher im nachfolgenden Verarbeitungsschritt in Test- und Trainingsdaten unterteilt wird.

3.3 Modellentwicklung

Nach der Einteilung der Daten in Test- und Trainingsdatensatz, wird der Trainingsdatensatz für das Erstellen von Modellen des maschinellen Lernens verwendet. Dabei werden verschiedene Modelle generiert, welche im nachfolgenden Prozessschritt evaluiert werden. Die Auswahl der Modelle konzentriert sich dabei auf Modelle, die bereits in anderen

Untersuchungen Verwendung gefunden haben, wie z.B. k-NN, Random Forest und Support Vector Machine, wobei in der Forschungsarbeit von Gang et al. das Random Forest Modell die besten Ergebnisse zeigte [GSDI21], weshalb das Augenmerk besonders diesem Modell gelten soll.

3.4 Evaluation

Die im vorherigen Prozessschritt entwickelten Modelle werden unter Verwendung des Testdatensatzes evaluiert. Dafür wird vorab eine Auswahl statistischer Gütemaße getroffen, welche auf alle Modelle Anwendung finden und somit der Vergleichbarkeit dienen.

4 Hardwareauswahl

Nachfolgend wird ein Kriterienkatalog zur Bewertung von Fitnesstrackern und Smartwatches vorgestellt, der Hardware hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit der Nutzung im Alltag und ihrer Eignung zur Erkennung von Stress bewertet. Im Anschluss werden ausgewählte Geräte hinsichtlich des Kriterienkatalogs bewertet. Dies dient einer Vorabauswertung möglicher Geräte, die im Hardwarevergleich untersucht werden sollen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in dieser Arbeit nur Geräte vorgestellt, die hinsichtlich des Kriterienkatalogs gut genug abgeschnitten haben, um in den Hardwarevergleich aufgenommen zu werden. Der Kriterienkatalog bietet eine Möglichkeit, neu auf dem Markt erschienene Geräte hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit der Nutzung im Alltag und ihrer Eignung zur Erkennung von Stress zu bewerten und somit in Anschlussarbeiten weitere zu testende Geräte, auch von neuen oder bisher weniger geeigneten Herstellern, zu identifizieren.

4.1 Kriterienkatalog

Der Kriterienkatalog umfasst sechs Kriterien, die mittels einer Skala bewertet werden. Die Skala umfasst dabei die Werte 0 – nicht vorhanden, 1 – schlecht, 2 – eher schlecht, 3 – mittel, 4 – eher gut und 5 – gut. Die aufgestellten Kriterien lassen sich in zwei Kategorien aufteilen: Kriterien, die die Nutzungswahrscheinlichkeit beschreiben und Kriterien, die die Eignung zur Erkennung von Stress bewerten. Zur ersten Kategorie zählen die Kriterien Preis, Bewertung und Verkaufsrang bei Amazon sowie die Beliebtheit des Herstellers selbst. Der Verkaufsrang bezieht sich dabei auf die Kategorie „Smartwatches“ und soll ebenso wie die Bewertung die Beliebtheit des Geräts bei den Endnutzern repräsentieren. Für Amazon wurde sich auf Grund des großen Angebots in Kombination mit der hohen Kundenzahl entschieden. Die Beliebtheit des Herstellers wird anhand einer

von Statista im Rahmen der Global Consumer Survey 2022 durchgeführten Befragung bewertet [Sta22]. Für die Bewertung der Eignung zur Stresserkennung werden das Vorhandensein einer Entwicklerschnittstelle sowie der Funktionsumfang des Geräts bewertet.

Abbildung 3 stellt das angewendete Bewertungsraster dar. Das Kriterium Entwicklerschnittstelle umfasst dabei nur die Bepunktungen 0 und 1, sodass eine binäre Bewertung hinsichtlich des Vorhandenseins bzw. Nichtvorhandenseins einer Entwicklerschnittstelle erfolgt, da der Umfang der Entwicklerschnittstellen maßgeblich vom Funktionsumfang der Geräte des Herstellers abhängt und somit sehr unterschiedlich ausfallen kann. Beim Funktionsumfang der Geräte wird die Sensorik zur Erhebung der Herzfrequenz als Basis angenommen. Weitere Features verbessern die Wertung, insbesondere dann, wenn für die Erhebung der entsprechenden Vitaldaten keine separate Applikation auf dem Gerät notwendig ist.

