

Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools



MODUL BIOMECHANIK: GRUNDLAGEN DER BIOMECHANIK ANGEWANDT AUF DEN BEWEGUNGSAPPARAT

Didaktische Einheit E: Techniken zur instrumentellen Analyse von physiologischen Zeichen und anthropometrischen und morphometrischen Parametern?

E. 2. Was sind die Anwendungen der Analyse von physiologischen Zeichen?



Index

1. ZIELE2	
2. WAS SIND DIE ANWENDUNGEN AUSGEWÄHLTER, HÄUFIGSTER BIOPHYSIOLOGISCHER SIGNALE?	3
EKG-Interpretation zur Erkennung von Herzpathologien.....	3
Herzfrequenz-Variabilitätssignal als Ergebnis der EKG- und PPG-Signalverarbeitungsanwendung.....	4
Allgemeine Anwendungen für die EKG-Vermessung	5
Allgemeine Anwendungen für die EMG-Messung	7
Gemeinsame Anwendungen für EDA-Messungen.....	8
3. BODY SENSOR NETWORKS ANWENDUNGSBEREICH VON MEHRKANALIGEN UND MULTIMODAL VERNETZTEN BIOSENSOREN. WIE KÖNNEN SIE DIE PHYSIOLOGISCHEN DATEN DES PATIENTEN AN EIN GLOBALES SYSTEM ZUR FERNANALYSE UND SCHLUSSFOLGERUNG LIEFERN?	10
Beurteilung der psychischen Arbeitsbelastung mit psychophysiologischen Maßnahmen	11
Stresserkennung mittels komplexer Körpersensornetzwerke Anwendungen.	11
4. SCHLÜSSELIDEEN	13
5. REFERENZEN	14

1. Ziele

- Zu erfahren, was die gewählten Anwendungsbereiche von Messungen physiologischer Zeichen sind.
- Zum Kennenlernen und Nachempfinden der Idee an einigen Beispielen der Feature- und weiteren Wissensextraktion aus gemessenen Biosignal-Rohdaten.
- Das erworbene Wissen bei der Extraktion ausgewählter Parameter aus aufgezeichneten physiologischen Signalen anwenden zu können.

2. Was sind die Anwendungen ausgewählter, gängiger biophysio-physiologischer Signale?

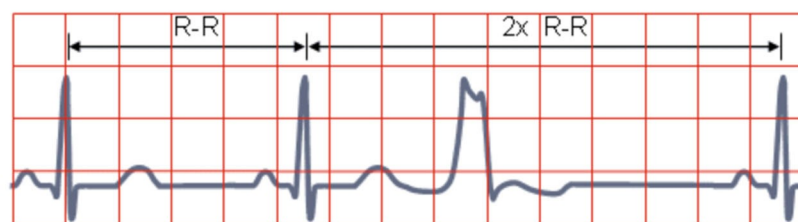
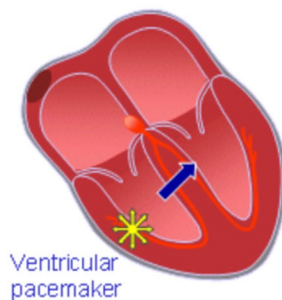
Das EKG-Signal wird verwendet, um Parameter der mechanischen und elektrischen Herzfunktionen zu beschreiben. Die Parameter des EKG-Zyklus, sowohl die Spitzen als auch die Wellen, spiegeln den Zustand des Herzens und seines Kontrollsystems wider.

