

Inhaltverzeichnis

Vision+	10
Herzvariabilität (HRV) - Messung	11
Was kann man tun, damit es besser wird?	12
Auf einen Blick können Sie sagen	12
Geschichte und ursprüngliche Anwendungsbereiche	13
Einsatzbereiche der HRV	13
Heutige Anwendungsbereiche	14
Die Analyse des vegetativen Nervensystems (VNS)	16
Eine Besonderheit der VNS-Analyse ist die Therapiekontrolle	16
Kontraindikationen	16
Was verrät die Herzvariabilität?	17
Zum besseren Verständnis	18
Exkurs zur Klarstellung:	19
Welche Möglichkeiten eröffnet die Herzratenvariabilität?	19
Zum besseren Verständnis zum Zweiten	20
Informationssicherheit und frei von Elektrosmog	21
Praktisch und bequem	21
Stress	22
Das Verhältnis von Anspannung zu Entspannung ist nicht mehr biologisch!	23
Stress hat viele Gesichter und Ursachen:	23
Die Folgen von Stress (Stresserkrankungen) können sein:	24
Eine logische Kette:	25
Heute sehen, was morgen krank macht (Heilungsprozesse auslöst)	26
Schritt 1	26
Schritt 2	26
Schritt 3	27
Schritt 4	27
Unsere Leistungen	28
Vor dem Beratungsgespräch:	28
Während des Beratungsgespräch:	28
Nach dem Beratungsgespräch:	28
Echte unterstützende Sofortmassnahmen	29
Das Atem Regulationsmodul	29

Atemtraining – Taktung und Einfluss auf HR und Emotionen _____	30
Das Sound Regulationsmodul _____	30
Das Tagestraining _____	31
COCORO QUICKWINS _____	31
Was kann Stress Regulation bewirken? _____	32
Auswirkungen auf Stress- und Resilienzkompetenz _____	33
Als Immunsystem der Seele bei _____	33
Einflussfaktoren auf die HRV _____	34
Das vegetative Nervensystem VNS _____	37
Sympathikus / Parasympathikus _____	37
Messung der Herzratenvariabilität _____	39
Frequenzbasierte HRV Parameter _____	39
EKG-Einzelkomponenten _____	40
Herzschlag mit Normverlauf im EKG _____	40
EKG-Verlaufstrecken _____	42
Technische Artefakte* _____	42
Feines, hochfrequentes und regelmäßiges Flimmern der Nulllinie des EKGs _____	42
Unregelmäßiges, feines bis grobes Flimmern der Nulllinie des EKGs _____	43
Wandernde oder springende EKG-Grundlinie _____	43
Niedrige Amplituden der Herzaktionen _____	44
Mess- und Auswertungsfunktionen _____	45
EKG-/HRV-Erfassung _____	46
Rhythmogramm _____	47
Variabilität ist ein Zeichen von energieschonendem Arbeiten und guter Anpassungsfähigkeit! _____	49
Dynamik des funktionalen Zustands/Ansichtswechsel Rhythmogramm _____	50
Setting Compliance Index (SCI) _____	51
Vegetative Regulation I _____	52
LF _____	54
HF _____	54
VLF _____	54
Index der Stressbewertung _____	55
Das Autokorrelationsportrait _____	56
Index der Zentralisierung _____	57
Vitalitätsindex _____	57
Vegetative Regulation II _____	58

Das Histogramm _____	58
Index der Anspannung _____	60
Das Skatterogramm (Poincaré Plots) _____	61
Vegetativer Index des Herzrhythmus _____	63
Vegetative Regulation III _____	64
Frequenzspektrum _____	64
Total Power _____	66
Werteskala (Zirkaangaben) _____	67
Risiko-Analyse _____	68
Zentrale Regulation _____	70
Neuro-Dynamische Matrix _____	70
Index der zentralen Regulation _____	71
Energetische Pyramide _____	72
Energiereserven _____	73
Energetisches Gleichgewicht _____	73
Psycho-emotionaler Zustand _____	74
Spline-Karte der Gehirnaktivität _____	74
Index des psycho-emotionalen Zustands _____	75
Peripheres Hirnfrequenz-Kontinuum _____	76
DELTA-WELLEN / I: Stress/stressbedingter Ressourcenabbau (0 Hz - 5 Hz) _____	76
THETA-WELLEN / II: Mentale Desynchronisation (5 Hz - 10 Hz) _____	78
ALPHA-WELLEN / III: Kognitive Integration (10 Hz - 15 Hz) _____	78
BETA-WELLEN / IV: Kognitive Leistungsfähigkeit (15 Hz - 20 Hz) _____	80
GAMMA-WELLEN / V: Psycho-emotionale Desynchronisation (20 Hz - 25 Hz) _____	81
Fraktal-Analyse _____	84
Fraktalportrait der Harmonisierung der Biorhythmen _____	84
Bewertungshinweise Bereiche 83 % - 100 % sowie 66 % - 83 %: _____	84
Bewertungshinweise Bereiche 66 % - 50 % sowie 33 % - 50 %: _____	84
Bewertungshinweis Bereich 17 % - 33 %: _____	85
Bewertungshinweis Bereich 0 % - 17 %: _____	85
Niveau der Harmonisierung der Biorhythmen _____	86
Gerontologische Kurve _____	87
Gesamtanalyse _____	88
Indices des funktionellen Zustandes _____	88
Integrierter Gesundheitsindex _____	90
Die Dynamik der Werte des Funktionszustandes _____	92
Tagesleistungsprognose _____	93
Aura-Portrait _____	94

Was sehen wir im Auroportrait?	96
1. Ausdehnung / Verteilung / Kontur / Form	96
2. Farbe der Figur und Veränderungen	97
	97
3. Index und Indexbewertung (Farbkodierung)	98
4. Vergleich über einen längeren Zeitraum	98
5. Vergleich bei sportlicher Aktivität und Trainingsverlauf	99
6. Individuelle Prozesse im Kontext beobachten und verstehen.	100
Chakrenaktivität	101
Meridian-Diagramm	103
Organuhr	105
• Uhrzeiger	106
• Meridian-Vieleckdiagramm	107
• Meridian-Systemstabilität	108
Säulendiagramm	110
Grundlegende Zustände der Meridianqualitäten	110
Beispiele für Ausprägungen von Yin und Yang in der chinesischen Philosophie	111
Yin-Yang-Kreise	112
Meridiane	112
Parameterübersicht	114
Gruppe Herztätigkeit	114
Gruppe Vegetative (autonome) Regulation	117
Gruppe Statistik	118
Gruppe Frequenzspektrum	120
Gruppe Histogramm	122
Gruppe Autokorrelation	124
ÜBUNGEN ZUR VERBESSERUNG DER HERZRATENVARIABILITÄT	126
Parameter einer guten HRV	126
Die Ohrmuschel-Massage	126
Mundwinkel hoch	126
Eiswassertauchen	127
Gedichte aufsagen	127
Powernapping	127
Musikalisch ausatmen	128
Atmen, aber richtig	128
Aktive Meditation	129

Die Aussichten auf bessere Entspannung _____	129
Die HRV am Gaumenbogen ablesen? _____	130
Der Vagus-Test _____	130
Zusammenhang zwischen Vagus und Gaumenbogen _____	131
Ein paar Hintergründe zum Vagus-Test _____	132
EINE KURZE EINFÜHRUNG IN DIE POLYVAGAL-THEORIE _____	133
Die 3 Reaktionsmuster _____	133
1. Social-Engagement-System (SES) _____	133
2. Sympathikus _____	133
3. Parasympathikus _____	134
Die Doppelrolle des Parasympathikus _____	134
1. Der vordere Vagus-Ast _____	134
2. Der hintere Vagus-Ast oder auch „alter Vagus“ _____	135
3. Ständige Anpassung als Schutz - Neurozeption _____	135
4. Falsch verlaufende Neurozeption _____	136
5. Eine Chance für Trauma-Patienten _____	136
6. HRV-Parameter als Hinweise für ein Trauma? _____	136
Der Parasympathikus kann schneller reagieren _____	137
Verschiedene Überträgersubstanzen machen den Unterschied _____	138
Singen für eine gute HRV _____	139
Sänger und Messmethoden _____	139
Der Studienaufbau – Summen, Hymne, Mantra _____	140
Der Sinn hinter der Musikauswahl _____	140
Die Rolle der Atmung auf das Herz _____	140
Der Einfluss der Stücke auf den Herzschlag _____	140
Die Veränderungen der HRV _____	141
Weitere Messergebnisse – nicht aussagekräftig _____	141
Singen für das Gemeinschaftsgefühl _____	141
Der HRV-Geschlechtervergleich _____	142
Mehr Gesamtpower bei den Männern _____	143
Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Angleichung _____	143
Chronobiologie – die Wissenschaft der Lebensrhythmen _____	144
Ein natürlicher Rhythmus bestimmt das Leben _____	144
Das Bunker-Experiment von Aschoff _____	145
Störungen der inneren Uhr _____	145
Wenn das Leben aus dem Takt gerät _____	146
Herzrhythmusflexibilität = HRV plus Chronobiologie _____	147

Der Puls-Atem-Quotient gibt Auskunft über die Abstimmung	147
Zum eigenen Rhythmus zurückfinden	147
Das Herz – mehr als ein fleißiger Muskel	148
Ein besonderer Muskel	149
Taktgeber Sinusknoten	149
Die Backup-Schrittmacher	150
Ein Leben mit der Eigenfrequenz	150
Die Anpassungsfähigkeit des Herzschlags	150
Der Parasympathikus kann schneller reagieren	151
Verschiedene Überträgersubstanzen machen den Unterschied	151
Pause für das Herz	152
Mein Fazit	152
Das VNS – kurz und anschaulich	152
Das einzige VNS-Lehrbuch	153
Erklärungsversuche aus der Praxis	153
Der Kutscher	153
Der Hausmeister	154
Die Heizungsanlage	154
Mein Fazit	154
BRAC – der Rhythmus für die Leistung im Alltag	155
Spitzenkräfte zeigen, dass der BRAC funktioniert	156
BRAC im normalen Leben	156
Berechnung des Poincaré-Diagramms aus RR-Intervallen	157
Im Prinzip einfach	158
Quantitative Auswertung – Berechnung von SD1 und SD2	162
RMSSD – der HRV-Wert für die Erholungsfähigkeit	164
Kurze Beschreibung und Einordnung	164
Vergleich zwischen RMSSD und pNN50	164
Vergleichbare HRV-Werte mit ähnlicher Aussage	165
Der RMSSD in RSA- und Kurzzeitmessung	165
Aus der Veränderlichkeit Rückschlüsse ziehen	165
RMSSD in der Langzeitmessung	166
Messfehler erkennen und vermeiden	166
Unfaire Löhne sind Stress für das Herz	167

Simulation von Ungerechtigkeit _____	167
Messung der HRV-Änderung _____	167
Auswirkungen auf die HRV _____	168
Gesundheitliche Einschätzung bestätigt die HRV-Werte _____	168
Fazit _____	168
<i>Training optimieren mit HRV und Orthostatic-Test</i> _____	169
Overtraining oder Overreaching – die Trainingswirkung auf Parasympathikus und Sympathikus ____	170
Wie reagieren Parasympathikus und Sympathikus auf die körperliche Belastung? _____	170
Der Orthostatic-Test _____	170
RMSSD und Herzfrequenz als Trainings-Coach _____	171
Unser Fazit _____	174
<i>Abtastrate beeinflusst HRV-Werte</i> _____	174
Was ist die Abtastrate? _____	174
Kleine EKG-Kurvenkunde _____	176
Auswirkungen einer hohen und niedrigen Abtastrate _____	176
Auswirkung der Abtastrate auf die HRV-Werte _____	177
Herzratenvariabilität eines 20-jährigen untrainierten gesunden Menschen: _____	178
Ergebnisse einer 75-jährigen Frau mit stark eingeschränkter HRV nach einem Herzinfarkt: _____	178
Wie genau messen Brustgurte? _____	179
HRV-Messung ohne Elektroden oder Brustgurte _____	180
Fazit: Welche Abtastrate ist sinnvoll? _____	181
<i>Traditionelle Chinesische Medizin im HRV-Test</i> _____	181
Die Eckdaten einer Langzeitbeobachtung _____	181
Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit _____	183
Steigerung des RMSSD-Wertes und Verringerung des Stress-Index _____	183
Einteilung der HRV-Messwerte zur Stress-Bewertung _____	185
Über die Langzeitbeobachtung _____	185
<i>SDNN – der HRV-Wert für die Anpassungsfähigkeit</i> _____	186
Die SDNN und andere HRV-Werte _____	187
SDNN-Normwerte nur als Anhaltspunkt _____	187
Einflüsse von Alter, Geschlecht, Tag und Nacht _____	188
SDNN in der Kardiologie _____	189
Was es bei der Messung zu beachten gibt _____	189
Fazit von Bernd Heiler _____	189

<i>Alkohol beeinflusst HRV und Schlaf</i>	190
Wieviel Alkohol ist verträglich?	190
HRV-Folgen von regelmäßigem Alkoholgenuss	191
Warum Alkohol nicht entspannt	191
<i>Mit dem Alter ändern sich die HRV-Werte</i>	192
HRV-Normwerte je nach Alter	193
Altersunterschiede bei den HRV-Parametern	194
Ohne Altersbezug: Tipps für Selbstanwender	195
Sinn oder Unsinn? Das biologische Alter	195
<i>Der beste Zeitpunkt für die HRV-Messung nach dem Training</i>	196
Der Trainingszustand bestimmt den Zeitpunkt mit	196
Die Trainingshäufigkeit spielt auch eine Rolle	197
Kleiner Regulations-Check für zwischendurch	197
Eine Empfehlung für die Messung nach dem Training	197
Mit dem Mess-Ergebnis umgehen	198
Baseline: Drei Messungen pro Woche als Anfang	199
<i>Regenerations-Kleidung im HRV-Test</i>	199
Was löst im Kleidungsstoff die entspannende Wirkung aus?	200
Über die Haut entspannen	200
Kleiner Test zur Wirkung auf die Muskeln	201
Die Studienlage zur Regenerationsfaser DPV576	201
Die Kollektion der Entspannungsmode	203
Meine eigenen Erfahrungen	204
Mein Fazit	205
<i>Schallpause – klanglich angepasste Musik zur Entspannung</i>	205
Stress-Wirkung lindern mit klanglich angepasster Musik?	206
Welche Musik mag der Parasympathikus?	206
Eigene Modulationen der Schallpause	207
Frequenz der Stimme	207
Bi- und monaurale Beats	207
Sinustöne	208
Mikrotonale Töne	208
So hört sich die Schallpause an	208
Musik für jede Lebenslage	209

Für wen eignet sich die Schallpause? _____	209
Wie wird Schallpause angewendet? _____	209
Meine Erfahrungen _____	210
<i>Koffein beeinflusst die HRV</i> _____	212
Koffein – Schutz für Diabetiker _____	213
Ist der Morgenkaffee gut für HRV? _____	213
Die Wirkung im Körper _____	213
Vor der HRV-Messung keinen Kaffee trinken _____	214
Wirkungsdauer des Koffeins _____	214
Wieviel Koffein ist gut für die HRV? _____	215



Vision+

YIN

YANG

VISION	Führt zu einem besseren Miteinander in jedem Lebensbereich	Stress gesellschaftsfähig zu machen
MISSION	Entwickelt die Kompetenz, sich besser zu fühlen	Die Grundlage zu schaffen, um Stress vorzubeugen und sich davor zu schützen
LEITSATZ	Bringe Verstand und Herz in dein Handeln	
KERNWERTE	Gesunder Menschenverstand	Für innere Klarheit
	Authentizität	Für eine bewusste Selbstreflexion
	Selbstverantwortung	Für eine verbesserte Alltagskompetenz
WARUM	Es macht das Leben einfacher	Wir haben das natürliche Streben, uns besser zu fühlen
MOTIVATION	Es entspannt	Was man tut, soll Freude machen
PHILOSOPHIE	Es erleichtert	Entscheidungen führen aus Komfort-Zonen
DAS TUN WIR	Das schafft Klarheit	Wir machen Stress sichtbar
NUTZEN	Schutz kann rechtzeitig erfolgen	Heute sehen, was morgen Heilungsprozesse auslöst
VERSPRECHEN	Do it works	
MOTTO	Nimm's patgific.	



Herzvariabilität (HRV) - Messung

Nimm's  patgific

" Die Herzratenvariabilität stellt nach Meinung der modernen Kardiologie den wichtigsten Prognoseparameter für Herz- und Immunerkrankungen dar und gestattet darüber hinaus eine Aussage über die allgemeine Regulationsfähigkeit und Gesundheit des Gesamtorganismus. Menschen, deren Herzfrequenzvariabilität eingeschränkt ist, entwickeln über kurz oder lang statistisch signifikant gravierende Gesundheitsstörungen wie Herzkrankheiten, Depressionen und Neuropathien bis hin zum Krebs. Eine Verbesserung der Variabilität im Herzschlag durch gezielte lebensstilmedizinische Interventionen gestattet es, alle Arten an Medikamenten einschließlich Psychopharmaka einzusparen, weil dadurch die Anpassungsfähigkeit des Gesamtorganismus verbessert wird"

Ärztomagazin (37/2004)

Wir messen mit einer bislang unerreichten Präzision in der Herzratenvariabilitäts Erfassung, was Sie nicht sehen können:

Wie gut kommt Ihr Körper mit Ihrem aktuellen Lebensstil zurecht?

Was kann man tun, damit es besser wird?

Zwei Optionen, die in jedem Fall funktionieren:

- Nichts – *es bleibt so, wie es ist und/oder es wird schlimmer*
- Bringe Verstand und Herz in dein Handeln – *es wird besser*

Do **it** works

Auf einen Blick können Sie sagen

Es ist alles im grünen Bereich oder - es besteht Handlungsbedarf

HRV beschreibt die Regulationsfähigkeit des Organismus, ad-hoc angemessen auf ständig wechselnde äußere und innere Reizeinwirkungen reagieren zu können. Der physiologische Gradmesser dieses Anpassungsvermögens ist die Fähigkeit des Herzens, den zeitlichen Abstand von einem Herzschlag zum nächsten fortlaufend belastungsabhängig variieren zu können. Ein gesundes Herz schlägt deshalb unregelmässig.

Geschichte und ursprüngliche Anwendungsbereiche



Erste Beobachtungen zum Phänomen der HRV reichen über 1.700 Jahre zurück in das 3. Jahrhundert nach Christus. Damals analysierte der chinesische **Arzt Wang Shuhe** in seinen Schriften verschiedene Puls-Typen und beschrieb ihre klinische Bedeutung. Eine seiner Feststellung erinnert frappierend an das Phänomen der HRV:

"Wenn der Herzschlag so regelmäßig wie das Klopfen des Spechts oder das Tröpfeln des Regens auf dem Dach wird, wird der Patient innerhalb von vier Tagen sterben."

Offenbar hatte der chinesische Gelehrte erkannt, dass ein variabler Herzschlag Zeichen von Gesundheit ist.

In der modernen Wissenschaft wird die HRV erstmals Mitte der 60-er Jahre als diagnostisch wichtiges Phänomen beschrieben. Die von uns verwendete Messtechnik basiert auf einem nicht linearen analytischen System für Medizin und Vitalität (NILAS®) und dem HRV-Monitor von «Dinamika». Das Gerät ist zur Anwendung durch ausgebildetes Fachpersonal oder Ärzte vorgesehen.

Einsatzbereiche der HRV

Der Einsatzbereich war bisher vorbehalten für

- **Fachwissenschaftliche Forschungsinstitute und Fachkliniken für:**
 - klinische oder Screening Tests, Bewertung der Wirksamkeit von konventionellen Behandlungen.
- **Kernkraftwerke, Luftfahrtunternehmen, interne Sicherheitsbehörden, Banken usw. sowie spezielle Gesundheitsdienste für:**
 - Tauglichkeitstests
 - Kontrolle des psychophysischen Status von Dispatcher, Piloten, Fahrern usw., d.h. die nervlich fordernde und monotone Arbeit ausführen.

Heutige Anwendungsbereiche

Mittlerweile ist die Herzfrequenzvariabilität als Marker der autonomen Regulation seit den 1990er Jahren in der Kardiologie und Diabetologie etabliert. Seit einigen Jahren rückt sie zunehmend ins Blickfeld von:

- Sportwissenschaftlern
- Psychologen und
- Biologen.

Ein sehr großes HRV-Anwendungsfeld entwickelt sich derzeit im Bereich des systematischen Biofeedbacks, welches die enge Wechselbeziehung zwischen

- Atmung und
- Herzfrequenzmodulation

gezielt ausnutzt.



Diese Biofeedback-Methode findet nicht nur in der psychosomatischen Behandlung von

- Stress
- Depression und Angst

Einsatz, sondern zunehmend auch im

- Betrieblichen Gesundheitsmanagement (BGM) und im
- Sport,

also überall dort, wo die innere Balance zwischen den gestellten Anforderungen und den eigenen Fähigkeiten der Bewältigung «aus dem Lot» geraten kann. Gezieltes kardiorespiratorisches Biofeedback leistet in diesem Kontext einen Beitrag, um

- Nervosität und
- Anspannung



zu reduzieren und im entscheidenden Augenblick konzentriert und fokussiert zu sein.

Die Analyse des vegetativen Nervensystems (VNS)

Eine Besonderheit der VNS-Analyse ist die Therapiekontrolle

Die VNS Analyse ist ein wissenschaftlich anerkanntes Diagnoseverfahren, welches zunehmend auch vermehrt in Praxen bei Therapeuten, Ärzten, Heilpraktikern und Klinken eingesetzt wird.

Egal ob Sie Therapieverfahren aus dem Bereich der Schulmedizin, Naturheilkunde oder Komplementärmedizin einsetzen, mit der VNS-Analyse sehen Sie sehr schnell, ob die durchgeführte Therapie wirksam ist und die Regulationsfähigkeit des VNS verbessert wird oder nicht. Die Therapiekontrolle ist schnell und einfach durchzuführen. **Ein Vorher / Nachher Vergleich zeigt das Ergebnis.**

Mit der VNS Analyse können naturheilkundliche Therapien effektiv und sicher auf ihre Wirkungen und Effekte hin überprüft werden - mit einem wissenschaftlich anerkannten Messverfahren.

Die HRV-Messung ist:

- nicht invasiv
- schmerzfrei
- nebenwirkungsfrei
- schnell durchführbar
- kostengünstig
- wissenschaftlich validiert und anerkannt

Kontraindikationen

Die Messung eignet sich nicht für

- Ein nicht-kooperativer, bewusstloser oder anderweitig handlungsunfähiger Klient
- Klienten, die eine kardiologische Notversorgung benötigen
- Bei Kammer- und/oder Vorhofflimmern
- Unbeaufsichtigte, körperlich stark eingeschränkte oder behinderte Klienten

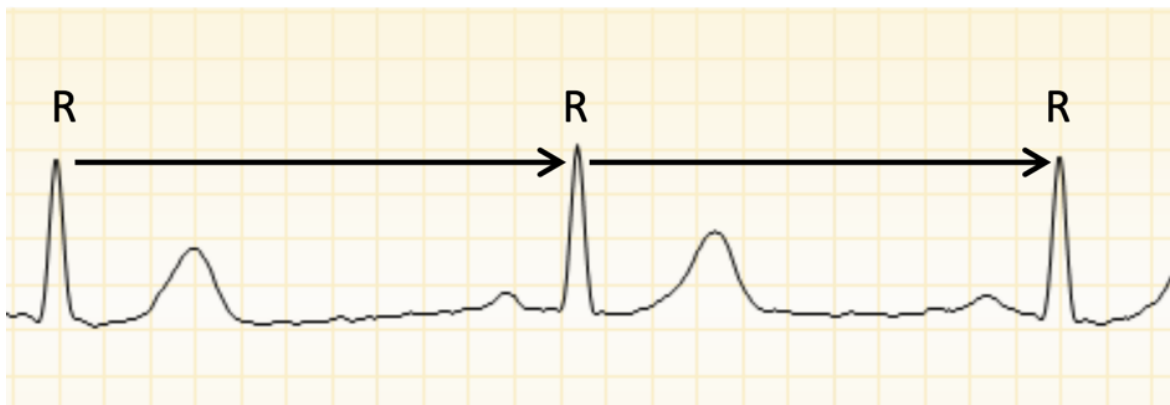


- Klienten mit Tremor-Erkrankungen, z.B. Parkinson-Krankheit
- Epileptiker
- Bei Trägern eines Herzschrittmachers
- Bei Herzinsuffizienz
- Bei Schwangerschaften
- Bei Einnahme von Herzmedikamenten

Die Aufzählung ist nicht abschliessend. Im Zweifelsfall ist ein/e qualifizierte/r Fachspezialist/in beizuziehen. In diesen Fällen ist ein entsprechendes Unbedenklichkeitsattest vorzuweisen. Für EKG-Auswertungen, Diagnosen oder Interpretationen des Kardiographen empfehlen wir speziell ausgebildete Fachspezialisten/innen zu konsultieren.

Was verrät die Herzvariabilität?

Die Länge und Intensität der einzelnen Herzschläge werden exakt festgehalten und liefern ein millisekundengenaues Messergebnis. Im Gegensatz zu einem Pulsmessverfahren, das ohne einen bestimmten punctum maximum lediglich eine Pulswelle aufzeichnet, erfasst das Messmodul mit seiner hohen Abtastrate den genauen Peak von R-Zacke zu R-Zacke.



Zum besseren Verständnis

Das Herz ähnelt in seiner Leistungsfähigkeit einem Auto mit vielen «Gängen». Je nach Verkehrssituation

- Beschleunigen bei einem Überholmanöver
- Abbremsen in einer gefährlichen Kurve oder wenn sich der Abstand zum Vordermann verringert

kann das Auto durch Tritt auf das

- Gaspedal beschleunigt , bzw. auf das
- Bremspedal verlangsamt werden.



Wie gut so etwas gelingt, hängt nicht zuletzt von der Zahl der zur Verfügung stehenden «Gänge» (Zahnradübersetzungen) ab. Ein Fahrzeug, das nur über die beiden mittleren Gänge (zwei und drei) verfügt, hat weitaus weniger «Variabilität» in seinen Fahreigenschaften als eines mit vier oder mehr Gängen: Es wird sowohl bei steilen Bergtouren als auch beim schnellen Fahren in der Ebene erhebliche Schwierigkeiten haben.

Menschen, bei denen dies nicht so gut funktioniert, deren HRV also eingeschränkt ist, entwickeln in einem deutlich höheren Prozentsatz über kurz oder lang gravierende Gesundheitsstörungen wie

- Herzkrankheiten
- Depressionen
- Neuropathien
(Nervenentzündungen)
- Schlafstörungen
- Leistungsabfall
- Krebs etc.



Exkurs zur Klarstellung:

«Anpassungsfähigkeit» hat nichts mit

- «Willenlosigkeit»
- «Schleimerei»
- «Duckmäusertum» usw.

zu tun. Unser Körper «passt» sich ständig an, z.B. an

- Hitze und Kälte
- Tag-Nachtrhythmen und vieles mehr,

sonst könnten wir nicht überleben. «Anpassung» kann in zwei Richtungen erfolgen:

- **«Assimilieren»** - Wenn man versucht, andere oder anderes sich gleich zu machen.
- **«Adaptieren»** - Wenn man sich selbst anderen oder anderem anpasst.

Menschen, die über beide Fähigkeiten verfügen, sind vermutlich am erfolgreichsten. Wer nur assimiliert, erscheint anderen leicht als «Diktator» oder «stur», wer sich nur adaptiert, wirkt schnell «profillos» und «ohne Charakter».

Welche Möglichkeiten eröffnet die Herzratenvariabilität?

Die HRV lädt ein, Gesundheit als Ausdruck optimalen Zusammenwirkens zwischen einem Organismus und seinen Umwelten zu verstehen und die HRV als Mass für mehr oder weniger gute Anpassungsfähigkeit zu betrachten.

Wo solche Zustände nicht erreicht werden, entstehen

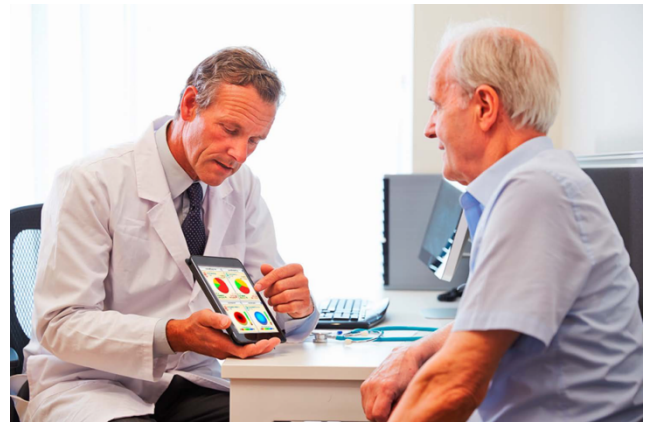
- **Stress** Nicht nur im Erleben, sondern auch biologisch messbar in Form erhöhter Kortisol- und Adrenalinwerten und in der Folge
- **Symptome** Auf der bio-psycho-sozialen Ebene

Anders ausgedrückt:

Symptome lassen sich durchwegs als Ausdruck misslungener Interaktion deuten.

Dagegen äussern sich optimale Interaktionen darin, dass sie von dem betreffenden Menschen als Flow erlebt werden. Im Flow scheint man gleichsam

- in der Situation (Welt) aufzugehen,
- geht alles wie von selbst,
- entstehen Gefühle von Glück, Zufriedenheit und Funktionslust,
- erlebt man sich im Gleichklang (Resonanz) mit sich selbst (den inneren Anteilen) und der Umwelt.



Das günstigenfalls in Flow gipfelnde Prinzip optimaler Anpassung lässt sich mit Hilfe von HRV-Messungen quantitativ erfassen und beschreiben. HRV-Messungen liefern eine biologische (und zugleich messbare) Bezugsgröße für Stresstoleranz bzw. Funktionstüchtigkeit.

Zum besseren Verständnis zum Zweiten

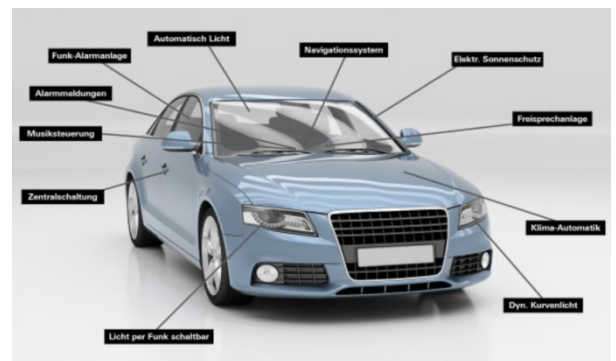
Wir glauben, mit Hilfe unseres Bewusstseins alles kontrollieren zu können. Tatsache ist jedoch, dass unser Bewusstsein nur einen winzigen Bruchteil aller im Organismus verarbeiteten Informationen (Reize) erfassen kann. Das meiste erledigt der Organismus, ohne dass das Bewusstsein es merkt.

Dagegen reagiert das Herz auf viele (unbewusste) Reize (beispielsweise im Schlaf), so dass es unter diesem Gesichtspunkt durchaus intelligenter ist als das extrem schmalspurige Bewusstsein. Entsprechendes gilt auch für die Reaktionsgeschwindigkeit.

Hier hinkt das Bewusstsein immer den körperlichen Prozessen nach. Da es auf körperliche Prozesse angewiesen ist, kann es natürlich auch nicht schneller sein. Hinzu kommt, dass im Gehirn diejenigen Teile, die autonome Prozesse steuern oder von ihnen angeregt werden, längst aktiv sind, bevor die gleichen Signale auch die bewusstenfähigen Gehirnbereiche erreichen.

Die Körperfunktionen sind mit den Herausforderungen des Strassenverkehrs gut vergleichbar. Die autonomen Regulierungssysteme beim Auto heissen beispielsweise

- Servolenkung / Gelenkschmiere
- Regensensoren / Hautsensorium
- Abstandssensoren / Nase Mundgeruch
- Zentralverriegelung / Konzentration
- Freisprechanlage / oft zu viel
- Dynamisches Kurvenlicht / Hals
- Navigationshilfen / Augen
- Elektrischer Sonnenschutz / Lid u.v.a.m.



Alle diese Funktionen gleichzeitig zu bewältigen würden uns überfordern und helfen uns

- mit Verkehrssignalen / ungünstigen Auswirkungen auf unsere Gesundheit
- anderen Verkehrsteilnehmern / Krankheiten, wir nennen es Heilungsprozesse und
- Blitzern / Arzt- und Spitalbesuche

klarzukommen.

Informationssicherheit und frei von Elektromog

Auf jegliche Funksignale wird verzichtet, wie bspw. W-Lan oder Bluetooth, die mitunter bei HRV-Systemen eingesetzt werden. Diese Verfahren beeinflussen die Datenkonsistenz und sämtliche Biorhythmen des Organismus. Folglich verfremden sie das Bild über den tatsächlichen Gesundheitsstatus des Probanden.

Praktisch und bequem

Um die Ergebnisse einer HRV-Messung korrekt bewerten und interpretieren zu können, ist es unerlässlich, im Vorfeld der Untersuchungen die konkrete Fragestellung und die Auswertungsstrategie aufeinander abzustimmen.



Darüber hinaus sind HRV-Parameter als Beanspruchungsdaten konkret belasteter Probanden stets im individuellen psychophysiologischen bzw. sozio-emotionalen Gesamtkontext zu betrachten und ggf. mit ergänzenden Methoden (bspw. Fragebögen zur subjektiven Beanspruchung, zum Stresserleben und dem Gesundheitszustand) zu kombinieren. Am Anfang jeder Gesundheitsmassnahme steht deshalb eine gründliche Analyse und Bestandsaufnahme der Ist-Situation. **Eine Konsultation dauert ca. 90 Minuten** und erfolgt auf Wunsch bequem bei Ihnen zu hause, in Ihrem Büro oder bei uns.

Stress

Was ist der Unterschied zwischen damals und heute? Vitale Bedrohung durch Säbelzahn tiger = Stress am Arbeitsplatz? Der Säbelzahn tiger als vitale Bedrohung ist heute überall, nur in anderer Form und Erscheinung:

- Stress am Arbeitsplatz
- Psychischer Stress
- Stress in der Familie
- Stress durch Krankheit / Diagnosestress
- Stress in der Schule / Universität
- Konflikte und Krisensituationen.....

Der Körper reagiert bei «Stress am Arbeitsplatz» oder «in Konfliktsituationen» genauso (Sympathikotonie) als wenn der Säbelzahn tiger vor einem steht. Die physiologischen Abläufe sind die gleichen - nur das wir heute die für den «Überlebenskampf» bereitgestellte Energie nicht durch Kampf und Bewegung abbauen.



Das grosse Problem ist unsere unbiologische Lebens- und Verhaltensweise.

Vermehrte Zuckerausschüttung, Erhöhung der Cholesterinwerte, Erhöhung und Aktivierung der Blutgerinnung, Erhöhung der Stresshormone usw. sind eine völlig normale Reaktion des Körpers auf eine akute Stress Situation. Wird diese akute Stress Situation zu einer Dauerstress-Situation müssen körperliche Beschwerden und entsprechende Mess- und Laborparameter sich verändern - das ist zwingend logisch und vor allem biologisch sinnvoll.

Das Verhältnis von Anspannung zu Entspannung ist nicht mehr biologisch!

Früher konnte der Körper nach Kampf oder Flucht auf Erholung und Regeneration umgeschaltet, somit gab es einen ständigen Wechsel von Anspannung zu Entspannung. Heutzutage haben wir meist 16 Stunden Anspannung durch Arbeit, Familie und und Freizeitbeschäftigung (7 - 23 Uhr) und 8 Stunden Entspannung (Nachtruhe - Schlaf) - wenn überhaupt.

Stress ist die psychische und körperliche Reaktion auf äussere und innere Reize sowie auf Belastungen, die als unangenehm, bedrohlich oder überfordernd bewertet werden.

Stress hat viele Gesichter und Ursachen:

- Metabolischer Stress Falsche und zu energiereiche Ernährung, Stoffwechselprobleme, Nitrostress*, Oxidativer Stress**

****Nitrostress = Mangelerscheinungen und Vergiftungen, Schädigung der Körperzellen durch Stickstoffmonoxid Radikale, insbesondere der Mitochondrien, unsere kleinen Zellkraftwerke. Der Gegenspieler sind die Antioxidantien.***

*****Oxidativer Stress = Schädigung von Körperzellen durch Sauerstoff Radikale. Gegenspieler sind die Antioxidantien.***

- Immunologischer Stress Infektionen, Verletzungen und Entzündungen
- Physischer Stress Schwere Arbeit ebenso wie Sport

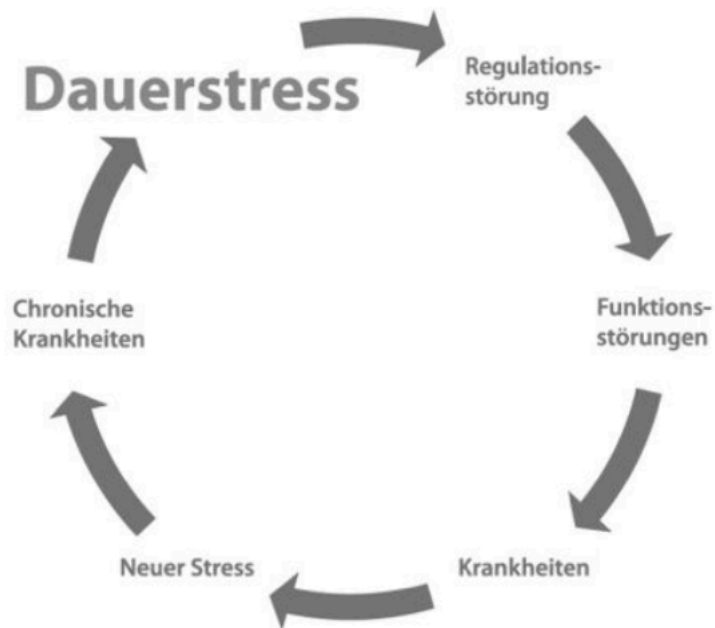
- Chemischer/physikalischer Stress Umweltfaktoren, Schadstoffe, Schwermetalle, Strahlung, auch Medikamente
- Sensorischer Stress Lärmbelastungen, Reizüberflutung, übermässiger Fernseh- / EDV-Konsum, Schlafmangel
- Mentaler Stress Wachsende schulische, berufliche Belastungen, hohe Arbeitsintensität
- Psychischer Stress Familiäre Schicksalsschläge, Partnerkonflikte, soziale Vereinzelung (Isolation), beruflicher Konkurrenzdruck, mangelnde Anerkennung, Mobbing, Zukunftsängste

Die Folgen von Stress (Stresserkrankungen) können sein:

- Stress am Arbeitsplatz
- Burnout Syndrom
- Depressionen
- Schlafstörungen
- Hoher Blutdruck
- Diabetes
- Tinnitus
- Durchblutungsstörungen
- Schwindel
- Magen-Darmerkrankungen

Eine logische Kette:

Stress und Dauerstress führen zu Regulationsstörungen des VNS - diese wiederum führen zu Funktionsstörungen der Organe und Organsystem - und diese führen auf Dauer zu chronischen Krankheiten.



Regulationsstörungen (=Ursache) führen zu Funktionsstörungen (=Wirkung). Das frühzeitige Erkennen und Therapieren von Regulationsstörungen ist die effektivste und kostengünstigste Möglichkeit um spätere Funktionsstörungen und sich daraus entwickelnde chronischen Krankheiten zu verhindern.

Heute sehen, was morgen krank macht (Heilungsprozesse auslöst)

Die HRV Messung besteht aus vier Schritten:

Schritt 1



Der **zweiteilige Stress Check** liefert eine persönliche Standortbestimmung zu den selbst wahrgenommenen (a.) **Stress Signalen** und (b.) **Stress Ursachen**.

Schritt 2

Neben der persönlichen Vorgeschichte beinhaltet die **Anamnese** die **6 - Punkte Willenserklärung**, wichtige Lebensentscheidungen selbst zu treffen und umzusetzen. Es sind unsere eigenen Geschichten, die durch unser Blut fließen und ihre Spuren hinterlassen. Wir machen sichtbar, wie Ihr Herz darauf reagiert hat und auf was Sie achten sollten, damit kein chronischer Stress entsteht.

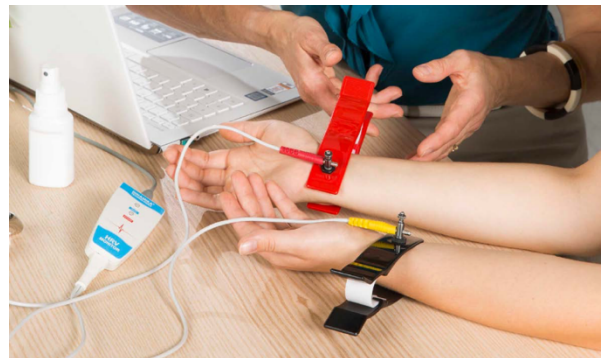
Do **it** works

Schritt 3

Der HRV-Scan erfolgt ganz einfach über zwei nicht-invasive Klammerelektroden*,

**Elektrische Spannungen werden stets zwischen zwei Punkten gemessen, die in der Medizin als "Ableitungen" bezeichnet werden. Das Einkanal-EKG verwendet für die Signalerfassung eine bipolare Extremitätenableitung. Über diese wird die Spannung zwischen zwei gleichberechtigten Punkten der Körperoberfläche registriert (i. d. R. rechter Arm – linker Arm).*

passend für Hand- und Fußgelenke - **ohne Entkleiden**. Mit der ersten Messung der HRV werden die **Stress auslösenden Potentiale** ermittelt und auf Übereinstimmungen mit der Selbstwahrnehmung analysiert. Die Messung ist schmerzfrei und ohne Nebenwirkungen. Es findet keine Meditation statt, da das Messergebnis nicht beschönigt werden soll. Auf Basis einer Messung von **300 Herzschlägen** wird eruiert, wie variabel das Herz agiert, um Belastungen abzufangen und optimal regulieren zu können. Hierfür werden Mittelwerte und Standardabweichungen der sog. R-R-Intervalle herangezogen.



Schritt 4

Die zweite Messung zeigt auf, **welche Auswirkungen** einfache Übungen nach wenigen Minuten auf den Organismus haben. Wie stark und beweglich ist das System. Im Beratungsgespräch wird der Fokus auf die Unterstützung der körpereigenen Heilungsprozesse gelegt und wie man mit Stress auf eine Weise umgehen kann, dass weder Psyche, Geist noch Körper Schaden nehmen müssen.



Unsere Leistungen

Vor dem Beratungsgespräch:

Vom Klienten im Vorfeld zu bearbeiten:

1. Anamnese / Vereinbarung
2. Stress Check
3. Fragebogen (optional)

Zur Kenntnisnahme:

4. Allgemeine Geschäftsbedingungen
5. Datenschutz Richtlinien DSGVO

Während des Beratungsgespräch:

- Zwei HRV Messungen à 5 Minuten
- Vergleich der Selbstreflexion (Stress Check) mit der HRV Messung
- Mentoring ca. 60 - 90 Minuten
- Praktische Anwendung des Übungsmodul
- Anleitung zum Frequenzmodul

Nach dem Beratungsgespräch:

- Schriftliche Auswertung beider HRV Messungen (vorher / nachher) als verschlüsseltes PDF
- Zwei Übungsmodule zur praktischen Anwendung
- Weiterführende Angebote zu Seminaren und Mentoring (optional)
- HRV Abonnement (optional)
- COCORO QUICKWINS
- COCORO *ibi*

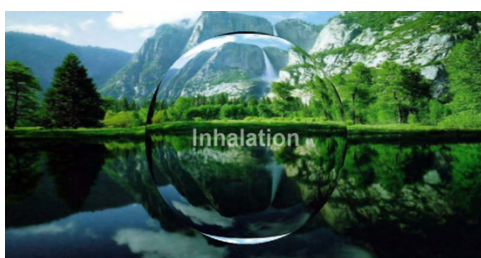


Echte unterstützende Sofortmassnahmen

Wir geben unser Versprechen **Do it works**, dass bei regelmässiger Anwendung der Regulationsmodule und der QUICKWINS sich der persönliche Erfolg innert kürzester Zeit einstellen wird.

Das Atem Regulationsmodul

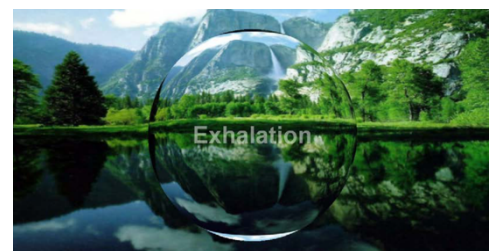
Unser System erstellt auf Basis der gemessenen Herzratenvariabilität eine individuelle Atemfrequenzübung mit einer Dauer von 5 Minuten. Diese regt an, wieder in den eigenen Rhythmus zu kommen und dient gleichzeitig der Regulation der Biorhythmen sowie zur Stärkung/Aktivierung des parasympathischen Systems. Sie bewirkt in der Regel eine Senkung des Stressniveaus und ein Ansteigen des Energielevels und eignet sich ebenfalls, um die individuelle Regulationsfähigkeit auf Basis der vorhandenen körpereigenen Ressourcen zu testen.



Die Atmung wird mithilfe einer dynamischen Kugel dargestellt. Sie dehnt sich für die Einatmung (Inhalation) aus und zieht sich für die Ausatmung wieder zusammen (Exhalation). Die Geschwindigkeit der Ausdehnung bzw. die Kontraktion der Kugel sowie die Länge der

Atempausen sind anhand der Messdaten individuell auf den Probanden zugeschnitten.

Der Entspannungseffekt wird zusätzlich durch die Animation der Atemkugel im Zusammenspiel mit wechselnden Landschaftsbildern und eingebetteter klassischer Musik gefördert. Das Atemtraining dient zusätzlich einer Beruhigung des Denkens (inneren Dialoges) und fördert psychische Qualitäten wie Fokussierung und Konzentrationsvermögen.



Atemtraining – Taktung und Einfluss auf HR und Emotionen

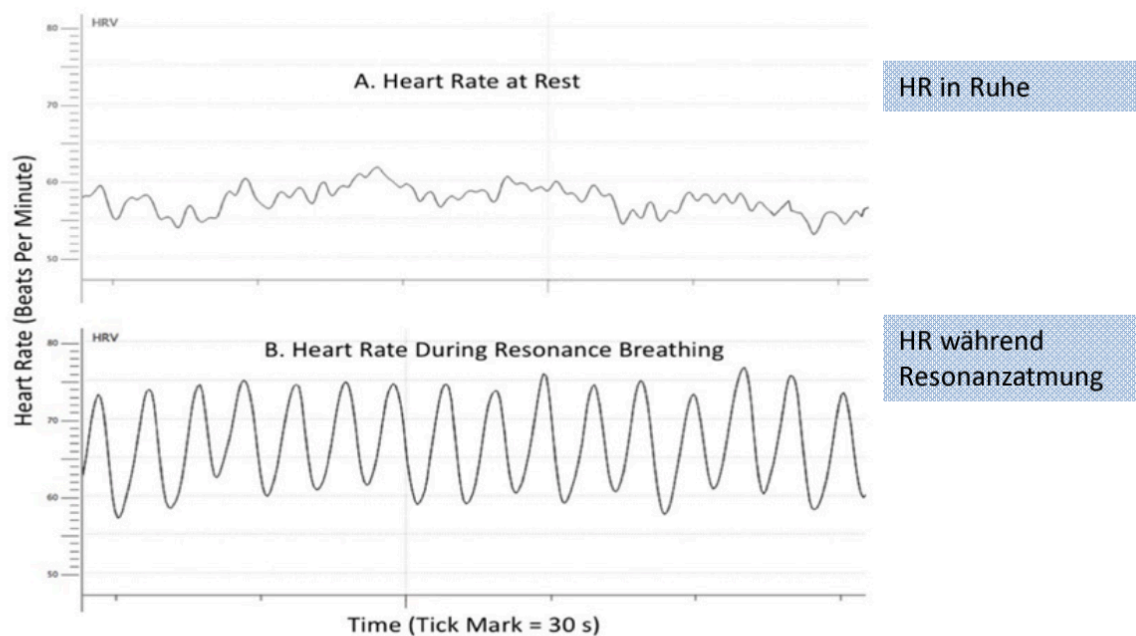


Abbildung 1. A. Ein Beispiel für Herzfrequenzvariabilität während einer Zeitspanne von etwa 2,5 Minuten während einer Ruhepause. B. Die Herzfrequenz derselben Person während der Resonanzatmung während eines weiteren Zeitraums von 2,5 Minuten.

Das Sound Regulationsmodul

Unser System generiert ein individuelles Soundmuster als Klangregulation zur Harmonisierung bio-energetischer Dysbalancen. Die Audiodatei im MP3-Format stellt dann jene Frequenzen bereit, welche die Differenz zwischen dem Optimalzustand und dem Ist-Zustand der neurodynamischen Matrix ausgleichen. Diese bedarfsgerechte Komposition bzw. Frequenzauslese wird als Signalimpuls auf Naturklänge aufmoduliert. Die Klangmatrix hat eine Spieldauer von ca. 20 Minuten und sollte täglich vom Anwender angehört werden.



Das Tagestraining

COCORO QUICKWINS

Stress Neurobic ist ein Training, das Astronauten, Navy Seals und Taucher durchlaufen, um in lebensgefährlichen Stress Situationen kühlen Kopf zu bewahren. Es wurde weiterentwickelt, um mit schwierigen Herausforderungen, beispielsweise in Beziehungen, im Verkehr, in Krisen, in hektischen Momenten, scheinbar auswegslosen Situationen oder bei der Arbeit augenblicklich klar zu kommen.

Resilienz und Stresskompetenz runden letztendlich das Bild ab, um erfolgreich selbstwirksam zu werden. Wir nennen diesen Zustand COCORO, welcher aus dem Japanischen kommt und «*Bringe Verstand und Herz in dein Handeln*» bedeutet.

- Weil es die wirksamste Art und Weise ist, mit Stress umzugehen.
- Weil Sie auf schnelle Erfolge setzen.
- Weil Sie Resultate sehen wollen.
- Weil Sie keine Zeit für Coachings und/oder Therapien haben.

Trainiert wird mit den **weltbesten Stresstrainern**, welche die Teilnehmer **ihr Leben lang begleiten**. Die Technik heisst **Stress Neurobic** und macht Spass. Sie kann von Kindern und Erwachsenen **müheles und ohne Anstrengungen** erlernt und angewendet werden.

QUICKWINS

Hol dir dein Leben zurück



*Erkenne Stress...
...bevor er dich erkennt*

*Eliminiere Stress...
...bevor er dich erledigt*

*Nimm anderen ihren Stress
...bevor sie dich stressen*

Was kann Stress Regulation bewirken?

Die Messung für sich alleine gesehen – nichts. Eine Messung gibt darüber Aufschluss, ob eine eingeschränkte HRV besteht und wie gut der Organismus mit dem aktuellen Lebensstil zurechtkommt. Wir sprechen von Heilungsprozessen, welche im Kontext zur aktuellen Lebenssituation unterstützt* werden können.

**Das entbindet den Klienten nicht davon, für seine Gesundheit Verantwortung zu übernehmen und schulmedizinische Hilfe in Anspruch zu nehmen.*

Im Gesamtkontext betrachtet sind es die vorgängig beschriebenen unterstützenden Sofortmassnahmen, welche die Selbstwirksamkeit des Klienten augenblicklich stärken können, beispielsweise

- In die eigene Kraft kommen.
- Heilungsprozesse erkennen und unterstützen.
- Medizinische Notwendigkeiten (Arzt- / Spitalbesuche) **verringern**.
- Ermittlung der **Tagesperformance Peaks** für wichtige Entscheidungen.
- Aufdeckung **versteckter** Trainingsblockaden.
- Ermittlung der **Reaktionsfähigkeit** des Körpers auf eine Behandlungsmethode.
- Nivellierung des «**Sozialen Jetlags**» aufgrund verschobener Chronobiologien.
- **Lokalisierung** des Energieabfalls für fehlende Entscheidungskraft und Motivation.
- Aufdeckung von **Regenerationsdefiziten bei Schlafstörungen**.
- Ermittlung der **Körperadaptions- und Erholungsfähigkeit**.
- **Verlaufs- und Erfolgskontrolle** bei therapeutischen Massnahmen.
- Stress-Analyse und **Burnout Prävention**
- Gerontologische **Regulationsfähigkeit**
- Schlaf-Wach-**Rhythmus**-Monitoring
- Psychoedukatives **Selbstmanagement**-Training
- U.v.a.m.



Auswirkungen auf Stress- und Resilienzkompetenz

- * Minderung von Aggressionspotentialen
- * Erhöhte Sozialkompetenz
- * Mehr Verständnis für andere
- * Mehr Leichtigkeit und Freude
- * Höhere Leistungsqualität ohne mehr zu leisten
- * Gelassenheit
- * Höherer Optimismus
- * Hohe Akzeptanz
- * Weg von der Problem- zur Lösungsorientierung
- * Netzwerkorientierung
- * Opferrolle verlassen
- * Verantwortung übernehmen
- * Die Zukunft ist keine Gefahr mehr
- * Zuversicht
- * Kontaktfreudigkeit ohne Selbstisolation
- * Handlungskontrolle
- * Gefühlstabilität
- * Impulskontrolle
- * Selbstwirksamkeit
- * Selbstvertrauen
- * Wahrnehmung von Angst als Chance
- * Höheres Selbstwertgefühl
- * Tragfähige Sinnkonzepte
- * Abkopplung von Leistungsdruck
- * Bewusste Gedankenlenkung
- * Glücklich sein und Humor
- * Dankbarkeit und Liebe

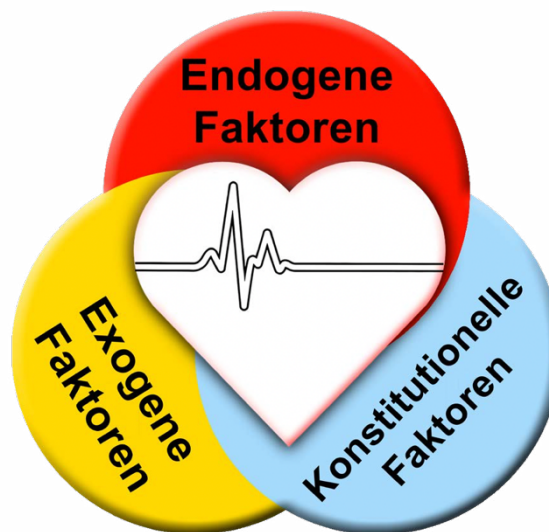
Als Immunsystem der Seele bei

- * Lebenskrisen
- * Rückschlägen
- * Trennungen
- * Konflikten
- * Verluste Leid



Einflussfaktoren auf die HRV

Die HRV wird unabhängig von der akuten Belastung durch zahlreiche veränderbare und nicht veränderbare Faktoren beeinflusst. Wesentliche Einflussfaktoren werden nachfolgend beschrieben, da ihnen eine besondere Bedeutung bei der Bewertung und Beurteilung der HRV zukommt.



Konstitutionelle Faktoren	Einfluss auf die HRV
Lebensalter	Steigt sukzessive an und erreicht ihren Höchstwert im jungen Erwachsenenalter; fällt mit dem Alter nicht-linear ab.
Geschlecht	Bis zum 50. Lebensjahr haben Frauen eine grössere parasympathische Aktivität als Männer.
Körperfettgehalt/Körpergewicht	Erhöhter BMI geht häufig mit niedriger HRV einher.
Fitness/Leistungsfähigkeit/sportliche Aktivität	I. d. R. erhöht normales Ausdauertraining die HRV; Hochleistungs- und Intensivtraining senkt die HRV.
Genetische Voraussetzungen	Können die HRV in entweder erhöhen oder verringern.

Endogene Faktoren	Wirkung auf die HRV
Atmung (Atemfrequenz und –tiefe)	Die Atmung hat einen signifikanten Einfluss auf die HRV, der sich in der respiratorischen Sinusarrhythmie widerspiegelt.
Blutdruck	Erhöhter und hoher Blutdruck reduzieren die HRV.
Herzinsuffizienz	Geht einher mit einer reduzierten HRV.
Myokardinfarkt (stattgefunden)	Geht einher mit reduzierter HRV bei erhöhter sympathischer Aktivität.
Koronare Herzerkrankungen	Gehen einher mit reduzierter HRV bei erhöhter sympathischer Aktivität.
Angina Pectoris	Geht einher mit reduzierter HRV bei erhöhter sympathischer Aktivität.
Stress/Mentale Anspannung	Geht einher mit reduzierter HRV und reduzierter parasympathischer Aktivität.
Angststörungen/Panikattacken	Gehen einher mit reduzierter HRV.
Posttraumatische Belastungsstörungen	Gehen einher mit reduzierter HRV.
Depressionen	Gehen einher mit reduzierter HRV.
Diabetes mellitus	Geht häufig einher mit reduzierter HRV; Ausprägung der HRV steht im Verhältnis zur Dauer der Diabeteserkrankung.
Metabolisches Syndrom	Geht einher mit reduzierter HRV.
Körpertemperatur	
Hormone	
Höhe der Herzfrequenz	

Exogene Faktoren	Wirkung auf die HRV
Ernährung	Eine gesunde und ausgewogene Ernährung als Kraftstofflieferant des Organismus trägt deutlich zu einer Verbesserung der Herzleistung bei. Es sollten möglichst unverarbeitete Lebensmittel konsumiert werden. Der Anteil an Obst und Gemüse sollte etwa bei mind. 1/3 der täglichen Gesamtnahrungsmenge liegen. Die Flüssigkeitszufuhr sollte bei ca. 1,5 L - 2 L über den Tag verteilt liegen, wobei stilles Mineralwasser mind. 2/3 dieser Menge ausmachen.
Körperlage	Hat einen hochsignifikanten Effekt. Die R-R-Intervalldauer in sitzender Position ist kürzer als in liegender Position. Dieses Phänomen spiegelt die physiologische Anpassung im Rahmen der sympathoton gesteuerten Lageänderungen wider.
Alkoholkonsum	Moderater Konsum führt zu kurzfristiger Reduzierung der HRV, chronischer Abusus zur Reduzierung
Nikotinkonsum	Reduzierung der HRV in Abhängigkeit von der Dosis; gilt auch für Passivraucher.
Medikamente	Hierzu zählen u. a. die Gruppen ACE-Hemmer (je nach Medikament Reduzierung der HRV), Antiarrhythmika (kann zu einer Erhöhung der HRV führen) und Psychopharmaka (je nach Medikament Reduzierung der HRV).
Umgebungstemperaturen	Hohe Umgebungstemperaturen führen zu einer erhöhten sympathischen Aktivität und einer reduzierten HRV.
Schadstoffe	Neurotoxische Stoffe können zu einer reduzierten HRV führen.
Tagesrhythmus	I. d. R. in den Nachtstunden erhöhte HRV durch dominierenden Parasympathikus; am Tage reduziert durch Überwiegen des Sympathikus
Nachtaktivitäten	I. d. R. einhergehend mit der Aktivierung des Sympathikus und der Reduzierung des Parasympathikus und damit der HRV; die Reduzierung der HRV steht in Korrelation mit der Dauer von Nachtaktivitäten in Jahren.

Das vegetative Nervensystem VNS

Das vegetative Nervensystem VNS mit seinen beiden Hauptnerven Sympathikus und Parasympathikus auch Vagus genannt, ist eine übergeordnete Steuerzentrale im Körper, welche untergeordnete Prozesse und alle Vitalfunktionen wie: Blutdruck, Atemfrequenz, Herzfrequenz, Immunsystem, Hormonsystem, Nervensystem, Psyche, Energiebereitstellung usw. steuert und reguliert.

Das vegetative Nervensystem (VNS) ist neben dem zentralen Nervensystem (ZNS) die wichtigste neuronale Steuereinheit des Organismus. Die Hauptfunktion besteht darin, das innere Milieu des Körpers an externe und interne Belastungen (Reize) anzupassen und eine konstante Funktion des Organismus aufrecht zu halten.

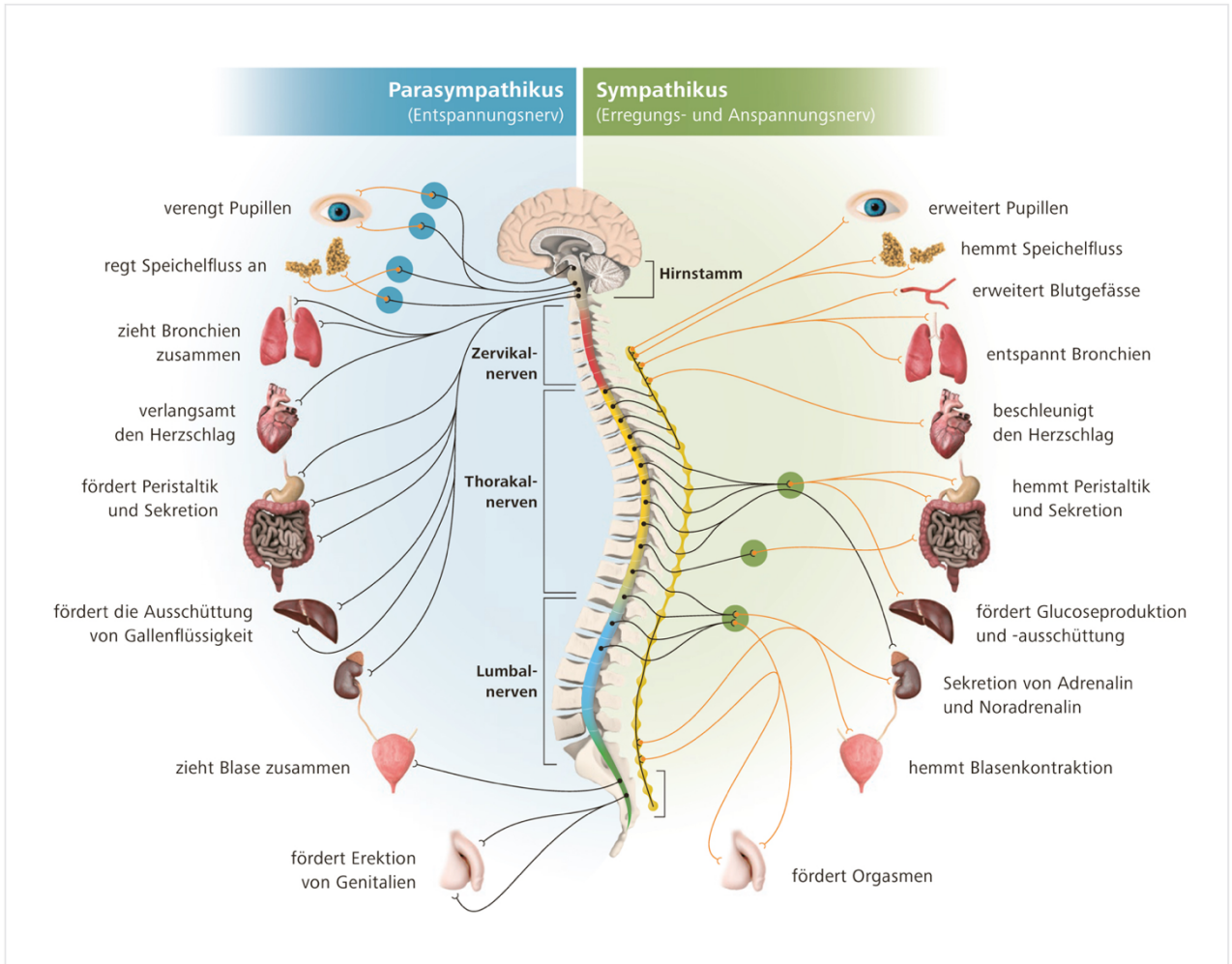


Sympathikus / Parasympathikus

Der periphere Teil des vegetativen Nervensystems VNS besteht im wesentlichen aus dem Sympathikus und dem Parasympathikus.

