

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  
PHYSIOLOGISCHER ZEICHEN UND ANTHROPOMETRISCHER UND  
MORPHOMETRISCHER PARAMETER

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

# Datenwissenschaft (Datenexploration & Schürfen)

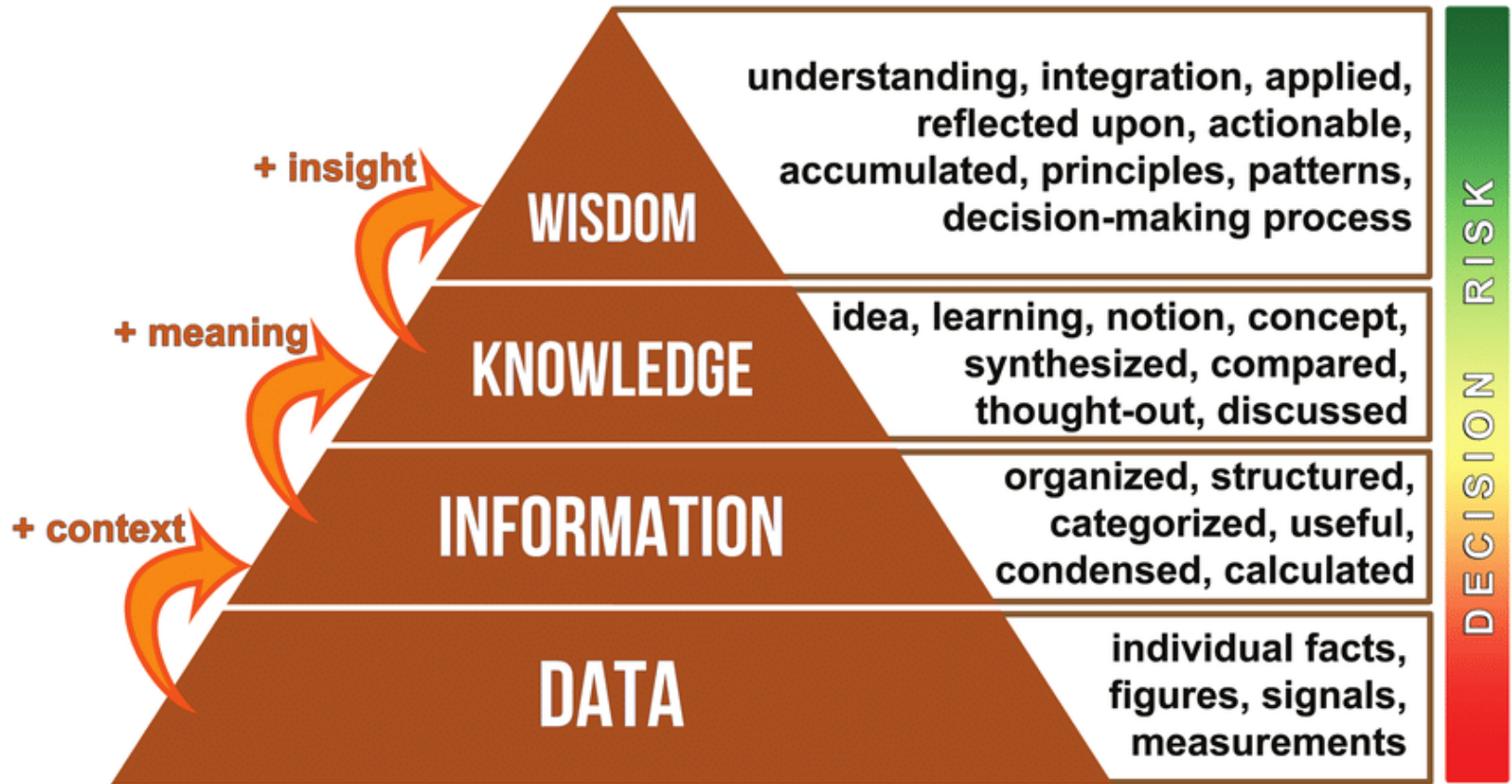
ist ein "neues Öl" des XXI Jahrhunderts

## ZIEL:

ROHE EINGANGSDATEN IN WISSEN UND WEISHEIT UMWANDELN

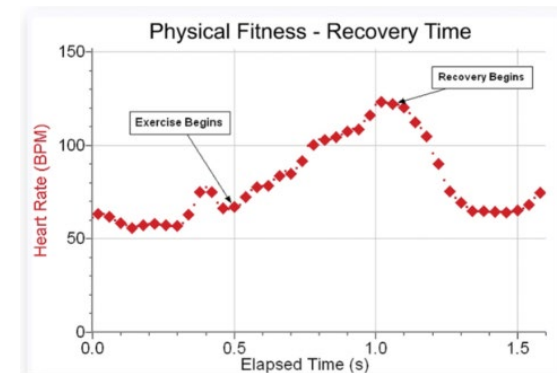
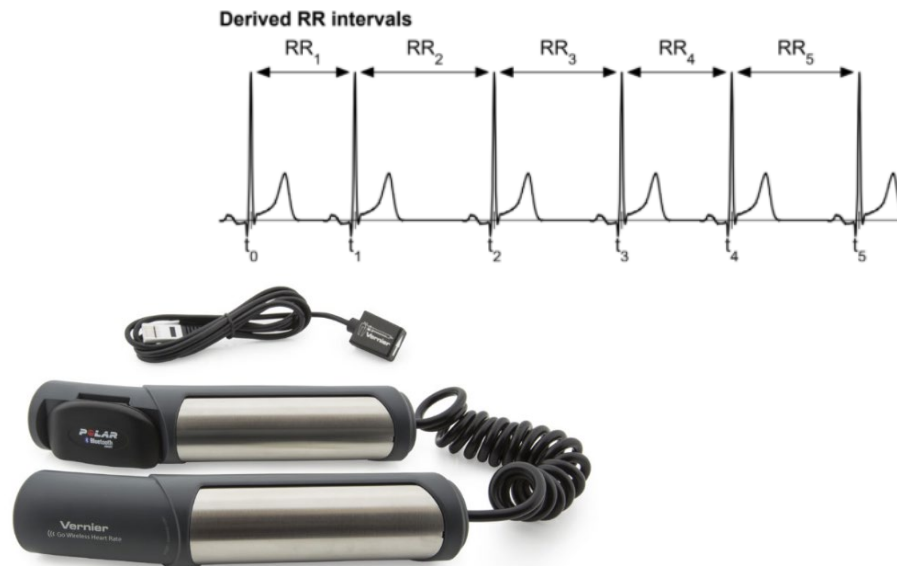
## WIE:

Methoden der FEATURE EXTRACTION aus RAW DATA zu entwickeln, um PREDIKTIVE ALGORITHMEN (Satz oder REGELN) vorzubereiten, basierend auf verschiedenen Arten von Methoden: *mathematisch, statistisch, biologisch inspiriert z.B. neuronale Netze oder basierend auf genetischem Ansatz*, mittels COMPUTER WISSENSCHAFT und sich schnell entwickelnden Informationstechnologien, um entscheidende, signifikante Abhängigkeiten in Datengruppen zu finden - um ein DECISION SUPPORT SYSTEM zu schaffen.



# Berechnung der Herzfrequenz aus dem EKG-Signal auf der Basis von RR-Intervallen und Anwendung von intelligenten Handgriffsensoren.

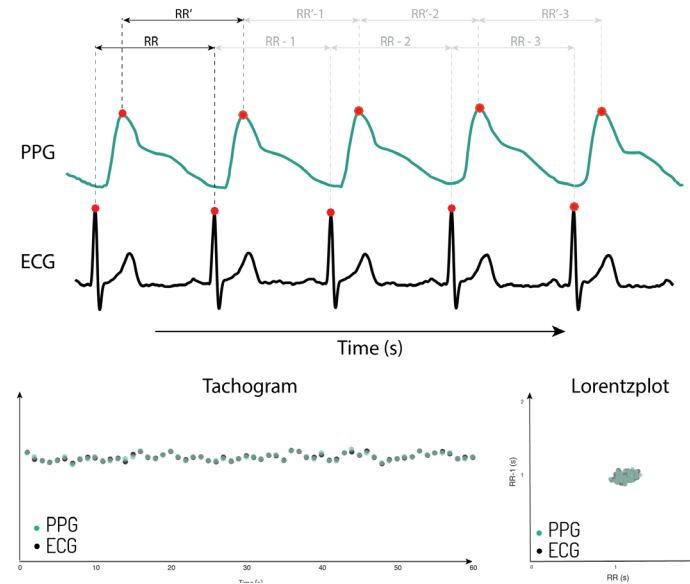
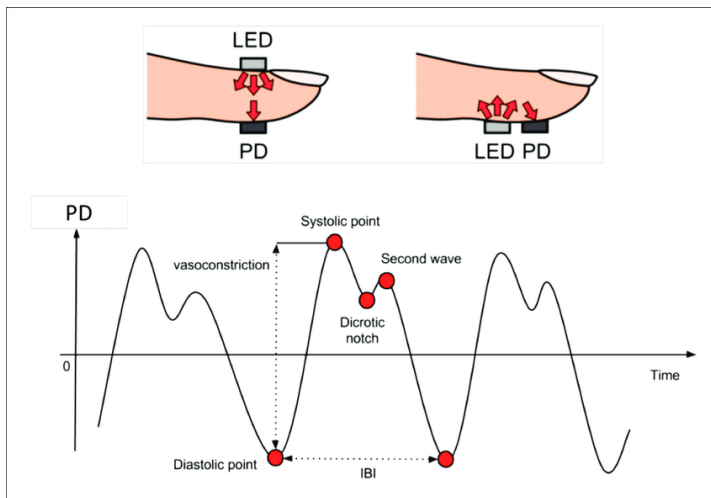
Benutzerfreundliche Aufzeichnung der Herzfrequenz zur weiteren Analyse und Visualisierung bei der medizinischen Diagnose, Behandlung oder Auswertung von Sport- und Fitnessfortschritten



*Der Handgriff-Pulsmesser ist ideal für die kontinuierliche Überwachung der Herzfrequenz vor, während und nach dem Training oder im Stand*

# Schätzung der Herzfrequenz aus dem PPG-Pulswellensignal.

Benutzerfreundliche Aufzeichnung der Herzfrequenz zur weiteren Analyse und Visualisierung bei der medizinischen Diagnose, Behandlung oder Auswertung von Sport- und Fitnessfortschritten



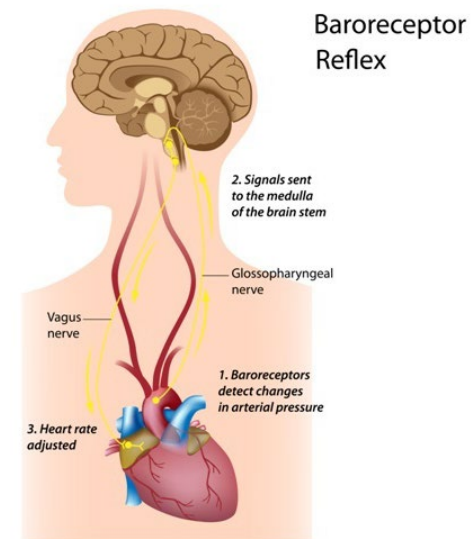
*Der Handgriff-Pulsmesser ist ideal für die kontinuierliche Überwachung der Herzfrequenz vor, während und nach dem Training oder im Stand*

# Analyse der Herzfrequenzvariabilität, die nichtinvasiv den Zustand des ZNS in einem breiten Anwendungsspektrum widerspiegelt

Die Herzfrequenz wird vom Zentralen Nervensystem (ZNS) moduliert und gesteuert, hauptsächlich durch die Baroreflexschleife, so dass ihre Analyse wichtige Informationen über das sympathische und parasympathische Gleichgewicht liefert, das für den Zustand des Patienten entscheidend ist - und das auf nicht-invasive Weise.