EKG-Interpretation zur Erkennung von Herzpathologien

Form, Muster und andere Merkmale des EKG-Zyklus spiegeln eine Reihe von standardisierten Pathologien des kardiovaskulären Systems wider, z.B.:

PREMATURE VENTRICULAR CONTRACTION

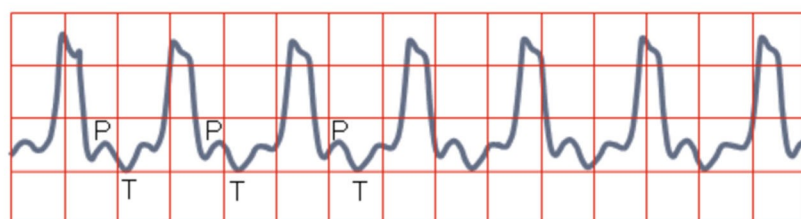
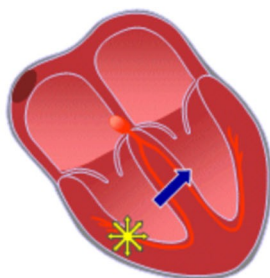
A single impulse originates at right ventricle



Time interval between normal R peaks is a multiple of R-R interval

VENTRICULAR TACHYCARDIA

Impulses originate at ventricular pacemaker



Wide ventricular complexes. Rate > 120/min

Herzfrequenz-Variabilitätssignal als Ergebnis der EKG- und PPG-Signalverarbeitungsanwendung.

Die Herzfrequenz ist die Anzahl der Herzschläge pro Minute [bpm].

$$HR [bpm] = 60 / (R-R_interval [s])$$

Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) ist die Fluktuation in den Zeitintervallen zwischen benachbarten Herzschlägen. Die HRV indiziert die neurokardiale Funktion und wird durch Herz-Hirn-Interaktionen und dynamische nicht-lineare Prozesse des autonomen Nervensystems (ANS) erzeugt. Die HRV ist eine emergente Eigenschaft von voneinander abhängigen Regulationssystemen, die auf verschiedenen Zeitskalen arbeiten, um uns bei der Anpassung an umweltbedingte und psychologische Herausforderungen zu unterstützen. Die HRV spiegelt die Regulation des autonomen Gleichgewichts, des Blutdrucks (BP), des Gasaustauschs, des Darms, des Herzens und des vaskulären Tonus wider, der sich auf den Durchmesser der Blutgefäße bezieht, die den BP regulieren, und möglicherweise auf die Gesichtsmuskeln.

Das EKG ist eine Grundlage zur Berechnung des **Herzfrequenz-Variabilitätssignals (HRV)**, das den Einfluss des autonomen Nervensystems (ANS) auf die Herzfrequenzmodulation widerspiegelt.

Obwohl das Herz seinen eigenen Schlag erzeugt, werden die Herzfrequenz (Schläge pro Minute oder BPM) und die Stärke der Kontraktion des Herzens durch die sympathischen und parasympathischen Abteilungen des autonomen Nervensystems verändert.