		BEWERTUNGSKRITERIUM					
		Preis (€)	Amazon-Bewertung (Sterne)	Benutzerschnittstelle	Platz des Herstellers in der Beliebtheitsskala [Sta22]	Rang bei Amazon	Funktionsumfang (Herzfrequenz + X weitere Features)
BEPUNKTUNG	0	-	< 0,5	nicht vorhanden	nicht aufgeführt	> 50	-
	1	> 400	0,5 - 1,4	vorhanden	> 4	41 - 50	0
	2	300 - 399	1,5 - 2,4	-	4	31 - 40	1
	3	200 - 299	2,5 - 3,4	-	3	21 - 30	1 ohne Zusatzapp
	4	100 - 199	3,5 - 4,4	-	2	11 - 20	2 ohne Zusatzapp
	5	< 100	> 4,4	-	1	1 - 10	3 ohne Zusatzapp

Abb. 3: Bewertungsmatrix zur Bepunktung der zu untersuchenden Geräte: die Spalten stellen die Bewertungskriterien dar, die Zeilen die zu vergebenden Punkte, die Zellen beschreiben die jeweilige Punktevergabe in den verschiedenen Kriterien, ein „-“ bedeutet, dass der Punktwert in dem Kriterium nicht vergeben wird

4.2 Bewertung ausgewählter Hardware

Bei der ausgewählten Hardware handelt es sich jeweils um ein Produkt der fünf beliebtesten Fitnesstracker- bzw. Smartphonehersteller in Deutschland. Bei diesen handelt es sich absteigend um Apple, Samsung, Fitbit, Garmin und Huawei [Sta22]. Zusätzlich zu den besonders beliebten Herstellern werden zwei Geräte nicht namhafter Hersteller bewertet, da sich auch solche Geräte, insbesondere wegen des Preises, großer Beliebtheit erfreuen. Dabei wurden die No-Name-Produkte auf Basis ihres Verkaufsrangs bei Amazon ausgewählt.

Für die Bewertung wurden für die namhaften Hersteller die Fitbit Sense, die Garmin Forerunner 245, die Apple Watch Series 7, die Samsung Galaxy Watch 4 und die HUAWEI

Watch GT 3, für die nicht namhaften Hersteller die GRV Smartwatch und die IP68 Fitness Uhr ausgewählt.

Das Ergebnis der Bewertung wird in Abbildung 4 dargestellt. Zur besseren Lesbarkeit wurde die Darstellung der Ergebnisse auf zwei Unterabbildungen aufgeteilt. Abbildung 4a zeigt dabei die Auswertung der Fitbit Sense, der Garmin Forerunner 245, der Apple Watch Series 7 und der IP68 Fitness Uhr, in Abbildung 4b wird die Auswertung der Samsung Galaxy Watch 4, der HUAWEI Watch GT 3 und der GRV Smartwatch dargestellt. Nachfolgend werden die Bewertungen der einzelnen Geräte genauer beschrieben.