Wichtige Parameter, die aus dem HRV-Signal berechnet werden, können sowohl in:

- I. Zeitbereich
  - II. Frequenzbereich
- sowie das Ergebnis der nichtlinearen Analyse wie:
- III. Poincare-Karten.



# Herzratenvariabilitätsanalyse in breitem Anwendungsspektrum

## I. Parameter im Zeitbereich.

Die Zeitbereichsmethoden werden von den Schlag-zu-Schlag-RR-Intervallwerten im Zeitbereich abgeleitet. Die RR-Intervall-Zeitreihe soll  $N$  aufeinanderfolgende Schlagintervalle enthalten.

Das mittlere RR-Intervall ( $\overline{RR}$ ) und die mittlere Herzfrequenz ( $\overline{HR}$ ) sind dann definiert als:

$$\overline{RR} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N RR_n, \quad \overline{HR} = \frac{60}{\overline{RR}}$$

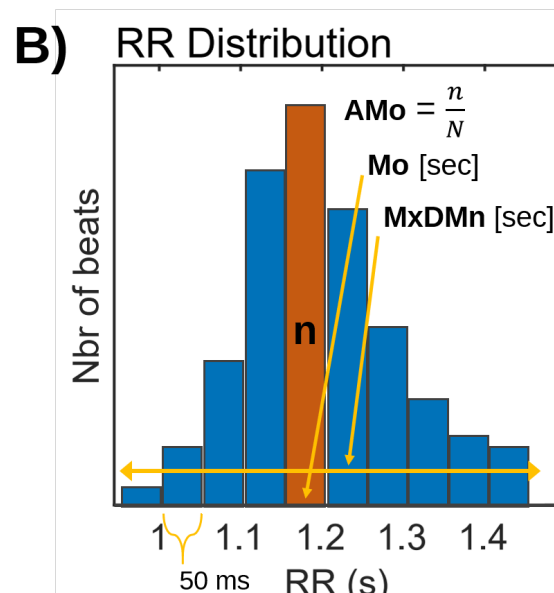
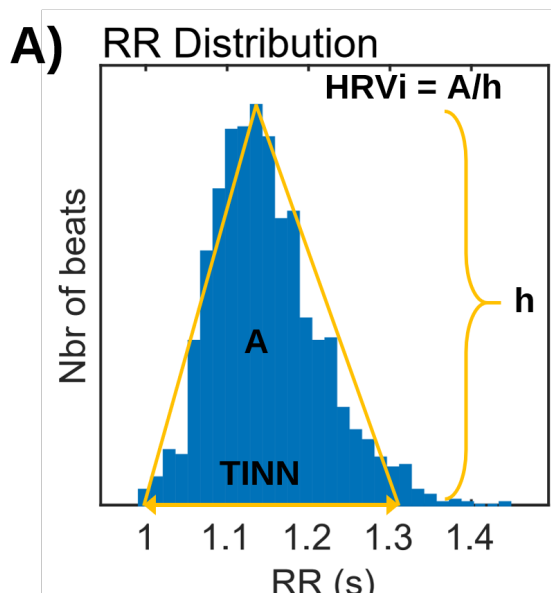
Das Maß für die Herzfrequenzvariabilität ist als Standardabweichung der RR-Intervalle (SDNN) definiert, definiert als:

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (RR_n - \overline{RR})^2}$$

# Herzratenvariabilitätsanalyse in breitem Anwendungsspektrum

## I. Parameter im Zeitbereich.

Zusätzlich zu den statistischen Maßen, die auf der vorherigen Folie vorgestellt wurden, gibt es einige geometrische Maße, die aus der RR-Intervall-Histogramm-Verteilung berechnet werden