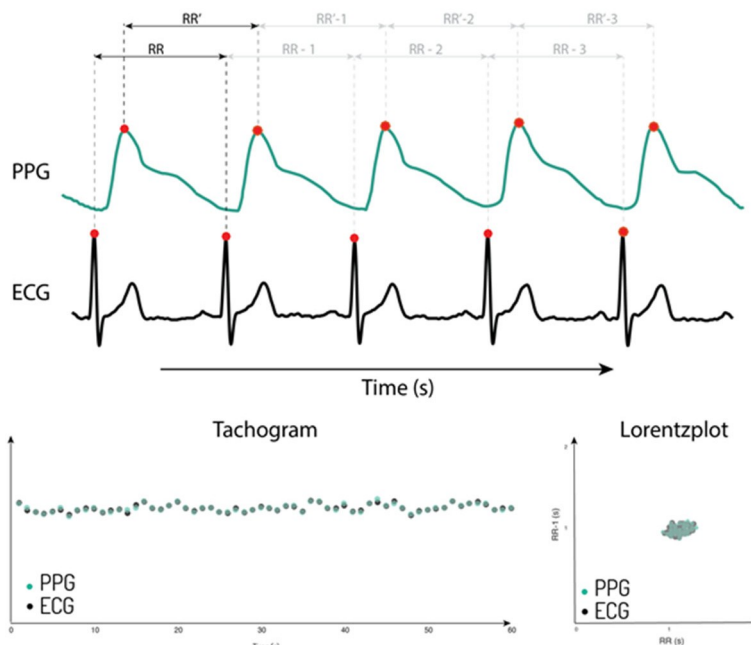
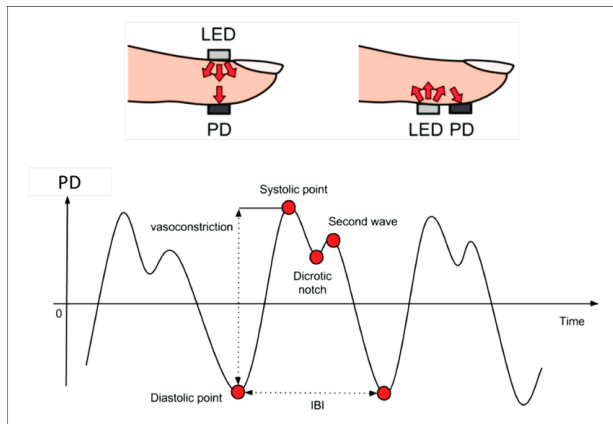
Die sympathische Abteilung erhöht die Automatik und die Erregbarkeit des Sinusvorhofknotens (SA-Knoten) und erhöht dadurch die Herzfrequenz. Er erhöht auch die Leitfähigkeit der elektrischen Impulse durch das atrioventrikuläre Reizleitungssystem und erhöht die Kraft der atrioventrikulären Kontraktion.

Der sympathische Einfluss steigt während des Einatmens.

Die parasympathische Abteilung verringert die Automatik und die Erregbarkeit des SA-Knotens und senkt dadurch die Herzfrequenz. Er verringert auch die Leitfähigkeit der elektrischen Impulse durch das atrioventrikuläre Reizleitungssystem und verringert die Kraft der atrioventrikulären Kontraktion.

Der parasympathische Einfluss nimmt während der Ausatmung zu.

Schätzung der Herzfrequenz aus dem PPG-Pulswellensignal, das auf nichtinvasive Weise aufgezeichnet wurde.



Allgemeine Anwendungen für die EKG-Messung

Bestimmung der Herzgesundheit

Das EKG wird in klinischen Anwendungen zur Bestimmung der Herzgesundheit verwendet, indem die verschiedenen EKG-Komponenten auf normale und abnormale Aktivität untersucht werden.

Bewegungsphysiologie

Das EKG ist von unschätzbarem Wert für die Untersuchung der Belastungsphysiologie (Untersuchung der Reaktion des Körpers auf körperliche Aktivität), die auch eine breite

Palette von physikalischen Parametern wie Belüftung, Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidproduktion, Blutdruck und Kern-/Oberflächentemperaturdaten umfasst.

Psychophysiologie

Aufzeichnung und Analyse mehrerer physiologischer Signale synchron mit dem EKG, z. B. Blutdruck, Elektrodermale Aktivität (EDA), Elektromiographie (EMG) usw.

Physiologie Ausbildung

Das EKG ist ein wichtiger Bestandteil der Physiologieausbildung.

Allgemeine Anwendungen für die EMG-Messung

Biomechanik

Biomechanik ist die Lehre von der Bewegung im Zusammenhang mit dem Muskel- und Skelettsystem. Die Sport- und Bewegungsbiomechanik umfasst den Bereich der Wissenschaft, der sich mit der Analyse der Mechanik der menschlichen Bewegung beschäftigt.

Gangart-Analyse

Die Ganganalyse ist eine Methode zur Beurteilung der Art und Weise, wie wir gehen oder laufen, um biomechanische Anomalien aufzuzeigen. Das Hauptaugenmerk der Ganganalyse liegt auf der Messung des Pronationsgrades. Pronation ist das natürliche Abrollen des Fußes nach innen, wenn der äußere Teil der Ferse auf den Boden auftrifft. Dieses Abrollen wirkt wie ein Stoßdämpfer für das Bein und den Körper, der die Kraft des Aufpralls der Ferse auf den Boden optimal verteilt.

