

HRV-Seminare - Gerätevertrieb

HRV-Analyse – Einführung RSA und Kurzzeit HRV

1. Was ist Herz-Raten-Variabilität (HRV) bzw. Herzfrequenzvariabilität

Der Organismus wird laufend mit inneren und äußeren Reizen konfrontiert. Das Herz muss unter allen Einwirkungen zur Versorgung der Organe einen optimalen Kreislauf zur Verfügung stellen; d.h. unter körperlicher und seelischer Belastung, im Laufen, Liegen, Stehen und auch beim Verdauen oder Schlafen. Um den Organismus bestmöglich an innere und äußere Anforderungen anzupassen erfolgt laufend, von Schlag zu Schlag, im Millisekunden-Bereich eine Änderung der Herzfrequenz. Dies nennt man Herz-Raten-Variabilität oder Herzfrequenzvariabilität.

2. Warum ist die Herz-Raten-Variabilität bzw. HRV-Messung wichtig

Gesundheit zeichnet sich dadurch aus, dass der Körper sich in Homöostase, einem Gleichgewicht zwischen Anforderungen und Leistungsfähigkeit befindet. Dazu sind u. a. Anpassungsleistungen des Herzens durch ständige Änderung der Herzfrequenz erforderlich; eben eine Herz-Raten-Variabilität. Eine sinkende Herz-Raten-Variabilität ist für gesundheitliche Beeinträchtigungen bzw. Überlastungszustände deshalb ein zuverlässiger Marker. Diese Eigenschaft macht eine Messung der Herzratenvariabilität für eine effektive Gesundheitsüberwachung und Therapiesteuerung unverzichtbar. Das gilt für alle chronischen Erkrankungen und ganz besonders für das Mortalitätsrisiko nach überstandem Herzinfarkt, die autonome Neuropathie, Depression/Burn out und Übertrainingszustand. Eine Diagnose einer bestimmten Erkrankung ist jedoch nicht möglich.

3. Wie kommt die HRV zustande

Das Herz ist ein autonomes Organ; d.h. es arbeitet ohne unsere willentliche Einflussnahme und auch weiter, wenn es dem Körper entnommen ist und nur der Kreislauf angeschlossen bleibt. Es hat quasi ein eigenes Gehirn und steuert sich selbst. Die Schlagfrequenz durch die Eigensteuerung liegt bei einer Frequenz von ca. 100 Schlägen in der Minute. Die normale Herzfrequenz liegt bei einem gesunden Erwachsenen in Ruhe zwischen ca. 50 und ca. 80 Schlägen. Um diese reguläre Schlagfrequenz zu generieren ist es mit dem autonomen Nervensystem im

Gehirn und Rückenmark verbunden; d.h. eine optimale Funktion wird – verkürzt dargestellt - durch einen Prozess des Informationsaustausches zwischen Herz und Gehirn über die wichtigsten Nervengeflechte des autonomen Nervensystems Sympathikus und Parasympathikus erreicht.

Der Parasympathikus ist für Regeneration zuständig. Er senkt z.B. in Ruhe oder im Schlaf über hochfrequente Impulse die Herzfrequenz ab. Der Sympathikus sorgt durch niederfrequente Impulse für eine Erhöhung der Herzfrequenz. Der Parasympathikus reagiert über 10mal schneller als der Sympathikus; d.h. die Erholung setzt nach max. 400 ms. nach Belastungsende ein, der Sympathikus dagegen hat eine Latenzzeit von ca. 5 sec. und erreicht innerhalb der nächsten 20-30 Herzschläge ein Niveau das der Belastung angemessen ist. Wobei in der Anfangsphase einer Belastung mit schnellem Herzfrequenzanstieg bis zu einer Frequenz von ca. 100 Schlägen die Erhöhung durch Hemmung des Parasympathikus erfolgt und ein direkter Sympathikus Einfluss erst bei einer höheren Herzfrequenz zum Tragen kommt.

Das autonome Nervensystem steuert jedoch nicht nur die Herzfrequenz sondern generell alle lebens- bzw. arterhaltenden Vorgänge selbsttätig ohne unsere willentliche Beeinflussung. Es ist deshalb der Gesundheitsmarker schlechthin.

