

Telovital GmbH
Office Park I / TOP 4
A – Wien – Flughafen
Telefon: 0043 7007 32550

clue-medical-Familie

Begriffserklärungen und -definitionen

- **Einkanal - EKG zur Aufnahme applikationsspezifischer EKG-Abschnitte**

Der Pumpfunktion des Herzens geht bekanntlich eine elektrische Erregung voraus, die im Normalfall vom Sinusknoten ausgelöst wird und über das herzeigene Erregungsleitungssystem zu den Muskelzellen läuft. Die elektrischen Potenzialänderungen am Herzen, Herzstromkurve oder Elektrokardiogramm (EKG) genannt, können an charakteristischen Orten der Körperoberfläche als Ableitungen ermittelt und als Zeitfunktion für eine bestimmte Meßzeit aufgezeichnet werden. Da die Analyse der auftretenden Herzschläge (RR-Abstände) im Mittelpunkt der Auswertung in der clue-medical-Familie steht und diese in jeder Ableitung gleich sind, ist ein 1-Kanal-EKG ausreichend. Die für telemedizinische Anwendungen notwendige einfachste Handhabung wird mittels Festelektroden auf der Gehäuserückseite realisiert. Ein zweiter EKG-Verstärker erlaubt es, mit Klebeelektroden andere bipolare Ableitungen auszuwerten.

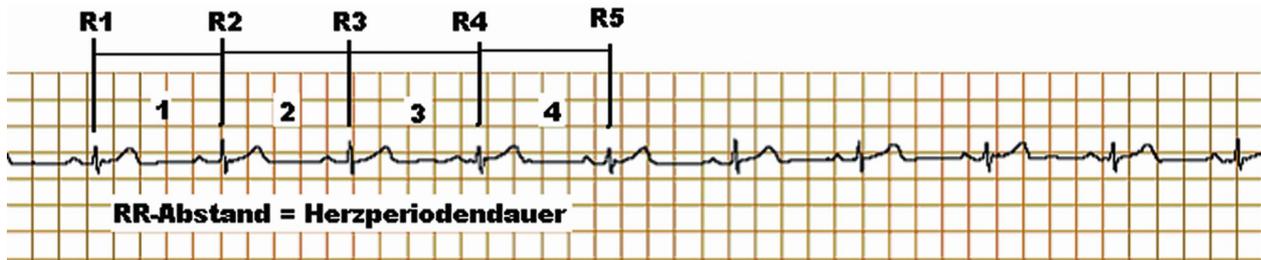


Abb. : Zeitlicher Ausschnitt eines 1kanaligen Tele-EKGs einschließlich markierte RR-Abstände als zugehörige Herzperiodendauern

- **Meßzeit**

Mit Hilfe der Signaltheorie lässt sich zeigen, dass zur Quantifizierung der vegetativen Komponenten des kardiovaskulären Systems zum Meßzeitpunkt eine Meßzeit von minimal 120 Sekunden erforderlich ist, was in der clue-medical-Familie als Grundmodul realisiert ist. Es sind auf der Basis dieses Grundmoduls ebenso 24-Stunden-Registrierungen möglich, wobei dann nur die Abstände zwischen den Herzschlägen erfasst und übertragen werden.

- **autonomes Nervensystem**

Das autonome Nervensystem, bestehend aus den Komponenten Sympathikus, Parasympathikus und Darmnervensystem, innerviert die glatte Muskulatur aller Organe sowie das Herz und die Drüsen. Es regelt die lebenswichtigen Funktionen der Atmung, des Kreislaufs, der Verdauung, des Stoffwechsels, der Drüsensekretion, der Körpertemperatur und der Fortpflanzung. Es ist nicht oder kaum willkürlich kontrollierbar, es ist autonom. Neben dem Hormonsystem stellt es eines der beiden Informationssysteme zwischen den einzelnen Organen dar.

- **Sympathikus**

Eine Komponente des autonomen Nervensystems. Er reguliert das Herz-Kreislaufsystem einschließlich Organtätigkeit und bewirkt Leistungssteigerung, erhöht u.a. Herzfrequenz (Puls) sowie Blutdruck und ist auch Ausdruck bzw. ein Maß für Stress. Die vom Sympathikus kontrollierten Organe sind die glatten Muskelfasern aller Organe (Gefäße, Eingeweide, Ausscheidungs- und Sexualorgane, Haare, Pupillen), die Herzmuskelfasern und manche Drüsen (Schweiß-, Speichel-, Verdauungsdrüsen). Außerdem werden die Fettzellen, die Leberzellen, die Nierentubuli, lymphatische Gewebe (z. B. Thymus, Milz, Lymphknoten) und Teile des Immunsystems sympathisch innerviert.

- **Parasympathikus**

Andere Komponente des autonomen Nervensystems. Er wird auch als „Ruhenerve“ bezeichnet, da er dem Stoffwechsel, der Regeneration und dem Aufbau körpereigener Reserven dient. Der Parasympathikus sorgt für Ruhe, Erholung, Schonung und kontrolliert unwillkürlich die meisten inneren Organe sowie den Kreislauf. Er reduziert Herzfrequenz (Puls) sowie Blutdruck und wird stark von der Atmung beeinflusst. Der Parasympathikus steuert die glatte Muskulatur und die Drüsen des Magen-Darm-Traktes, der Ausscheidungsorgane, der Sexualorgane und der Lunge. Er innerviert weiterhin die Vorhöfe des Herzens, die Tränen- und die Speicheldrüsen im Kopfbereich und die inneren Augenmuskeln. Dagegen besitzt er keinen direkten Einfluss auf die Schweißdrüsen und das gesamte Gefäßsystem (mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. bei den Genitalorganen). Hier liegt bekanntlich der entscheidende Unterschied zum Sympathikus, der alle Gefäße innerviert.

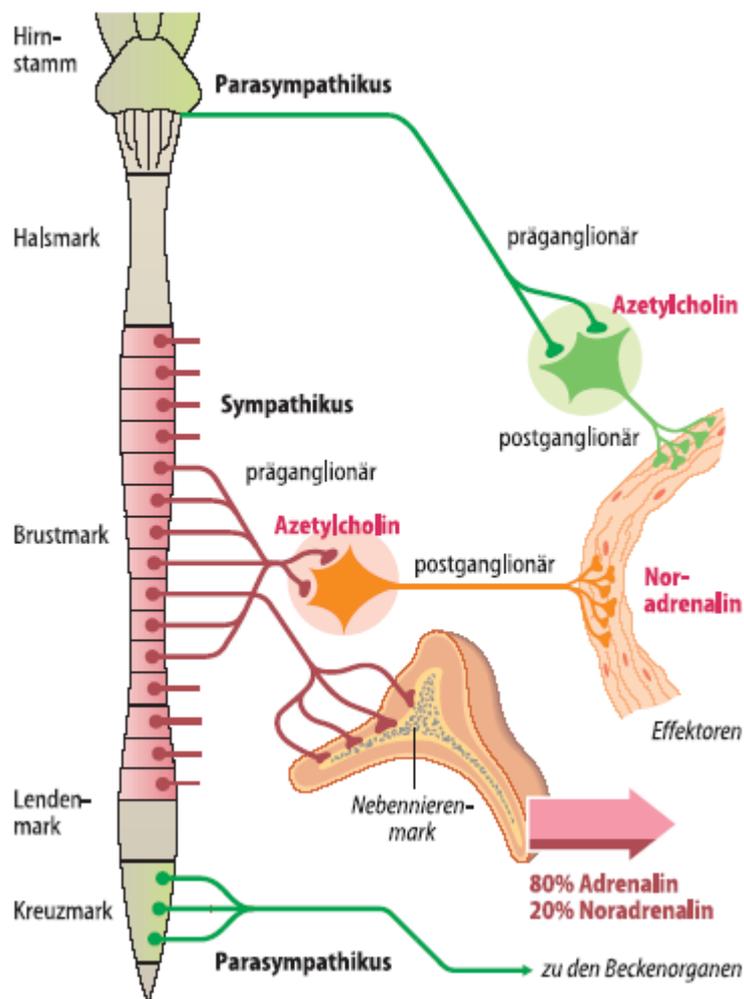


Abb.: Ursprung und Aufbau des peripheren vegetativen Nervensystems.

