

Biofeedback in der Behandlung chronischer Schmerzen

Pörtschach, 27.6.2023

Wolfgang Pipam

Zentrum für Interdisziplinäre Schmerztherapie, Onkologie und Palliativmedizin

Klinikum Klagenfurt / Wörthersee

Übersicht

- Zum Stellenwert von Biofeedback in der Behandlung von Schmerzen
- Was ist Biofeedback ?
- Welche Funktionen sind durch Biofeedback beeinflussbar?
- Anwendungsmöglichkeiten von Biofeedback am Beispiel Rückenschmerz / Kopfschmerz

Historischer Überblick

Beginn der **wissenschaftlich** fundierten **Biofeedback-Forschung** 1960er

- instrumentelle Konditionierung zur Veränderung der **Vasomotorik** (UdSSR)
- operante Konditionierung von Ratten zur Veränderung der **Herzfrequenz** (USA)

Biofeedback ist eine seit Jahrzehnten wissenschaftlich erforschte und bestätigte Behandlungsmethode!

Biofeedback in der Schmerztherapie

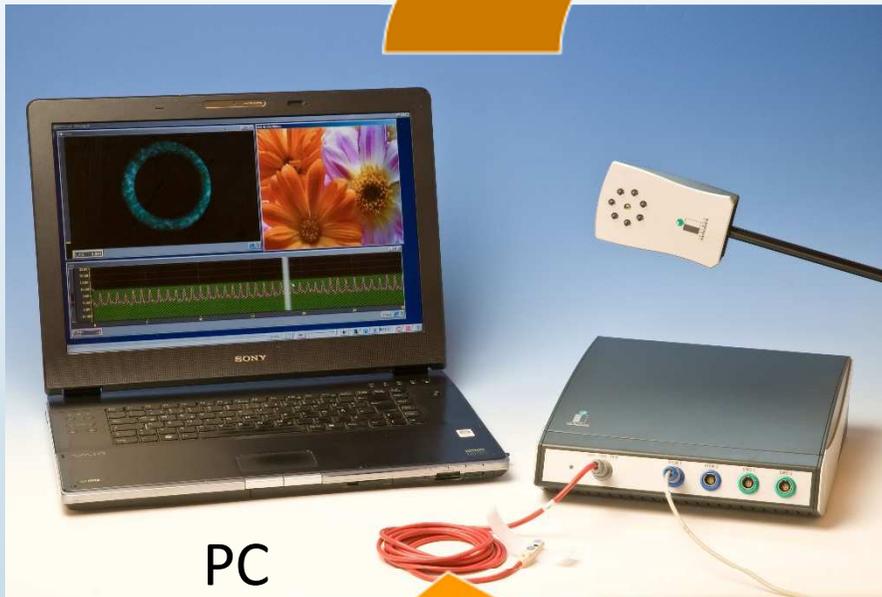
- **Definition:**

- Bei der Behandlung mittels Biofeedback werden (üblicherweise) unwillkürlich ablaufende bzw. schwer wahrnehmbare Körperfunktionen kontinuierlich erfasst und dem Patienten optisch oder akustisch zurückgemeldet. Positive Änderungen dieser Funktionen werden systematisch verstärkt, sodass die Patienten lernen können, diese Funktionen zu beeinflussen.

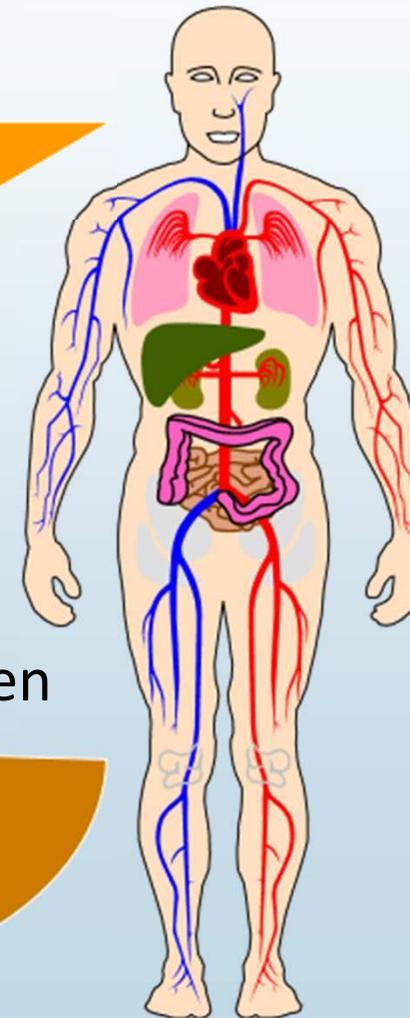
Wahrnehmung ↔ Veränderung

Das Biofeedback - Prinzip

Rückmeldung
= Feedback

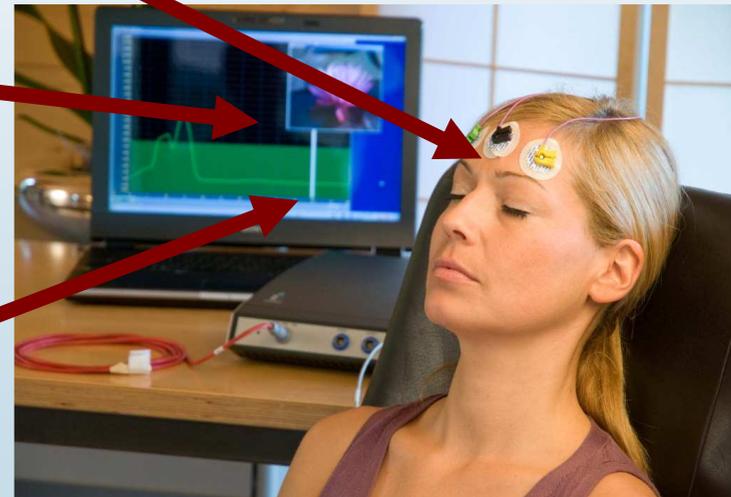


Sensoren



Das Biofeedback-Prinzip

- Messen von unbewußten Körperreaktionen (z.B. Muskelverspannungen)
- Rückmeldung am PC
- Beeinflussung in Richtung Therapieziel



MULTISENSOR



Hautleitwert
Pulsfrequenz
Durchblutung
Hauttemperatur

reagieren bei vegetativer
Belastung sofort

Wie reagiert der Mensch körperlich auf Belastungen?

- schneller und „laut“ spürbarer **Herzschlag**
- Verkrampfung der **Muskulatur**
- veränderte **Atmung**
- **Schwitzen** an den Händen
- **Abkühlung** der Hände

Autonome unspezifische Stressreaktion

- Erhöhung der **Pulsfrequenz**
- Erhöhung der **Muskelspannung**
- Zunahme der **Atemfrequenz**
- Verflachung der **Atemkurve**
- Erhöhung des **Hautleitwertes**
- Verflachung der **Pulsamplitude**
- Reduktion der peripheren **Temperatur**

System-Komponenten

- dienen der **Umwandlung** vorerst unbewusster und oft abstrakter Körperfunktionen (z.B. Durchblutungsrate der Schläfenarterie)
- in ein **vertrautes System** (z.B. optisch als variabler Ringdurchmesser, akustisch als sich verändernde Tonlage)
- und machen sie damit **leichter wahrnehmbar!**

Biofeedback- Das Prinzip

- Messen und Wahrnehmen von nicht bewussten - bzw. nicht kontrollierbaren - Körperfunktionen.
- Beeinflussen dieser Körperfunktionen in Richtung eines Therapieziels.
- Aufbau einer Fertigkeit, die im Alltag vorhanden bleibt.