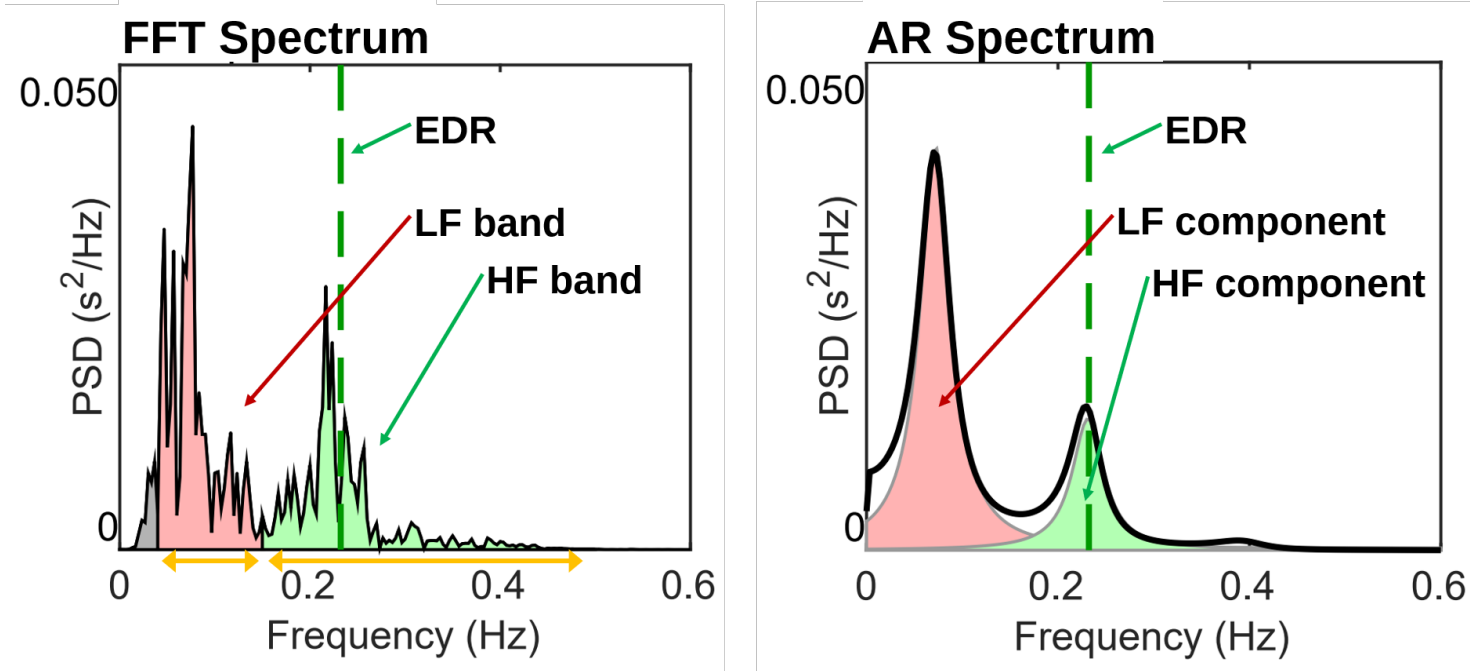


- A) Dreiecksindex (HRVi) und Dreiecksinterpolation der RR-Intervalle (TINN),  
 B) Baevsky's Spannungsindex



# Herzratenvariabilitätsanalyse in breitem Anwendungsspektrum

## II. Frequenzbereichsparameter aus dem Herzfrequenzspektrum.

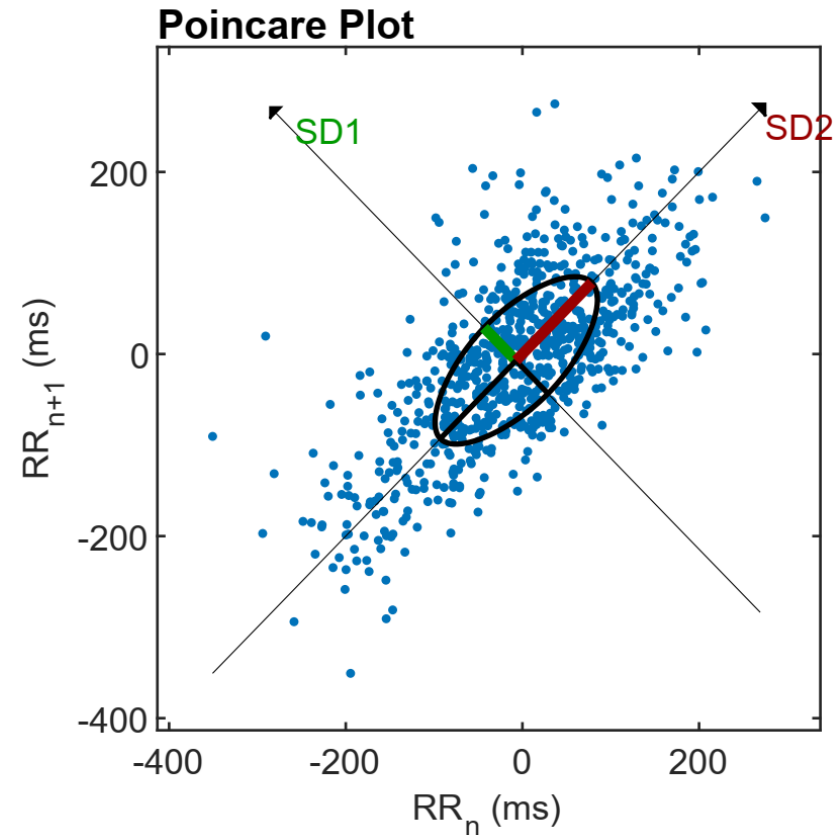


Die Frequenzbereichsmaße, die aus einer Spektrumsschätzung für jedes Frequenzband extrahiert werden, umfassen die absoluten und relativen Leistungen der VLF-, NF- und HF-Bänder, die Leistungen der NF- und HF-Bänder in normierten Einheiten, das NF/HF-Leistungsverhältnis und die Spitzenfrequenzen für jedes Band

# Herzratenvariabilitätsanalyse in breitem Anwendungsspektrum

## III. Nichtlineare Analyse des Herzfrequenzsignals.

*In Anbetracht der komplexen Regelsysteme des Herzens ist es sinnvoll anzunehmen, dass nichtlineare Mechanismen an der Herzfrequenzregulation beteiligt sind. Die nichtlinearen Eigenschaften der HRV wurden mit Maßen wie dem Poincaré-Plot analysiert. Es handelt sich um eine grafische Darstellung der Korrelation zwischen aufeinanderfolgenden RR-Intervallen, d. h. die Darstellung von  $RR_{n+1}$  als Funktion von  $RR_n$ . Die Form des Plots ist wesentlich und ein üblicher Ansatz zur Parametrisierung der Form ist die Anpassung einer Ellipse an den Plot, wie in Abb.*