Links die Ursprungsgebiete der Zellkörper präganglionärer Neurone des Sympathikus (rot) und des Parasympathikus (grün) im Hirnstamm und den verschiedenen Abschnitten des Rückenmarks. Rechts davon eine schematische Darstellung des Verlaufs prä- und postganglionärer sympathischer und parasympathischer Neurone. Die synaptischen Überträgerstoffe der zweistufigen Neuronenketten des peripheren autonomen Nervensystems in den Ganglien und auf den Effektoren sowie die Natur ihrer postsynaptischen Rezeptoren sind angegeben. Das Nebennierenmark (unten Mitte) besteht aus umgewandelten postganglionären sympathischen Zellen. Sympathische Aktivierung dieser Zellen (über präganglionäre cholinerge Axone) setzt aus ihnen Adrenalin (80 %) und Noradrenalin (20 %) frei.

[aus: G. Grohmann, Jena / Deutschland: Autonomes Nervensystem und Herz-Kreislauf-Funktion - zur medizinischen Anwendung von kardiovaskulären Kenngrößen, abgeleitet mit „clue medical“ der Telovital GmbH Wien. Mitteilung der Telovital GmbH Wien 2008]

- **Tachogramm der Herzperiodendauern**

Ermittelt man für jede Herzaktion μ innerhalb einer festgelegten Messzeit (z. B. 2 Minuten bei clue medical) die zugehörige Herzperiodendauer T_H (μ) (d. h. den jeweiligen R-R-Abstand) und trägt diese als Funktion der entsprechenden Herzaktion auf, so erhält man als eine kardiovaskuläre Kennfunktion das "Tachogramm der Herzperiodendauern". In einer solchen Darstellung bilden sich folglich die Schwankungen von Herzschlag zu Herzschlag und damit auch die Herzfrequenzvariabilität ab.

Kardiologische Einteilung der Herzfrequenz in [Herzschläge pro Minute] [nach Wehr M: Praktische Elektrokardiographie und Elektrophysiologie des Herzens. Ein diagnostischer und therapeutischer Leitfaden für Studenten und Ärzte. 1. Auflage; Fischer Stuttgart, New York 1988]:

- **Normaler Sinusrhythmus:** $60 \dots 80 \text{ min}^{-1}$ [Herzperiodendauer = 750 ... 1000 ms]
- **Bradykardie:** $\leq 60 \text{ min}^{-1}$ [Herzperiodendauer ≥ 1000 ms]
- **Tachykardie:** $\geq 100 \text{ min}^{-1}$ [Herzperiodendauer ≤ 600 ms]
- **Borderline:** $80 \dots 100 \text{ min}^{-1}$ [Herzperiodendauer 600 ... 750 ms]

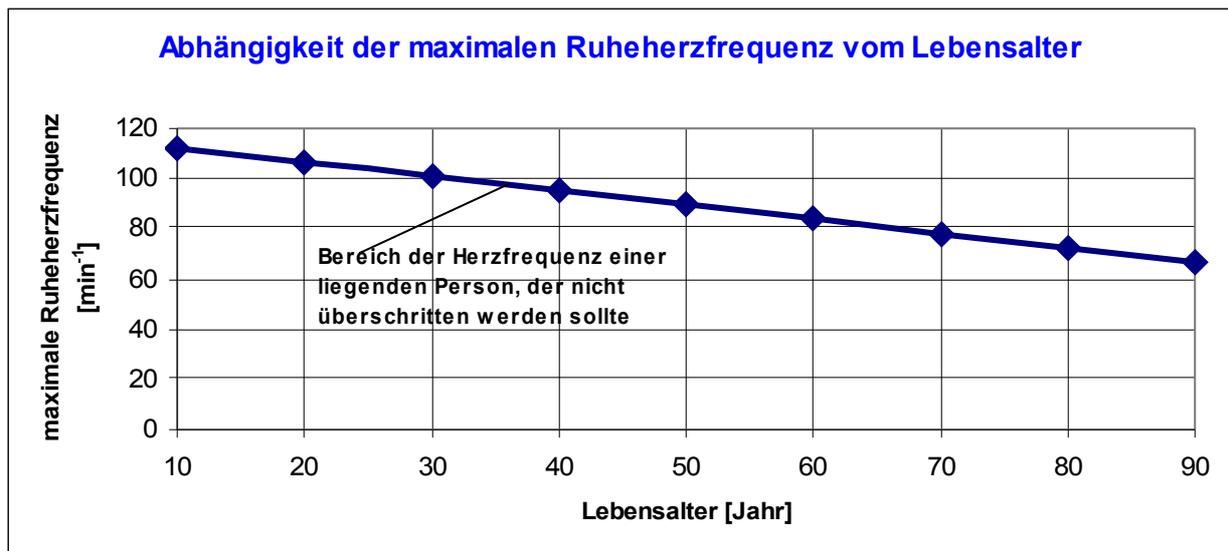


Abb.: Abhängigkeit der **maximalen Ruheherzfrequenz eines liegenden Patienten vom Lebensalter** [nach Jose, A D: Effect of combined sympathetic and parasympathetic blockade on heart rate and cardiac function in man. Am. J. Cardiol. 18 (1966), 476-478]. Daraus folgt, dass sich im Normalfall die maximale Ruhe-Herzfrequenz im liegenden Zustand mit zunehmendem Lebensalter reduziert.

- **Herzfrequenzvariabilität (HRV)**

Unter Herzfrequenzvariabilität (HRV...heart rate variability) versteht man Schwankungen der Herzfrequenz von Herzschlag zu Herzschlag über den zugrunde gelegten Meßzeitraum. Der Herzschlag ist im Normalfall demnach nicht gleichmäßig, sondern schwankt in charakteristischer Weise. Die HRV ist ein Parameter der autonomen Funktion des Herzens sowie ein Maß für dessen Regulationsfähigkeit.