EMG im Gesicht

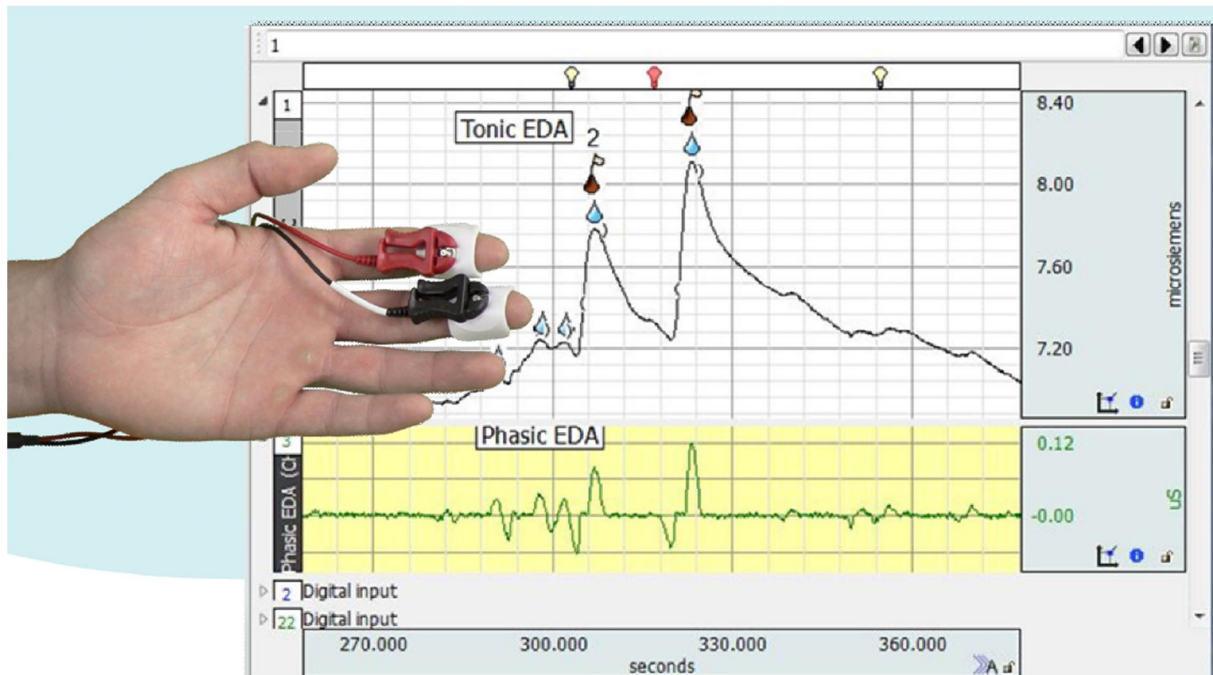
Die menschliche Mimik ist sowohl für Psychologen als auch für Psychophysiologen von Interesse. Die Gesichts-Elektromyographie (EMG) ist eine der Methoden zur Messung emotionaler Ausdrücke wie Angst, Überraschung, Glück, Ekel, Traurigkeit und Wut. Es gibt Unterschiede im Gesichtsverhalten auf individueller Ebene, basierend auf der subjektiven Reaktion.

Das Gesichts-EMG kann anhand der Aktivität über bestimmte Gesichtsmuskeln unterschieden werden. Aktivitäten im Musculus zygomaticus major korrespondieren tendenziell mit positiven Emotionen (Glück, Überraschung), der Musculus corrigator supercilii eher mit negativen Emotionen (Wut, Angst, Ekel).

