

INHALT

1.	DIE GESCHICHTE DER HRV	10
2.	PHYSIOLOGIE DER HRV – EIN ERSTER ÜBERBLICK	14
2.1.	Was wird mit der HRV gemessen und dargestellt?	17
3.	WIE ENTSTEHT AUS EINEM 24-STUNDEN-EKG EIN HRV-BILD?	21
4.	AUSWERTUNGSMÖGLICHKEITEN DER HRV	26
4.1.	Störfaktoren der Auswertung	26
4.1.1.	Grundregeln für HRV-Messungen	27
4.1.2.	Kurzzeit- versus 24-Stunden-Messung	27
4.1.3.	Das Histogramm	28
4.2.	HRV-Analyse im Zeitbereich (Time Domain)	29
4.2.1.	SDNN	29
4.2.2.	pNN 50%	30
4.2.3.	rMSSD	31
4.3.	HRV-Messung im Frequenzbereich	32
4.3.1.	QPA – Puls-Atem-Quotient	36
4.3.2.	Der Bereich der Low Frequency (LF)	37
4.3.3.	Der Bereich der Very Low Frequency (VLF) und Ultra Low Frequency (ULF)	39
4.3.4.	Die Total Power (TP)	40
4.3.5.	log LF/HF	41
4.4.	Nonlineare Analyse (Poincare- oder Lorenz-Plot)	42
5.	DAS VEGETATIVE NERVENSYSTEM	45
5.1.	Zentrales autonomes Netzwerk	45
5.1.1.	Thalamus – das Tor zum „Bewusstsein“	46
5.1.2.	Hypothalamus – „Integrator viszeraler Inputs“	46
5.1.3.	Cerebellum – „der Bordcomputer, der immer Bescheid weiß“	47
5.1.4.	Amygdala – „Kupplung“	47
5.1.5.	Insula – „Material me“ des Menschen (Craig 2004)	47
5.1.6.	Gyrus cinguli – integriert Informationen von innen und außen	48
5.1.7.	Somatosensorischer Kortex – sensible Repräsentation des Körpers	48
5.1.8.	Präfrontaler Kortex – emotionale Evaluierung viszeraler Signale	48

5.1.9.	Neuroimaging	48
5.2.	Parasympathikus	50
5.2.1.	Nervus vagus	50
5.2.2.	Acetylcholin	53
5.3.	Sympathikus und Herz-Kreislauf-System	53
5.3.1.	Noradrenalin	55
5.4.	Autonome Kontrolle der Herzfrequenz	56
5.5.	Autonome Reflexbögen	57
5.5.1.	Kurzzeitregulation des Blutdrucks durch den Baroreflex	57
5.6.	Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS)	59
5.7.	Stressachse	61
5.8.	Schmerz und HRV	62
6.	CHRONOBIOLOGIE	70
6.1.	Die Tag-Nacht-Regulation	71
6.2.	Genetische Grundlagen der inneren Rhythmen	76
6.3.	Hormonsekretion im Tagesverlauf	77
6.4.	Beispiele für den Tag-Nacht-Rhythmus im Spektrogramm	79
7.	SCHLAF	83
7.1.	Normaler Schlaf hat eine Architektur	83
7.2.	Gesunder Schlaf hat eine Architektur	85
7.3.	Schlafstörungen	90
7.3.1.	Insomnie	90
7.3.2.	Schlafbezogene Atemstörungen	90
7.3.3.	Schmerzen unterschiedlichster Genese	100
7.3.4.	Stoffwechselerkrankungen	100
7.3.5.	Klimakterisches Syndrom	101
7.3.6.	Medikamente, psychotrope Substanzen	101
7.3.7.	Nikotin	102
7.3.8.	Umweltbelastungen (z.B. Lärm)	102
7.3.9.	Depression und Schlaf	102
8.	EINFLUSSFAKTOREN DER HRV-MESSUNG	105
8.1.	Genetik	105
8.2.	Epigenetik – Interface zwischen Genen und Umwelt	107
8.2.1.	Epigenetische Prägungsphasen	111