## Anwendungen zur Aufzeichnung und Analyse von Elektromyographie (EMG)-Signalen

Elektromyographie (EMG)-Signale können verwendet werden für:

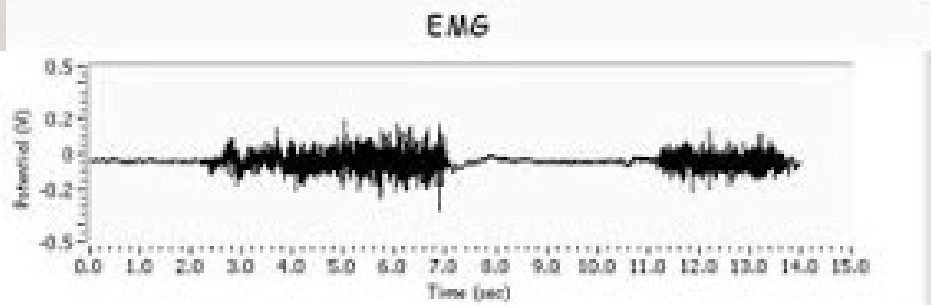
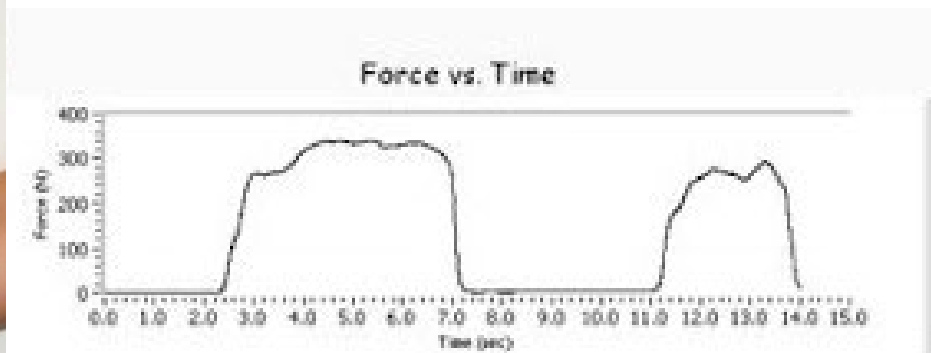
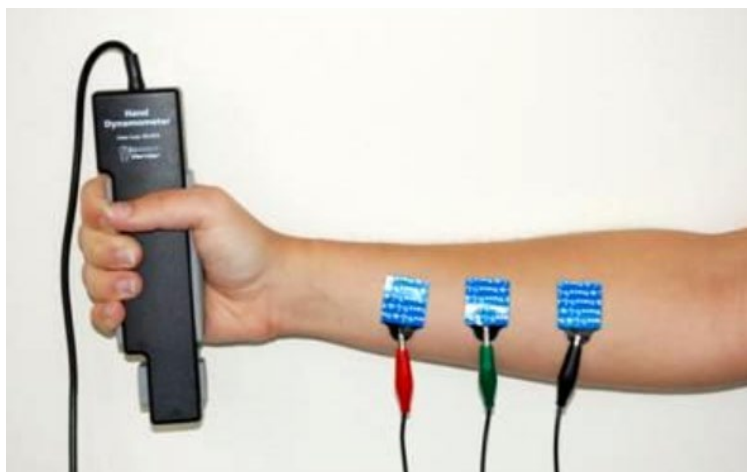
- klinische/biomedizinische Anwendungen,
- Evolvierbarer Hardware-Chip (EHW) Entwicklung, und
- moderne Mensch-Computer-Interaktion (MMI) z.B. bei EMG-gesteuerten Bio-Prothesen

*EMG-Signale, die von Muskeln erfasst werden, erfordern fortschrittliche Methoden zur Erkennung, Zerlegung, Verarbeitung und Klassifizierung.*



Das auf Dehnungsmessstreifen basierende isometrische Handdynamometer kann zur Messung der Griffkraft, der Kneifkraft und zur Durchführung von Muskelermüdungsstudien verwendet werden. Es kann mit anderen Sensoren (z. B. EKG-Sensor) verwendet werden, um die Muskelgesundheit und -aktivität zu untersuchen

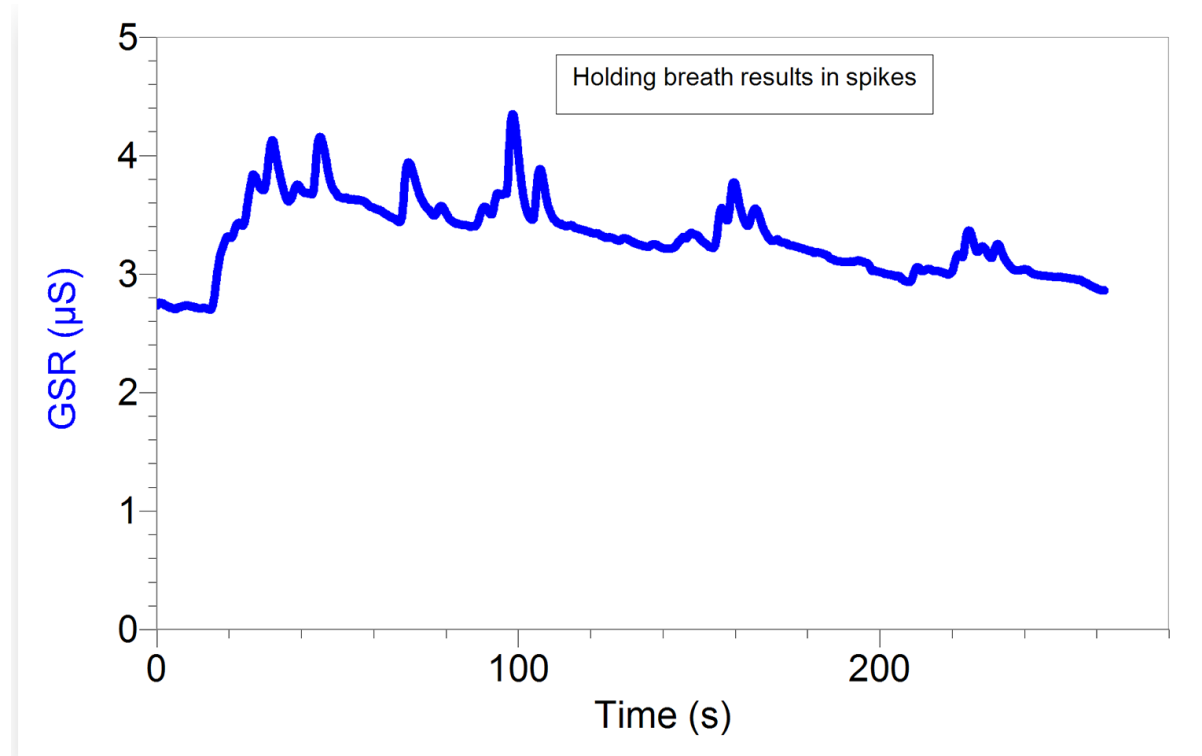
# Synchronisierte Handkraft- (Handgriffsensor) und EMG-Aufzeichnung z. B. in der Reha-Fortschrittskontrolle