Muskuläres Biofeedback

Biofeedback ist eine Form der Selbstregulierung, bei der einer Person Informationen in Form von sensorischem Feedback über einen biologischen Zustand oder eine Funktion zur Verfügung gestellt werden, um Kontrolle über diese biologische Funktion zu erlangen. Biofeedback wird häufig als therapeutisches Werkzeug eingesetzt, bei dem Therapeuten, Sportmediziner/Rehabilitierer, Neurophysiologen und Psychophysiologen elektrophysiologische Messgeräte einsetzen, um die aufgezeichneten Informationen zu messen, zu verarbeiten und an das Subjekt (Klient, Patient, Sportler) "rückzukoppeln"...

Allgemeine Anwendungen für EDA-Messungen .



Psychologische Forschung

Psychologische Forschungsstudien nutzen die EDA (elektrodermale Aktivität oder galvanische Hautreaktion GSR), um zu ermitteln, wie Menschen emotional auf verschiedene Reize reagieren. Sensorische Stimuli (Sehen, Hören, Gleichgewicht, Geschmack, Geruch) haben ebenfalls einen Einfluss auf den emotionalen Zustand eines Teilnehmers. Interessanterweise (obwohl sehr subjektiv) kann auch die Wahrnehmung von Farben Veränderungen im autonomen Tonus hervorrufen, die wiederum die Stimmung und das Verhalten eines Teilnehmers beeinflussen. Warme Farben wie Rot, Orange und Gelb rufen bei manchen Personen Gefühle von Wärme und Behaglichkeit hervor, bei anderen Gefühle von Wut und Feindseligkeit. Die Redewendung "rot sehen" bezieht sich auf eine wütende Person. Kühle Farben wie Grün, Rosa und Blau rufen Gefühle hervor, die von Neid ("green with envy") über Ruhe bis hin zu Traurigkeit oder Gleichgültigkeit ("feeling blue") reichen.

Psychotherapie

Die EDA wird häufig bei der Behandlung und Beurteilung von Patienten eingesetzt, die an verschiedenen Phobien, posttraumatischen Belastungsstörungen (PTBS) und anderen emotionalen Zuständen leiden. Durch die Überwachung der EDA kann die physiologische Erregung des Patienten ein hilfreiches Barometer für die Beurteilung des Schweregrads des Zustands sowie des Erfolgs nachfolgender therapeutischer Maßnahmen sein.

Physiologie Ausbildung

EDA ist eine wichtige Komponente in der Physiologieausbildung und eines der vielen physiologischen Signale, einschließlich Polygraph- und Biofeedbackstudien.

Neuromarketing und Medienforschung

EDA kann verwendet werden, um die emotionale Erregung zu verfolgen, die sich aus der Exposition gegenüber Produkten, Werbespots, Trailern und Fernsehsendungen im Rahmen von Studien zur Verbraucherforschung ergibt. Viele Kauf- und Sehpräferenzen basieren auf unterbewussten Prozessen. EDA-Daten können hilfreich sein, um Kundenpräferenzen auf einer unterschwelligeren Ebene zu bewerten und Forschern objektives Probanden-Feedback zu liefern.

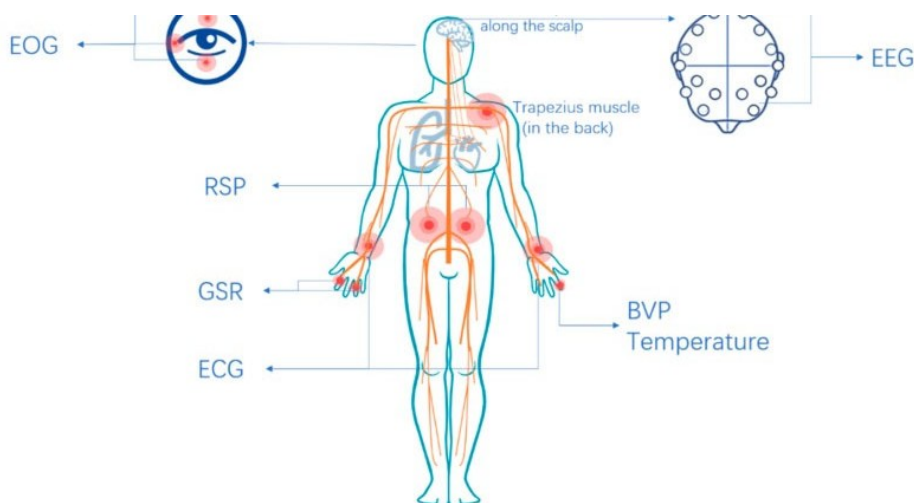
Software Usability und User Experience Testing