8.2.2.	Fetale Herzratenvariabilität	112
8.2.3.	HRV und Stress in der Schwangerschaft	113
8.2.4.	HRV und epigenetische Prägungen des Stoffwechsels	114
8.2.5.	Ernährung und HRV	114
8.2.6.	Bewegung und HRV	115
8.3.	Redoxpotential, Inflammation und Immunsystem	122
8.3.1.	Redoxsystem	122
8.3.2.	Die HRV-Messung widerspiegelt das Redoxpotential auf zellulärer Ebene	124
8.3.3.	Das Gleichgewicht liegt in der Mitte	125
8.3.4.	Immunität beeinflusst Regulation und vice versa	125
8.3.5.	Entzündung	126
8.3.6.	Das autonome Nervensystem und Inflammation	127
8.3.7.	Das parasympathische Nervensystem und Inflammation	128
8.3.8.	Das sympathische Nervensystem und Inflammation	130
8.4.	Alterung	132
8.4.1.	Telomere als Marker des biologischen Alters	136
8.4.2.	Alterskorrelierte „Normwerte“	143
8.4.3.	Kinder und Jugendliche	146
8.4.4.	Senioren	147
8.5.	Gender-Effekte	148
8.5.1.	HRV-Score	152
8.6.	Unmittelbare und kurzfristige Einflüsse auf die HRV	154
8.6.1.	Akute Infekte	154
8.6.2.	Medikamente	156
8.6.3.	Genuss- und Suchtmittel	162
8.7.	Substanzspezifische längerfristige Einflüsse auf das vegetative Nervensystem	169
9.	STOFFWECHSELERKRANKUNGEN	178
9.1.	Zentrale Adipositas	178
9.1.1.	Die Rolle einfacher Kohlenhydrate	178
9.1.2.	Leptin	178
9.1.3.	Insulin	179
9.1.4.	Cortisol	179
9.1.5.	Viszerale Adipositas	179
9.1.6.	NAFLD	180
9.1.7.	Metabolisches Syndrom	182
9.2.	Diabetes mellitus	182
9.2.1.	Kardiale autonome Neuropathie (CAN)	182

10. NEUROKARDIOLOGIE	192
10.1. HRV und Mortalität – plötzlicher Herztod	192
10.2. Herzinsuffizienz	199
10.2.1. Cheyne-Stoke-Atmung	201
10.3. Arterielle Hypertonie	202
10.4. Chronisch obstruktive Lungenerkrankung	206
10.5. Angststörungen	207
10.6. Depression	211
10.6.1. Neurobiologie der Depression	211
10.6.2. Depression und Herz-Kreislauf-Erkrankungen	216
10.6.3. Körperliche Aktivität und antidepressive Wirkung	218
10.7. Stress	219
10.7.1. Chronisches Überlastungssyndrom – Übertraining – Burn-out	221
10.7.2. Chronische Stressbelastung im HRV-Bild	223
10.7.3. Chronisches Überlastungssyndrom im HRV-Bild	226
10.7.4. Burn-out im HRV-Bild	230
11. KLINIK DER AUTONOMEN DYSFUNKTION	237
11.1. Lokalisierte autonome Dysfunktionen	237
11.2. Generalisierte autonome Dysfunktionen	237
11.2.1. Primär (unbekannte Ursache)	237
11.2.2. Sekundär (bekannte Ursache)	238
11.3. Anamnese des autonomen Nervensystems, Anamnesebogen	239
12. AUSSCHLUSSKRITERIEN FÜR EINE HRV-MESSUNG	242
13. DURCHFÜHRUNG EINER MESSUNG	248
13.1. Elektrodenqualität	248
13.2. Hautvorbereitung	248
13.3. Platzierung der Elektroden	248
13.4. Start der Messung	248
13.5. Befundung	249
13.5.1. Patiententagebuch	251
13.5.2. Parameter	252
13.5.3. Beurteilung	254
14. AUSBLICK	257

„In der Wissenschaft gibt es keinen Platz für Dogmen.

*Der Forscher ist frei, jede Frage zu stellen,
jede Annahme anzuzweifeln, nach jedem Indiz zu suchen
und jeden Irrtum zu korrigieren.*

*Wo immer Wissenschaft benutzt wurde, um einen
neuen Dogmatismus zu errichten, hat sich dieser Dogmatismus
als unvereinbar mit dem wissenschaftlichen Fortschritt erwiesen;
und am Ende wurde das Dogma aufgegeben,
oder Wissenschaft und Freiheit sind beide untergegangen.“*

J. ROBERT OPPENHEIMER,
AMERIKANISCHER PHYSIKER, 1904–1967