Length of Experiment (sec) 15  
Sample Rate (samples/sec) 1000  
**STOP Data Collection**

## Galvanische Hautreaktion - Anwendungen

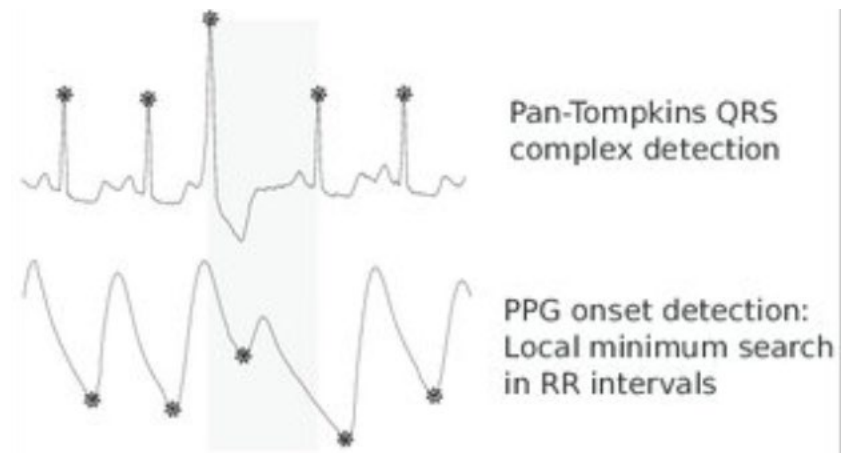
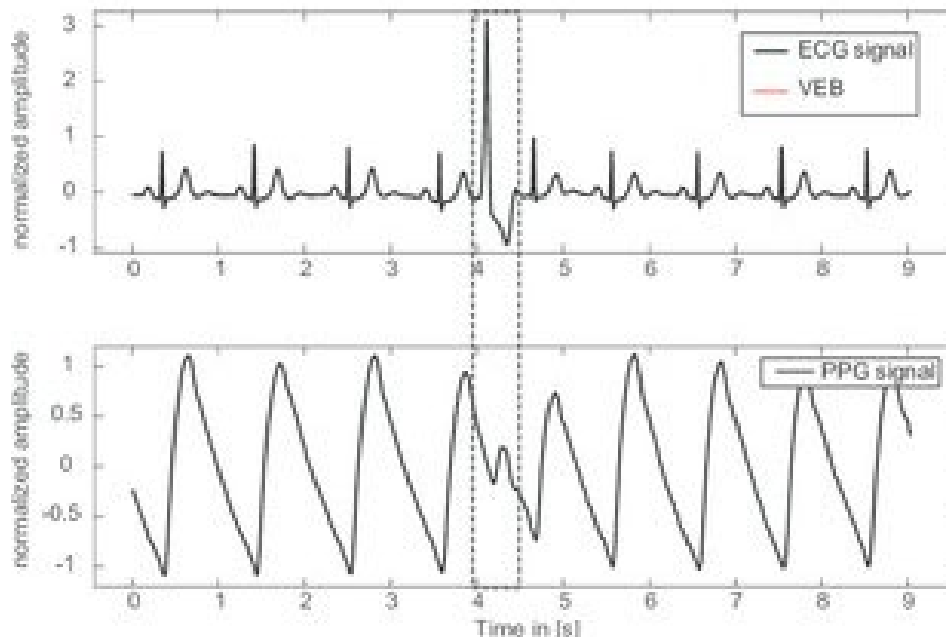
Die galvanische Hautreaktion misst den psycho-galvanischen Reflex. Sie erzeugt eine Änderung der Hautleitfähigkeit in Zeiten von Stress, Erregung oder Schock und wird als Maß für die Aktivität des sympathischen Nervensystems verwendet. Er kann sowohl schnelle als auch langsame Änderungen der Hautleitfähigkeit überwachen und ist daher ideal für Studien, die Schock, Erregung und Biofeedback beinhalten



Es überwacht die Leitfähigkeit der Haut zwischen zwei Einweg-Tab-Elektroden, die z. B. auf zwei benachbarten Fingern einer Hand angebracht werden

## Body Sensor Networks - Multimodale synchronisierte Aufzeichnung

Beispiel für ein schnelles multimodales Verfahren zur Erkennung von ektopischen Schlägen, angewandt für die Blutdruckschätzung auf der Basis von Pulswellengeschwindigkeitsmessungen in tragbaren Sensoren.