Spezielle Herzfrequenzvariabilitätsmaße:

- Während der Meßzeit $T_{\text{meß}}$ [bei clue medical als Grundmodul = 120 s] bei M Messwerten sich einstellende mittlere quadratische Herzperiodendauer-Abweichung, die in der in der mathematischen Statistik und Signalverarbeitung bekanntlich „**Standardabweichung**“ s_{TH} genannt wird und der „**absoluten Herzfrequenzvariabilität**“ **SDNN** mit der Dimension „Sekunde“ bzw. [ms] entspricht:

$$\text{SDNN [ms]} = s_{TH} [\text{ms}] = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{\mu=1}^M [T_H(\mu) - \overline{T_H}]^2}$$

Dabei stellt $\overline{T_H}$ die bei einer Meßzeit $T_{\text{meß}}$ auftretende mittlere Herzperiodendauer [Heart Period] dar. Der entsprechende Kehrwert ist die mittlere Herzfrequenz [Heart Rate]

$$\overline{f_H} [\text{Hz bzw. min}^{-1}] = \frac{1}{\overline{T_H}}$$

- Wird die absolute Herzfrequenzvariabilität SDNN auf die mittlere Herzperiode $\overline{T_H}$ der zugrunde gelegten Meßzeit bezogen, so erhält man eine dimensionslose Größe, die meist als „**relative Herzfrequenzvariabilität**“ **CV** in Prozent angegeben wird:

$$\text{CV [\%]} = \frac{s_{TH} [\text{ms}]}{\overline{T_H} [\text{ms}]} 100 [\%]$$

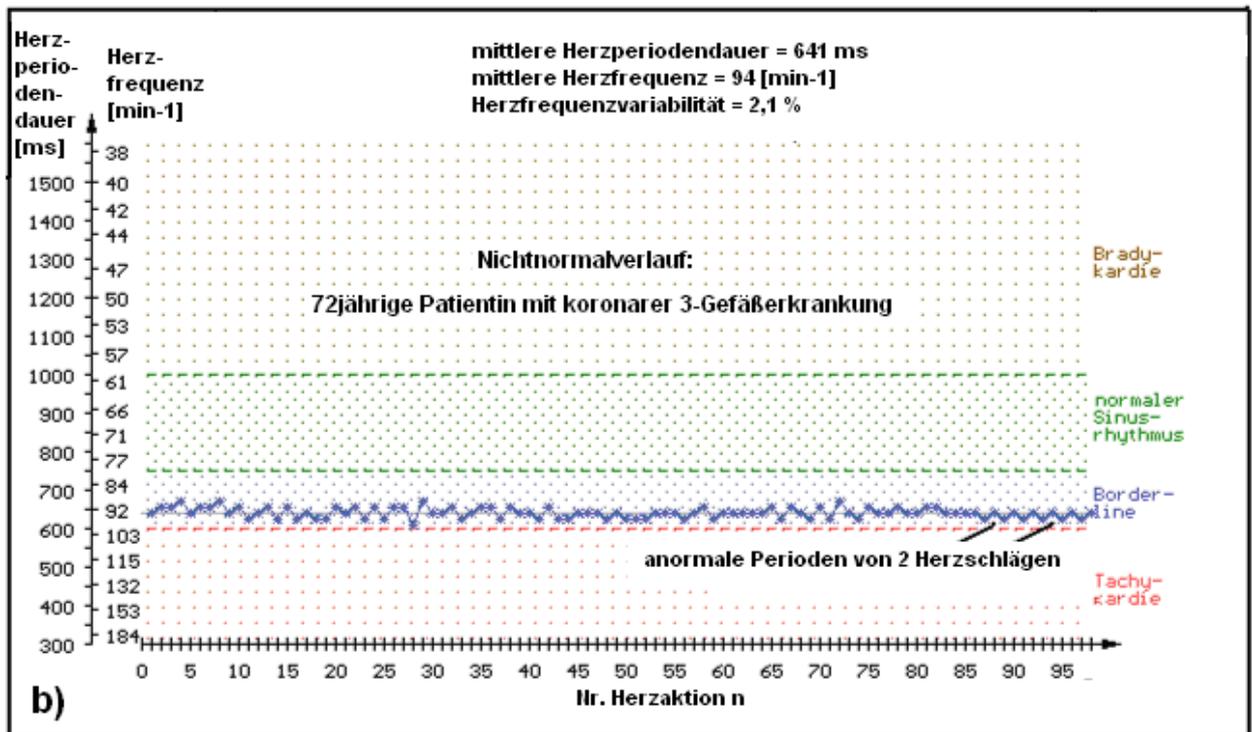
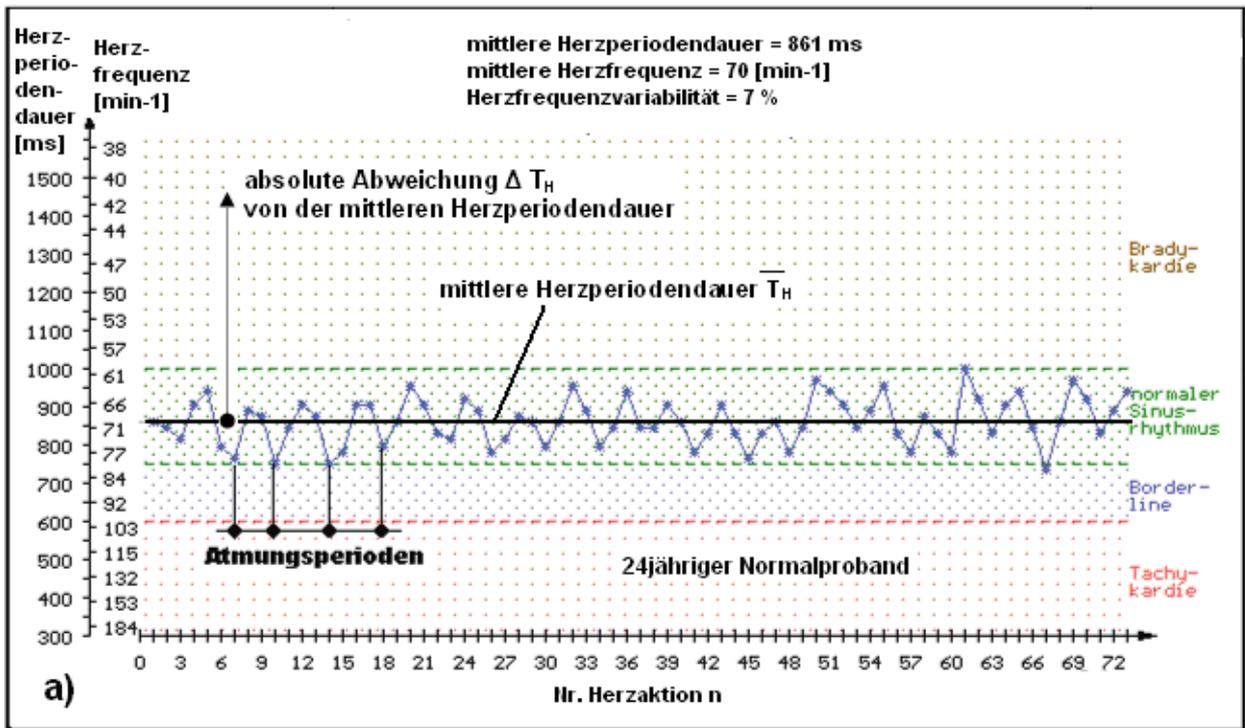


Abb. : Zeitlicher Ausschnitt von 1 Minute eines Tachogramms der Herzperiodendauern (R-R-Abstände) bzw. deren Reziprokwert Herzfrequenz einschließlich Definition der Herzperiodendauer-Abweichung ΔT_H :

a) 24jähriger Normalproband: deutlich bildet sich eine respiratorische Sinusarrhythmie mit den Atmungsperioden ab. Ersichtlich ist auch eine ausgeprägte Herzfrequenzvariabilität.

b) 72jährige Patientin mit koronarer 3-Gefäßerkrankung: neben der hohen mittleren Herzfrequenz von 94 min⁻¹ ist offensichtlich die Herzfrequenzvariabilität gering. Eine respiratorische Sinusarrhythmie bildet sich nicht aus, am Ende des 60s-Tachogramms verändern sich die Herzperioden periodisch mit der anormalen Periode von 2 Herzschlägen.