4. Was wird bei einer HRV-Analyse gemessen

Die Aktivität des Herzens wird üblicherweise mittels EKG gemessen. Dabei werden an der Körperoberfläche die elektrischen Potentialdifferenzen gemessen die bei den einzelnen Phasen des Herzschlags auftreten; von der Erregung der beiden Vorhöfe über die Kammererregung bis zum Abklingen. Die höchste Potentialdifferenz wird bei der Kammererregung erreicht; die sog. R-Zacke. Diese R-Zacke kann somit relativ leicht identifiziert werden. Bei der HRV-Messung, bei der ja der Abstand von Herzschlag zu Herzschlag möglichst genau – im Millisekunden-Bereich – erfasst werden soll wird somit der Abstand von einer R-Zacke zur nachfolgenden R-Zacke mit einem hochauflösendem EKG gemessen. Eine Messung zur HRV-Analyse über die Pulswelle ist nicht zu empfehlen. Es werden hierbei nicht exakt zu bewertende Störgrößen, z. B. die Beschaffenheit der Blutgefäße etc. wirksam.

Da die Feinsteuerung des Herzens über Parasympathikus und Sympathikus erfolgt ist eine HRV-Messung letztlich nichts anders als eine Diagnose der Funktionsfähigkeit des vegetativen oder autonomen Nervensystems bzw. unserer Entspannungs- und Leistungsfähigkeit.

5. Messungen und Messzeiten

Die HRV kann ab einer Messdauer von einer Minute – bei der sog. „respiratorischen Sinusarrhythmie“ (RSA), in einer 5 Minuten Kurzzeit (Standard)-HRV-Messung, bei einer „Liegend/stehend-Messung“ (ab 10 Min.) und in einer Langzeitmessung - bis 24 Stunden – erfasst werden. Der sog. Stressindex (zu Beginn der bemannten Raumfahrt entwickelt und validiert vom russischen Raumfahrtmediziner Prof. Michael Baevsky) wird in der Regel in der 5-minütigen HRV Kurzzeitmessung ermittelt.

Selbstverständlich können auch Messungen unter definierten Belastungen, z. B. Arbeitsbelastung, sportliche Leistung oder intellektuellen Anforderungen erfolgen.

Die Art und Dauer der Messung hängt nicht zuletzt davon ab, was analysiert werden soll. Eine Reihe von Untersuchungen führte zum Ergebnis, dass Kurzzeitmessungen und Langzeituntersuchungen eine hohe Übereinstimmung aufweisen, vor allem bei den Frequenzparametern HF und LF. (Bigger JT, Fleiss JL, Rolnitzky LM, Steinman RC: The ability of several short-term measures of RR variability to predict mortality after myocardial infarction. Circulation 1993; 88: 927 - 934.)

5.1. Respiratorische Sinusarrhythmie (RSA)

Die Messung der Respirat. Sinusarrhythmie ist eine 1-minütige Belastungsmessung nach vorgegebener tiefer Taktatmung von 6 Atemzügen in der Minute wobei Zeit für Einatmung und Ausatmung jeweils 5 Sekunden ist. Die Messung wird im Sitzen durchgeführt.

Das Herz wird durch diese spezielle tiefe Taktatmung aus seinem Rhythmus gebracht. Die tiefe Atmung erhöht beim Einatmen das Lungenvolumen. Würde das Herz weiterhin nur die durchschnittliche Menge Blut bereitstellen, so säne der Blutdruck ab. Mittels spezieller Rezeptoren (Barorezeptoren) erfolgt eine Meldung an die zuständigen Steuerungsmechanismen und das Herz erhöht sofort seine Schlagzahl um wieder einen homöostatischen Zustand herzustellen. Es erfolgen deshalb beim Einatmen mehr Herzschläge als beim Ausatmen. In Versuchen wurde durch Blockade des Vagus festgestellt, dass die RSA nahezu vollständig parasympathisch veranlasst ist. Die RSA-Messung lässt deshalb Aussagen zu über die Funktionsfähigkeit des Parasympathikus, unsere Entspannungsfähigkeit - um mit David Servan-Schreiber zu sprechen - über unsere „Bremse“.