Wirkungsweise von Biofeedback

- Fähigkeit zur (physiologischen) **Selbstkontrolle** und dadurch Stärkung der **Selbstkompetenz**
- Veränderung von Erwartungen und Einstellungen gegenüber der Störung (**Selbstwirksamkeitsüberzeugung**)
- Verbesserung der **Interozeption**

Biofeedback in der Schmerztherapie

- Welche Funktionen sind durch Biofeedback beeinflussbar?
 - Muskelaktivität, Muskeltonus
 - Herzrate
 - Blutdruck
 - Schweißdrüsenaktivität als allgemeines Maß für autonome Erregung
 - Hauttemperatur
 - Elektrophysiologische Prozesse des Gehirns
 - Periphere Durchblutung
 - Durchmesser von Blutgefäßen
 - Atemfunktion

Die MESSPARAMETER

Hautleitwert:

Elektrische Leitfähigkeit der Haut; wird durch
Schweißdrüsenaktivität verändert

Maß für Sympathikusaktivität

Abkürzungen: **SCL (Skin Conductance Level)**
EDG (Elektro-Dermo-Grafie)
EDA (Elektro-Dermale Aktivität)

Puls:

Pulsamplitude: relatives Maß für Durchblutung (kurzfristig)

Pulsfrequenz: ist gleich Herzfrequenz

Pulskurve: Sensorsignal=Blutvolumenpuls

Abkürzung: **PPG (Puls Plethysmo Grafie)**

Hauttemperatur

relatives Maß für Durchblutung (langfristig)

Muskelspannung

EMG Elektromyogramm

ATEM

Atemamplitude:

relatives Maß der Atemtiefe

Atemfrequenz:

in Atemzügen/Minute (bpm=breaths per minute)

Atemkurve:

direkte Darstellung der Atmung/Atembewegung

Physiosystem

Multisensor

- Hautleitwert
- Pulsfrequenz
- Durchblutung
- Temperatur

Atemsensoren

- Atemkurve
- Atemtiefe
- Atemfrequenz

EMG-Sensor

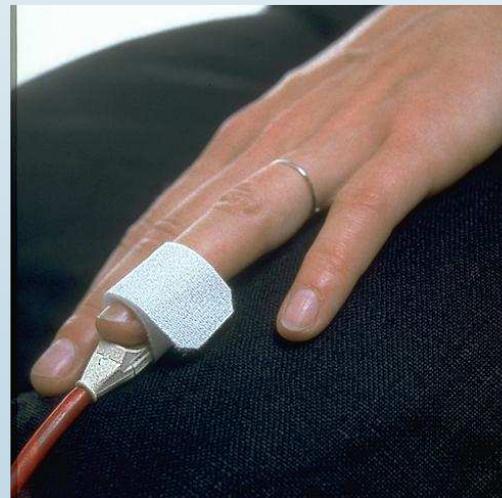
Vasosensoren



Multisensor

misst an einem Finger

- Hautleitwert
- Pulsfrequenz
- Durchblutung
- Temperatur

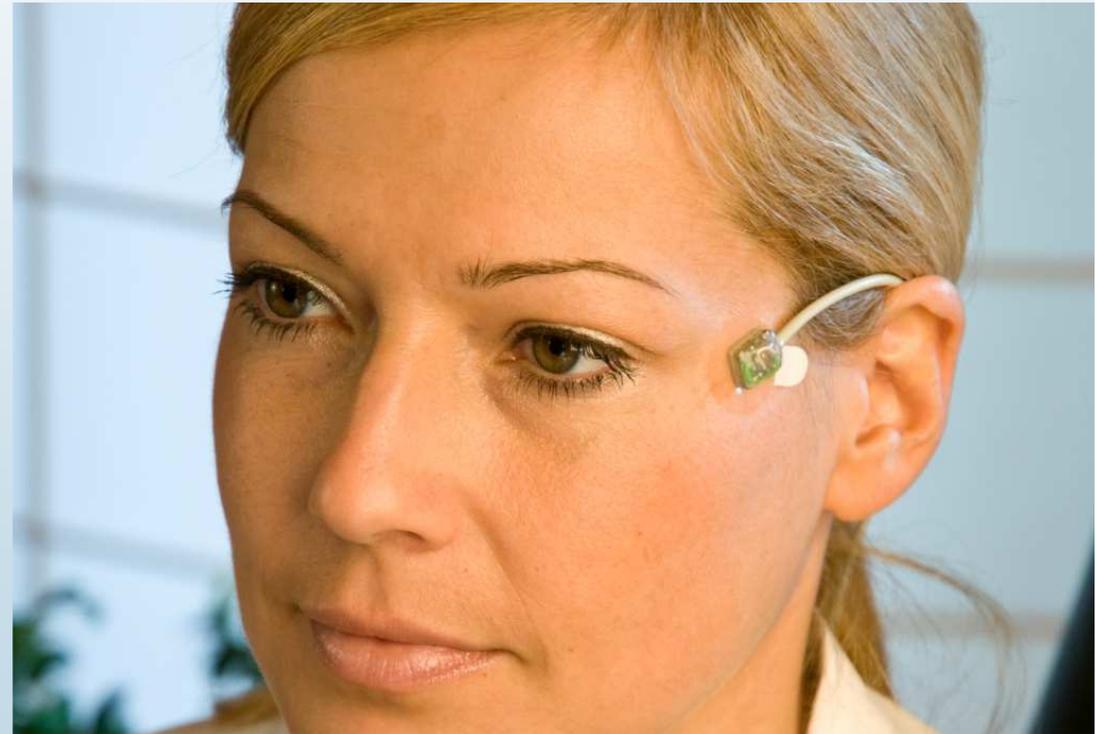


EMG Sensor misst Muskelspannung



Vasosensor

misst Durchblutung
(Migränetherapie)



Atemsensor

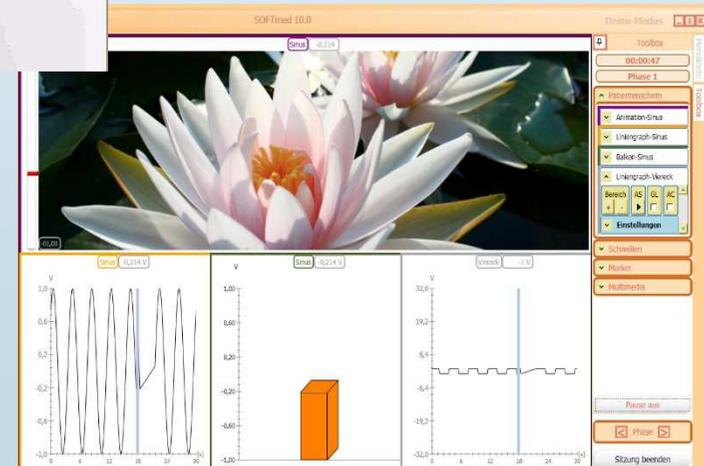
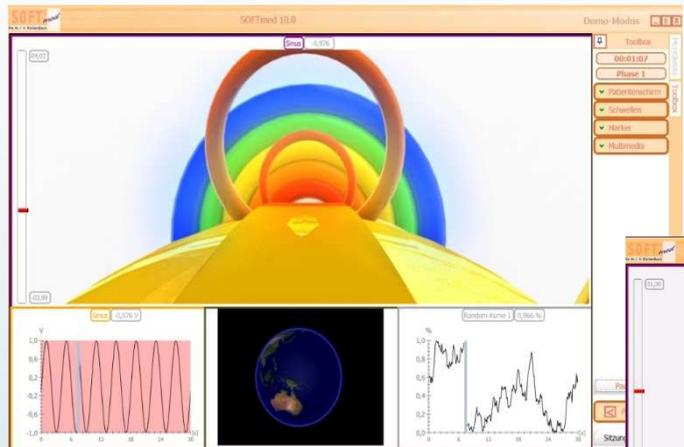
misst Atembewegung
mittels Infrarot

berührungslose
Messung



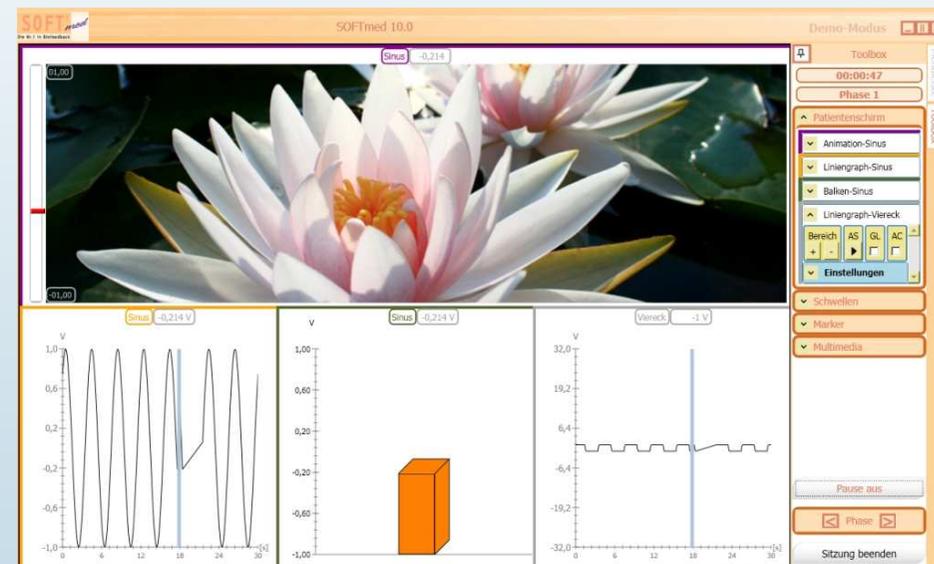
Biofeedback-SOFTWARE

Beispiele für Bildschirme



Die Therapiebibliotheken

- Angstbehandlung und Phobien
- Atemschule mit Atempacing
- Diagnostik
- Entspannungstraining
- Herz- Kreislauftraining
- Kinder
- Schlafstörungen
- Schmerzbehandlung
- Muskelaufbau
- Muskuläre Störungen
- Sucht
- Essstörungen
- Burnout