Grenzwerte von absoluter und relativer Herzfrequenzvariabilität in Abhängigkeit vom Lebensalter:

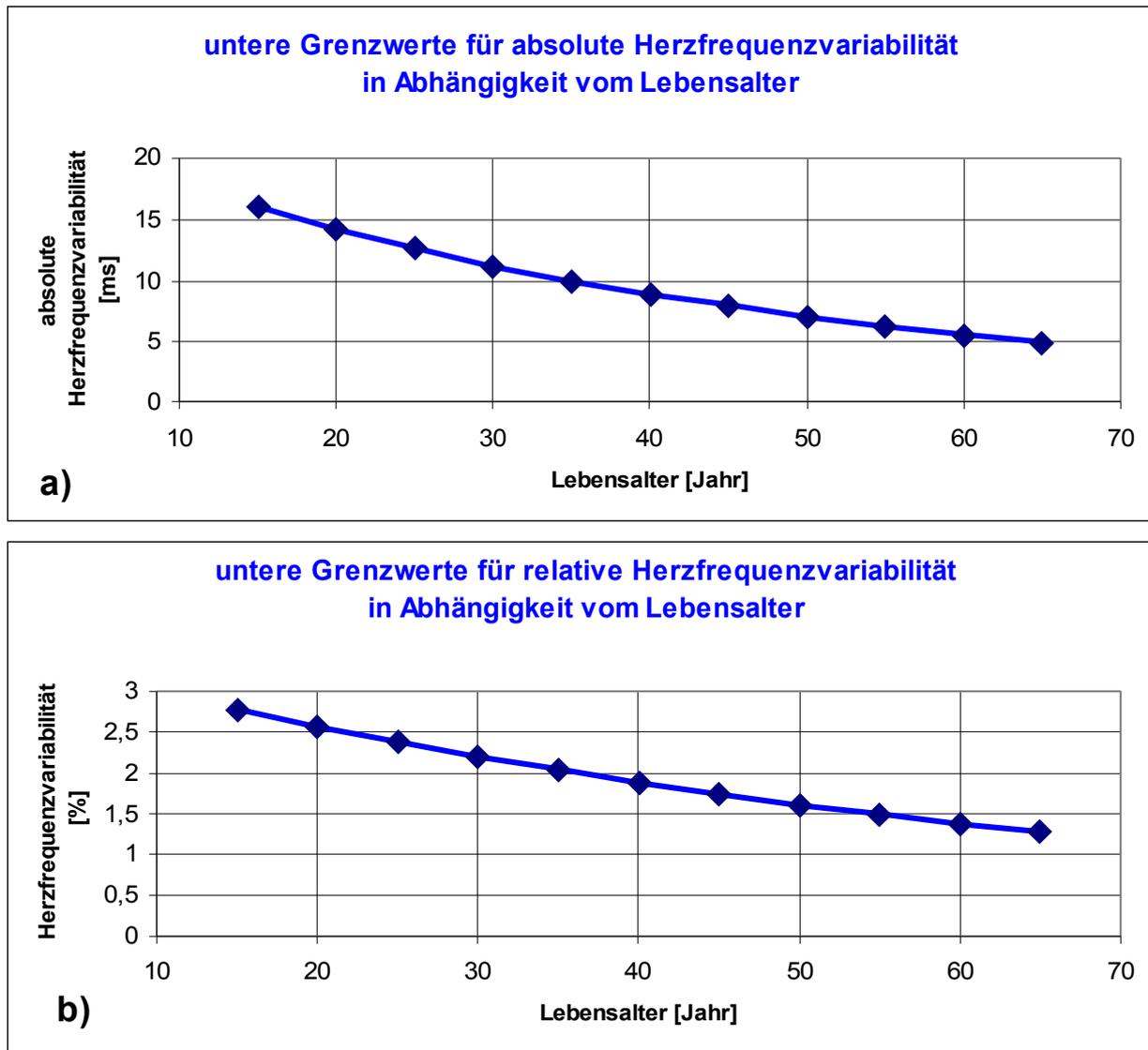


Abb. : Untere Grenzwerte für die absolute [a]) und [b]) relative Herzfrequenzvariabilität in Abhängigkeit vom Lebensalter als 2,5%-Perzentilen [nach *Agelink MW et al: D (2001) Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate. Clinical Autonomic Research 11: 99-108 (2001)*]. Die Werte sind so zu werten, dass nur bei 2,5% der untersuchten Probanden ein kleinerer als der für das jeweilige Alter angegebene Wert gemessen wurde. Dies kann demnach auch als unterer Grenzwert für nicht auffällige bzw. für auffällige HRV-Befunde angesetzt werden. Allgemein zeigen obige Verläufe, dass die Herzfrequenzvariabilitäten mit zunehmendem Alter abnimmt. So führt *Agelink* in diesem Zusammenhang folgende **Beispiele** an:

Beispiel 1: gemessen wird bei einem 42-jährigen Probanden eine SDNN in Ruhe von 32,5 ms ("normal" > 8,9 ms) . Interpretation: nicht auffällig.

Beispiel 2: ebenfalls bei einem 42-jährigen Probanden werden 7,5 ms in Ruhe gemessen ("normal" > 8,9 ms). Interpretation: auffällig.

Beispiel 3: gemessen wird bei einem 65-jährigen Probanden eine SDNN in Ruhe von 7,5 ms ("normal" > 4,9 ms). Interpretation: nicht auffällig.

Agelink verweist jedoch darauf, dass vielfältige individuelle Bedingungen (Rauchen, Stress, Infektionen etc.) Einfluss auf das Untersuchungsergebniss haben können. Bei auffälligem Ergebnis sollte man deshalb zunächst einen Arzt befragen. Umgekehrt ist natürlich eine "normale" Herzfrequenzvariabilität kein Garant für Gesundheit und sollte bei bestehenden gesundheitlichen Problemen nicht den Arztbesuch ersetzen.

Agelink MW et al: D (2001) Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate. Clinical Autonomic Research 11: 99-108 (2001):

a) **Wie reagiert die Herzfrequenzvariabilität HFV auf starke körperliche Belastung (wie z.B. ein-stündigen Sport)?**

Die HFV reagiert hoch sensibel auf unterschiedlichste Belastungen, insbesondere auf körperliche Anstrengung. Mit steigendem Puls ("sympathikotoner Zustand") sinkt sie. Anschließend bleibt sie noch so lange erniedrigt, bis sich der Körper weitgehend erholt hat. Das kann (je nach geleistetem Pensum) bis zu 24 Stunden dauern. Sollte sich die HFV dann immer noch nicht normalisiert haben, kann dies auf einen "Übertrainingszustand" hinweisen. Meist fühlen sich die Betroffenen dann auch müde und ihr Zustand verschlechtert sich bei weiterem Training. Regelmäßige HFV-Messungen eignen sich deshalb dazu, "Übertrainingszustände" relativ rasch zu erkennen und ihnen durch ausreichende Pausen bzw. Anpassung des Trainingspensums zu begegnen.

b) **Unterliegt die HFV Tagesschwankungen?**

Ja. Insbesondere ist ein Tag-Nacht-Rhythmus zu unterscheiden, wobei tagsüber der Einfluss des Sympathikus und nachts derjenige des Parasympathikus vorherrscht. Davon abgesehen schwankt die HFV auch je nach Schlafstadium, was einige Schlafforscher sogar dazu bewegt hat, Schlafstadien nach der HFV einzuteilen. Hormone scheinen ebenfalls Schwankung der HFV im Tagesverlauf auslösen zu können.

c) **Wie lassen sich Störeinflüsse (Aufregung, Erwartungshaltung) vermeiden, wie man sie von der Blutdruckmessung kennt ("Weißkittelhochdruck")?**