Die Fitbit Sense weist eine durchschnittliche Bewertung auf. Die Kriterien Preis, Funktionsumfang und Beliebtheit wurden mit der Wertung 3 versehen, der Rang bei Amazon mit dem Wert 4, eine Entwicklerschnittstelle ist vorhanden, weshalb die Wertung 1 vergeben wird. Die Garmin Forerunner 245 zeigt dagegen ein differenzierteres Bild. Insbesondere die Kriterien Beliebtheit und Rang schneiden eher unterdurchschnittlich ab, wobei zu erwähnen ist, dass der Rang des Garmin-Geräts in der Liste der Smartwatches zwar unterdurchschnittlich ist, das Gerät dafür aber den ersten Platz in der Liste der Running GPS-Geräte belegt. Da diese Kategorie aber nicht bewertet wurde, fließt dieser Fakt in den Score der Garmin Forerunner 245 nicht mit ein, wodurch sich die Wertung 0 in diesem Kriterium ergibt. Bei den anderen Kriterien schneidet die Garmin Forerunner 245 aber mit mindestens 4 Punkten ab, auch hier ist eine Entwicklerschnittstelle vorhanden, wodurch auch das Garmin-Gerät einen Punkt in diesem Kriterium erhält. Abgesehen von einem Einbruch erhielt die Apple Watch Series 7 sehr gute Wertungen. Sowohl bei den Kriterien Bewertung, Beliebtheit und Rang erzielt sie jeweils die beste Wertung. Bei dem Kriterium Funktionsumfang erhält sie 4 Punkte, eine Entwicklerschnittstelle ist auch hier vorhanden, wodurch die Wertung 1 vergeben wird. Einzig der Preis wird mit über 400,00 € mit der niedrigsten Wertung für dieses Kriterium versehen. Durchwachsene Ergebnisse zeigt die IP68 Fitness Uhr. Während das Gerät bei den Kriterien Preis, Rang und Bewertung überdurchschnittliche Bewertungen erzielt, erhält sie bei den Kriterien Entwicklerschnittstelle und Beliebtheit die kleinstmögliche Wertung. Auch der Funktionsumfang wird lediglich mit dem Wert 1 versehen. Die Samsung Galaxy Watch 4 hingegen zeigt konstantere Ergebnisse. Ausschließlich bei den Kriterien Rang und Funktionsumfang, bei denen sie mit 5 bzw. 3 Punkten bewertet wurde, erhält sie nicht die für die übrigen Kriterien vergebenen 4 Punkte. Auch das Samsung-Gerät verfügt über eine Entwicklerschnittstelle, weshalb auch dieses Gerät eine Wertung von 1 im entsprechenden Kriterium erhält. Auch die HUAWEI Watch GT 3 zeigt solide Ergebnisse, wenn man von der Beliebtheit des Herstellers absieht. Bei allen anderen Kriterien erzielt sie mindestens durchschnittliche Wertungen, bei dem Kriterium Bewertung sogar die Höchstwertung. HUAWEI stellt ebenso wie die anderen namhaften Hersteller eine Entwicklerschnittstelle zur Verfügung, wodurch auch hier eine Bewertung von 1 vergeben wird. Die GRV Smartwatch hingegen zeigt ähnlich der IP68 Fitness Uhr wieder durchwachsene Ergeb-

nisse. Die Wertung stimmt mit der des bereits beschriebenen No-Name-Produkts überein, lediglich der Rang wird mit einem Punkt weniger bewertet.

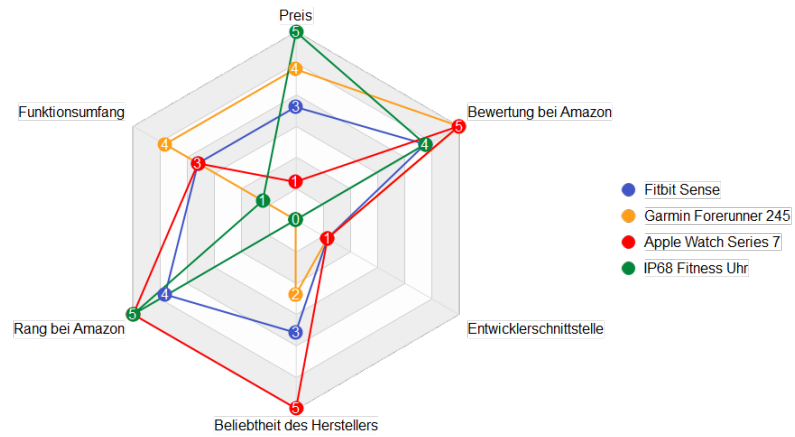
Auf Basis der in Abbildung 4 dargestellten Wertungen wurde jeweils ein Score für jedes Gerät erstellt. Eine Rangliste der Scores findet sich in Tabelle 1. Es ist zu erkennen, dass namenhafte Hersteller die Rangliste anführen, während die No-Name-Produkte die letzten Plätze einnehmen. Insgesamt liegen die Wertungen nah beieinander, wobei die Scores der No-Name-Geräte insbesondere durch deren günstigen Preis aufgewertet wurden, während der Score der Apple Watch Series 7 auf Grund des hohen Preises hinter dem Samsung-Gerät zurückbleibt. Der Score repräsentiert die vorläufige Gesamtbewertung der Hardware hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des alltäglichen Gebrauchs in Kombination mit dem erwarteten Erfolg der Stressdetektion und stellt somit eine erste Tendenz hinsichtlich der zu erwartenden Ergebnisse während der Hardwareuntersuchungen und der nachfolgenden praktischen Nutzung dar. Diese Tendenz muss in Experimenten allerdings noch bestätigt bzw. widerlegt werden.