HAUTLEITWERT



Hautleitfähigkeit

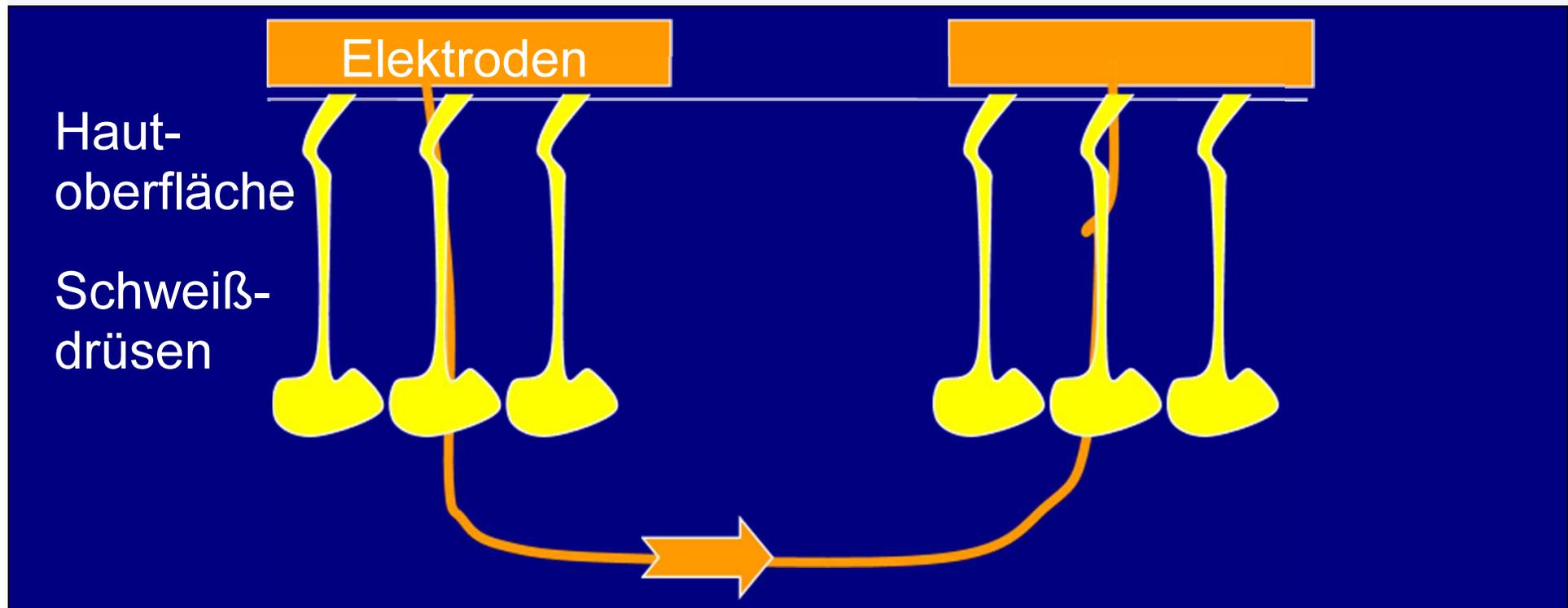
- Maß des elektrischen Leitwerts der Haut
- von der Aktivität der Schweißdrüsen in der jeweiligen Hautregion abhängig
- vegetativ sympathisch innerviert
- Ausdruck psychischer Aktivierung
- „Fenster zum Sympathikus“

SOFT[®] med-Multi-Sensor

Misst 5
Parameter
an einem
Finger



Wirkmechanismus der Hautleitwertschwankungen



Schweißdrüsen aktiviert - Strom stark - Hautleitwert hoch

Kennwerte der Hautleitfähigkeit

Die ***physikalische Einheit*** des Hautleitwertniveaus (SCL = Skin Conductance Level) ist das **mikroSiemens (μS)**.

Physiologie und Psychophysiologie

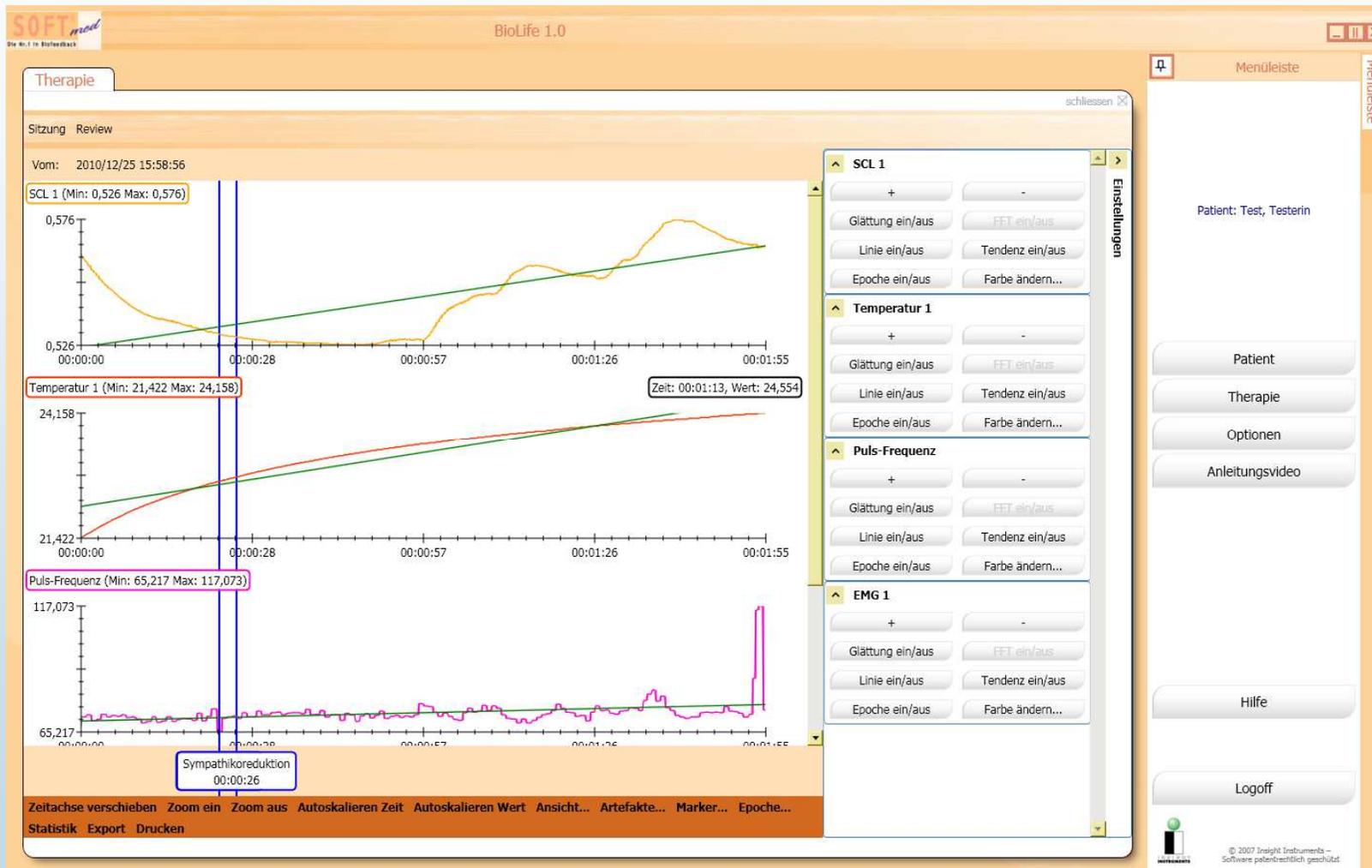
- Der Hautleitwert ist ein direktes Zeichen der **Sympathikusaktivität**.
- Das Hautleitwertniveau hängt von der **Dicke der Hornhaut**, sowie vom **habituellen Ausmaß der Schweißabsonderung** ab.
- Der Hautleitwert **steigt** meist geringfügig **mit** der (Außen-) **Temperatur**.