EDA wird oft als Barometer beim Testen der Benutzerfreundlichkeit von Software und anderen interaktiven Anwendungen verwendet. Diese Anwendungen können Stimulus-Präsentationen, Videos und virtuelle Realität umfassen. Wenn ein Teilnehmer schweigend verwirrt oder frustriert wird, sind EDA-Daten ein guter Indikator für diese Arten von emotionalen Reaktionen und an welchem Punkt während des Erlebnisses die Reaktionen auftreten.

3. Body Sensor Networks Anwendungsfeld von mehrkanaligen und multimodal vernetzten Biosensoren. Wie können sie die physiologischen Daten des Patienten an ein globales System zur Fernanalyse und Schlussfolgerung liefern?

Mit der Entwicklung von physiologischen Sensoren, integrierten Schaltkreisen mit geringem Stromverbrauch und drahtlosen Kommunikationstechnologien sind Körpersensornetzwerke (BSNs) zu einem unverzichtbaren Bestandteil intelligenter medizinischer Dienste geworden, indem sie den Echtzeitzustand der Benutzer überwachen. Diese Systeme werden auch als Body Area Network (BAN), ein drahtloses Body Area Network (WBAN) oder ein Medical Body Area Network (MBAN) bezeichnet.

Der Bereich Body Area Network ist ein interdisziplinäres Gebiet, das eine kostengünstige und kontinuierliche Gesundheitsüberwachung mit Echtzeit-Updates von medizinischen Daten über das Internet ermöglichen könnte. Eine Reihe von intelligenten physiologischen Sensoren kann in ein tragbares drahtloses Body Area Network integriert werden, das für die computergestützte Rehabilitation oder die Früherkennung von Krankheiten genutzt werden kann. Dieser Bereich beruht auf der Möglichkeit, sehr kleine Biosensoren in den menschlichen Körper zu implantieren, die komfortabel sind und die normalen Aktivitäten nicht beeinträchtigen. Die implantierten Sensoren im menschlichen Körper werden verschiedene physiologische Veränderungen erfassen, um den Gesundheitszustand des Patienten unabhängig von seinem Standort zu überwachen. Die Informationen werden drahtlos an eine externe Verarbeitungseinheit übertragen. Dieses Gerät überträgt alle Informationen sofort in Echtzeit an die Ärzte auf der ganzen Welt. Wenn ein Notfall erkannt wird, werden die Ärzte den Patienten sofort über das Computersystem informieren, indem sie entsprechende Nachrichten oder Alarme senden.



Bewertung der mentalen Arbeitsbelastung mit psychophysiologischen Maßnahmen

Eine relevante Studie von Bailey et al. [17], die psychophysiologische Maße entwickeln, um die Auswirkungen von Unterbrechungen auf die Leistung einer Person bei der Ausführung einer Aufgabe zu beurteilen. Sie stellen fest, dass Unterbrechungen mit erheblichen negativen Effekten verbunden sind, wie z. B. erhöhter Zeitaufwand für die Erledigung der Aufgabe, ein größeres Fehlerspektrum, zusätzliche Anstrengungen bei der Entscheidungsfindung und Stimmungsänderungen wie erhöhte Frustration und Angst.

Die mentalen Arbeitsbelastungen grundlegender Aufgaben wie das Lösen von Problemen auf einem Monitor, die visuelle Wahrnehmung und die kognitive Geschwindigkeit können durch Body Sensor Networks Komponenten wie z.B. Eye-Tracking-Gerät, EEG, EKG, EDA, Wärmefluss und Herzfrequenzmessungen gemessen werden. Als Ergebnis stellen sie fest, dass EKG und Wärmestrom zusammen mit einer Genauigkeit von 80 % zwischen Aufgaben mit hohen und niedrigen kognitiven Anforderungen unterscheiden.