5.2 HRV-Kurzzeitmessung

Die HRV-Kurzzeitmessung ist in der Regel eine 5-minütige Messung. Sie wird im entspannten Zustand im Liegen bei normaler Atmung durchgeführt.

Es wird sowohl die Aktivität des Sympathikus als auch des Parasympathikus betrachtet. Da für die wesentlichen Messergebnisse valide Vergleichswerte für das Alter der jeweiligen Person vorhanden sind, ist hierbei auch ein Vergleich der gemessenen Person mit seiner Altersgruppe möglich. Des Weiteren wird aus den Messdaten u. a. der oben erwähnte sog. Stressindex berechnet.

6. Welche Verfahren werden für die Auswertung eingesetzt

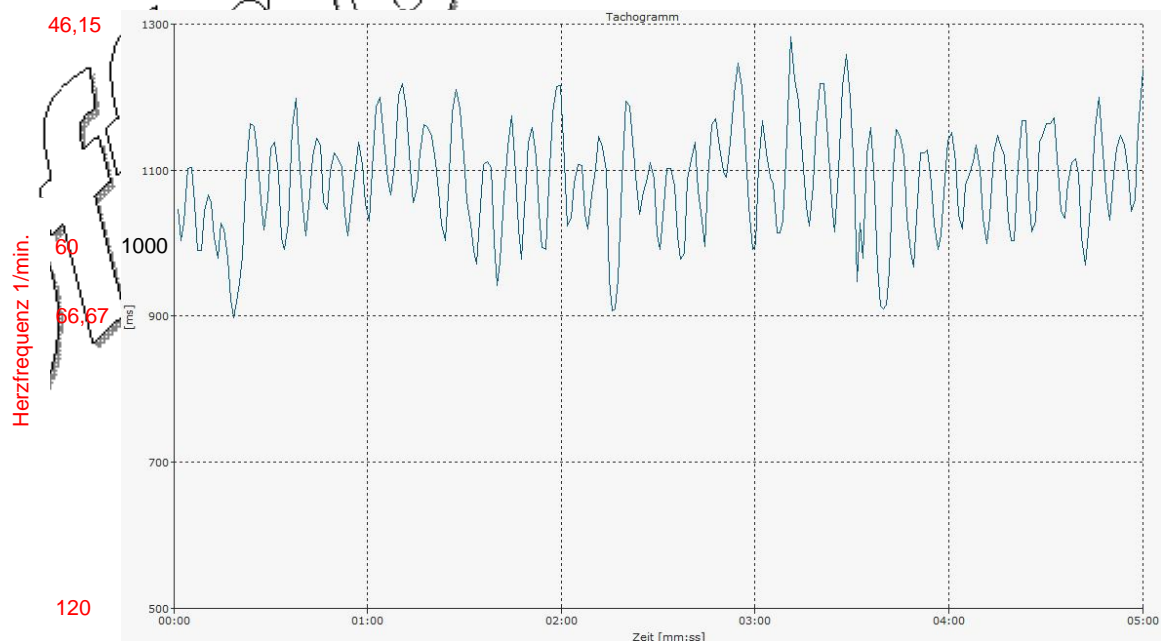
Die HRV wird einmal als statistisches Phänomen betrachtet; d.h. es werden Aussagen über die Zusammenhänge von zeitlichen Abständen der einzelnen Herzschläge zueinander etc. berechnet. Zum anderen wird der Herzschlag als Frequenzphänomen aufgefasst; d.h. der Herzrhythmus wird in einzelne Schwingungskomponenten zerlegt und es wird analysiert welche Art von Schwingungen (Frequenzen) zu finden sind, welchen nervalen Aktionen sie zugeordnet sind und in welchen Beziehungen sie zueinander stehen.

6.1 Zur Erfassung der Zeitbereichsparameter übliche Verfahren

Zeitbereichsparameter werden in Form von Tachogramm, Histogramm und im sog. Poincaré oder Lorenz Plot im zweidimensionalen Koordinatensystem mit Abszisse (x-Achse) und Ordinate (y-Achse) dargestellt.