Psychophysiologie

- **Häufige spontane Hautleitwertreaktionen (Spontanfluktuationen)** können für starke Erregung bzw. für Ängstlichkeit stehen.
- **Depressive und emotional gehemmte Personen** zeigen meist keine oder nur geringe Hautleitwertaktivität.
- Der **tonische Hautleitwert (Hautleitwertniveau)** variiert **zw. $0,25\mu\text{S}$** (unterster Meßbereich) und **ca. $15\mu\text{S}$** .
- Jede **emotionale Regung** wird unmittelbar als **Hautleitwertreaktion (phasische Veränderung)** sichtbar.

Review



Therapeutische Ziele des Hautleitwertfeedbacks

- **Demonstration psychophysiologischer Zusammenhänge**
(Einstieg ins Biofeedback)
- **Diagnostik & Evaluation** des unmittelbaren
sympathischen Erregungsniveaus
- **Kontrolle über die eigene sympathische Erregung
aufbauen** (vegetative Entspannung mittels verschiedener
kognitiver Entspannungstechniken, Monitoring/Kontrolle bei
Entspannungsübungen z.B. bei AT)

Indikationsbereiche

- Erregungskontrolle, Entspannungstraining – Mentaltraining
- Stressmanagement
- Stressdiagnostik
- Angsttherapie
- Aktivierungstraining

PPG-Pulsplethysmografie

Pulskurve

Pulsfrequenz

Pulsamplitude

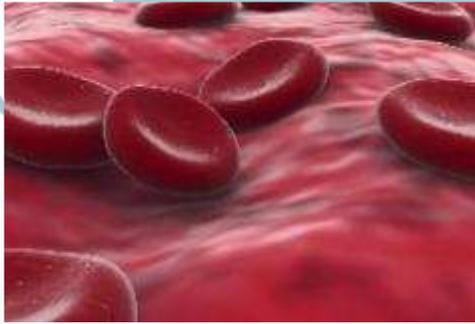
Kennwerte beim Puls - Feedback

- **Pulsfrequenz** → Schläge pro Minute (bpm)
- **Pulsamplitude** → Höhe der Pulsmaxima,
relativer Wert;
- **Rohsignal „Pulskurve“** → rel. Maß für Durchblutung
im Gewebe unter dem
Sensor

Messtechnik I

Photoplethysmo-
graphisch mit dem
SOFT[®]med-
Multiminiatursensor
an der Fingerkuppe des
nicht dominanten
Ringfingers.



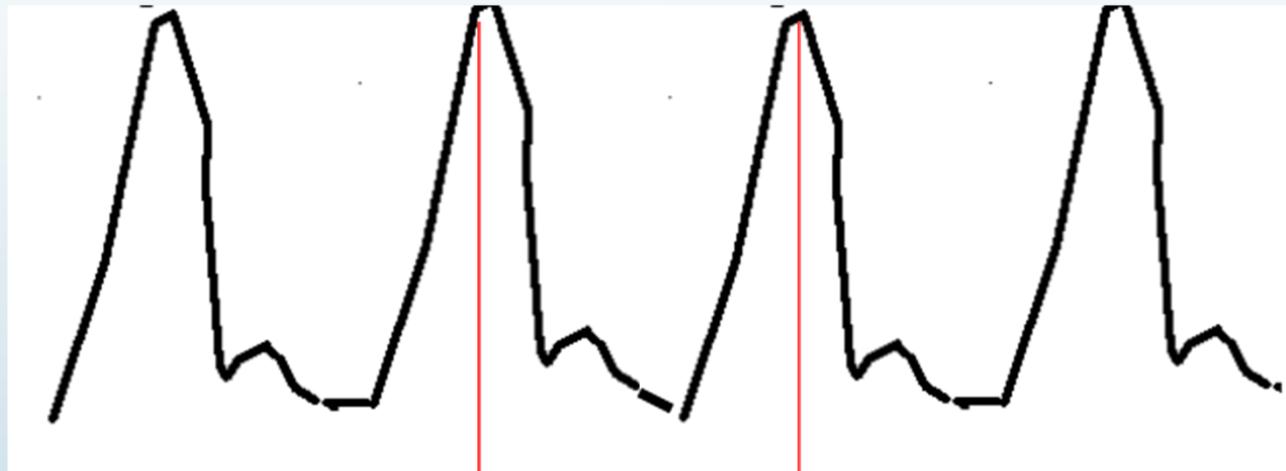


Messtechnik II

- Bei der **photoplethysmographischen Messung** wird die **Pulskurve** optisch über die Reflexion der Blutplättchen erfaßt.
- **Pulsfrequenz und –amplitude** werden aus der Pulskurve Schlag für Schlag **errechnet** (wenn die Pulskurve nicht klar ist, sind Frequenz und Amplitude nicht korrekt darzustellen bzw. zu interpretieren).

Kennwerte beim Puls - Feedback

Pulskurve = Pulswelle unter dem Sensor



Pulsamplitude
= Maß für
Durchblutung

Pulsfrequenz =
 $1/\text{Abstand zweier R-Zacken}$

PPG-Pulsfrequenz-Feedback

Therapeutische Ziele des Pulsfrequenz-Feedbacks

- **Reduktion** der Pulsfrequenz
(Richtwert 60 - 80 bpm in Ruhe)
- **Stabilisierung** der Pulsfrequenz, Reduktion
funktioneller Arrhythmien
- **Ausbau** der respiratorischen Sinusarrhythmie (RSA),
bzw. Herzfrequenzvariabilität (HRV)



Pulsfrequenz od. Herzrate

- **Abnahme der Pulsfrequenz** bei Entspannung, Orientierung und Aufmerksamkeitsprozessen (mit Informationsaufnahme).

- **Anstieg der Pulsfrequenz** bei Schmerz- und Angstreizen, sowie physischen Belastungen.





Psychophysiologische Grundlagen

- **Atmung** als deutlicher Einflussfaktor der Herzfrequenz (**respiratorische Sinusarrhythmie - RSA**), v.a unter Entspannung sichtbar.
- **Stressoren** oder psychische Aktivität (u.a. Schmerz) erhöhen die Frequenz, **Entspannung** reduziert sie und verbessert die RSA.
- **Kognitive Faktoren** als deutlicher Einflussfaktor der Herzfrequenz (Abnahme bei Informations-aufnahme, Zunahme bei Erwartung einer Aktivität).