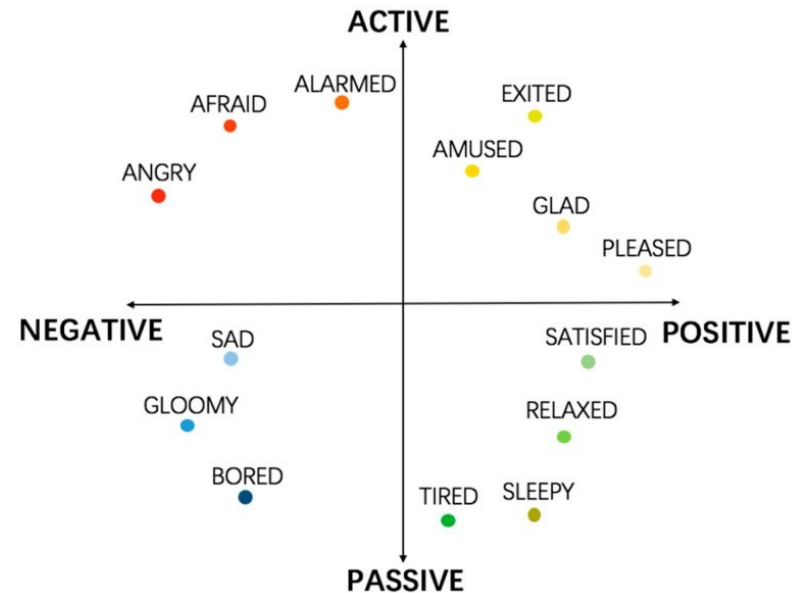
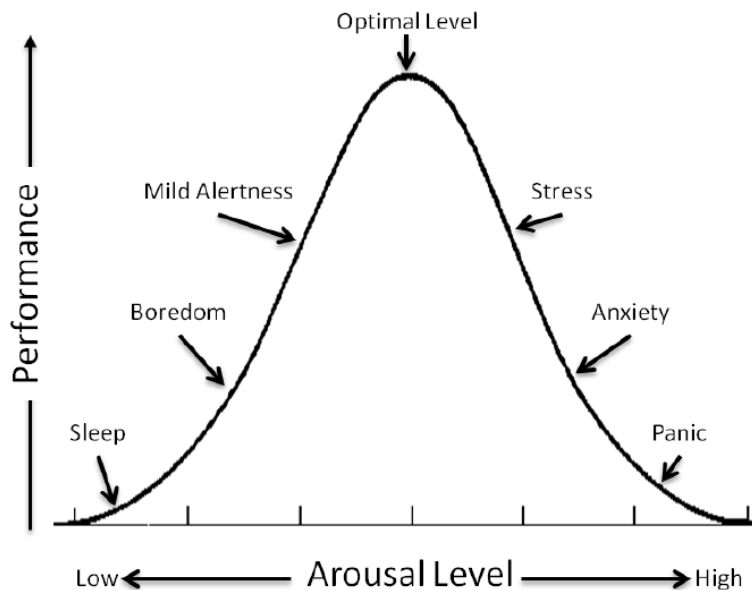


**Methoden der digitalen Signalverarbeitung (DSP) zur automatischen Merkmalsextraktion**

*Synchronisierte Elektrokardiographie (EKG) und Photoplethysmographie (PPG)  
Wellenformen, die einen einzelnen vorzeitigen ventrikulären ektopischen Schlag erkennen*

# Körper-Sensor-Netzwerke: Komplexes Systembeispiel für Emotionserkennung

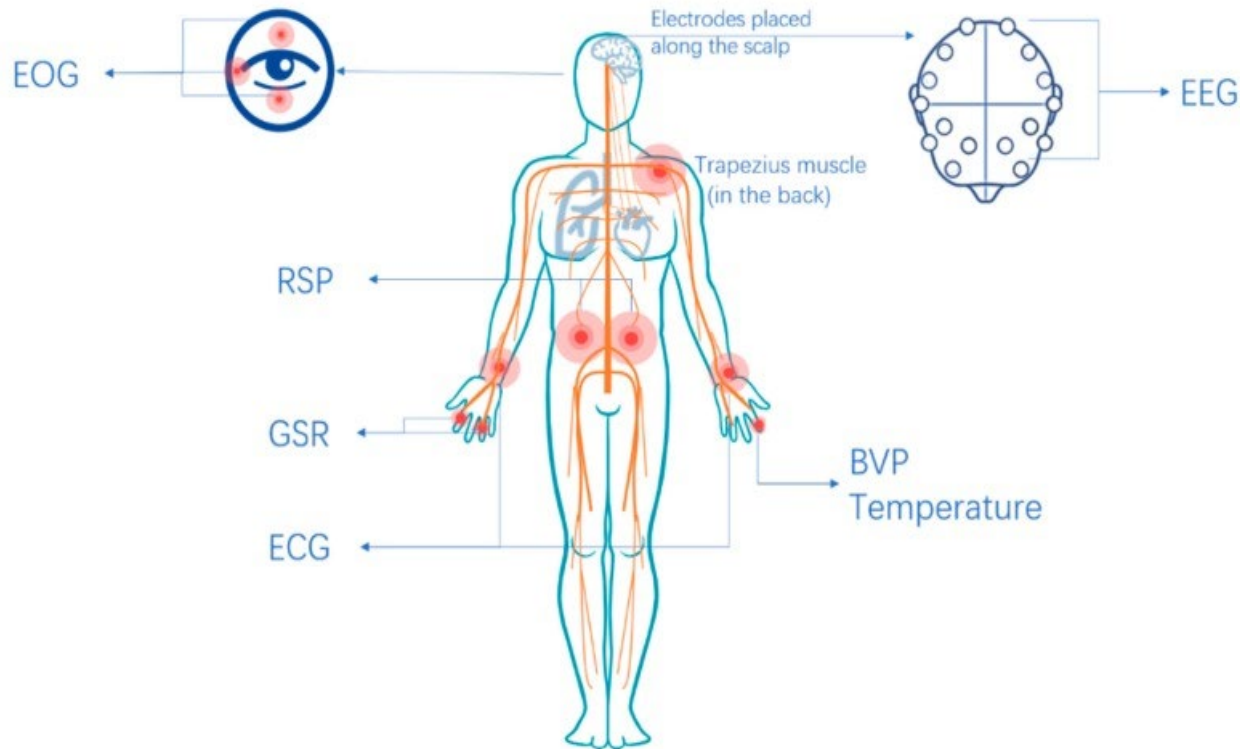
Der emotionale Zustand des Menschen hängt von vielen Faktoren ab, daher werden multimodale Systeme entwickelt, die Informationen von vielen verschiedenen Sensoren sammeln und verarbeiten.