"Weiskittelleffekte" lassen sich vermeiden, indem man die zu untersuchende Person einige Minuten alleine lässt. Die Aufzeichnung funktioniert, ohne dass es der Anwesenheit eines Arztes oder sonstigen Spezialisten bedarf. Sollte sich die Untersuchungsperson überhaupt nicht entspannen können, kann man ihr Ablenkungsmanöver anbieten (ein paar freundliche Worte bis hin zum kurzen therapeutischen Gespräch, 3 Kniebeugen, Beruhigungsmusik, eine Dia-Show ...).

d) **Wie sollte man im Falle einer eingeschränkten HFV weiter verfahren?**

Personen, die sich "entspannen konnten" und dennoch eine eingeschränkte HFV aufweisen, sollten einen Arzt darauf ansprechen und ihm gleichzeitig ihre derzeitige Medikation sowie frühere oder bestehende Erkrankungen mitteilen. Wie bei allen auffälligen Befunden ist es sinnvoll, die Untersuchung zu einem späteren Zeitpunkt zu wiederholen, um so situationsbedingte Einflüsse (Störgrößen) auszuschalten. Sollte sich erweisen, dass die HFV dauerhaft eingeschränkt ist und sollten sich keine offensichtlichen Erklärungen anbieten (wie etwa der Einfluss von Medikamenten), macht es Sinn, weitere medizinische Untersuchungen zu veranlassen.

e) **Welche Medikamente können die HFV beeinflussen?**

Vor allem anticholinerge Arzneimittel schränken die HFV ein (also z.B. Antidepressiva) eine vollständige Liste existiert bislang nicht.

• **FFT-Spektrum**

Aus dem ermittelten Tachogramm der Herzperiodendauern, einer Funktion im Zeitbereich, lässt sich durch eine mathematische Operation eine dazu gleichwertige Darstellung im Frequenzbereich ableiten: FFT-Spektrum bzw. „(Leistungs-) Spektrum der Herzfrequenzvariabilität“ in der Fachliteratur genannt. Dieses Spektrum besteht aus charakteristischen Frequenzbereichen, wobei für die Anwendung im Rahmen der clue-medical-Familie zugrunde gelegt werden:

Frequenzbereich „Low Frequency“ (LF) 0,04 bis 0,15 Hz: diesem Bereich ist eine vorwiegend sympathische kardiovaskuläre Aktivität zuzuordnen, damit gleichfalls auftretender psychischer und physischer Stress.

Frequenzbereich „High Frequency“ (HF) 0,15 bis 0,4 Hz: typisch hierfür ist die auftretende parasympathische (vagale) Aktivität, damit atemsynchrone Herzfrequenzfluktuationen der respiratorischen Sinusarrhythmie.

Frequenzbereich „Very High Frequency“ (VHF) 0,4 bis 0,5 Hz: diesem Bereich, außerhalb der Aktivität der vegetativen Komponenten des kardiovaskulären Systems gelegen, lässt sich ein kardialer Risikomarker zuordnen.

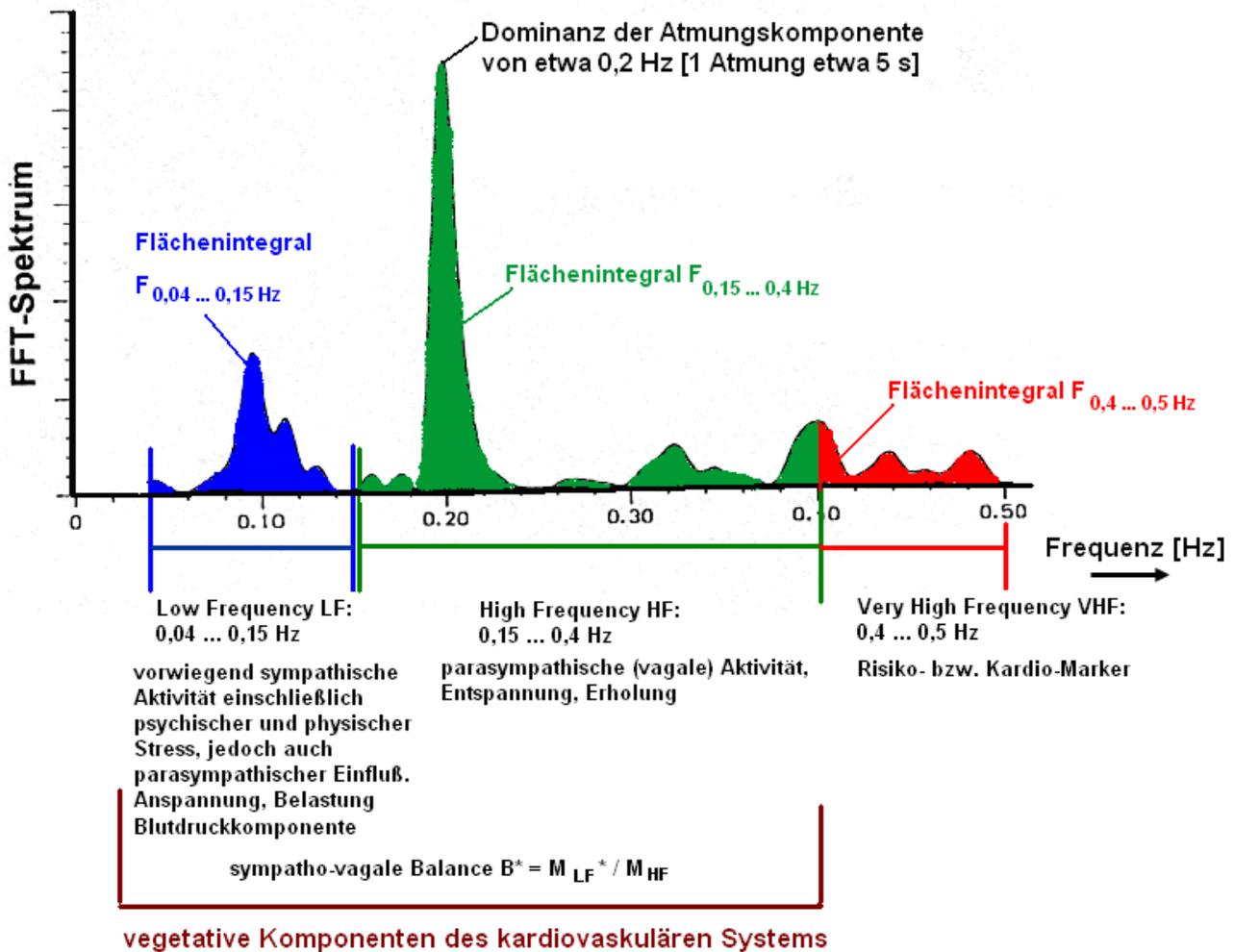


Abb.: Aus dem Tachogramm der Herzperiodendauern bei einem 20jährigen gesunden Probanden abgeleitetes FFT-Spektrum einschließlich Frequenzbereichscharakteristika LF, HF und VHF

- **Spektrale Maßzahlen**

Durch Bestimmung von jeweiligen integralen Flächenmaßen für die Frequenzbereiche 0,04 ... 0,15 Hz und 0,15 ... 0,4 Hz für ein abgeleitetes FFT-Spektrum und Division mit jeweiligen Normalwerten lassen sich dimensionslose „spektrale Maßzahlen“ M in Prozent einführen:

M_{LF}^* [%]... gewichtete Maßzahl für die sympathische Aktivität, Stress und Belastung

M_{HF} [%]... Maßzahl für parasympathische Aktivität, Entspannung und Erholung

M_{LF}^* stellt dabei die mit dem Quadrat der mittleren Herzfrequenz multiplizierte Maßzahl M_{LF} dar, die dem obigen normierten Flächenmaß entspricht. Daraus folgt, dass höhere Herzfrequenzen diese gewichtete Maßzahl M_{LF}^* stark erhöhen, während Frequenzen kleiner als der Herzfrequenz-Normalwert von etwa $f_H = 70 \text{ min}^{-1}$ diese deutlich reduzieren. Dies stimmt mit dem physiologischen Verhalten völlig überein, da höhere Herzfrequenzen den Sympathikus, dagegen unter dem Normalwert liegende Frequenzen den Parasympathikus aktivieren.