Der **Sympathikus** (rot) entspringt dem Brustmark und den oberen drei Segmenten des Lendenmarks und wird deshalb auch **thorakolumbales System** genannt. Der **Parasympathikus** (blau) entspringt dem Hirnstamm und dem Sakralmark und wird deshalb auch **kraniosakrales System** genannt.

Das autonome Nervensystem



Messung der Herzratenvariabilität

Eine HRV-Messung macht den Einfluss innerorganischer Abstimmungsprozesse auf die Gesamtregulation des Organismus erkennbar. Die HRV-Analyse dient insbesondere dazu, das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus bei unterschiedlichen Anforderungen differenzierter einschätzen zu können.

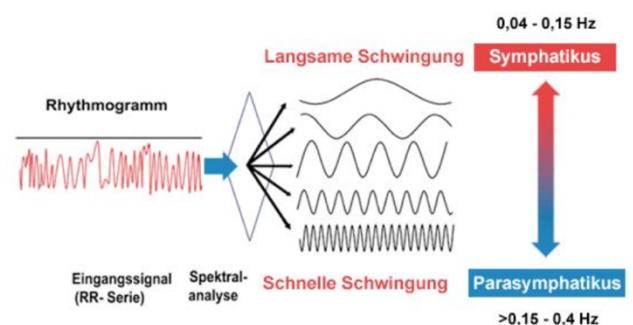
Auf Basis einer Messung von 300 Herzschlägen (Intervallen) wird eruiert, wie variabel das Herz agiert, um Belastungen abzufangen und optimal regulieren zu können. Hierfür werden Mittelwerte und Standardabweichungen der sog. R-R-Intervalle (1'000 Signale / Intervall = 300'000 Signale bei 300 Herzschlägen) herangezogen.

Neben der Aufschlüsselung der R-R-Intervalle wird das HRV-Gesamt signal mittels spektral-analytischer* Verfahren in seine einzelnen Frequenzkomponenten zergliedert. Dies ermöglicht, die Varianz der einzelnen Intervalle zu erfassen, in Relation zueinander zu setzen und das Gesamtgeschehen im Organismus noch detaillierter abzubilden.

**Spektralanalyse (auch physikal-wissenschaftliche Weltraumtechnologie): In der Signal- und Zeitreihenanalyse (digitale Signalverarbeitung), die aus der Fouriertransformation gewonnene Bildfunktion, siehe Fourieranalyse. Auch in der Elektroakupunktur kennt man die elektrische Leitfähigkeit und die Elektropotentiale jedes Punktes in Echtzeit.*

Frequenzbasierte HRV Parameter

Die reinen RR-Intervalle können durch die FFT (Fast-Fourier-Transformation) in ihre Frequenzanteile zerlegt werden. Es ergeben sich aus dem Signal Frequenzanteile in den Bereichen VLF, LF und HF. Die Gesamtleistung wird in TP (Total Power) angegeben.



VLF - Very Low Frequency

Frequenzbereich: 0,00 - 0,04Hz

LF - Low Frequency

Frequenzbereich: 0,04 - 0,15Hz

HF - High Frequency

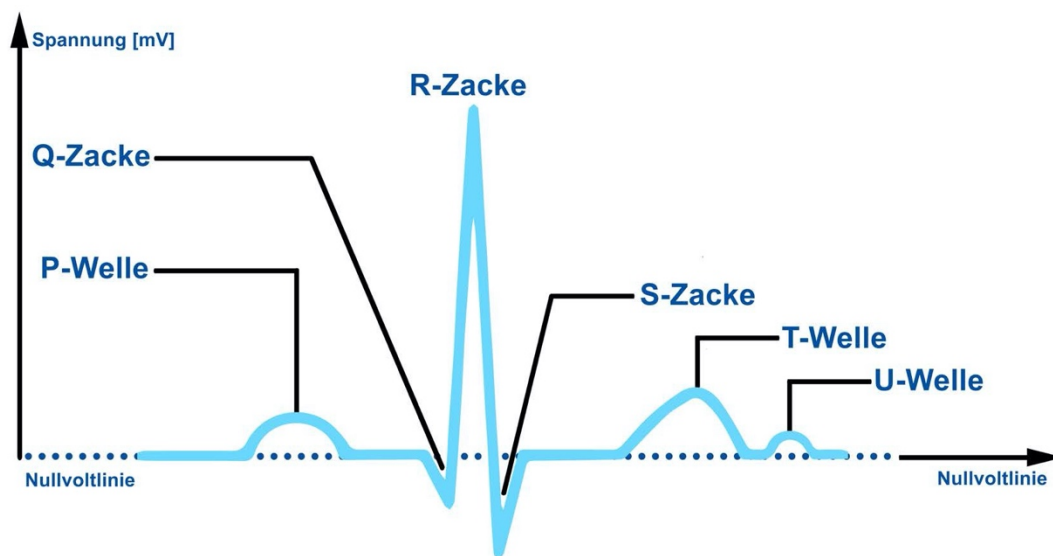
Frequenzbereich: 0,15 - 0,4Hz

LF/HF Ratio

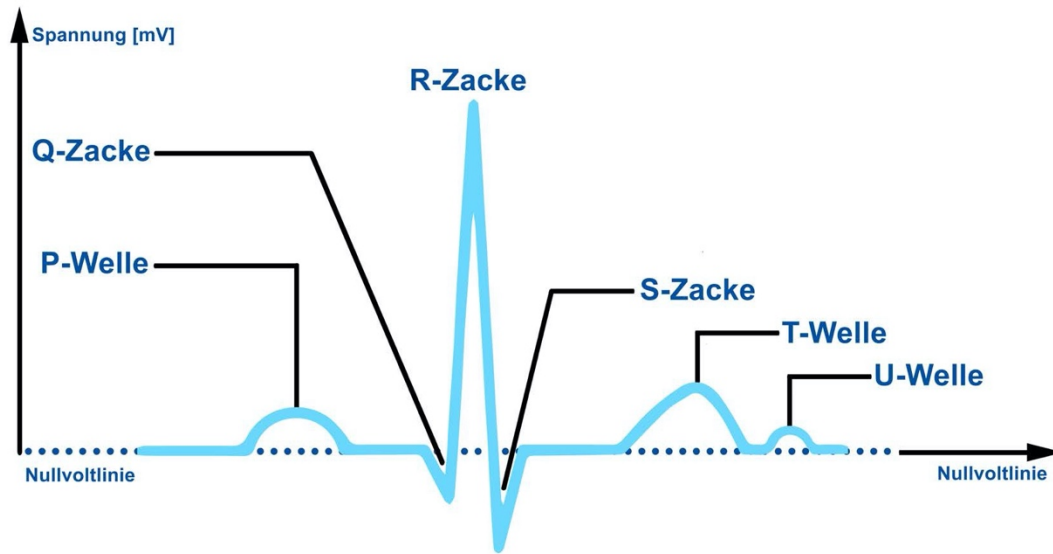
EKG-Einzelkomponenten

Der Herzschlag als elektrischer Vorgang besteht aus mehreren Phasen. Diese werden im EKG- Kurvenverlauf mit charakteristischen Wellen und Zacken dargestellt. Das EKG besteht aus einem Vorhof- und einem Kammeranteil. Da die Kammer über größere Muskelmasse verfügt, erzeugt sie höhere Ausschläge.

Herzschlag mit Normverlauf im EKG

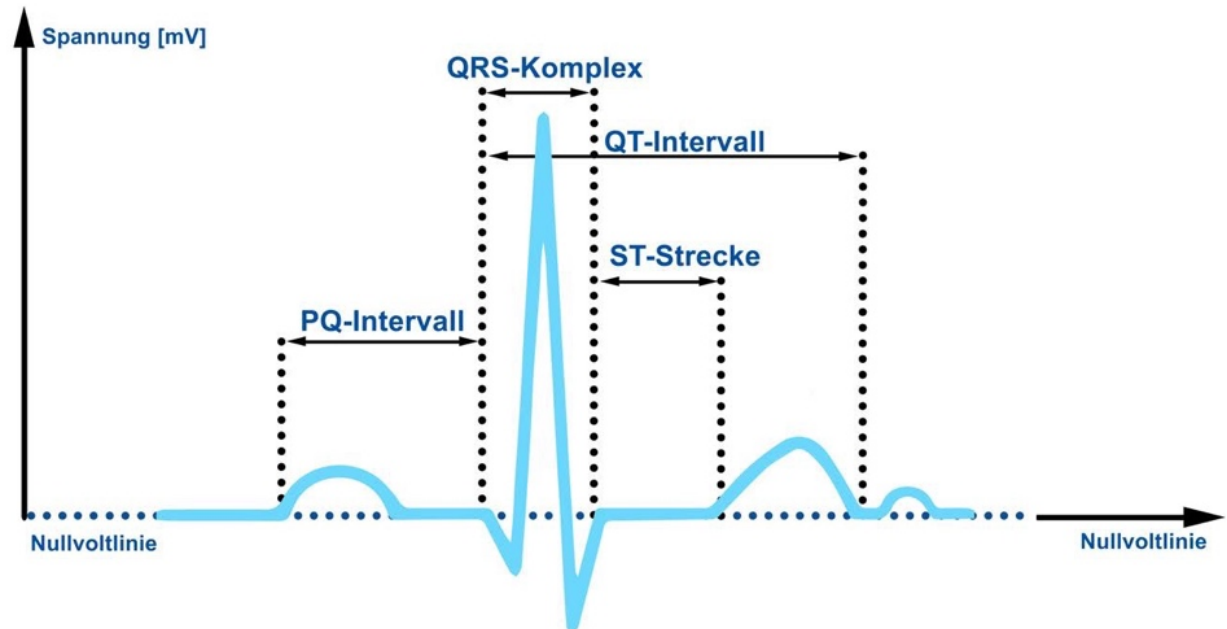


P-Welle:	Q-Zacke:	R-Zacke:
Vorhoferregung, die vom Sinusknoten ausgeht und sich zuerst über den rechten Vorhof (aufsteigender Teil der P-Welle) und dann über den linken Vorhof (absteigender Teil der P-Welle) ausbreitet.	Beginn der Kammererregung; der negativ gerichtete Ausschlag resultiert aus einer von der Herzspitze zur Herzbasis gerichteten Erregungsausbreitung, die vor allem in den Papillarmuskeln und im Septum der Kammer stattfindet.	Ausdruck der Kammererregung; zeigt an, wie sich die Herzströme ausbreiten und dient zur Bestimmung der Herzfrequenz (R-R-Abstand). Da in dieser Phase die meisten Herzmuskelzellen erregt werden, bildet sie die größte positive Zacke im EKG.
Dauer: max. 100 ms	Dauer: max. 40 ms	Dauer: variabel
Amplitude: max. 0,25 mV	Amplitude: 0,2 - 0,3 mV	Amplitude: variabel



S-Zacke:	T-Welle:	U-Welle:
Komponente der Kammererregung; der negativ gerichtete Ausschlag zeigt die Ausbreitung der Erregung in den hinteren Abschnitten des linken Ventrikelmyokards in der Nähe der Herzbasis.	Erregungsrückbildung der Kammern; ist die letzte Phase einer elektrischen Herzaktion vor dem nächsten Zyklus und zeigt an, ob sich der Herzmuskel normal erholt. Das normale T ist höher als die P-Welle, jedoch nicht symmetrisch. Sie steigt langsam an und fällt steiler ab. Der Gipfel ist gerundet und entspricht seiner Höhe nach zwischen 1/8 und 2/3 der R-Zacke.	Mögliche Erscheinung nach der T-Welle; entspricht Nachschwankungen der Kammererregungsrückbildung. Amplitude: max. 50 % der T-Welle.

EKG-Verlaufstrecken



Technische Artefakte*

* Als **Artefakt** bezeichnet man eine künstliche Veränderung oder Abwandlung vom natürlichen Zustand. Im medizinischen Zusammenhang ist damit meistens ein diagnostischer Fehler gemeint.

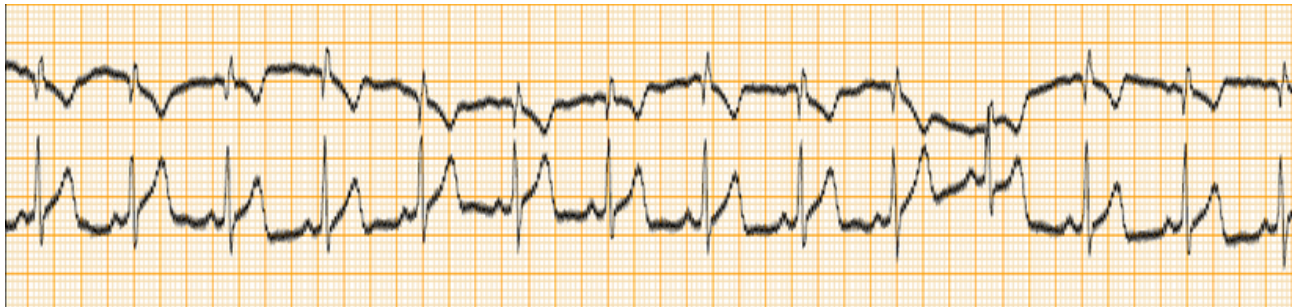
Folgende technische Artefakte lassen sich unterscheiden:

- Feines, hochfrequentes und regelmässiges Flimmern der Nulllinie des EKGs
- Unregelmässiges, feines bis grobes Flimmern der Nulllinie des EKGs
- Wandernde oder springende EKG Grundlinie
- Niedrige Amplituden der Herzaktionen

Feines, hochfrequentes und regelmäßiges Flimmern der Nulllinie des EKGs

Folgt ein regelmäßige feines Flimmern, das eine niedrige Amplitude (um 0,1 mV) aufweist, der Nulllinie, dann handelt es sich meist um „**Brummen**“ durch **Wechselstrom**. Grund hierfür ist in der Regel eine unzureichende Erdung.

Bei modernen EKG-Geräten lassen sich entsprechende Filter aktivieren, die das Brummen unterdrücken.



Unregelmäßiges, feines bis grobes Flimmern der Nulllinie des EKGs

Unregelmäßiges feines bis grobes Flimmern spricht für temporäre, variable und ungerichtete Einflüsse. In Frage kommt z.B. **Muskelzittern** des Patienten. Eine Ursache kann **Kälte** sein. Das EKG sollte in einem wohltemperierten Raum registriert werden. Eine Decke kann helfen. Ist der Patient sehr angespannt, sollte er beruhigt werden.

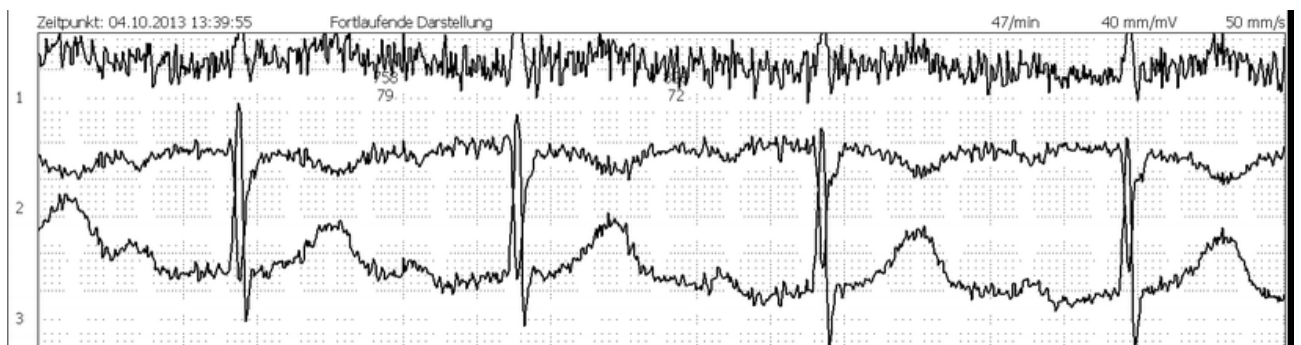


Abb.: 3-Kanal-Langzeit-EKG-Auszeichnung mit durch **Muskelanspannung** bedingten Artefakten. Ähnliche Veränderungen können induziert werden, wenn das EKG in einem nicht ausreichend temperierten Raum geschrieben wird und der entkleidete Patient deswegen zittert. Auf eine ausreichende Temperierung sollte daher unbedingt geachtet werden.

Wandernde oder springende EKG-Grundlinie

Ungerichtet wandernde und zeitweise springende Grundlinien können durch **Patientenbewegungen** (Körperbewegungen, Atmung) induziert werden und

sprechen für einen **schlechten Elektrodenkontakt**. Auch altes Elektrodenmaterial mit **vertrocknetem Elektrodengel** kann solche Artefakte verursachen. Das Anbringen neuer Elektroden schafft Abhilfe. Liegt die Ursache nicht in den Elektroden, dann sollten die **Kabel- und Steckerverbindungen überprüft** werden.

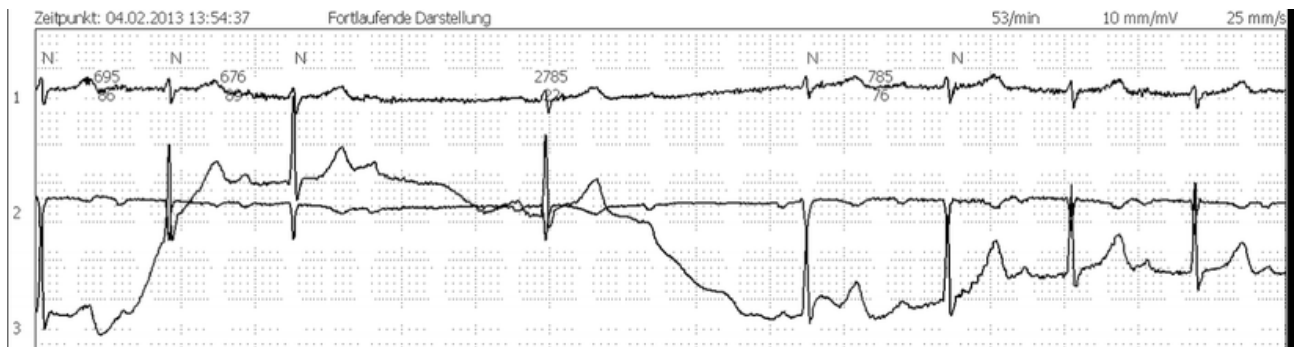


Abb.: 3-Kanal-Langzeit-EKG mit wandernder Grundlinie in Kanal 3: **Artefakt durch Bewegung (heftige Atmung) und suboptimale Elektrodenplatzierung**. Auch **Artefakte sollten routinemäßig hinsichtlich des Vorliegens pathologischer Befunde inspiziert** werden.

Niedrige Amplituden der Herzaktionen

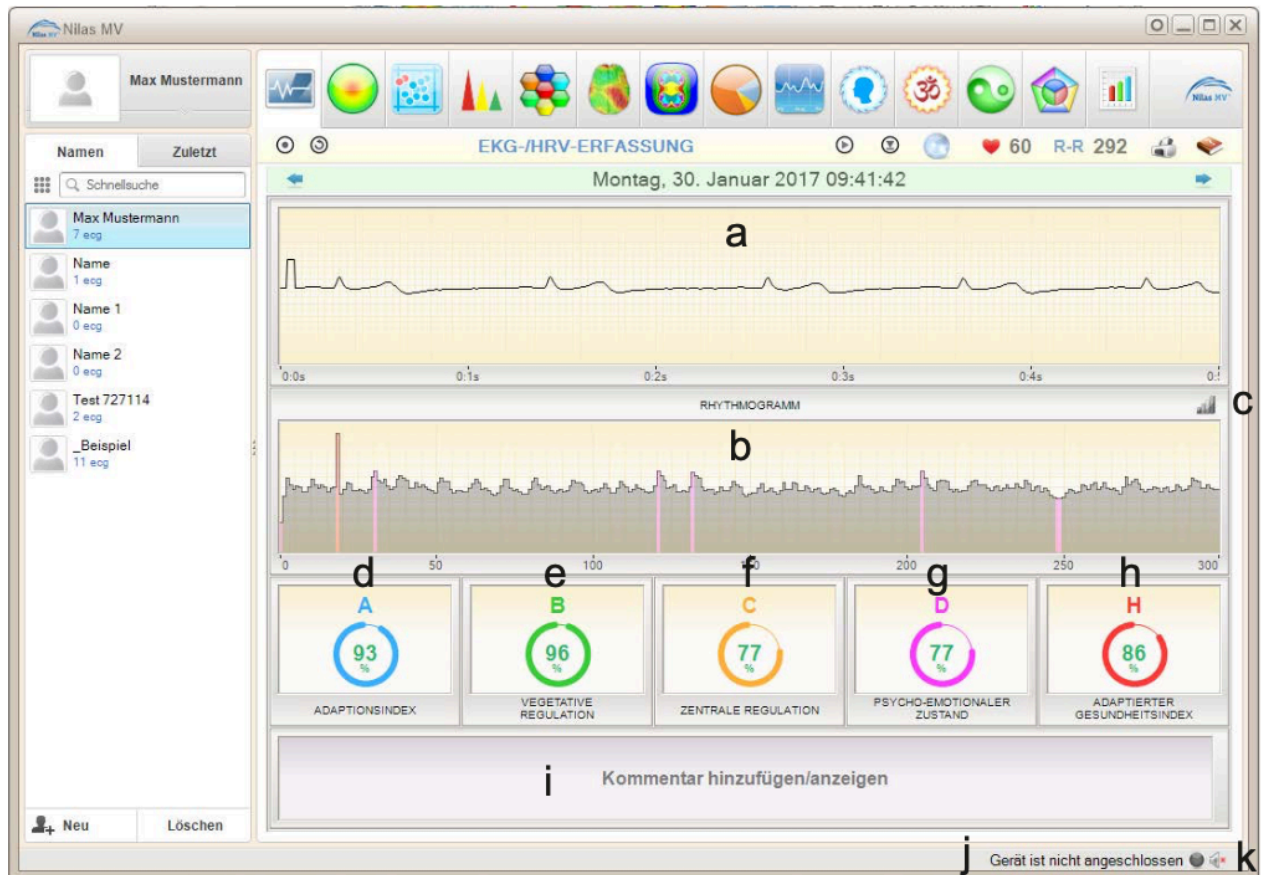
Sind die Ausschläge des EKGs sehr niedrig ($<0,5$ mV), kommen hierfür mehrere Ursachen in Betracht. Zum einen kardiale und extrakardiale Erkrankungen (in diesem Zusammenhang wird von einer Niedervoltage gesprochen), zum anderen aber auch technische Störungen durch z. B. **ausgetrocknete Elektroden** oder eine **falsche Geräte-Eichung**.

Mess- und Auswertungsfunktionen



- | | |
|---|---|
| 1. EKG-/HRV-Erfassung | 14. Parameterübersicht |
| 2. Vegetative Regulation I | 15. Start der Aufzeichnung |
| 3. Vegetative Regulation II | 16. Umkehrung der Polarität |
| 4. Vegetative Regulation III | 17. Vorherige Messung |
| 5. Zentrale Regulation | 18. Datum und Uhrzeit der aktuellen Messung |
| 6. Psycho-emotionaler Zustand | 19. Nachfolgende Messung |
| 7. Fraktal-Analyse | 20. Monitoring-Funktion |
| 8. Gesamtanalyse | 21. Schnitt-Funktion |
| 9. Dynamik der Werte des Funktionszustandes | 22. Atemmodul (Respiratorische Arrhythmie) |
| 10. Aura-Portrait | 23. Puls während der Messung |
| 11. Chakren-Aktivität | 24. Anzahl Herzschläge (R-R-Intervalle) |
| 12. Meridian-Diagramm | 25. Bericht drucken |
| 13. Doshas und die 5 Elemente | |

EKG-/HRV-Erfassung



- | | |
|---|--|
| a. Elektrokardiogramm | g. Psycho-emotionaler Zustand |
| b. Rhythmogramm | h. Adaptierter Gesundheitsindex |
| c. Dynamik des funktionalen Zustands/Ansichtswechsel Rhythmogramm | i. Kommentarfeld |
| d. Adaptionsindex | j. Verbindungsstatus des Messgeräts mit dem Computer |
| e. Vegetative Regulation | k. Ton ein/Ton aus |
| f. Zentrale Regulation | |

Rhythmogramm



Das Rhythmogramm bildet die Grundlage der Messung des vegetativen Nervensystems. Im Rhythmogramm wird jeder einzelne Zeitabstand von Herzschlag zu Herzschlag in Millisekunden (RR Intervall) aufgezeichnet und mit einer Linie verbunden:

X – Achse (Abszisse, horizontal) : RR Intervalle

Y – Achse (Ordinate, vertikal) : Dauer des Herzschlages

Je unterschiedlicher die einzelnen RR Abstände während der Messung sind, umso mehr Variabilität ist im Rhythmogramm zu erkennen.

Mit dem Rhythmogramm wird

- die Herzratenvariabilität
- die sympathischen Einflüsse
- und die parasympathischen Einflüsse

am Sinusknoten* anhand von 300 Herzschlägen erfasst und dargestellt.

** Der primäre elektrische Impulsgeber (Schrittmacher) ist der **Sinusknoten**, ein kleines Bündel spezialisierter Zellen im rechten Vorhof. Sein intrinsischer Rhythmus (Sinus-Rhythmus) beträgt ca. 60 – 80 Schläge/min. Die Reizleitung des Sinusknoten ist als elektrische Spannung direkt messbar. Der Atrioventrikularknoten (AV-Knoten) arbeitet mit einer langsameren Frequenz als der Sinusknoten: ca. 40 – 60 Schläge/min. Fällt der Sinus-Knoten aus, kann das Herz mit Hilfe des AV-Knotens trotzdem weiterschlagen.*

Je größer die Amplitude der Verlaufslinie des Rhythmogramms ist, desto größer ist die Herzratenvariabilität. Je geradliniger die Verlaufslinie des Rhythmogramms ist, desto eingeschränkter ist die Herzraten-variabilität.

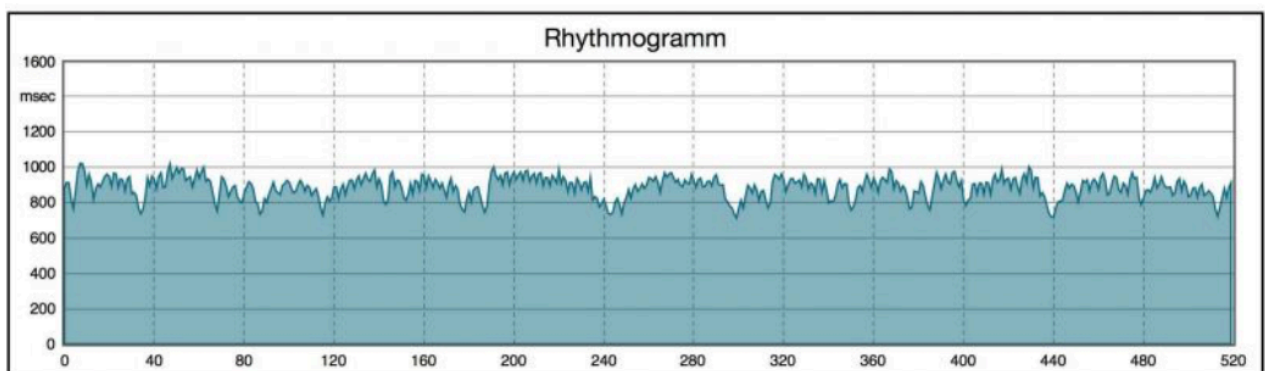
Herzschläge außerhalb des physiologischen Herzrhythmus (Extrasystolen) werden als rote Streifen dargestellt, die markant aus dem Rhythmogramm herausragen. Artefakte hingegen werden als rote Streifen innerhalb des Rhythmogramms dargestellt und für die Auswertung durch die Software automatisch entfernt.

Diese Variabilität ist ein Zeichen von Anpassungsfähigkeit. Sie zeigt auf, dass das vegetative Nervensystem in der Lage ist sich auf innere und äußere Reize einzustellen. Hier wird also anhand des variablen Herzschlages geprüft, ob das vegetative Nervensystem es schafft den Herzschlag je nach Situation zu verändern.

Im Ruhezustand ist dies einmal die Atmung (bei Einatmung schlägt das Herz schneller, bei Ausatmung schlägt das Herz langsamer). Diese atemabhängige Variabilität bezeichnet man als respiratorische Sinusarrhythmie. Diese wird zu einem großen Anteil vom vegetativen Nervensystem, speziell vom Parasympathikus, erzeugt.

Neben der Atmung sind im Ruhezustand noch weitere Einflussfaktoren vorhanden worauf das vegetative Nervensystem den Körper hin einstellt, z.B. arbeitet das Verdauungssystem, wir machen uns Gedanken, wir heben den Arm um uns zu kratzen, wir hören Geräusche. Auf alle diese Situationen muss das vegetative Nervensystem den Körper hin einstellen.

Die Messung wird im Ruhezustand durchgeführt. In diesem Ruhezustand sollte das Rhythmogramm eine große Variabilität aufzeigen, da in Ruhe die Variabilität am größten ist.



Warum die Variabilität in Ruhe am größten ist an einem einfachen Beispiel gut zu erklären:

Unser Herz gibt in Ruhe kein Vollgas um leistungsfähig zu sein, sondern es wird nur so schnell schlagen, wie es gerade notwendig ist (z.B. bei der Einatmung etwas schneller, oder wenn man kurz den Arm hebt um sich zu kratzen). Anschließend wird das Herz sofort wieder langsamer schlagen um Energien zu schonen.

Variabilität ist ein Zeichen von energieschonendem Arbeiten und guter Anpassungsfähigkeit!

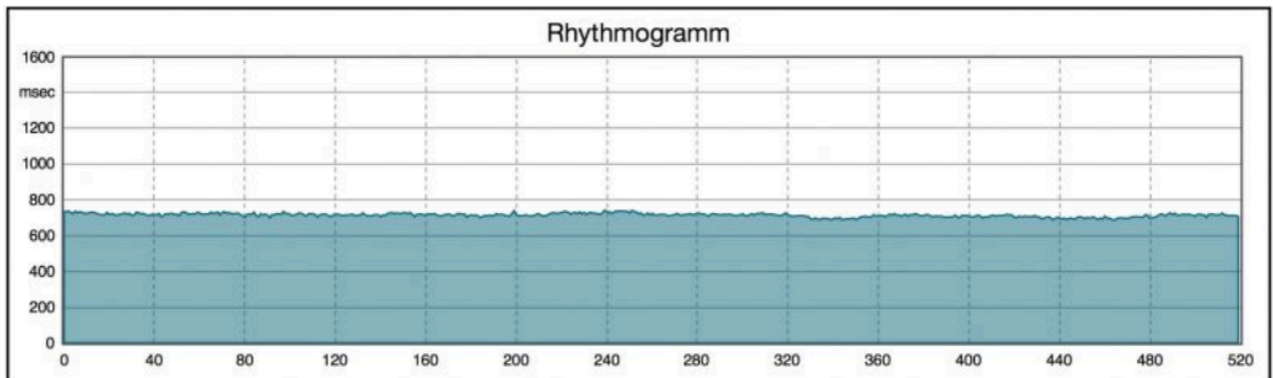
Die Variabilität und ganz speziell die schnellen Wechsel von einem zum nächsten Herzschlag werden überwiegend über den Parasympathikus (Entspannungsnerv, Bremse) moduliert. Der Parasympathikus reduziert zwar die Herzfrequenz, senkt den Blutdruck, macht uns generell langsamer, aber **elektrophysiologisch reagiert der Parasympathikus schneller als der Sympathikus.**

Dies ist an einem einfachen Beispiel gut zu verstehen:

Die Bremse an Ihrem Auto macht Ihr Auto langsamer. Wenn Sie in Ihrem Auto die Bremse aber voll durchtreten, werden Sie sofort mit dem Kopf nach vorne nicken, weil diese sehr schnell reagiert. Wenn Sie Vollgas geben (vorausgesetzt Sie fahren keinen Sportwagen) werden Sie nicht schlagartig in die Sitze gedrückt.

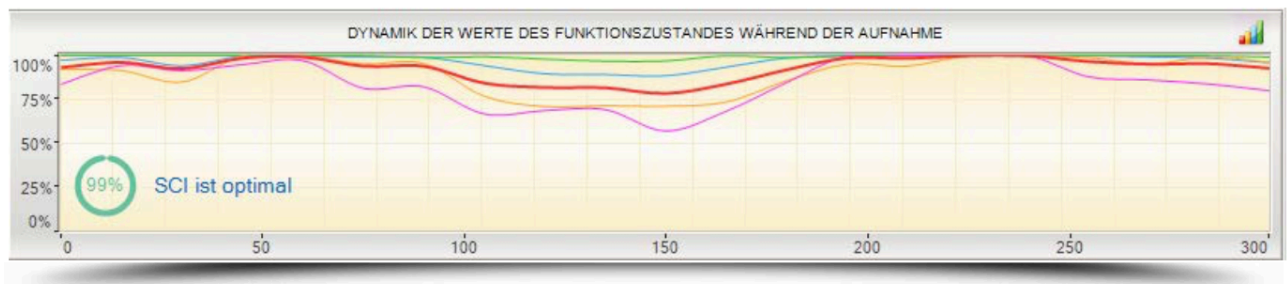
Große Variabilität = viel Parasympathikus
Geringe Variabilität = wenig Parasympathikus

Im unten stehenden Rhythmogramm sehen Sie so gut wie keine Variabilität, es ähnelt einer geraden Linie. Das bedeutet das Herz gibt Vollgas um leistungsfähig zu sein. Im vegetativen Nervensystem arbeitet überwiegend der Sympathikus und der Parasympathikus befindet sich auf dem Abstellgleis.



Dynamik des funktionalen Zustands/Ansichtswechsel Rhythmogramm

Die Parameter des Zeitbereichs der Dynamikfunktion liefern Aussagen zum Hintergrundgeschehen der Gesamtvariabilität.



Auf der Abszisse ist die Anzahl der R-R-Intervalle von 0 bis 300 dargestellt; auf der Ordinate (vertikale Achse des Koordinatensystems) das Aktivitätsniveau in Prozent. Diese Darstellung wird nach den ersten 60 gemessenen Intervallen angezeigt und nach je 10 weiteren Intervallen aktualisiert.

Die Parameter schlüsseln sich auf in den Anpassungsindex:

- Blau:** Koherenz der biologischen Rhythmen
- Grün:** Vegetative Regulation
- Orange:** Zentrale (neuroendokrine*) Regulation
- Violett:** Psychoemotionaler Zustand
- Rot:** Im adaptierten Gesundheitsindex werden sie zusammengeführt.

***Neuroendokrinologie** ist eine Wissenschaftsdisziplin, die sich mit der Verknüpfung des Hormonsystems mit dem Nervensystem befasst.

Anhand der Kurvenverläufe wird ersichtlich, wie harmonisch und kohärent bzw. gegenläufig sich die einzelnen Parameter zueinander verhalten. Sie geben eine klare Übersicht zum Energieniveau und Regulationsvermögen der einzelnen Parameter.

Dies ermöglicht konkrete Schlussfolgerungen bei der Ursachenspezifizierung. Das Diagramm der Parameter in Prozent stellt den funktionellen Zustand mit normierten Werten dar. Es zeigt, auf welchem Energieniveau sich die einzelnen Parameter jeweils bewegen.

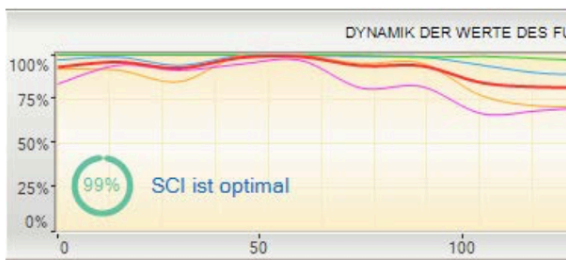


Die Farbe der Prozentzahl in der Mitte gibt Auskunft über das Niveau des jeweiligen Parameters nach Abschluss der Messung:

- Grün:** Hoher Grad der Aktivität des Parameters; optimale Anpassung (100 % - 66 %)
- Gelb:** Mittlerer Grad der Aktivität; normale Anpassung (65 % - 34 %)
- Rot:** Niedriger Grad der Aktivität; niedrige Anpassung (33 % - 0 %)

Setting Compliance Index (SCI)

Der Setting Compliance Index gibt an, in welchem Grad der Proband **während der Messung** die optimalen Testbedingungen einhält, bspw. die Ruhelage, nicht-überkreuzte Extremitäten etc.



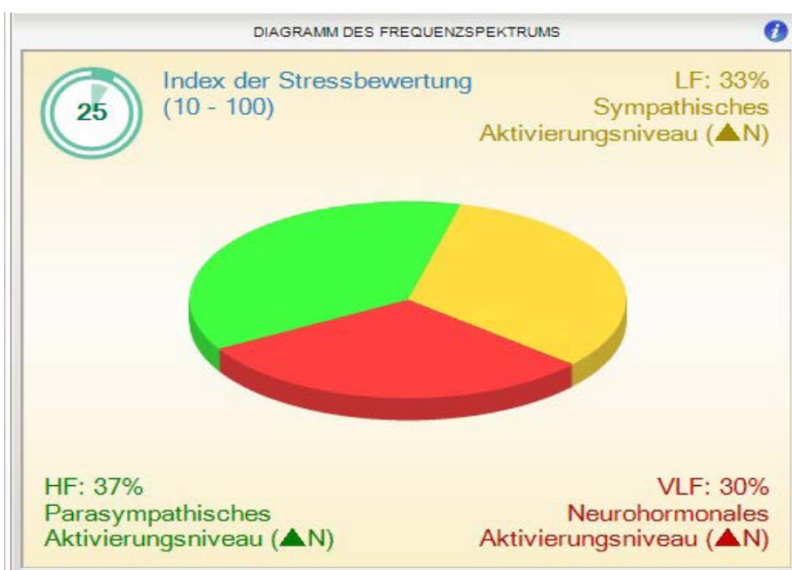
Der Index wird unterteilt in:

- SCI ist optimal
- SCI ist ausreichend
- SCI ist niedrig

Vegetative Regulation I

Das Frequenzspektrum-Diagramm stellt das Verhältnis zwischen drei Frequenzsegmenten in % dar:

- Parasympathikus
- Sympathikus
- Neurohormonales System



Die Bewertung des Stressniveaus zeigt das Verhältnis von

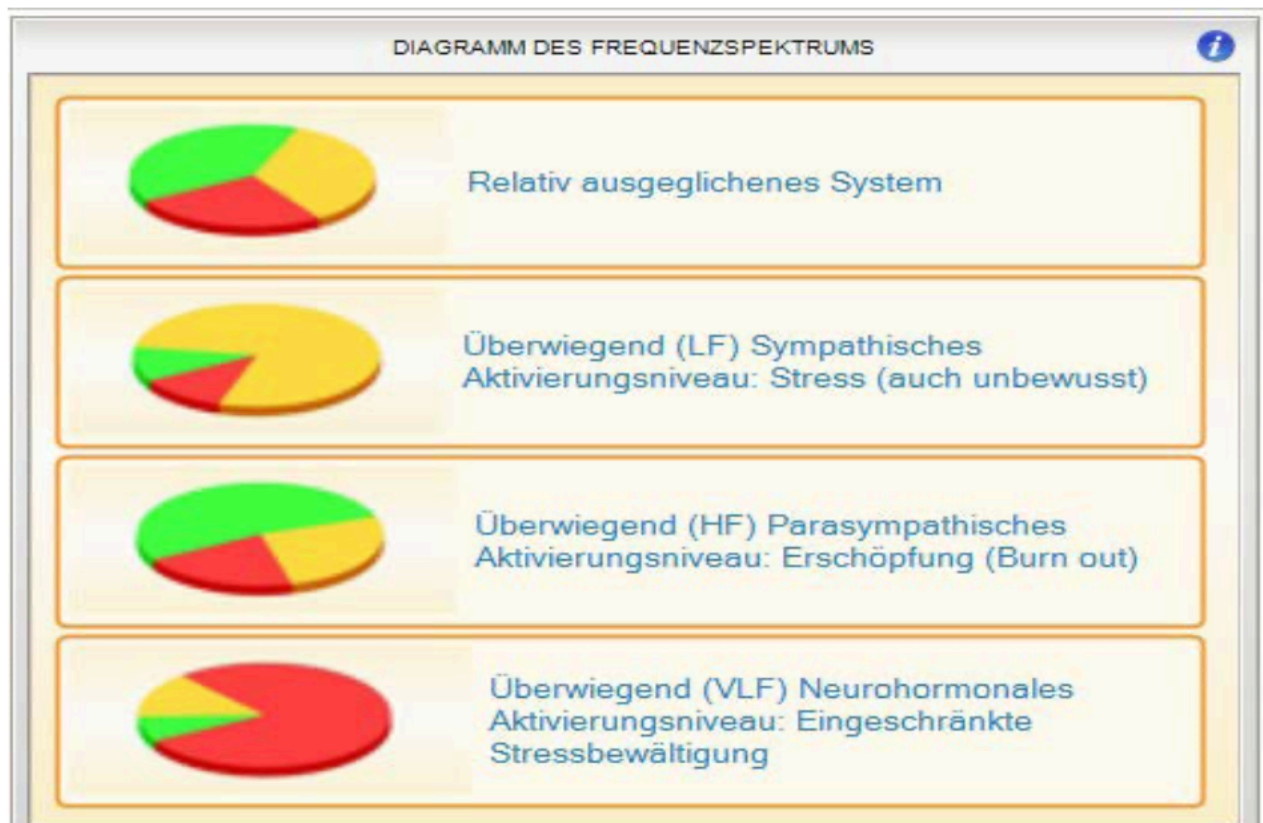
Grün: parasympathischer Aktivität

Gelb: sympathischer Aktivität

Rot: neurohormonelles Aktivierungsniveau / Fähigkeit der Signalübertragung

im Organismus. Im Idealfall sind alle drei Größen proportional zueinander. Je größer der jeweilige Anteil am Tortendiagramm, desto ausgeprägter ist dessen bestimmender Einfluss.

Es werden 4 Klassifikationen unterschieden:



Verschiebungen geben Aufschluss über psycho-emotionale und physiologische Dysbalancen, Stoffwechselforgänge oder anderen systemischen Regulationsbedarf bzw. des vegetativen Regulationsvermögens.

LF

Low Frequency Frequenzbereich : 0,04 - 0,15Hz

Diese Frequenz bildet die Sympathikus-Aktivität und die Baroflex-Schleife*. Dieser biochemische Regelkreis beeinflusst die Herzfrequenz mit speziellen Nervenzellen. Ein erhöhter Blutdruck senkt durch die Aktivität der Baroflex-Schleife die Herzfrequenz und damit den Blutdruck und umgekehrt.

** Baroflex Schleife = Mit BRS ist der Zusammenhang von Herzfrequenzänderungen (genau: Abstand von einer R-Zacke zur nächsten in Millisekunde) in Abhängigkeit von Blutdruckänderungen (in mmHg) gemeint, weswegen die BRS auch in der Einheit ms/mmHg ausgedrückt wird. Der Blutdruck wird kontinuierlich durch Anpassung der Herzfrequenz (sympathische und parasympathische Aktivität) und des peripheren (äusseren) Gefässwiderstands (sympathische Aktivität) reguliert, um einen bestehenden Normbereich zu erreichen. Diese Anpassungen finden von einem Herzschlag zum nächsten statt, weswegen Blutdruck (Blutdruckvariabilität) und Herzfrequenz (Herzratenvariabilität) bei jedem Herzschlag andere Werte aufweisen.*

HF

High Frequency Frequenzbereich : 0,15 – 0,4Hz

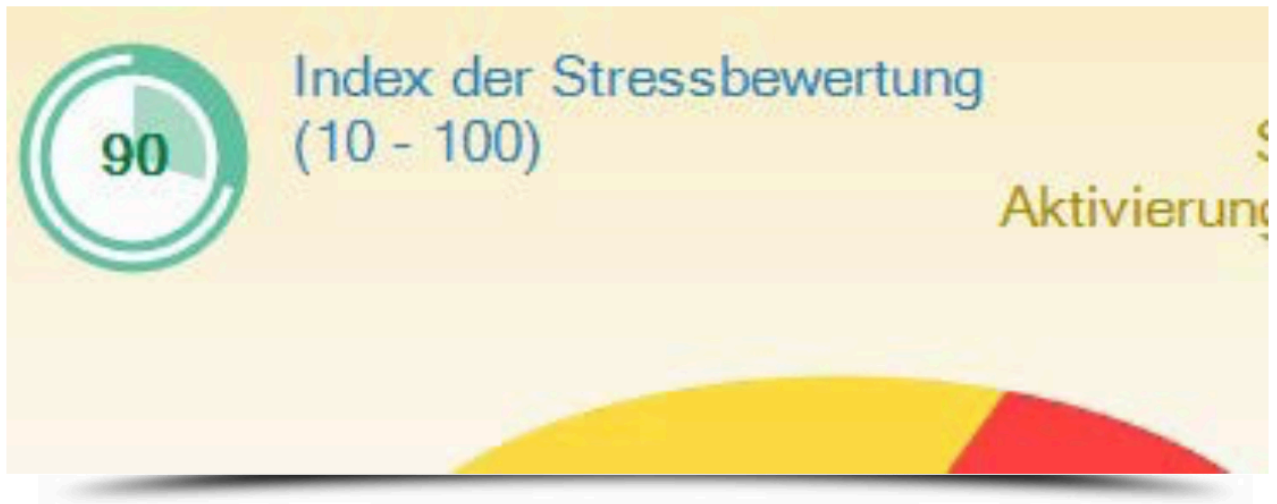
Diese Frequenz bildet die sogenannte respiratorische Sinusarrhythmie ab. Dieser Begriff bezeichnet die Tatsache, dass sich der Herzschlag und der Atemrhythmus gegenseitig beeinflussen.

VLF

Very Low Frequency Frequenzbereich : 0,00 - 0,04Hz

Atemmuster, Höhenlage, Körperposition, Regelung der Körpertemperatur und das Vorhandensein von Stoffen für den Gefäßtonus lassen sich an diesen Werten ablesen. Körperliche Aktivität beeinflusst die VLF. Deshalb wird dieser Frequenzbereich als Biomarker für Sympathikus-Aktivität angesehen. Sie kann auch als Wert für langsame Erholung nach mentalem Stress interpretiert werden.

Index der Stressbewertung



Im Kreisfeld wird anhand des Zahlenwertes und seiner Färbung ersichtlich, ob sich die Gesamtkonstellation des Frequenzspektrums im Normbereich befindet. Für eine differenzierte Beurteilung des Diagramms des Frequenzspektrums ist der Zahlenwert des Index der Stressbewertung von Bedeutung. Je größer der Zahlenwert im Kreisfeld, desto mehr Gewicht hat die Verteilung der drei Komponenten des Diagramms bei der Beurteilung des Stressniveaus.

Normbereich	von 10 bis 100
Eustress	bis 300
Erhöhtes Kompensationsverhalten	von 300 bis 600
Kritische Werte	ab 600
Regulationsstarre	ab 1.000

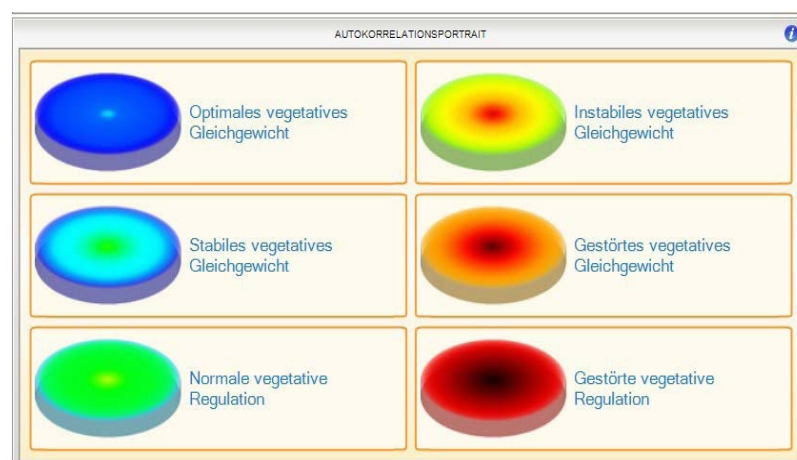
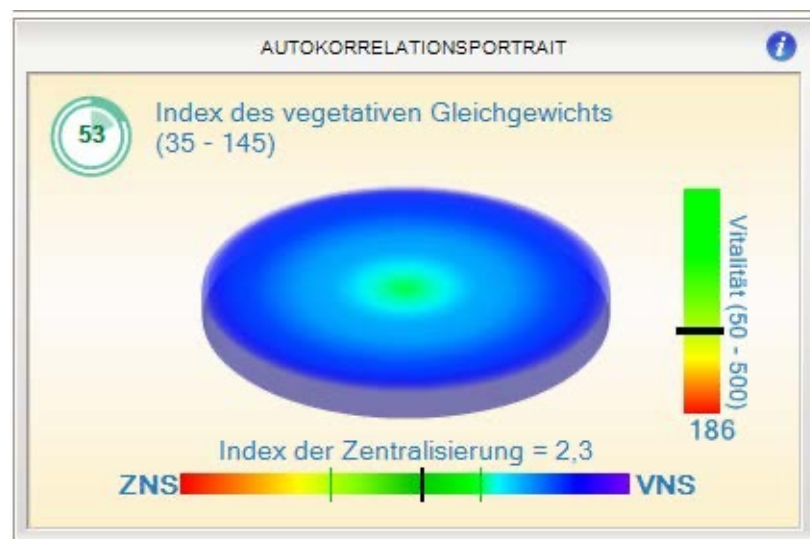
Bei hohen Werten in der Erstmessung sollte geprüft werden, wie manifest dieser Zustand ist. Dies kann durch Anwendung des Atemmoduls und einer anschließenden Zweitmessung geschehen.

Tritt durch die entspannte Tiefenatmungsrythmik keine signifikante Besserung der Zahlenwerte ein, ist von einer ausgeprägten Regulationsstarre auszugehen. Sehr hohe manifeste Zahlenwerte sind ein Indikator für die Notwendigkeit therapeutischer Intensiv-Massnahmen.

Das Autokorrelationsportrait

Das Autokorrelationsportrait gibt Auskunft über das **gegenwärtige** Anpassungsvermögen bezogen auf Stress. Es zeigt auf, in welchem Maße der Organismus zur Regeneration/Regulation fähig ist.

Bei guter Kohärenz zwischen zentralem und autonomem Regelkreis ist die R-R-Folge am besten organisiert. Bei einer Dissonanz zwischen beiden Regelkreisen dominiert der zentrale Regelkreis den autonomen im Herzrhythmus. Eine weitgehend zentrale Regulation gilt als pathologisch.



Index der Zentralisierung



Der Index der Zentralisierung zeigt, welchen Einfluss die Regelkreise des zentralen Nervensystems auf den Organismus sowie innerhalb des autonomen Nervensystem ausüben, d. h. zu welchem Grad dominiert die nicht-respiratorische die respiratorische Sinusarrhythmie. Je größer der Index, desto größer ist der Einfluss des vegetativen Regelkreises. Je kleiner niedriger der Index, desto größer ist die Dominanz der zentralen Regulation.

Vitalitätsindex

Der Vitalitätsindex zeigt die verfügbaren Energieressourcen des Organismus, um Schwankungen und Beeinträchtigungen im Wechselspiel zwischen sympathischer und parasympathischer Aktivität selbständig aufzufangen und zu kompensieren.

Je höher der Index

- desto größer die verfügbaren Ressourcen und
- die Fähigkeit des Organismus zur Selbstregulation.

Von Bedeutung für diesen Parameter sind hierbei auch grundsätzliche Lebensgewohnheiten, bspw.

- Wasseraufnahme
- Vitalstoffversorgung
- Schlaf
- Bewegung
- soziologische Situationen
- Umweltbelastungen u. a.

Der Normbereich des Index liegt zwischen 50 und 500. Je höher der Wert ist, desto mehr Ressourcen stehen dem Organismus für die Adaption an Belastungssituationen zur Verfügung. Werte niedriger als 50 sind Ausdruck einer signifikant schwachen Konstitution und sollten ggf. klinisch abgeklärt werden.

Vegetative Regulation II

Das Histogramm

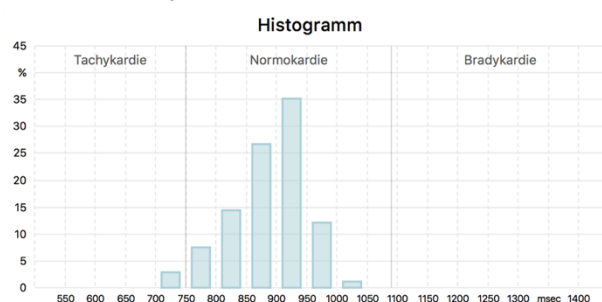
Das Histogramm ist eine andere Darstellungsform der aufgezeichneten Herzfrequenzvariabilität.

Im Histogramm werden die gemessenen RR Abstände in feste Zeitbereiche unterteilt, z.B. 900 ms - 950 ms usw. Die prozentuale Häufigkeit der Werte in einem Zeitbereich wird in der Höhe des Balkens sichtbar. Um so mehr Balken in der Breite vorhanden sind, desto variabler schlägt das Herz, desto besser kann das vegetative Nervensystem regulieren.

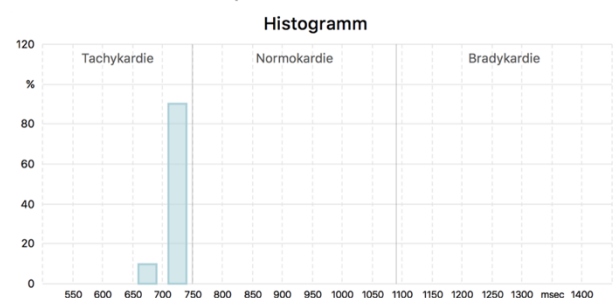
Wenn Sie hingegen nur einen oder zwei Balken haben bedeutet dies, dass die gemessenen RR-Intervalle fast identisch sind. Dementsprechend gibt das Herz Vollgas um leistungsfähig zu sein. Es passt sich nicht individuell an.

Die Verteilung sollte einer Gaußschen Verteilungskurve ähneln. Andere Verteilungen lassen Rückschlüsse auf eventuelle Rhythmusstörungen zu.

Gute Herzfrequenzvariabilität

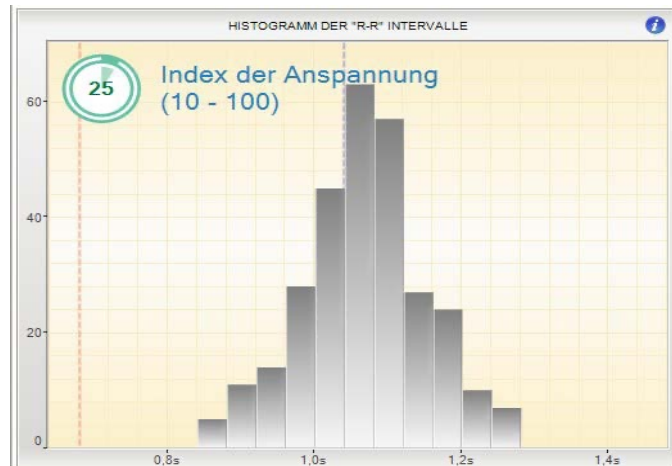


Schlechte Herzfrequenzvariabilität



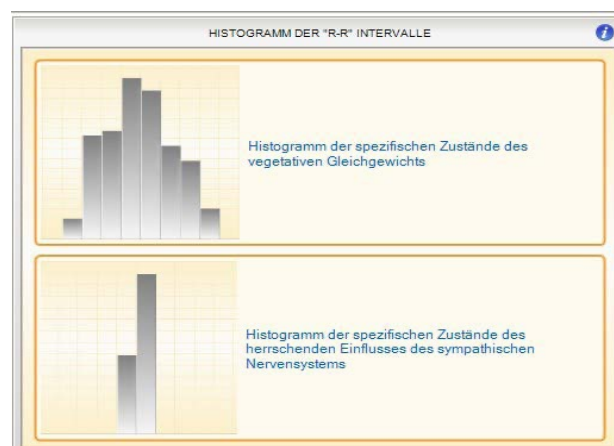
*Viele Balken = viel Parasympathikus
Wenig Balken = wenig Parasympathikus*

Das Histogramm bildet die Häufigkeit zeitlich unterschiedlicher RR-Intervalle ab. Die Anzahl der Balken gibt Auskunft über die Breite der Herzratenvariabilität.



Die Abszisse (horizontale Achse des Koordinatensystems) zeigt die Verteilung der zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Herzschlägen; die Ordinate (vertikale Achse des Koordinatensystems) zeigt ihre Häufigkeit.

Die Position der Hauptsäule zum Referenzpunkt 1 sowie die Verteilung der übrigen Balken kennzeichnen das Hauptleistungsniveau entweder als vagoton (Parasympathikus) oder als sympathikoton (Sympathikus). An der Stufenhöhe und -häufigkeit lässt sich sowohl die Regulationsfähigkeit bzw. Starre als auch deren Stärke ablesen.



Bei einer parasympathischen Beeinflussung wird die Häufigkeit der R-R-Intervalle größer und die Verteilungskurve wird nach rechts verschoben. Signifikante Verschiebungen nach rechts können ein Hinweis auf eine Bradykardie* sein (blaue Strichpunktlinie).

- *Bradykardie = Verlangsamter Herzschlag und bezeichnet in der Medizin beim erwachsenen Menschen eine Herzschlagfrequenz unter 60 Schlägen pro Minute.*

Bei einer sympathischen Beeinflussung wird die Häufigkeit der kürzeren R-R-Intervalle größer und die Verteilungskurve wird nach links verschoben. Signifikante Verschiebungen nach links können ein Hinweis auf eine Tachykardie* sein (rote Strichpunktlinie).

- *Tachykardie = Erhöhter Herzschlag und bezeichnet in der Medizin beim erwachsenen Menschen eine Herzschlagfrequenz über 100 Schlägen pro Minute in Ruhe.*

Bei einem vegetativen Äquilibrium (Gleichgewicht) sind die Balken des Diagramms zentriert und der höchste Balken (Modus) liegt im Bereich zwischen 0,7 Sek. und 1,0 Sek. Im Falle einer engen Basis des Histogramms mit ein oder zwei höheren Balken ist die Regulationsfähigkeit eingeschränkt und der Herzschlag reagiert nur begrenzt auf äußere Einflüsse; oft ein Anzeichen einer höheren Stressbelastung.

Index der Anspannung



Im Kreisfeld wird anhand des Zahlenwertes und seiner Färbung ersichtlich, ob sich das Gesamtverhältnis des Histogramms im Normbereich befindet. Für eine differenzierte Beurteilung des Histogramms ist der Zahlenwert des Index der Anspannung von Bedeutung. Er spiegelt den Einschränkungsggrad des Herzrhythmus und die sympathische Aktivität des autonomen Nervensystems wieder. Je größer der Zahlenwert, desto eingeschränkter ist die Herzratenvariabilität und desto größer ist das Stressniveau.

Normbereich	von 10 bis 100
Eustress	bis 300
erhöhtes Kompensationsverhalten	von 300 bis 600
Kritische Werte	ab 600
Regulationsstarre	ab 1.000

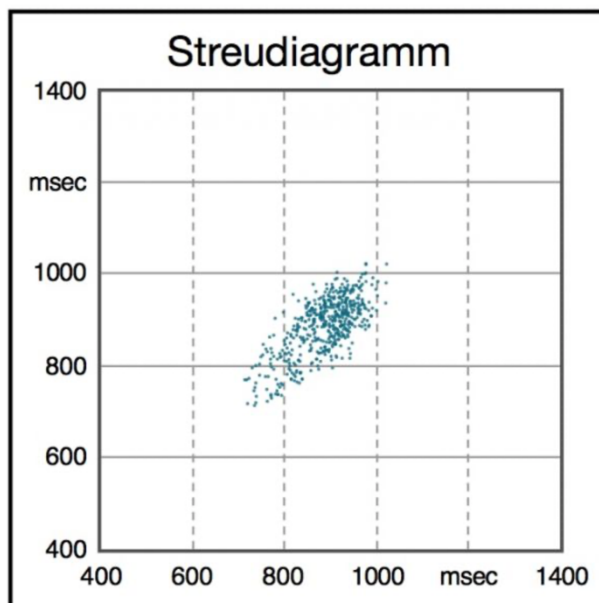
Bei hohen Werten ab 600 in der Erstmessung sollte geprüft werden, wie manifest dieser Zustand ist. Dies kann durch Anwendung des Atemmoduls und einer anschließenden Zweitmessung geschehen.

Tritt durch die Tiefenatmung keine signifikante Besserung der Zahlenwerte ein, ist von einer ausgeprägten Regulationsstarre auszugehen. Sehr hohe manifeste Zahlenwerte sind ein Indikator für die Notwendigkeit therapeutischer Intensiv-Maßnahmen.