Platzierung	Hardware	Score
1	Samsung Galaxy Watch 4	3,5
2	Apple Watch Series 7	3,3
3	Fitbit Sense	3
3	HUAWEI Watch GT 3	3
4	Garmin Forerunner 245	2,7
5	IP68 Fitness Uhr	2,5
6	GRV Smartwatch	2,3

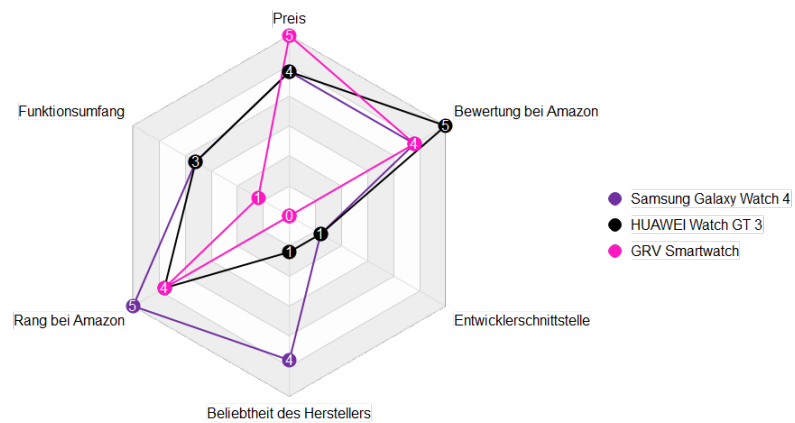
Tabelle 1: Rangliste der Hardware auf Basis des durch Mittlung der hinsichtlich des Kriterienkatalogs vergebenen Punkte (Gesamtscore)

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit stellt ein Konzept zur Bewertung verschiedener Hardwarelösungen unter dem Aspekt der Stressdetektion vor. Dieses Konzept gliedert sich in ein Gesamtkonzept zur Bewertung verschiedener Hardwarelösungen und zur Stressdetektion in verschiedenen Anwendungsdomänen ein. Es wird ein Kriterienkatalog präsentiert, der die Bewertung von Hardwarelösungen unter zwei verschiedenen Gesichtspunkten ermöglicht. Zum einen wird die Wahrscheinlichkeit des Erwerbs des Geräts bewertet, zum anderen die erwartete Leistung im Bereich der Stressdetektion. Unter Verwendung dieses Kriterienkatalogs wurde die Bewertung ausgewählter Hardware vorgenommen und ein Scoring sowie darauf basierend eine Rangliste erzeugt. Praktische Untersuchungen müssen die erstellte Rangfolge der Geräte noch bestätigen oder widerlegen.



(a) Bewertung der Hardwarelösungen von Fitbit, Garmin und Apple sowie des No-Name-Produkts IP68 Fitness Uhr



(b) Bewertung der Hardwarelösungen von Samsung und HUAWEI sowie des No-Name-Produkts GRV Smartwatch

Abb. 4: Bewertung der Hardware

Auf Basis des vorgestellten konzeptuellen Rahmens und der Hardwarebewertung wird eine umfassende Hardwareuntersuchung durchgeführt. Mittels der vorgestellten Hardwarelösungen werden Vitaldaten erhoben, die unter dem Gesichtspunkt der Stressdetektion ausgewertet und für das Trainieren sowie Evaluieren geeigneter maschineller Lernverfahren genutzt werden. Die Hardwarelösungen werden hinsichtlich der Ergebnisse der Stressdetektion bewertet, wobei ein medizinisches Messgerät als Goldstandard dient. Hardwarelösungen, mit denen respektable Ergebnisse erzielt werden können, werden in den zweiten Teil des Promotionsvorhabens überführt, in dem Anwendungsdomänen mit Hinblick auf die Stressdetektion untersucht werden.