Ebenso lässt sich ein integrales Maß für den VHF-Frequenzbereich 0,4 ... 0,5 Hz bestimmen und mit einem Normalwert vergleichen. Übersteigt der Messwert diesen „Sollwert“, soll ein **Risiko- bzw. Kardio-Marker** gesetzt werden.

- **Gewichtete Balance**

Es ist aus der Physiologie bekannt, dass im LF-Bereich des FFT-Spektrums, abgeleitet aus dem Herzperiodendauer-Tachogramm, zwar vorwiegend der Sympathikus abgebildet wird, jedoch auch vagale (parasympathische) Anteile enthalten sein können. Folglich ist auch die aus dem reinen Flächenverhältnis von LF- und HF-Bereich ermittelte Balance nur bedingt quantifizierbar. Die Zugrundelegung der obigen spektralen Maßzahlen M_{LF}^* als eine gewichtete Maßzahl sowie von M_{HF} führt zur **gewichteten Balance $B^* = M_{LF}^* / M_{HF}$** .

- **Kardiovaskulärer Stress**

Stress wirkt auf das vegetative Nervensystem im Sinne einer Steigerung der Sympathikusaktivität und Hemmung des Vagus. Davon ausgehend stellt die aus dem FFT-Spektrum abgeleitete Maßzahl M_{LF}^* ein Maß für die sympathische Aktivität, Stress und Belastung dar, andererseits ist die Maßzahl M_{HF} Ausdruck für parasympathische Aktivität, Entspannung und Erholung. Da die gewichtete Balance B als Quotient aus beiden Maßzahlen M_{LF}^* und M_{HF} abgeleitet ist, lässt sich aus einem Ansteigen von B auf eine Erhöhung der sympathischen Aktivität, von Stress und Belastung schließen. Reduziert sich dagegen die gewichtete Balance, so kann auf eine Reduzierung dieser sympathischen Komponenten bzw. auf einen Anstieg der parasympathischen Aktivität, von Entspannung bzw. Erholung geschlossen werden. In diesem Sinne stellen M_{LF}^* und B quantitative Maße für den kardiovaskulären Stress dar.

- **Beispiele**

25jährige Normalperson:

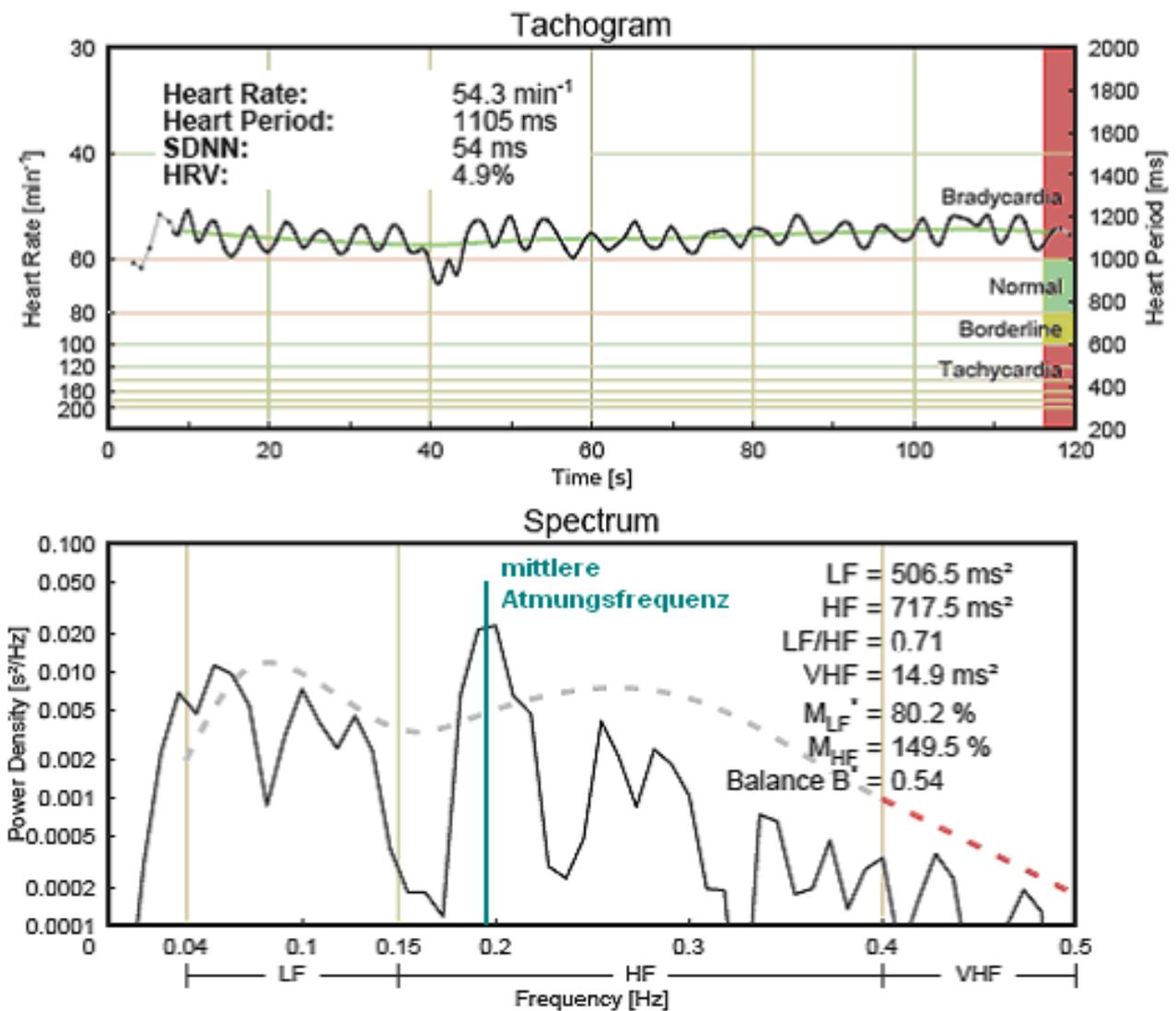


Abb. : Kardiovaskulärer Zustand (Tachogramm der Herzperiodendauern, FFT-Spektrum mit spektralen Maßzahlen sowie gewichteter Balance) bei einer liegenden 25jährigen Normalperson. Alle Maßzahlen und ermittelten Kennwerte weisen auf Normalverhalten hin. Aus dem Maximum der FFT-Amplitude im HF-Frequenzbereich lässt sich als mittlere Atmungsfrequenz etwa 0,2 Hz ableiten. Das VHF-Flächenmaß von 14,9 ms² liegt im ermittelten Normalbereich, so dass kein Risiko-Marker gesetzt wird.