PPG-Pulsamplituden-Feedback

Vaso-Sensor

SOFT® -
Vasosensor
an der A. temporalis
superficialis
(Vasokonstriktions-
training bei Migräne)





Als ob ein zu enger Helm
den Kopf zusammen drückt



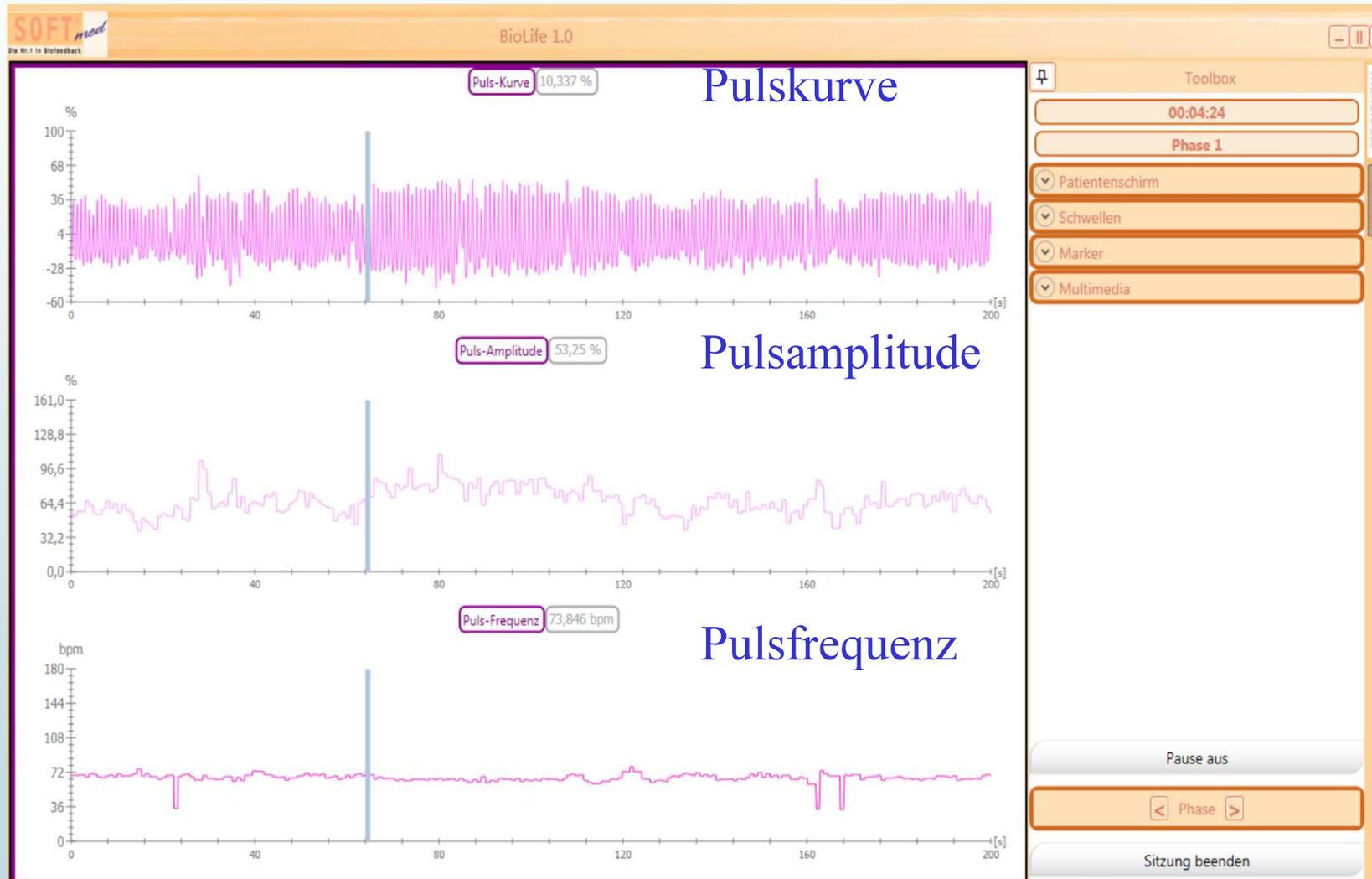
Therapeutische Ziele des Pulsamplituden-Feedbacks

- **Erhöhung** der peripheren Durchblutung
- **Reduktion** der Durchblutung im Kopfbereich (Vasokonstriktionstraining)
- Zielwert ist (stabile) Veränderung in **Relation zum jeweiligen Ausgangswert!**
(keine Normwerte – relative Veränderungen)



INDIKATIONSBEREICHE

- Behandlung von **Bluthochdruck (RSA)**
- Behandlung von **Panikattacken (PF)**
- Behandlung von **Migräne (PA)**
- **Durchblutungsstörungen (PA)**
- Indikator **kardiovaskulärer Entspanntheit (PA, RSA)**