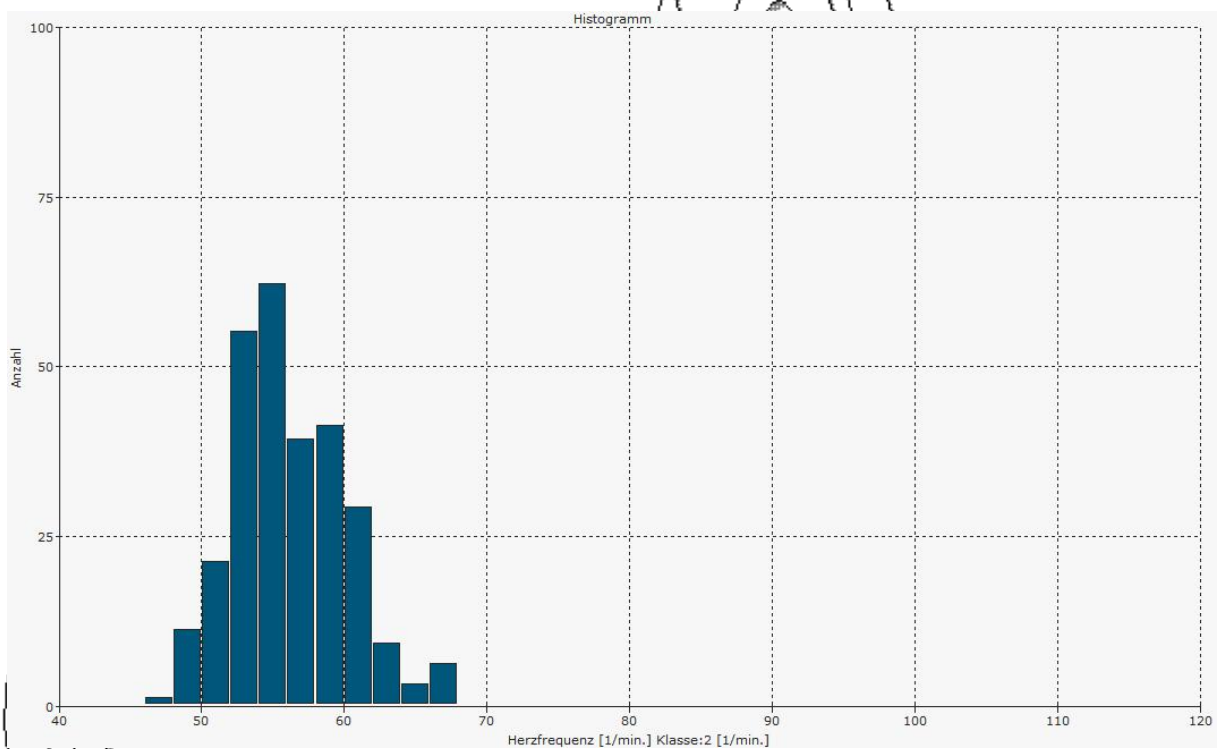
6.1.1 Tachogramm

Beim Tachogramm wird auf der X-Achse die Zeit und auf der Y-Achse die RR-Abstände in Millisekunden (ms) aufgetragen. Ausgehend vom ersten „R“ wird der Abstand zum nächsten „R“ ermittelt und als Kurvenpunkt auf der Y-Achse dargestellt. Wäre nun der Abstand von einem „R“ zum nächsten immer gleich, so hätten wir im Ergebnis eine gerade Linie da die Punkte alle auf der gleichen Höhe der y-Achse aufgezeichnet wären. Sind die Abstände unterschiedlich, so entsteht eine mehr oder weniger gezackte Kurve aus der sowohl der Unterschied „R“ zu „R“ als auch in welcher Bandbreite sich der „RR-Abstand“ in der Messdauer bewegt sofort ersichtlich ist. Das gleiche Verfahren ist zur Darstellung des Herzfrequenzverlaufes üblich.