[Hinweis: - - - - abgeleiteter mittlerer „Normal“-FFT-Verlauf (mittleres Alter 25 ± 5 Jahre)]

[Die Ableitung dieser clue-medical-Messung erfolgte unter Leitung von Prof. Dr. D. Schmidtbleicher am Institut für Sportwissenschaften der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt]

54-jähriger Patient mit akutem Koronarsyndrom:

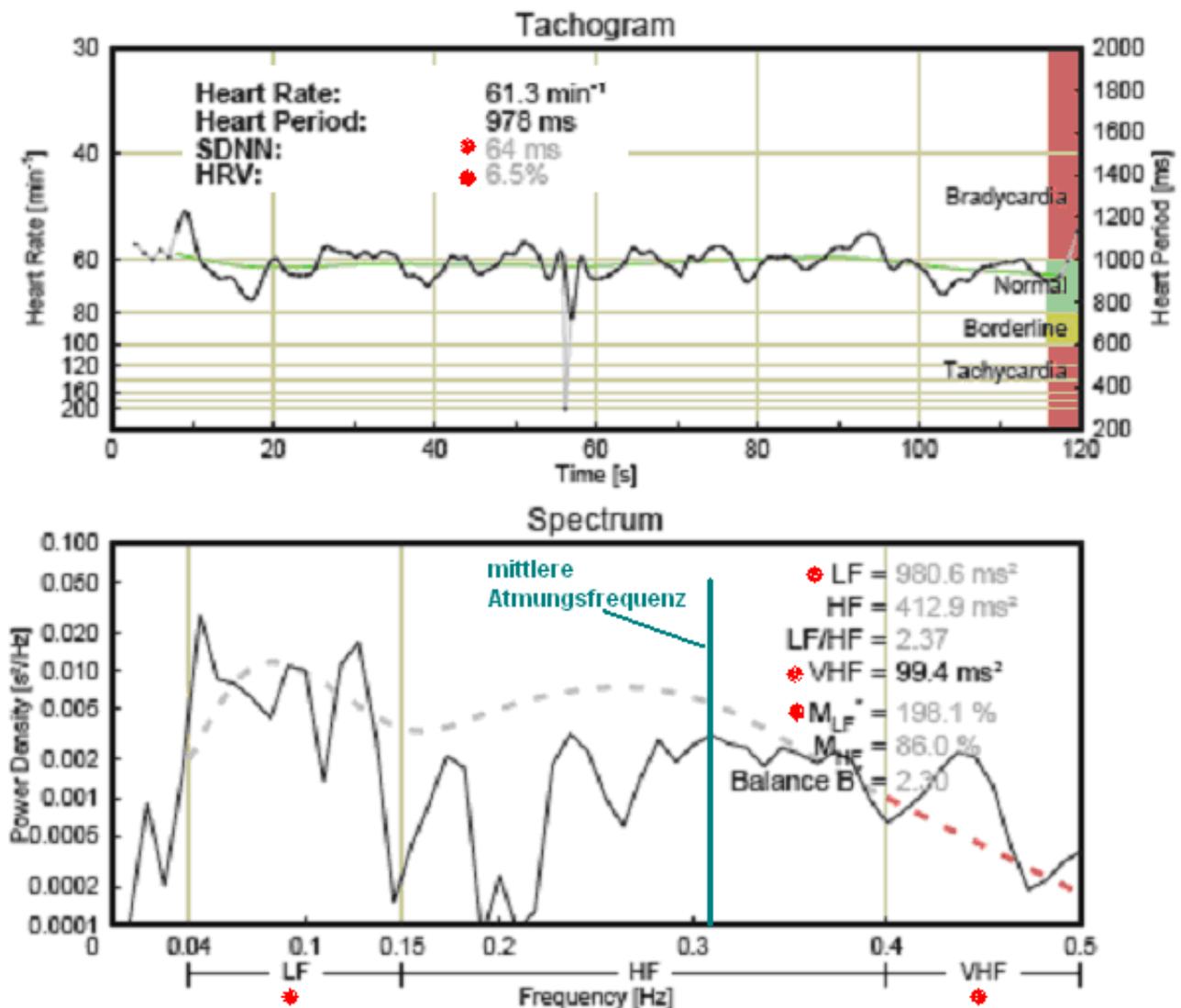


Abb.: Herzperiodendauer-Tachogramm sowie zugehöriges FFT-Spektrum einschließlich spektrale Maßzahlen, Kennwerte und integraler spektraler VHF-Wert bei einem 54-jährigen Patienten mit akutem Koronarsyndrom. Neben dem erhöhten VHF-Spektrumswert liegen auch der LF-Wert sowie die daraus folgende Maßzahl M_{LF}^* einschließlich Balance B^* an der oberen Normal-Grenze. Daraus muß von einer hohen kardiovaskulären Sympathikusaktivität und somit reduzierter Herz-Mikrozirkulation sowie von kardiovaskulärem Streß ausgegangen werden, auch wenn die Herzfrequenz mit 61,3 min⁻¹ völlig normal ist. Ebenso erscheint eine Herzfrequenzvariabilität von 64 ms bzw. 6,5 % trotz Trendelimination bei einem 54-jährigen Koronar-Patienten als anormal hoch. Die mittlere Atmungsfrequenz von etwa 0,31 Hz (mittlere Atmungsperiode \equiv 3,2 s) ist gleichfalls erhöht.

Hinweis: anormale Werte sind rot markiert.

[Die Ableitung dieser clue-medical-Messung erfolgte unter Leitung von Prof. Dr. med. J. Kastner, Medizinische Universität Wien, Univ.-Klinik für Innere Medizin II, Abteilung Kardiologie]

48jähriger Patient mit S. p. Myokarditis und dil. CMP (HTX `95):