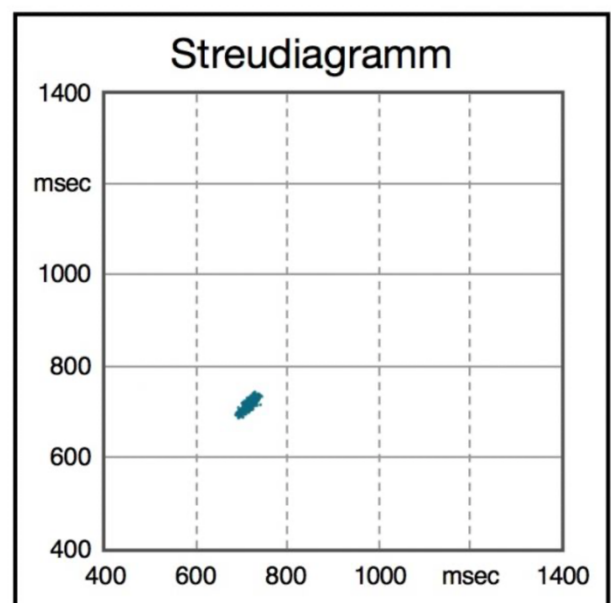
Da der Index jedoch durch den Gesamtzustand der neurovegetativen Regulation signifikant beeinflusst wird, kann eine organisch bedingte Einschränkung der HRV (bspw. Komplikation durch einen langjährigen Diabetes) ebenfalls einen hohen bis sehr hohen SI hervorrufen, ohne dass eine externe oder subjektiv erkannte Stressbelastung vorliegen muss.

Das Skatterogramm (Poincaré Plots)

Gute Herzfrequenzvariabilität



Schlechte Herzfrequenzvariabilität



*Große Streuwolke = viel Parasympathikus
Kleine Streuwolke = wenig Parasympathikus*

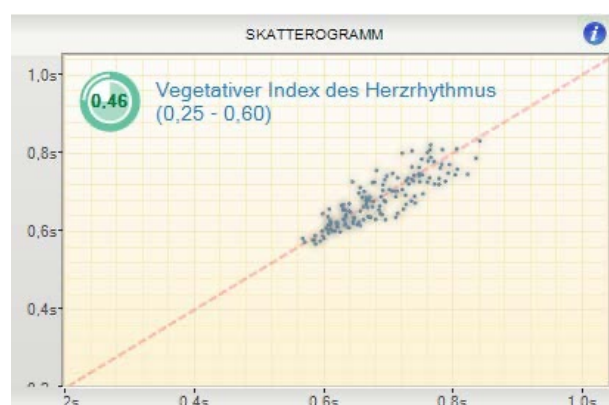
Das Streudiagramm, oder auch Pointcaré Plot, ist ebenfalls eine andere Darstellung der Herzfrequenzvariabilität. Es ist eine zweidimensionale Abbildung des Herzrhythmus und die Zusammenfassung der vollständigen RR-Zeitreihe des Elektrokardiogramms in einer Übersicht.

Ein Punkt im Koordinatensystem ergibt sich aus zwei benachbarten RR-Intervallen. Der erste Wert wird auf der X-Achse und der zweite auf der Y-Achse aufgetragen. Somit ergibt sich aus diesen beiden Werten ein Punkt im Streudiagramm.

In dieser quantitativen Darstellung repräsentiert jeder Punkt zwei aufeinanderfolgende RR-Intervalle; die roten Punkte stehen für die Artefakte. Auf der Abszisse (horizontale Achse des Koordinatensystems) ist die Länge des R-R-Intervalls in Sekunden dargestellt, auf der Ordinate (vertikale Achse des Koordinatensystems) die Länge der R-R $i+1$ Intervalle in Sekunden abgetragen.

Je größer die Streuwolke ist, desto variabler schlägt das Herz, desto besser kann das vegetative Nervensystem regulieren. Eine stark verdichtete Wolke bedeutet, dass das Herz immer gleichmäßig schlägt und sich nicht mehr individuell anpassen kann. Es gibt Vollgas.

Optimalerweise ähnelt die Streuwolke einer Ellipse. Andere Formen der Wolke lassen Rückschlüsse auf eventuelle Rhythmusstörungen zu.





Die Geometrie der Streuung liefert Informationen über die Schlagfolge und Herzleistung. Die Verteilung der Punkte entspricht der Breite der Atempyramide des Histogramms aus der Vogelperspektive.

- Eine gleichmäßige Wolke (elliptische Streuung) im Zentrum bedeutet, dass das vegetative Nervensystem im Gleichgewicht ist. Bei einer parasympathischen Beeinflussung wird die Wolke nach rechts oben verschoben, bei einer sympathischen Beeinflussung nach links unten.
- Eine zusammengeballte Wolke (punktuelle Streuung) zeugt von einer eingeschränkten Regulationsfähigkeit und begrenzter Reaktion des Herzschlags auf äußere Einflüsse, oft ein Anzeichen einer erhöhten oder hohen Stressbelastung.
- Eine breite (rechtsgerichtete) Streuung gilt entweder als Prädominanz des Nervus Vagus auf den Sinusknoten (sehr hoher Grad von Entspannung) oder als Zeichen einer dekompensierten Herzinsuffizienz.

Vegetativer Index des Herzrhythmus

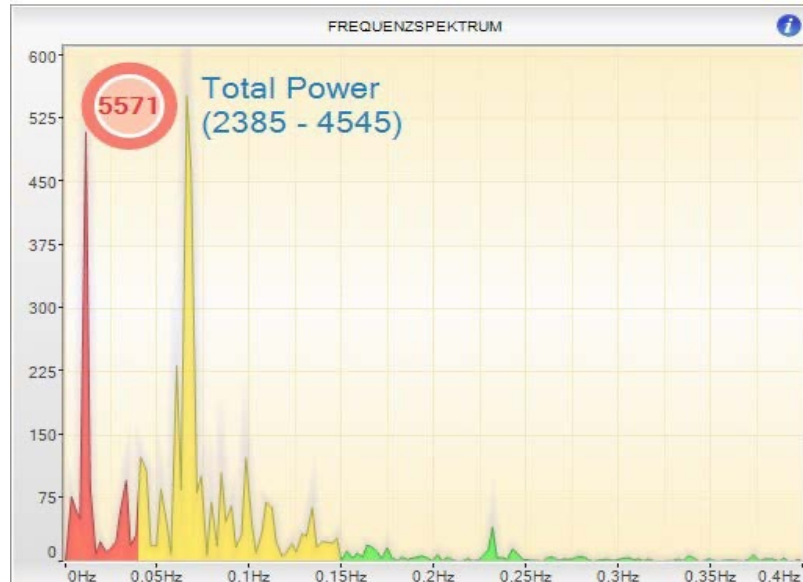
Je höher der Vegetative Index des Herzrhythmus, desto höher ist die Herzratenvariabilität und desto größer ist die Verlagerung des vegetativen Gleichgewichts zugunsten des parasympathischen Bereichs. Ein niedriger Index ist entsprechend gleichbedeutend mit eingeschränkter HRV und erhöhter sympathischer Aktivität.

Der Normbereich des Index liegt zwischen 0,25 und 0,6. Werte kleiner als 0,25 sind Hinweise auf eine stark eingeschränkte HRV und sollten ggf. klinisch abgeklärt werden. Werte höher als 0,60 sind Hinweise auf eine extreme Vagotonie und sollten ggf. klinisch abgeklärt werden.



Vegetative Regulation III

Frequenzspektrum



Die Abszisse (horizontale Achse des Koordinatensystems) zeigt das gesamte Frequenzspektrum in Hz, unterteilt in die Frequenzfenster des neurohormonellen (rot), sympathischen (gelb) und parasympathischen (grün) Aktivierungsniveaus. Auf der Ordinate (vertikale Achse des Koordinatensystems) erscheint die Amplitude algorithmisch variabel ($\text{ms}^2 \cdot 1000$). Das Frequenzspektrum zeigt eine Skalierung des Stressniveaus und gibt Auskunft über die Intensität und Verteilung der einzelnen Signalkomponenten:

ROT: Very Low Frequency (Neurohormonell): 0,00 Hz - 0,04 Hz

Parameter	Norm
VLF (ms²)	600 – 1'500
<p>VLF (Very Low Frequency) ist das Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich von 0,00 Hz bis 0,04 Hz. VLF zeigt den Anteil neurohormonaler Aktivität an der Gesamtvarianz.</p> <p>Je höher die VLF-Kennzahl, desto größer der neuroendokrine Anteil am Gesamtfrequenzspektrum. Je niedriger die VLF-Kennzahl, desto geringer der neuroendokrine Anteil.</p>	

GELB: Low Frequency (Sympathikus): 0,04 Hz - 0,15 Hz

Parameter	Norm
LF (ms²)	754 – 1'586
<p>LF (Low Frequency) ist das Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich von 0,04 Hz bis 0,15 Hz. LF spiegelt sowohl sympathische als auch parasympathische Einflüsse auf das HRV-Spektrum wider, wobei der Anteil des Sympathikus an der Gesamtvarianz überwiegt.</p> <p>Je höher die LF-Kennzahl, desto größer der sympathische Anteil am Gesamtfrequenzspektrum. Je niedriger die LF-Kennzahl, desto geringer der sympathische Anteil.</p>	

GRÜN: High Frequency (Parasympathikus): 0,15 Hz - 0,40 Hz

Gruppe: Frequenzspektrum	
Parameter	Norm
HF (ms²)	770 – 1'078
<p>HF (High Frequency) ist das Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich von 0,15 Hz bis 0,40 Hz. HF wird als Indikator für den kardio-vagalen Tonus angesehen, sollte aber stets gemeinsam mit dem Gesamtfrequenzspektrum der Herzrate betrachtet werden.</p> <p>Die HF-Anteil am Gesamtfrequenzband der Herzrate ist eng verbunden mit der atemsynchronen Schwankung der Herzfrequenz (respiratorische Sinusarrhythmie) und wird fast ausschließlich über den parasympathischen Zweig des vegetativen Nervensystems moduliert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Je höher die HF-Kennzahl, desto größer der parasympathische Anteil am Gesamtfrequenzspektrum. • Je niedriger die HF-Kennzahl, desto geringer der parasympathische Anteil. 	

Umfang und Höhe der Spitzen korrelieren mit der Total Power. Es werden 4 Klassifikationen unterschieden:

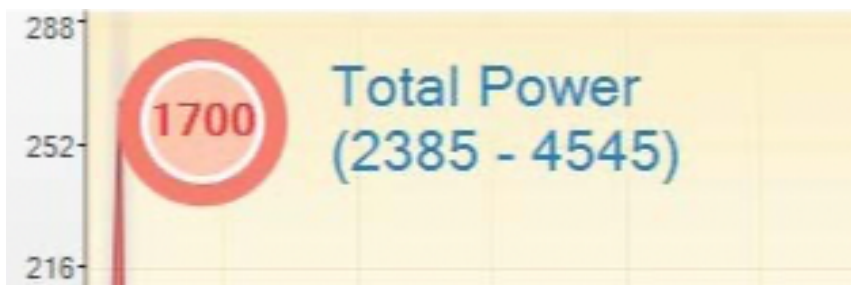
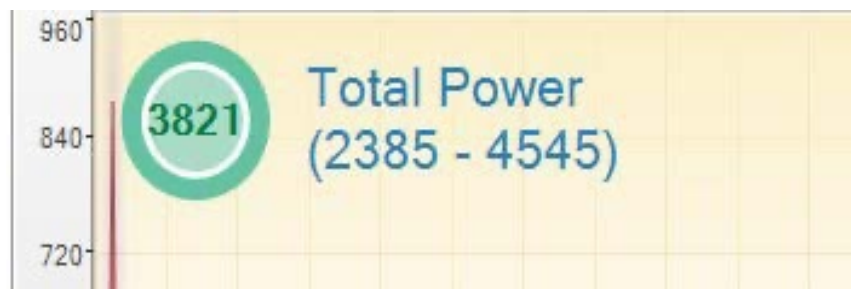


Total Power

Dieser Index zeigt die vorhandene Gesamtenergie des Organismus basierend auf dem Frequenzspektrum (HF, LF, VLF). Ein Anstieg des sympathischen Anteils über die Norm hinaus hat eine Verminderung der Total Power zur Folge; der Anstieg des parasympathischen Anteils führt zu einem Anstieg der Total Power. Dieser Wert entspricht der Standardabweichung und der Gesamtvariationsbandbreite.

Werteskala (Zirkaangaben)

über 4.545:	hyperkompensatorisches Geschehen oder Ausdruck eines überdurchschnittlichen Trainingszustandes
2.385 – 4.545:	Normbereich
2.384 - 1.400:	Kompensation aufgrund energetischer und/oder neurohormoneller Dysbalancen
unter 1.400:	stark eingeschränktes Regulationsvermögen



Risiko-Analyse



Die Risiko-Analyse ist eine Schnellübersicht über wichtige Parameterwerte der vegetativen Regulation. Sie umfasst

SDNN	Gesamtvariabilität der HRV
CV (Variationskoeffizient)	Bandbreite der HRV und deren Verteilungsform im Histogramm
RMSSD	Indikator der parasympathischen Aktivität; gibt an, wie sich die Herzfrequenz von Herzschlag zu Herzschlag ändert
pNN50	Indikator der parasympathischen Aktivität; Prozentsatz der aufeinanderfolgenden R-R-Intervalle, die sich um mehr als 50 ms voneinander unterscheiden
BPRI	Blutdruck-Risikoindex 1 - 2 = Normbereich 3 - 5 = geringes Risiko 6 - 7 = erhöhtes Risiko
CFRI	Herzinsuffizienzindex 1 - 2 = Normbereich 3 - 5 = geringes Risiko 6 - 7 = erhöhtes Risiko

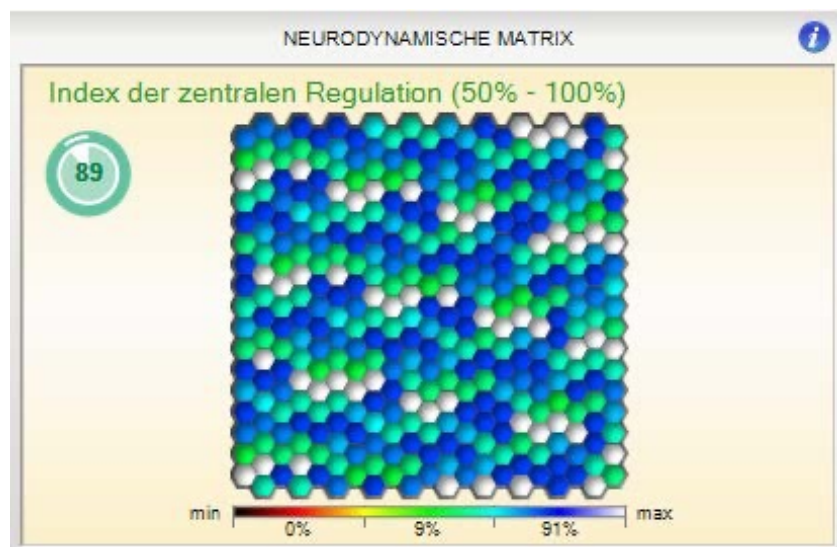
IRI	Entzündungsrisikoindex 1 - 2 = Normbereich 3 - 5 = geringes Risiko 6 - 7 = erhöhtes Risiko
BMI	Body-Mass-Index/Körpermasseindex von 19 bis 24 = normal unter 19 = zu niedrig über 24 = zu hoch



Zentrale Regulation

Neuro-Dynamische Matrix

Die Neuro-Dynamische Matrix bewertet das Gleichgewicht und die Dynamik physiologischer Abstimmungsvorgänge zwischen dem zentralen Nervensystem und innerorganismischen Subsystemen.



Anhand der farbkodierten Matrix mit prozentualer Bewertungsskala werden der Harmonisierungsgrad und die Interaktion von über 300 Referenzparametern des Organismus evaluiert.



Index der zentralen Regulation

Der Index der zentralen Regulation kennzeichnet die Leistungsfähigkeit des zentralen Nervensystems und zeigt, in welchem Maße der Organismus seine Energie und physiologischen Ressourcen optimal einsetzt. Der Index gibt die vorhandene Gesamtkapazität des zentralen Regulationsvermögens als Prozentwert zwischen 50 % und 100 % an. Je höher dieser Wert ist, desto stabiler und ausgewogener ist die zentrale Regulation.

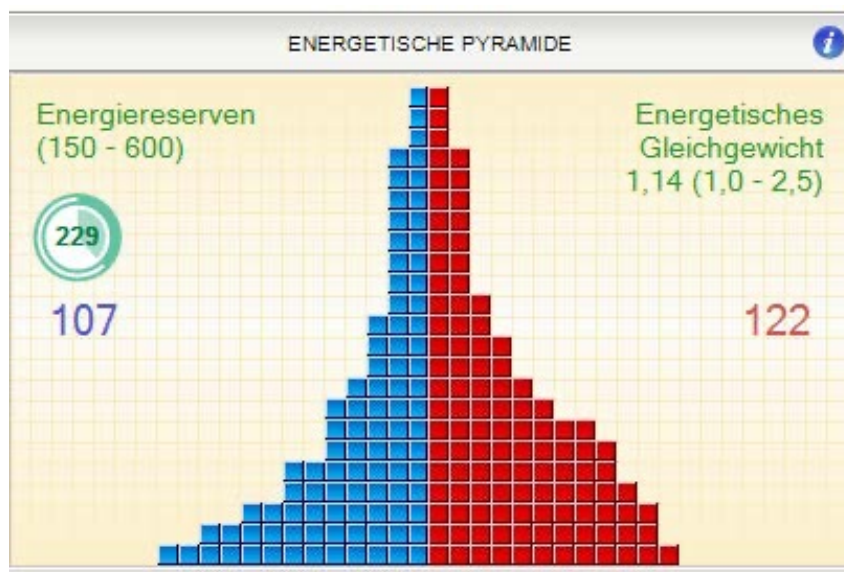


Das Farbspektrum der Matrix ist der Qualitätsindex der Gesamtkapazität der zentralen Regulation. Seine Skala wird in Abhängigkeit des Index der zentralen Regulation definiert.



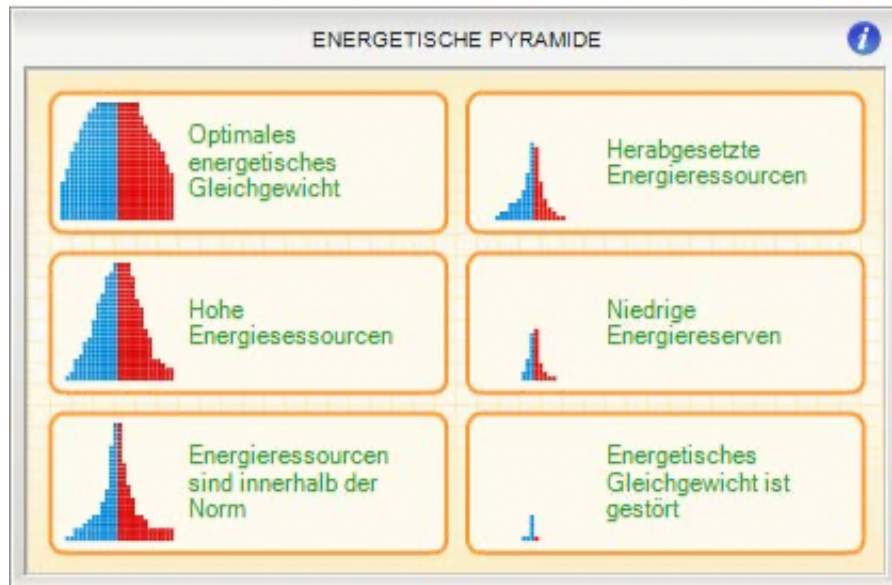
Energetische Pyramide

Die Pyramide zeigt mithilfe von blauen (anabolen = aufbauenden) und roten (katabolen = abbauenden) Elementen und Werten das energetische Gleichgewicht in den unterschiedlichen Organen und Subsystemen. Sie stellt die Energieaufnahme und den Energieverbrauch des Organismus gegenüber. Diese Energiebilanz repräsentiert die Dynamik der "Neurodynamischen Matrix".



Anabole (aufbauende) und katabole (abbauende) Prozesse sollten im Normalfall ausgeglichen sein. Deutliche Unterschiede können physiologisch begründet sein, bedürfen aber in jedem Fall der Abklärung und Kontrolle.

Auf Basis der Gesamtgröße und des Umfangs der Pyramide lassen sich Aussagen über die allgemeine Regulationsfähigkeit des Organismus treffen.



Energiereserven

Der Wert im Kreisfeld ist die Summe aus blauen (anabolen = aufbauenden) und roten (katabolen = abbauenden) Elementen der Energiepyramide. Der Normbereich der Energiereserven liegt zwischen 150 und 600. Werte unter 150 deuten auf mangelnde Energie.



Energetisches Gleichgewicht

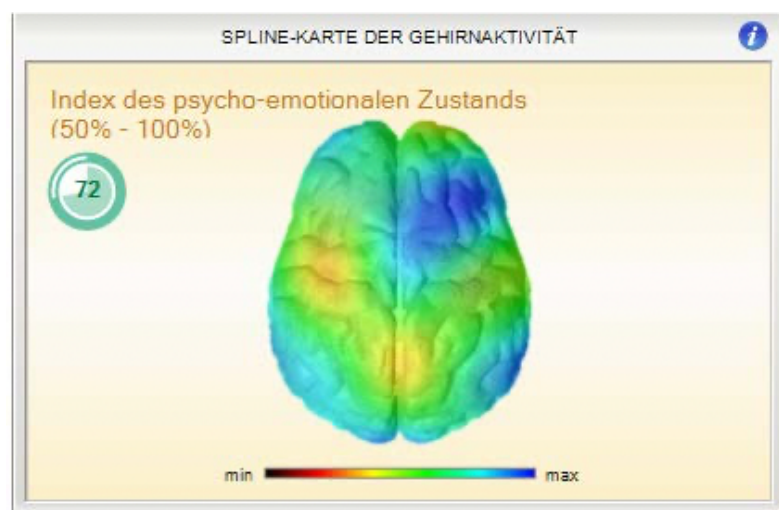
Der Wert im Kreisfeld zeigt das Ergebnis der roten (katabolen = abbauenden) Elemente ins Verhältnis gesetzt zu den blauen (anabolen = aufbauenden) Elementen der Energiepyramide. Der Normbereich der Energiereserven liegt zwischen 1,0 und 2,5. Werte unter 1,0 signalisieren signifikante Störungen des energetischen Gleichgewichts; Werte über 2,5 sind ein Indikator für ein hypermetabolisches Geschehen.



Psycho-emotionaler Zustand

Spline-Karte der Gehirnaktivität

Die Spline-Karte der Gehirnaktivität ist eine zerebrale Matrix-Simulation, die die aktiven Funktionsbereiche des zentralen Nervensystems projiziert. Diese werden anhand der Neuronenaktivität innerhalb der Zellstrukturen der verschiedenen Areale ermittelt. Die Software erstellt alle 50 Herzschläge eine Aufnahme und stellt diese in ihrer Gesamtheit als zweidimensionale Animation dar.

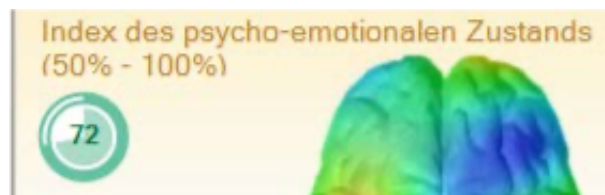


Anhand der Farben und Prozentwerte lässt sich der gegenwärtige psycho-emotionale Zustand beurteilen. Darüber hinaus gestatten topografische Kenntnisse über das Gehirn, das Messergebnis weiter zu konkretisieren und weitere Rückschlüsse und Erklärungen aus der Gehirnaktivität abzuleiten.

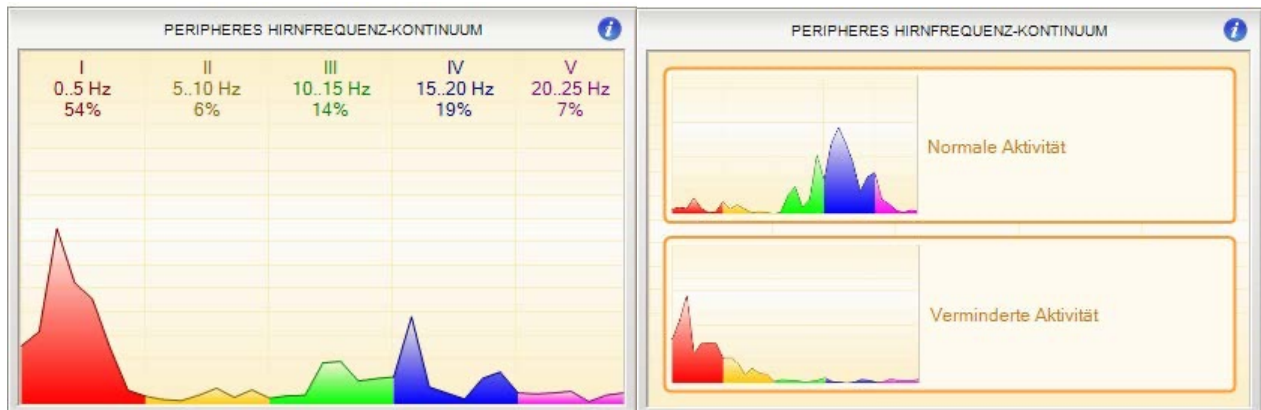


Index des psycho-emotionalen Zustands

Dieser Index gibt die Stabilität und das Gleichgewicht des psycho-emotionalen Zustands in Prozent an. Je höher der Index, desto stabiler und ausgeglichener ist der psycho-emotionale Zustand. Werte unter 50 % stehen für einen signifikant unausgeglichene psycho-emotionalen Zustand.



Peripheres Hirnfrequenz-Kontinuum



Die elektrischen Aktivitäten des Gehirns im Zeitraum der Messung stehen in enger Wechselbeziehung zum psycho-emotionalen Zustand und bewegen sich in einem bestimmten Frequenzspektrum. Dieses wird unterteilt in:

DELTA-WELLEN / I: Stress/stressbedingter Ressourcenabbau (0 Hz - 5 Hz)



Zeigt die systemische Tendenz zu reversibler oder chronischer Stressbelastung. **Von einer chronischen Belastungssituation kann bei einem Wert von ca. 50 % und darüber ausgegangen werden.**

Positiv: Non-REM-Schlaf, Ausschüttung von Wachstumshormonen, regenerierende Schlafphasen und Schlafqualität (Density of Sleep), erfrischend

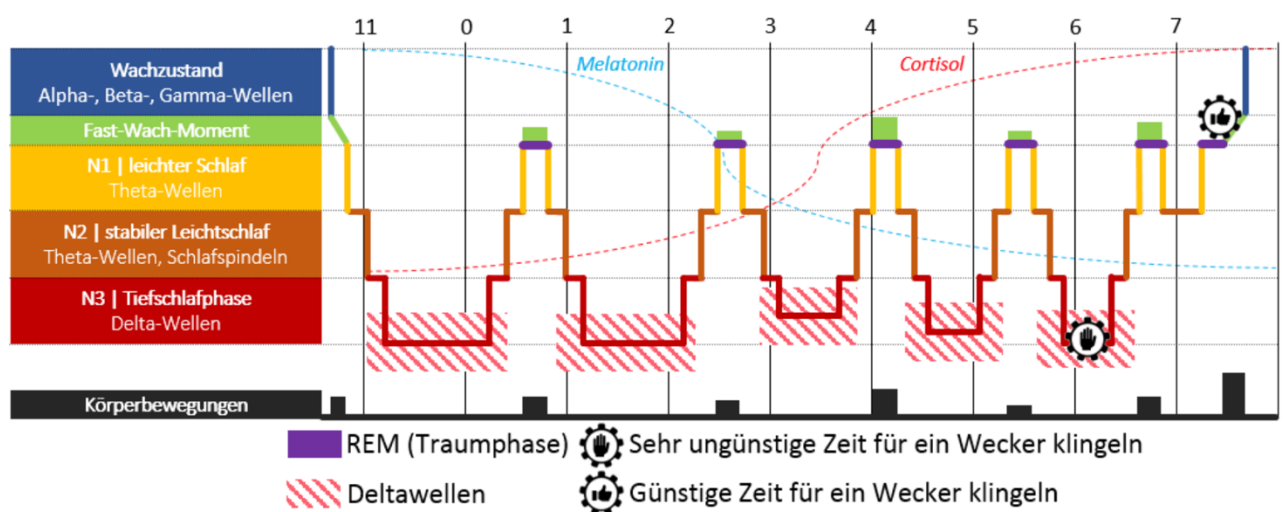
Negativ: Störung der natürlichen Rhythmen, Ausbleiben wichtiger Zeitfenster, Verkürzung der non-REM-Phasen

Delta-Gehirnrhythmen sind die langsamsten Gehirnwellen. Sie werden vom Unterbewusstsein generiert und treten in der Regel im tiefen, traumlosen Schlaf ohne REM-Phase (REM = engl. Rapid Eye Movement; auch paradoxer Schlaf oder desynchronisierter Schlaf), in der Hypnose oder in tiefen Trance-Zuständen auf. Sie ist die dominante Frequenz bei Säuglingen. Delta-Wellen sind eine Art Radar des Unterbewusstseins, das der Intuition, der Empathie und dem Instinkt unterliegt.

REM-Phase

Der Schlaf wechselt zwischen zwei Phasen: orthodoxer Schlaf (NREM – Non-Rapid-Eye-Movement – keine Augenbewegungen) und der REM Phase (Rapid-Eye-Movement – schnelle Augenbewegungen – Träumen). Diese Phasen können unterschiedlich in EEG-Messungen gemessen und angezeigt werden. EEG bedeutet Elektroenzephalografie = Methode der medizinischen Diagnostik und der neurologischen Forschung zur Messung der summierten elektrischen Aktivität des Gehirns durch Aufzeichnung der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche.

Der größte Teil des Schlafes macht der orthodoxe Schlaf aus: ruhiger und langsamer Schlaf mit wenig bis keiner Augenbewegung. Den NREM Schlaf kann man nochmal in 3 weitere Phasen N1, N2 und N3 einteilen.



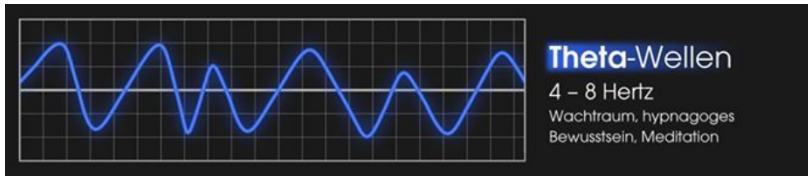
Je nach Alter und Umständen befinden wir uns etwa:

- 5% in der N1 Phase (Leichtschlaf),
- 45-55% in der N2 Phase (stabiler Leichtschlaf),
- 20-25% in der N3 Phase (Tiefschlaf) und
- 20-25% im REM Schlaf (Traumphase).

Diese Abläufe durchlaufen wir im besten Falle vier bis sieben mal pro Nacht und wird von Schlafmedizinern auch als Schlafarchitektur bezeichnet. Natürlich kann es auch zu Wachphasen kommen, welche sich aber bei einem gesunden Schlaf sehr gering (unter 5%) halten. Wir durchlaufen die Phasen folgend: Einschlafen --> N1 --> N2 --> N3 --> N2 --> REM --> N2 --> N3 --> N2 --> REM --> ... Aufwachen.

Je nach dem in welcher Phase du aufwachst, entsprechend fühlst du dich. Dies siehst du auch in der Grafik ungünstige und günstige Zeit für deinen Wecker.

THETA-WELLEN / II: Mentale Desynchronisation (5 Hz - 10 Hz)



Zeigt die Auswirkung von Erholungs- und Regenerationsdefiziten des Organismus auf; ursächlich wahrscheinlich ist die fehlende REM-Schlafphase. **Je höher der Prozentsatz, desto höher ist der Grad der Desynchronisation.**

Positiv: Beruhigung von Körper, Emotionen und Gedanken, tiefer, verinnerlichter Zustand, Kindheitserinnerungen, Superlearning, mentale Filter und kritischer Wächter ausgeschaltet

Negativ: Gedankenreisen, kein erholsamer Schlaf, kein Sortieren und Neutralisieren von Bewertungen von Erfahrungen und Gedächtnisinhalten

Theta-Gehirnrhythmen gehören auch zu den langsamen Gehirnwellen des Unterbewusstseins. Sie stellen sich ein, wenn sich der Mensch in einem leichten, träumenden Schlafzustand sowie in tiefer Entspannung oder Meditation befindet. Sie treten vermehrt auf, wenn der Fokus der Aufmerksamkeit nach innen gerichtet ist. Sie sind mit bildlichen oder filmischen Vorstellungen verknüpft, die der Mensch vor seinem inneren Auge sieht. Theta-Wellen sind notwendig, damit der Mensch Zugang zu seinem Unterbewusstsein bekommt. Wenn Menschen ihre Selbstheilungskräfte aktivieren möchten, sind Theta-Wellen die unerlässliche Basis dafür, um eine grosse Wirkung zu erzielen. Theta-Wellen sind die dominante Frequenz bei Kleinkindern.

ALPHA-WELLEN / III: Kognitive Integration (10 Hz - 15 Hz)



Repräsentiert einen Konstitutionsstatus (körperliche Verfassung), der eine kognitive Rezeptivität (verstandesmäßige Aufnahmefähigkeit) im Zusammenspiel mit ausgeglichener mentaler Klarheit charakterisiert. Dieser Frequenzbereich ist ein wichtiger gesamtsystemischer Kohärenzfaktor (Zusammenhang) und hat zudem eine Brückenfunktion zwischen II und IV. **Je höher der Prozentsatz, desto höher ist der Grad der kognitiven Integration.**

Geschlossene Augen: Entspannt, passiv, unfokussiert, Wohlbefinden (Waldspaziergang), Vorbereitung und Sicherung von Lerninhalten (Faktenwissen, Einzeldaten)

Alpha-Wellen stellen sich ein, wenn sich der Mensch in einem gelösten und entspannten Zustand befindet, aber nicht schläfrig ist – ähnlich wie bei Tagesträumen. Der Fokus der Aufmerksamkeit ist nach innen gerichtet. Alpha-Wellen sind das Tor zur Meditation. Sie stellen sich in der Regel von selbst ein, wenn der Mensch seine Augen schliesst. Sie können durch Übung aber auch mit offenen Augen erzeugt werden. Gut funktionierende Alpha-Wellen sind sehr wichtig für die Fähigkeit, Erfahrungen integrieren zu können und für die Abspeicherung und den Abruf von Erinnerungen. Alpha bei 12 Hz korreliert mit einem sehr breiten, umfassenden Bewusstseinszustand. Er wird bei Athleten beobachtet, wenn sie in Bereitschaft zum Wettkampf stehen.

Alpha-Wellen stellen die Sprache des limbischen Systems dar. Sie sprechen die Sprache der Integration und Vermittlung. Alpha-Gehirnwellen übernehmen die wichtige Rolle der Koordinations der Gehirnaktivität und erfüllen eine Schnittstellenfunktion: Sie vermitteln zwischen unbewussten und bewussten Inhalten. Alpha-Wellen bilden die Brücke zwischen Bewusstsein und Unterbewusstsein. Ohne Alpha-Wellen kann sich der Mensch beispielsweise nach dem Aufwachen nicht an seine Träume erinnern oder in Kontakt sein mit dem, was er in einer tiefen Meditation erlebt.

Physiologisch gesehen erlebt der Mensch im Laufe eines 24-Stunden-Tages zweimal eine hohe Alpha-Aktivität. Einmal kurz vor dem Einschlafen, wenn er die Aktivität des Tages langsam herunterregelt und in den Schlaf (Theta- / Delta-Aktivität) überwechselt. Und am Morgen erlebt er das Gleiche, aber in umgekehrter Reihenfolge. Die langsamen Gehirnrhythmen der Nacht weichen der Übergangsfrequenz von Alpha, um an die schnelleren Rhythmen, die der Mensch für das Denken und den Fokus des Tages braucht, zu übergeben.

Die Vermittlungsfunktion der Alpha-Wellen kann man sehr treffend mit der Funktion einer Verkäuferin hinter der Theke vergleichen. Wenn Sie sich vorstellen, dass Sie in einem Supermarkt zur Wurst- und Fleischtheke gehen, dann stehen Sie vor der Theke, und die Wurst ist hinter der Theke. Die Wurst und das Fleisch sind fein säuberlich und hygienisch nach bestimmten Regeln und einem bestimmten System geordnet, das Sie nicht kennen und auch nicht kennen müssen. Sie sehen nur die Vielfalt. Die Schnittstelle zur Wurst bildet die Verkäuferin. Sie kennt sowohl das System hinter der Theke, und sie ist ausgebildet, auch Ihre Bedürfnisse zu kennen. Sie vermittelt quasi zwischen dem, was vor der Theke, und dem, was hinter der Theke ist. So, wie die Verkäuferin zwischen Wurst und Kunde eine Vermittlungsfunktion übernimmt, tun

dies die Alpha-Wellen zwischen den schnellen und langsamen Rhythmen – zwischen Unterbewusstsein und Bewusstsein.

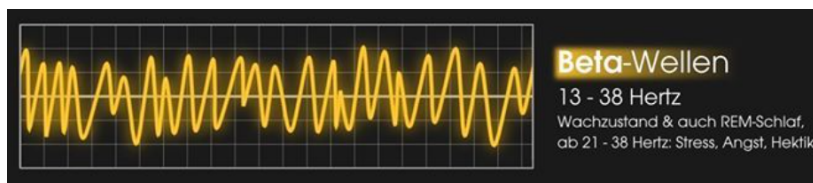
Das Training von Alpha-Wellen verbessert das innere Gleichgewicht (Harmonie), stärkt die Präsenz (Gegenwärtigkeit), fördert Zentriertheit und intensiviert die Körper-Geist-Verbindung.

Zwischenstufe SMR – Gehirnwellen (12 – 15 Hz)

Wird im NILAS System nicht abgebildet.

SMR-Rhythmen (Sensorimotor Rhythm) an bestimmten Stellen im Gehirn entsprechen einem aufmerksamen und fokussierten Geisteszustand mit gleichzeitiger Entspannung. Es ist ein ruhiger, wacher Zustand mit wenig Angstgefühlen und Impulsivität. SMR-Rhythmen sind die Voraussetzung für eine gute Geist-Körper-Koordination. Ein zu geringer Anteil von SMR-Rhythmen kann ein Anzeichen für AD(H)S, ein Defizit an fokussierter Aufmerksamkeit mit Hyperaktivität, sein. Das Training von SMR-Gehirnwellen verbessert den Fokus der Aufmerksamkeit, reduziert Stress und erhöht die Impulskontrolle.

BETA-WELLEN / IV: Kognitive Leistungsfähigkeit (15 Hz - 20 Hz)



Beschreibt das Vermögen und die Stärke, aktiv Handlungen souverän und zielgerichtet mit innerer Ruhe und Gefasstheit umzusetzen. Die kognitive Leistungsfähigkeit beschreibt den Grad der Kohärenz aller Rhythmen und somit einer inneren Ordnung im Wachzustand mit effizientem (also geringem) Energie- bzw. Ressourcenverbrauch. **Je höher der Prozentsatz, desto höher ist der Grad der kognitiven Leistungsfähigkeit.**

Offene Augen: Aufmerksamkeit, Wachheit, Konzentration, Kognition

Im ganz normalen alltäglichen wachbewussten Zustand produziert das menschliche Gehirn üblicherweise Beta-Wellen. Sie helfen dem Menschen, dass er bewusst in der Welt funktionieren kann. Sie bringen eine gute Aufmerksamkeit mit sich, sodass der Mensch über aktuelle Probleme und Aufgabenstellungen nachdenken sowie logische

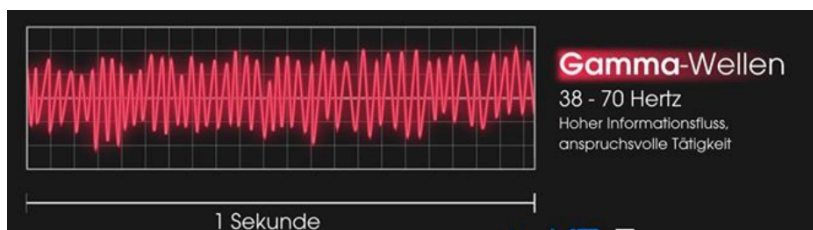
Lösungen entwickeln kann. Beta-Wellen werden gebraucht, wenn der Mensch etwas lernen will. Der Fokus der Aufmerksamkeit liegt bei der äusseren Welt.

Zwischenstufe HiBeta-Gehirnwellen (20 – 38 Hz)

Wird im NILAS System nicht abgebildet.

Befindet sich der Mensch in einem emotional stark angespannten Zustand wie beispielsweise Stress, Angst, Panik, Phobien, Nervosität, Hyperaktivität oder zwanghaftem Denken, dann generiert sein Gehirn überwiegend HiBeta-Wellen. Sein Gehirn befindet sich dann in einem Zustand der ständigen Alarmbereitschaft. Menschen, deren Leben von einem hohen Arbeitspensum beziehungsweise von einer hohen Taktung geprägt ist, haben häufig erhöhte HiBeta-Werte. In der westlichen Leistungsgesellschaft tendieren viele Menschen dazu, sich ausschliesslich im Beta- und HiBeta-Frequenzbereich zu bewegen.

GAMMA-WELLEN / V: Psycho-emotionale Desynchronisation (20 Hz - 25 Hz)



Zeigt das psycho-emotionale Ressourcengeschehen bzw. die psycho-emotionale Ressourcen- beanspruchung. Ein Anstieg des Prozentwertes kann positiv bedingt sein, bspw. aufgrund einer ereignisabhängigen, temporär erhöhten Aufmerksamkeit und Fokussierung zur Bewältigung von wahrgenommenen Leistungsanforderungen. Ein Anstieg kann jedoch bei einer sich verselbständigenden und dauerhaften Erhöhung auch ursächlich negativ bedingt sein. Hierzu zählen u. a. Stress und innere Unruhe, Ängste und Sorgen sowie bei starker Ausprägung psychische Störungen, bspw. Kontrollzwänge, Depressionen, Paranoia bis hin zu schizophrenen Verhaltensweisen. Bei der Analyse sollte das Zusammenwirken der psycho-emotionalen Desynchronisation mit I und II beachtet werden.

Offene Augen: Wie bei IV. Aufmerksamkeit, Wachheit, Konzentration, Kognition und zusätzlich Besorgnis, Ängste, Stress, innere Unruhe

Die Gamma-Rhythmen sind die schnellsten Gehirnwellen. Sie gelten als die Wellen der Kontinuität des Bewusstseins und haben eine integrierende Wirkung. Mit ihnen beschäftigt sich die Gehirnforschung jedoch erst in jüngster Zeit intensiver. Das liegt daran, dass erst jetzt die Geräte sensibel genug sind, um diese Frequenzen überhaupt messen zu können.

Obwohl man eventuell vermuten könnte, dass die schnellsten Gehirnwellen von geringer Güte sind, trifft das nicht zu. Denn Tatsache ist, dass Gamma-Wellen vermehrt bei Menschen entdeckt wurden, die eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des Gleichgewichts in der Welt übernommen haben. Gamma-Rhythmen sind Wellen mit einer sehr schnellen Frequenz, die insbesondere bei grossen Lehrern und spirituellen Führern sehr aktiv sind. Ihre integrierende Wirkung kommt dadurch zum Ausdruck, dass diese Menschen ein überdurchschnittliches Verständnis von den grossen Zusammenhängen auf der Welt im Universum haben. Gamma-Wellen werden als Aktivität eines hohen Bewusstseinszustand betrachtet. Unter einem hohen Bewusstseinszustand muss man in diesem Kontext eine gute und gesunde Mischung aus Innovation, Mitgefühl, Motivation, Moral- und Traditionsbewusstsein und dem Streben nach höheren Idealen, die dem grösseren Wohl der Menschheit dienen, verstehen. Menschen mit einer hohen Gamma-Aktivität haben oft eine Vorbildfunktion.

Langzeit-Meditierende verfügen in der Regel über höhere Gamma-Werte. Das Training von Gamma-Frequenzen fördert extrem klares Denken. Obwohl es die höchste Frequenz ist, hat sie nichts mit Unruhe oder Überregung zu tun, sondern repräsentiert einen Zustand ausgesprochener Klarheit, Ruhe und Weitsicht.

Konklusion

Die vorgenannten Gehirnrhythmen treten nie alleine, bzw. isoliert auf, sondern immer in einem bestimmten Mischungsverhältnis. In diesem Sinne muss man also treffender sagen, dass, wenn sich ein Mensch beispielsweise im Tiefschlaf befindet, der Delta-Wellen-Anteil überwiegt. Befindet er sich in einer Meditation, überwiegt der Alpha-Wellen-Anteil. Hat er Stress oder streitet er, dann dominiert der HiBeta-Wellen-Anteil. Gehirnwellenrhythmen spielen also immer eine Symphonie, bei der ein Rhythmus ein Solo spielt und so das Gesamt-Arrangement temporär dominiert, während die anderen Stimmen mehr oder weniger leise im Hintergrund mitschwingen.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Wellen (-Kategorien), die Gehirnwellenmuster bilden den Zustand eines Menschen ab. Jeder (Bewusstseins-)

Zustand, den ein Mensch erlebt, hat seine ganz eigene Symphonie, ein ganz eigenes Mischungsverhältnis bezüglich der Verteilung und Dominanz der verschiedenen Gehirnwellen.

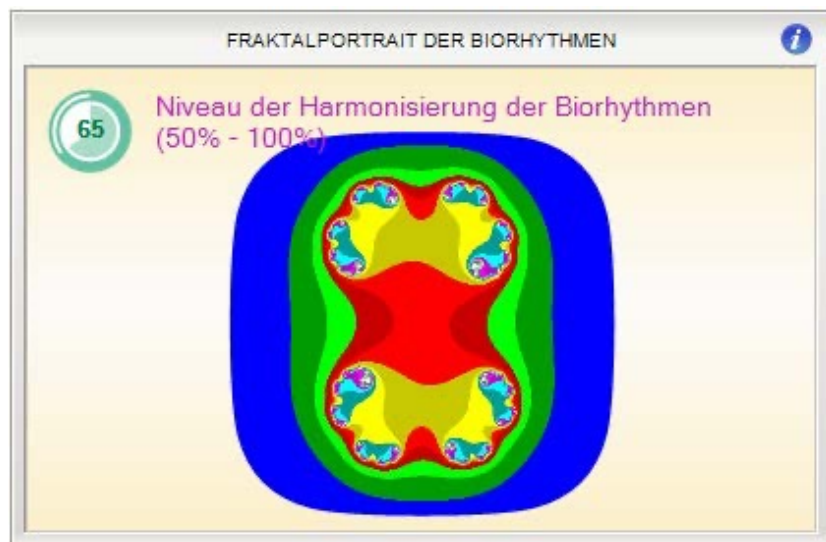
Gehirnwellenmuster und Bewusstseinszustände

Rhythmus-kategorie	Bewusstseins-kategorie	Zugeordneter Teil im Gehirn	Wellenart	Frequenz	Beschreibung
Langsame Rhythmen	Unterbewusstsein	Reptiliengehirn / Hirnstamm	Delta-Wellen	0,5 – 3 Hz	Tiefer, traumloser Schlaf ohne REM-Phase; tiefe Trance; Hypnose; Bewusstlosigkeit; dominante Frequenz bei Säuglingen
			Theta-Wellen	4 – 8 Hz	Leichter, träumender Schlafzustand; leichte Trance; nach innen gerichteter Fokus, bildliche Vorstellungen; tiefe Entspannung und Meditation; intuitiver, kreativer Zustand; wissend; Einssein, Integration von Körper und Geist; kann auch bei abgelenkten/unkonzentrierten Zuständen auftreten; dominante Frequenz bei kleinen Kindern
Mittlere Rhythmen	Übergangsbereich	Limbisches System	Alpha-Wellen	8 – 12 Hz	Meditation; entspannt, aber nicht schläfrig; dominante Aktivität, wenn die Augen geschlossen sind; kann aber auch mit offenen Augen erzeugt werden; nach innen gerichteter Fokus; Alpha bei 12 Hz korreliert mit einem sehr breiten, umfassenden Bewusstsein
Schnelle Rhythmen	Bewusstsein	Neocortex	SMR-Wellen (Sensorimotor Rhythm)	12 – 15 Hz	Entspannt sowie gleichzeitig stark fokussierte Aufmerksamkeit; ruhiger, wacher Zustand mit wenig Angstgefühlen und Impulsivität
			Beta-Wellen	15 – 20 Hz	Alltagsbewusstsein; kognitive Prozesse; konzentriertes Denken über aktuelle Probleme und Aufgabenstellungen; Treffen von Entscheidungen; aktiv, aber nicht aufgewühlt oder überregt; nach aussen gerichteter Fokus
			HiBeta-Wellen	20 38 Hz	Überstimulierung und allgemeine Unruhe; ständige Alarmbereitschaft; aufgewühlte Zustände mit intensiven Emotionen: Stress, Angst, Phobien, Nervosität, Hyperaktivität, zwanghaftes Denken und Verhalten; Hyperwachsamkeit; tritt vermehrt bei Wut, Zorn und Streit auf
			Gamma-Wellen	38 – 42 Hz (und höher)	Klarheit, Ruhe und Weitsicht; hochgradige und übergeordnete Informationsverarbeitung; haben integrierende und synchronisierende Wirkung; werden durch alle Bewusstseinszustände hindurch fast in gleichem Masse beobachtet; Wellen der Kontinuität des Bewusstseins; langjährige Meditierende haben häufig höhere Werte

Fraktal-Analyse

Fraktalportrait der Harmonisierung der Biorhythmen

Diese Darstellung illustriert, in welchem Maße die einzelnen Biorhythmen der Organe und Subsysteme des Organismus miteinander harmonisieren. Dies ermöglicht funktionelle und pathologische Veränderungen zu identifizieren sowie den Immunstatus zu evaluieren und eine Gesundheitsprognose abzuleiten. Harmonische bzw. proportionale Werte signalisieren eine hohe Kohärenz und damit Stabilität des Gesundheitsprofils.



Bewertungshinweise Bereiche 83 % - 100 % sowie 66 % - 83 %:

Eine fraktale Harmonisierung der biologischen Rhythmen auf allen Leistungsebenen des R-R-Intervalllogramms weist auf große Energiereserven im Körper, ein optimales Gleichgewicht der Energieversorgung und eine positive Prognose für die nächsten Tage hin.

Bewertungshinweise Bereiche 66 % - 50 % sowie 33 % - 50 %:

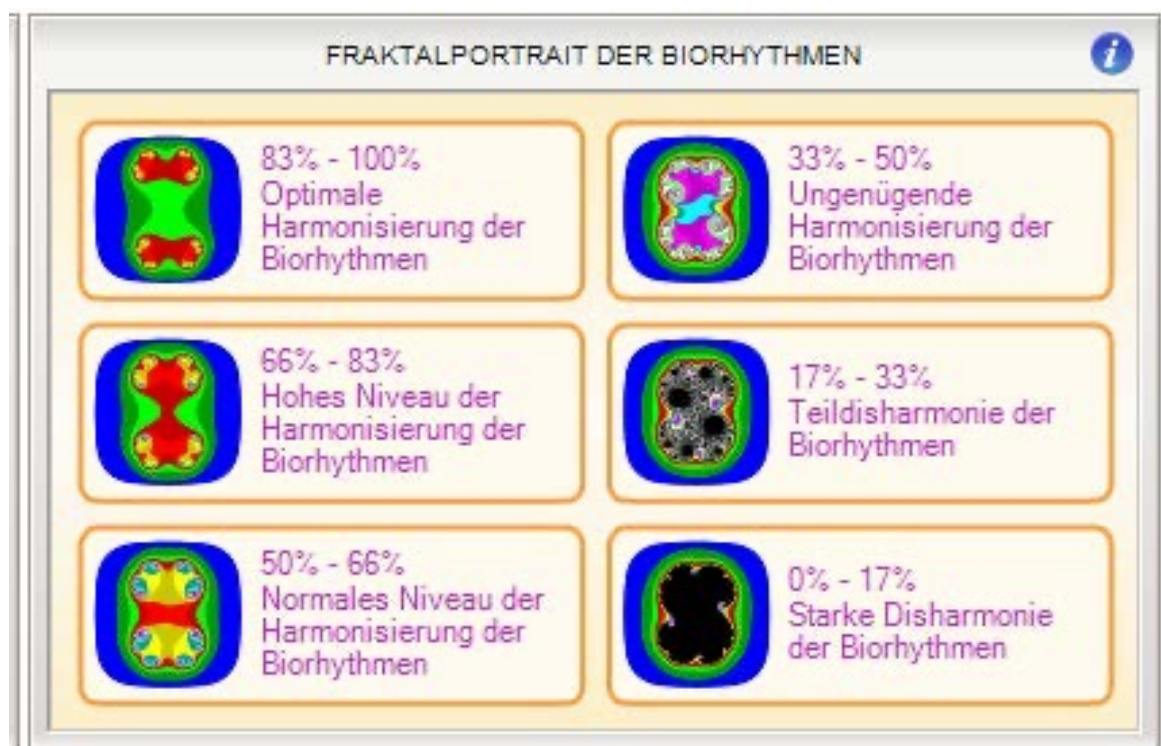
Hier ist eine teilweise Disharmonisierung der biologischen Rhythmen in einzelnen Organen und Systemen des Organismus zu sehen. Man spricht hier von einer funktionalen Abweichung von der Norm.

Bewertungshinweis Bereich 17 % - 33 %:

Eine Verminderung der Energieressourcen und Änderung des energetischen Gleichgewichts wird durch die Störung der fraktalen Harmonisierung der biologischen Rhythmen charakterisiert. Dies entspricht einer ernststen funktionalen Störung oder einer pathologischen Veränderung in einzelnen Organen.

Bewertungshinweis Bereich 0 % - 17 %:

Es werden ein vollständiger Verbrauch der Energiereserven sowie ein ernstzunehmendes Unvermögen, diese wieder aufzubauen, registriert. Dies kann auf ernsthafte Probleme und pathologische Veränderungen in Organen und Organsystemen hinweisen und bedarf der weiteren Abklärung.



Niveau der Harmonisierung der Biorhythmen

Dieser Index zeigt das Harmonisierungsniveau der Biorhythmen, die Kohärenz der Regelkreise sowie das Anpassungsvermögen des Organismus. Er gibt damit ebenfalls Auskunft über den Immunstatus.

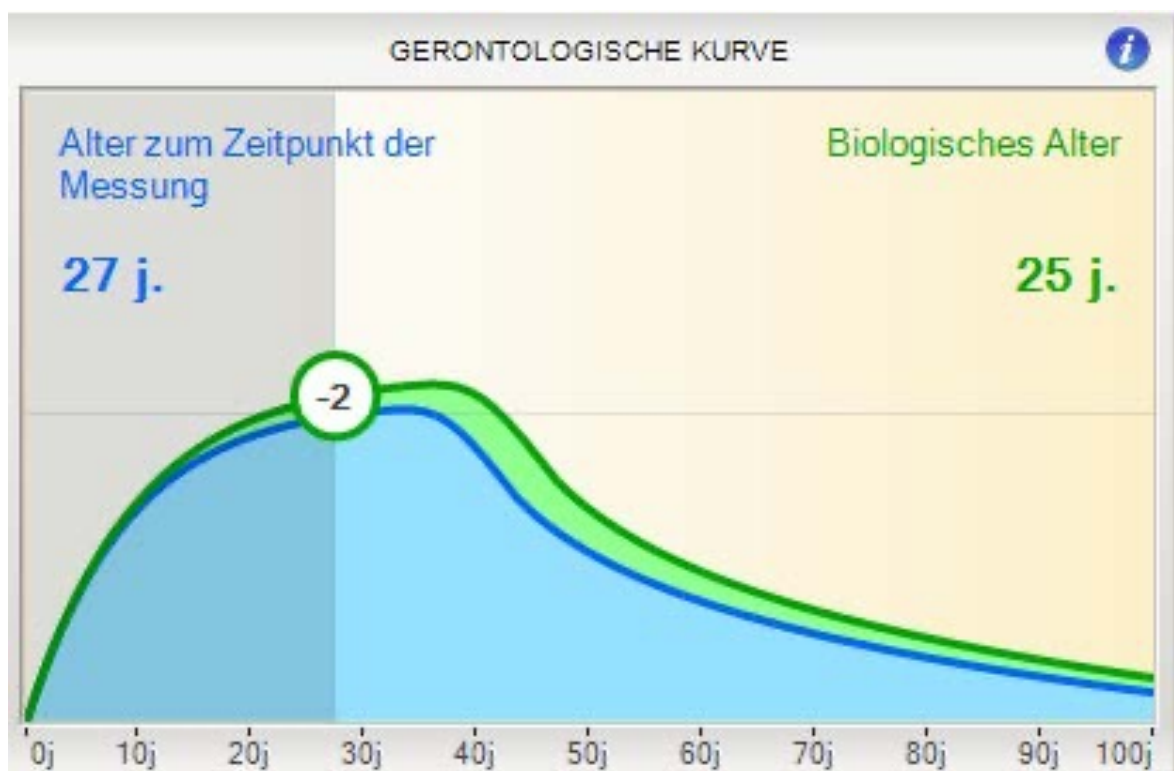


Der Normbereich der Energiereserven liegt zwischen 50 % und 100 %. Werte unter 50 % signalisieren signifikante Störungen der Biorhythmen sowie der Kapazität zur Regeneration. Störungen in der Anpassungsfähigkeit und Rhythmizität können sowohl in emotionalen als auch sozialen Disbalancen sichtbar werden bzw. dort ihre Ursache haben.

Im Kontext mit anderen Parametern (bspw. Health Index, Zentrale Regulation, Energetische Pyramide) ist abzuklären, in welchem Maße das Organsystem einschließlich der willentlichen Bereitschaft des Patienten, seine Lebensführung zu ändern, Kapazitäten mobilisieren kann, um die Kohärenz der biologischen Rhythmen wiederherzustellen.

Gerontologische Kurve

Die gerontologische Kurve ermittelt den Unterschied zwischen dem kalendarischen Alter des Organismus (Soll-Zustand) und seinem biologischen Alter (Ist-Zustand). Eine positive Tendenz des Verhältnisses wird als grüne Kurve dargestellt, die negative Tendenz als rote Kurve.



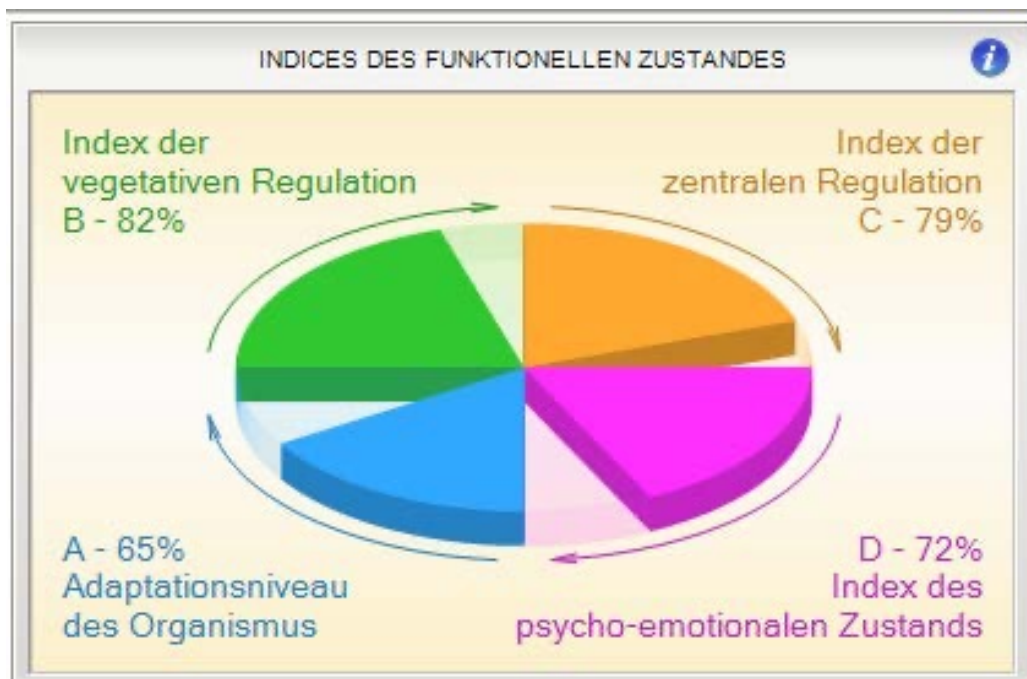
Alterungsprozesse werden verstärkt, wenn der Organismus keine ausreichenden Möglichkeiten zur Regeneration und zum Ausgleich hat. Eine HRV-Messung erlaubt daher Rückschlüsse auf das biologische Alter und ist somit ein aussagekräftiger Parameter zum Altern wichtiger Organsysteme bzw. zum Erhalt der Funktionalität derselben.