Die Beziehung zwischen Leistung und Erregung und das 2-D-Emotionsraummodell wird vorgestellt.

# Körper-Sensor-Netzwerke: Komplexes Systembeispiel für Emotionserkennung

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Spezifität des autonomen Nervensystems es ermöglicht, bestimmte Emotionen zu erkennen, und zwar anhand von Zeichen, die aus psychologischen Signalen aufgezeichnet werden

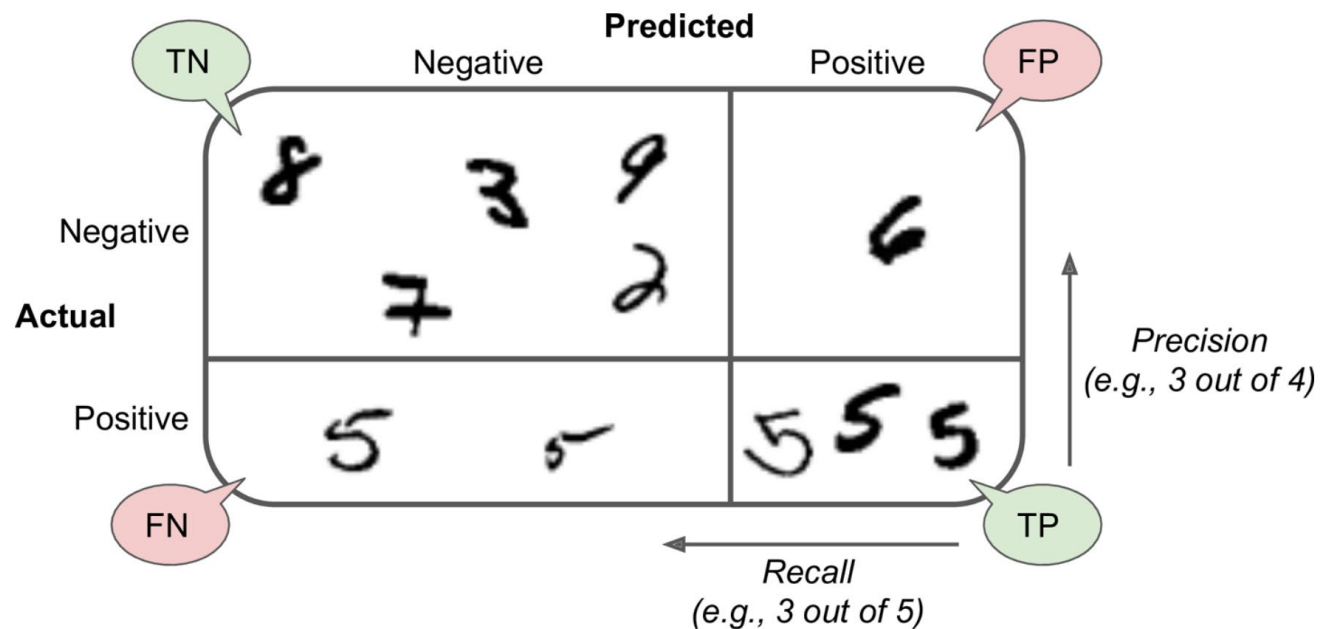


- EOG,
- RSP,
- GRS,
- EKG,
- EEG,
- BP,
- T

Psychologische Signale werden in einem multimodalen Reasoning-System verwendet.



## Einige Hinweise, wie man die durchgeführten Forschungsergebnisse richtig bewertet, mittels Leistungsmaße des Klassifikators



Eine illustrierte Konfusionsmatrix zeigt Beispiele für wahre Negative (oben links), falsche Positive (oben rechts), falsche Negative (unten links) und wahre Positive (unten rechts)

## Konfusionsmatrix - Maßnahmen, Indikatoren

Confusion Matrix		Target			
		Positive	Negative		
Model	Positive	a	b	Positive Predictive Value	$a/(a+b)$
	Negative	c	d	Negative Predictive Value	$d/(c+d)$
		Sensitivity	Specificity	Accuracy = $(a+d)/(a+b+c+d)$	
		$a/(a+c)$	$d/(b+d)$		

Oft ist es sinnvoll, Präzision und Recall zu einer einzigen Metrik zu kombinieren, dem **F1-Score**

$$F_1 = \frac{2}{\frac{1}{\text{precision}} + \frac{1}{\text{recall}}} = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} = \frac{2TP}{2TP + FN + FP}$$



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.