Stresserkennung mittels komplexer Körpersensornetzwerke Anwendungen.

Stress ist ein Hauptfaktor für verschiedene Krankheiten, und jeder Mensch kann aufgrund der enormen psychophysiologischen Anforderungen bei der Ausübung seiner alltäglichen Aktivitäten irgendwann oder einmal im Leben Stress erleben. Der menschliche Stress ist eine Art kontrollierbarer, instabiler Zustand, dem durch den Einsatz geeigneter Entspannungs- und Bewältigungstechniken zum richtigen Zeitpunkt entgegengewirkt werden kann. Mehrere Studien deuten darauf hin, dass Stress ein gemeinsamer Faktor sowohl bei der Pathogenese als auch bei der Verschlimmerung der Auswirkungen vieler Krankheiten ist, von der Erkältung bis zu schweren Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Physiologische Signale und biochemische Proben sind fortschrittliche Methoden zur Messung des Stressniveaus. Urin-, Speichel- und Blutproben sind die primären Maßnahmen in biochemischen Proben, um die Auswirkungen von Stress im menschlichen Körper zu identifizieren. Diese biochemischen Proben werden jedoch in der Regel in verschiedenen Zeitintervallen entnommen, verglichen mit der kontinuierlichen Entnahme von physiologischen Signalen. Sie sind invasiv und unbequem, was ihre Wirksamkeit bei der Stressbewertung in Echtzeit stark einschränkt. Im Gegensatz dazu haben physiologische Signale (EKG, galvanische Hautreaktion (GSR), Elektromyogramm (EMG), Elektroenzephalogramm (EEG), Blutdruck (BP), Hauttemperatur (ST), Atemfrequenz (RR) und Blutvolumenpuls (BVP)) großes Forschungsinteresse auf sich gezogen, um neuere und effizientere Methoden zur Stressmessung zu entwickeln.

Unter den verschiedenen Arten von physiologischen Signalen spielt das EKG, insbesondere die Signale der Herzfrequenzvariabilität (HRV), eine wichtige Rolle in der Forschung zur Stressbewertung. Obwohl dieses Signal eine wichtige Rolle spielt, gibt es Hindernisse, wie z. B. die Validität von Kurzzeit-HRV-Signalen, die Optimierung von stressrelevanten Merkmalen, die Auswahl von Frequenzbändern und die Verbesserung der Stresserkennungsrate bei der subjektunabhängigen Analyse mit einer großen Population. Die meisten Experimente zur Bewertung des affektiven Zustands, wie z. B. Emotion und

Stress, die in der Literatur zu finden sind, wurden durch physiologische Signale über kürzere Zeitintervalle (weniger als 60 s) gemessen. Die Europäische Gesellschaft für Kardiologie hat vorgeschlagen, dass eine Mindestdauer von 5 min für die Messung der Herzfrequenz (HR) aus EKG-Signalen wesentlich ist und dass alles, was weniger als 5 min dauert, von zweifelhaftem Wert ist.

4. Wichtige Ideen

- Für jedes aufgezeichnete physiologische Signal gilt: Wie kann man gemessene Rohdaten mit Hilfe von Merkmalsextraktionsalgorithmen in Wissen umwandeln?
- Ein hervorragendes Beispiel für die Anwendung der Analyse physiologischer Signale ist das Herzfrequenzsignal (HRV), das das Ergebnis einer nicht-invasiven Aufzeichnung des EKGs oder der Blutpulswellen ist. Die so gemessene HRV erlaubt es, einige Informationen über den Zustand und die Aktion des autonomen Nervensystems zu erhalten.
- Body Sensor Networks, die sich dank der Kombination von sensorischen und IT-Technologien derzeit so dynamisch entwickeln, sind das letzte, umfangreichste Beispiel für physiologische Messanwendungen.