Gesamtanalyse

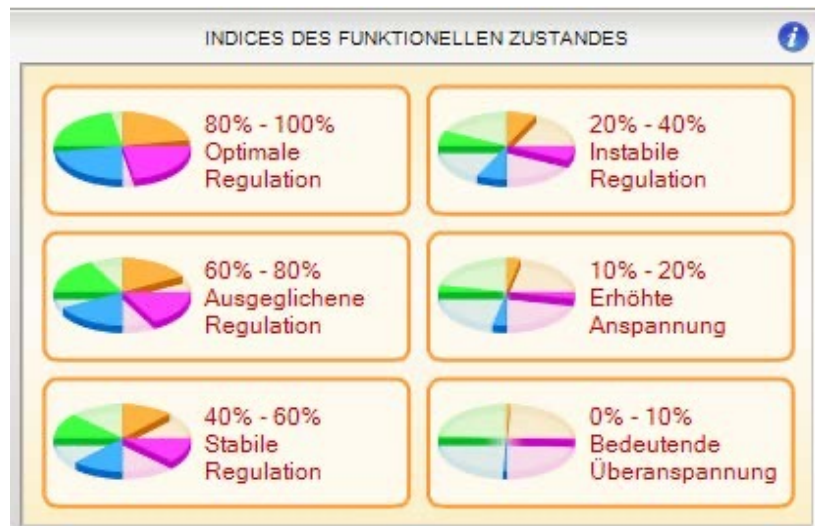
Indices des funktionellen Zustandes

Die Gesamtanalyse bietet einen sofortigen Überblick über das Größenverhältnis und die Balance der regulatorisch wirksamen Funktionsbereiche untereinander und damit ggf. über Defizite im funktionalen Gesamtzustand. Die einzelnen Parameter sind:

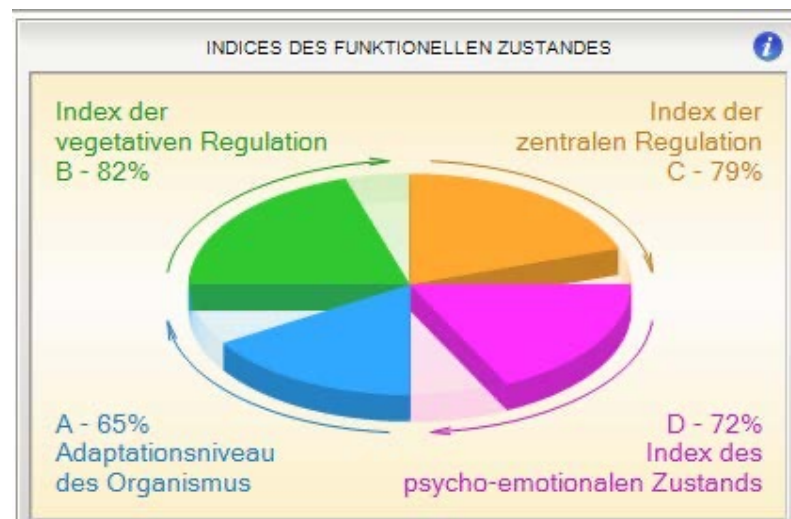
- A - Adaptionsniveau des Organismus
- B - Index der vegetativen Regulation
- C - Index der zentralen Regulation
- D - Index des psycho-emotionalen Zustands

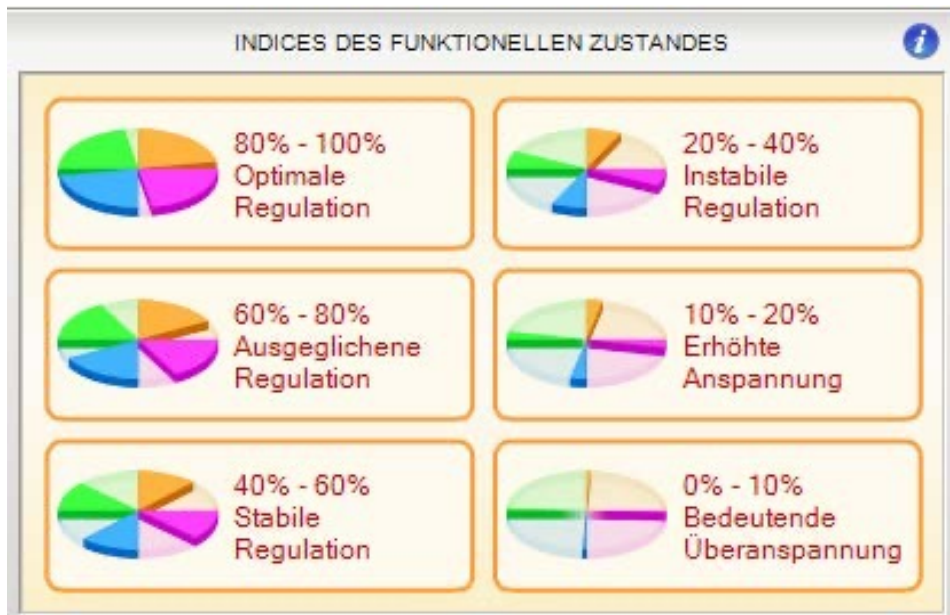


Die Differenzierung der einzelnen Farbbereiche des Gesamtzustandes ermöglicht im Zusammenhang mit der individuellen Situation des Probanden weitere diagnostische und regulatorische Maßnahmen zielgerichtet auszuwählen.



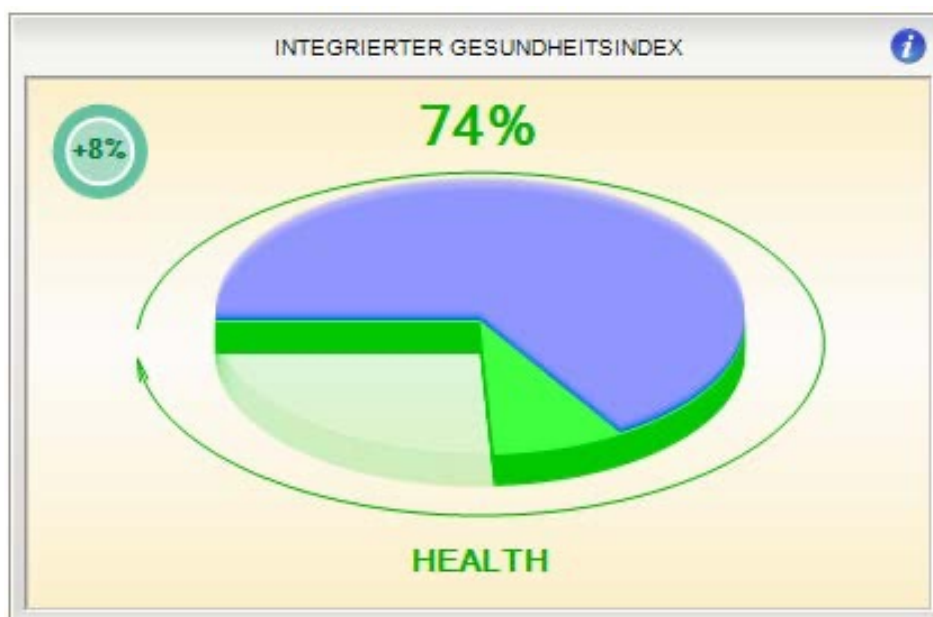
Anhand der jeweiligen Parameter und Prozentwerte lässt sich der gegenwärtige funktionelle Gesamtzustand einschätzen.





Integrierter Gesundheitsindex

Im integrierten Gesundheitsindex wird die Fähigkeit des Organismus zur Selbstregulation abgebildet. Diese leitet sich ab aus den vier Parametern Adaptionniveau, vegetative Regulation, psycho-emotionaler Zustand sowie zentraler Regulation.



Die dünne blaue Scheibe repräsentiert stets den statistischen Durchschnitt (Sollwert), während die andersfarbigen Kreissegmente den tatsächlichen Zustand (Istwert) des Regenerationsvermögens sowie der energetischen Reserven repräsentieren. Der ermittelte Wert besitzt eine gewisse Beständigkeit und bedarf zur nachhaltigen Verbesserung solider Massnahmen.

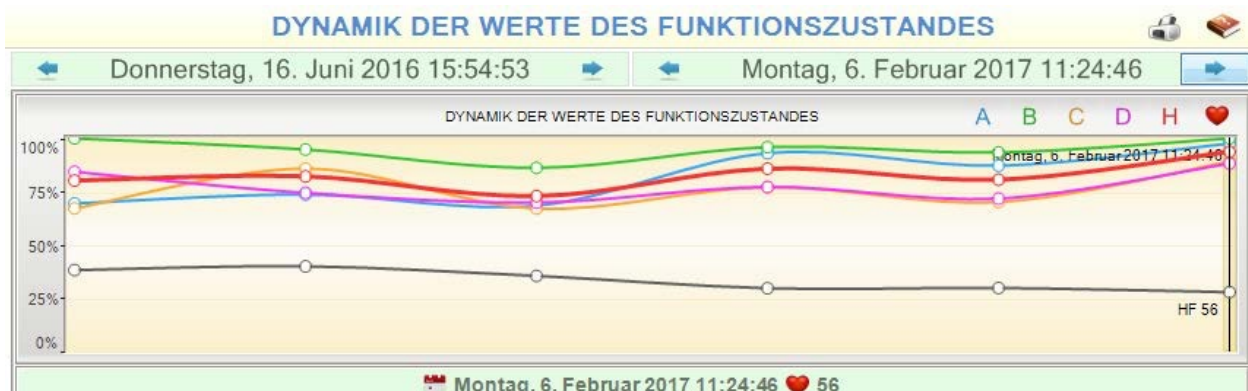


Die Dynamik der Werte des Funktionszustandes

In dieser Übersicht wird die Entwicklung der Indices des Funktionszustandes aus sämtlichen Messungen desselben Probanden im zeitlichen Verlauf dargestellt.

Die linear dargestellte Dynamik umfasst folgende Indices:

- A (Blau)** - Adaptionsniveau des Organismus
- B (Grün)** - Index der vegetativen Regulation
- C (Gelb)** - Index der zentralen Regulation
- D (Violett)** - Index des psycho-emotionalen Zustands
- H (Rot)** - Gesamtfunktionszustand
- HF** - Herzfrequenz/Puls

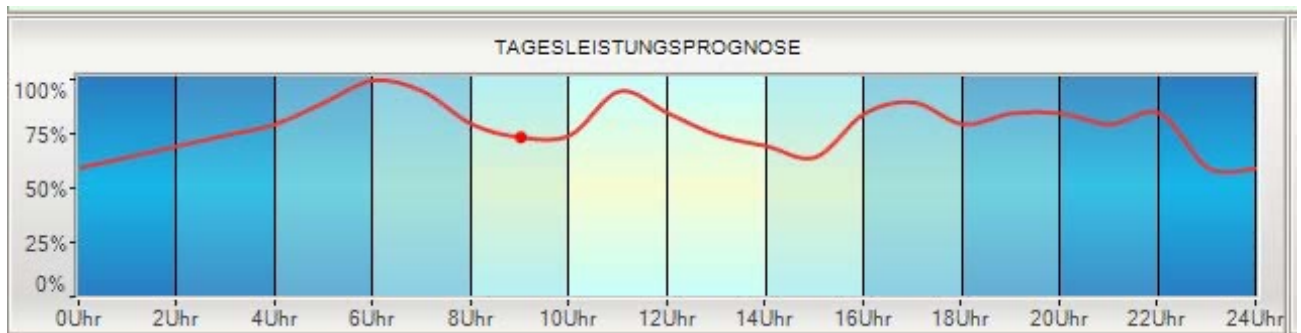


Die Dynamik der Werte des Funktionszustandes eignet sich für Verlaufskontrollen, bspw. im Rahmen von Behandlungen/Therapiemaßnahmen.

Tagesleistungsprognose

Die Tagesleistungsprognose zeigt die individuelle Leistungskurve im Zeitraum von 24 Stunden; der Zeitpunkt der HRV-Messung ist im Kurvenverlauf mit einem Punkt markiert. Mit der Anzahl der Messungen differenziert sich das Bild.

Aus der Grafik lassen sich sowohl Leistungsspitzen und -gefälle ablesen als auch der Schlaf-Wach- Rhythmus mit den Tiefschlafphasen und deren Qualität nachvollziehen. Auf der Abszisse (horizontale Achse des Koordinatensystems) ist die Zeit in Stunden dargestellt; auf der Ordinate (vertikale Achse des Koordinatensystems) das Energieniveau des Biorhythmus in Prozent.



Gute Schlafqualität:

In der Zeit nach 22:00 Uhr neigt sich der Kurvenverlauf nach unten und erreicht ein erstes Tageshoch gegen ca. 6:00 Uhr bis 7:00 Uhr.

Reduzierte Schlafqualität:

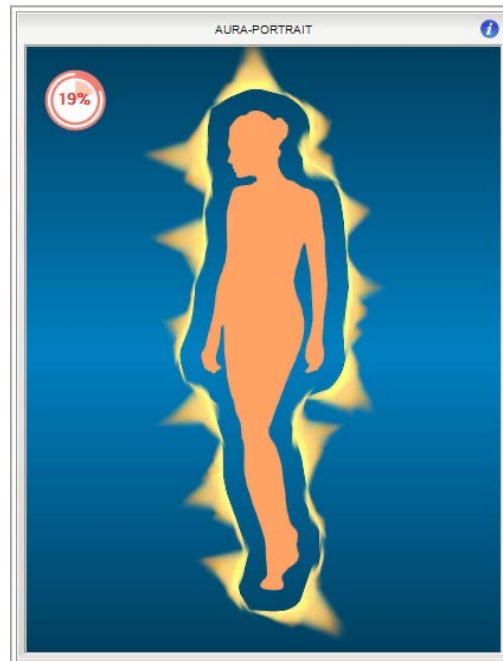
Der Kurvenverlauf steigt zwischen 21:00 Uhr und 22:00 Uhr langsam an, sinkt erst gegen ca. 4:00 Uhr, um zwischen 6:00 Uhr und 8:00 Uhr allmählich anzusteigen.

Aura-Portrait

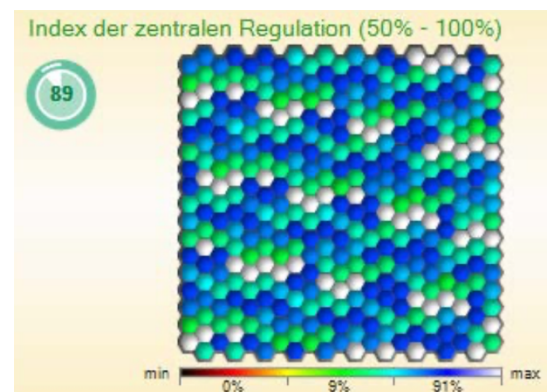
Diese Darstellung dient zur Beurteilung der Integrität des bioelektrischen Feldes. Sie visualisiert den Gesamtgesundheitsstatus anhand berechneter Koronaentladungen und als prozentualen Zahlenwert im Kreisfeld.



Das Aura-Portrait stellt das energetische Feld als strahlendes und pulsierendes Licht dar, das den physischen Körper umrahmt. Je besser die Gesamtkonstitution, desto dichter, breiter und heller ist dieser Lichtrahmen. Je schwächer die Konstitution, desto offener, dünner und dunkler ist der Lichtrahmen um den physischen Körper.



Praxisforschungen haben vielfach eine enge Verbindung zwischen organischen Beschwerden und Störungen des menschlichen Energiekörpers gezeigt. Öffnungen und größere Einschnitte im Lichtrahmen oder auch sehr spitzgeformte Strahlen können Indikatoren für akute oder chronische Beschwerden in diesen Körperregionen sein. Dazu zählen bspw. auch Narben, sehr lange zurückliegende Verletzungen oder akute Schmerzen und Verspannungen.



Das Auraportrait korreliert mit der Matrix der zentralen Regulation und ordnet deren Organisationsstruktur den entsprechenden Körperarealen zu. Intakte und leistungsfähig vernetzte Strukturen schwingen kohärent mit hoher Leistungsdichte. Solche Bereiche weisen weite Abstrahlungen in Türkistönen auf.

Die Grafik erlaubt ein schnelles Erkennen wichtiger Informationen zum Gesundheits- und Leistungszustand, deren funktionale Einschätzung am farblich kodierten Index ablesbar ist.

Was sehen wir im Auraportrait?

Auffälligkeiten lassen sich an folgenden Punkten erkennen:

1. Ausdehnung / Verteilung / Kontur / Form

Ausdehnung / Verteilung	Eng am Körper / mittlere Distanz / weit ausschweifend
Kontur / Form	Gleichmässig / ungleichmässig ausgedehnt Füsse / Kopf / Rumpf / Schultern / Becken / Nacken Kompakt / umrissen / / löchrig / aufreissend Strahlungsrichtung: Gleichmässig / Kreuzungen /

Knoten



Es gilt, den Probanden unter Einbezug der Anamnese für Auffälligkeiten zu befragen. Gibt es akute oder immer wieder auftretende Schmerzen und wenn ja, wo? Sind gerade Heilungsprozesse im Gang, leidet der Proband unter Umständen noch an Traumata? Traumata sind Probanden nicht immer bewusst und können über Hypnose abgefragt werden.

Sind Narben vorhanden, gibt es Irritationen? Wichtig sind auch Bezüge zur aktuellen Arbeits- und Schlafqualität herzustellen.

2. Farbe der Figur und Veränderungen

- Korreliert mit dem Funktionszustand, je heller Richtung Blau, desto angefüllter / funktionsfähiger / abgestimmter.
- Wechselt über grün – orange – braun – rot (leer)

Änderung in der Farbkodierung der Figur zum sofortigen Erfassen des Regulationszustandes: Bsp.: Braun = extrem defizitär bis Gelb = defizitär. Zusatzinformation: Art der Verteilung der Ausdehnungen, resp. Lücken.



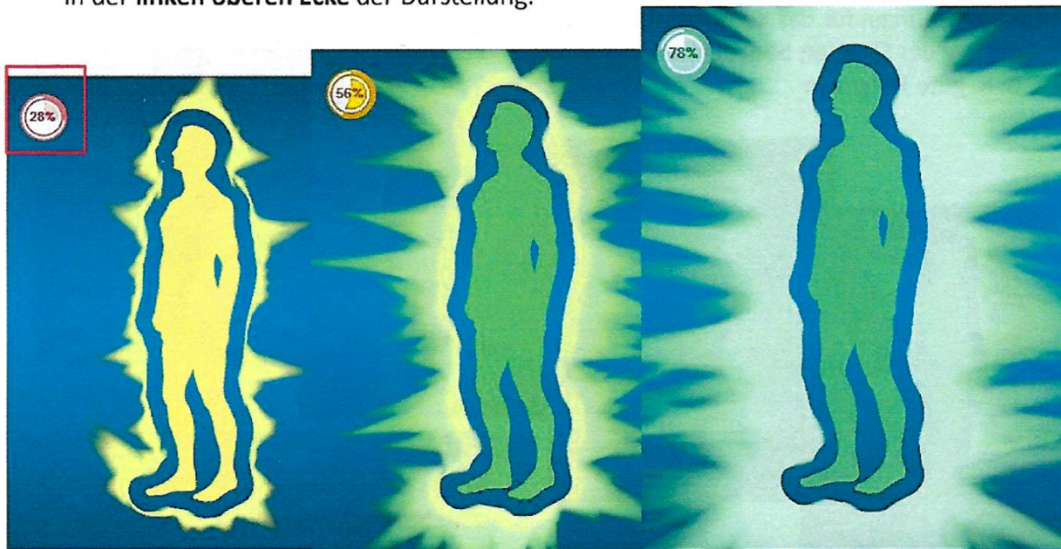
- **Gelb- Grüntöne:**
- korrelierend zum Index = Ausdruck eingeschränkter Regulation bzw. Ressourcen für das Kompensationsvermögen
- Richtung der Strahlen beobachten!
- i. d. R. gute Prognose



- **Blau-Türkis:**
- hohes Kohärenzniveau der Areale, zugehöriger Organe oder Strukturen

3. Index und Indexbewertung (Farbkodierung)

- erscheint entsprechend der Normabstufungen in den **Ampelfarben rot – gelb – grün** in der **linken oberen Ecke** der Darstellung:



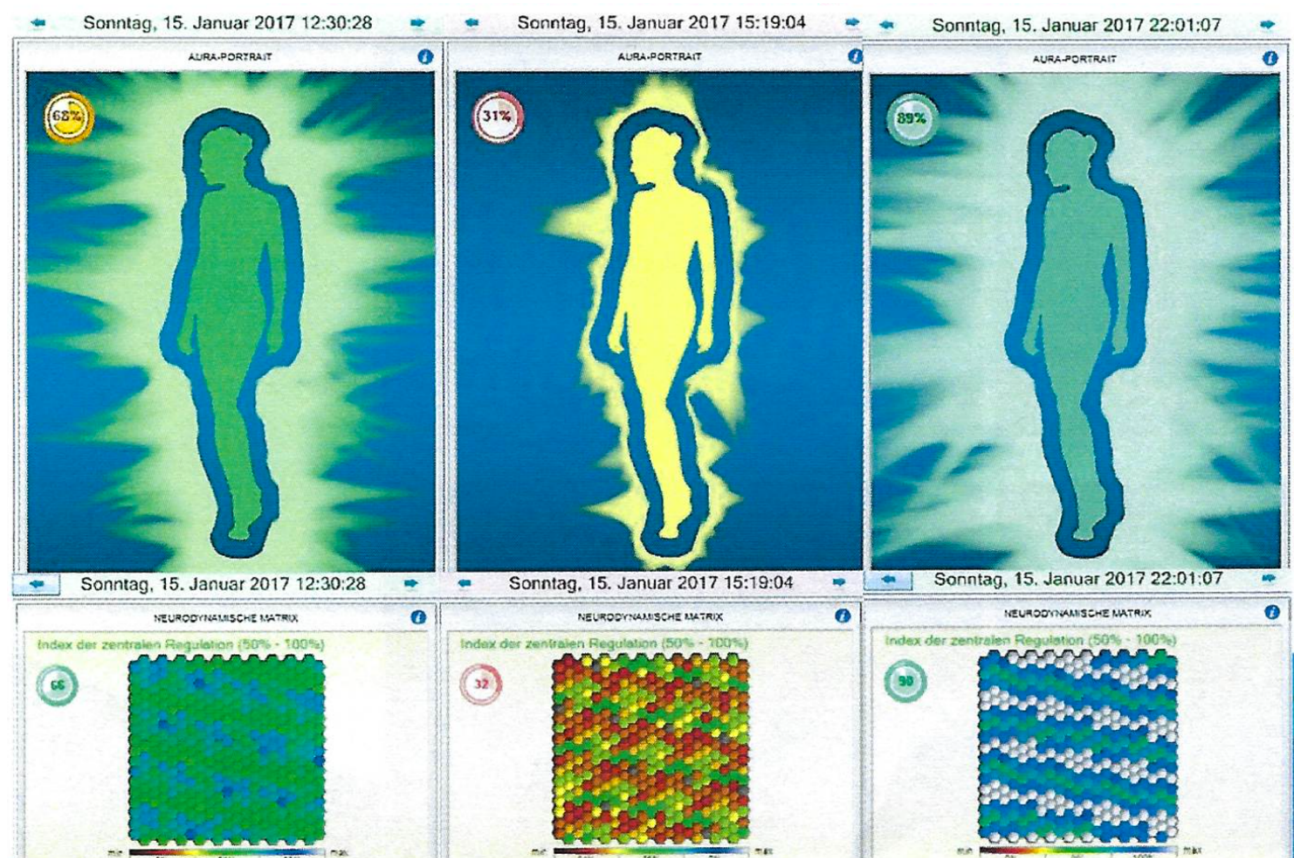
4. Vergleich über einen längeren Zeitraum

Ein Vergleich auffällender Merkmale über einen längeren Zeitraum kann sehr aufschlussreich sein.



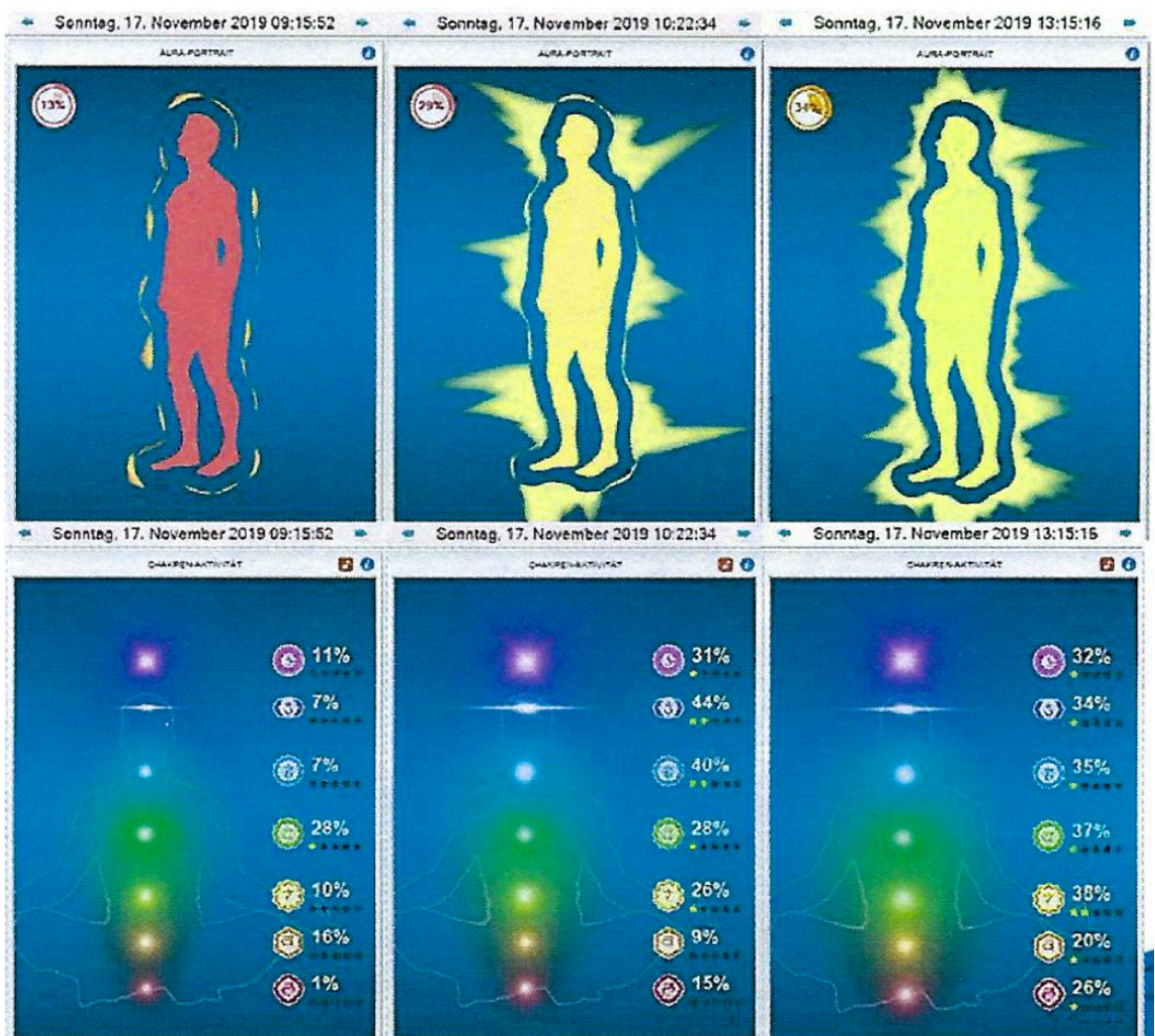
5. Vergleich bei sportlicher Aktivität und Trainingsverlauf

Vor und unmittelbar nach dem Training sowie am selben Abend. Wie ist das Trainingsniveau einzuschätzen? Welche Schlussfolgerungen ergeben sich für die Absicherung von Gesundheit und Leistungskraft sowie die weitere Gestaltung der Trainingszyklen?



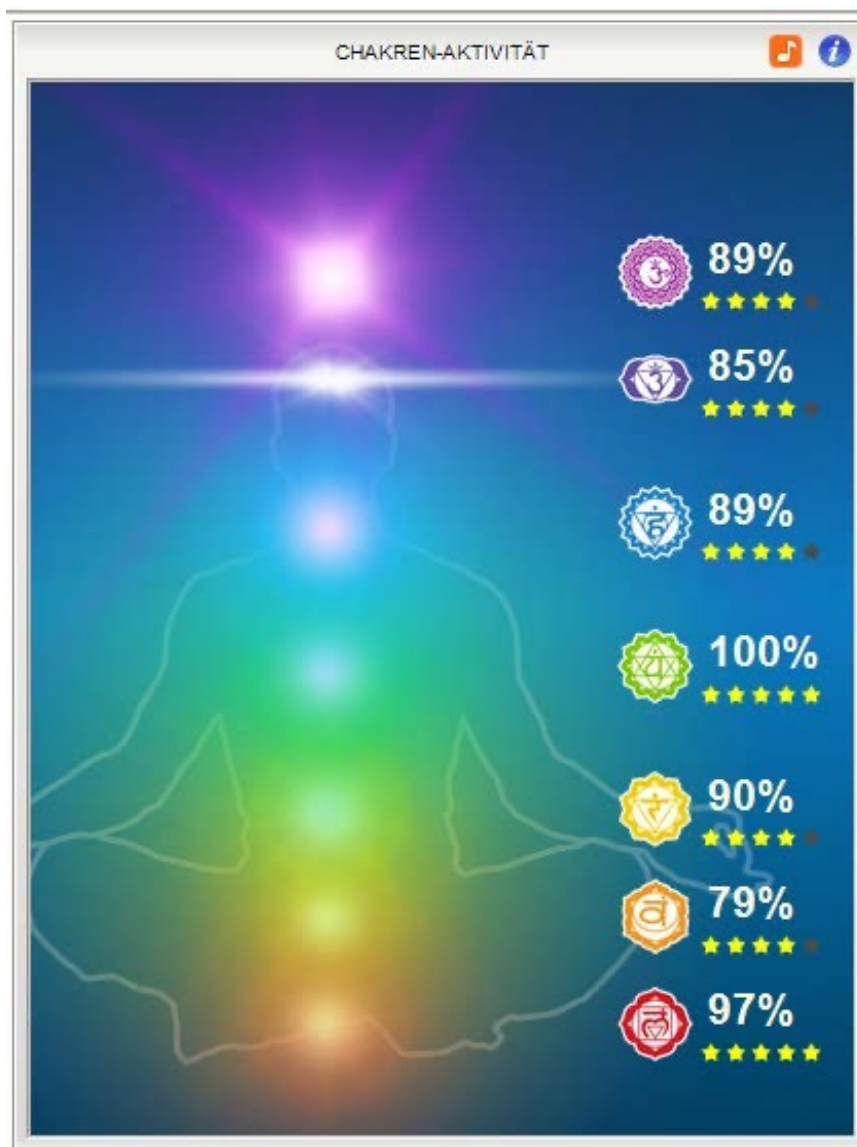
6. Individuelle Prozesse im Kontext beobachten und verstehen.

Die Einzelbetrachtung eines „Outputs“ kann unter Umständen schon genügend Aussagekraft haben, wenn es um die Regulationsfähigkeit des Organismus geht. Weitaus spannender wird das Bild, wenn andere Prozesse hinzugezogen werden, um einerseits das Bild abzurunden und klarer zu machen, andererseits aber auch Zusammenhänge zu sehen, welche für weitere Schritte von Relevanz sein können.



Chakrenaktivität

Eine Chakrenanalyse ermöglicht über die aktuelle Momentaufnahme einer Messung hinaus Aussagen zu psycho-emotionalen Hintergründen, Zusammenhängen verschiedener Störungen oder Symptome. Die Chakren-Auswertung steht im engen Zusammenhang mit der neurodynamischen Matrix, die Aufschluss darüber gibt, wie gut alle hormonellen Systeme miteinander koordinieren (z. B. die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse).



Neben jedem Chakrasymbol zeigt eine Zahl das Energie-Niveau des Chakras an.

CHAKREN-AKTIVITÄT



Das Sahasrara-Chakra wird aktiviert, wenn die übrigen sechs Chakren das Maximum erreichen. Sahasrara wird von der Farbe Weiß symbolisiert, die alle Farben des Spektrums beinhaltet. Sahasrara ist für das Wesen des Menschen bzw. den inneren Frieden verantwortlich.



Dem Ajna-Chakra werden Erkenntnis und übersinnliche Fähigkeiten zugeordnet; ebenso folgende Organe: zentrales Nervensystem, Augen, Nase, Wirbelsäule. Ajna ist verantwortlich für das Nervensystem, Intuition und die Äusserung des eigenen Willens.



Das Vishuddha- oder Kehlkopf-Chakra ist das Chakra der Kommunikation. Folgende Organe sind mit ihm verbunden: der Kehlkopf, die Schilddrüse, die Stimmbänder, der obere Bereich der Lungen. Das Vishuddha-Chakra ist verantwortlich für Kreativität, Selbstbestimmung und Selbstaussdruck.



Das Anahata- oder Herz-Chakra ist das Chakra der Emotionen, der Liebe. Folgende Organe sind mit dem Anahata-Chakra verbunden: Herz, Lunge und Kreislauf. Das Anahata-Chakra ist verantwortlich für das Kreislaufsystem und die Verbindung zwischen physischer und geistiger Welt.



Das Manipura-Chakra ist verbunden mit Persönlichkeit und Kraft. Es ist verbunden mit Magen, Bauchspeicheldrüse, Gallenblase, Leber und Dünndarm. Das Manipura-Chakra ist verantwortlich für das Verdauungssystem, die geistigen Prozesse des Menschen, die Umsetzung von Erwartungen und Hoffnungen.



Das Svadhithana-Chakra steht für Aktivität und Wünsche. Es ist mit folgenden Organen verbunden: Sexualorgane, Bauchhöhlengeflecht, Blase, Milz. Das Svadhithana-Chakra ist verantwortlich für Kreativität, Emotionen und Sexualität.



Das Muladhara-Chakra ist das Chakra des Energiepotentials. Die ihm zugeordneten Organe sind: Dickdarm, Harnblase, Prostata, Gebärmutter, Nieren, Knochen, Wirbelsäule. Das Muladhara-Chakra ist verantwortlich für Regeneration und das Immunsystem.

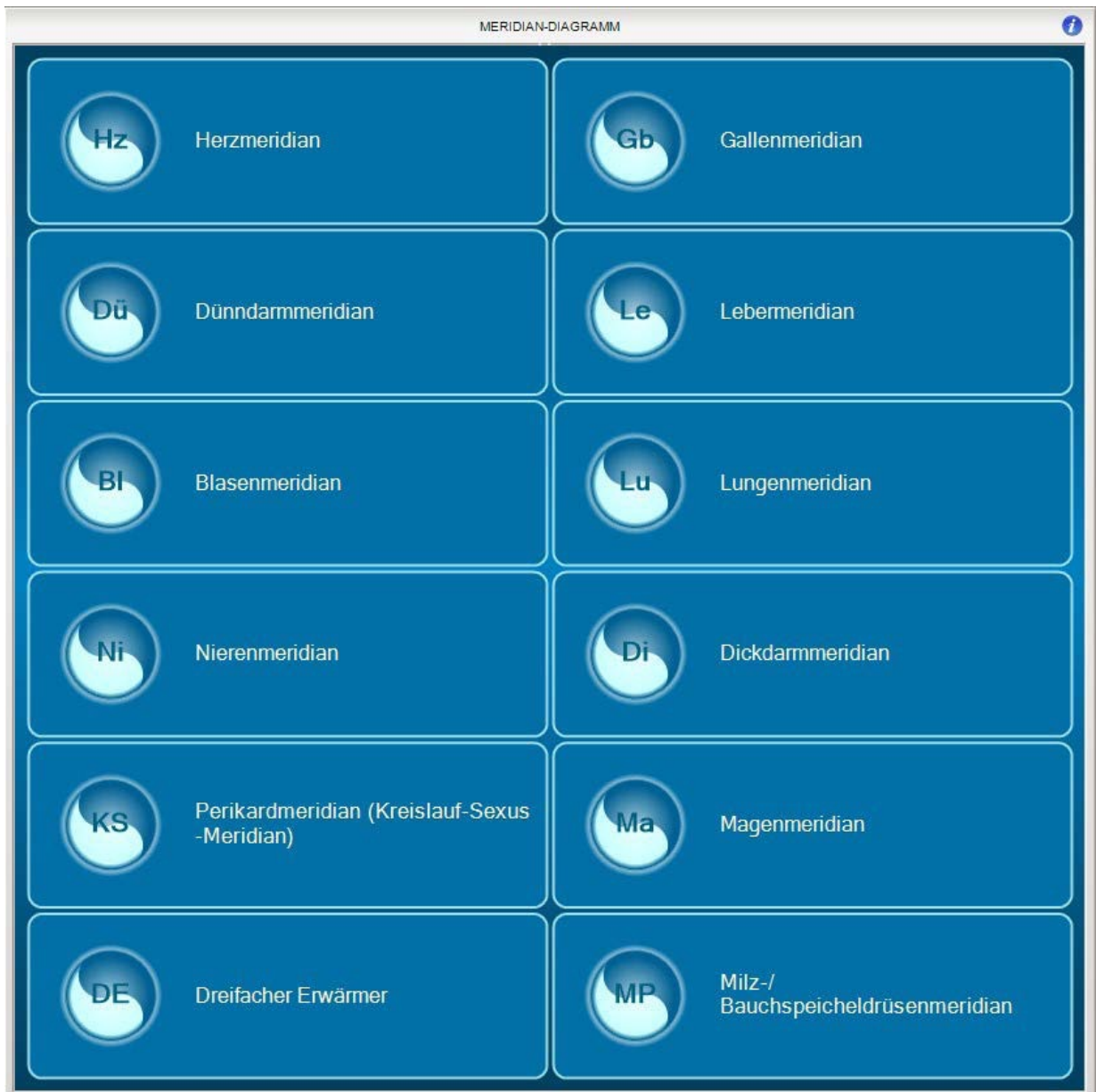
Die Aktivitätswerte der Chakren werden als Einstieg in eine holistische Betrachtung des Probanden genutzt. Das östliche Chakrensystem hat deutliche Parallelen zur westlichen Hormonlehre bzw. zur Psycho-Neuroimmunologie. Diese Gemeinsamkeiten werden genutzt und anhand der HRV-Messung durch mathematische Algorithmen die neuro-hormonelle Regulation errechnet und diese Daten auf die östlichen Parameter übertragen.

Meridian-Diagramm

Das Meridiendiagramm enthält verschiedene Aus- und Bewertungsparameter auf Basis der 12 Organsystem-Meridiane der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM). Diese können sowohl zu diagnostischen als auch zu therapeutischen Zwecken genutzt werden.



Diese Daten dienen als Ausgangspunkt für eine ganzheitliche Persönlichkeitsanalyse, die neben der körperlichen Befindlichkeit bzw. Symptomatik auch die Lebensweise, Einstellungen sowie den psycho-emotionalen Zustand einbezieht.



Organuhr

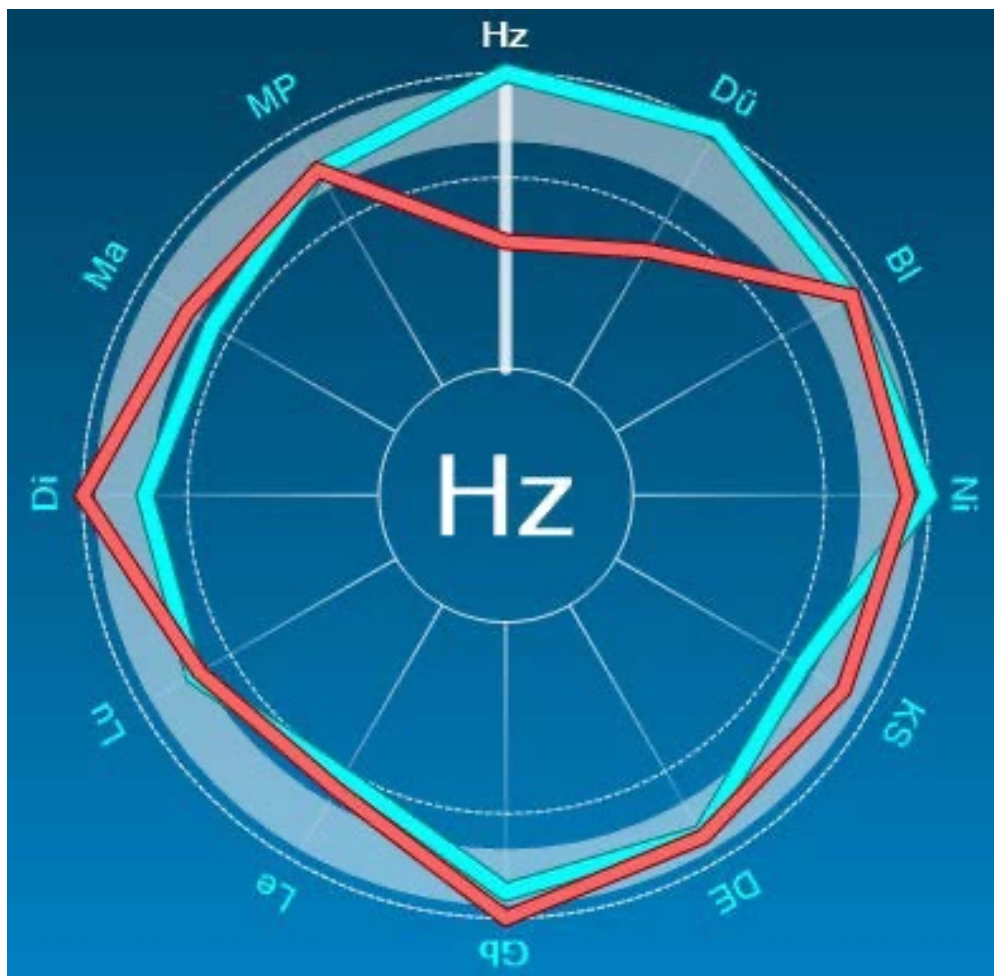
Die Organuhr der Traditionellen Chinesischen Medizin beschreibt das Prinzip der Chronobiologie. Demnach unterliegt der menschliche Organismus einem täglichen Energiekreislauf mit Aktivitäts- und Ruhephasen bestimmter Funktionskreise (Organsysteme/Meridiane). Diese zwei Phasen treten mit einer Periodendauer von jeweils 2 h auf.

Organsystem/Meridian	Aktivitätsphase	Ruhephase
Leber	01:00 Uhr – 03:00 Uhr	13:00 Uhr – 15:00 Uhr
Lunge	03:00 Uhr – 05:00 Uhr	15:00 Uhr – 17:00 Uhr
Dickdarm	05:00 Uhr – 07:00 Uhr	17:00 Uhr – 19:00 Uhr
Magen	07:00 Uhr – 09:00 Uhr	19:00 Uhr – 21:00 Uhr
Milz-Pankreas	09:00 Uhr – 11:00 Uhr	21:00 Uhr – 23:00 Uhr
Herz	11:00 Uhr – 13:00 Uhr	23:00 Uhr – 01:00 Uhr
Dünndarm	13:00 Uhr – 15:00 Uhr	01:00 Uhr – 03:00 Uhr
Blase	15:00 Uhr – 17:00 Uhr	03:00 Uhr – 05:00 Uhr
Niere	17:00 Uhr – 19:00 Uhr	05:00 Uhr – 07:00 Uhr
Kreislauf	19:00 Uhr – 21:00 Uhr	07:00 Uhr – 09:00 Uhr
Dreifacher Erwärmer	21:00 Uhr – 23:00 Uhr	09:00 Uhr – 11:00 Uhr
Gallenblase	23:00 Uhr – 01:00 Uhr	11:00 Uhr – 13:00 Uhr

Das Uhrendiagramm umfasst die folgenden Komponenten:

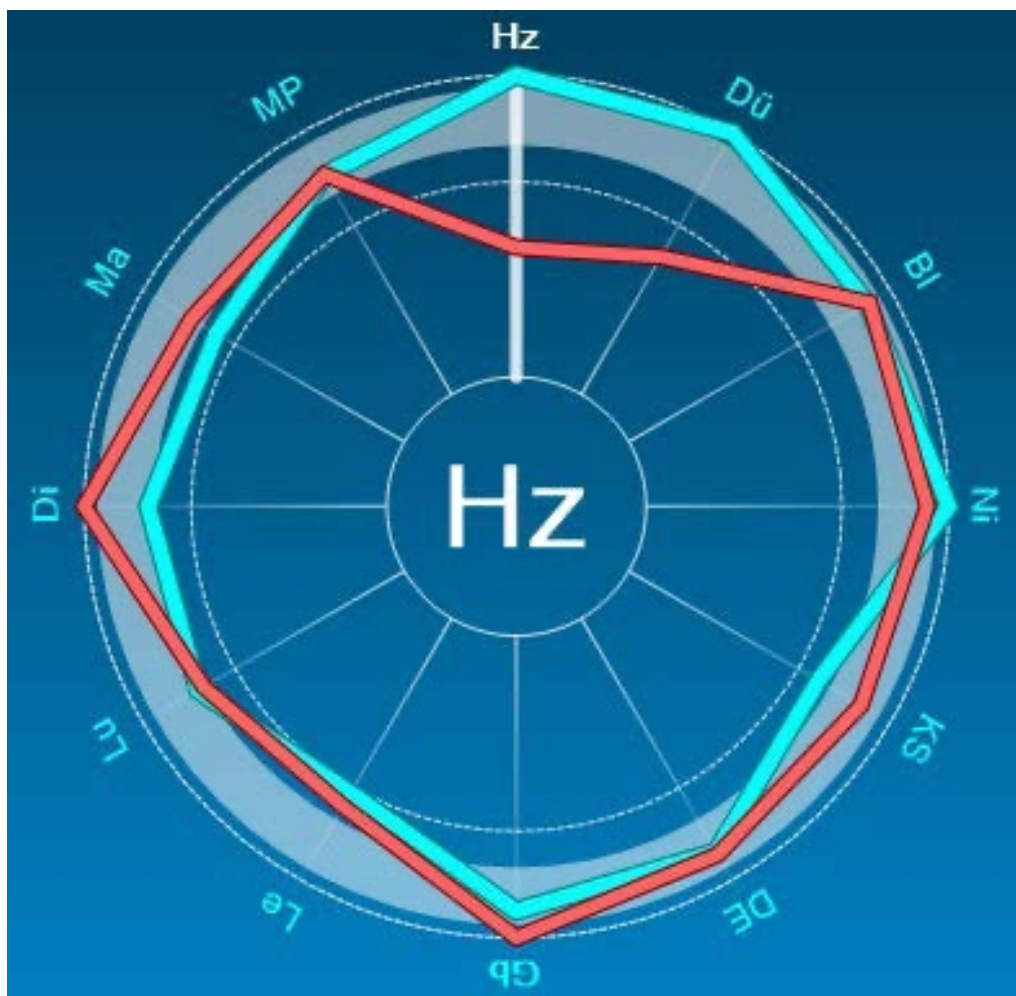
- **Uhrzeiger**

Der weiß-transparente Uhrzeigerbalken ist stets auf denjenigen Meridian gerichtet, der sich zum Zeitpunkt der Messung in der energiereichen Aktivitätsphase befindet.



- **Meridian-Vieleckdiagramm**

Dieses Diagramm besteht aus einem blauen Vieleck (Yin/Substanz) und einem roten Vieleck (Yang/ Energie/Funktion). Es bietet eine Gesamtschau über das Aktivitätsniveau aller Meridiane und ihrer Komponenten (Yin/Yang) im Tageszyklus und zeigt gleichzeitig das Verhältnis zwischen Yin/Substanz (blau) und Yang/Energie/Funktion (rot) der einzelnen Meridiane. Bei Dysbalancen sowie bei einem niedrigen allgemeinen Substanz- und Energiestatus verringert sich der Durchmesser des jeweiligen Vielecks.

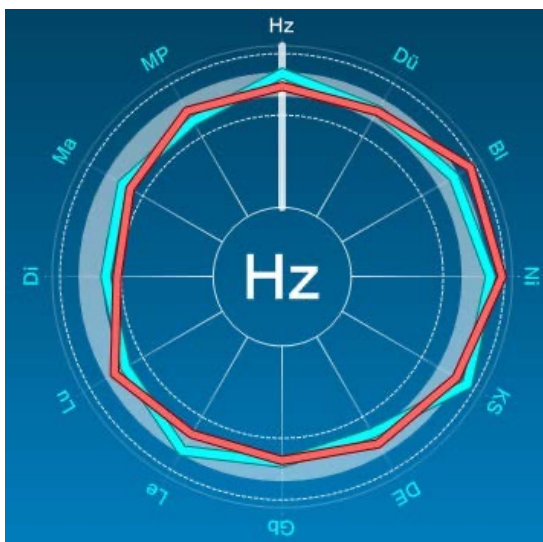


• Meridian-Systemstabilität

Dieses Diagramm besteht aus zwei Strichpunktkreisen, einem inneren und einem äußeren. Der Abstand zwischen beiden Kreisen definiert den Normbereich der systemischen Stabilität auf Basis der Messung und enthält einen grau-transparenten Ring. Der grau-transparente Ring wiederum zeigt, wo die Systemstabilität des Probanden innerhalb des definierten Normbereichs angesiedelt ist.

Je stabiler das System ist, desto größer ist der Durchmesser beider Strichpunktkreise und desto größer und schmaler ist der grau-transparente Ring innerhalb der Strichpunktkreise, der sich tendenziell hin zum äußeren Strichpunktkreis bewegt.

Je instabiler das System ist, desto geringer ist der Durchmesser beider Strichpunktkreise und desto kleiner und breiter ist der grau-transparente Ring, der sich tendenziell hin zum inneren Strichpunktkreis bewegt. Bei ausgeprägter oder extremer Instabilität kann der grau-transparente Ring den gesamten Raum zwischen den Strichpunktkreisen einnehmen oder über diese in beiden Richtungen hinausgehen.



Sehr hoher Stabilitätsgrad



Hoher Stabilitätsgrad

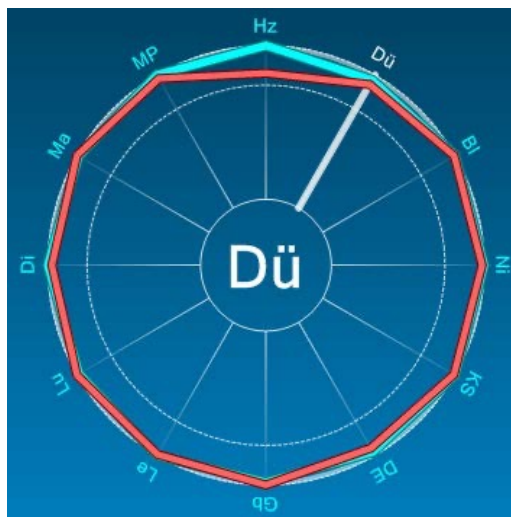


Beeinträchtiger Stabilitätsgrad



Stark beeinträchtiger Stabilitätsgrad

Cave! Mögliche Regulationsstarre:



Übermass-Variante

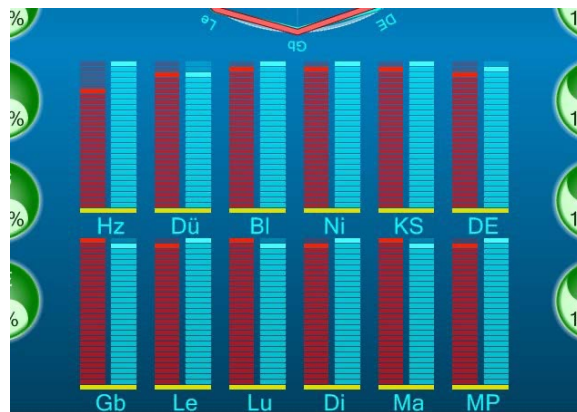


Defizit-Variante

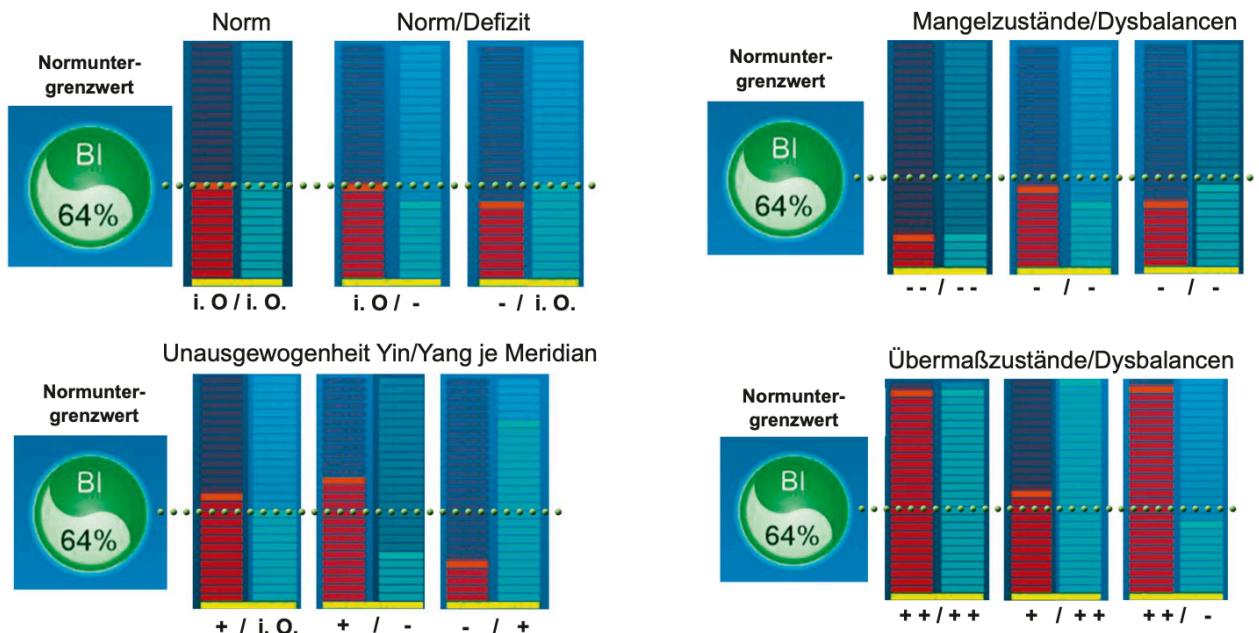
Säulendiagramm

Defizit-Variante

Die Balkendiagramme geben das Substanz- und Energie- bzw. Funktionsniveau der einzelnen Organsysteme in einer direkten Gegenüberstellung wieder.



Grundlegende Zustände der Meridianqualitäten

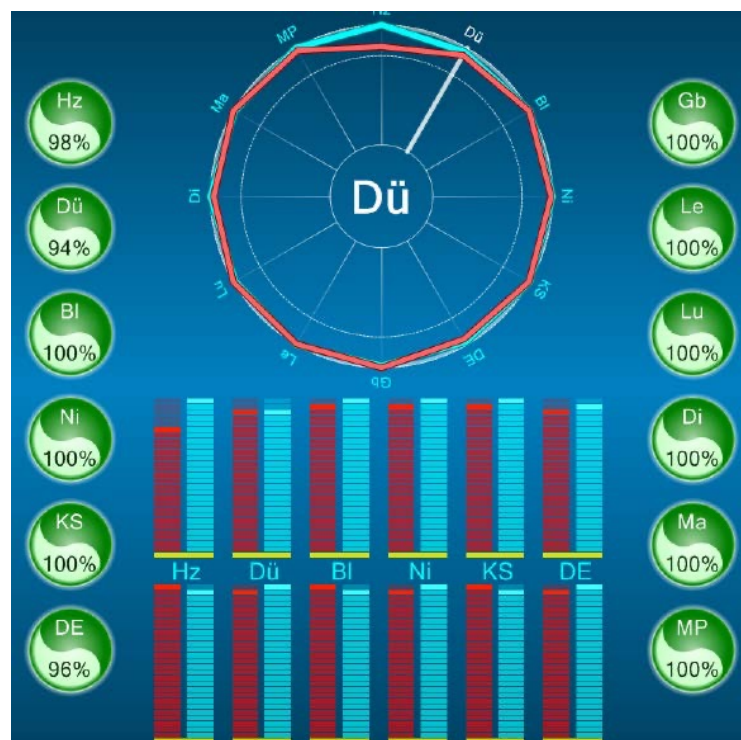


Beispiele für Ausprägungen von Yin und Yang in der chinesischen Philosophie

Yin	Yang
Substanz	Funktion
unten	oben
innen	außen
Gefühle	Verstand
kalt	warm
weiblich	männlich
absteigend	aufsteigend
zusammenziehend	ausdehnend
Nacht	Tag
Erde	Himmel
Mond	Sonne
Passiv	Aktiv
Ruhe	Bewegung
Wasser	Feuer
langsamer Krankheitsbeginn	plötzlicher Krankheitsbeginn
chronisch	akut

Yin-Yang-Kreise

Die Yin-Yang-Symbole geben das Aktivitätsniveau der einzelnen Funktionskreisläufe in Prozentzahlen an. Die Farbgebung der Kreise verdeutlicht ersichtlich ein normgerechtes (grün), geschwächtes (gelb) oder defizitäres (rot) Aktivitätsniveau.



Meridiane

Meridiane sind in der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) Leitbahnen, in denen die Lebens-energie (Qi) fließt. Nach den Vorstellungen der TCM ist Gesundheit verbunden mit einem freien und ausreichenden Energiefluss in diesen Meridianen. Insgesamt gibt es 12 Hauptleitbahnen (Jing Mai), von denen jede einem bestimmten Funktionskreis (Organsystem) zugeordnet ist.

Die Organe sind dabei in Yin- und Yang-Organen eingeteilt. Jedes Yin-Organ hat ein komplementäres Yang-Organ und bildet mit diesem ein Funktionspaar.

Yin	Yang
Niere	Blase
Leber	Gallenblase
Herz	Dünndarm
Perikard	Dreifacherwärmer
Milz	Magen
Lunge	Dickdarm
Speicherorgane/passives Prinzip	Arbeitsorgane/aktives Prinzip
Verstoffwechslung und Speicherung resorbierter Nahrungsbestandteile, Energieverteilung	Aufnahme von Nahrung, Verarbeitung zugeführter Stoffe, Ausscheidung von nicht-assimilationsfähigen Substanzen

Jedes Yin-Organ hat jedoch auch Yang-Anteile und umgekehrt. Arbeiten diese Anteile harmonisch zusammen, funktioniert das jeweilige Organ normal. Gerät das Verhältnis beider Teilkräfte aus dem Gleichgewicht, führt dies zu Beeinträchtigungen der Organarbeit. In Abhängigkeit von der Ausprägung und Dauer des Ungleichgewichts von Yin und Yang erkrankt das betroffene Organ schließlich funktionell. Wird die Störung nicht beseitigt, manifestiert sich dieser Zustand mit Auswirkungen auf andere Funktionskreise.

Jedem Organ im Körperinnern wird eine Reihe von Akupunkturpunkten an der Körperoberfläche zugeordnet, die durch die Hauptmeridiane verbunden sind. Sie verlaufen paarig jeweils links und rechts auf der Körperoberfläche. Yin-Meridiane verlaufen von den Zehen zum Stamm und vom Stamm zu den Fingern; Yang-Meridiane von den Fingern zum Gesicht und vom Gesicht zu den Zehen. Nach der TCM bilden die Hauptmeridiane einen Kreislauf, der im Laufe eines Tages komplett durchlaufen wird, so dass jeder Meridian jeweils zu seiner Uhrzeit für 2 Stunden eine maximale Aktivitätsphase erreicht (siehe "Organuhr" Seite 84).

Parameterübersicht

Die Rohdatenparameter der Herztätigkeit sind hier in einer Übersicht aufgelistet. Sie enthält neben den Messbereichen zur HRV, deren Norm- und Richtwerte, die individuellen Messwerte und eine Legende mit den zugehörigen Einheiten. Werte, die im Normbereich liegen, sind grün gekennzeichnet. Werte ausserhalb des Normbereichs sind rot und Parameter mit geringen Abweichungen sind orange unterlegt.

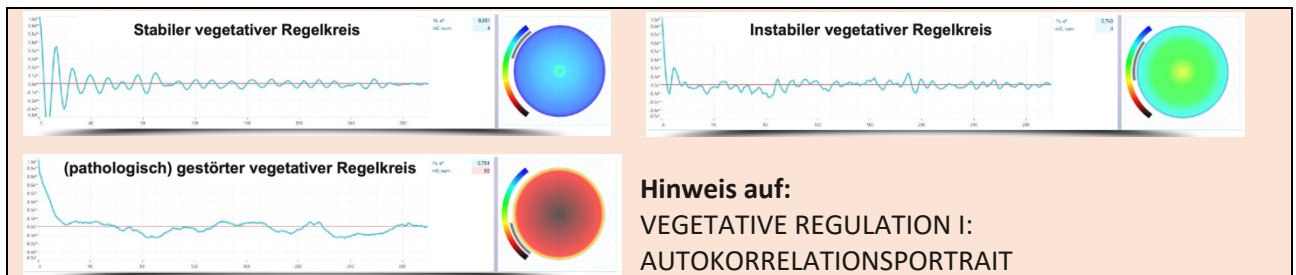
Die Parameter sind kategorisiert in folgende Gruppen:

1. Herztätigkeit
2. Vegetative Regulation
3. Statistik
4. Frequenzspektrum
5. Histogramm
6. Autokorrelation

Gruppe Herztätigkeit

Gruppe: Herztätigkeit	
Parameter	Norm
HR (Schl./min.)	60 – 90
Puls: HR entspricht der Herzrate, d. h. der Anzahl der Herzschläge in der Minute. Bei herzkranken Patienten sind diese Grenzwerte entsprechend der kardialen Grunderkrankung zu verschieben. Eine erhöhte Herzfrequenz wird als Tachykardie, eine verringerte als Bradykardie bezeichnet.	

Parameter	Norm
IVG	35,0 – 145,0
Index des vegetativen (autonomen) Gleichgewichts: IVG zeigt das Zusammenspiel zwischen vegetativem und zentralem Nervensystem. Bei guter Kohärenz zwischen zentralem und autonomem Regelkreis ist die R-R-Folge am besten organisiert. Voraussetzung ist ein harmonisches Zusammenwirken des sympathischen und parasympathischen Anteils des vegetativen Nervensystems. Bei einer Dissonanz zwischen beiden Regelkreisen dominiert der zentrale Regelkreis den autonomen im Herzrhythmus. Eine hohe Indexzahl signalisiert eine weitgehend zentrale Regulation und gilt als pathologisch.	



Parameter	Norm
VIHR	0,25 – 0,60

Vegetativer (autonomer) Index des Herzrhythmus: Der VIHR zeigt den Anteil der sympathischen und parasympathischen Aktivität am Herzrhythmus. Je größer der Index, desto größer ist die Mitwirkung des parasympathischen Systems. Je niedriger der Index, desto größer ist der sympathische Einfluss auf die Herzfunktion.

Je höher der vegetative Index des Herzrhythmus desto höher ist die Herzratenvariabilität und desto größer ist die Verlagerung des vegetativen Gleichgewichts zugunsten des parasympathischen Bereichs.

Ein niedriger Index ist entsprechend gleichbedeutend mit eingeschränkter HRV und erhöhter sympathischer Aktivität.

Werte kleiner als 0,25 sind Hinweise auf eine stark eingeschränkte HRV und sollten ggf. klinisch abgeklärt werden. **Werte höher als 0,60** sind Hinweise auf eine extreme Vagotonie* und sollten ggf. klinisch abgeklärt werden.

**Vagotonie: Erhöhte Erregbarkeit des parasympathischen Systems, gekennzeichnet u. a. durch niedrigen Blutdruck (Hypotonie), Verlangsamung des Herzschlags (Bradykardie), Verkrampfungen der Bronchien und verstärkte Magen-Darm-Aktivität; kann insbesondere bei psychischem Stress, z. B. vor einer Prüfung, oder bei Sportlern auftreten.*

Hinweis auf:
VEGETATIVE REGULATION II: Skatterogramm

Parameter	Norm
IAR	0,15 – 0,50

Index der Angemessenheit der Regulation: Der IAR zeigt den Einfluss des Parasympathikus auf den Sinusknoten. Je höher der Wert desto geringer ist der Einfluss des Parasympathikus und die HRV. Je kleiner der Wert desto größer ist der Einfluss des Parasympathikus und die HRV. Signifikant hohe und niedrige Werte sollten ggf. klinisch abgeklärt werden.