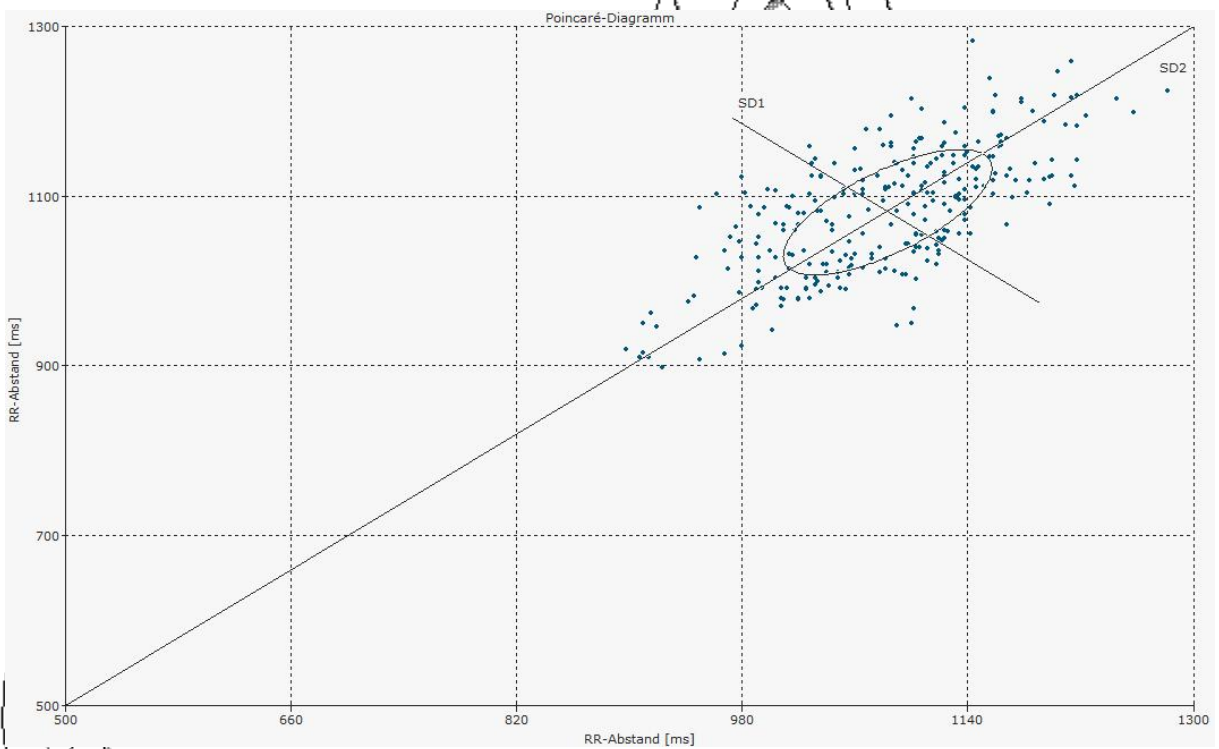
6.1.2 Histogramm

Im Histogramm sehen wir wie oft eine Herzschlagfrequenz oder die Herzschlagabstände – RR in der Messdauer auftreten. Dazu wird auf der x-Achse die Herzschlagfrequenz oder die RR-Abstände aufgetragen und auf der y-Achse die Anzahl. Aus Praktikabilitätsgründen werden dabei die Herzfrequenzen bzw. die RR-Abstände in Klassen eingeteilt. In der Regel umfasst eine Herzfrequenzklasse 2 oder 5 Herzfrequenzen; d.h. es werden z.B. die Herzfrequenzen 58-59 bzw. von 63-67 usw. als „eine Herzfrequenz“ betrachtet; die RR-Abstände in Klassen von 25 oder 50 ms. Als Grafik entsteht in unserem Koordinatensystem eine mehr oder minder breite auf- und absteigende „Treppe“. An der Form dieser Treppe ist erkennbar, wie weit die Spannweite der Herzfrequenz bzw. RR-Abstände reicht und wie die Verteilung der einzelnen Herzfrequenz- bzw. RR-Klassen aussieht; z. B. sind viele schnelle und wenige langsame Herzschläge während der Messung erfolgt oder besteht eine gleichmäßige breite Verteilung.