5. Referenzen

- [1] Billman, G. E. (2011). Heart rate variability – a historical perspective. *Front. Physiol.* 2:86. doi: 10.3389/fphys.2011.00086
- [2] Billman, G. E. (2013a). The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Front. Physiol.* 4:26. doi: 10.3389/fphys.2013.00026
- [3] Billman, G. E. (2013b). The effect of heart rate on the heart rate variability response to autonomic interventions. *Front. Physiol.* 4:222. doi: 10.3389/fphys.2013.00222
- [4] Bravi, A., Green, G., Herry, C., Wright, H. E., Longtin, A., Kenny, G. P., et al. (2013). Do physiological and pathological stresses produce different changes in heart rate variability? *Front. Physiol.* 4:197. doi: 10.3389/fphys.2013.00197
- [5] Carter, R. III, Hinojosa-Laborde, C., and Convertino, V. A. (2014). Heart rate variability in patients being treated for dengue viral infection: new insights from mathematical correction of heart rate. *Front. Physiol.* 5:46. doi: 10.3389/fphys.2014.00046
- [6] Glass, L., Lerma, C., and Shrier, A. (2011). New methods for the analysis of heartbeat behavior in risk stratification. *Front. Physiol.* 2:88. doi: 10.3389/fphys.2011.00088
- [7] Grant, C. C., Murray, C., Janse van Rensburg, D. C., and Fletcher, L. (2013). A comparison between heart rate and heart rate variability as indicators of cardiac health and fitness. *Front. Physiol.* 4:337. doi: 10.3389/fphys.2013.00337
- [8] Heathers, J. A. (2014). Everything Hertz: methodological issues in short-term frequency-domain HRV. *Front. Physiol.* 5:177. doi: 10.3389/fphys.201400177
- [9] Hinojosa-Laborde, C., Rickards, C. A., Ryan, K. L., and Convertino, V. A. (2011). Heart rate variability during simulated hemorrhage with lower body negative pressure in high and low tolerant subjects. *Front. Physiol.* 2:85. doi: 10.3389/fphys.2011.00085
- [10] Huikuri, H. V., and Stein, P. K. (2012). Clinical application of heart rate variability after acute myocardial infarction. *Front. Physiol.* 3:41. doi: 10.3389/fphys.2012.00041
- [11] Jelinek, H. F., Huang, Z. Q., Khandoker, A. H., Chang, D., and Kiat, H. (2013). Cardiac rehabilitation outcomes following a 6-week program of PCI and CABG patients. *Front. Physiol.* 4:302. doi: 10.3389/fphys.2013.00302
- [12] Lombardi, F., and Stein, P. K. (2011). Origin of heart rate variability and turbulence: an appraisal of autonomic modulation of cardiovascular function. *Front. Physiol.* 2:95. doi: 10.3389/fphys.2011.00095
- [13] Fritz, T.; Begel, A.; Müller, S.C.; Yigit-Elliott, S.; Züger, M. Using Psycho-physiological Measures to Assess Task Difficulty in Software Development. In *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering, Hyderabad, India, 31 May–7 June 2014*; pp. 402–413.
- [14] Haapalainen, E.; Kim, S.; Forlizzi, J.F.; Dey, A.K. Psychophysiological measures for assessing cognitive load. In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Ubiquitous Computing, Copenhagen, Denmark, 26–29 September 2010*; pp. 301–310.
- [15] Ikehara, C.S.; Crosby, M.E. Assessing Cognitive Load with Physiological Sensors. In *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, HI, USA, 6 January 2005*; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2010; p. 295a.
- [16] Hogervorst, M.A.; Brouwer, A.-M.; van Erp, J.B.F. Combining and comparing EEG, peripheral physiology and eye-related measures for the assessment of mental workload. *Front. Neurosci.* 2014, 8, 322.



Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.

Sla.ska