SOFT med BioLife 1.0

Puls-Amplitude 102,742

161,00

Vasokonstriktionstraining

00,00

Menüleiste Toolbox

00:04:13

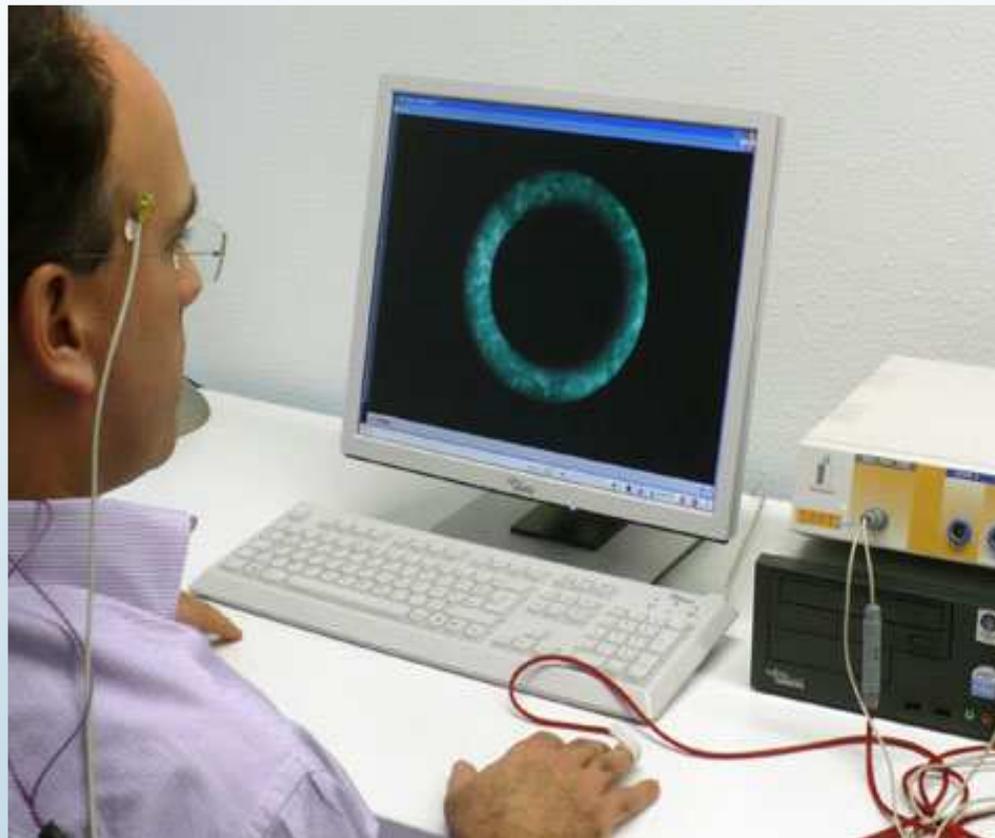
Feedbackmodus Torus

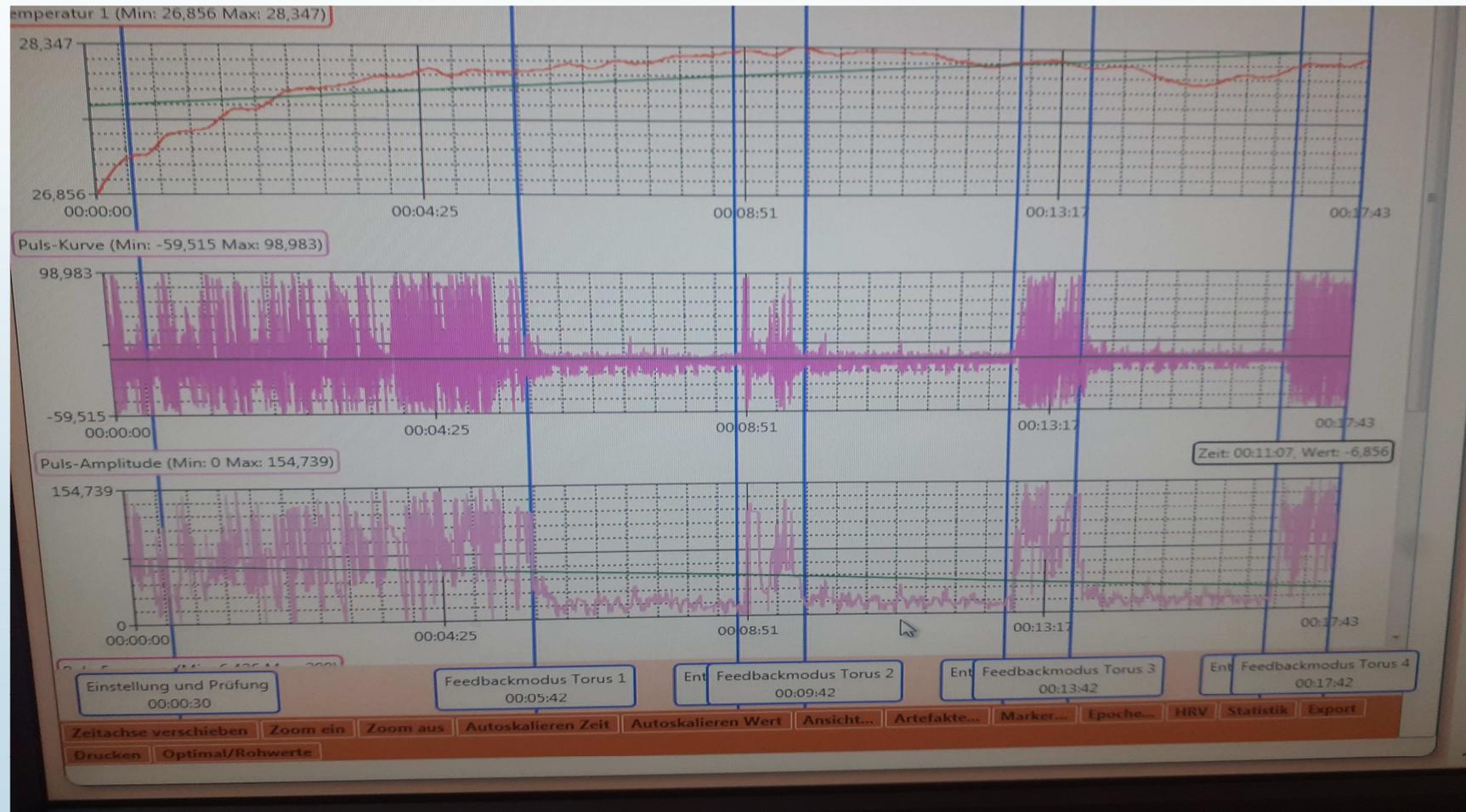
- ▼ Patientenschirm
- ▼ Schwellen
- ▼ Marker
- ▼ Multimedia

Pause ein

◀ Phase ▶

Sitzung beenden





Temperatur-Feedback



Psychophysiologie

Gut verwendbares, **langsames** Maß als PPG
für erhöhte **periphere Durchblutung** in
Richtung Entspannung.



Physiologie

- Die **physikalische Einheit** der peripheren Temperatur ist **Grad Celsius (° C)**.
- Die periphere Temperatur hängt vom **Ausmaß der Durchblutung** ab.
- Die Temperatur ist als ein sich **träge** veränderndes **Durchblutungssignal** zu interpretieren (periphere Gefäßerweiterung).
- **Einflussfaktoren** wie Außentemperatur und Haltung sind zu berücksichtigen.

Therapeutische Ziele des Temperatur-Feedbacks

- **Erhöhung** der peripheren Temperatur auf über 30°C.
- Konstantes **Beibehalten** der gewünschten Temperatur.



INDIKATIONSBEREICHE

- Durchblutungsstörungen (Morbus Raynaud)
- Allgemeines Entspannungstraining
- Behandlung von Migräne

Übungen - Temperatur

- Anlegen des Multisensors
- Starten einer Therapievorlage:
- Entspannungstraining/Aktive Entspannung/Handerwärmungstraining (Regenbogenkreis)
- Konkretes Üben von Veränderungen

Lernziele Software-Bedienung:

- Patientenschirm:
- Animation Temperatur 1
- Empfindlichkeit mit “+” soweit erhöhen , dass Schwankungen sichtbar werden
- “AS” ausprobieren: Automatische Sensibilitätseinstellung (30 sec Einstellzeit!)
- Marker: Übungsphasen markieren
- Einstellungen
- Darstellung
- Auswahl einer anderen ANIMATION (z.B. Regenbogenweg)
- Wegklappen der Toolbox

EMG

Muskelspannungs-Feedback

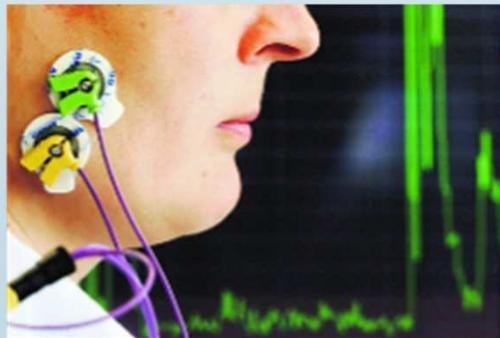


Elektromyographie

- Innervation der Muskelfasern über Motoneuron (=motorische Einheit), Neuronen „feuern“, Muskelfasern kontrahieren
- Muskelfasern enden an den Sehnen → Übertragung der Kontraktionskraft auf das Skelett
- Aufzeichnung der elektrischen Aktivität der Muskulatur (=Muskelaktionspotentiale)
- Messung der tonischen und phasischen Oberflächenspannung

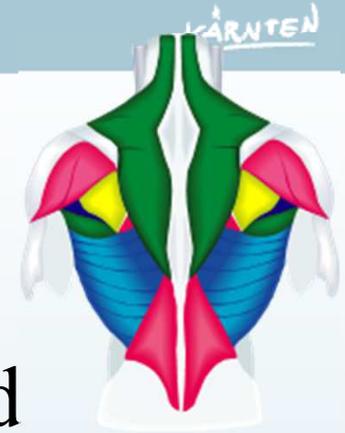
Kennwerte der Muskelspannung

Die *physikalische Einheit* des EMG ist
das
mikroVolt (μV).



Methodik der Elektromyographie

- Einsatz von Oberflächen-
elektroden  Entspannungstraining
Reedukation
- Einsatz von Vaginal-
oder Rektalelektroden  Beckenbodentraining
Inkontinenztherapie



Elektrodenplatzierung

- Alle Muskelaktivität, die zwischen und unterhalb der **aktiven Elektroden** erzeugt wird, wird registriert.
- Die **Referenzelektrode** sollte symmetrisch zu den aktiven Elektroden angebracht werden.

Vorbehandlung der Ableitorte der Klebeelektroden

- **Entfetten** (Alkohol, Wundbenzin), abtrocknen lassen
- **Aufkleben** der vorgelierten Elektroden
- Idealerweise einige Minuten **warten**, bis das Leitgel in die Haut eindiffundiert ist.

Ich kann den Fortschritt sehen
MUSKELSPANNUNG (M. frontalis)

Normwert (Cram, 1990):
ca. 1,9 μ V

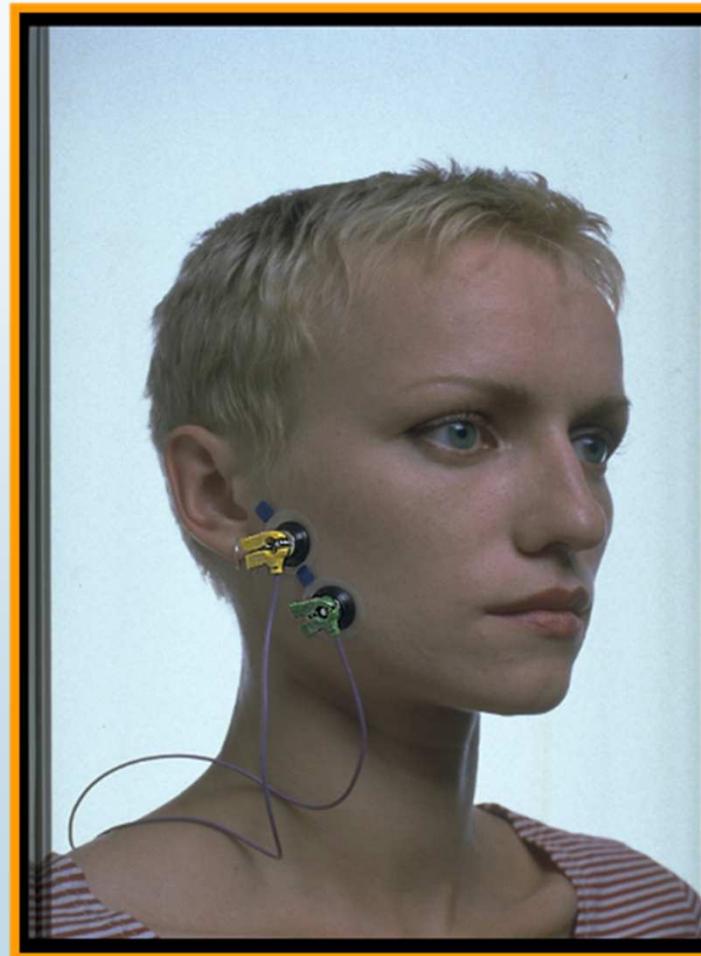


Ich kann den Fortschritt sehen
MUSKELSPANNUNG (M. trapezius)