Parameter	Norm										
SI	10,0 – 100,0										
<p>Stressindex: Der SI ist der Anspannungsindex der Regulationssysteme und die mathematische Beschreibung des Histogramms. Er spiegelt den Einschränkungsggrad des Herzrhythmus und die sympathische Aktivität des autonomen Nervensystems wieder.</p> <p>Je größer der Zahlenwert, desto größer ist das Stressniveau.</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Normbereich</td> <td style="width: 50%;">von 10 bis 100</td> </tr> <tr> <td>Eustress</td> <td>bis 300</td> </tr> <tr> <td>erhöhtes Kompensationsverhalten</td> <td>von 300 bis 600</td> </tr> <tr> <td>Kritische Werte</td> <td>ab 600</td> </tr> <tr> <td>Regulationsstarre</td> <td>ab 1'000</td> </tr> </table> <p>Bei hohen Werten ab 600 in der Erstmessung sollte geprüft werden, wie manifest dieser Zustand ist. Dies kann durch Anwendung des Atemmoduls und einer anschließenden Zweitmessung geschehen.</p> <p>Tritt durch die entspannte Tiefenatemrhythmik keine signifikante Besserung der Zahlenwerte ein, ist von einer ausgeprägten Regulationsstarre auszugehen. Sehr hohe manifeste Zahlenwerte sind ein Indikator für die Notwendigkeit therapeutischer Intensiv-Massnahmen.</p> <p>Da der Index jedoch durch den Gesamtzustand der neurovegetativen Regulation signifikant beeinflusst wird, kann eine organisch bedingte Einschränkung der HRV (bspw. Komplikation durch einen langjährigen Diabetes) ebenfalls einen hohen bis sehr hohen SI hervorrufen, ohne dass eine exogene oder subjektiv erkannte Stressbelastung vorliegen muss.</p> <p>Verweis auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • VEGETATIVE REGULATION II: Histogramm • VEGETATIVE REGULATION II: Index der Anspannung 		Normbereich	von 10 bis 100	Eustress	bis 300	erhöhtes Kompensationsverhalten	von 300 bis 600	Kritische Werte	ab 600	Regulationsstarre	ab 1'000
Normbereich	von 10 bis 100										
Eustress	bis 300										
erhöhtes Kompensationsverhalten	von 300 bis 600										
Kritische Werte	ab 600										
Regulationsstarre	ab 1'000										

Gruppe Vegetative (autonome) Regulation

Gruppe: Vegetative (autonome) Regulation	
Parameter	Norm
B1 (%)	60 – 100
<p>Regulationsniveau: B1 zeigt das gegenwärtige Niveau der vegetativen (autonomen) Regulation.</p> <p>Verweis auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EKG-/HRV-ERFASSUNG: Diagramm der Prozentparameter (B VEGETATIVE REGULATION) • GESAMTANALYSE: INDICES DES FUNKTIONELLEN ZUSTANDES (Index der vegetativen Regulation) DYNAMIK DER WERTE DES FUNKTIONSZUSTANDES (Werte des Funktionszustandes B) 	

Parameter	Norm
B2 (%)	60 – 100
<p>Regulationsniveau: B2 zeigt die Reserven des Gesamtorganismus für Regulations- und Kompensationsvorgänge. Diese haben propriozeptive (Eigenwahrnehmung) Bedeutung für die Entscheidung über das weitere diagnostische und regulatorische Vorgehen.</p> <p>Verweis auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GESAMTANALYSE: INDICES DES FUNKTIONELLEN ZUSTANDES (Integrierter Gesundheitsindex) <p>Die Parameter B1 und B2 sind für die Beurteilung der Therapiefähigkeit des Probanden (Art, Intensität, Frequenz) von Bedeutung.</p>	

Gruppe Statistik

Gruppe: Statistik	
Parameter	Norm
RRNN (ms)	700 – 1'000
<p>RRNN ist der Mittelwert des R-R-Intervalls, der die durchschnittliche Dauer aller normalen R-R-Intervalle (NN) beschreibt. Je kleiner dieser Wert ist, desto kürzer sind diese Intervalle (beschleunigter Herzschlag/Sinustachykardie). Je größer dieser Wert ist, desto länger sind diese Intervalle (verlangsamter Herzschlag/Sinusbradykardie).</p>	

Parameter	Norm
SDNN (ms)	700 – 1'000
<p>SDNN ist die Standardabweichung der R-R-Intervalle im Messzeitbereich und ein Indikator der Gesamtvariabilität. Je größer der Wert ist, desto höher ist die HRV; je kleiner der Wert ist, desto eingeschränkter ist die HRV.</p> <p style="text-align: center;">Hoher SDNN = viel Parasympathikus Niedriger SDNN = wenig Parasympathikus</p>	

Parameter	Norm
CV (%)	3,0 – 12,0
<p>Der Variationskoeffizient (CV) beschreibt die Breite der HRV und deren Verteilungsform im Histogramm. Messwerte verteilen sich in der Regel mehr oder weniger stark um einen Mittelwert. Der Index CV charakterisiert das Ausmaß der Streuung der Messwerte um diesen Mittelwert. CV errechnet sich aus $SDNN/RRNN \cdot 100\%$ und fasst damit den Mittelwert sowie die Standardabweichung in einer Kennzahl zusammen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Je höher der CV-Prozentsatz, desto größer die HRV • Je niedriger der CV-Prozentsatz, desto eingeschränkter ist die HRV • Höhere Werte korrelieren mit einer größeren parasympathischen Aktivität • Niedrige Werte gehen mit einer höheren sympathischen Aktivität einher 	

Parameter	Norm
RMSSD (ms)	15,0 – 45,0
<p>RMSSD steht für die Quadratwurzel des quadrierten Mittelwerts der Summe aller Differenzen sukzessiver RR-Intervalle.</p> <p>RMSSD ist ein Indikator parasympathischer Aktivität und drückt aus, wie stark sich die Herzfrequenz von einem Herzschlag zum nächsten ändert. Je höher der Zahlenwert, desto größer der parasympathische Einfluss; je niedriger der Wert, desto geringer die parasympathische Einfluss.</p> <p>RMSSD wird durch Artefakte und Rhythmusstörungen signifikant beeinflusst, da diese mit ausgeprägten Sprüngen der Herzfrequenz von einem zum nächsten Herzschlag einhergehen. Bei einem hohen RMSSD, aber vergleichsweise niedriger Standardabweichung (SDNN) oder niedrigem Variationskoeffizient (CV) sollte die Messung auf Artefakte bzw. Rhythmusstörungen geprüft werden.</p>	

Parameter	Norm
NN50	46,0 – 100,0
<p>NN50 ist die Anzahl von spontanen Änderungen (Spontanvariabilität) aufeinanderfolgender R-R-Intervalle, die mehr als 50 ms voneinander abweichen. NN50 zeigt den parasympathischen Einfluss, wobei höhere Werte auf vermehrte parasympathische Aktivität am Sinusknoten hinweisen. Signifikant hohe und niedrige Werte sollten ggf. klinisch abgeklärt werden.</p>	

Parameter	Norm
pNN50	15,0 – 34,0
<p>pNN50 ist der Prozentsatz aufeinander folgender R-R-Intervalle, die mehr als 50 ms voneinander abweichen. Je größer dieser Wert ist, desto höher sind die spontanen Änderungen der Herzfrequenz (Spontanvariabilität). Signifikant hohe und niedrige Werte sollten ggf. klinisch abgeklärt werden.</p> <p>wobei höhere Werte auf vermehrte parasympathische Aktivität am Sinusknoten hinweisen. Signifikant hohe und niedrige Werte sollten ggf. klinisch abgeklärt werden.</p>	

Gruppe Frequenzspektrum

Gruppe: Frequenzspektrum	
Parameter	Norm
HF (ms²)	770 – 1'078
<p>HF (High Frequency) ist das Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich von 0,15 Hz bis 0,40 Hz. HF wird als Indikator für den kardio-vagalen Tonus angesehen, sollte aber stets gemeinsam mit dem Gesamtfrequenzspektrum der Herzrate betrachtet werden.</p> <p>Die HF-Anteil am Gesamtfrequenzband der Herzrate ist eng verbunden mit der atemsynchronen Schwankung der Herzfrequenz (respiratorische Sinusarrhythmie) und wird fast ausschließlich über den parasymphatischen Zweig des vegetativen Nervensystems moduliert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Je höher die HF-Kennzahl, desto größer der parasymphatische Anteil am Gesamtfrequenzspektrum. • Je niedriger die HF-Kennzahl, desto geringer der parasymphatische Anteil. 	

Parameter	Norm
LF (ms²)	754 – 1'586
<p>LF (Low Frequency) ist das Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich von 0,04 Hz bis 0,15 Hz. LF spiegelt sowohl sympathische als auch parasymphatische Einflüsse auf das HRV-Spektrum wider, wobei der Anteil des Sympathikus an der Gesamtvarianz überwiegt.</p> <p>Je höher die LF-Kennzahl, desto größer der sympathische Anteil am Gesamtfrequenzspektrum. Je niedriger die LF-Kennzahl, desto geringer der sympathische Anteil.</p>	

Parameter	Norm
VLF (ms²)	600 – 1'500
<p>VLF (Very Low Frequency) ist das Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich von 0,00 Hz bis 0,04 Hz. VLF zeigt den Anteil neurohormonaler Aktivität an der Gesamtvarianz.</p> <p>Je höher die VLF-Kennzahl, desto größer der neuroendokrine Anteil am Gesamtfrequenzspektrum. Je niedriger die VLF-Kennzahl, desto geringer der neuroendokrine Anteil.</p>	

Parameter	Norm
HFnu	26,0 – 32,0
<p>VLF (High Frequency normalised unit) ist das Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich von 0,15 Hz bis 0,40 Hz. HFnu zeigt den parasympathischen Anteil des Vegetativums und errechnet sich aus $HF/(Total\ Power - VLF)*100$ oder $HF/(LF+HF)*100$.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Je höher die HFnu-Kennzahl, desto größer der parasympathische Anteil am Gesamtvegetativum. • Je niedriger die HFnu-Kennzahl, desto geringer der parasympathische Anteil. 	

Parameter	Norm
LFnu	50,0 – 58,0
<p>LFnu (Low Frequency normalised unit) ist das Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich von 0,04 Hz bis 0,15 Hz. Es zeigt den sympathischen Anteil des Vegetativums an der Gesamtregulation und errechnet sich aus $HF/(Total\ Power - VLF)*100$ oder $LF/(LF+HF)*100$.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Je höher die LFnu-Kennzahl, desto größer der sympathische Anteil am Gesamtvegetativum. Ein Wert über dem oberen Normwert signalisiert ein erhöhtes Regulations- oder Kompensationsverhalten. Die Ressourcen dafür können wahrscheinlich bereitgestellt werden. • Je niedriger die LFnu-Kennzahl, desto geringer der sympathische Anteil. Ein LFnu-Wert unterhalb der Norm deutet auf ein sich erschöpfendes Regulationssystem hin. 	

Parameter	Norm
LF/HF	1,5 – 2,0
<p>LF/HF Quotient des Gleichgewichts von Parasympathikus und Sympathikus. Da zwar der HF-Bereich zuverlässig dem Parasympathikus zugeordnet werden kann, der LF-Bereich jedoch sowohl sympathische als auch parasympathische Anteile enthält, trifft dies nur bedingt zu.</p> <p>Erhöhte Werte zeigen eine im Verhältnis zum Gesamtsystem hohe Aktivität des Sympathikus. Ein Ansteigen des Quotienten über den Normbereich hinaus kann eine (relative) Schwäche des Parasympathikus signalisieren, die sympathische Aktivität am Herzen zu kontrollieren. Ist das Ratio LF zu HF zu gering, wirkt sich das auf die Gesamtleistungsfähigkeit des Systems bremsend aus. Eine medizinische Abklärung der Ursachen ist dringend empfohlen.</p>	

Parameter	Norm
TP (ms ² *1'000)	2'385 – 4'545
<p>TP (Total Power) ist die Quantifizierung des Leistungsdichtespektrums im Gesamtfrequenzbereich 0 Hz bis 0,4 Hz. Eine Erhöhung des sympathischen Einflusses über seinen Normbereich hinaus führt in der Regel zu einer Verringerung des gesamten Leistungsspektrums und die Verstärkung des Vagus-Einflusses führt zur Steigerung des gesamten Leistungsspektrums.</p>	

Gruppe Histogramm

Gruppe: Histogramm	
Parameter	Norm
Mo (ms)	700 – 900
<p>Mo (Modalwert) ist die am häufigsten gemessene R-R-Intervalldauer. Im physiologischen Sinne handelt es sich um den wahrscheinlichsten Funktionsschwerpunkt des Herzkreislaufsystems. Eine angemessene Amplitude zeugt von Kraft und geordneter, rhythmischer Arbeit des Herzens und aller zugeordneten Systeme.</p> <p>Werte unterhalb der Norm sind ein Indikator einer eingeschränkte HRV bzw. es handelt sich potentiell um eine erhöhte Belastung am Herzen. Werte oberhalb der Norm sind ein Indikator für eine signifikant große HRV und treten potentiell bei einem trainierten Herzen auf.</p> <p>Hinweis auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EKG-/HRV-ERFASSUNG: RHYTHMOGRAMM 	

Parameter	Norm
AMo (%)	30,0 – 50,0
<p>AMo (Amplitude des Modalwerts) beschreibt den prozentualen Anteil der am häufigsten gemessenen R-R-Intervalldauer im Verhältnis zu allen erhobenen R-R-Intervallen.</p> <p>Werte innerhalb des Normbereichs sind ein Indikator für die Stabilität des Systems. Werte unterhalb der Norm signalisieren eine signifikant gesteigerte Herzschlagvariation, da nur ein geringer Anteil an Herzschlägen mit gleicher Intervalldauer vorliegt und damit große Unregelmäßigkeiten im zeitlichen Verlauf der R-R-Intervalle bestehen. Werte oberhalb der Norm signalisieren eine stark eingeschränkte Variabilität des Herzschlages, da ein erhöhter Anteil von Herzschlägen mit gleicher Intervalldauer vorliegt.</p> <p>Der Regulationsbedarf und das Regulationsvermögen sind zu prüfen.</p>	

Parameter	Norm
VR (ms)	150 – 450
<p>VR (Variabilitätsbreite) ist die Differenz zwischen dem maximalen und minimalen gemessenen R-R-Intervall und spiegelt den Variabilitätsgrad der erfassten Kardiointervallwerte. Bei der Errechnung des VR werden alle Werte ausgeschlossen, die einen Anteil von weniger als 3 % an der Gesamtzahl der analysierten R-R-Intervalle haben (bspw. Arrhythmien und Artefakte).</p> <p>Die physiologische Bedeutung des VR hängt in der Regel mit der Aktivität des parasympathischen Systems zusammen sowie mit der Intensität und Gleichmäßigkeit bzw. Konstanz der Aktivität. In einigen Fällen kann die signifikante Amplitude der langsamen Wellen der VR jedoch den Aktivitätszustand der subkortikalen Nervenzentren widerspiegeln.</p> <p>Je größer der VR-Wert, umso größer ist die Variationsbreite. Je niedriger der VR-Wert desto eingeschränkter ist die Variationsbreite. Werte oberhalb und unterhalb des Normbereichs sind klinisch abzuklären.</p>	

Parameter	Norm
HRV Index	20 – 50
<p>Der HRV-Index dient zur Abschätzung der gesamten HRV.</p> <p>Dieser sog. trianguläre Index wird aus dem Histogramm mit seinen 8-ms-Intervallen errechnet, indem die Anzahl aller R-R-Intervalle durch das Maximum der Dichteverteilung (Modalwert - Mo) dividiert wird.</p> <p>Während das Histogramm das Verhältnis zwischen der Gesamtzahl der festgestellten R-R-Intervalle und der R-R-Intervall-Variation beurteilt, betrachtet der trianguläre HRV-Index den größten Ausschlag des Histogramms als ein Dreieck. Dieses setzt sich zusammen aus der Basisbreite entsprechend der Höhe der</p>	

R-R-Intervallvariabilität, der Höhe gemäß der am häufigsten beobachteten Dauer der R-R-Intervalle und der Fläche entsprechend der Gesamtanzahl aller R-R-Intervalle.

- Der Quotient wird umso kleiner, je eingeschränkter die Variabilität und je höher die Anspannung ist.
- Je größer die Variabilität, desto größer ist der Quotient.
- Werte unterhalb des Normbereichs beschreiben eine hochgradige Invarianz (Anspannung).
- Werte über dem Normbereich signalisieren eine hochgradige Vagotonie.
- Jegliche Abweichungen jenseits der Norm sollten abgeklärt werden.

Gruppe Autokorrelation

Gruppe: Autokorrelation	
Parameter	Norm
1k (s ²)	700 – 900
<p>1k beschreibt die Korrelation des Signals einer R-R-Intervallreihe mit sich selbst, bezogen auf einen früheren Zeitpunkt derselben Messung. Es wird abgeglichen, wieviel Ähnlichkeit die zeitlich verschobene R-R-Intervallreihe mit der ursprünglichen Reihe hat.</p> <p>Je höher die Ähnlichkeit, desto näher ist der Indexwert an 1 und desto stärker ist der Einfluss des vegetativen Nervensystems auf den Herzrhythmus. Je geringer die Korrelation, desto weiter entfernt sich der Wert von 1 (ggf. bis in den negativen Bereich) und desto mehr dominiert das zentrale Nervensystem. Die Autokorrelation bewertet das Zusammenspiel des zentralen Regelkreises mit dem vegetativen.</p>	

Parameter	Norm
m0	0 – 18
<p>m0 ist die Anzahl der Schwankungen mit dem Wert kleiner als 0 und kennzeichnet Störvariablen in der Autokorrelation. Die reguläre Autokorrelationsdynamik der durch Zeitverschiebungen analysierten R-R-Intervallreihe ist durch auf- und absteigende Wellen dargestellt. Folgt auf eine aufsteigende Welle keine absteigende oder umgekehrt, wird diese Norm-Abweichung als negativer Wert (kleiner als 0) gezählt.</p> <p>Je kleiner der Index ist, desto weniger Abweichungen traten auf und umso dominierender der vegetative Regelkreis. Je größer die Kennzahl ist, desto mehr Abweichungen traten auf und umso dominierender die zentrale Regulation als Antwort auf Leistungsanforderungen.</p> <p>Damit ist der m0-Wert ein Ausdruck für die Stabilität der Autokorrelationsdynamik als Antwort auf Leistungsanforderungen.</p>	

Parameter	Norm
Z	50,0 – 500,0
<p>Z repräsentiert den Autokorrelationswert. Dieser bildet die Systemressourcen ab, deren Vorhandensein und Verfügbarkeit im unmittelbaren Zusammenhang zur derzeitigen Situation und zum Ausgleichsvermögen stehen. Von Bedeutung für diesen Parameter sind hierbei auch grundsätzliche Lebensgewohnheiten, bspw. Wasseraufnahme, Vitalstoffversorgung, Schlaf, Umweltbelastungen u. a.</p> <p>Je höher der Wert ist, desto mehr Ressourcen stehen dem Organismus zur Kompensation von Belastungen zur Verfügung. Werte niedriger als 50 sind Ausdruck einer signifikant schwachen Konstitution und sollten ggf. klinisch abgeklärt werden.</p> <p>Verweis auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • VEGETATIVE REGULATION I: AUTOKORRELATIONSPORTRAIT (Vitalitätsindex) 	

Parameter	Norm
IC	1,0 – 3,0
<p>IC steht für den Index der Zentralisierung und repräsentiert eine quantitative Evaluierung des Verhältnisses zwischen der zentralen und vegetativen Herzrhythmusregulation. Der Parameter IC zeigt den Grad des Dominierens der nichtrespiratorischen Sinusarrhythmie über die respiratorische.</p> <p>Je höher der Index, desto dominierender ist der vegetative Regelkreis. Je niedriger der Index, desto dominierender ist die zentrale Regulation.</p> <p>Verweis auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • VEGETATIVE REGULATION I: AUTOKORRELATIONSPORTRAIT (Index der Zentralisierung) 	

ÜBUNGEN ZUR VERBESSERUNG DER HERZRATENVARIABILITÄT

Die Entspannungsfähigkeit lässt sich mit Hilfe der HRV feststellen. Aber was tun, wenn die HRV-Werte schlecht ausfallen? Es gibt einige einfache Übungen, mit denen die HRV verbessert werden kann. Der Parasympathikus lässt sich ganz unterschiedlich aktivieren.

Parameter einer guten HRV

Um die HRV zu verbessern, muss der Parasympathikus gestärkt werden – oder wie die Wissenschaftler es ausdrücken: Die Aktivierung des Parasympathikus muss erhöht werden. Eine besondere Rolle hat hier der Vagus-Nerv. Sein Wirken im Körper macht weit über die Hälfte des parasympathischen Einflusses aus. Ähnlich, aber nicht ganz so einflussreich, sind der dritte, fünfte und neunte Hirnnerv. In ihren Nervenbahnen finden sich ebenfalls parasympathische Fasern.

Die Ohrmuschel-Massage

Über den Tragus können Ausläufer des Vagus stimuliert werden. Es ist die kleine knorpelige Erhebung vor dem Eingang des Gehörgangs, die gerne von jungen Damen mit einem Piercing geschmückt wird. Zwischen Daumen und Zeigefinger wird der Tragus mindestens 3 bis 5 Minuten zweimal täglich massiert.“ Die Erklärung, warum es wirkt, liefert die Polyvagal-Theorie (ein Kapitel später beschrieben).

Mundwinkel hoch

Lachen hat an sich schon einmal eine gute Wirkung auf den Parasympathikus, aber nicht immer ist die Situation dafür gegeben. Das innere Lächeln anzuknippen, funktioniert eigentlich immer, auch wenn einem nicht danach ist.

Denken Sie an eine liebe Person oder an eine Situation, die Ihnen Freude bereitet hat. Wenn Ihnen das schwer fällt, dann können Sie sich auch ein Bild oder ein Foto anschauen, das Ihnen besonders gut gefällt. Lenken Sie Ihre Aufmerksamkeit auf die Person oder die Situation und Sie werden bemerken, dass sich Ihre Mundwinkel von alleine etwas nach oben ziehen. Veränderungen können während einer HRV Messung deutlich gemacht werden.

Eiswassertauchen

Das Waschbecken oder eine Schale mit eiskaltem Wasser fühlen. Etwa 4 Grad sollte es haben, was mit Eiswürfeln möglich ist. Das Gesicht wird mehrmals für 30 Sekunden eingetaucht und die Luft angehalten. Erst beim Auftauchen wird ausgeatmet. Die Wirksamkeit wurde beispielsweise in einer Studie von Kinoshita und Kollegen untersucht.

Menschen mit Augenproblemen, wie z. B. einem zu hohen Augeninnendruck, sollten die Übung allerdings nicht ausprobieren. Hier bietet sich die Alternative, die Hände unter warmes Wasser zu halten.

Ein warmes Bad zu nehmen, ist eines der entspannendsten Dinge, die es gibt. Das ist jedoch gerade in solchen Momenten schwierig, wenn einem bei all der Arbeit alles über den Kopf zu wachsen droht.

Doch statt davon zu träumen, im Schaum zu versinken, während du weiter im Hamsterrad rennst, probiere einfach mal, deine Hände mit warmem Wasser zu waschen.

Es beruhigt das parasympathische Nervensystem sofort; der Parasympathikus wird auch als der „Ruhenerve“ bezeichnet, weil er uns hilft, aus einer Stresssituation heraus und zurück in die Entspannung zu finden.

Nun wirst du durch das Händewaschen nicht gleich tiefenentspannt sein, aber es hilft dir, den Fuss vom Gas zu nehmen und wieder zur Besinnung zu kommen.

Gedichte aufsagen

Ein Hexameter ist ein antikes Sechser-Versmaß, bei dem sich lange und kurze Silben abwechseln. Es findet sich z. B. in Homers Ilias oder Odyssee, aber auch deutsche Dichter wie Goethe, Schiller oder Mörike verwendeten es. Das Besondere am Hexametersprechen ist, dass sich das Zusammenspiel von Herzschlag und Atmung verbessern lässt, weil es mit etwa sechs Atemzügen pro Minute einhergeht. Dieser optimale Atemrhythmus ist auch bei Mantras oder bei Gebeten möglich.

Powernapping

Beim Nickerchen zwischendurch ist es wichtig, den richtigen Zeitpunkt zum Aufstehen abzugewinnen, weil es sonst eher das Gegenteil bewirkt. Wird zu lange geruht, fühlen wir uns danach eher gerädert als erfrischt. Den optimalen Zeitpunkt können Sie ganz einfach herausfinden: Bevor Sie die Augen schließen, nehmen Sie einen Schlüssel in die Hand und legen Sie ihren Arm locker auf einer Armlehne ab. Wenn Sie den

Zeitpunkt der optimalen Entspannung erreicht haben, fällt Ihnen der Schlüssel aus der Hand. Dann ist das Powernapping abgeschlossen.

Musikalisch ausatmen

Singen Sie, egal was und wie, es wird wirken. Es hilft, den Parasympathikus zu stärken. Er wird beim kurzen Einatmen und längeren Ausatmen aktiviert, was automatisch beim Singen und Musizieren geschieht. Wenn Sie Ihre Stimme nicht hören wollen, kaufen Sie sich im Spielzeugladen ein Kazoo. Das kleine Membranophon weckt Kindheitserinnerungen und macht auch großen Spass.



Stimm- und Körpervibrationen lösen auch das Mantra-Singen aus, wie z. B. das klassische Om (oder auch Aum). Auch hier lässt sich die Wirkung mit der Polyvagal-Theorie erklären.

Atmen, aber richtig

Atmen und Entspannen ist nicht schwer, man muss nur wissen wie es geht. Man atmet kürzer ein und länger wieder aus. Zwischen ein- und ausatmen, macht man eine kurze Pause. Der Entspannungseffekt setzt beim längeren Ausatmen ein. Eingeatmet wird durch die Nase. Sie reinigt und erwärmt die Luft. Beim Ausatmen scheiden sich die Geister, ob es nun durch Mund oder Nase besser ist. Anfängern empfehle ich, bei Atemübungen immer durch den Mund auszuatmen. Meist fällt es ihnen leichter, die Luft hinausströmen zu lassen. Auch hilft das Umschalten zwischen Mund und Nase, sich noch bewusster auf die Atmung einzulassen.

Setzen Sie aufrecht auf einen Stuhl, mit beiden Füßen auf dem Boden. Legen Sie sich eine Hand auf den unteren Bauch und fühlen Sie, wie sich beim Einatmen die Bauchdecke hebt und beim Ausatmen senkt. Achten Sie bewusst darauf, dass Sie länger Ausatmen als Einatmen. Wichtig ist auch, dass der Atem ganz natürlich hinein- und herausfließt. Nach einiger Zeit werden Sie bemerken, dass sich ihr Herzschlag verlangsamt. Wenn Sie länger üben, werden Sie auch feststellen, dass das Herz beim Einatmen schneller und beim Ausatmen langsamer schlägt. Dieses Wechselspiel zeigt den Einfluss der Atmung auf das vegetative Nervensystem.

Die Wirkung lässt sich hier, wie auch beim Singen und Gedichte aufsagen, mit dem RSA-Effekt erklären.

Aktive Meditation

Diese Art der Meditation wird auch Kundalini, bewegte Meditation, genannt. Sie dauert eine Stunde und folgt einem festen Programm. Es teilt sich in vier Phasen, wechselt also alle 15 Minuten. Es beginnt mit einer Viertelstunde schütteln, gefolgt von tanzen, sich hinsetzen und still liegen.

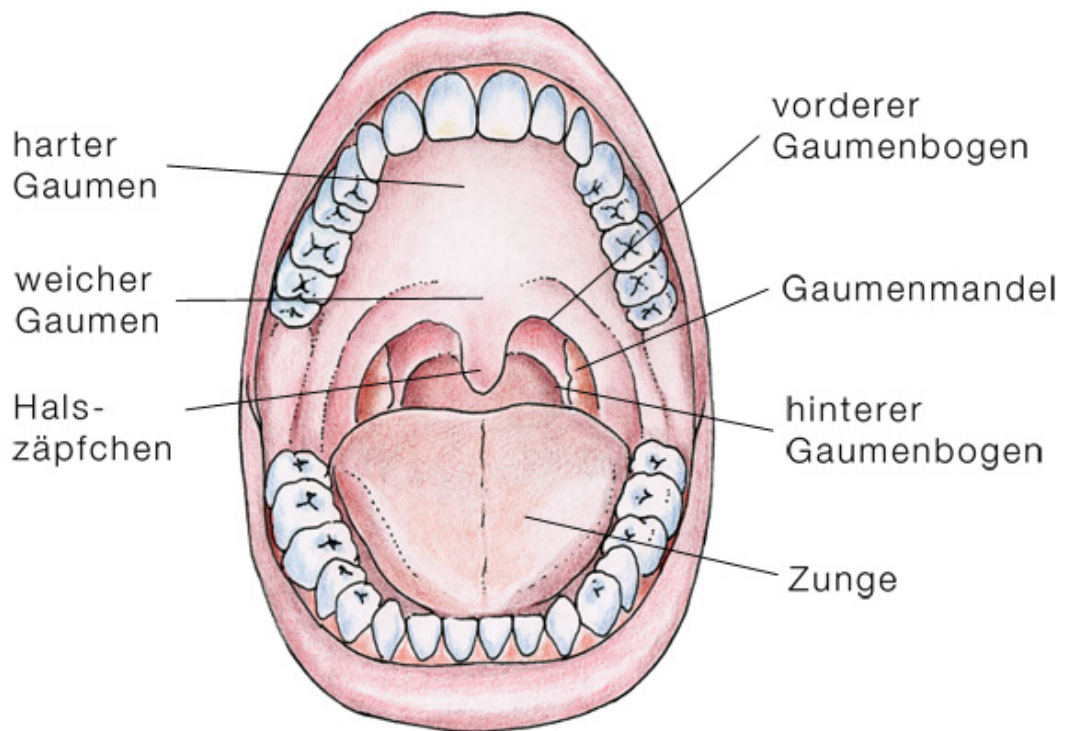
Wer mit aktiver Meditation nicht vertraut ist, wird vielleicht erst einmal skeptisch sein, aber sie wirkt. Wird eine Gazelle von einer Hyäne gejagt, dann hat sie Stress. Wenn sie ihr entkommen kann, dann wird sie sich danach erst einmal schütteln, um all die angesammelten Stresshormone loszuwerden. Die wenigsten Menschen können sofort auf den Punkt entspannen. Die bewegte Meditation ermöglicht einen einfacheren Zugang zur Ruhe und letztendlich zur Entspannung.

Die Aussichten auf bessere Entspannung

Die HRV kann jederzeit verbessert werden. Die Möglichkeiten der Verbesserungen hängen von Alter, Fitness- und Gesundheitszustand ab. Je nach Ausgangssituation kann es länger oder kürzer dauern, bis sich die HRV-Werte verbessern. Nach jeder Übung können sich bereits kleine Veränderungen zeigen, aber für länger anhaltende Verbesserungen braucht es Durchhaltevermögen und Geduld.

Die größten Erfolgsaussichten haben all jene, die gleichzeitig auch etwas an ihrem Lebensstil ändern, wie z. B. mehr Bewegung und Pausen in ihren Alltag einbauen, für genügend Schlaf sorgen, weniger Alkohol trinken oder mit dem Rauchen aufhören. Auch das sind Maßnahmen, die den Parasympathikus stärken.

Die HRV am Gaumenbogen ablesen?



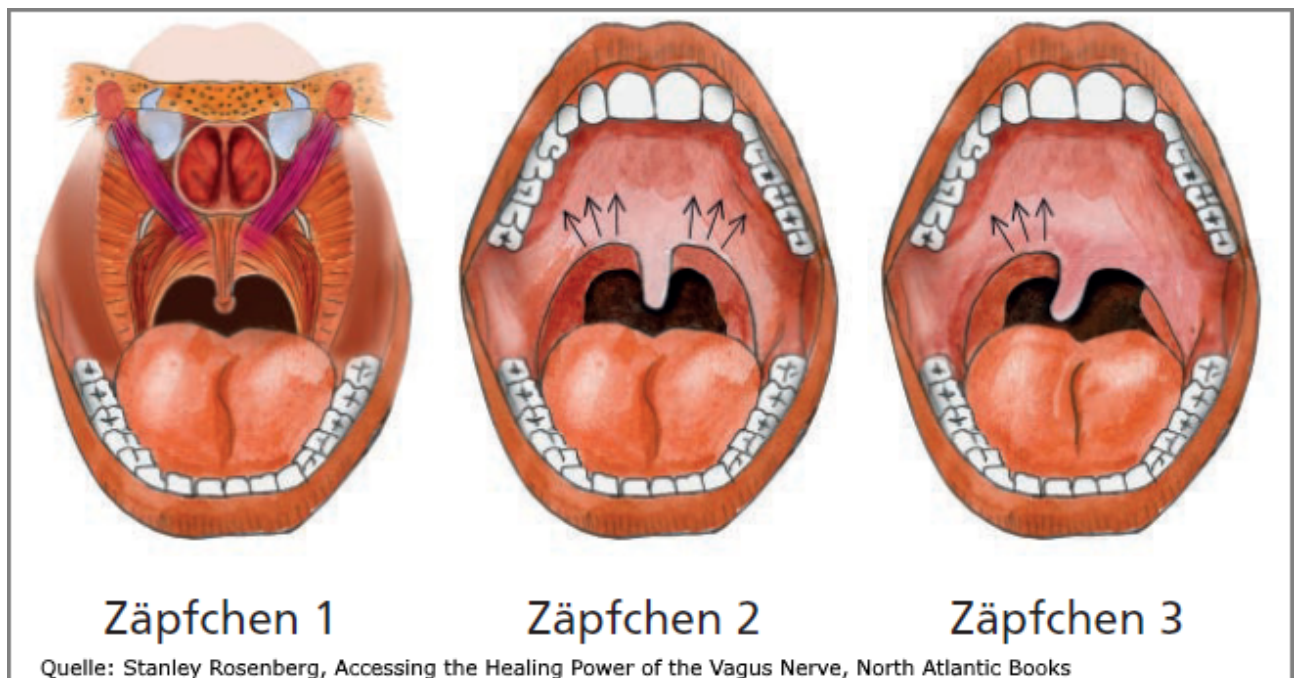
Ein Blick in den Mund soll ausreichen, um über den Zustand des Selbstheilungsnerve Vagus einen Eindruck zu bekommen. Normalerweise ist es der Herzschlag, der Auskunft über die Herzratenvariabilität (HRV) gibt und Rückschlüsse auf die Aktivität des Parasympathikus ermöglicht. Mehr oder weniger komplizierte Mess-Systeme sind dafür nötig, um die Millisekunden zwischen den einzelnen Herzschlägen auszuwerten.

Dass für eine schnelle Beurteilung die Stellung des Zäpfchens am Gaumenbogen ausreichen soll, liest sich im ersten Moment als zu simpel, um wahr zu sein. Allerdings ist bei neurologischen Untersuchungen die Beurteilung der Gaumenmuskulatur ein Teil des Standardumfangs.

Der Vagus-Test

Mund auf, Zunge raus! Für den Vagus-Test müssen Sie den weichen Gaumen mit dem Zäpfchen anschauen. Das gelingt am besten, wenn man den Mund weit öffnet und die Zunge etwas heraushängen lässt, bis der hintere Rachenraum sichtbar ist. Eine

kleine Taschenlampe oder die Lampenfunktion am Smartphone können bei der Beurteilung hilfreich sein.



Für die Überprüfung „ah-ah-ah“ sagen und dabei den Gaumenbogen und das Zäpfchen beobachten. Es ist ein gutes Zeichen, wenn das Zäpfchen symmetrisch vom Gaumenbogen nach oben gezogen wird (siehe Bild *Zäpfchen 2*). Zieht nur eine Seite des Gaumenbogens nach oben (siehe Bild *Zäpfchen 3*), liegt eine Funktionseinschränkung des Vagus vor.

Stanley Rosenberg beschreibt in seinem Buch (Seite 135) noch eine interessante Erfahrung:

„Zeigt die Überprüfung eine Fehlfunktion des Muskels, beobachte ich beim Klienten meist auch eine unregelmäßige, etwas schnelle und nicht besonders tiefe Atmung.“

Zusammenhang zwischen Vagus und Gaumenbogen

Der wichtigste Nerv des Parasympathikus ist der Vagus-Nerv, der zehnte Hirnnerv. Weit über die Hälfte der parasympathischen Leistung geht von ihm aus. Der Einfluss des Vagus ist deshalb so groß, weil sich sein Nervengeflecht über weite Teile des Körpers erstreckt, weshalb er auch als Vagabunden-Nerv (lat. vagari: umherschweifen) bezeichnet wird. Seine Verzweigungen bilden Nervengeflechte um Herz, Lunge und große Teile des Bauchraums. Parallel arbeiten seine Äste mit vier

anderen Hirnnerven (V, VII, IX und XI) zusammen. Sie besitzen neben motorischen, sensiblen und sensorischen Anteilen auch parasymphatische Anteile.

Bei dem Vagus-Test wird eine dieser Verzweigungen des Vagus für die Einschätzung genutzt: der Rachenast oder Nervus glossopharyngeus (IX. Hirnnerv). Seine Nervenfasern ziehen zum weichen Gaumen und Rachen. Er ist unter anderem auch für den Gaumensegelheber (Musculus levator veli palatini) zuständig.

Eine anatomische Erklärung des Vagus-Tests ist also, dass der Muskel am Gaumensegel auch eine Verbindung zum Vagus hat.

Ein paar Hintergründe zum Vagus-Test

Regelmässige Leser und auch Kenner der Polyvagal-Theorie werden sofort erkannt haben, dass es sich bei dem Test um eine Beurteilung des vorderen Vagus-Astes handelt. Er steht für eines der drei Reaktionsmuster, die in der vieldiskutierten Theorie beschrieben werden.

Eine gestörte Funktion würde bedeuten, dass vermehrt der Sympathikus oder der hintere Vagus die Steuerung übernimmt.

Die Verbindung zu Stephen Porges, dem Begründer der Polyvagal-Theorie, ist offensichtlich. Immer wieder nimmt Stanley Rosenberg darauf Bezug und erzählt von gemeinsamen Erlebnissen. Beispielsweise wie sie den Vagus-Test mit einer großen Gruppe von Psychologen ausprobierten.

Er schreibt dazu in seinem Buch (Seite 138):

„Sie sollten lernen, vor und nach verbalen Interventionen festzustellen, ob ihre Klienten sozial zugewandt waren oder nicht – das half ihnen eventuell, das Verhalten und den emotionalen Zustand ihres Klienten aus der Sicht der Polyvagal-Theorie besser zu verstehen. Sie konnten auch beurteilen, ob ihre Klienten die Funktion des autonomen Nervensystems verbessern mussten und, ebenso wichtig, ob die Intervention im Sinne der Polyvagal-Theorie erfolgreich war. Die Möglichkeit einer Überprüfung vor und nach einer Sitzung weckte ihr Interesse.“

EINE KURZE EINFÜHRUNG IN DIE POLYVAGAL-THEORIE

Stephen Porges beschäftigte sich mit dieser Doppelrolle des Entspannungsnerfs. Mit seiner Polyvagal-Theorie erweiterte er das Verständnis des vegetativen Nervensystems.

Auch wenn es in unserem Alltag meistens nicht mehr um das schiere Überleben geht, reagiert unser vegetatives Nervensystem (VNS) noch immer nach dem alten Muster unserer Vorfahren. Es versucht ständig, Anzeichen für Sicherheit oder Gefahren in unseren Alltag zu erkennen, um dann darauf zu reagieren.

In den meisten Lehrbüchern werden dem VNS nur zwei Handlungsmuster zugeschrieben: Anspannung und Entspannung. Stephen W. Porges, Professor für Psychiatrie und Biomedizintechnik aus den USA, war nicht nur einer der Pioniere bei der Anwendung der Herzratenvariabilität (HRV) in der Psychophysiologie. Mit seiner Polyvagal-Theorie räumt er dem VNS noch ein drittes Reaktionsmuster ein.

Die 3 Reaktionsmuster

In der Polyvagal-Theorie werden dem VNS drei Reaktionsmuster zugeschrieben.

1. Social-Engagement-System (SES)

Wenn wir uns sicher und wohl fühlen, bestimmt das Social-Engagement-System (SES) unser Verhalten. Dieser ventrale (jüngere) parasympathische Ast des Vagus-Nervs ermöglicht uns, dass wir schnell auf unsere Umgebung eingehen und rasch mit anderen Menschen in Beziehung treten können. Er kann die Herzfrequenz schneller regeln als der Sympathikus, was zu einer höheren Herzratenvariabilität (HRV) führt. Die Auswirkungen auf unsere Gesundheit sind hervorragend.

2. Sympathikus

- Der Wechsel in das nächste Reaktionsmuster geschieht, wenn wir uns in einer Situation angespannt fühlen. Der beruhigende Einfluss des Parasympathikus nimmt ab beziehungsweise wird vom Sympathikus verdrängt. Unser Verhalten verändert sich, wir fühlen uns gefordert bis gestresst. Das Herz schlägt schneller, der Blutdruck

- steigt, die Atmung wird kurz und flach, der Körper ist bereit zum Kampf oder zur Flucht.

3. Parasympathikus

- Steigert sich die Bedrohung oder Herausforderung soweit, dass sie vom VNS als lebensbedrohlich eingeschätzt wird, wie beispielsweise bei einem traumatischen Erlebnis, legt der dorsale (alte) parasympathische Ast des Vagus-Nervs als letzten Ausweg zur Rettung alles lahm. Dies führt zum Sich-Totstellen, Erstarren, in Ohnmacht fallen. Es ist eine Art Notabschaltung oder Energiesparmodus von Körper und Geist.

Die Doppelrolle des Parasympathikus

Wenn Sie noch keine Berührungspunkte mit der Polyvagal-Theorie hatten, werden Sie sich bestimmt über das sehr unterschiedliche Wirken des Parasympathikus wundern. Auch Stephen Porges dachte am Anfang, viel parasympathischer Einfluss kann nur gut sein, bis er mit einem Fall konfrontiert wurde, der ihn zwang, sich intensiver mit dem Parasympathikus auseinanderzusetzen. Für die zwei sehr unterschiedlichen Wirkweisen, fand er vor allem in der Anatomie des Parasympathikus eine Erklärung.

Der wichtigste Nerv des Parasympathikus ist der Vagus, der 10. Hirnnerv. Sein großes Verbreitungsgebiet brachte ihm nicht nur den Namen „umherschweifender Nerv“ ein, sondern lässt schon erahnen, dass er vielleicht an weit mehr Abläufen im Körper beteiligt ist als die Wissenschaft bis dahin dachte.

Stephen Porges unterteilt in seiner Theorie den Vagus-Nerv in einen vorderen (ventralen) und einen hinteren (dorsalen) Ast. Beide entspringen in benachbarten Gebieten im Hirnstamm.

Ganz grob kann man sich merken, dass der vordere Ast sich eher nach oben Richtung Kopf bewegt und der hintere eher nach unten. Nur Herz und Lunge, also der Blutkreislauf und die Atmung, werden von beiden beeinflusst.

1. Der vordere Vagus-Ast

Die enge, teilweise anatomische Verbindung zu vier Hirnnerven (V, VII, IX und XI) erklärt, auf welche Reaktionsmuster der vordere Vagus-Ast reagiert. Es handelt sich um Informationen, die wir aus unserer unmittelbaren Umgebung mit unseren Sinnen wahrnehmen. Aus den Eindrücken, was wir hören, sehen, riechen und schmecken, kann das VNS abwägen, ob wir uns sicher fühlen können oder in Gefahr befinden.

In manchen Büchern wird der vordere Vagus-Ast als „neuer Vagus“ bezeichnet. Als Erklärung dient, dass es ihn in der Entwicklungsgeschichte des VNS noch nicht so lange gibt wie den hinteren Vagus-Ast.

2. Der hintere Vagus-Ast oder auch „alter Vagus“

Das Haupteinflussgebiet des hinteren Vagus-Asts liegt unterhalb des Zwerchfells. Seine Fasern ziehen zu Magen, Leber, Bauchspeicheldrüse, Milz und zu Teilen des Dickdarms. Im nicht aktivierten Zustand übernimmt er die Steuerung der Verdauung. Die Bezeichnung alter Vagus bezieht sich auf die evolutionäre Entwicklung des VNS, das sich von den Reptilien zu den Säugetieren stufenweise weiterentwickelte. Man kann sich das Reaktionsmuster des hinteren Vagus-Astes als einen Überlebensmechanismus vorstellen. Deb Dana schreibt in ihrem Buch „Die Polyvagal-Theorie in der Therapie“ (Seite 36): „Seine Reaktion wirkt schmerzstillend und schützt vor physischem und psychischen Schmerzen.“ Eine wichtige Schutzmassnahme des Körpers, wenn es ums Überleben geht.

3. Ständige Anpassung als Schutz - Neurozeption

Obwohl wir es nicht bewusst mitbekommen, wacht das VNS über unsere Sicherheit, ganz gleich was wir gerade machen. Stephen Porges prägte für dieses Funktionsprinzip den Begriff **Neurozeption**. Stanley Rosenberg beschreibt es in seinem Buch „Der Selbstheilungsnerv“ (Seite 106) als einen guten Wachhund, „der ständig aufpasst und es uns ermöglicht, tief zu schlafen oder uns auf andere Dinge als das Überleben zu konzentrieren, und der uns weckt, wenn Eindringlinge uns gefährden könnten.“

Das Signal der Neurozeption setzt die drei Reaktionsmuster in Gang:

1. Wenn wir uns wohlfühlen, uns also für das VNS in absoluter Sicherheit befinden, bestimmt das Social-Engagement-System (SES) unser Verhalten.
2. Wird vermehrt Aktivität und Leistung von einer Situation gefordert, übernimmt der Sympathikus die Führung und stellt für die Bewältigung die entsprechenden Ressourcen zur Verfügung.
3. Erhält das VNS Signale von ernsthafter Gefahr, drosselt der Parasympathikus die Organsteuerung auf ein Minimalniveau.

Wenn die drei Bestandteile des VNS sich immer wieder abwechseln, dann fühlen wir uns wohl in unserer Haut. Für Herausforderungen im Beruf oder im Privatleben steht ausreichend Energie zur Verfügung.

4. Falsch verlaufende Neurozeption

Die Neurozeption kann auch falsch verlaufen, dann reagieren Menschen in einer sicheren Situation so als wenn sie für sie bedrohlich wäre. Die Gründe für eine falsche Neurozeption können vielfältig sein. Meist gibt einen Auslöser, wie Stanley Rosenbergin seinem Buch (Seite 107) schreibt: „[...] der uns an ein traumatisches Ereignis in der Vergangenheit erinnert – und wir reagieren darauf, als würde es in der Gegenwart stattfinden. Wir mögen gar nicht tatsächlich bedroht oder gefährdet sein, doch unser Nervensystem kann in der Vergangenheit festhängen, bereit beim geringsten Auslöser aus der Umgebung zu kämpfen oder wegzulaufen.“

5. Eine Chance für Trauma-Patienten

Die Polyvagal-Theorie kann die Erklärung für das „Warum“ von Verhaltensweisen liefern. Die Tatsache, dass Handlungen geschehen, ohne dass unser Verstand ihnen einen Sinn zuschreibt, hilft Patienten und Therapeuten gleichermaßen. Betroffene werden entlastet, da sie an ihrem Verhalten nicht selbst schuld sind. Therapeuten liefert die Polyvagal-Theorie die Möglichkeit, ihren Patienten in ein anderes Reaktionsmuster zu führen.

Stephen Porges fand in seinen Experimenten mit kranken und traumatisierten Menschen heraus, dass sich das Social-Engagement-System (SES) mit frequenzmodulierter (klanglich angepasster) Musik aktivieren lässt. Zur Art der Musik schreibt Stephen Porges in seinem Buch „Die Polyvagal-Theorie“ (Seite 258): „Musik im Frequenzbereich der menschlichen Stimme jedoch aktiviert viszerale und emotionale Zustände, die weder mit drohenden Unheil noch mit einem Gefühl akuter Sorge assoziiert sind.“

In den Büchern von Deb Dana, Peter Levine und Stanley Rosenberg finden sich viele Übungen und Arbeitsblätter, um körperliche und seelische Belastungen wieder ins Gleichgewicht zu bringen.

6. HRV-Parameter als Hinweise für ein Trauma?

Gleich vorne weg möchte ich festhalten: Mit der Herzratenvariabilität (HRV) können Sie kein Trauma diagnostizieren. Die HRV-Parameter geben wohl ein paar Hinweise, die aber nur zusammen mit psychopathologischen Untersuchungen genutzt werden sollten. Ein Indiz für eine emotionale Übersteuerung des dorsalen Vagus ist sehr viel Aktivität im High Frequency-Bereich. Unterhalb dieses Frequenzbandes, also im LF- und VLF-Bereich, fehlt sie oder ist sehr vermindert.

Atmung bewegt Herzschlag

In entspanntem Zustand wird beim Einatmen der Herzschlag schneller und beim Ausatmen verlangsamt er sich. Diese Veränderung kann man mit etwas Übung sogar selbst an sich beobachten. Diese Variabilität hat überhaupt nichts mit Herzrhythmusstörungen zu tun, sondern ist vielmehr eine ganz natürliche Reaktion und ein Zeichen für ein gut funktionierendes Nervensystem.

Je tiefer und bewusster ein- und ausgeatmet wird, umso mehr wird das Herz aus seinem gewöhnlichen Takt gebracht. Bei sechs Atemzügen pro Minute zeigt sich am deutlichsten die Einflussnahme der Atmung auf dem Herzschlag. Das ist eine der wenigen Möglichkeiten, willentlich das vegetative Nervensystem zu beeinflussen.

In der Medizin werden die atemabhängigen Schwankungen der Herzfrequenz als respiratorischen Sinusarrhythmie (RSA) bezeichnet. „Respiratio“ steht für die Atmung, „Sinus“ für den Sinusknoten und „Arrhythmie“ für die Unregelmäßigkeit.

Für medizinische Laien ist überhaupt nicht offensichtlich, wie die Atmung den Herzschlag beeinflussen kann. Atmung wird gedanklich mit der Lunge verknüpft und der Herzschlag mit dem Herz. Erst wenn man in der Fachliteratur auf eine Verbindung zwischen den beiden Organen stößt, wird ein Zusammenhang vorstellbar. Diese Verbindung befindet sich „in den Regionen des niederen Hirnstamms“. Sie steuert nicht nur die Atemfrequenz, sondern wirkt auch über den Parasympathikus auf die Herzschlaggeschwindigkeit ein.

Man könnte nun meinen, dass beim Phänomen der RSA der Sympathikus die Herzfrequenz schnell nach oben treibt, im Anschluss der Parasympathikus seinen hemmenden Einfluss ausübt und beide gleichermaßen an dem Vorgang beteiligt sind – indem beide „am gleichen Strang ziehen“. Dies ist so nicht der Fall. Sympathikus und Parasympathikus „ziehen an unterschiedlichen Strängen“, und das auch noch mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Die raschen Veränderungen des Herzschlags werden in erster Linie über die Nervenbahnen des Parasympathikus bewirkt.

Der Parasympathikus kann schneller reagieren

Sympathikus und Parasympathikus haben beide Nervenverbindungen zum Herz. Die Veränderung der Herzschlaggeschwindigkeit durch den Atemrhythmus beruht auf dem Einfluss des Parasympathikus. Er ist in der Lage die Regulationsvorgänge viel schneller vorzunehmen als der Sympathikus.

Die Beschaffenheit der Nervenverbindungen ist ein Grund für das unterschiedliche Reaktionsvermögen. Die Myelinisierung der Vagus-Fasern des Parasympathikus bietet eine zehnmal schnellere Weiterleitung von Steuerungssignalen als dies bei den unmyelinisierten Sympathikusfasern der Fall ist. Ein weiterer Grund sind die verschiedenen Überträgersubstanzen.

Der Parasympathikus arbeitet ausschließlich mit dem Neurotransmitter Acetylcholin. Beim Sympathikus erfolgt die Übertragung auf das Herz letztendlich durch den Botenstoff Noradrenalin. Die Eigenart dieser Reizübertragung ist jedoch, dass kein schneller Abbau des Noradrenalins am Empfängerrezeptor stattfindet, sondern eine etwas langwierigere Rückführung zum Sender-Nerv erforderlich ist. Dies kostet im Vergleich zum Acetylcholin mehr Energie und Zeit, denn Acetylcholin wird am Empfängerrezeptor für eine weitere Reizübertragung schnell abgebaut. Am Zielorgan Herz verwenden die beiden Neurotransmitter zudem unterschiedliche Rezeptorarten im Sinusknoten.

Beides, die unterschiedliche Nervenbeschaffenheit und die verschiedenen Neurotransmitter, hat zur Folge, dass die chemischen Abläufe bei der Steuerung des Herzschlags unterschiedlich schnell ablaufen.

Verschiedene Überträgersubstanzen machen den Unterschied

Die parasympathischen Nervenbahnen leiten den Aktivierungsimpuls rasch und ohne Verzögerung weiter. Die Reaktion am Sinusknoten erfolgt bereits nach einer halben Sekunde. Fast genauso schnell, innerhalb einer Sekunde, kann die Reizausübung auf den Sinusknoten auch wieder abklingen. Beim Sympathikus laufen die Aktivierungsprozesse hingegen sehr viel langsamer ab. Die Aktivierung benötigt etwa vier bis fünf Sekunden, um den Sinusknoten zu beeinflussen. Noch schleppender verläuft das Abklingen der Reizausübung. 15 bis 20 Sekunden vergehen, bis das Ausgangsniveau wieder erreicht ist.

Der Parasympathikus ist in der Lage, die schnellen Anpassungsvorgänge, die mit dem Atemrhythmus einhergehen, zu ermöglichen. Diese Veränderungen der Herzschlaggeschwindigkeit spiegeln sich im HRV-Wert High Frequency (HF) wider. Sie bewirkt Schwingungen im Frequenzbereich von 0,15 bis zu 0,5 Hertz. Zeigt eine Spektralanalyse in diesem Frequenzbereich Aktivität an, kann sie auf dem Parasympathikus zugeordnet werden.

Ganz anders sieht es beim Sympathikus aus. Er reagiert auch bei fehlenden äußeren Reizen (im Ruhezustand) auf die Schwankungen des Blutdrucks mit der Anpassung

der Herzfrequenz. Sein Wirken ist dann indirekt eine Folge der Signale von Dehnungs- und Druckrezeptoren in Herz, Lunge und Gefäßen. Sie melden an das vegetative Nervensystem, wenn es zu Änderungen des Blutdrucks oder Blutvolumens kommt. Die Regulierung dieser Steuerkreise zeigt sich mit in den niederfrequenten Rhythmen. Der HRV-Wert der Low Frequency (LF) gibt dies als Veränderungen der Herzrate im Frequenzbereich von 0,04 bis 0,15 Hertz wider.

Eine Aktivität im LF-Bereich unterliegt nicht eindeutig der Wirkung des Sympathikus. Im diesem Bereich regen die Dehnungs- und Druckrezeptoren auch die Verstärkung beziehungsweise Hemmung des Parasympathikus an. Daher wird im LF-Bereich eine Überlagerung der Aktivitäten von Sympathikus und Parasympathikus angezeigt.

Singen für eine gute HRV

Singen entspannt! Seine Wirkung lässt sich mit anderen bewussten Atemtechniken vergleichen und am Herzschlag messen. Je nachdem, was für ein Lied gesungen wird, beginnen die Herzen von Chormitgliedern schon nach ein paar Takten im Gleichtakt zu schlagen und zu schwanken.

Immer wieder werde ich gefragt, was man tun könnte, um die Herzratenvariabilität (HRV) zu verbessern. Singen wäre eine Möglichkeit, aber es muss das richtige Lied sein, um eine Wirkung zu erzielen. In einer wissenschaftlichen Studie wurde die Wirkung verschiedener Musikstile miteinander verglichen.

Dr. Björn Vickhoff wollte im Jahr 2013 am Institut für Neurologie und Physiologie der Sahlgrenska Academy an der Universität Göteborg wissen, ob Singen im Chor eine ähnliche Wirkung wie Yoga auf die HRV hat. Seine Hypothese war: Da auch beim Gesang kontrolliert und bewusst geatmet wird, müsste er sich ebenfalls positiv auf das Herz auswirken.

Sänger und Messmethoden

Die Untersuchung *Music structure determines heart rate variability of singers* war zweigeteilt: Zum einen traten 15 junge Erwachsene zum Chor-Gesangstest an. Während der gesamten Zeit wurde ihre Herzfrequenz aufgezeichnet (Messtechnik: Ohr-Clip, emWave). Als zweite Fallstudie wurde bei einer kleineren Gruppe von fünf Sängern zusätzlich noch Atemtiefe und -frequenz, der Hautleitwert und die Fingertemperatur gemessen (Messtechnik: cStress).

Der Studienaufbau – Summen, Hymne, Mantra

Um vergleichbare Voraussetzungen (die Baseline) zu schaffen, wurde am Anfang und vor jeder Wiederholung ein gefühlsmäßig neutraler Text für 5 Minuten gelesen. Zwischen den Gesängen wurden während einer Pause von einer Minute Anweisungen für das Singen des nächsten Stückes gegeben.

1. Stück: 5 Minuten lang wurde frei gesummt, wobei jeder Sänger beliebig Atem holen konnte.
2. Stück: Gesungen wurde das langsame, schwedische Kirchenlied (Hymnus) „Härlig är Jordan“ für 5 Minuten. Hier war es die Komposition, die an bestimmten Stellen die Atmung vorgibt.
3. Stück: Es bestand nur aus dem Satz „just relax“, der immer wieder mit einer simplen Melodie wiederholt wurde – vergleichbar mit einem Mantra. Die Sänger erhielten die Anweisung, jeweils zwischen den Phrasen zu atmen. Es wurde gemeinsam und regelmäßig alle 10 Sekunden Luft geholt. Dauer: 5 Minuten.

Der Sinn hinter der Musikauswahl

Der aufmerksame Leser wird die Unterschiede zwischen den Stücken bestimmt erkannt haben. Während das Summen völlige Freiheit lässt, erzwingt das Mantra ein gemeinsames Ein- und Ausatmen. Die Hymne nimmt zwischen beiden eine Zwischenstellung ein. Ihre Liedstruktur legt einen Atemrhythmus nahe, jedoch keinen regelmäßigen.

Die Rolle der Atmung auf das Herz

Die Atmung beeinflusst den Herzschlag. Wird tief eingeatmet, schlägt das Herz schneller, beim Ausatmen schlägt es wieder langsamer. Der Grund für die Verlangsamung ist der Vagusnerv. Sein Einwirken auf das Schrittmacherzentrum verlangsamt den Herzschlag. Beim nächsten Atemzug löst sich „Bremse“ wieder und das Herz schlägt wieder schneller. Diese ganz natürliche und gesunde Reaktion wird Respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) genannt. Messen lässt sie sich mit der gleichnamigen RSA-Messung.

Der Einfluss der Stücke auf den Herzschlag

Wie zu vermuten war, schlugen die Herzen der Chormitglieder je nach Stück und Musikstil mal mehr oder auch weniger im Gleichklang.

1. Summen: Es gab regelmäßige Schwankungen der Herzfrequenz, aber sie fanden bei jedem Teilnehmer ganz unterschiedlich statt.
2. Hymnus: Eine Angleichung war beobachtbar, die Unterschiede zwischen den Sängern waren nicht mehr so groß wie beim Summen. Der RSA-Effekt zeigte sich jedoch weniger deutlich wie beispielsweise bei einer Atemvorgabe.
3. Mantra: Die Herzen schlugen fast im Gleichklang. Die Teilnehmer hatten eine hohe Überstimmung der dominanten HRV-Frequenz bei ca. 0,1 Hz, was der vorgegebenen Atemfrequenz entsprach.

Die Veränderungen der HRV

Als Grundlage für die Bewertung der HRV-Werte dienten die Angaben der Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology.

Die Erkenntnisse der schwedischen Forscher stützten sich vor allem auf die Werte der fünf Teilnehmer der zweiten Gruppe.

- Während des Summens konnte keine signifikante Steigerung der HRV (anhand des RMSSD-Wertes) beobachtet werden. Wie bereits erwähnt, entstand nur ein kleiner RSA-Effekt.
- Beim Hymnus war der RMSSD-Wert deutlich höher als bei der Baseline und beim Summen. Das Verhältnis von LF/HF war verringert. Die Frequenzanalyse zeigte Schwankungen der Herzrate, aber nicht so regelmäßige wie beim Summen.
- Die höchsten RMSSD-Werte erzielte das Mantra-Singen.

Weitere Messergebnisse – nicht aussagekräftig

Die Messungen zu Fingertemperatur und Hautleitwert brachten keine weiterführenden Erkenntnisse beziehungsweise konnten nicht als zuverlässige Unterscheidungsmerkmale herangezogen werden.

Singen für das Gemeinschaftsgefühl

Singen ist ein gemeinsames Handeln in einer Gruppe, das zu einer gemeinsam gespürten Erfahrung führt. Dadurch wird auf positive Weise das Gemeinschaftsgefühl gesteigert (und auf gemeinsam überwundene negative Erfahrungen oder auf übereinstimmende Meinungen kann verzichtet werden).

Zu allen Religionen gehört, dass gesungen wird. Gesungen wird auch im Fußballstadion. Es gibt Nationalhymnen, Arbeitslieder und Marschgesänge. Wenn man schaut, wo und wann überall gesungen wird, dann versteht man mit dieser Studie ein bisschen besser, was Singen mit uns macht.

Die Synchronisierung der Herzschläge fördert (über den RSA-Effekt) das Gefühl des gemeinsamen Erlebens und verändert die eigene Wahrnehmung hin zu einer gemeinsamen Perspektive. Die Herzen schlagen im ähnlichen Rhythmus. Aus „ich“ wird „wir“. Die Welt kann aus einem gemeinsamen Blickwinkel wahrgenommen werden, auch wenn sowohl im Detail als auch individuell noch abweichende Auffassungen bestehen.

Der HRV-Geschlechtervergleich

Frauen und Männer sind sich ziemlich ähnlich, zumindest was die Herzratenvariabilität angeht. In jungen Jahren ticken ihre Herzen noch verschiedenen, dann passen sie sich mit zunehmendem Alter aneinander an. Trotz des kleinen Unterschieds sollte das Geschlecht immer in die Interpretation einer Messung einbezogen werden.

Die wissenschaftlichen Standards zur Messung und Auswertung der Herzratenvariabilität (HRV) lieferte 1996 eine Expertenkommission aus Amerika und Europa. Von der Task Force European Society of Cardiology und der North American Society of Pacing Electrophysiology wurden einige Richtwerte zur Orientierung veröffentlicht. Zum Thema Geschlechtsunterschiede finden sich allerdings keine Referenzwerte.