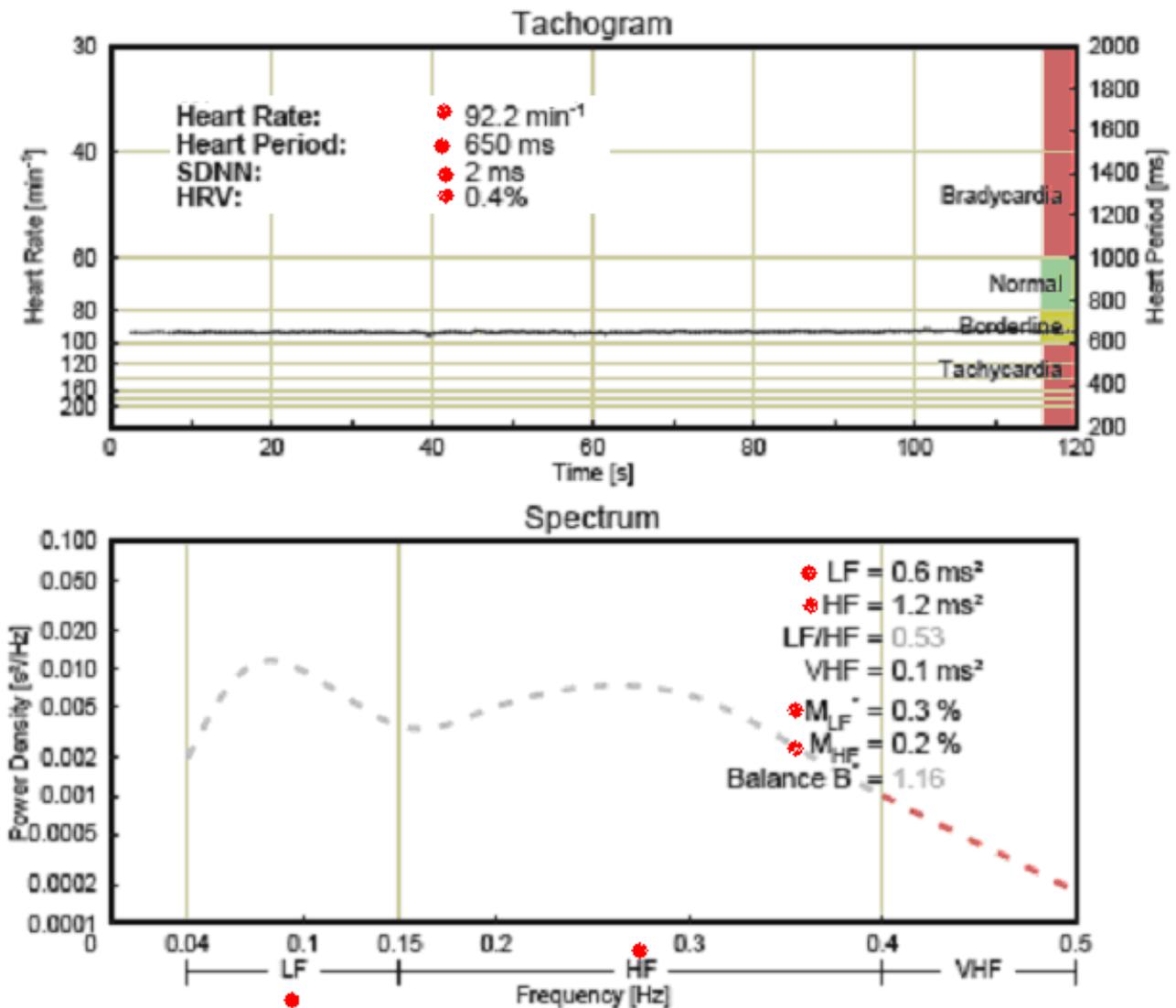


Abb.: Herzperiodendauer-Tachogramm sowie zugehöriges FFT-Spektrum einschließlich spektrale Maßzahlen und Kennwerte bei einem 48jährigen Patienten mit S. p. Myokarditis und dil. CMP (HTX `95) [RR_{sys} = 107 mmHg, RR_{diast} = 64 mmHg]. Ein Einfluß der vegetativen Komponenten auf die kardiovaskuläre Funktion ist praktisch nicht vorhanden, die entsprechenden Maßzahlen sind vernachlässigbar klein, eine Balance B* sollte hier nicht definiert werden. Die Herzfrequenzvariabilität ist nahezu Null, die Herzfrequenz fast tachykard.

Hinweis: anormale Werte sind rot markiert.

[Die Ableitung dieser clue-medical-Messung erfolgte unter Leitung von Prof. Dr. med. J. Kastner, Medizinische Universität Wien, Univ.-Klinik für Innere Medizin II, Abteilung Kardiologie]

- **Mittelwerte von kardiovaskulären Parametern, abgeleitet aus einer Gruppe von 98 herz-kreislauf-gesunden Versuchspersonen mit einem Durchschnittsalter von 25 ± 5 Jahren mit clue medical**

Nachfolgende Mittelwerte von kardiovaskulären Parametern wurden aus jeweils zwei Messungen an einer Gruppe von 98 herz-kreislauf-gesunden Versuchspersonen [mittleres Alter 25 ± 5 Jahre] am Institut für Sportwissenschaften der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt unter Leitung von Prof. Dr. D. Schmidtbleicher als „Normalwerte“ für eine solche Gruppe abgeleitet, die clue medical als für den Arzt orientierend zugrunde gelegt wurden.

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Parameters	Wertebereich
$\overline{f_H}$	mittlere Herzfrequenz	51 ... 61,3 ... 77 [min ⁻¹]
SDNN	absolute Herzfrequenzvariabilität	26 .. 53 ... 106 ms
CV	Variationskoeffizient = relative Herzfrequenzvariabilität	2,9 ... 5,5 ... 10,3 %
LF	LF-Fläche	90 ... 420 ... 2000 ms ²
HF	HF-Fläche	95 ... 525 ... 2900 ms ²
VHF	VHF-Fläche	2 ... 17,4 ... 80 ms ²
M _{LF} *	mit dem Quadrat der mittleren Herzfrequenz gewichtete spektrale Maßzahl M _{LF}	23 ... 100 ... 450 %
M _{HF}	spektrale Maßzahl für den HF-Frequenzbereich	18 ... 100 ... 550 %
B*	gewichtete Balance	0,2 ... 1 ... 5
LF/HF	„einfache“ Balance als Quotient von LF- zu HF-Fläche	0,19 ... 0,81 ... 3,4

Tabelle: „Orientierende Normalbereiche“ kardiovaskulärer Parameter, abgeleitet von 98 herz-kreislauf-gesunden Versuchspersonen [mittleres Alter 25 ± 5 Jahre]

Bemerkungen zu Herz-Kreislauf-Normalwerten:

Auf Grund der Existenz von **Nichtlinearitäten** im Herz-Kreislauf-System stellt sich die Frage nach „**Normalwerten bzw. -bereichen**“ grundsätzlich, da in einem solchen Fall Normalwerte bzw. -bereiche immer auf einen „Arbeitspunkt“ zu beziehen sind. Die Sportwissenschaftlerin A. Horn [Horn, A: Diagnostik der Herzfrequenzvariabilität in der Sportmedizin - Rahmenbedingungen und methodische Grundlagen. Diss. Fakultät für Sportwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum 2003] untersucht u. a. dieses Problem in ihrer Dissertation ebenso und kommt zum Ergebnis: „*Die Definierbarkeit von Normwerten ist fraglich*“. Dem muß man sich auf Grund des Auftretens dieser Nichtlinearitäten voll anschließen, so dass auch die Ermittlung von kardiovaskulären „Normalparametern“ praktisch nicht möglich ist. Letztere setzen immer eine Linearisierung voraus. Möglich ist jedoch neben der Angabe von „orientierenden Normalbereichen“ unter Einbeziehung des mittleren Lebensalters (s. obige Tabelle) die Bestimmung von „**minimalen“ Werten** („**untere Grenzwerte der Herzfrequenzvariabilitäten**“, s. S. 6), wo ein derartiges System instabil werden kann.

Zur Ergänzung und Erweiterung dieser Orientierungen werden bekanntlich auch in der Medizin sogenannte „**Funktionstests**“ nichtinvasiver Art durchgeführt, um das Verhalten des nichtlinearen Herz-Kreislauf-Systems umfassender zu charakterisieren. Nach u. a. akustischer, optischer, elektrischer oder respiratorischer Sympathikusreizung bzw. durch reflektorische Vasokonstriktion infolge Kältereizung kommt es nach Reichel [Reichel, G.: Apparative Diagnostik peripherer vegetativer Funktionsstörungen. psycho 19 (1993) Nr. 5, 319-325] zur Erregung der sudorimotorischen Fasern peripherer Nerven, so dass im Normalfall die periphere sowie kardiovaskuläre Mikrozirkulation reduziert wird. Letztere ist mit clue medical durch Bewertung des Herzperiodendauer-Tachogramms bzw. FFT-Spektrums indirekt erfassbar. Ein einfacher Funktionstest ist gleichfalls der international eingeführte und standardisierte kardiovaskuläre „**Ewing-Test**“, der sich mit clue medical ideal realisieren lässt:

- **Ableitung des Ruhe-EKG im liegenden Zustand (Aufzeichnung 2 min)**
- **Ableitung des EKG beim aktiven Aufstehen (Aufzeichnung 2 min)**

Aus der Veränderung der Herzfrequenz als Übergangsvorgang und damit der entsprechenden Kennwerte und Maßzahlen lässt sich das Kreislaufverhalten charakterisieren und zugleich quantifizieren.

[s. Dokument „**Kardiale Funktionsdiagnostik des autonomen Nervensystems mittels Tele-Analyzer clue medical**“]