Normwert (Cram, 1990):
ca. 2,2 μV

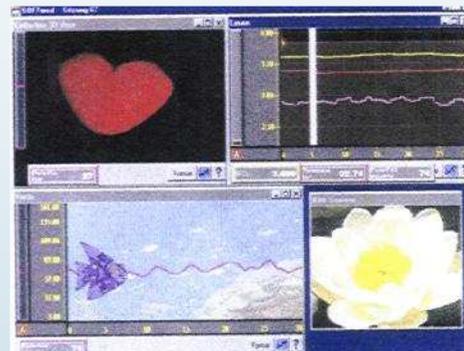


Ich kann den Fortschritt sehen
MUSKELSPANNUNG (M. masseter)



Normwert (Cram, 1990):
ca. 1,7 μ V





Ich kann den Fortschritt sehen

MUSKELSPANNUNG

Verspannungen abbauen und
Zusammenhang zwischen
Schmerz und Stress bewusst machen.



Indikationsbereiche

- Reduktion **muskulärer Fehlbelastung**
- Behandlung **psychovegetativer Störungen**
- **Tranceinduktion**
- als Begleitbehandlung von **Asthma**

Therapeutische Ziele des EMG-Trainings

1. Entspannung

- maximale **Muskelentspannung**
- Bewusstmachen des **Einflusses von mentalen bzw. emotionalen Zuständen** auf die Aktivität des Muskels (**Spannungswahrnehmung**)
- Körperhaltung + Muskelspannung /
Haltungsmodifikation**



Therapeutische Ziele des EMG-Trainings 2. Reedukation

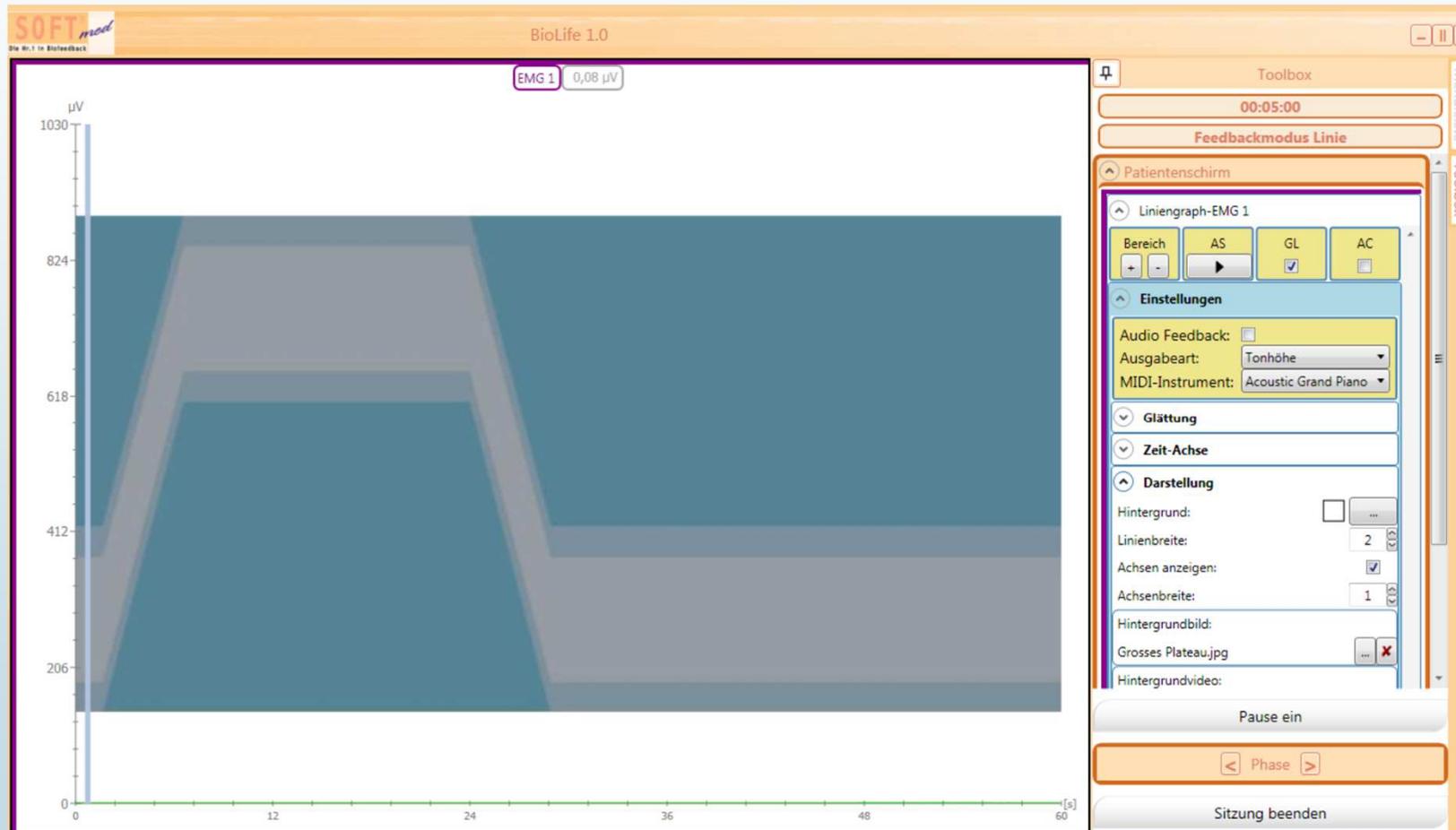
- Muskelfindung
- Muskeltraining



EMG -Indikationsbereiche

- Behandlung von **Spannungskopfschmerz**
- Behandlung von **chronischen Rückenschmerzen**
- **Muskelaufbau** (Inkontinenz, Lähmungen)
- allgemeine **Entspannungsinduktion**
- Behandlung von **Bruxismus**
- Behandlung von **Tortikollis**
- Behandlung von **Inkontinenz**
- Behandlung von **Lähmungen**

BioLife - Muskelaufbautraining



ATEM-Feedback

ATEMSENSOR

ATEMFREQUENZ

ATEMTIEFE

ATEMKURVE

für gezieltes Atemtraining,
Bauchatmung ...

Messtechnik

- **Infrarotsensoren**

Messen die
Entfernungsänderung
zwischen Sensor und
Körperoberfläche.

- **Atemgurt
(Polargurt)**

Misst die Dehnung
des Brustkorbes oder
Bauchraumes.

Atemsensoren

Infrarotsensor

berührungslose
Messung
der Atmung



Ca. 15 cm Abstand

Psychophysiologie der Atmung

- **Brustatmung** als Ausdruck von Angst und Abwehr (auch körperliche Belastung!)
- **Bauchatmung** als Ausdruck psychischer und muskulärer Gelöstheit
- Die Atemfrequenz wird in **Cycles per minute** (cpm – Atemzüge/Minute) angegeben.