Die Empfehlungen der Task-Force ungeachtet sind sich viele Experten 20 Jahre später einig, dass das Geschlecht bei den Messergebnissen eine Rolle spielt. Die Unterschiede bei Männlein und Weiblein fangen beim Hormonhaushalt an und enden beim Körperbau. Sowohl das Hormone als auch die Herzfrequenz nehmen Einfluss auf die HRV – fraglich ist aber, ob es signifikant geschlechterspezifisch ist. So einfach sich die Geschlechtsunterschiede darstellen lassen, umso komplizierter und unklarer ist die Studienlage. Bei dem Thema Geschlechtsunterschiede driften die Meinungen teilweise weit auseinander (Beispiel: Umetani et al. versus Ramaeckers et al.). Um mich nicht in den Widersprüchen der Wissenschaft zu verfangen, orientiere ich mich

bei meinem Beitrag an den Ausführungen der Herren Wittling (siehe Buch Herzschlagvariabilität) und an Doris Eller-Berndl (Herzratenvariabilität, Verlagshaus der Ärzte)

Mehr Gesamtpower bei den Männern

Die gesamte Aktivität des vegetativen Nervensystems ist in der Männerwelt wohl von Natur aus besser ausgeprägt als in der Damenwelt. Einige Studien belegen diesen Unterschied mit Parametern wie beispielsweise der Root-Mean-Square-of-Successive-Differences (RMSSD), der Standard-Deviation-of-the-NN-Intervall (SDANN) oder auch der Total-Power. Die größten Differenzen zwischen Frauen und Männer finden sich bei den Werten der Gesamtaktivität in der Altersklasse der 20 bis 30jährigen. Mit zunehmendem Alter kommt es immer mehr zu einer Angleichung der Geschlechter. Ab dem fünften Lebensjahrzehnt sind die Unterschiede quasi aufgehoben. Eine gute Übersicht, wie sich die Werte über die Jahre verändern, findet sich in der kostenfrei verfügbaren Studie von Umetani et al. (1998).

Junge Männer zwischen 20 und 30 Jahren scheinen beim Abschalten einen Vorteil gegenüber ihren Altersgenossinnen zu haben. Der Einfluss ihres Parasympathikus ist stärker, das zeigt sich bei den höheren Werten im High-Frequency-Bereich (HF). In Langzeitmessungen konnte beobachtet werden, dass sich Frauen vor allem in den Abend- und Nachstunden schlechter entspannen konnten als Männer. Vielleicht eine Einrichtung der Natur, die jungen Müttern einen Vorteil bei der Obhut ihres Nachwuchses verschaffen möchte.

Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Angleichung

Mit den Jahren kommt es zu einer Angleichung. Die etwas höhere Pulsfrequenz der jungen Damen gleicht sich an die männliche an. Die Unterschiede bei der Entspannungs- und Erholungsfähigkeit heben sich zwischen den Geschlechtern mit zunehmendem Alter ganz auf – vorausgesetzt, es finden keine Hormontherapien oder ähnliches statt.

Ein ähnlicher Befund findet sich zum Einfluss des Sympathikus. Die Werte der Low-Frequency-Bereich (LF) sind bei Männern zwischen 20 und 50 Jahren höher als bei Frauen. Auch bei diesem Wert kommt es im höheren Lebensalter zu einer Angleichung.

Das Verhältnis von Sympathikus und Parasympathikus bzw. LF und HF unterliegt auch dem Alter und Geschlecht. Bei der sympathovagalen Balance (LF/HF) dreht das

Verhältnis. In jungen Jahren, zwischen 20 und 30, sind die Unterschiede zwischen den Frauen und Männern noch geringer ausgeprägt, als im fortgeschrittenen Alter (50 bis 60 Jahre).

Zusammenfassend halte ich folgende grobe Regel im Normalfall für vertretbar: Frauen unter 30 Jahren haben eine schlechtere HRV als Männer. Die Unterschiede zwischen den Geschlechtern werden ab dem 30. Lebensjahr geringer und verschwinden nach dem 50. Lebensjahr ganz.

Chronobiologie – die Wissenschaft der Lebensrhythmen

Sämtliche Vorgänge im Körper verlaufen rhythmisch. Neben dem Schlaf-Wach-Rhythmus folgen Atmung, Herzschlag, Blutdruck, Stoffwechsel mehr oder weniger einem regelmäßigen Muster. Für das Wohlbefinden sind nicht nur einzelne Rhythmen von Bedeutung, sondern ihr Zusammenspiel und ihre Anpassung auf unterschiedliche Belastungen. Mit der Herzratenvariabilität lässt sich auch betrachten, wie harmonisch sie zusammen wirken. Bei Störungen erhöht sich das Risiko für Herzkrankheiten, Diabetes oder Krebs. Mit einer Wiederherstellung der natürlichen Rhythmen lassen sich Heilungsverläufe positiv beeinflussen.

Die Wissenschaft, die sich mit diesen Lebensrhythmen befasst, wird als Chronobiologie bezeichnet. Ich habe mich für diesen Beitrag mit Professor Dr. Maximilian Moser aus Österreich verabredet. Er ist Humanphysiologe und Chronobiologe am Institut für Physiologie der Medizinischen Universität Graz. Außerdem leitet er das Human Research Institut in Weiz.

Ein natürlicher Rhythmus bestimmt das Leben

Schlafen und wachen sind die augenfälligsten Rhythmen in unserem Leben. Lange Zeit hat sich die Chronobiologie vorwiegend mit dieser Tagesrhythmik befasst. Mittlerweile weiß man, dass es viele Prozesse im Körper gibt, die einer zeitlichen Ordnung unterliegen. Der auffälligste Rhythmus ist der 24-stündige, der als *circadianer* Rhythmus bezeichnet wird, weil er beim Menschen etwas länger als 24 Stunden dauert, wenn keine äußeren Zeitgeber einwirken. Aber auch

schnellere, *ultradiane* Rhythmen können im Körper gemessen werden: „Angefangen vom Nervensystem, das die schnellsten Rhythmen erzeugt, über Herzschlag und Atmung bis zur langsamen Tätigkeit des Stoffwechsels erzeugt jedes Organsystem seinen eigenen "Klang". Alle folgen einem rhythmischen Ablauf, der Sekunden bis Wochen und Monate andauern kann“, erklärt Professor Moser.

Der Impuls zur Interaktion kann von außen kommen, wie z. B. durch das nachlassende oder wiederkehrende Licht, oder ganz unabhängig von äußeren Einflüssen sein, wie z. B. beim Herzschlag- und Atemrhythmus. Experten sprechen bei äußeren Wirkfaktoren von Zeitgebern. Der Begriff wurde von dem Mediziner und Verhaltensphysiologen Jürgen Aschoff (1913 – 1998), einem der ersten Chronobiologen, geprägt. Er untersuchte die Reaktionen auf den Entzug des natürlichen Tagesrhythmus.

Das Bunker-Experiment von Aschoff

In seinem berühmten Bunkerversuch untersuchte Aschoff, wie unser Schlaf-Wach-Rhythmus ohne Zeitgeber funktioniert. Für mehrere Monate wurde eine Gruppe Studenten in einem Bunker von äußeren Zeitgebern isoliert. Während dieser Zeit konnten sie tun und lassen, was sie wollten. Wenn sie Hunger hatten, drückten sie auf einen Kopf und sie bekamen – über eine Schleuse – Essen. Das Einzige was sie nicht hatten, waren Informationen über die Tageszeit.

Der Lebensrhythmus der Student verschob sich während ihrer Zeit im Bunker pro Tag um etwa eine Stunde nach hinten. Bei diesem Experiment entdeckte Aschoff, dass es so etwas wie eine innere Uhr geben muss. Sie funktioniert unabhängig vom äußeren Tag-Nacht-Rhythmus, braucht aber die Außenreize zur Synchronisierung der inneren Steuerung. Er kam zu der Erkenntnis, dass das Licht offensichtlich der wichtigste Zeitgeber ist, gefolgt von der Nahrungsaufnahme und den sozialen Interaktionen.

„Die inneren Uhren sind in jeder Zelle und sogar in den Genen verankert. Man weiß heute bereits, dass die Aktivität praktisch aller Gene rhythmisch organisiert ist. Eigentlich findet sich im Körper kein physiologischer Parameter, der nicht einem Rhythmus folgt“, ergänzt Professor Moser.

Störungen der inneren Uhr

Alle Zeitgeber, die zur falschen Zeit auftreten, stören den natürlichen Rhythmus. Wenn ein ähnliches Licht wie am Morgen mit dem typisch hohen Blauanteil beispielsweise am Abend einwirkt, gerät die innere Uhr aus dem Takt. Das Licht von

Fernsehern, Computerbildschirmen und Energiesparlampen beeinflusst am Abend den natürlichen Ablauf des Zur-Ruhe-Kommens. Nicht nur der Schlafbeginn wird verzögert, auch alle anderen Rhythmen im Körper kommen durcheinander.

„Man muss sich das so vorstellen, dass es zwischen den Organen eine Art Verständigung über diese Rhythmen gibt. Die Prozesse im Körper greifen ineinander und die Organe sprechen miteinander über diese Rhythmen. Dieser Fahrplan des Organismus wird bei einer Störung des natürlichen Tagesablaufes gestört“, erklärt Professor Moser.

Leider ist ein Leben gegen den natürlichen Rhythmus in der heutigen Leistungsgesellschaft nicht die Ausnahme, sondern eher die Regel. Der Aufmerksamkeitszyklus wird gerne übergangen. Alle zwei Stunden flacht er ab, um sich dann wieder zu steigern. Bleiben kurze Pausen (etwa 10 Minuten) aus, führt es langfristig zur Leistungsminderung. Auch auf andere wiederkehrende Bedürfnisse wie z. B. Hunger und Durst wird oft nur unzureichend reagiert. Aber auch Tätigkeiten zum falschen Zeitpunkt wie z. B. ein sehr spätes Abendessen oder intensiver Sport zu später Stunde, sorgen im Körper eher für Aufruhr als für Nachtruhe. Bedenkt man, dass viele Menschen der "Eulen"-Fraktion angehören, kommt für sie der Arbeitsbeginn zu früh. Die Folge ist ein Schlafmangel, der sich im Lauf der Arbeitswoche aufsummiert. "Lerchen" erweisen sich hingegen für Nachtarbeiten als ungeeignet.

Wenn das Leben aus dem Takt gerät

Was mit Schlaf- und Essstörungen, Energielosigkeit bis hin zu Depressionen als erste Hinweise auf ein Abweichen vom natürlichen Rhythmus beginnt, endet mit Erkrankungen, die zu Haupttodesursachen unserer Zeit zählen. Professor Moser: „Krebserkrankungen treten beispielsweise verstärkt auf, wenn die biologischen Rhythmen gestört sind. Schichtarbeit und ein anhaltendes Jetlag, wie z. B. bei Piloten, führt zu einer erhöhten Krebswahrscheinlichkeit. Bei Frauen steigt das Risiko für Brustkrebs und bei Männern für Prostatakrebs um jeweils 50 Prozent. Das Darmkrebsrisiko ist bei Menschen erhöht, die in ihrem Arbeitsalltag ständig unter großer Anspannung stehen und nicht für Ausgleich sorgen. Auch für den Herzinfarkt gibt es ähnliche Zahlen.“

Herzrhythmusflexibilität = HRV plus Chronobiologie

Im Herzschlag spiegeln sich die viele Körperrhythmen wieder. Mit Hilfe der Herzratenvariabilität (HRV) lässt sich zeigen, wie gut der Körper ihnen folgen kann. Vor allem Langzeit-Messungen geben Auskunft über das Wechselspiel der einzelnen Rhythmen. Der Begriff Herzrhythmusflexibilität bringt für Professor Moser die Bedeutung des Phänomens viel besser zum Ausdruck. Er umfasst neben der Herzratenvariabilität auch die Chronobiologie, also die Rhythmen und ihre Interaktionen.

Der Puls-Atem-Quotient gibt Auskunft über die Abstimmung

Bei der chronobiologischen Messung spielt der Puls-Atem-Quotient eine große Rolle. Betrachtet wird das Verhältnis, wie viele Herzschläge pro Atemzug stattfinden. Dabei ist wichtig, ob das Ergebnis ganzzahlig ausfällt oder nicht. Professor Moser mit den Feinheiten: „Vier Herzschläge auf einen Atemzug sind Zeichen für eine harmonische Abstimmung zwischen diesen Körperrhythmen. Ist das Ergebnis beispielsweise 4,3 zu 1 oder 4,1 zu 1, dann sind Herzschlag und Atmung nicht gut aufeinander abgestimmt und mehr Energieaufwand ist notwendig, um den Alltag zu meistern. Man kann den Organismus auch mit einem Musikinstrument vergleichen: Jedes Organ entspricht einer Saite und sollte harmonisch auf die anderen Saiten abgestimmt sein.“

4 zu 1 ist ein interessantes Verhältnis. Bei den meisten Menschen stellt es sich während der Tiefschlafphase ein. Die Atmung selbst schwingt im Verhältnis 4 zu 1 zum Blutdruck. „Das Zusammenwirken der Rhythmen ist wichtig, nur einem gut koordinierten Organismus ist es möglich, langfristig gesund und leistungsfähig zu bleiben. Auch bei Abweichungen im Krankheitsfall begünstigt das Wiedererlangen der natürlichen Schwingung einen schnelleren Heilungsverlauf“, so der Chronobiologe.

Zum eigenen Rhythmus zurückfinden

Es gibt Möglichkeiten, entgleiste Rhythmen zurückzuführen. „Die wichtigste Voraussetzung“, so Professor Moser, „ist die Entschleunigung und die rhythmische Gestaltung des Tages- und Wochenablaufes. Es gibt zusätzlich spezifische Therapieangebote wie etwa Kunsttherapie, Eurythmie oder Sprachgestaltung, um z. B die Schlafqualität zu verbessern. Sie können individuell nach ärztlicher Anweisung gewählt werden. Wir fanden heraus, dass die Eurythmie sich neben der Verbesserung des Vagus-Tonus auch positiv auf soziale Fähigkeiten auswirkt, während Yoga Menschen auch hilft, Ängste zu überwinden.“

Für vieles im Leben gibt es den richtigen Zeitpunkt. Viele Menschen haben immer zu einer bestimmten Zeit Hunger. Auch im Verlauf des Tages finden sich Abschnitte, die ganz unterschiedlich Einfluss auf das Befinden nehmen können. Mal ist die Lust auf Bewegung größer, mal die Konzentration besser. Selbst für die medizinische und pharmakologische Behandlung gibt es ideale Zeitpunkte – viele Medikamente sollten zu bestimmten Tageszeiten eingenommen werden, da in diesen Zeitfenstern die geringste Menge der Arznei die größte Wirkung hat – und die geringste Nebenwirkung. So kann die Dosis reduziert und können Nebenwirkungen minimiert werden. Sogar das Schmerzempfinden ist im Tagesverlauf unterschiedlich, was beispielsweise Zahnarztpatienten gewiss schon erfahren haben.

In wissenschaftlichen Beiträgen von Professor Moser findet sich die Aussage: „Rhythmus spart Kraft“. Obwohl sich die Lebensgewohnheiten in den letzten Jahren rasant verändert haben, sind die natürlichen Bedürfnisse des Körpers immer noch gleich. „Man muss sich bewusst machen, dass sich die ganze menschliche Entwicklung über Jahrtausende in einem natürlichen Umfeld abgespielt. Früher, also bevor die Menschen in Häuser aus Stein und Beton zogen, lebten sie viel mehr mit den Rhythmen der Natur. Der Lauf der Jahreszeiten spielte eine viel größere Rolle in ihrem Leben. Die Anpassung an die Verhältnisse führte dazu, dass die äußeren Rhythmen vom menschlichen Organismus verinnerlicht und zu eigenen Rhythmen gemacht wurden“, schließt Professor Moser unseren Exkurs in die Chronobiologie ab.

Das Herz – mehr als ein fleißiger Muskel

Das Herz ist ein Organ wie Lunge, Niere oder Schilddrüse, gleichzeitig ist es ein geniales "Messinstrument". Am Herzschlag lässt sich ablesen, wie gut das Herz das Blut durch den Körper pumpt. Er gibt aber nicht nur Auskunft über die Arbeitsleistung, sondern liefert auch Einblicke, wie der Körper mit physischen und psychischen Belastungen umgeht. Wie das möglich ist, erklärt sich aus der Art, wie verschieden das Herz schlagen kann.

In einem Blog über Herzratenvariabilität (HRV) darf ein Beitrag über das Herz nicht fehlen. Der Herzschlag ist schließlich die Basis für jede HRV-Messung. Wie er zustande kommt, erklärt, warum das Herz auch ein Gesundmacher und ein Glücksmuskel ist. Anhand der Erregungsleitung wird verständlich, wieso sich unser Lebensfeuer und unsere Intelligenz mit ihm messen lässt.

Ein besonderer Muskel

Jede Minute vollbringt das Herz eine gewaltige Leistung. Das Herz nur als fleißigen Muskel abzutun, der Blut durch den Körper pumpt, wäre falsch. Während die Skelettmuskulatur mit willkürlichen Bewegungen vom Gehirn geleitet wird, steht die Tätigkeit des Herzmuskels nur bedingt unter dem Einfluss des Bewusstseins. Ich schränke die Unabhängigkeit ein, weil man über die Atmung den Herzschlag verändern kann.

Gegenüber dem Gehirn besitzt und braucht das Herz die Autonomie, um den Kreislauf aufrechtzuhalten. Ein raffiniertes Erregungsleitungssystem kombiniert mit der Steuerung des vegetativen Nervensystems (VNS) ermöglicht es, dass das Herz flexibel auf Lebenssituationen reagieren kann.

Taktgeber Sinusknoten

Schon wenige Tage nachdem sich Eizelle und Spermium verbunden haben, beginnen die ersten Zellen zu pulsieren. Ohne Unterbrechung wird das Herz dann bis zu drei Milliarden Mal den Rhythmus des Lebens bestimmen (aber nur, wenn Sie im Alter von 70 Jahren noch ein gesundes Herz haben). Was den Impuls des Herzschlags auslöst, ist übrigens bis heute noch nicht ganz geklärt.

Der Sinusknoten gibt den Takt und die Geschwindigkeit den Herzmuskelzellen vor. Als einen richtigen Knoten, der sich ertasten lässt, darf man sich den Steuermann des Herzens nicht vorstellen. Vielmehr handelt es sich um eine kirsch kern-große Ansammlung von spezialisierten Zellen im rechten Vorhof. Sie werden auch als Schrittmacherzellen gezeichnet, weil sie die elektrischen Impulse erzeugen, die das Herz zum Schlagen bringen.

Ganz allein ist der Sinusknoten nicht in der Lage den kompletten Herzmuskel zu erregen. Das sogenannte Herzskelett, eine Bindegewebsplatte, trennt Vorhöfe und Kammern nicht nur, sondern isoliert sie auch noch elektrisch voneinander. Der Atrioventrikularknoten (AV-Knoten), in der Scheidewand der Vorhöfe nahe zur Grenze der Kammern, ist die einzige elektrische Verbindung zwischen Vorhöfen und Kammern. An ihn leitet der Sinusknoten die Erregung weiter.

Die Backup-Schrittmacher

Reizleitsystem (Urheber: J. Reuser)

Im AV-Knoten werden die elektrischen Reize des Sinusknoten gebündelt und über die His-Bündel und Tawara-Schenkel bis zur Herzspitze weitergeleitet. Durch dieses Erregungsleitungssystem erfolgt die Übertragung auf die Kammern zeitlich verzögert nach den Vorhöfen.

Würde der Sinusknoten ausfallen, könnten AV-Knoten und His-Bündel als Schrittmacher fungieren. Sie haben auch die Fähigkeit einen elektrischen Impuls zu erzeugen. Da sie viel langsamer sind, wird ihre Schrittmachertätigkeit in einem gesunden Herz nicht gebraucht, weil sie immer von der höheren Frequenz des Sinusknoten übertroffen werden.

Ein Leben mit der Eigenfrequenz

Stellen Sie sich vor, Sie hätten nur die Eigenfrequenz des Herzens zur Verfügung: Sie würden ein recht ruhiges Leben führen. Mit etwa 70 Schlägen pro Minute können Sie sich physisch und psychisch keine großen Extras leisten. Die meisten sportlichen Betätigungen fallen weg, weil sie zu anstrengend sind, eventuell würde es für eine Teilnahme bei der Senioren-Stuhlkreis-Gymnastik reichen. Wenn Sie kein Leistungssportler sind, sollten Sie auch Ihre Gefühle im Griff haben. Vorsicht geboten ist auch beim Sex und beim Gang zur Toilette.

Der Eigenrhythmus wird vom Herz selbst ausgelöst, was ihm eine gewisse Unabhängigkeit vom Rest des Organismus gibt. Ohne Verbindung zum Körper könnte das Herz auch außerhalb des Körpers noch eine Weile weiterschlagen. Andersherum klappt es allerdings nicht: Ein kurzes Aussetzen seiner Schlagtätigkeit im Körper würde innerhalb von Sekunden zum Verlust des Bewusstseins führen.

Die Anpassungsfähigkeit des Herzschlags

Der Sinusknoten gibt von sich aus einen festen Takt vor, agiert aber keinesfalls unabhängig. Er kann das Herz nicht schneller oder langsamer schlagen lassen. Für die Veränderung der Herzfrequenz ist das VNS zuständig. Seine beiden Anteile, Sympathikus und Parasympathikus, ermöglichen die Anpassung des Herzschlags für den Sprint zum Bus oder beim Entspannen mit klassischer Musik. Sie sind die einzige Verbindung zwischen Herz und Hirn.

Man könnte nun meinen, dass der Sympathikus die Herzfrequenz schnell nach oben treibt, im Anschluss der Parasympathikus seinen hemmenden Einfluss ausübt und beide gleichermaßen an dem Vorgang beteiligt sind – indem beide "am gleichen Strang ziehen". Dies ist so nicht der Fall. Sympathikus und Parasympathikus "ziehen an unterschiedlichen Strängen", und das auch noch mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Die raschen Veränderungen des Herzschlags werden in erster Linie über die Nervenbahnen des Parasympathikus bewirkt.

Der Parasympathikus kann schneller reagieren

Die Beschaffenheit der Nervenverbindungen ist ein Grund für das unterschiedliche Reaktionsvermögen. Die Myelinisierung der Vagus-Fasern des Parasympathikus bietet eine zehnmal schnellere Weiterleitung von Steuerungssignalen als dies bei den unmyelinisierten Sympathikusfasern der Fall ist. Ein weiterer Grund sind die verschiedenen Überträgersubstanzen.

Der Parasympathikus arbeitet ausschließlich mit dem Neurotransmitter Acetylcholin. Beim Sympathikus erfolgt die Übertragung auf das Herz letztendlich durch den Botenstoff Noradrenalin. Die Eigenart dieser Reizübertragung ist jedoch, dass kein schneller Abbau des Noradrenalins am Empfängerrezeptor stattfindet, sondern eine etwas langwierigere Rückführung zum Sender-Nerv erforderlich ist. Dies kostet im Vergleich zum Acetylcholin mehr Energie und Zeit, denn Acetylcholin wird am Empfängerrezeptor für eine weitere Reizübertragung schnell abgebaut. Am Zielorgan Herz verwenden die beiden Neurotransmitter zudem unterschiedliche Rezeptorarten im Sinusknoten.

Beides, die unterschiedliche Nervenbeschaffenheit und die verschiedenen Neurotransmitter, hat zur Folge, dass die chemischen Abläufe bei der Steuerung des Herzschlags unterschiedlich schnell ablaufen.

Verschiedene Überträgersubstanzen machen den Unterschied

Die parasympathischen Nervenbahnen leiten den Aktivierungsimpuls rasch und ohne Verzögerung weiter. Die Reaktion am Sinusknoten erfolgt bereits nach einer halben Sekunde. Fast genauso schnell, innerhalb einer Sekunde, kann die Reizausübung auf den Sinusknoten auch wieder abklingen. Beim Sympathikus laufen die Aktivierungsprozesse hingegen sehr viel langsamer ab. Die Aktivierung benötigt etwa vier bis fünf Sekunden, um den Sinusknoten zu beeinflussen. Noch schleppender verläuft das Abklingen der Reizausübung. 15 bis 20 Sekunden vergehen, bis das Ausgangsniveau wieder erreicht ist.

Pause für das Herz

Wie wichtig der schützende Mechanismus des Parasympathikus ist, lässt sich am besten mit seiner Wirkung beschreiben. Ohne den Einfluss des vegetativen Nervensystems hat ein gesundes Herz einen Puls von etwa 70 Schlägen pro Minuten. Wird der Parasympathikus aktiv, verringert sich die Pulsrate. Das Herz muss weniger arbeiten. Durch die Reduzierung sinkt der Sauerstoffbedarf, weniger Muskelkraft ist nötig bei gleicher Funktion der Herzkammern. Die Verlangsamung wirkt sich auf die Erregungsleitung aus, was zu einer längeren Überleitzeit für die Erregungsübertragung im Herzen führt. Die Herzkammern bekommen mehr Zeit zur Erholung. Körper eigene Schutzprogramme können besser vor Ablagerungen und Entzündungen bewahren. Eine geringere Herzrate und weniger Schlagvolumen schützen auch vor Bluthochdruck und senken das Risiko für Arrhythmien (Herzrhythmusstörungen).

Mein Fazit

Das Herz ist ein zentrales Organ, darüber gibt es keinen Zweifel. Aber das gilt nicht nur wegen seiner Bedeutung im Blut- und Stoffkreislauf. Es hilft auch Rückschlüsse auf das Wirken eines anderen zentralen Körpersystems ziehen zu können, das sich unserem Willen und Bewusstsein entzieht, aber viele wichtige Körperfunktionen steuert: das vegetative Nervensystem. Wegen der Einflussnahme des VNS auf das Herz lässt es sich als Messinstrument des VNS nutzen. Die Veränderungen des Herzschlags zeigen nicht nur, wie fit das Herz ist, sondern auch, ob es Störungen im VNS gibt, die sich zu verschiedensten Krankheiten entwickeln können.

Das VNS – kurz und anschaulich

Die drei Buchstaben VNS stehen für vegetatives Nervensystem. Viele Menschen können mit diesem Teil des Gehirns überhaupt nichts anfangen. Und die Tatsache, dass es sich willentlich nicht beeinflussen lässt, fördert eher Skepsis als Faszination. Vor allem dann, wenn der Zustand dieses unzugängliche Systems gemessen und bewertet werden soll. Nicht anderes geschieht bei einer Herzratenvariabilitäts-Messung. Ärzte und Therapeuten stehen also vor dem Problem: „Wie erkläre ich das VNS, ohne dass mein Gegenüber ein Medizinstudium braucht?“

Leider lässt sich das VNS nicht so einfach und charmant wie den Darm erklären. Verdient hätte es das VNS, nur ist es leider in unserem Bewusstsein nicht so präsent. Die Arbeit des Verdauungssystems bekommen wir jeden Tag live mit. Auch übt der

Darm eine eklig-schmutzige Faszination auf uns aus. Alles Dinge, die das VNS erstmal nicht bieten kann. Es gibt nicht wirklich was zum Riechen, Schauen, Hören oder Anfassen.

Das einzige VNS-Lehrbuch

Das VNS hat alle unsere Organe im Griff und wir tun uns schwer zu begreifen, was da in uns vor sich geht. Wer mehr wissen möchte, für den gibt es genau ein Lehrbuch über das VNS: Das autonome Nervensystem. Das Zitat von Vinik im Vorwort „Know autonomic neuropathy and you will know the whole of medicine“ lässt einen zwar Hoffnung schöpfen, die nachfolgenden fast 400 Seiten verdeutlichen aber recht schnell: Mit einfachen Erklärungen tut man sich hier schwer.

Erklärungsversuche aus der Praxis

Nach einem Jahr Bloggen kann ich zum VNS keine korrekte anatomische Beschreibung in drei leichtverständlichen Sätzen bieten, aber verdeutlichende Beispiele, Bilder und Geschichten. In Gesprächen mit Experten und bei meinen Recherchen habe ich sie gesammelt. An den besten möchte ich Sie nun teilhaben lassen.

Der Kutscher

Dr. Wolfgang Pflederer ist ärztlicher Direktor in der TCM Klinik Illertal. Der Internist und Kardiologe nutzt die Herzratenvariabilität (HRV) im Klinikalltag und zu Studienzwecken. Das VNS beschrieb er mir als einen Kutscher. Auf seinem Kutschbock thronend hält er die Zügel für seine Pferde fest in den Händen. Mit ihnen dirigiert er sie ans Ziel. Mal lässt er die Pferde schneller, mal langsamer laufen. Er behält immer die Kontrolle über ihr Tun und lässt die Zügel niemals los während der Fahrt.

Der Kutscher ist eine passende Beschreibung, weil sie sehr schön veranschaulicht, wie das VNS seine beiden Hauptakteure Sympathikus und Parasympathikus zur Steuerung nutzt. Auch wird deutlich, dass immer beide aktiv sind, jeweils mal mehr und mal weniger.

Das Betriebssystem

Kein anderes Bild für das VNS hätte ich von Michael Lutz, Geschäftsführer der Firma BITsoft, erwartet: Nur das Betriebssystem ermöglicht es, auf komfortable Weise Computerprogramme wie beispielsweise Word oder Excel zu nutzen. Es hält alle Funktionen bereit, unterstützt aber eher im Hintergrund.

Bei diesem Vergleich wird vor allem die Abhängigkeit des Organismus vom VNS gut dargestellt. Wenn das Betriebssystem einen Fehler hat oder veraltet ist, dann laufen auch die Programme nicht mehr richtig. Ganz ähnlich sieht es aus, wenn die Leistung des VNS abnimmt, denn dann beeinträchtigt das die Abläufe im ganzen Körper.

Der Hausmeister

In dem Taschenbuch „Das kleine Buch vom Gehirn – Reiseführer in ein unbekanntes Land“ fand ich das Beispiel des Hausmeisters: „Der organsteuernde Teil des Nervensystems gleicht einem Hausmeisterservice, der sich um die Versorgung mit Gas und Strom sowie um die Reparaturen in einem Mehrfachfamilienhaus kümmert, allerdings ohne dass die Mieter ihn sehen oder telefonisch erreichen können.“

Unseren Hausmeister sehe ich zwar hin und wieder und kann ihn auch anrufen, wenn es Probleme gibt, trotzdem gefällt mir dieses Beispiel. Es zeigt, dass wir uns über viele Dinge in unserem Leben keine Gedanken machen und sie erst wahrnehmen, wenn sie sich negativ verändern.

Die Heizungsanlage

Die Geschichte von der kalten Heizung erzählte mir Michael Gorsolke, Geschäftsführer der Firma Commit GmbH. Gerne stellt er bei Schulungen die Frage, was man denn tun könnte, wenn die Heizung kalt bleibt. Seinen Vorschlag, sie mit einem Fön zu erwärmen, lehnen seine Zuhörer selbstverständlich lachend ab. Allen ist klar, dass sich das Problem nur im Heizungskeller lösen lässt.

Und die „Moral“ von der Geschichte ist: Nicht nur an den Symptomen „herumdoktern“, sondern auch mal einen Blick auf das ganze System werfen.

Mein Fazit

Das VNS arbeitet genial. Auch wenn die erklärenden Analogien nicht für einen Bestseller reichen, so bringen sie doch schon mal Fantasie und Kreativität in das medizinisch anspruchsvolle Thema. Froh bin ich auch, dass es für das altgediente Sinnbild von *Gaspedal und Bremse* Alternativen gibt. Es ist zwar eine nette Umschreibung von Sympathikus und Parasympathikus. Doch mal ehrlich: Wer gibt Gas und steht gleichzeitig auf der Bremse?

BRAC – der Rhythmus für die Leistung im Alltag

Es gibt einen Rhythmus unserer Leistungsfähigkeit: den Basic-Rest-Activity-Cycle (BRAC). Er entsteht aufgrund der wechselnden sympathisch- und parasympathisch-dominierten Phasen während des Tages. Wer sie kennt und seinen Alltag nach ihnen ausrichtet, profitiert von einer gesteigerten Produktivität und höheren Kreativität.

Spitzenkräfte und Vielarbeiter zeigen es: Mit dem Leistungsrhythmus BRAC lässt sich auf gesunde Weise viel bewältigen. Der Sportwissenschaftler Professor Ingo Froböse von der Deutschen Sporthochschule Köln beschreibt in seinem Buch *Power durch Pause*, wie sich der BRAC im Alltag nutzen lässt.

An das Thema, dass der Körper nicht nur nachts einem Rhythmus folgt, sondern auch am Tag, wagte sich der amerikanische Forscher Nathaniel Kleitmann 1960 das erste Mal heran. Er gab der Tagesrhythmik den Namen Basic-Rest-Activity-Cycle. Er war übrigens 1953 einer der Mitentdecker der REM-Schlafphase.

Nathaniel Kleitmanns Hypothese baute darauf auf, dass es am Tag ähnlich wie in der Nacht einen neurophysiologischen Rhythmus gibt. „Dass es auch tagsüber eine gleichmäßige Rhythmik der Leistung gibt, ist wissenschaftlich immer noch nicht unumstritten“, erklärt Professor Froböse. „Viele Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit dem BRAC und beschreiben im Detail zahlreiche Funktionen, die diesem 90-Minuten-Tagesrhythmus zuzuordnen sind.“ Leider ist dieses Wissen in den letzten 30 Jahren verloren gegangen.

Die magischen 90 Minuten

Am Tag wechseln sich im BRAC alle 70 bis 90 Minuten sympathisch-dominante Phasen mit etwa 10- bis 20-minütigen parasympathischen Phasen ab. Sie sind mit Hilfe von Herzratenvariabilitäts-Langzeitmessungen erkennbar, obwohl sie am Tag meist wegen körperlicher Aktivität etwas verdeckt werden.

Dominiert der Sympathikus, lässt sich das an einer leicht erhöhten Herzfrequenz und einer verringerten Herzratenvariabilität (HRV) erkennen. „Studien zeigen, dass wir in dieser Phase besonders effektiv und leistungsfähig sind“, beschreibt Professor Froböse. „Die Ausschüttung von Adrenalin, Cortisol und Acetylcholin im Körper ist einer der Gründe für dieses Leistungshoch.“

Der Einfluss der Hormone flacht jedoch zum Ende der 90 Minuten ab. Die vermehrte Bildung von Noradrenalin, Serotonin und Melatonin fördert dann die parasympathische Aktivität, was zu einem vorübergehenden Leistungsabfall führt. Die Herzfrequenz sinkt und die HRV steigt. „In diesen 10 bis 20 Minuten sinkt unsere Leistungsfähigkeit kurz ab. Genau diese Zwischentiefs sind der richtige Zeitpunkt für eine kurze Pause.“

Pausen sind keine Zeitverschwendung. In der passiven Phase werden Anspannungen abgebaut, Kräfte gesammelt und die rhythmische Ordnung wieder hergestellt. Professor Froböse ergänzt: „Auch für das Gehirn bedeuten Pausen keinen Leerlauf. In dieser Phase wird Erlerntes oder aktuell Erlebtes noch einmal erneut 'durchdacht' und analysiert, um anschließend die Synapsen neu zu sortieren. Die Fähigkeit, Informationen zu verarbeiten und zu behalten, verbessert sich mit regelmäßigen Entspannungsphasen.“

Spitzenkräfte zeigen, dass der BRAC funktioniert

„Eine Studie in den USA zum Verhalten von professionellen Top-Violinisten ergab, dass sie sich intensiv am BRAC orientieren“, erzählt Professor Froböse.

- Sie üben speziell am Vormittag.
- Sie üben in drei Einheiten.
- Jede ihrer Lektion dauert etwa 80 bis 90 Minuten.
- Zwischen zwei Übungseinheiten liegt immer eine Pause.

Auch Sportler wissen, dass sie nach einer ersten Einheit am Morgen immer eine Pause brauchen, bevor es sinnvoll weitergehen kann. Bei der Planung ihres gesamten Trainings werden neben aktiven Phasen auch immer feste Erholungszeiten vorgesehen. Ohne ausreichende Regenerationsmöglichkeit würde die Leistung trotz Training abfallen.

BRAC im normalen Leben

Noch gibt es in unserem Leben Zeitspannen, die intuitiv zu unserem Biorhythmus passen: Schulstunden dauern 45 Minuten, die Vorlesungen an Hochschulen 90 Minuten. Fußballspiele und Fernsehfilme sind ähnlich zeitlich ausgerichtet – sofern es keine Verlängerung oder massig Werbepausen gibt. Für viele sind jedoch Schul- oder Studienzeiten schon lange vorbei. Im Arbeitsalltag werden kleine Leistungstiefs gerne übergangen oder mit Koffein "überlistet".

Auch wenn viele Menschen der Meinung sind, keine Pausen zu brauchen, trifft genau das Gegenteil zu. Sie hindern ihren Körper nicht nur daran, seine Energiespeicher wieder aufzufüllen, sondern schwächen auch seine Fähigkeit, selbst seine rhythmische Ordnung wiederherzustellen – was letztendlich zu Dauerstress führt.

Den Wert der Pause beschreibt Professor Froböse folgendermaßen: „Die Pause schafft Zeit und Raum, um das Erledigte 'nachklingen' zu lassen und sich auf Neues einzustellen oder sich darauf zu freuen. Eine Pause schafft Distanz, ist aber gleichzeitig auch verbindendes Glied einzelner Prozesse. Die Chinesen beschreiben in einem Sprichwort die Pause 'als Zusammenstoß von Vergangenheit und Zukunft'“.

Berechnung des Poincaré-Diagramms aus RR-Intervallen

Das Poincaré-Diagramm ist ein Hilfsmittel, um die Unregelmäßigkeit des Ruhepulses anschaulich darzustellen und Kennwerte seiner Variabilität zu berechnen. Dadurch erübrigt sich der mühsame Umgang mit den unübersichtlichen Zahlenreihen von EKG-Messwerten beziehungsweise von RR-Intervallen.

Aufbauend auf meinen Beitrag über die Berechnung von RR-Intervallen und Herzschlagrate möchte ich die Berechnung des Poincaré-Diagramms für HRV-Interessierte nachvollziehbar machen, die weniger technische Vorbildung mitbringen (zu denen ich auch gehöre).

Das nach dem Mathematiker Henri Poincaré benannte Diagramm ist ganz allgemein betrachtet ein Hilfsmittel, um Dynamik und Selbstähnlichkeit in Phänomenen zu erkennen. Auch Bezeichnungen wie z. B. Poincaré-Plot, Lorenz-Plot, Phasenraumdiagramm, Streudiagramm oder Recurrence-Plot werden verwendet. Sie bedeuten aber im jeweiligen Zusammenhang nicht unbedingt dasselbe. Das Poincaré-Diagramm wird seit 1991 (siehe Raetz SL, Richard CA, Garfinkel A, Harper RM. Fundamental Research Dynamic Characteristics of Cardiac RR Intervals. Sleep. 1991;14(6):526-33) auch zur Beschreibung der Herzratenvariabilität (HRV) verwendet.

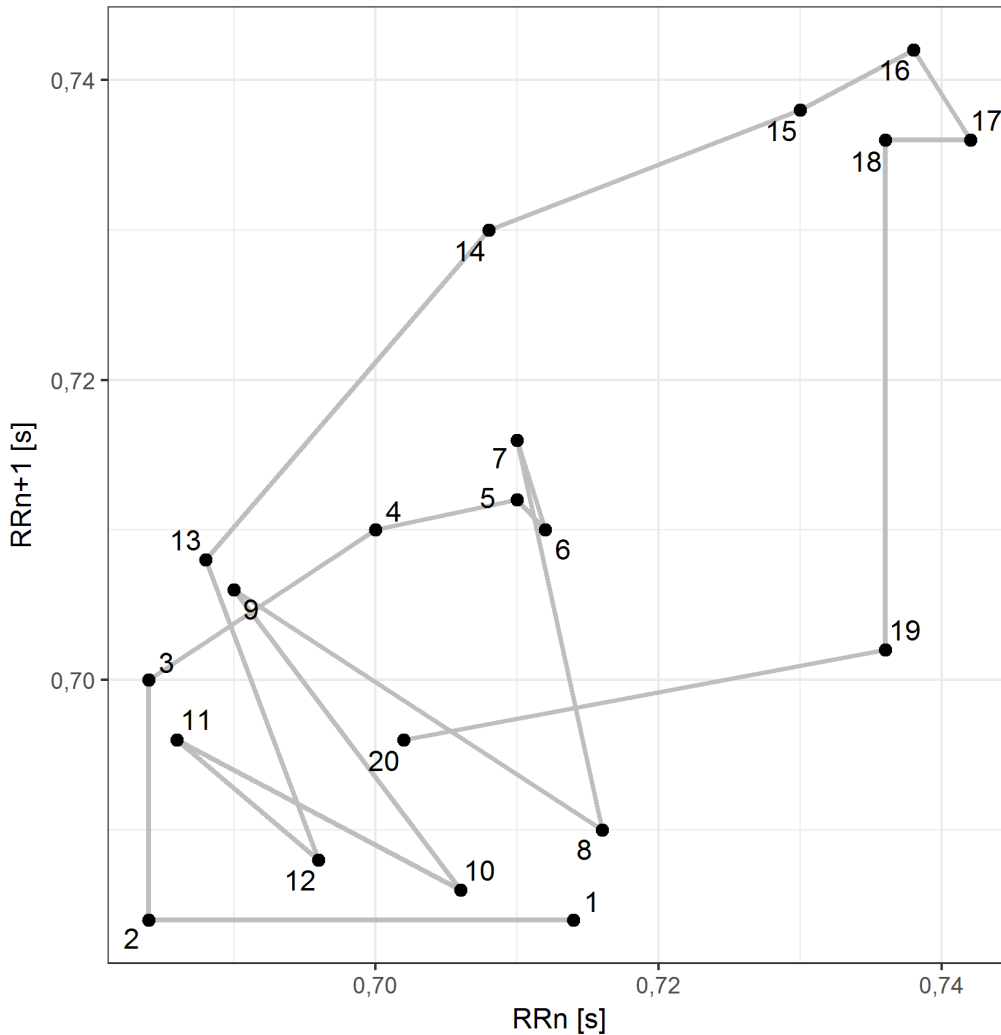
Im Prinzip einfach

Die Idee, wie das Poincaré-Diagramm in seiner zweidimensionalen Form (ja, mehrdimensional ginge auch) bei der HRV-Analyse verwendet wird, ist genial einfach:

- Es werden immer zwei aufeinander folgende RR-Intervalle einander zugeordnet und ins Diagramm eingetragen. Das heißt, dass der Wert eines RR-Intervalls (RR_n) auf der x-Achse und der Wert des nächsten RR-Intervalls (RR_{n+1}) auf der y-Achse gesucht werden und dementsprechend ein Punkt ins Diagramm eingetragen wird.
- Dann wird in der Reihe der RR-Intervalle um ein RR-Intervall weitergegangen und derselbe Vorgang wiederholt, bis alle RR-Intervalle eingetragen sind. Mathematiker formulieren das gerne so: Jedes RR-Intervall wird als Funktion des jeweils vorherigen RR-Intervalls dargestellt.

Um den Aufbau des Diagramms zu veranschaulichen, soll der geschilderte Vorgang im folgenden Schaubild verdeutlicht werden. Die RR-Intervall-Paare dienen als Koordinaten im Diagramm. Die Nummerierung der RR-Intervall-Paare soll helfen, die zeitliche Reihenfolge der RR-Intervalle besser nachvollziehen zu können. Um die Übersicht zu behalten, wird zunächst nur ein Zeit-Ausschnitt von 5 Prozent einer 5 Minuten langen EKG-Messung dargestellt.

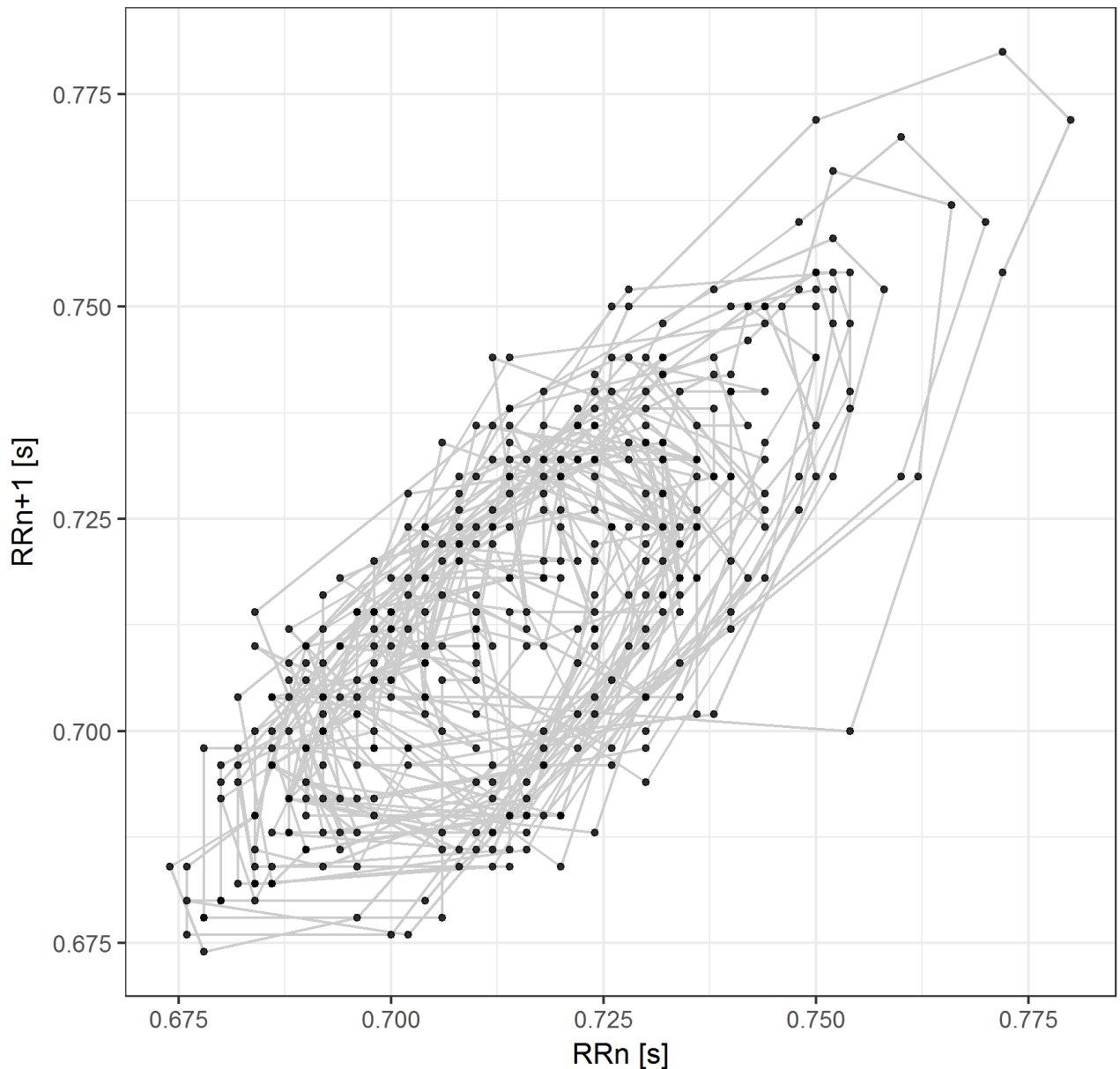
Poincaré-Plot (Ausschnitt der ersten 20 RR-Intervall-Paare)



RRn	RRn+1
1	0,714
2	0,684
3	0,684
4	0,7
5	0,71
6	0,712
7	0,71
8	0,716
9	0,69
10	0,706
11	0,686
12	0,696
13	0,688
14	0,708
15	0,73
16	0,738
17	0,742
18	0,736
19	0,736
20	0,702

Stellt man nun alle EKG-Messwerte einer 5 Minuten dauernden Kurzzeit-HRV-Messung dar, ist nur eine schwarze Punktwolke zu sehen. Der Nachvollzug ist im Detail nicht mehr möglich. Allerdings kann jetzt die Gesamterscheinung der Punktwolke interpretiert werden, sowohl qualitativ (Erscheinungsbild) als auch quantitativ (Kennwerte).

Poincaré-Plot



Das Aussehen beurteilen

Die Form der Punktwolke kann visuell-qualitativ für die Beurteilung der HRV verwendet werden. Dabei werden verschiedene Formen wie z. B. "Zigarre", "Torpedo", "Flügel", "Galaxis", "Komet" oder "kleine runde Scheibe" unterschieden und auf Basis von Studien physiologischen Zuständen zugeordnet.

Ein typisches Poincaré-Diagramm einer gesunden Person ist eine gedehnte, elliptische Punktwolke.

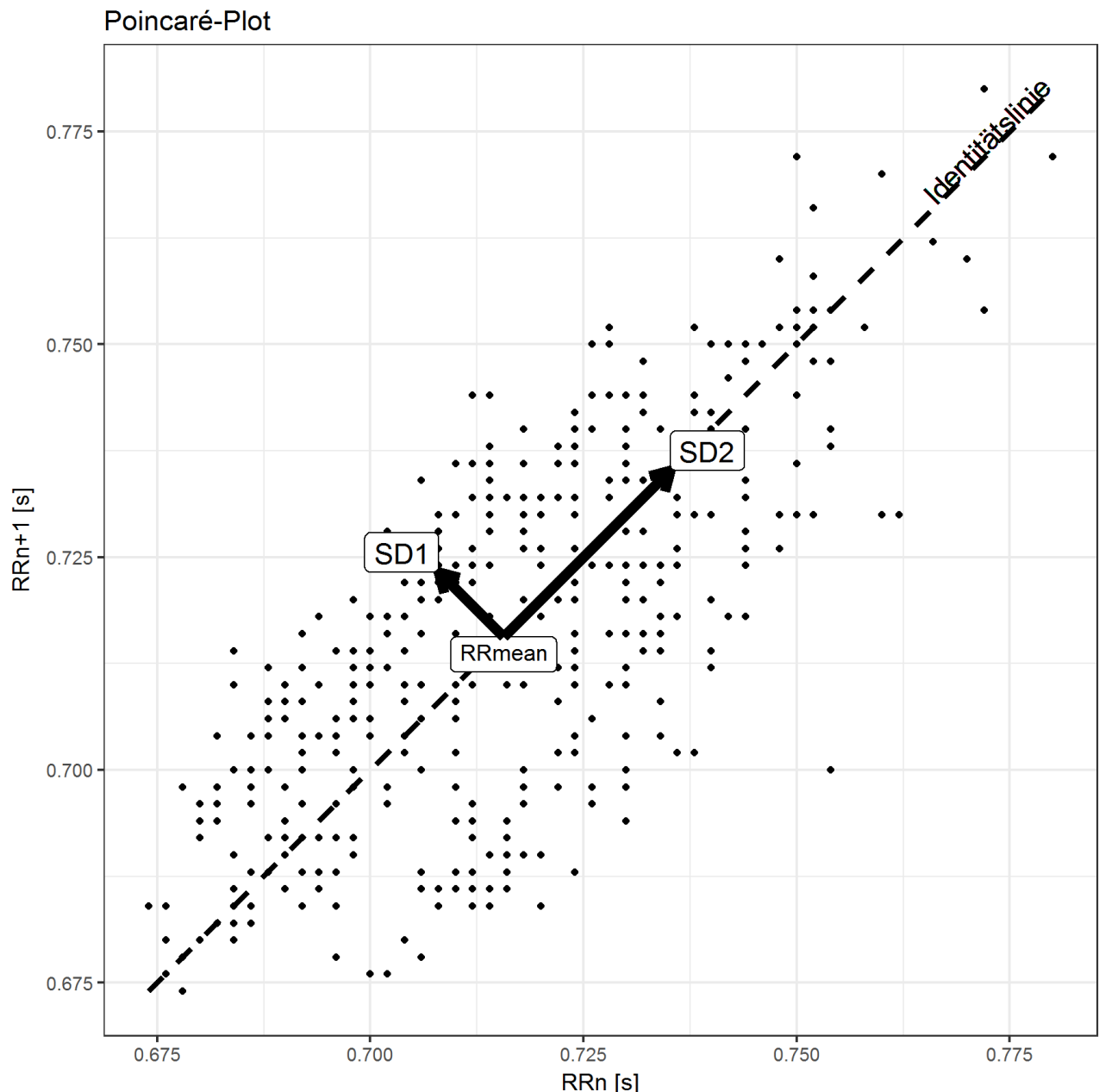
- Schlägt das Herz während der Messung fast immer mit der gleichen Pulsrate und mit geringer Variabilität, dann ergibt sich eher eine kleine Scheibe.
- Ändert sich der Herzschlag gleichmäßig während der Messung innerhalb eines gewissen Bereichs (z. B. zwischen 60 und 80 Schlägen pro Minute) und besteht eine Flügelform führen.
- Je nach Zusammentreffen von anderen Herzschlagcharakteristiken bilden sich andere Formen des Poincaré-Diagramms aus.
- Ungewöhnliche RR-Intervalle, die auf Messfehler oder evtl. Herzfehler beruhen, sind gut zu erkennen, weil sie als “Ausreißer” auffallen.
- Für diagnostische Rückschlüsse ist viel therapeutische Erfahrung notwendig. In meinem Beitrag über die Reaktionsfähigkeit des VNS wird ebenfalls darauf eingegangen.

Die Analyse und Kategorisierung des Aussehens der Poincaré-Diagramme oder des Lorenz-Plots war und ist immer wieder Bestandteil von Forschungsarbeiten. Nach meiner Erfahrung gibt es deswegen viel weiterführende Literatur.

Gerade die schnell erfassbare und leicht unterscheidbare Ausprägung des Poincaré-Diagramms macht es zu einem nützlichen Werkzeug im klinischen Alltag der Kardiologen.

Quantitative Auswertung – Berechnung von SD1 und SD2

Um eine quantitative Auswertung der Punktwolke durchzuführen, wird als häufigste Methode im Wesentlichen die Standardabweichung der Abstände vom Mittelpunkt der Wolke berechnet, jeweils in Richtung der Diagonalen.



Die Gesamtvariabilität kann als Summe dieser zwei Komponenten (SD1 und SD2) verstanden werden. Der Effekt der kurzzeitigen Variabilität wird von SD1 dargestellt, während die Langzeitvariabilität in SD2 steckt. Das bedeutet, dass sich eine allmähliche Änderung des Ruhepulses im SD2-Wert zeigt. Schnelle Änderungen werden im SD1-Wert erkennbar.

Die ermittelten Kennwerte drücken ähnliches wie die HRV-Werte anderer Analysetechniken aus:

- Es ist anschaulich nachvollziehbar (ohne hier selbst den mathematischen Beweis anzuführen, siehe “Reminder: RMSSD and SD1 are Identical Heart Rate Variability Metrics”), dass SD1 und RMSSD dasselbe Phänomen ausdrücken.
- Auch zwischen SD1 und dem HF-Wert besteht ein enger Zusammenhang.
- Zudem ist eine Korrelation des Verhältnisses von SD1 zu SD2 ($SD1/SD2$) mit dem Quotienten der HRV-Parameter LF/HF feststellbar.

Es gibt sehr viel Literatur über das Poincaré-Diagramm beziehungsweise über seine Verwendung. Im Folgenden möchte ich nur ein paar Beispiele aufführen:

- “A Mini-Review, Albert C.-C. Yang, MD”
- “Do Existing Measures of Poincaré Plot Geometry Reflect Nonlinear Features of Heart Rate Variability”
- “Poincaré plot indexes of heart rate variability detect dynamic autonomic modulation during general anesthesia induction”

Ich hoffe, meine Erläuterung des Poincaré-Diagramms ermöglicht auch HRV-Interessierte mit weniger technischer Vorbildung, eine Vorstellung der Zusammenhänge zu entwickeln.

Die Berechnung der wichtigsten HRV-Werte in ähnlich nachvollziehbarer Weise darzustellen, habe ich mir für die Zukunft vorgenommen.

P. S.: Die Beispieldaten wurden mit einem HRV-Scanner (Modell: Professional) des Herstellers BioSign gemessen, exportiert und mit Hilfe der Programmiersprache R von Erich Langenbuch aufbereitet.

RMSSD – der HRV-Wert für die Erholungsfähigkeit

Ein wichtiger und beliebter HRV-Wert ist der RMSSD. Er spiegelt die Erholungsfähigkeit des Körpers wider. Da er sich sehr schnell bestimmen lässt, wird er gerne für die Bewertung der parasympathischen Aktivität herangezogen. Besonders ausschlussreich ist der Vergleich der RMSSD-Werte aus einer RSA- und Kurzzeitmessung. Er lässt Rückschlüsse auf die Stressbelastung zu.

Ich gebe zu, ich habe lange gebraucht, bis mir „RMSSD“ flüssig über die Lippen kam. Dabei ist es der bekannteste und wohl auch bewährteste Wert der Herzratenvariabilität (HRV). Er gilt als Standardmaß für die parasympathische Herzregulation, was nichts anderes bedeutet, als dass sich an seinen Werten ablesen lässt, wie gut der Parasympathikus im Körper für Erholung und Regeneration sorgen kann. Bernd Heiler, Heilpraktiker für Psychotherapie aus München unterstützt mich bei diesem Beitrag mit seinem Wissen aus der Praxis.

Kurze Beschreibung und Einordnung

Die Abkürzung RMSSD steht für *Root Mean Square of Successive Differences*. Aus dem englischen Namen lässt sich bereits entnehmen, dass es sich um einen Wert der Analyse im Zeitbereich handelt. Das bedeutet, dass der RMSSD mit einer mathematischen Formel errechnet wird, mit der die zeitlichen Differenzen zwischen den aufeinanderfolgenden Herzschlägen ausgewertet werden. Anhand der Veränderungen der Herzschlaggeschwindigkeit lässt sich ablesen, wie gut der Körper zwischen Belastung und Entspannung hin und her wechseln kann.

Vergleich zwischen RMSSD und pNN50

Bernd Heiler spricht im Zusammenhang mit den RMSSD auch von Reaktionsfähigkeit. „Der Wert zeigt mir, wie schnell der Körper auf Belastung reagieren kann. In meinen Schulungen mache ich oft den Vergleich mit einer Autobremse. Von ihr hängt ab, wie schnell ein Auto zum Stehen kommt. Der RMSSD zeigt die Zeitspanne an, wie lange es vom Drücken der Bremse braucht, bis sie greift. Ein hoher RMSSD-Wert steht für eine gute Bremskraft. Der Körper kann gut mit dem Wechsel von Belastung und Entspannung umgehen.“ Mit diesem Beispiel lässt sich auch anschaulich der Unterschied zum pNN50 erklären, der ebenfalls als zeitanalytischer Wert über die Veränderlichkeit der Herzfrequenz Auskunft gibt. Er ist der prozentuale Anteil

aufeinanderfolgender RR-Intervalle, die mehr als 50 ms voneinander abweichen. „In unserem Beispiel würde der pNN50 die Qualität der Bremsen beschreiben. Wie hoch ist die Bremskraft und wie gut sind die Bremsbeläge. Der pNN50 ist nachhaltiger, er steht mehr für die generellen Kraftreserven. Erste Verschlechterungen lassen sich an ihm schneller ablesen.“

Vergleichbare HRV-Werte mit ähnlicher Aussage

Die Analyseverfahren liefern nicht nur den RMSSD als Wert, der die Aktivität des Parasympathikus widerspiegelt. Neben dem bereits kurz beschriebenen pNN50 können der High Frequency- (HF) und der SD1-Wert für die Bewertung der parasympathischen Regulationsfähigkeit ebenfalls herangezogen werden.

Der RMSSD in RSA- und Kurzzeitmessung

An dieser Stelle wollen wir für alle HRV-Einsteiger noch einmal kurz erklären, warum sich der RMSSD-Wert bei einer RSA- und Kurzzeitmessung verändert. Bei der Kurzzeitmessung soll während des Messzeitraums ohne Vorgaben (Atemführung) versucht werden, Körper und Geist zu entspannen. Die RSA-Messung hingegen nutzt den Einfluss der Atmung auf das Herz. Mit einem vorgegebenen Atemrhythmus von sechs Atemzügen pro Minute lässt sich die maximale Leistungsfähigkeit des vegetativen Nervensystems feststellen. Beim Einatmen schlägt das Herz schneller und beim Ausatmen verlangsamt es sich wieder. Bei gesunden Menschen ist der RMSSD-Wert bei der RSA-Messung deutlich höher als bei einer Kurzzeitmessung. Der Körper wird durch die Atemvorgabe gefordert und reagiert normalerweise entsprechend.

Aus der Veränderlichkeit Rückschlüsse ziehen

In die Praxis von Bernd Heiler kommen viele Menschen, die über innere Unruhe, häufige Erschöpfung und Schlafstörungen klagen. Bei der Kurzzeitmessung ist der RMSSD-Wert bei diesen Patienten meist erniedrigt. Je nach Stress-Ausmaß fällt er bei der RSA-Messung etwas besser oder gleich schlecht aus. „Die Differenz zwischen den beiden Werten zeigt, wie gut die Regulationsfähigkeit des Körpers ist. Nähern sich die Werte immer weiter aneinander an, bedeutet das, dass der Organismus zunehmend schlechter auf Stress reagieren kann, bis er irgendwann nicht mehr gegensteuern kann; dann ist keine Erholungsfähigkeit mehr vorhanden“, erklärt Bernd Heiler.

Auf eine bestimmte Differenz zwischen den Werten der RSA- und Kurzzeitmessung möchte sich Bernd Heiler nicht festlegen lassen. „Es gibt keine Differenz, von der man

sagen könnte, ab jetzt wird es kritisch. In meiner Praxis erlebe ich immer wieder Patienten, die bei Belastung noch gut gegensteuern können. Das sind Menschen, die sehr viel arbeiten und sich nur wenig bis gar keine Zeit für sich selbst nehmen. Bei RSA-Messung zeigt sich ihr ‚antrainierter‘ Umgang mit Belastung. Da erreichen sie RMSSD-Werte wie beispielsweise 40 ms. In welchen katastrophalen Zustand sie sich bereits befinden, zeigt sich nur bei der Kurzzeitmessung ohne Atemvorgabe. RMSSD-Werte, wie zum Beispiel 8 ms, weisen darauf hin, dass der Körper nicht mehr in der Lage ist, sich ausreichend zu erholen.“

RMSSD in der Langzeitmessung

Pulsuhren und Apps nutzen den RMSSD gerne, weil er sich bereits innerhalb von einer Minute ausreichend bestimmen lässt. Aber auch in Langzeitmessungen bietet er sich zur Beobachtung an. Zunehmend etabliert er sich als aussagekräftiger Wert für die circadiane Rhythmik.

Bei gesunden Menschen sprechen gute Werte am Morgen für eine erholsame Nacht. Im Laufe des Mittags und Nachmittags sinken die Werte, um dann langsam wieder zu steigen, bis sie in der Nacht ihren höchsten Punkt erreichen.