Literatur

- [BGMFK22] Ali-Reza Babapour, Nasrin Gahassab-Mozaffari, and Azita Fathnezhad-Kazemi. Nurses' job stress and its impact on quality of life and caring behaviors: a cross-sectional study. *BMC Nurs*, 21(75), 2022.
- [CALMT13] Burcu Cinaz, Bert Arnrich, Roberto La Marca, and Gerhard Tröster. Monitoring of mental workload levels during an everyday life office-work scenario. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(2):229–239, 2013.
- [CCE⁺20] Y. S. Can, N. Chalabianloo, D. Ekiz, J. Fernandez-Alvarez, G. Riva, and C. Ersoy. Personal Stress-Level Clustering and Decision-Level Smoothing to Enhance the Performance of Ambulatory Stress Detection With Smartwatches. *IEEE Access*, 8:38146–38163, 2020.
- [CCEE19] Yekta Can, Niaz Chalabianloo, Deniz Ekiz, and Cem Ersoy. Continuous Stress Detection Using Wearable Sensors in Real Life: Algorithmic Programming Contest Case Study. *Sensors*, 19, 2019.
- [CFL⁺17] L. Ciabattini, F. Ferracuti, S. Longhi, L. Pepa, L. Romeo, and F. Verdini. Real-time mental stress detection based on smartwatch. In *2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pages 110–111, 2017. ISSN: 2158-4001.
- [CXM⁺16] R. Castaldo, W. Xu, P. Melillo, L. Pecchia, L. Santamaria, and C. James. Detection of mental stress due to oral academic examination via ultra-short-term HRV analysis. In *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pages 3805–3808, 2016.
- [CZY⁺17] Lan-lan Chen, Yu Zhao, Peng-fei Ye, Jian Zhang, and Jun-zhong Zou. Detecting driving stress in physiological signals based on multimodal

- feature analysis and kernel classifiers. *Expert Systems with Applications*, 85:279–291, 2017.
- [EPZ⁺17] Begum Egilmez, Emirhan Poyraz, Wenting Zhou, Gokhan Memik, Peter Dinda, and Nabil Alshurafa. UStress: Understanding college student subjective stress using wrist-based passive sensing. In *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, pages 673–678, 2017.
- [GCOM16] E. Garcia-Ceja, V. Osmani, and O. Mayora. Automatic Stress Detection in Working Environments From Smartphones’ Accelerometer Data: A First Step. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 20(4):1053–1060, 2016.
- [GSDI21] Prerna Garg, Jayasankar Santhosh, Andreas Dengel, and Shoya Ishimaru. Stress Detection by Machine Learning and Wearable Sensors. In *26th International Conference on Intelligent User Interfaces*, pages 43–45, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [HS88] Sandra G. Hart and Lowell E. Staveland. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In Peter A. Hancock and Najmedin Meshkati, editors, *Advances in Psychology*, volume 52 of *Human Mental Workload*, pages 139–183. North-Holland, 1988.
- [Men21] Aziz Mensah. Job Stress and Mental Well-Being among Working Men and Women in Europe: The Mediating Role of Social Support. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2021.
- [SHS⁺17] Mert Sevil, Iman Hajizadeh, Sediqeh Samadi, Jianyuan Feng, Caterina Lazaro, Nicole Hobbs, Xia Yu, Rachel Brandt, Zacharie Maloney, and Ali Cinar. Social and competition stress detection with wristband physiological signals. *IEEE 14th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, pages 39–42, 2017.
- [Sta22] Statista. Beliebteste Smartwatch-Marken in Deutschland im Jahr 2022 [Graph], 2022. <https://de.statista.com/prognosen/999765/deutschland-beliebteste-smartwatch-marken>, Zugriff am 20.06.2022.