Physiologische Grundlagen

- Inspiratorische Erweiterung der Bronchial-muskulatur wird **sympathisch** gesteuert
- Herzfrequenz steigt
- Expiration (Ausatmung) wird **parasympathisch** gesteuert
- Herzfrequenz sinkt (= RSA)

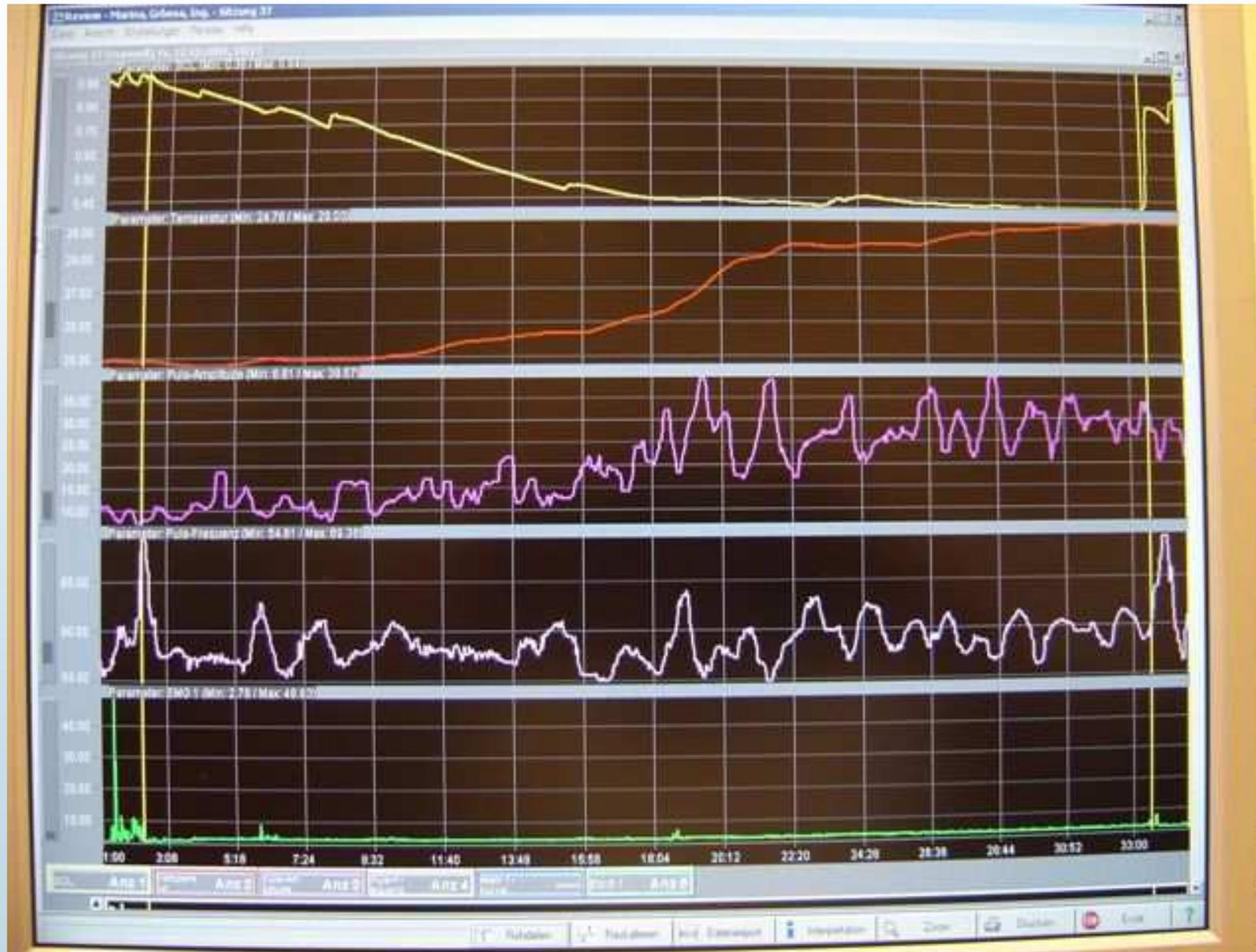


Indikationsbereiche

- zur Induktion allgemeiner **Tiefenentspannung**
- Verbesserung des **Atemverhaltens**
- Behandlung von **Hyperventilation**
- Behandlung von **Panikattacken**

Atem-Feedback - Modi

- **Atemrohrkurve:**
- Linienmodus
- Kreisringmodus
- Ton (Lautstärke)
- „Blubb“ Atempacing
- **Atemfrequenz:**
- Balkenmodus



Biofeedback in der Schmerztherapie und weitere Anwendungsgebiete

Indikationsstellung- Erfolge belegt

- Spannungskopfschmerz
- Migräne
- Rückenschmerzen („low back pain“)
- Morbus Raynaud

Anwendungsbereiche bei Erwachsenen

- Angststörungen
- Posttraumatische Belastungsstörungen
- Essstörungen
- Schlafstörungen
- Tinnitus
- Harninkontinenz
- Substanzabhängigkeit
- Neurofeedback: Epilepsie, ALS

Ist Biofeedback wirksam?

Yucha & Montgomery's (2008)

Level (AAPB)	Indikation
5 = wirksam und spezifisch	Inkontinenz
4 = wirksam	z.B. Angststörungen, Chronischer Rückenschmerz, Spannungskopfschmerz, Migräne, Morbus Raynaud, Temporomandibuläre Störungen, Essentielle Hypertonie, ADHS...
3 = wahrscheinlich wirksam	z.B. Schlafstörungen, Alkoholismus,...
2 = möglicherweise wirksam	z.B. Depression, Post Traumatische Belastungsstörung, Tinnitus, Asthma, Fibromyalgie,...
1 = empirisch noch nicht belegt	z.B. Essstörungen,...

Relativierung des klassischen Paradigmas: Das Schmerzerleben ist (relativ) unabhängig vom Gewebsschaden

- Variabilität der Schmerzreaktionen bei identischer Schädigung (Noxe)
- Abklingen der Grunderkrankung und Persistenz der Schmerzen
- Verwundung und kein Schmerzverhalten (Stressanalgesie)
- Schmerzverhalten aber kein Schmerz ? (Geburt)
- „leichte“ Befunde: aber „zuviel“ Klagen
- Massive Befunde: aber kein Klagen
- Massives Klagen + Operation: kein Befund (Appendektomie)
- Schmerz springt, wandert, wechselt Symmetrie (syndrom-shift)
- Ortswechsel + kein Schmerz



Schmerz als eine „ als ob-
Erfahrung“

Hauptziel der Biofeedbacktherapie

Entwicklung von Selbstkontrolle über körperliche Vorgänge



Inhalte von Biofeedback- Sitzungen

- Diagnostik und Stresstest
Demonstration der Wirkung individuell belastender Gedanken und
Stressprovokationstests Stresstest
- Übungen zur Aufmerksamkeitsfokussierung
- Training der Regulationsfähigkeit der physiologischen Parameter
- Informationsvermittlung zu psychophysiologischen Zusammenhängen

Was fördert den Behandlungserfolg ?

- Selbstwirksamkeitserwartung
- Wahrnehmung der körpereigenen Prozesse (Interozeption)
- pos. Behandlungserwartung
- pos. Therapeuten – Patienten Interaktion
- angstfreies Behandlungsklima
- durch Wissensvermittlung Einstellungsveränderung
- Veränderung von subjektiven Krankheitsmodell
- **Keine Nebenwirkungen**

Behandlungserfolg durch Veränderung der *Selbstwirksamkeitserwartung*

In der Biofeedbacktherapie lernen Personen Körperfunktionen beeinflussen die sie bislang als unbeeinflussbar einschätzten.

Der Therapieerfolg ist daher umso größer, je stärker die Person die Erfahrung macht, dass sie selbst Kontrolle über Funktionen und Bereiche hat, denen sie bislang hilflos ausgeliefert war.

Psychologische Interventionen bei Rückenschmerzen - Kognitiv-behavioraler Therapieansatz-

- Psychoedukation (Schmerzentstehung,-verarbeitung)
- Auslöser von Schmerz und Stress
- **Biofeedback (EMG Feedback)**
- Entspannungsübungen (PMR)
- Kognitive Methoden (Aufmerksamkeitslenkung ...)
- Analyse und Veränderung von schmerzfördernden Bedingungen
- Analyse und Veränderung schmerzfördernder Gedanken, Gefühle und Erwartungen
- Förderung von Lebenszufriedenheit (Genußtraining)

Literaturempfehlungen Biofeedback-Grundlagen

- **Lehrbuch der Psychophysiologie** R. Schandry, BeltzPVU, 2011
- **Biologische Psychologie** N. Birbaumer, R. Schmidt, Springer, 2010
- **Biofeedback** Hans Zeier, Huber, 1997
- **Biofeedback – A Practitioner’s Guide**
M. S. Schwartz, F. Andrasik, Guilford Press, 2005
- **Biofeedback-Therapie** N. Birbaumer, W. Rief, Schattauer, 2010
- **Wie wirksam ist Biofeedback?** A. Martin, W. Rief, Huber, 2009
- **Biofeedback** E. Weissacher, J. Heuser, Irisiana, 2008



SCHUHFRIED