Auch wenn sich im Tages- und Nachverlauf der Einfluss von Sympathikus und Parasympathikus immer wieder abwechseln, bedeutet ein guter RMSSD-Wert, dass der Organismus zu jeder Zeit mit Belastungen gut umgehen kann. Bernd Heiler beschreibt es mit „parasympathischer Widerstandskraft.“

Messerfehler erkennen und vermeiden

Ähnlich wie beim Stressindex wird die Formel für den RMSSD-Wert von den einzelnen HRV-Mess-Systemen unterschiedlich umgesetzt. Bernd Heiler empfiehlt: „Werte nur innerhalb eines Systems vergleichen“.

Auch das Alter spielt beim RMSSD-Wert eine Rolle. Mit den Jahren verändern sich die Werte, sie nehmen stetig ab, sowohl bei der RSA- als auch bei der Kurzzeitmessung. „Bei der Bewertung und den Vergleichen muss also auch das Alter immer einbezogen werden“, rät Bernd Heiler.

Gegen die oft beklagte Anfälligkeit für Artefakte (Ausreißer und Messfehler) hat Bernd Heiler noch einen Tipp: „Ein hoher RMSSD-Wert, eine niedriger Standardabweichung und ein niedriger Variationsquotient sind ein Zeichen dafür, dass etwas nicht stimmt.“

Unfaire Löhne sind Stress für das Herz

Eine ungerechte Bezahlung ist für das Herz genauso schlecht wie Zigarettenrauch, Fast-Food oder Bewegungsmangel. Eine Studie konnte den Zusammenhang mit Hilfe der Herzratenvariabilität aufzeigen. Den Ergebnissen zufolge wirken sich unfaire Löhne unmittelbar auf die Herzaktivität und damit auf die Lebenserwartung aus.

Die Bonner Wirtschaftswissenschaftler Professor Armin Falk und Fabian Kosse vom Institute on Behavior & Inequality (briq) hatten gemeinsam mit einem Team aus Mediziner und Soziologen ein Verhaltensexperiment durchgeführt und die Ergebnisse mit Befragungsdaten verglichen. Sie wollten wissen, ob zwischen unfairem Lohn und Gesundheit ein Zusammenhang besteht.

Simulation von Ungerechtigkeit

Für das Experiment wurden 80 Studenten von der Universität Bonn nach einem Zufallsprinzip in Zweier-Teams, bestehend aus „Chef“ und „Arbeiter“, aufgeteilt. Während sich die Chefs einfach zurücklehnen und entspannen durften, mussten die Arbeiter 25 Minuten lang eintönige Rechenaufgaben lösen. In Tabellen mit lauter Einsen und Nullen sollten sie die Anzahl der Nullen bestimmen. Für jedes richtige Ergebnis gab es drei Euro. Je öfter die Arbeiter auf die richtige Anzahl kamen, desto mehr Geld erwirtschaftete das Team. Die Aufgabe der Chefs war im Anschluss, den Gewinn nach ihren eigenen Fairness-Vorstellungen aufzuteilen.

Durchschnittlich erwirtschafteten die Teams im Experiment 20,93 EUR. Für die Einschätzung einer fairen Bezahlung befragten die Forscher im Vorfeld der Studie 45 männliche Studenten, wie sie das Geld aufteilen würden. Im Schnitt sprachen sie den Arbeitern 13,64 EUR und den Chefs 7,29 EUR zu. Tatsächlich erhielten die Studenten, die fleißig rechnen mussten, von ihrem „vorgesetzten“ Teamkollegen nur 9,53 EUR Lohn. Gemessen an den Angaben für eine faire Bezahlung von den Außenstehenden, waren es 4,11 EUR zu wenig.

Messung der HRV-Änderung

Die Herzratenvariabilität (HRV) wurde bei den Studenten, die rechnen mussten, zweimal gemessen. Einmal zum Ende ihrer Rechentätigkeit und 15 Minuten nach Bekanntgabe der Gewinnaufteilung. Für die Messung der HRV wurde eine Polar-Uhr S810i mit Brustgurt verwendet. Bei diesem Modell (wird nicht mehr hergestellt) war

es möglich, die Rohdaten auszulesen. Die Auswertung wurde mit einer früheren Version der Software Kubios HRV durchgeführt.

Für die Betrachtung der HRV wurde der RMSSD-Wert herangezogen. Er wird gerne in Studien verwendet, weil er sich schnell bestimmen lässt und eine Bewertung der Erholungsfähigkeit ermöglicht. Die Auswertungen beruhten auf den Empfehlungen der Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (ESC/NASPE) von 1996.

Auswirkungen auf die HRV

Die HRV war nach der zweiten Messung erniedrigt. Je stärker die Bezahlung von den als fair erachteten Löhnen abwich, desto ausgeprägter waren die körperlichen Stress-Symptome. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Unfairness unmittelbar auf das autonome Nervensystem auswirkt. Die erlebte Ungerechtigkeit wirkte sich körperlich als schlechtere HRV-Werte aus.

Gesundheitliche Einschätzung bestätigt die HRV-Werte

Die Ergebnisse der HRV-Analyse unter Laborbedingungen wurden mit den Erkenntnissen aus dem Sozio-oekonomischen Panel (SOEP) verglichen. Diese größte und am längsten laufende Langzeitstudie gibt unter anderem Auskunft über Einkommen, Erwerbstätigkeit, Bildung und Gesundheit. Die kurzfristigen Effekte aus dem beschriebenen Laborexperiment decken sich mit den Erkenntnissen aus den langfristigen Erhebungen des SOEP. Auch hier findet sich ein Zusammenhang zwischen gefühlter Lohn-Ungerechtigkeit und dem eigenen Gesundheitszustand. Je häufiger sich Beschäftigte unfair bezahlt fühlten, desto schlechter schätzten sie ihren Gesundheitszustand ein. Eine genauere Analyse zeigte, dass die Betroffenen vor allem häufiger unter Herzkrankheiten litten. Die Wahrscheinlichkeit für ein Herzleiden erhöhte sich unabhängig von Alter und Geschlecht.

Wie groß die negativen Auswirkungen einer als unfair empfundenen Entlohnung auf die Gesundheit sind, wird in der Studie auf den Punkt gebracht: Bis zu zehn Jahre altert der Körper schneller.

Fazit

Eine faire Bezahlung sorgt also nicht nur für soziale Gerechtigkeit und hält die Motivation aufrecht, sondern auch für eine bessere Gesundheit. Nachdenklich muss die Erkenntnis machen, dass schlechte Bezahlung zu einem Teufelskreis führen kann: Der verschlechterte Gesundheitszustand wirkt sich auf die Leistungsfähigkeit aus und

die Chancen, auf dem Arbeitsmarkt wieder Fuß zu fassen, nehmen ab. Und die gefühlte Ungerechtigkeit wird dadurch verstärkt.

Training optimieren mit HRV und Orthostatic-Test

Sportliches Training ist eine Investition, die sich lohnen soll. Jeder will doch eine positive Wirkung erreichen und keine Mühe vergeuden – was aber passieren kann. Darum muss das Training richtig gesteuert werden. Die Kombination von regelmäßigen HRV-Messungen und orthostatischen Tests helfen dabei, die Belastung richtig zu dosieren.

Viel Training bringt nicht immer viel Leistung. Was im Leistungssport gilt, sollte vor allem von ehrgeizigen Freizeitsportlern beachtet werden. Ausdauertraining sollte intelligent angegangen werden, weil sonst die Gefahr besteht, dass trotz des vielen Trainings die Leistung nicht besser, sondern schlechter wird.

Immer mehr und bei jeder Gelegenheit zu trainieren, kann zu einem sogenannten Übertraining führen. Wird zu schnell nacheinander Leistung gefordert, kommt es zu einer Überforderung der Regenerationskräfte. Wer sein Training übertreibt, erreicht also das genaue Gegenteil: Die Leistungsfähigkeit nimmt nicht zu, sondern ab, weil der Bogen von gesunder Ermüdung bis hin zur Überlastung überspannt wird.

Die hohe Kunst der Trainingsplanung ist es, den Trainingseffekt und die Leistungsentwicklung richtig einzuschätzen und dann das richtige Maß für das weitere Training zu finden.

Bei diesem Beitrag über die Optimierung des Leistungsaufbaus in Ausdauersportarten unterstützte mich Professor Dr. Kuno Hottenrott vom Institut für Sportwissenschaft an der Universität in Halle an der Saale. In Deutschland zählt er zu den bekanntesten Experten, wenn es um Herzratenvariabilität (HRV) und Sport geht. Viele Erkenntnisse zur HRV sind seinen Forschungsarbeiten zu verdanken.

Overtraining oder Overreaching – die Trainingswirkung auf Parasympathikus und Sympathikus

Obwohl man beim sportlichen Leistungsvermögen vorrangig an Muskeln und das Herz-Kreislauf-System denkt, will ich auf die Wirkung eines sportlichen Trainings auf das vegetative Nervensystem eingehen.

Wie reagieren Parasympathikus und Sympathikus auf die körperliche Belastung?

Professor Hottenrott erklärt die Zusammenhänge aus Sicht der Sportwissenschaft: „Aus der HRV-Trainingsforschung wissen wir, dass die Aktivität des Parasympathikus nach einem mehrwöchigen moderaten Ausdauertraining steigt. Interessanterweise kann das auch noch der Fall sein, wenn der optimale Trainingseffekt bereits überschritten ist und die körperliche Leistungsfähigkeit wegen Überlastung schon abnimmt. Das Besondere liegt darin, dass sich als Trainingswirkung das positiv nutzbare *Functional Overreaching* (FOR) als auch das eher riskante *Non Functional Overreaching* (NFOR) oder sogar das schädliche Übertraining ergeben kann. Functional Overreaching ist ein Trainingszustand, der kurzfristig zu einer Leistungsminderung, aber nach einer Erholungsphase (eine Woche) zur Leistungssteigerung führt. Ob sich Übertraining oder FOR ergibt, ist abhängig davon, ob rechtzeitig angemessene Erholungsphasen eingeplant werden. Sich für die richtige Veränderung des Trainings zu entscheiden, ist schwierig, weil der Übergang vom FOR bis zum Übertraining fließend ist. Bei Leistungssportlern lassen sich FOR, NFOR und Übertraining wegen der hohen Aktivität des Parasympathikus nur schwer voneinander abgrenzen. Zur besseren Unterscheidung kann der modifizierte Orthostatic-Test mit HRV-Messung genutzt werden.“

Der Orthostatic-Test

Um den Ermüdungs- und Regenerationsstand für das weitere Training sicher bewerten zu können, reicht es nicht, nur alleine nach der HRV zu schauen. „Ein Test ist erforderlich, der Herzfrequenz und HRV-Parameter sensibel erfasst“, erklärt Professor Hottenrott. Nach derzeitigem Erkenntnisstand scheint dies mit dem von ihm veränderten orthostatischen Test beziehungsweise mit den Lagewechsel-Test möglich zu sein.

Beim Orthostatic-Test können sind zwei Anwendungsbereiche zu unterscheiden:

- In der Medizin ist der Test auch als Schellong-Test bekannt. Mit ihm lässt sich klären, ob hinter Schwindel- und Ohnmachtsfällen ein Herz-Kreislauf-Versagen steckt. Das Hauptaugenmerk ist hier auf den Verlauf von Herzfrequenz und Blutdruck gerichtet.
- Im Sport ist von Interesse, wie die Herzfrequenz und die HRV auf den Lagewechsel reagieren. Je nachdem wie das Niveau im Liegen und anschließend im Stehen ausfällt, kann bereits ein geschulter Blick erfassen, welche Wirkung ein Training ausgelöst hat.

Die Durchführung des Orthostatic-Tests ist denkbar einfach: Etwa drei bis fünf Minuten wird im Liegen gemessen und dann die gleiche Zeit noch einmal im Stehen. Aussagekräftig werden die Test-Ergebnisse erst, wenn er mehre Tage hintereinander unter immer gleichen Bedingungen durchgeführt wurde. „Am besten ist es, wenn man den Test morgens vor dem Frühstück durchführt und immer für ähnliche Voraussetzungen sorgt“, empfiehlt Professor Hottenrott. „Nach etwa sieben Tagen lässt sich der individuelle Durchschnittswert, die sogenannte Baseline, ermitteln, worauf man dann seinen Trainingsplan aufbauen kann.“

Der Orthostatic-Test lässt sich prinzipiell mit allen HRV-Profi-Geräten (beispielsweise dem Liegen/Stehen-Test beim BioSign HRV-Scanner oder dem Produkt VNS Analyse Orthostase) und mit hochwertigen Pulsuhren durchführen. Laut Professor Hottenrott ist der *Orthostatic-Test mit Auswertungsfunktion* bisher nur in wenigen Systemen anwenderfreundlich integriert, wie z. B. im Messgerät V800 von Polar (Support-Seite). Die Erfordernisse für die Testdurchführung sind: Bewegungsfreiheit für den Wechsel vom Liegen zum Stehen und die Darstellung des HRV- und Herzfrequenzverlauf für die Bewertung.

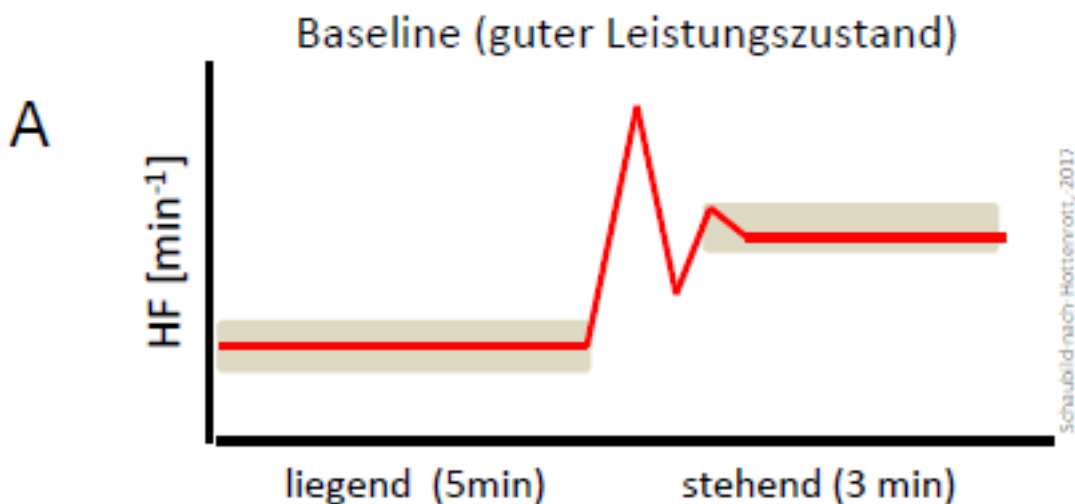
RMSSD und Herzfrequenz als Trainings-Coach

Der RMSSD-Wert ist am aussagekräftigsten, wenn es um den Erholungszustand des Körpers geht. Mit ihm lässt sich zeigen, welche Auswirkungen ein Training auf den Parasympathikus hat. Sein Verlauf in einem Orthostatic-Test ermöglicht zusammen mit der Veränderung der Herzfrequenz eine sichere Bewertung des aktuellen Ermüdungs- und Regenerationszustand.

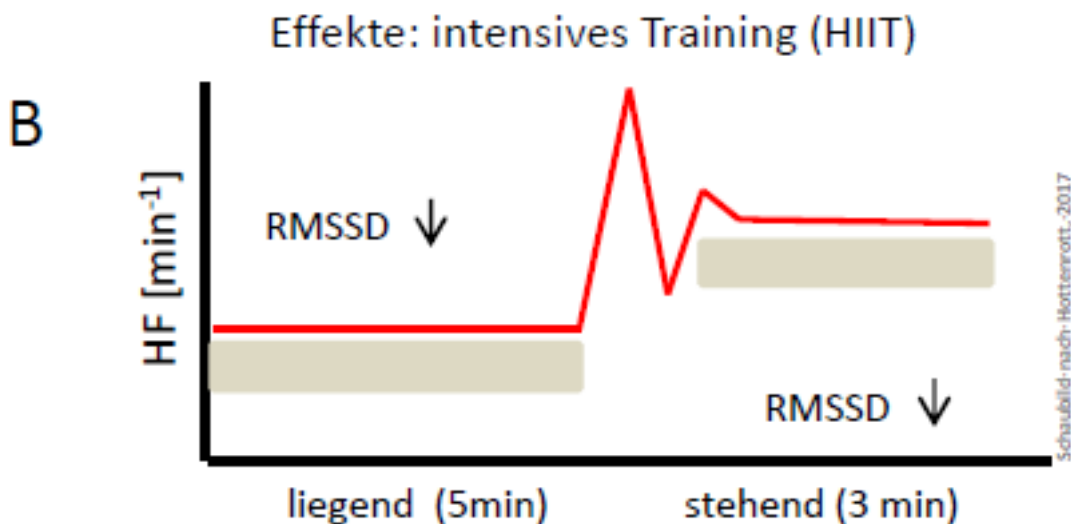
Was sich aus den Veränderungen von Herzfrequenz und RMSSD-Wert herauslesen lässt, hat Professor Hottenrott durch mehrjährige Forschungen entwickelt und in

einer Abbildung VI-3 auf Seite 418 aus dem *Handbuch Trainingswissenschaft – Trainingslehre* zusammengefasst:

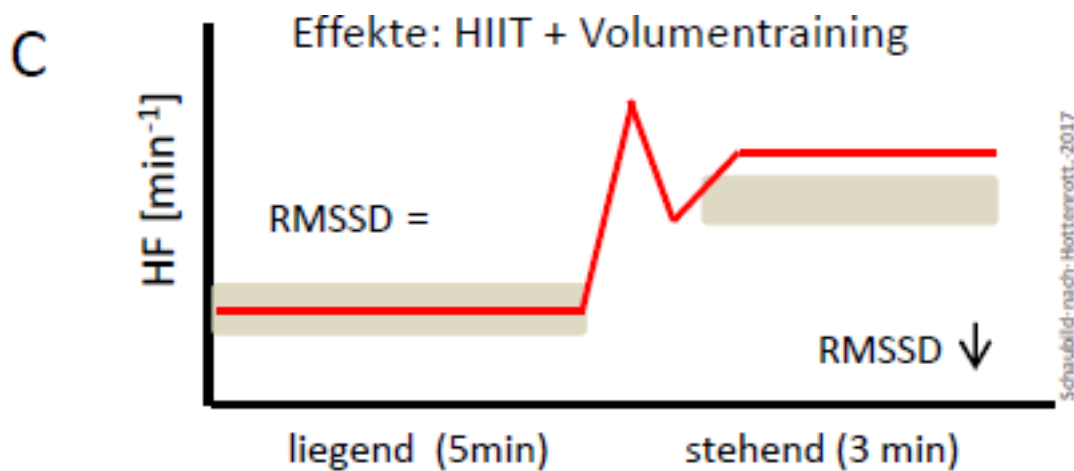
- „Bei einem gesunden, ausdauertrainierten und leistungsfähigen Athleten ist die Herzfrequenz in liegender Position niedrig und steigt rasch während des aktiven Aufstehens an (A). Anschließend führt der Körper eine Gegenregulation aus. Bei hoher Kreislaufstabilität bleibt die Herzfrequenz im Stehen höher als im Liegen. Und beim RMSSD-Wert zeigt sich im Stehen eine drei- bis vierfache Abnahme zu den hohen Ausgangswerten im Liegen.“



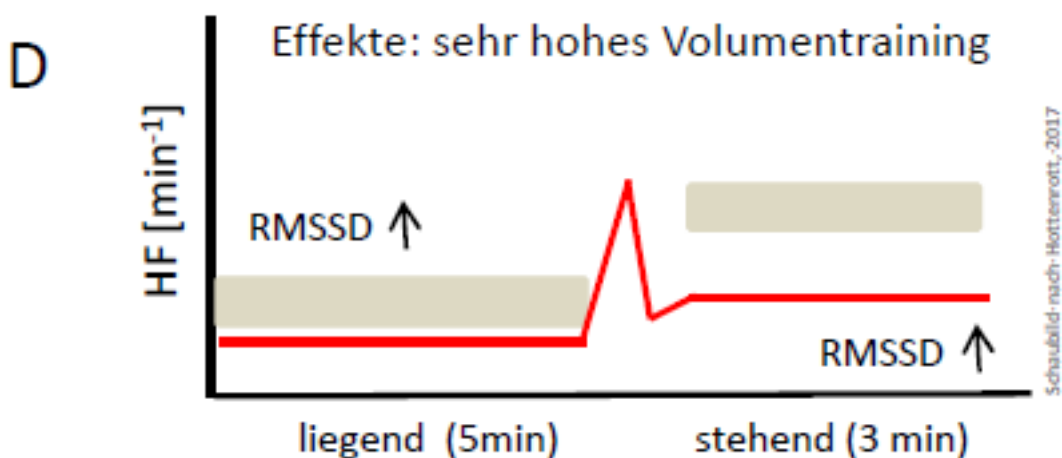
- Hoch-intensives Training, über mehrere Tage durchgeführt, kann eine verstärkte sympathische Regulation auslösen, was zu einem Anstieg der Herzfrequenz, also eine Verringerung der parasympathischen Aktivität im Liegen und Stehen führt (B).



- Ein hohes Volumentraining kombiniert mit hoch-intensiven Trainingseinheiten über mehrere Tage äußert sich meist in einem Anstieg der Herzfrequenz im Stehen. Der Unterschied zwischen Herzfrequenz im Liegen und Stehen vergrößert sich (C).



- Wird das intensive Training über ein bis zwei Wochen weiter fortgesetzt, kann das negative Veränderungen auslösen (D): Sie zeigen sich in einer niedrigen Herzfrequenz im Liegen und Stehen sowie fehlende Gegenregulation während des aktiven Aufstehens. Wird das Volumentraining ohne Entlastungsphase fortgeführt, kann es zu einem parasympathischen Übertrainingszustand kommen. Aufgrund der hohen Aktivität des Parasympathikus gibt es fast keine Unterschiede zwischen den beiden Positionen.“



Unser Fazit

Wer genau das richtige Maß für sein Training finden möchte, für den lohnt sich die tägliche Messung der Herzfrequenz und des RMSSD-Wertes mit dem Orthostatic-Test. Das Risiko, den Körper mit sportlichen Aktivitäten zu überfordern, lässt sich dadurch reduzieren. Bei dem einfach durchzuführenden Test fließen nicht nur die Wirkungen des Trainings ein, sondern die Summe aller Reize, die auf dem Körper wirken, wie Schlafmangel, Stress oder Krankheiten (Infekte). Damit ist ein Fein-Tuning des Trainings möglich.

Abtastrate beeinflusst HRV-Werte

Die Genauigkeit der HRV-Werte ist davon abhängig, wie die Messung vorgenommen wird, also welcher Sensor mit welchen technischen Fähigkeiten für die Herzfrequenz-Erfassung zum Einsatz kommt. Die System-Palette fängt bei verschiedenen EKG-Ausführungen an, geht über unterschiedliche Brustgurt-Modelle und endet bei Ohr-Clips oder auch Smartphone-Kameras. Um zu verstehen, was den wesentlichen Unterschied bei der Erfassung des auszuwertenden Signals ausmacht, muss man sich mit dem Messverfahren und letztendlich mit der Abtastrate vertraut machen.

Wenn man sich mit Herstellern von Messsystemen zur HRV- oder VNS-Analyse unterhält, dann wird gerne die Abtastrate (engl.: Sampling-Rate) hervorgehoben. Argumentiert wird: „Je höher die Abtastrate ist, desto genauer und aussagekräftiger fallen die Werte der Herzratenvariabilität (HRV) aus“. Von einigen Experten und Gesellschaften liest man, dass eine Abtastrate von 1000 Hertz (Hz) die Mindestanforderung sei. Teilweise verwenden Gerätehersteller EKG-System-ähnliche Elektroden, teilweise werden Brustgurte oder Ohr-Clips verwendet. In diesem Beitrag möchte ich der Frage nachgehen: Welchen Einfluss hat die Abtastrate auf die Verlässlichkeit der HRV-Werte?

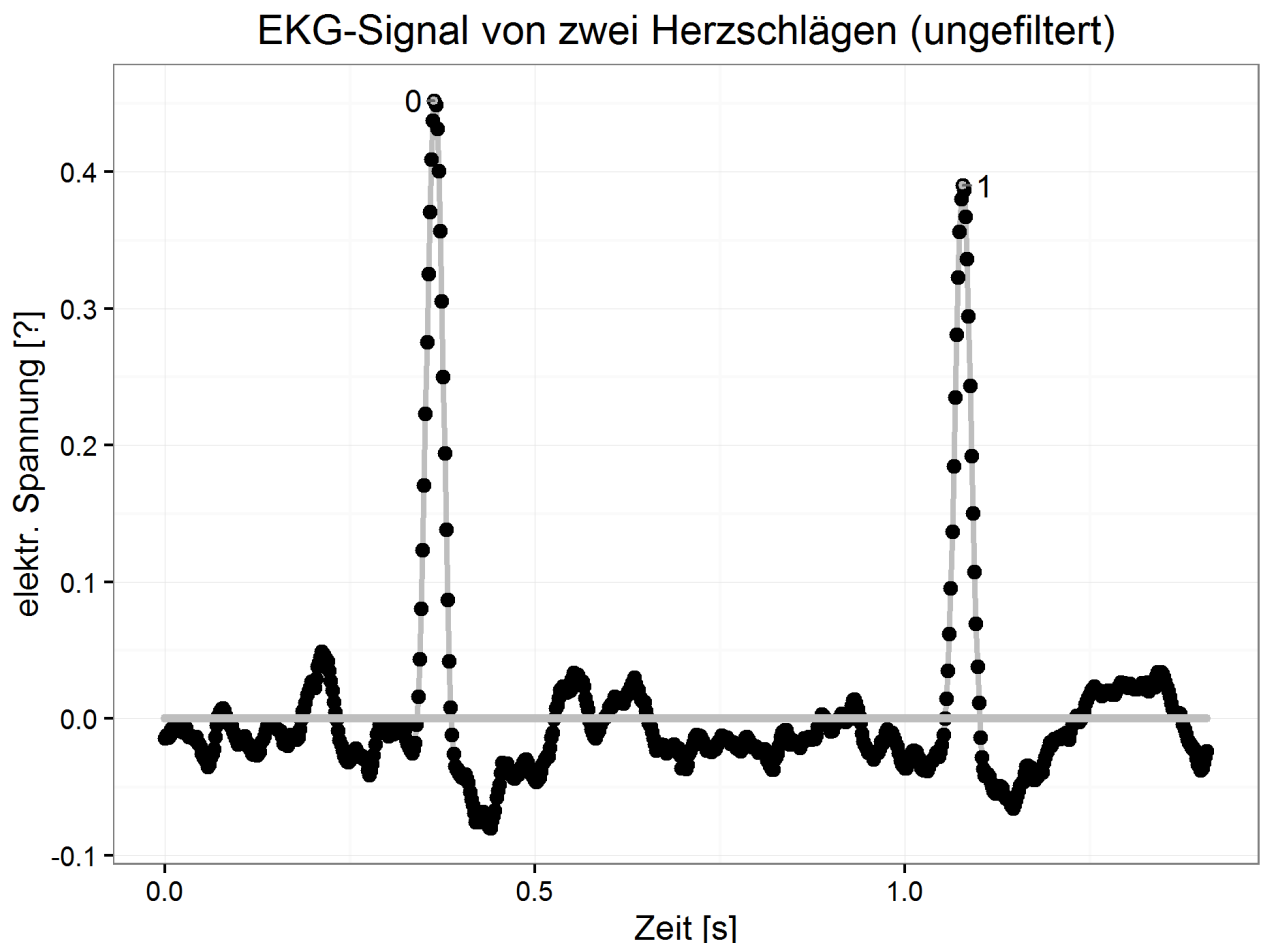
Was ist die Abtastrate?

Grob betrachtet geht es bei einer Messung der HRV darum, die Zeitabstände zwischen den einzelnen Herzschlägen zu messen. Der feine Unterschied ist, wie genau das geschieht. Die Abtastrate in den verwendeten Sensoren bzw. Systemen gibt darüber Auskunft, wie oft pro Sekunde ein Messsignal gespeichert wird.

Die Abtastrate drückt aus, wie oft ein Messvorgang pro Sekunde wiederholt wird, und wird mit der Einheit Hertz (Hz) angegeben. Beträgt die Abtastrate beispielsweise 500 Hz, dann wird 500 Mal pro Sekunde im zeitlichen Abstand von 2 Millisekunden ein Messwert als Grundlage zur Auswertung des Herzschlags aufgezeichnet.

Die Verbindung der einzelnen Messwerte ergibt dann die typische EKG-Linie. Je höher die Abtastrate, umso genauer fällt das Ergebnis aus. Wird alle ein bis zwei Millisekunden (Tausendstel-Sekunden) gemessen, kann nichts verloren gehen oder übersehen werden. Die R-Zacken werden punktgenau erfasst. Auch sogenannte Ausreißer fließen in die Aufzeichnung mit ein. Bei weniger Messwerten müssten Abschnitte überbrückt werden, was zu Ungenauigkeiten führen kann.

Das folgende Schaubild stellt beispielhaft dar, dass die digitale Messung des EKG-Signals zu einer Reihe von Messwerten führt, die hier als schwarze Punkte dargestellt werden. Die grauen Verbindungslinien dienen nur als gedankliches Hilfsmittel zum leichteren Verständnis des Messwerteverlaufs:



Kleine EKG-Kurvenkunde

Für alle, die nicht zu 100 Prozent mit der Berg- und Talfahrt der EKG-Kurve vertraut sind, hier noch mal schnell eine kleine Kurvenkunde. Der durch das Herz wandernde elektrische Impuls wird in der EKG-Kurve aufgezeichnet. Das Erregungsleitungssystem beginnt mit der Erregung der Vorhöfe, die P-Welle. Nach der Überleitungszeit folgt der QRS-Komplex (Kammererregung). Wegen der herausstechenden Auf- und Abwärtsbewegung lässt sich die spitze R-Zacke im Diagramm meist am deutlichsten erkennen. Auf den QRS-Komplex folgt die T-Welle, die erregten Herz-Zellen kehren wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurück.

Zur Vertiefung des Themas EKG empfehle ich das Buch *Der EKG-Knacker* (Das Notfall-EKG-Buch). Es bietet einen guten Überblick und prägnante Darstellungen.

Auswirkungen einer hohen und niedrigen Abtastrate

EKG-Geräte funktionieren im Prinzip so: Sie messen die elektrische Spannung zwischen den auf der Haut angebrachten Elektroden. Geräte, die 1000 Messwerten pro Sekunde bereitstellen, sind hier sehr verbreitet. Diese sogenannte Abtastrate erlaubt eine vergleichbare Darstellung des EKG-Signals, wie sie früher mit Papierstreifen und Tinte erstellt wurde. Für den Arzt oder Therapeuten ist völlig transparent, wie der Herzschlag verläuft.

EKG-Geräte können also wegen einer hohen Abtastrate viele Messwerte pro Sekunde aufzeichnen. Sie messen punktgenau von R-Zacke zu R-Zacke, also mit einer relativ geringen Unsicherheit bei der Bestimmung des Maximums der R-Zacke. Der QRS-Komplex lässt sich deutlich in der aufgezeichneten Kurve ablesen. Mediziner sprechen von Peak-to-Peak-Messung.

Eine hohe Abtastrate ermöglicht, dass „falsche“ Schläge, sogenannte Artefakte, erkannt werden. Sie beeinflussen vor allem die HRV-Werte der Auswertungen im Frequenzbereich, wie z. B. Low Frequency (LF) und High Frequency (HF), aber auch der RMSSD-Wert wird je nach Artefakt stark verfälscht. Was bei Langzeitmessungen nicht von allzu großer Bedeutung ist, wenn nur kurze Abschnitte betroffen sind und der Artefakte-Anteil gering ist, kann bei Kurzzeitmessungen zu inakzeptabel verfälschten Ergebnissen führen.

Bei einer geringen Abtastrate werden im Extremfall irgendwo zwischen P- und T-Welle Messwerte aufgezeichnet. Bei der Beat-to-Beat-Messung wird dann keine exakte Bestimmung der R-Zacke ermöglicht. Veränderungen der Höhe und Länge von einem Herzschlag zum anderen gehen verloren. In der EKG-Kurve werden aus Spitzen oder Zacken eher Plateaus, die mit ihrer Breite die zeitliche Unschärfe der Abtastrate erkennen lassen. Die sich ergebende Ungenauigkeit bei der Bestimmung der RR-Intervalle wirkt sich unmittelbar auf die Qualität der HRV-Werte aus, indem sich z. B. eine scheinbar höhere Variabilität ergibt.

Man kann sich vorstellen, dass es bei einer zu kleinen Abtastrate vor allem bei einer höheren Herzfrequenz, z. B. beim Sport, zu noch größeren Ungenauigkeiten kommt. Weil die Abtastrate konstant bleibt, der Abstand der R-Zacken (RR-Intervall) aber mit steigender Herzfrequenz kleiner wird, nimmt der relative Fehler bei der RR-Intervall-Messung zu. Da für die HRV-Messungen normalerweise der Ruhepuls gemessen wird, ist dort dieser Effekt zu vernachlässigen.

Auswirkung der Abtastrate auf die HRV-Werte

Eine niedrige Abtastrate wirkt sich auf die HRV-Werte aus den Zeitbereichsauswertungen, wie z. B. SDRR (Gesamtvariabilität) oder RMSSD, weniger aus als auf die HRV-Werte aus dem Frequenzbereichsverfahren, wie z. B. HF und LF. Für die Unterscheidung von Einflussfaktoren auf die HRV-Werte ist eine geeignet hohe Abtastrate notwendig. Ansonsten ist es nicht möglich, andere Einflussfaktoren auf die HRV-Wertebestimmung, wie z. B. Alter und Gesundheitszustand, zu trennen. Im Buch Herzschlagvariabilität: Frühwarnsystem, Stress und Fitnessindikator habe ich hierzu eine interessante Gegenüberstellung gefunden.

Wie der Vergleich der folgenden Tabellen zeigt, leiden HRV-Werte von jungen und gesunden Menschen weniger unter einer niedrigen Abtastrate als die von älteren und kranken Personen.

Herzratenvariabilität eines 20-jährigen untrainierten gesunden Menschen:

Frequenz	Total	VLF	LF	HF	LF/HF	SDRR	RMSSD
500 Hz	803,6	169,30	192,07	442,25	0,434	35,62	31,03
256 Hz	808,5	173,53	192,32	442,62	0,435	35,67	31,09
125 Hz	809,0	164,97	198,05	445,93	0,444	35,74	31,20
62 Hz	812,2	171,58	196,00	444,57	0,441	36,16	31,71
31 Hz	816,6	177,21	203,39	437,99	0,464	36,83	33,64

(Quelle: Herzschlagvariabilität: Frühwarnsystem, Stress und Fitnessindikator, Tabelle 6, Seite 151, Autoren Werner und Ralf Arne Wittling)

Ergebnisse einer 75-jährigen Frau mit stark eingeschränkter HRV nach einem Herzinfarkt:

Frequenz	Total	VLF	LF	HF	LF/HF	SDRR	RMSSD
500 Hz	25,1	18,19	3,74	3,17	1,181	6,23	4,91
256 Hz	24,3	17,45	3,75	3,10	1,207	6,23	4,98
125 Hz	28,3	19,63	4,66	4,03	1,155	6,66	6,19
62 Hz	40,7	24,55	7,00	9,09	0,771	7,80	8,06
31 Hz	64,1	21,58	23,19	19,28	1,203	10,92	12,66

(Quelle: Herzschlagvariabilität: Frühwarnsystem, Stress und Fitnessindikator, Tabelle 7, Seite 151, Autoren Werner und Ralf Arne Wittling)

Wie genau messen Brustgurte?

Anfangs erwähnte ich, dass es Analysesysteme gibt, die ihre HRV-Messungen mit Brustgurtsensoren vornehmen. Vor allem beim Sport und für regelmäßige Anwender ist diese Art der Messdatenerfassung besonders praktisch, weil man nicht auf ein EKG-System im Labor angewiesen ist. Die Genauigkeit hängt von der Art und Weise ab, wie der Brustgurt arbeitet.

Die eher preisgünstigen Brustgurte sind für eine akzeptable Messung der Herzfrequenz (Pulsrate) konstruiert. Das reicht aus, wenn man seinen Herzschlag bei Herz-Kreislauf-Trainings überwachen will. Für eine Auswertung der HRV können sie ungeeignet sein.

Es gibt jedoch Brustgurte, die in der Erfassung der Pulsfrequenz sogar mit einer für medizinische Zwecke zulässigen EKG-Messung mithalten können. Dabei gibt es noch Unterschiede hinsichtlich der verfügbaren Rohdaten:

- Manche Brustgurte berechnen die RR-Intervalle aus den abgetasteten Spannungsmesswerten und übertragen nur die Herzratenwerte an das Analysesystem (PC oder auch Smartphone). Welche Abtastraten die Brustgurte intern verwenden, wird nach meinem Eindruck von den Herstellern nicht offengelegt. Lediglich über Vergleiche von Ergebnissen mit Referenzsystemen, wie z. B. EKG-Geräte, lassen sich Rückschlüsse auf die Genauigkeit von Brustgurten ziehen. Guten Brustgurten wird dann attestiert, dass sie EKG-tauglich seien. Die mir bekannten Anbieter von HRV-Analyse-Systemen (vnsanalyse, ambiotex, VARILYTIC) machen die Angabe, dass sie mit Brustgurt-Sensoren arbeiten, die eine zeitliche Auflösung von 1 ms gewährleisten. Dies entspricht einer Abtastrate von 1000 Hz.

Eine Einschränkung ist bei dieser Vorverarbeitung in der elektronischen Komponente des Brustgurts, dass das Zustandekommen der gemessenen Herzrate für Therapeuten nicht durchschaubar ist. Falsche Werte aufgrund von Störungen können nicht unterschieden werden und werden evtl. von Interpolationsverfahren glattgezogen. Mit etwas Erfahrung können aber beeinträchtigte Messungen erkannt werden.

Es gibt wenige Brustgurte, die nicht nur die errechnete Herzrate beziehungsweise RR-Intervalle, sondern ähnlich einem EKG-Gerät die einzelnen Messwerte (Rohdaten) übertragen. Aus eigener Erfahrung kenne ich den Vitalmonitor, bei dem eine Abtastrate von 500 Hz verwendet wird. Außerdem gibt es ein (mir seither

unbekanntes) Produkt von BioSign, das in diese Kategorie gehört. Die Übertragung der Rohdaten hat für den Anwender den unschätzbaren Wert, dass er die Qualität der Messung schon gleich am Anfang bei der Erfassung der Messwerte visuell beurteilen kann. Der Effekt „Garbage in – Garbage out“ lässt sich so leichter vermeiden. Zudem bietet das auch, zumindest prinzipiell, für Therapeuten die Möglichkeit, einen Blick auf das EKG-Signal zu werfen und nicht nur Herzraten und HRV zu beurteilen.

Es gibt übrigens eine Studie, die die Genauigkeit eines Brustgurts mit einem EKG-Gerät vergleicht – mit dem erstaunlichen Ergebnis, dass (zumindest im Jahr 2010) ein Brustgurt einem EKG-Gerät im Einzelfall überlegen sein kann.

HRV-Messung ohne Elektroden oder Brustgurte

Auf die Haut geklebte Elektroden oder um den Brustkorb geschnallte Gurte sind zwar zuverlässig für die Messdatenerfassung – aber bequem sind sie nicht. Auch Ohr-Clips sind nicht bequem, schon eher ein Sportkopfhörer. Wesentlich freier fühlt man sich mit Pulsuhren ohne Brustgurte. Als Activity-Tracker und als Feedback-Geber bei der Umstellung des Lebenswandels sind sie bestimmt gut geeignet. Allerdings haben sie meines Wissens immer noch nicht die für HRV-Auswertungen erforderliche Messgenauigkeit und sind anfälliger für Handhabungsfehler, die zu Artefakten führen.

Bei der Messung mit Elektroden auf der Haut – geklebt oder mit Brustgurt angepresst – werden sozusagen die Reste der elektrischen Signale der Herzmuskelreizung an der Körperoberfläche gemessen. Misst man die Herzfrequenz mit einem Ohr-Clip, mit einem Sportkopfhörer oder mit Pulsuhren, die einen optischen Sensor auf der Unterseite haben, wird die Intensitätsschwankung des vom Hautgewebe reflektierten Lichts gemessen. Diese Intensitätsschwankungen werden von der sogenannten Pulswelle der Blutströmung in den Kapillaren des Hautgewebes hervorgerufen.

Die Bestimmung der momentanen Herzrate über dieses optische Verfahren ist für die Belastungskontrolle beim Sport geeignet. Auch für Biofeedback-Übungen und Stress-Einschätzungen unter Ausnutzung der RSA reicht es aus. Aber hinsichtlich der Genauigkeit sind seine Grenzen schnell erreicht, wie beispielsweise bei einem Test aufgezeigt wurde.

Bei den Verfahren ohne Verwendung eines Brustgurts bzw. ohne Hautelektroden ist die Abtastrate nicht der maßgebende Genauigkeitseinfluss, wenn sie hoch genug gewählt wird (z. B. 500 Hz). Einer EKG-Genauigkeit kommt man damit verfahrensbedingt nicht nahe. Aber für Entspannungsübungen, Stressmanagement

und zur Therapiebegleitung können solche Systeme, wie z. B. der Stresspilot, durchaus geeignet sein.

Fazit: Welche Abtastrate ist sinnvoll?

Ein guter Kompromiss ist eine Abtastrate von 500 Hz. Damit ist die Genauigkeit der Abtastung ausreichend für aussagekräftige HRV-Werte. Höhere Abtastfrequenzen wie z. B. 1000 bis 8000 Hz verbessern die Messgenauigkeit weiter, der Zugewinn ist aber in Bezug auf HRV-Ergebnisse zu vernachlässigen. Außerdem verdoppelt bzw. vervielfacht sich die Datenmenge, die bearbeitet und eventuell auch online verschickt werden muss.

Traditionelle Chinesische Medizin im HRV-Test

Raus aus der Stressfalle – aber wie? Mit Akupunktur und Qi Gong könnte es klappen, wie erste Ergebnisse einer noch laufenden Langzeituntersuchung andeuten. Die Wirksamkeit der Behandlung wird auch mit Hilfe der Herzratenvariabilität überprüft.

In der iTCM-Klinik Illertal in Illertissen wird in einer klinisch-wissenschaftlichen Langzeitbeobachtung untersucht, ob sich mit Methoden der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) die Auswirkung von chronischem Stress nachhaltig behandeln lässt. Erste Trends zeigen: Mit Akupunktur und Qi Gong kann der Stresslevel nachweisbar gesenkt und die Anzeichen von chronischem Stress verringert werden.

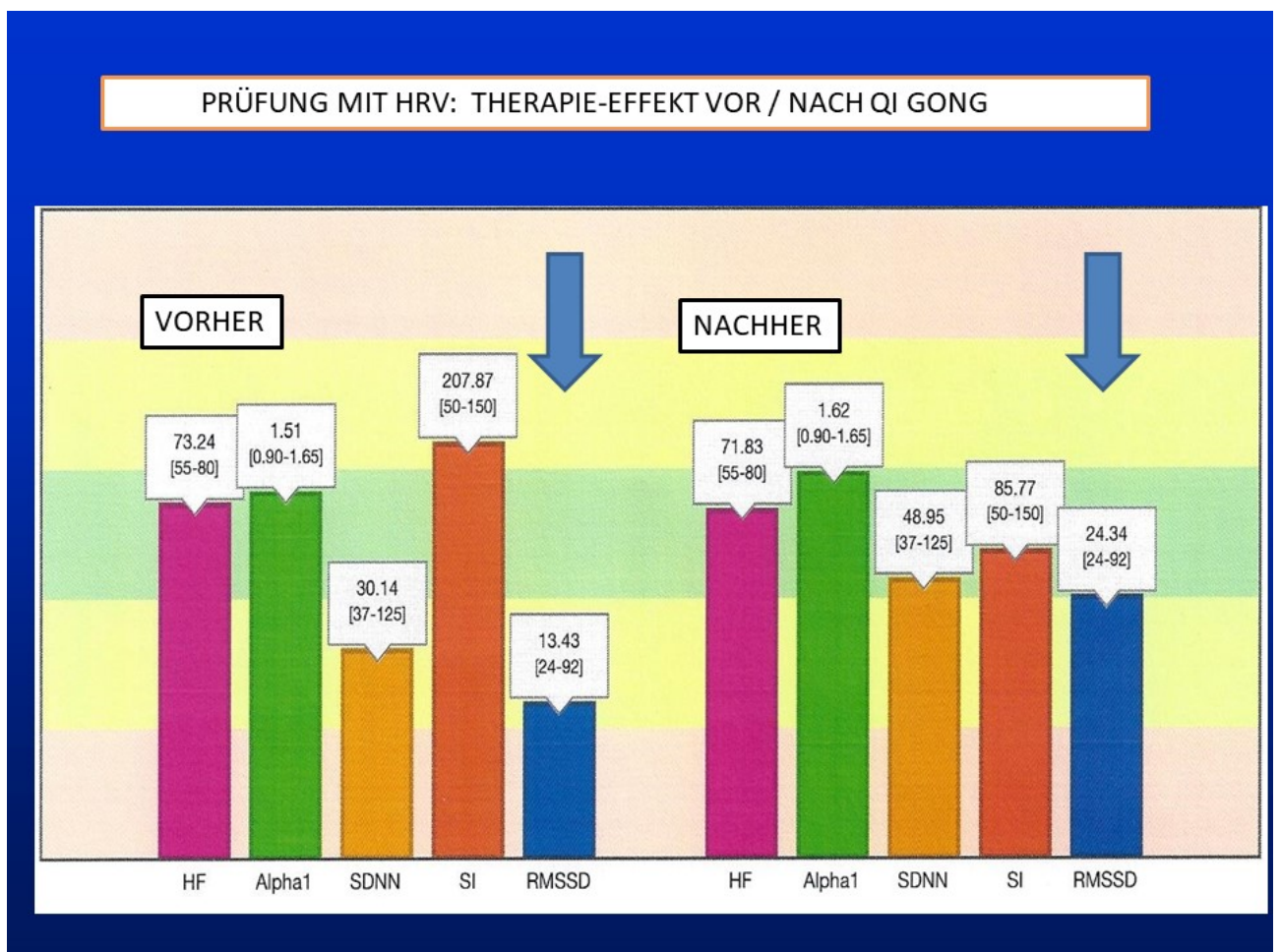
Die Eckdaten einer Langzeitbeobachtung

Die Teilnehmer für die Langzeitbeobachtung wiesen die typischen Symptome einer chronischen Stressbelastung auf, wie z. B. Schlafstörungen, Libido-Verlust, innere Unruhe, Antriebslosigkeit, Kopf- und Rückenschmerzen sowie neu aufgetretene Aggressivität oder Vergesslichkeit.

Zu Beginn mussten die Teilnehmer neun Stress-Fragebögen ausfüllen. Außerdem wurden sie gründlich mit internistischer Labordiagnostik und kardiologischer Diagnostik untersucht, um stressbedingte Folgeerscheinungen, wie z. B. Bluthochdruck und andere Stressanzeichen, quantitativ zu erfassen.

Eine 24-Stunden-HRV-Langzeitmessung war Bestandteil zu Beginn und am Ende der Therapiephase. Für die Auswertung war Professor Max Moser der Kooperationspartner. Er ist Professor für Physiologie an der Medizinischen Universität Graz sowie Institutsleiter am Institut für Gesundheitstechnologie und Präventionsforschung, HUMAN RESEARCH Weiz.

Vor und nach der Akupunktur-Behandlung und den Qi Gong-Einheiten wurden HRV-Messungen mit dem System vnsanalyse vorgenommen. Zusätzlich wurden weitere stressrelevante diagnostische Untersuchungen (z. B. Cortisol im Speichel) durchgeführt, um Veränderungen aufgrund der Behandlungen festzustellen. Folgende Darstellung illustriert den Vorher-Nachher-Therapie-Effekt einer Qi Gong-Einheit:



Die Beobachtung der Teilnehmer erstreckte sich über einen Zeitraum von vier Monaten. Während des vierwöchigen Aufenthalts in der iTCM-Klinik Illertal erhielten die Teilnehmer täglich Akupunktur, Qi Gong und Kräutermedizin, in den folgenden 12 Wochen nur noch einmal wöchentlich.

Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit

Chefarzt Dr. med. Wolfgang Pflederer führt die klinisch-wissenschaftliche Langzeitbeobachtung an der iTCM-Klinik Illertal durch. „Einige Ergebnisse sind wirklich erstaunlich. Gerade die positive Wirkung von Akupunktur hätte ich so in diesem Umfang nicht erwartet. Schließlich müssten Nadeln für den Körper in gewisser Weise erst einmal eine Art Stress-Situation bedeuten. Aber die Messungen zeigen ganz deutlich: Bereits nach circa eineinhalb Wochen wirken sich die Akupunktur-Anwendungen positiv auf die Herzratenvariabilität aus“, erläutert der Internist und Kardiologe.

Einen ebenso positiven Effekt wie die Akupunktur hat der Studie zufolge auch Qi Gong auf den chronisch gestressten Menschen: Bei rund drei Viertel der Patienten sinkt nach Qi Gong-Übungen der mentale Stress, der mithilfe des Stress-Index gemessen werden kann. Zudem steigt die Erholungsfähigkeit bei mehr als zwei Drittel der Patienten, was sich mit dem Anstieg des RMSSD-Werts zeigt. „Mit unserem therapeutischen Ansatz aus TCM und psychotherapeutischer Betreuung kommen Patienten aus einer chronischen Stress-Situation oder einer möglicherweise angehenden Depression wieder heraus – und das nachhaltig“, erklärt Dr. Pflederer.

Steigerung des RMSSD-Wertes und Verringerung des Stress-Index

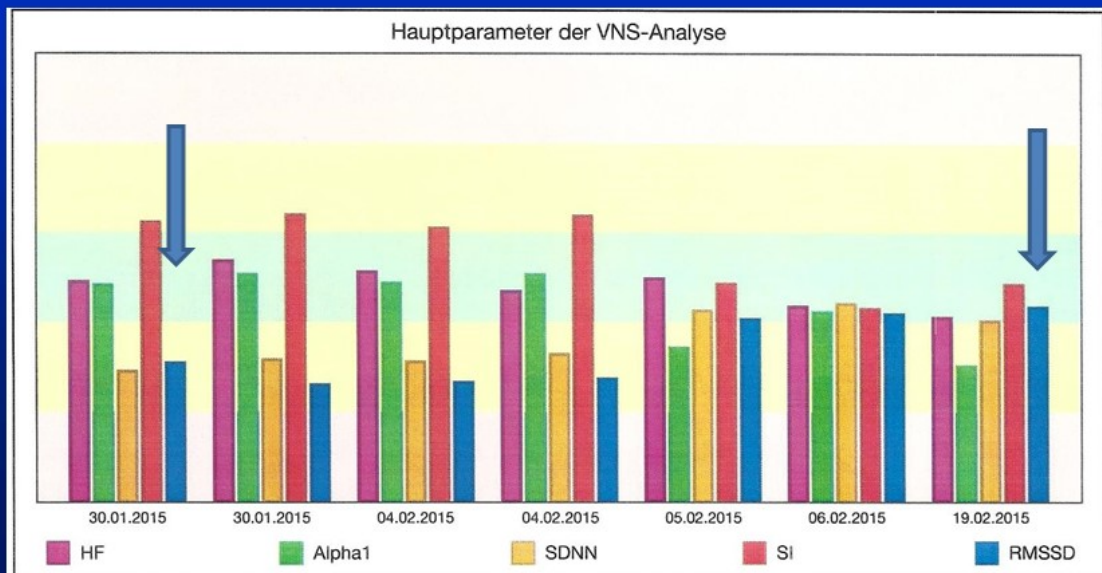
Im Jahr 2017 konnte bei 30 Patienten eine Auswertung des Therapieeffekts mit Hilfe von Kurzzeit-HRV-Messungen vorgenommen werden:

	Steigerung RMSSD-Wertes	Abnahme Stress-Index
Akupunktur	bei 68 % der Patienten	bei 63 % der Patienten
Qi Gong	bei 57 % der Patienten	bei 54 % der Patienten

Folgendes Schaubild gibt einen beispielhaften Eindruck von dem Behandlungserfolg. Die Abnahme des Stress-Indexes (SI), die Zunahme des RMSSD-Wertes (und auch des SDNN-Wertes) sind erkennbar:

PRÜFUNG MIT HRV: NACHWEIS DES STATIONÄREN BEHANDLUNGERFOLGES

47-jährige Lehrerin: Burn Out Symptomatik mit Übergang in depressive Episode
Therapie: täglich Qi Gong, täglich Kräutertherapie, 5x Akupunktur/Woche,
Ernährung nach TCM, 2x psychiatrische Gespräche/Woche



Einteilung der HRV-Messwerte zur Stress-Bewertung

Es stellt immer wieder eine Herausforderung dar, gute und schlechte HRV-Werte zu unterscheiden. Deswegen ist folgendes Stufensystem erwähnenswert, mit dem in der iTCM-Klinik die RMSSD- und Stress-Index-Werte eingeteilt werden, um das Ausmaß der Imbalance (Störung der Ausgewogenheit) und Stress-Wirkung vergleichbar ausdrücken zu können:

Imbalance-Einstufung	RMSSD-Wert	Stress-Index
schwergradig	kleiner als 11	größer als 450
mäßiggradig	17,4 bis 11	<i>(nicht verwendet)</i>
geringgradig	23,9 bis 17,5	150 bis 450
keine	größer als 92	kleiner als 150

Über die Langzeitbeobachtung

Die klinisch-wissenschaftliche Langzeitbeobachtung „Stress als kardiovaskulärer Risikofaktor – Behandlungsmöglichkeiten mit Traditioneller Chinesischer Medizin“ ist auf insgesamt zehn Jahre, bis zum 30.9.2024, angelegt. Jährlich findet eine statistische Auswertung der Daten statt. Die Langzeitbeobachtung ermöglicht einen fundierten Nachweis über den Behandlungserfolg oder -misserfolg der durchgeführten TCM-Behandlung. Als Grundlage für die Langzeitbeobachtung dienen alle Patientendaten, die in der iTCM-Klinik Illertal in Form von wissenschaftlichen Fragebogenanalysen, der apparativ-technischen Diagnostik und den Messungen während der Therapie erhoben werden. Alle Daten und Ergebnisse werden anonymisiert in eine wissenschaftlich verwendete Datei eingepflegt.

Die Langzeitbeobachtung wurde unter Begleitung der *Medizinischen Klinik 2* der Universitätsklinik Erlangen konzipiert. Konkreter Entwicklungspartner war Privatdozent Dr. med. Christian Stumpf, ehemaliger Geschäftsführender Oberarzt der Medizinischen Klinik 2 der Friedrich-Alexander Universität und jetziger Chefarzt der Kardiologischen Klinik am Klinikum Bayreuth. Professor Dr. med. Stephan Achenbach, Direktor der Medizinischen Klinik 2 der Friedrich-Alexander Universität Erlangen begleitet die wissenschaftliche Langzeitbeobachtung der iTCM-Klinik Illertal.

Die iTCM-Klinik Illertal

Das ganzheitliche Behandlungskonzept der iTCM-Klinik Illertal setzt eine präzise Erstanamnese und Untersuchung mit Sichtung bisheriger Diagnostik und Therapie voraus. Dies erfolgt in Illertissen durch Chefarzt Dr. Wolfgang Pflederer als Ärztlichem Direktor und Dr. med. Naixin Wu als Ärztlichem Leiter der iTCM-Klinik. Mit einem klaren diagnostischen Bild über ihren Gesundheitszustand werden die Patienten anschließend den chinesischen Ärzten vorgestellt, die dann die Therapie nach den Regeln der chinesischen Erfahrungsmedizin vorschlagen. Die Therapien in der iTCM-Klinik Illertal umfassen alle Segmente der Traditionellen Chinesischen Medizin: Akupunktur, Kräutertherapie, Qi Gong, Schröpfen und Tuina-Massage. „Von besonderer Bedeutung für die Therapie ist die Tatsache, dass wir bei Bedarf unseren Psychiater und Psychotherapeuten Hermann Leinfelder in die ganzheitliche Behandlung miteinbinden“, so Dr. Pflederer.

Fazit von Dr. Pflederer

„Erfasst wurden im Jahr 2017 insgesamt 30 Patienten. Die Daten von zehn Patienten wurden ausgewertet. Unsere Ergebnisse sind also noch nicht statisch signifikant, sondern lediglich eine trendorientierte Aussage. Nach der Analyse der ersten Erhebungen können wir bereits jetzt sagen, dass sich körperliche Auffälligkeiten, die auf eine chronische Stressbelastung hindeuten, mithilfe von Traditioneller Chinesischer Medizin behandeln lassen.“

SDNN – der HRV-Wert für die Anpassungsfähigkeit

Der SDNN-Wert gehört zur Liga der klassischen HRV-Werte. Er gibt Auskunft über die Gesamtvariabilität des Herzschlags. An ihm lässt sich ablesen, wie gut das vegetative Nervensystem Vorgänge im Körper regeln kann. In der Kardiologie ist er ein wichtiger Wert für die Einschätzung des Krankheitsverlaufs nach einem Herzinfarkt.

Der volle Name sagt schon, um was es sich bei der SDNN handelt – *Standard Deviation of the NN Intervall*, zu Deutsch: Standardabweichung der RR-Intervalle. Der sperrige Name beschreibt nichts anderes, als dass die Berechnungsgrundlage der zeitliche Abstand zwischen den höchsten Spitzen in der EKG-Aufzeichnung ist und die durchschnittliche Streuung um den Mittelwert der NN- bzw. RR-Intervalle berechnet wird. Entnehmen kann man ihm auch, dass es sich um einen zeitbezogenen Wert

handelt. Genauso wie der RMSSD-Wert beruht die Berechnung der SDNN auf einer Formel der Statistik.

Die SDNN und andere HRV-Werte

„Auch wenn man HRV-Werte nie einzeln betrachten sollte, mit der Betrachtung der SDNN lässt sich bereits einiges über den gesundheitlichen Zustand aussagen“, erzählt Bernd Heiler, Heilpraktiker für Psychotherapie, aus seiner Praxis in München. Wie gut das vegetative Nervensystem die Abläufe im Körper regeln kann, zeigt der Wert der SDNN an. „An den Werten erkenne ich, wie das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus ist. Für einen Befund ist es sinnvoll, immer auch noch nach anderen Werten zu schauen. RMSSD, pNN50 und pNN10 sind auch zeitanalytische Werte. Sie liefern mir eine genauere Einschätzung über die Erholungsfähigkeit, denn sie spiegeln das Wirken des Parasympathikus wider.“

Bei den frequenzanalytischen Werten ist die Total-Power mit dem SDNN-Wert vergleichbar. „Sind beide Werte hoch, so ist das ein gutes Zeichen. Anfänger können mit einem Vergleich der beiden Werte auch eventuelle Messfehler ausschließen.“

SDNN-Normwerte nur als Anhaltspunkt

Machen Sie sich keine falschen Hoffnungen bei dieser Zwischenüberschrift. Auch wenn sie das HRV-Leben leichter machen würden, im Praxisalltag sollten Normwerte nur als Orientierung dienen. „In meinem Praxisalltag stelle ich immer wieder fest, dass viele publizierte Werte von meinen Patienten nur schwer erreicht werden können. Wenn ich beispielsweise die Werte von Dr. med. Doris Eller-Berndl aus ihrem Buch zugrunde lege, dann fallen die meisten in den Streubereich“, berichtet Bernd Heiler aus seinem Praxisalltag.

Im Buch Herzfrequenzvariabilität von Dr. med Doris Eller-Berndl befindet sich eine Tabelle mit SDNN-Werten. Grundlage für die Berechnung ist eine 24-Stunden-Messung mit annähernd gleicher Aktivität:

Alter (Jahre)	SDNN (ms)
10 – 19	176 ± 38
20 – 29	153 ± 44
30 – 39	143 ± 32
40 – 49	132 ± 30
50 – 59	121 ± 27
60 – 69	121 ± 32
70 – 79	124 ± 22
80 – 99	106 ± 23

(Quelle: Herzfrequenzvariabilität, Doris Eller-Berndl, Seite 30)

„Bei einem schlechteren Wert fällt kein Mensch sofort tot vom Stuhl. In meiner Praxis nehme ich die Normwerte als Anhaltspunkt. Viel interessanter und aufschlussreicher ist für mich die Veränderung der Werte während meiner Therapie. Anhand der Ergebnisse kann ich sehen, ob es zu einer Verbesserung oder Verschlechterung kommt“, kommentiert Bernd Heiler die Normwerte.

Einflüsse von Alter, Geschlecht, Tag und Nacht

Männer haben einen höheren SDNN-Wert als Frauen. Mit dem Alter, das beginnt ungefähr mit fünfzig Jahren, gleichen sich die Geschlechter immer weiter an. In der Nacht ist der Unterschied zwischen Männer und Frauen größer. Mit dem Rentenalter kommt es auch hier zu einer Angleichung.

„Vor allem in Langzeitmessungen ist für mich der SDNN-Wert interessant. Vergleiche von Tag und Nacht geben mir einen Aufschluss, wie gut sich der Körper während des Schlafens regenerieren kann“, berichtet Bernd Heiler.

SDNN in der Kardiologie

Schaut man sich Studien an, so können die Werte der SDNN Aufschluss über den weiteren Krankheitsverlauf geben. Werte unter 50 ms (bezogen auf 24 Stunden) stehen für eine starke Einschränkung der Herzratenvariabilität (HRV), was bei Herzinfarkt- und Herzinsuffizienzpatienten mit einem erhöhten Sterberisiko einhergeht. Eine deutliche Verringerung gibt es erst ab Werten um die 100 ms (bezogen auf 24 Stunden).

Was es bei der Messung zu beachten gibt

Bei einer Messung werden während der gesamten Dauer die Abstände zwischen den R-Zacken erfasst. Das bedeutet, dass der SDNN-Wert mit der Länge der Messzeit steigt, weil unterschiedliche Aktivitätspegel einfließen. „Im Praxisalltag dürfen also nur Werte mit der gleichen Messdauer und ähnlicher Aktivität verglichen werden“, so Bernd Heiler. „Wichtig ist dann vor allem bei Kurzzeitmessungen, dass immer die gleichen Messbedingungen eingehalten werden. Es macht einen großen Unterschied, ob z. B. im Liegen oder Stehen gemessen wurde. Bei Langzeitmessungen bitte ich meine Patienten, körperlich anstrengende Tätigkeiten während der Messung zu vermeiden, wenn sie nicht zu ihrem Alltag gehören. Denn je unterschiedlicher der Aktivitätslevel ist, umso höher ist auch der SDNN-Wert. Bei Werten wie der SDNN kann ich so Verfälschungen besser ausschließen.“

Fazit von Bernd Heiler

„Unter den Experten befinden sich viele Fans für die zeitbezogenen HRV-Werte. Für sie ist die SDNN neben dem RMSSD-Wert ein wichtiger Parameter. Es gibt auch HRV-Geräte, die nur mit diesen Werten arbeiten, also die frequenzanalytischen HRV-Werte, wie z. B. HF und LF, gar nicht erheben. In meiner täglichen Praxis mache ich mehr kurze Messungen, da ist der SDNN-Wert genauso wichtig wie andere Werte. Bei Langzeitmessungen schaue ich ihn mir genauer an. Vor allem der Tag-Nacht-Vergleich ist für mich dabei sehr aufschlussreich.“

Alkohol beeinflusst HRV und Schlaf

Gegen ein Glas Wein für den Genuss zu einem köstlichen Essen mit Freunden ist nichts einzuwenden. Wer jedoch Alkohol trinkt, um sich besser entspannen zu können, täuscht sich, was die Wirkung auf das vegetative Nervensystem betrifft. Mit der Herzratenvariabilität lässt sich zeigen, welchen negativen Einfluss Alkohol tatsächlich auf die Entspannungsfähigkeit hat.

Wir haben alle von den Rotwein-Studien zur Herzgesundheit gehört. Oft müssen sie als Alibi für Alkohol-Genuss herhalten. Dabei wird gerne übersehen, dass sich die positiven Auswirkungen auf einen moderaten Rotweinkonsum beziehen.

Was man unter moderat versteht, wird viele Weinliebhaber enttäuschen. Die negativen Auswirkungen größerer Mengen auf das vegetative Nervensystem und den Schlaf, wie sie in der Studie von M. R. Irwin et al. (2006) beschrieben werden, können vielleicht überzeugen, den Konsum einzuschränken.

Wieviel Alkohol ist verträglich?

Die Veränderungen der Herzratenvariabilität (HRV) veranschaulichen, was der Körper verträgt und was zu viel ist. Studien zeigen, dass sich ein Glas Rotwein noch nicht wesentlich auf die HRV auswirkt. Vorübergehende leichte Einbußen beim RMSSD-Wert nimmt wohl jeder gerne für den Genuss in Kauf.

Offensichtlich ist die Verträglichkeit von Alkohol individuell verschieden. Aber Alkohol schadet – nur eben individuell unterschiedlich stark.

Die Wirkung von Alkohol ist von vielen Einflussfaktoren abhängig. Daher fallen Studienergebnisse teilweise widersprüchlich aus, wie z. B. die Studie von I. Janszky et al. (2005) über den positiven Einfluss von *moderatem* Rotweingenuss bei Frauen mit Erkrankungen der Herzkranzgefäße. Man hat hier zwar ein statistisch signifikantes Ergebnis, aber die Zusammenhänge von Ursachen und Wirkung sind nicht ganz klar. Der Studie von Spaak et al. (2010) lassen sich Mengengaben entnehmen, die beim nächsten Rotweinabend für Klarheit sorgen. Die Teilnehmer der Studie wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Eine bekam 155 Milliliter Rotwein (12 Prozent, etwa 15 Gramm Alkohol) gereicht und die andere eine 12-prozentige Ethanol-Lösung. Parallel gab es noch eine Kontrollgruppe, die nur Wasser trank.

In den Gruppen der Alkoholtrinker zeigten sich nach dem zweiten Glas signifikante Veränderungen der HRV im Vergleich zu den Wassertrinkern. Vor allem die parasympathische Aktivität nahm unter dem Alkoholeinfluss ab. Die Werte von HF und RMSSD sanken, während das LF/HF-Verhältnis anstieg.

Natürlich muss an dieser Stelle noch erwähnt werden, dass die Wirkung des Alkohols vom Gewicht abhängig ist. Und vom Geschlecht: Frauen vertragen weniger als Männer. Von Experten wird Frauen nur ein Glas zugestanden.

HRV-Folgen von regelmäßigem Alkoholenuss

Wer gelegentlich ein Glas Wein trinkt, muss sich keine Gedanken gemacht. Die Auswirkungen des Alkohols sind, wie Vergleiche zwischen Abstinenzlern und Gelegenheitsgenießer zeigen, eher gering. Ganz anderes sieht es aus, wenn regelmäßig Alkohol getrunken wird. Mit Hilfe der HRV lässt sich ein Rückgang der parasympathischen Aktivität (RMSSD) und ein leichter Anstieg der sympathischen Aktivität (LF, LF/HF) beobachten. Weniger ausgeprägt, ist die Wirkung auf die Gesamtvariabilität (Total Power, SDNN).

Auch beim regelmäßigen Alkoholenuss kommt es auf die Menge an. Nach der Studie von Thayer et al. (2006) über den Zusammenhang von Alkoholenuss und Cortisol-Ausscheidung geht eine Aufnahme von mehr als 20 Gramm mit einem deutlichen Rückgang des RMSSD-Wertes und mit einer erhöhten Cortisol-Ausschüttung einher. Eigentlich ein klarer Hinweis: Alkoholenuss führt zu Stress statt Entspannung.

Warum Alkohol nicht entspannt

Wer sich ein bisschen mit der Aktivität und der Einflussnahme von Sympathikus und Parasympathikus auseinandersetzt, kann nachvollziehen, warum Alkohol nicht entspannen kann. Auch wenn es sich vielleicht erst mal so anfühlt, gaukelt Alkohol Entspannung nur vor. Vor allem am Abend hemmt und verhindert die Reduzierung der parasympathischen Aktivität den Einstieg in das natürliche Erholungsprogramm des Körpers.

Gesunde Menschen haben das Gefühl, mit Alkohol im Blut besser schlafen zu können. Aber das täuscht: Das Gefühl bezieht sich auf das Einschlafen.

Wer einmal eine Langzeitmessung mit abendlicher Rotweinrunde gemacht hat, der sieht, wie lange die Alkoholwirkung den Körper belastet und ihn davon abhält, neue Kräfte zu sammeln. Bei größeren Mengen kommt es in der zweiten Nachthälfte zu Schlafstörungen. Die REM-Schlafphase (Traumschlaf) wird kürzer. Dies kann die Informationsverarbeitung und Stressbewältigung negativ beeinflussen.

Je mehr man trinkt, desto schlechter erholt man sich. Die Verhinderung normaler Schlafphasen und die Auflösung der kompletten Schlafarchitektur hängen von der Menge und der Häufigkeit des Alkoholeinflusses ab.

Mit dem Alter ändern sich die HRV-Werte

Die Herzratenvariabilität verändert sich im Laufe des Lebens. Das Altern hat vermutlich den größten Einfluss auf die HRV-Parameter. Aus Normwert-Tabellen lässt sich entnehmen, dass die Verschlechterungen schon mit Anfang 20 beginnen und die einzelnen HRV-Parameter unterschiedlich „altern“.

Auch wenn Langzeitstudien belegen, dass die Lebensqualität und Lebenserwartung mit einer guten Herzratenvariabilität (HRV) steigen: Das Altern lässt sich nicht aufhalten. Ein Rentner wird wohl kaum bessere HRV-Parameter vorweisen können als ein Teenager, egal wie fit und entspannt der Senior ist. In Studien wurde festgestellt, dass die HRV etwa ab dem frühen Erwachsenenalter kontinuierlich abnimmt. Aus dem Übersichtsartikel zu altersbezogenen HRV-Effektgrößen von Matthias Fenzel und Christian Schlegel geht hervor, dass auch ein gesunder Lebensstil den Abwärtstrend nicht aufhalten kann.

Schlechtere HRV-Parameter bedeuten, dass die Entspannungsfähigkeit des vegetativen Nervensystems (VNS) abnimmt. Der Rückgang bezieht sich auf beide Anteile des VNS, auf die Aktivität des Sympathikus und des Parasympathikus. Beide sind gleichermaßen von den Veränderungen, die das Alter mit sich bringt, betroffen – wobei der Parasympathikus etwas mehr „leidet“.

Im Buch Herzschlagvariabilität von Werner und Ralf Arne Wittling befindet sich auf Seite 212 sowie auf deren Website eine Abbildung, die verdeutlicht, wie die Aktivität des Parasympathikus mit dem Alter abnimmt. Aus dem Tagesverlauf ist außerdem als Besonderheit erkennbar: Nachts wirkt sich die Verschlechterung der HRV bei höherem Alter stärker aus.

HRV-Normwerte je nach Alter

Im Folgenden gehe ich auf eine allgemein verfügbare Studie zu altersabhängigen Veränderungen der HRV-Parameter ein: die altersbezogenen Normwerte von Ken Umetani und Kollegen. Ich bitte alle Leser, sie nur als Orientierung zu nehmen, weil die Abweichung der persönlichen HRV-Werte von diesen Mittelwerten individuell gedeutet werden muss.

Die Wissenschaftler aus Kalifornien haben die HRV-Veränderungen von gesunden Studienteilnehmern im Alter von 10 bis 99 Jahren gemessen. Die HRV wurde bei 112 Männer und 148 Frauen mit einer 24-Stunden-Messung ermittelt. Wegen dieser großen Altersspanne ist verständlich, dass alle Altersgruppen über 60 Jahren schwach repräsentiert waren. Für die letzten drei Altersdekaden ließen sich nur noch 25 gesunde Männer und 37 gesunde Frauen finden.

Alter	SDNN	SDANN	SDNN Index	RMSSD	pNN50	Herzrate
[Jahre]	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[%]	[Schläge/min.]
10 – 19	176 ± 38	159 ± 35	81 ± 20	53 ± 17	25 ± 13	80 ± 10
20 – 29	153 ± 44	137 ± 43	72 ± 22	43 ± 9	18 ± 13	79 ± 10
30 – 39	143 ± 32	130 ± 33	64 ± 15	35 ± 11	13 ± 9	78 ± 7
40 – 49	132 ± 30	116 ± 31	60 ± 13	31 ± 11	10 ± 9	78 ± 7
50 – 59	121 ± 27	106 ± 27	52 ± 15	25 ± 9	6 ± 6	76 ± 9
60 – 69	121 ± 32	111 ± 31	42 ± 13	22 ± 6	4 ± 5	77 ± 9
70 – 79	124 ± 22	114 ± 20	43 ± 11	24 ± 7	4 ± 5	72 ± 9
80 – 99	106 ± 23	95 ± 24	37 ± 12	21 ± 6	3 ± 3	73 ± 10

Abbildung 1: Alterseffekte aus 24-Stunden-HRV-Messungen (Mittelwert und Standardabweichung) je Altersdekade (Quelle: Tabelle 2 in [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(97\)00554-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(97)00554-8))

Die altersabhängigen HRV-Normwerte wurden unter der Annahme einer Normalverteilung für einen Vertrauensbereich (Konfidenzintervall) von 95 % für bestimmte Altersstufen bestimmt. HRV-Parameterwerte, die außerhalb dieser Wertebereiche liegen, stellen offensichtliche Ausreißer von der Norm dar.

	95%-Konfidenzintervalle					
Alter	SDNN	SDANN	SDNN Index	RMSSD	pNN50	HR
	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[%]	[Schläge/min.]
10	101 – 279	85 – 261	48 – 113	25 – 103	4 – 137	57 – 105
20	93 – 257	79 – 241	42 – 107	21 – 87	3 – 97	56 – 104
30	86 – 237	73 – 223	36 – 100	18 – 74	2 – 68	55 – 103
40	79 – 219	67 – 206	30 – 94	15 – 63	1 – 48	54 – 102
50	73 – 202	63 – 190	24 – 88	13 – 53	1 – 34	53 – 100
60	68 – 186	58 – 176	18 – 82	11 – 45	1 – 24	52 – 99
70	62 – 172	53 – 163	11 – 77	9 – 38	1 – 17	51 – 98
80	57 – 159	49 – 151	5 – 70	8 – 32	0 – 12	49 – 97
90	53 – 147	45 – 140	0 – 58	7 – 28	0 – 9	48 – 96

Abbildung 2: 95%-Konfidenzintervalle altersabhängiger HRV-Parameter aus 24-Stunden-HRV-Messungen (Quelle: Tabelle 3 in [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(97\)00554-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(97)00554-8))

Altersunterschiede bei den HRV-Parametern

Auch wenn wir es nicht bewusst mitbekommen, der biologische Alterungsprozess beginnt schon in jungen Jahren. In dem Übersichtsartikel zu den altersbezogenen HRV-Effektgrößen von Matthias Fenzel und Christian Schlegel ist zu lesen, dass die deutlichsten Abnahmen zwischen der 2. und 4. Lebensdekade stattfinden. Nach der 6. Lebensdekade verlangsamt sich der Abwärtstrend.

Alle HRV-Parameter sind betroffen, egal ob SDNN, RMSSD oder Total Power. Beim SDNN fällt auf, dass er sich am langsamsten reduziert. Wenn wir die Tabelle von Ken Umetani zugrunde legen, werden in der 10. Lebensdekade noch 60 Prozent von der 2. Dekade erreicht. Die größten Einbußen gibt es bei den Parametern des Parasympathikus. Der RMSSD reduziert sich auf 47 Prozent und der pNN50 erreicht in der 6. Lebensdekade sogar nur noch 24 Prozent im Vergleich zur 2. Dekade. Danach kommt es zu einer Stabilisierung.

Im Buch Herzratenvariabilität von Doris Eller-Berndl gibt es zum Thema Senioren und altersbezogene HRV-Parameter einen interessanten Hinweis für Praktiker: „Bei Menschen über 65 Jahre sind pNN50% und RMSSD nicht zur Risikostratifizierung hinsichtlich Mortalität geeignet, da beide über dem Alter von 60 Jahren relativ stabil bleiben. SDNN, LF und HF sind jedoch sensible Parameter.“

Ohne Altersbezug: Tipps für Selbstanwender

Es geht auch ohne Altersbezug und Quervergleiche mit anderen Menschen. Wer täglich nach Möglichkeit immer unter gleichen Bedingungen misst, kann aus den Werten Rückschlüsse für sein eigenes Befinden ziehen. Am besten gelingt es, wenn man sich zu HRV-Werten ein paar Angaben, wie z. B. zur Schlafqualität, Arbeitspensum oder Trainingsumfang, notiert. Nach einiger Zeit wird man zum Experten für sich selbst und kann anhand der sogenannten Baseline-Werte einschätzen, was der Körper gerade braucht oder verträgt.

Wem das zu kompliziert ist, der kann sich mit Mess-Systemen helfen, die mit einer sogenannten Längsschnittinterpretation arbeiten. Sie nutzen eine festgelegte Anzahl von Messungen für die Interpretation der HRV-Parameter. Da man sich nur mit den eigenen Werten vergleicht, ist das Alter Nebensache.

Sinn oder Unsinn? Das biologische Alter

Jeder, der einmal vom *biologischen Alter* als HRV-Parameter gehört hat, will es nach einer HRV-Messung wissen. Jeder meint, mit dieser Angabe etwas anfangen zu können – und fühlt sich, je nach Ergebnis, sofort etwas besser oder auch ein bisschen schlechter.

Nach den Ausführungen zur altersbedingten Abnahme der HRV-Parameter könnte man meinen, dass sich das biologische Alter mit HRV-Analysen genauer bestimmen lässt. Leider ist es nicht ganz so einfach, weil sich gesunde Menschen gleichen Alters genetisch stark in ihrer HRV unterscheiden. Kommen Krankheiten, wie z. B. Asthma,

oder Medikamente hinzu, dann wird das biologische Alter das kalendarische Alter wahrscheinlich nie toppen können.

Der beste Zeitpunkt für die HRV-Messung nach dem Training

Wie war das Training: zu anstrengend oder zu lasch? Anhand der HRV-Parameter lässt sich ablesen, wie stark der Körper gefordert wurde und wie gut der Trainingszustand ist. Für Sportler und Trainier kann es interessant sein, direkt nach dem Training diese Einschätzung zu bekommen. Doch wann ist dafür der beste Zeitpunkt?

Von einem Personal-Trainer wurde ich gefragt, wann er nach dem Training die Herzratenvariabilität (HRV) messen soll, um zu sehen, wie das Training seinen Klienten gefordert oder auch entspannt hat. Eine nachvollziehbare Frage aus der Praxis, für die es aber in den mir bekannten Lehrbüchern keine Antwort gibt. Mit der Unterstützung von Professor Olaf Hoos, wissenschaftlicher Leiter des Sportzentrums der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, wage ich mich an eine Antwort heran. Selbstverständlich ist die tägliche HRV-Messung – immer unter gleichen Bedingungen durchgeführt – die beste Möglichkeit für eine Trainingskontrolle. Im Alltag von Personal-Trainern hapert es hier doch meist an der Umsetzung. Vor allem am Anfang wird sich ein Klient nur schwer überzeugen lassen, jeden Tag seine HRV zu messen. Für den Coach wäre die HRV aber sehr aufschlussreich, um sein Training auf die aktuellen Bedürfnisse seines Kunden ausrichten zu können.

Der Trainingszustand bestimmt den Zeitpunkt mit

Eine pauschale Antwort auf die Frage nach dem richtigen Zeitpunkt der HRV-Analyse gibt es nicht. Schon allein der Trainingszustand übt einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf das Zeitfenster aus. „Eine Metaanalyse (Stanley et al., 2013) zum Erholungsverlauf zeigt, wie groß die Unterschiede sind“, berichtet Professor Hoos. „Leistungssportler hatten bereits 20 Minuten nach einem Standardtraining ihre vagale Ausgangslage des Parameters RMSSD nahezu wieder erreicht, Untrainierte hingegen noch nicht einmal nach 90 Minuten.“

Fazit: Je besser der Trainingszustand ist, umso leichter fällt es dem Körper mit Belastungen umzugehen und umso schneller werden die HRV-Ausgangswerte wieder erreicht oder sogar übertroffen (vagaler Rebound-Effekt).

Die Trainingshäufigkeit spielt auch eine Rolle

Wird mehrmals in der Woche trainiert, überlagern sich die Effekte. Professor Hoos erklärt, welche Auswirkungen das auf die Messergebnisse hat: „Je nachdem wie intensiv und oft trainiert wird, wirkt sich die Einheit A von Tag A auf die Einheit B am Tag B aus. Da die Organsysteme ganz unterschiedlich auf die Belastung reagieren, kommt es zu einer Vermischung im Ergebnis. Durch die unterschiedliche Regenerations- und Anpassungszeit wird es mit Einzel-Messungen nach dem Training schwierig, genau zu unterscheiden, was der Auslöser war, da immer kumulierte Effekte auftreten. Eine klare Unterscheidung der Effekte ist bei 2 bis 3 Einheiten pro Woche meist noch möglich, wobei natürlich andere Stressoren neben dem Training auch immer eine Rolle spielen.“

Kleiner Regulations-Check für zwischendurch

Eine gute und sehr einfache Einschätzung über die Regulationsfähigkeit des vegetativen Nervensystems nach Belastung lässt sich mit der 1-Minuten-Erholung (Heartrate-Recovery) gewinnen. Der Puls wird sofort nach der Belastung gemessen und dann noch einmal eine Minute später. Die Senkung der Herzfrequenz spiegelt wider, wie schnell das vegetative Nervensystem von der sympathischen zur parasympathischen Aktivität umschaltet und dadurch die Herzfrequenz reduziert. Natürlich gibt es hier auch wieder eine Abhängigkeit vom Trainingszustand sowie von der Dauer und Intensität der vorausgegangenen Belastung.

Eine Empfehlung für die Messung nach dem Training

Wenn Sie bis hierher alles gelesen haben, ahnen Sie bereits, dass es keine verbindliche Antwort auf die eingangs erwähnte Frage des Personal-Trainers gibt. Zu viele Einflussfaktoren wirken sich auf das Ergebnis einer HRV-Analyse nach einer Belastung aus. Daher zögern Wissenschaftler berechtigterweise, hier einfache Richtwerte für den Trainingsalltag zu geben.

Aber Professor Hoos gibt trotzdem eine Empfehlung, denn die HRV soll ja auch für Anwender praktikabel sein: „Die größten Unterschiede zu den Ausgangswerten treten direkt nach der Belastung auf. Nach einer Viertelstunde lässt sich ein Eindruck davon gewinnen, wie intensiv sich die Belastung auf den Organismus ausgewirkt hat und inwiefern schon Erholungsprozesse in Gang gekommen sind. Natürlich sollte versucht werden, während der 15 Minuten Wartezeit immer die gleichen Mess-Bedingungen zu schaffen. Als immer gleichen Ablauf könnte ich mir beispielsweise ein leichtes Dehn- oder Faszien-Programm vorstellen, eventuell reicht es auch noch zum Duschen und Anziehen. Dann könnte man die HRV-Messung auch mit der Abfrage des subjektiven Belastungsempfindens der Trainingseinheit gut kombinieren.“

Mit dem Mess-Ergebnis umgehen

Ein gestresster Manager freut sich bestimmt, wenn er das Personal-Training mit besseren HRV-Werten verlässt. Sein Trainer weiß nach der Messung, dass er mit seinem Programm für Ausgleich gesorgt hat. Dies funktioniert allerdings meist nur bei sehr moderaten und eher entspannungsbezogenen Programmen. Wenn eine Einheit intensiv und fordernd war, sind schlechtere HRV-Ergebnisse direkt nach dem Training nichts Schlimmes, sondern zu erwarten, denn die Erholung des Vegetativums braucht seine Zeit. Außerdem müssen für eine Leistungssteigerung ja auch immer wieder Impulse gesetzt werden, die dann erst nach 1 bis 2 Tagen vegetativ vollständig verarbeitet sind

Egal, ob es um Entspannung oder Leistungssteigerung beim Training geht, die Messung der HRV gibt Einblicke zur Regulationsfähigkeit und hilft, das richtige Maß für die Belastung zu finden.

Regelmäßige Messungen sind allerdings die Voraussetzung. „Ich würde Personal-Trainern empfehlen, spielerisch ans Messen heranzugehen: Das Training unterschiedlich ausrichten und einfach mal über einen längeren Zeitraum unter möglichst vergleichbaren Messbedingungen beobachten, wie sich die Parameter in der Erholungsphase verändern“, empfiehlt Professor Hoos als Herangehensweise. „Beim Ausdauertraining fallen die Effekte auf die HRV nachweislich größer aus als beim Krafttraining.“

Natürlich stellt sich die Frage, wie dauerhaft das Messergebnis nach einer Viertelstunde ist. Wie sich ein Training langfristig auf die HRV auswirkt, wird sich erst nach 24 bis 48 Stunden zeigen.

Baseline: Drei Messungen pro Woche als Anfang

Um die persönlichen Ausgangs- und Vergleichswerte zu kennen, wären tägliche Messungen für eine Trainingskontrolle am aussagekräftigsten. Vielen fällt es am Anfang jedoch schwer, jeden Morgen den Brustgurt umzulegen und zu messen. Für all jene, die nicht jeden Tag Sport treiben, hat Professor Hoos zum Schluss noch einen guten Hinweis: „Es gibt Studien (z. B. Plews et al., 2014), die aussagen, dass bereits drei Messungen in der Woche für ein Trainings-Monitoring gut geeignet sind.“

Regenerations-Kleidung im HRV-Test

Kann Kleidung aus einer speziellen Textilfaser helfen, sich leichter zu erholen? Dies wurde mit Hilfe der Herzratenvariabilität (HRV) versucht zu messen. Studien mit HRV-Analysen belegen zwar nicht eindeutig den entspannenden Effekt der Regenerationskleidung. Aber es gibt Hinweise auf eine positive Wirkung der innovativen Textilie. Neugierig habe ich einen Selbstversuch gemacht.

Eine schöne Vorstellung: Zum Entspannen einfach die Kleidung wechseln. Für viele Menschen mag der legere Hausanzug oder die bequeme Jogging-Hose diesen Zweck bereits erfüllen. Allein der Gedanke daran, wirkt oft schon entspannend. Aber geht vielleicht noch mehr?

Die Regenerationsbekleidung von der japanischen Firma Venex soll die Aktivität des Parasympathikus anregen und so die Erholungsfähigkeit verbessern. Manche Spitzensportler nutzen die Bekleidung bereits, um nach Trainingsphasen und Wettkämpfen schneller wieder fit zu werden. Einige Studien, auch von deutschen Hochschulen, bestätigen die positive Wirkung nach sportlichen Belastungen.

Die besondere Textilie ist aber nicht nur für Sportler gedacht: Auch all jene, die Stress verarbeiten, schneller entspannen und besser schlafen wollen, sollen von ihr profitieren können.

Was löst im Kleidungsstoff die entspannende Wirkung aus?

Bevor ich auf meine eigenen Erfahrungen eingehe, will ich Ihnen zuerst erzählen, was in der Venex-Kleidung den Entspannungseffekt auslöst.

Wahrscheinlich können sich nur Insider etwas unter der Bezeichnung DPV576-F vorstellen. Es handelt sich um eine synthetische Faser mit Zutaten, die eine vage Vorstellung davon vermitteln, was das Besondere der Kleidung ausmacht. Für die patentierte Regenerationsfaser werden feinstverteilte Mineralien (in manchen Quellen auch als Nano-Diamanten oder Industriediamanten bezeichnet) und Platin (als Nano-Kolloid) in eine Polyester-Faser eingebracht. Die Details des Herstellungsverfahrens sind wohl ein Betriebsgeheimnis.

Die Sorge, dass einem das Shirt wegen der „Nano-Diamanten“ vom Leib gerissen wird, muss man nicht haben. Es funkelt und glitzert nichts. Durch den aufwendigen Herstellungsprozess sind die „Steinchen“ und das Edelmetall am Ende als fest integrierte Nanoteilchen ein Bestandteil eines äußerlich unauffälligen Textilgewebes (DPV576-C bzw. V-TEX). Die Trageeigenschaften unterscheiden sich jedoch spürbar von gewöhnlichen Textilien.

Dass die Fasermischung aus Japan stammt, ist kein Zufall. Der Inselstaat ist bei der Entwicklung von Funktionsfasern führend. Schon vor mehr als 12 Jahren wurde mit Platin in Verbindung mit verschiedenen Mineralien geforscht. An der Faser DPV576 hat Firmengründer Hideki Katano drei Jahre entwickelt. In Japan brachte er bereits 2009 die erste Regenerationskleidung von Venex auf den Markt.

Über die Haut entspannen

Die Wirkung der „Wunderfaser“ setzt ein, wenn sie mit der Haut in Kontakt kommt. Ein Wärme-Rezeptor-Typ in der Haut reagiert auf sie. Warum er das tut, ist bis jetzt noch nicht geklärt. Aber das, was der Wärme-Rezeptor auslöst, ist bekannt (Zinke, Bakenecker, Hahn 2017): Er leitet das Signal an das Gehirn weiter, das über den Parasympathikus darauf reagiert. Die Blutgefäße werden weitgestellt und die Durchblutung erhöht. Das entspannt die Muskeln, was wiederum für eine bessere Schlafqualität und für eine Stärkung des Immunsystems sorgt.

Sobald der Kontakt unterbrochen wird, lässt die Wirkung nach. Mit der Tatsache, dass es keinen länger anhaltenden Effekt gibt, geht Venex offen um.

Die Firma sieht ihre Bekleidung als einen möglichen Baustein für eine bessere Stressbewältigung. Die Folgen eines schlechten Lebensstils lassen sich allein mit dem Tragen der Bekleidung nicht ausgleichen.

Kleiner Test zur Wirkung auf die Muskeln

Wie schnell die Faser wirken kann und wie gut sich mit ihr die Muskeln entspannen können, lässt sich in paar Minuten am eigenen Leib testen.

Für den Muskelentspannungs-Test setzt man sich auf einen Stuhl und breitet die Arme seitlich aus. Eine zweite Person zieht die Arme sanft soweit wie möglich nach hinten. Für die nächsten zwei Minuten (bei muskulösen Menschen eher 10 Minuten) legt man sich ein Venex-Kleidungsstück in den Nacken und wiederholt dann den Funktionstest noch einmal. Die Arme können nun weiter hinter dem Rücken gedehnt werden. Sehr bewegliche Personen schaffen es, laut Produktbroschüre, sogar ihre Handfläche zu berühren.

Die Studienlage zur Regenerationsfaser DPV576

Neben dem kleinen Selbst-Test gibt es auch einige interessante Studien zur Wirkung der Regenerationsbekleidung bzw. von DPV576.

Zur Wirkung von Mischungen aus Nano-Diamanten und Nano-Platin gibt es Studien aus Amerika, Australien und Japan an Mäusen und mit menschlichen Hautzellen, z. B. Ghoneum M, Pan D, Katano H (2014). Immer wieder kamen Forscher zum Ergebnis, dass DPV576 einen positiven Einfluss auf das Immunsystem haben kann.

Auf der Venex-Website befinden sich einige Statements von Professoren und Ärzten zu ihren Studienergebnissen, wie z. B. von Professor Mamdooh Ghoneum: „Die durchgeführten Studien bestätigen, dass durch die Nutzung von Recovery-Wear (Regenerationsbekleidung) die Immunität gesteigert wird. Darüber hinaus bestätigen wir, dass das Material die Keratinozyten der Haut anregt, was einen Teil des Mechanismus erklärt. Ich erachte dieses Material als äußerst interessant!“

Dass Mischungen aus Nano-Diamanten und Nano-Platin eine Wirkung auslösen können, scheint unbestritten. Welche Voraussetzungen notwendig sind, dass die Fasern aus DPV576 den Entspannungsnerv Parasympathikus anregen, scheint mir noch nicht lückenlos erforscht zu sein.

Immer wieder wird von Studienteilnehmer die Wärmereaktion wahrgenommen und der Schlaf als erholsamer beschrieben. Professor Daniel Hahn und seine Kollegen von der Ruhr-Universität Bochum ziehen nach ihrer Studie ein ähnliches Fazit. Sie ließen Sportstudenten an einem Tag zwei hochintensive Krafttrainings absolvieren und beobachteten den Regenerationsprozess über drei Tage. Keiner der Teilnehmer wusste, ob er in den Genuss einer Venex-Textilie kam. Bei verschiedenen Tests zur Leistungseinschätzung zeigten sich keine großen Unterschiede zwischen den Gruppen vor und nach den Trainingseinheiten. Nur bei der subjektiven Einschätzung räumt Professor Hahn einen „einheitlichen Trend mit starkem Effekt“ ein, wie im Statement auf der Venex-Website zu lesen ist.

Aus der Sportärztezeitung (Ausgabe 03-2018, S. 68) erfährt man von Professor Hahn noch ein bisschen mehr über dieses subjektive Empfinden: „So wurde die Schmerzintensität 24 Stunden nach Beendigung des Trainings nach Tragen der Regenerationsbekleidung mit einer Effektstärke von 0,8 als geringer empfunden. Die beobachtete Effektstärke von 0,8 gibt an, dass ein zufällig ausgewählter Studienteilnehmer mit einer Wahrscheinlichkeit von circa 70 Prozent nach Tragen der Regenerationskleidung weniger Schmerz empfindet als nach dem Tragen des Placebo-Produktes. Ähnlich verhielt es sich mit dem subjektiv empfundenen Erholungszustand 24 und 48 Stunden nach dem Training und ebenso mit der Schlafqualität in der dritten Nacht nach dem Trainingstag.“

Für Professor Hahn sprechen diese ersten Ergebnisse dafür, dass die Regenerationsbekleidung von Venex die Erholungsprozesse nach Belastung unterstützen kann, wie er auf der Firmenwebsite zitiert wird.

Selbstverständlich ist die Herzratenvariabilität (HRV) dafür prädestiniert, die Wirkung der Regerationskleidung auf den Parasympathikus mit ihren Parametern darzustellen. Leider fallen die Nachweise mit Hilfe der HRV nicht eindeutig aus.

Eine Studie mit Fußballspielern aus Japan zeigt mit Hilfe der HRV recht deutlich die Vorher-Nachher-Unterschiede. Sportler, die während der Untersuchung Kleidung mit DPV576-F trugen, hatten eine höhere parasympathische Aktivität als die Teilnehmer mit normaler Bekleidung.

Ein etwas anderes Ergebnis zeigt eine weitere Untersuchung von Professor Daniel Hahn und seinen Kollegen von der Ruhr-Universität Bochum . In einer Art von Feldversuch sollte untersucht werden, ob Hochleistungsschwimmer von der Regenerationskleidung profitieren könnten. Neben verschiedenen Leistungstests wurde auch die HRV gemessen. Auch hier konnten aus den Leistungs- und HRV-Parametern keine eindeutigen Ergebnisse abgeleitet werden. Allerdings wird auch auf die „bekannten Problematiken bei Feldmessungen mit Spitzenathleten“ hingewiesen, die zu methodischen Schwachpunkten beitragen.

Eine Studie mit Basketball-Spielern aus 2018 führte ebenfalls zum Ergebnis, dass durch das Tragen von Regenerationsbekleidung aus DPV576-C während der Nacht die subjektive Wahrnehmung (das Befinden) beeinflusst wurde. Nutzer der DPV576-C-Kleidung waren während der Trainingsperiode weniger von Stimmungsverschlechterungen betroffen. Zudem sank die Konzentration des Stresshormon Cortisol im Speichel bei den DPV576-C-Anwendern.

Trotz der nicht durchgängig übereinstimmenden Studienergebnisse habe ich den Eindruck, dass eine Wirkung der Regenerationsbekleidung aufgrund des beeinflussten Wärmeempfindens feststellbar ist. Wobei dies im Wesentlichen nicht mit HRV-Analysen nachvollziehbar ist, sondern auf den Auswertungen von subjektiven Rückmeldungen beruht.

Die Kollektion der Entspannungsmode

Die Kleidungsstücke von Venex sehen schick aus und fühlen sich gut an. Es gibt lang- und kurzärmelige Oberteile, enge und weite Hosen, Arm- und Nackenwärmer sowie Tücher für Therapeuten und Nacktschläfer. Dass es sich um Nachtbekleidung handelt, sieht man den Stücken nicht an.

Gemäß dem Etikett ist der Stoff aus 65 Prozent Lyocell (Tencel), 27 Prozent Polyester (mit der Platin-Mineral-Mischung) und 8 Prozent Elastan zusammensetzt.

Meine eigenen Erfahrungen

Meine ersten Erfahrungen habe ich im letzten Sommer gesammelt. Vielleicht war das nicht der allerbeste Zeitpunkt für mich, da es mir im Bett ohnehin relativ schnell zu warm wird – auch mit normaler Nachtbekleidung. Warme Sommernächte und ein aktivierter Wärmerezeptor haben meiner Begeisterung erst einmal einen Dämpfer versetzt. Ich bin hartnäckig geblieben und habe drei Wochen durchgehalten, wie es im Infomaterial von Venex empfohlen wird. Es wurde besser, aber erst in kühleren Nächten wurde es gut.

Die Venex-Bekleidung trägt sich sehr angenehm. Auch bei der Wärmeentwicklung juckt und kratzt sie nicht, sondern fühlt sich glatt und weich an. Ich hatte mit ihr richtig erholsame Nächte, aber auch einige, in denen ich häufig aufgewacht bin und nur schwer wieder einschlafen konnte. Beide Arten von Schlafverhalten kenne ich auch ohne besonderes Nachtgewand.

Für einen HRV-Langzeit-Test konnte ich Firma corvolution gewinnen. Wir führten zwei mesana-Messungen durch:

- einmal mit normalem Schlafanzug aus Baumwolle,
- einmal mit einem Venex-Regenerations-Langarmhemd.

Die Messungen liefen jeweils zwei Tage in aufeinanderfolgenden Wochen. Um möglichst ähnliche Bedingungen zu schaffen, haben wir immer an den selben Wochentagen gemessen. Bis auf kleine Unterschiede waren meine Tagesaktivitäten an den Mess-Tagen also gleich.

Richtig gut geschlafen habe ich in keiner Nacht während den Messungen. Vielleicht lag es an der Aufregung oder an dem Rekorder. Er sitzt seitlich unter dem Herz, was für mich als Seitenschläfer, mit Vorliebe für die linke Seite, etwas störend war.

Die Testergebnisse von beiden Messungen zeigen keine großen Unterschiede. Eine deutliche Veränderung der HRV-Parameter konnte ich nicht erkennen.

Vielleicht habe ich zu viel erwartet. Wahrscheinlich bin ich der falsche Kandidat für diese besondere Bekleidung, weil ich an sich mit meiner Schlafqualität zufrieden bin. Die Möglichkeit, bei mir eine Regenerationswirkung zu beobachten, war vielleicht wegen des allgemein guten Befindens zu gering. Dass die Faser DPV576 auch bei mir wirken kann, zeigte der kleine Muskeldehnungs-Test.

Mein Fazit

Die Regenerationskleidung von Venex kann die Erholung nach Belastungsphasen und die Entspannung unterstützen. Dabei hängt viel von der persönlichen Ausgangslage und der subjektiven Wahrnehmung ab.

Zur Erholung kann es schon einfach nur deshalb kommen, weil die Kleidung sich in ein Ritual zum Aufbau einer entspannenden Situation einbauen lässt, indem die Gelegenheit geschaffen wird, mal wieder „abzuschalten“.

Für wichtig halte ich noch: Für das Tragen der Kleidung sind keinerlei Nebenwirkungen bekannt. Wer Probleme mit dem Schlaf hat, kann einen Versuch wagen.

P. S.: Das von mir getestete Regenerations-Langarm-Shirt wurde mir dankenswerterweise von der Firma VENEX EUROPE GmbH kostenlos für diese Recherche zur Verfügung gestellt.

Schallpause – klanglich angepasste Musik zur Entspannung

Den Stresspegel in nur 30 Minuten zu senken, das soll mit *Schallpause* besser gelingen, denn dahinter steckt eine besondere Musik. Sie soll den Entspannungsnerv Parasympathikus stimulieren. Wird er anregt, kann sich der Körper erholen. Mit der Messung der Herzratenvariabilität (HRV) lässt sich dieser Effekt analysieren.

Um sich vom Produkt Schallpause im Alltag unterstützen zu lassen, müssten Sie sich eigentlich nur die Kopfhörer aufsetzen, ein Musikstück auswählen und abspielen. Der Musik muss man nicht bewusst lauschen, sondern kann leichten Tätigkeiten (mit einer Herzrate kleiner 100 Pulse pro Minute) nachgehen. Empfohlen wird, die Musik z. B. beim Lesen leichter Texte, Spazierengehen oder einfacher Routinetätigkeiten, nebenher laufen zu lassen. Smartphones und Computer sollen während der *Schallpause* allerdings nicht genutzt werden.

Stress-Wirkung lindern mit klanglich angepasster Musik?

Lässt sich so einfach, ohne großes Zutun, der Stressindex senken und der Parasympathikus aktivieren?

In der Fachzeitschrift sportärztezeitung (Ausgabe 02/18) bezieht sich Herr Dr. Kornelius Kraus in seinem Beitrag auf einen Doppelblindversuch mit Cross-over-Design am Olympiastützpunkt in Heidelberg: Individualsportler hörten die Musik von *Schallpause* und ganz normale Entspannungsmusik. Die Schallpause-Hörer hatten demnach „nach 30 Minuten eine drei- bis vierfache Erhöhung der parasympathischen Aktivität“ im Gegensatz zu den Hörern von üblichen Entspannungsklängen. Bei bereits erholteten Athleten „zeigten sich keine kurzfristigen Veränderungen“ durch weitere Schallpause-Anwendungen.

Weitere Hinweise auf wissenschaftliche Belege der Wirkung von *Schallpause* sind mir bislang nicht bekannt geworden. Für jeden Hinweis wäre ich sehr dankbar, gern in der Kommentarfunktion dieses Blogs.

Auf meine eigenen Erfahrungen mit *Schallpause* gehe ich später noch ein.

Welche Musik mag der Parasympathikus?

Es ist ja allgemein anerkannt, dass Musik einen entspannenden Einfluss auf den Körper haben kann. Selbstverständlich kommt es dabei auch auf den Musikgeschmack und das Umfeld im Moment des Musikgenusses an. Nicht jede Musik wirkt sich bei jedem in gleicher Weise entspannend aus.

Zu einer Entspannung kann es oft schon einfach nur deshalb kommen, weil sich überhaupt die Zeit genommen und eine Gelegenheit geschaffen wird, mal „abzuschalten“.

Der Parasympathikus reagiert aber nicht nur auf den Hörgenuss von Bach-Kantaten und Wellenrauschen, sondern auch auf die Frequenzen, die „mitschwingen“. Bei der *Schallpause* wird die Wirkung von einer sogenannten frequenzmodulierten Musik ausgelöst.

Auf der Website von der *Schallpause* steht zu der Art der Musik: „Der therapeutische Zweck wird durch eine Vielzahl von Klangverschiebungen, Sound-Modulationen und anderen technischen Effekte produziert.“ Es finden sich auch ein paar Hinweise, welche Modulationen vorgenommen werden. Aufgeführt wird Stephen Porges mit

seiner Polyvagal-Theorie, Sinustöne, Mikrotonale Tonstufen, Bi- und Monaurale Beats.

Da die „Musikrichtungen“ nicht unbedingt zum üblichen Lernstoff in der Schule gehören, möchte ich damit erst einmal anfangen.

Eigene Modulationen der Schallpause

Frequenz der Stimme

Die Polyvagal-Theorie (PVT) stammt vom amerikanischen Professor für Psychiatrie und Biomedizintechnik Stephen Porges (Überblick).

Porges fand in seinen Experimenten mit kranken und traumatisierten Menschen heraus, dass sich der Parasympathikus über den Musculus stapedius mit frequenzmodulierter Musik aktivieren lässt.

In seinem Buch „Die Polyvagal Theorie“ findet sich ein Kapitel „Musiktherapie und Trauma aus Sicht der Polyvagal-Theorie“, hier wird der Frequenzumfang folgendermaßen beschrieben:

„Der Frequenzumfang von Melodien ähnelt meist der menschlichen Stimme. Die akustischen Eigenschaften von Melodien, die in der Regel den Bereich des mittleren C bis zum zwei Oktaven höher liegenden C umfassen, passieren die Strukturen des Mittelohrs problemlos, unabhängig vom neuronalen Tonus der Mittelohrmuskeln.“
(Quelle: Die Polyvagal-Theorie, Seite 262)

Bi- und monaurale Beats

Als ich bei den *Schallpause*-Machern nach den verwendeten Modulationen fragte, wurde mir neben den bi- und monauralen Beats auch noch Isochrone Beats genannt. Alle drei haben gemeinsam, dass sie die Gehirnwellen anregen sollen. Am interesstesten und überzeugendsten sind wohl die binauralen Beats. Für sie gibt es ein paar Studien, die erste Hinweise auf entspannende und schlaffördernde Wirkung geben. Ganz aufschlussreich ist die Übersichtsarbeit von Leila Chaieb und ihren Kollegen zu diesem Thema.

Um die Wirkung besser nachvollziehen zu können, möchte ich kurz erklären, was binaurale Beats überhaupt sind. Eigentlich handelt es sich dabei um eine akustische Täuschung, denn wir hören sie nicht mit den Ohren, die Töne entstehen in unserem

Gehirn. Dafür werden gleichzeitig zwei leicht verschiedene Töne gespielt. Das rechte Ohr hört also etwas anderes als das linke. Im Gehirn kommt zu einer Überlagerung der beiden Frequenzen. Ein weiterer Ton entsteht, der je nach Frequenz die Gehirnwellen anregen soll. Möglich sind binaurale Beats natürlich nur mit Stereokopfhörern.

Sinustöne

Bei den Sinustönen muss ich leider passen. Ich kenne die Verwendung bei den binauralen Beats, aber als einzelne Zutat fehlt mir das Wissen. Bei Wikipedia ist nur zu erfahren, dass der Klang von Sinustönen im Allgemeinen als steril oder leer empfunden wird. Bei meinen Nachfragen wurde ich freundlich auf die Website verwiesen: „Sinustöne, die – ausgehend von zyklischen Rotationsfrequenzen – in den hörbaren Bereich oktaviert werden, wirken sich positiv auf den menschlichen Organismus und die Stimmung aus.“

Mikrotonale Töne

Während die westliche Musik die Oktave in 12 Halbtöne unterteilt, gibt es in der indischen Musiklehre noch 22 Mikrotöne. Ähnliche „Vierteltöne“ finden übrigens auch in der arabischen und persischen Musik Verwendung. In diesen Ländern wird die Mikrotonale Musik durchaus als Therapie aufgefasst, die eine Wirkung auf die Psyche hat. Sie soll entspannen, die Stimmung aufhellen, Sorgen und Ängste nehmen. Teilweise findet sie auch Anwendung bei Herzpatienten.

Neben alten Überlieferungen und Erfahrungswerten bedarf es noch weiterer Untersuchungen. Erste wissenschaftliche Hinweise zur Wirkung auf das Herz gibt es bereits aus Asien.

So hört sich die Schallpause an

Wenn man sich überlegt, was in die *Schallpause* alles für Modulationen reingepackt wurden, dann wundert man sich nicht, dass die Musik etwas konstruiert und künstlich klingt. Naturgeräusche, Spährenklänge, Trommeln, Elektrosounds und Gesangsfetzen sollen die Musik hörbar machen. Dass sie Musikliebhabern nicht gefallen könnte, dem möchte die Firma auf ihrer Website mit folgender Anmerkung vorbeugen: „Der therapeutische Zweck wird durch eine Vielzahl von Klangverschiebungen, Soundmodulationen und anderen technischen Effekte produziert. Deshalb hören sich manche Passagen anfangs sehr fremdartig, unter Umständen sogar störend und neu an.“

Musik für jede Lebenslage

Die *Schallpause* bietet Musikstücke zur Regeneration, für mehr Energie und zur Verbesserung des Schlafs. Wie die Modulationen in den drei Bereichen verwendet werden, konnte ich nicht Erfahrung bringen. Ich hatte mir erhofft, mehr über die Wirkung der *Schallpause* zu erfahren. Dass sie nach Nutzen und Ziel angewendet werden, war mir klar, dass auch der Geschmack des Künstlers einfließt, fand ich erstaunlich.

Letztendlich ist man als Einsteiger bei der Auswahl auf die Empfehlungen des Herstellers angewiesen.

Für wen eignet sich die Schallpause?

Sie richtet sich an Menschen, die sich gestresst und überlastet fühlen, die bewusst entspannen, Energie tanken oder einfach nur gut schlafen wollen. Aber auch an Sportler, die sich auf ein Training oder Wettkampf vorbereiten und danach schneller entspannen möchten.

Viele renommierte Firmen nutzen die Anwendung von *Schallpause* für ihre Mitarbeiter im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements (BGM). Mit ihr sollen Entspannungsphasen im Berufsalltag trainiert werden, um stressbedingten Krankheiten vorzubeugen. Im Leistungssport sind es vor allem Vereine, die für eine Verbesserung des Trainings ihrer Sportler auf die *Schallpause* zurückgreifen. Mit der *Schallpause* soll der Körper schneller in die Erholungsphase kommen und neue Kräfte sammeln.

Wie wird Schallpause angewendet?

Die Schallpausen-Playlists umfassen mehrere Musikstücke mit unterschiedlicher Länge in den Bereichen Entspannung, Energie und Schlaf. Beim ersten Durchhören bekommt man den Eindruck, dass für jeden Musikgeschmack etwas dabei sein sollte.

Neben der frequenzmodulierten Musik und wird vom Unternehmen auf einen speziellen Kopfhörer sehr großen Wert gelegt. Am besten ist ein Studiokopfhörer, der die Musik unverfälscht wiedergeben soll. Für einen Entspannungseffekt werden drei Anwendungen á 30 Minuten pro Woche empfohlen.

Man kann das komplette Equipment, also die Musik, Player und Kopfhörer für drei, sechs oder zwölf Monate mieten. Kostengünstiger ist die Nutzung der Schallpause-App mit eigenen Kopfhörern.

Meine Erfahrungen

Bevor ich mit meinen letzten Testergebnissen beginne, möchte ich vorausschicken, dass ich 2017 schon einmal die *Schallpause* ausprobierte. Damals gab es nur Musik zur Entspannung in Form des *Schallpause*-Hardware-Pakets, also einschließlich geschlossenem Studio-Kopfhörer und MP3-Player, und noch nicht die Smartphone-App-Lösung. Als Basis für die Modulationen der Musik wurde im Wesentlichen nur die Polyvagal-Theorie kommuniziert. Bei einigen Stücken der „alten“ *Schallpause* konnte ich deutlichere Verbesserungen meiner Herzratenvariabilität (HRV) feststellen als mit der jetzt angebotenen Musik und der App-Lösung.

Meine folgenden Ausführungen beziehen sich auf die „neue“ *Schallpause*. Ich habe die Musik über die App ausgewählt und eigene Hi-Fi-Kopfhörer (beyerdynamic DT 990) benutzt. Vor und nach der Anwendung habe ich die HRV mit der VNS-Analyse gemessen, außer bei der Schlafmusik. Während die Musik lief, habe ich teilweise auch meine HRV mit dem System abios life aufgezeichnet und ausgewertet. Alle Stücke habe ich mindestens zweimal gehört: Entweder habe ich dabei etwas gemacht – gelesen, gekocht oder aufgeräumt – oder nur auf der Couch oder im Bett gelegen.

Eine eindeutige Aussage zur Wirkungsweise kann ich nicht treffen, weil meine Testergebnisse zu unterschiedlich ausfielen:

- Die besten Ergebnisse, also eine Verbesserung der HRV, konnte ich immer nur dann beobachten, wenn die HRV-Parameter vorher schlecht waren.
- Bei mittel-guten Werten blieb die Wirkung entweder aus oder war viel geringer. Hier können auch schwankende Empfindlichkeiten auf Störfaktoren bei der HRV-Messung einen Einfluss gehabt haben.
- Keine Veränderung, bzw. teilweise eher eine kleine Verschlechterung, hatte ich bei sehr guten HRV-Werten. Auch am Olympiastützpunkt in Heidelberg hatte man das während des Pilotversuchs bei den erholten Athleten beobachtet. Eigentlich logisch, denn gute HRV-Werte lassen sich nur schwer verbessern.
- Mit meinem ungeschulten Ohr konnte ich nicht unterscheiden, ob ich gerade ein Musikstück für mehr Energie oder zur Regeneration höre.

- Bei allen Musikstücken zur Regeneration war der Entspannungseffekt beim Nichtstun viel besser. Bei leichten Aktivitäten wurden die HRV-Parameter eher schlechter. Ich glaube, mich hat in manchen Stücken das Arrangement der vielen Modulationen überfordert. Teilweise schwirrten sie mir regelrecht durch den Kopf.
- Bei der Musik aus dem Energie-Bereich sollte es zu einer Aktivierung des Sympathikus kommen. Ich konnte keine eindeutigen Veränderungen feststellen. Es gab Stücke, bei denen meine Belastungswerte stiegen. Manchmal war aber auch der Entspannungseffekt größer als bei der Regenerationsmusik.
- Die Musikstücke zur Schlafförderung haben mir beim Einschlafen nicht geholfen. Sie waren mir teilweise zu dominant oder vielschichtig: Wortfetzen und eine aufdringliche Klavierpassage oder Tropfen, Glockenläuten und Spährenklänge – alles auf einmal. Manche Kompositionen erinnerten mich auch eher an den Spannungsaufbau in Filmen, wenn gleich etwas passiert. Top ist, dass man hier eine Zeit einstellen kann, um den Player automatisch zu stoppen.

Während meiner Selbstversuche habe ich auch mit anderen Musikstücken experimentiert. Bei ihnen hatte ich teilweise bei den Vorher-Nachher-Messungen auch eine Verbesserung der HRV-Parameter. Ich will damit zum Ausdruck bringen: Es gibt viele Arten von Musik, die einen positiven Einfluss auf das vegetative Nervensystem haben können. Warum die frequenzmodulierte Musik von *Schallpause* besonders gut wirken soll, dazu müsste man noch mehr über die verwendeten Modulations-Verfahren und die Wirkung auf das vegetative Nervensystem wissen.

Insgesamt ist mir wichtig zu betonen, dass man sich einen Rahmen für Entspannung schaffen kann. Die *Schallpause* kann zur hilfreichen Gewohnheit werden.

Das Nutzungsangebot ist insoweit fair, dass man mit geringen Anfangskosten für sich persönlich die individuelle Wirkung testen kann und sich mit dem monatlichen Abonnement nicht dauerhaft bindet.

P.S.: Für meine zwei Testperioden hat mir die Firma projekt-dialog gmbh dankenswerterweise die Nutzung der *Schallpause* kostenlos ermöglicht.

Koffein beeinflusst die HRV

Koffein weckt die Lebensgeister. Es wirkt schnell. Innerhalb kurzer Zeit verteilt es sich über das Blut im ganzen Körper. Auch die HRV steht unter dem Einfluss der milden Stimulanz. Aber nicht nur kurzfristig – in eigenen Studien zeigte sich, dass Koffein auch langfristig positiv auf die HRV wirken kann.

Eigentlich wollte ich nur über einen weiteren Einflussfaktor auf die Herzratenvariabilität (HRV) schreiben: dem Koffein. Neben Alkohol und Nikotin verändert auch Koffein das Messergebnis. Bei meiner Recherche bin ich jedoch auf verschiedene Studien gestoßen, die dem Koffein ganz neue Wege in der Gesundheitsprävention eröffnen. Diese Entdeckung möchte Ihnen im weiteren Verlauf des Beitrags nicht vorenthalten.

Ich habe aber auch viel Verwirrendes und Widersprüchliches zum Thema Koffein gefunden. Einzelne Studien bescheinigen dem Koffein eine positive Wirkung auf die HRV, andere eine negative oder gar keine. Das wissenschaftliche Dilemma wird in der Übersichtsarbeit von Julian König deutlich. Über 68 Arbeiten hat er mit seinen Kollegen gesichtet, 13 davon fließen in seine Gegenüberstellung ein.

Am Ende kann auch er keine eindeutige Aussage über den Einfluss von Koffein auf die HRV treffen. Die Studien waren zu unterschiedlich gestaltet und die Studienergebnisse zeigten sich sehr empfindlich. Ein paar Tendenzen lassen sich jedoch erkennen:

- Dass die Herzfrequenz steigt, ist am besten belegt.
- Der Anstieg der High Frequency (HF) ist eine weitere Erkenntnis des Studienvergleichs. In sechs der 13 Arbeiten wurde eine deutliche Erhöhung beobachtet.

Wenn man sich von dem wissenschaftlichen Durcheinander löst und nur einzelne Studien betrachtet, könnte Koffein vor allem bei Menschen mit einer schlechten HRV eine positive Wirkung haben.

Koffein – Schutz für Diabetiker

Diabetiker haben häufig eine verminderte HRV, was bedeutet, dass sie ein erhöhtes Risiko haben, eine Herz-Kreislauf-Erkrankung zu entwickeln. In der Studie von Richardson und Kollegen wurde die Wirkung des Koffeins auf die HRV bei Typ-1-Diabetikern und gesunden Teilnehmern untersucht. Beide Gruppen nahmen über zwei Wochen zweimal täglich 250 Milligramm Koffein in Tablettenform ein – was etwa drei bis vier Tassen Filterkaffee pro Tag entspricht.

Die HRV wurde nach zwei Wochen gemessen. Bei beiden Gruppen hatte sich die HRV positiv verändert. Bei den Diabetikern war der sNN50 (spiegelt ähnlich wie der pNN50 die Aktivität des Parasympathikus wider) um 103 Prozent angestiegen und bei den gesunden Teilnehmer um 38 Prozent. Ähnlich positiv waren die Ergebnisse bei den Parametern der Frequenzanalyse. Der HF-Parameter war höher und der LF-Parameter niedriger als vor dem regelmäßigen Koffeinkonsum.

Ist der Morgenkaffee gut für HRV?

Ohne die morgendliche Dosis Koffein können die meisten von uns nur schwer in den Tag starten. Sie weckt die Lebensgeister. Eine bessere HRV wäre eine schöne Nebenwirkung. Jedoch lässt sich eine eindeutige Aussage nicht treffen. Es gibt Studien, die für den Konsum von Koffein sprechen und Studien, die ihm keine große Wirkung bescheinigen. Julian König und seine Kollegen kommen in ihrer Übersichtsarbeit zu dem Schluss, dass Koffein eher den Parasympathikus als den Sympathikus anregt. Er merkt in seinem Bericht an, dass die Wirkung wohl auch vom gesundheitlichen Zustand des Konsumenten abhängt. Aber nicht nur davon. In der Studie von Monda und seinen Kollegen wurde die Koffeinwirkung (75 Milligramm) bei den Teilnehmern in sitzender und liegender Körperhaltung untersucht. Sein Ergebnis spricht eindeutig für den Kaffee im Bett. Für alle, die sich jetzt gefreut haben, morgens länger liegen bleiben können, gibt es auch Gegenargumente. In einigen Studien konnte eine Wirkung nur während sportlicher Aktivitäten festgestellt werden.

Die Wirkung im Körper

Egal, ob Sympathikus oder Parasympathikus reagieren, Koffein macht etwas mit unserem Körper. Auf das vegetative Nervensystem (VNS) wirkt das Koffein wie eine milde Stimulanz: Das Herz schlägt schneller, der Puls erhöht sich, der Blutdruck steigt an, die Bronchien und Blutgefäße weiten sich. Unter dem Einfluss des Koffeins wird der gesamte Körper aktiviert. Aber nicht nur körperlich profitieren wir von dem Muntermacher, auch geistig hilft er uns: Stimmung, Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit verbessern sich.

Die belebende Wirkung des Koffeins entsteht, weil es den Neuromodulator Adenosin bei seiner Arbeit im Gehirn behindert. Aktivierende Neurotransmitter wie z. B. Dopamin können durch die Schwächung des Adenosins vermehrt ausgeschüttet werden, was an den Synapsen zu einer verbesserten Erregungsweiterleitung von Impulsen führt.

Vor der HRV-Messung keinen Kaffee trinken

Die Wirkung auf das vegetative Nervensystem macht deutlich, warum Koffein nicht vor einer HRV-Messung konsumiert werden sollte. Am besten ist es, Klienten oder Patienten schon im Vorfeld auf den Zusammenhang aufmerksam zu machen. Aber bitte nicht vergessen, dass Koffein nicht nur im Kaffee (50 bis 100 mg pro 150 ml) enthalten ist, sondern auch im schwarzen oder grünen Tee (20 bis 60 mg pro 150 ml), Cola (32 bis 60 mg Koffein in 330 ml), Energy Drinks (ca. 80 mg pro 250 ml) und Halbbitterschokolade (ca. 75 mg pro 100 g).

Auch wenn entkoffeinierter Kaffee fast kein Koffein enthält, gibt es eine Studie, die ihm eine kurzfristige Steigerung der parasympathischen Aktivität bescheinigt. In der Studie wurden Espressos mit und ohne Koffein sowie heißes Wasser gereicht. Eine positive Wirkung konnte bei allen Teilnehmern (auch bei den Wassertrinkern) beobachtet werden. Bei regelmäßigen Kaffeetrinkern war die Steigerung bei entkoffeiniertem Espresso allerdings geringer.

Wirkungsdauer des Koffeins

Für die Bewertung der HRV-Parameter ist es sinnvoll, die Wirkungsdauer des Koffeins zu berücksichtigen. Daran lässt sich in etwa abschätzen, wie die Messergebnisse von der verstrichenen Zeit nach der Koffeinnahme abhängig sind.

Innerhalb von 45 Minuten wird das Koffein über den Magen-Darm-Trakt aufgenommen. Die höchsten Konzentrationen im Blutplasma sind nach 15 bis 120 Minuten erreicht. Die Blut-Hirn-Schranke passiert das Koffein nahezu ungehindert.

Bei der Einschätzung, wie lange die Koffeinwirkung anhält, hilft die Halbwertszeit des Koffeins. Die Verweildauer im Blut hängt stark vom Alter ab. 2,5 bis 5 Stunden beträgt die Halbwertszeit bei Jugendlichen und Erwachsenen, bei Säuglingen und Kleinkindern liegt sie bei bis zu 100 Stunden. Bei Rauchern verkürzt sie sich um 30 bis 50 Prozent. Verdoppeln kann sich die Halbwertszeit bei Frauen, die die Anti-Baby-Pille nehmen. Auch bei Schwangeren wird Koffein langsamer abgebaut.

In Bezug auf die HRV-Parameter gibt es von wissenschaftlicher Seite wieder ganz unterschiedliche Erkenntnisse. Sie reichen von keiner Veränderung auf die HRV bei regelmäßigen Kaffeetrinkern bis zu einer deutlichen Einflussnahme bei allen Konsumenten.

In einer indischen Studie mussten 35 gesunde Studenten auf nüchternen Magen gesüßten Instantkaffee mit 1,3 Milligramm Koffein trinken. Nach 30 Minuten war ihr High Frequency-Parameter erhöht, nach einer Stunde war der Koffein-Zauber schon wieder vorbei. Vielleicht lag es an der geringen Koffeinmenge, dass die Wirkung nur so kurz anhielt. In der bereits erwähnten Übersichtarbeit von Julian König und seinen Kollegen kann man sich auf „Table 3“ die Mess-Details von den betrachteten Studien anschauen. In welchen zeitlichen Abständen die HRV gemessen wurde, hilft vielleicht auch bei der eigenen Einschätzung der Wirkung weiter. In der Studie von Monda und Kollegen beispielsweise wurde Espresso gereicht und nach 150 Minuten die HRV gemessen.

Wieviel Koffein ist gut für die HRV?

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) schätzt für gesunde Erwachsene bis zu 200 Milligramm Koffein als Einzeldosis als unbedenklich ein. Das sind, je nach Röstung und Zubereitung, zwei bis drei Tassen Kaffee am Tag. Kaffee-Junkies sollten über den Tag verteilt nicht mehr als 400 Milligramm zu sich nehmen.

Ganz ähnliche Erkenntnisse gibt es auch in Bezug auf die HRV-Parameter. In einer brasilianischen Kohortenstudie wurde der Einfluss des Koffeins auf die HRV bei über 15.000 Beamten mit einem Durchschnittsalter von 52 Jahren untersucht. In der Studie war alles vertreten: von kein Kaffee bis ganz viel am Tag. Beobachtet wurden die Staatsdiener über 12 Monate. Das Ergebnis für die Viel-Kaffeetrinker (drei oder mehr Tassen am Tag) mag im ersten Moment erschrecken: Der RMSSD-Parameter war um vier Prozent niedriger als bei den Teilnehmern, die wenig bis gar keinen Kaffee tranken. Da in der Studie auch andere Gewohnheiten abgefragt wurden, konnte bei den starken Kaffeetrinkern auch ein vermehrter Alkohol- und Nikotinkonsum festgestellt werden. Das ist jedoch keine Entwarnung für Abstinenzler und Nichtraucher. Der Trend zu einer schlechten HRV bleibt, wenn zu viel Kaffee getrunken wird.