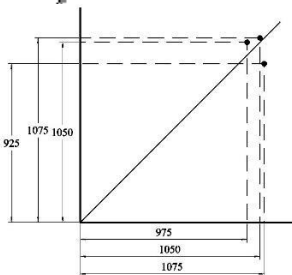


6.1.3 Poincaré-Plot

Das Poincaré-Diagramm ist ein geometrisches Verfahren aus der nichtlinearen Dynamik und stellt die Korrelation zwischen aufeinanderfolgenden RR-Intervallen (oder Herzfrequenzen) dar. Auch beim Poincaré-Plot handelt es sich um eine Analyse von Zeitparametern. Im Koordinatensystem werden sowohl auf der x-Achse als auch auf der Y-Achse die Herzschlagabstände - RR in Millisekunden (oder die Herzfrequenz in bpm) aufgetragen. Die erste RR-Wert wird als x-Wert, der folgende als y-Wert des ersten Herzschlages bzw. des ersten RR-Abstand aufgetragen. Für den Folgewert ist nun der letzte y-Wert der x-Wert. Die Form sowie die Quer- und Längsausdehnung der sog. Punktwolke lässt ausagen über Aktivitätsniveau von Parasympathikus und Sympathikus und die generelle Regulationsfähigkeit zu - außerdem lassen sich sehr gut Artefakte erkennen - diese werden abseits der Punktwolke dargestellt.



HRV-Scanner von BioSign



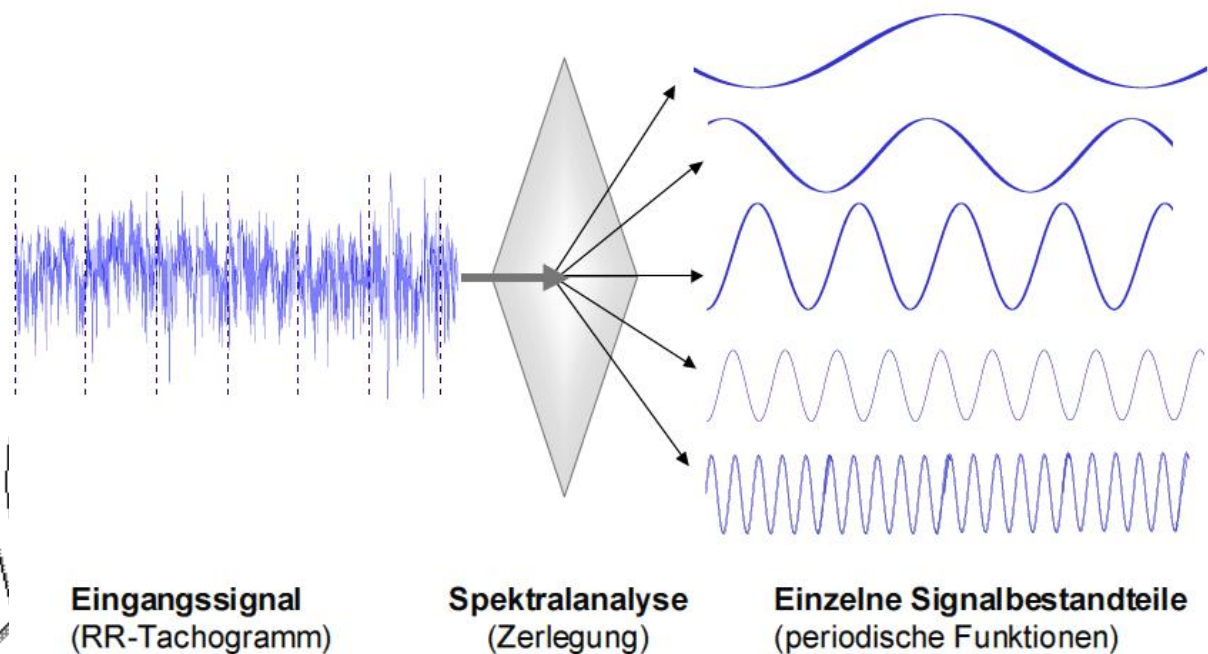
6.2 Frequenzbereichsanalyse

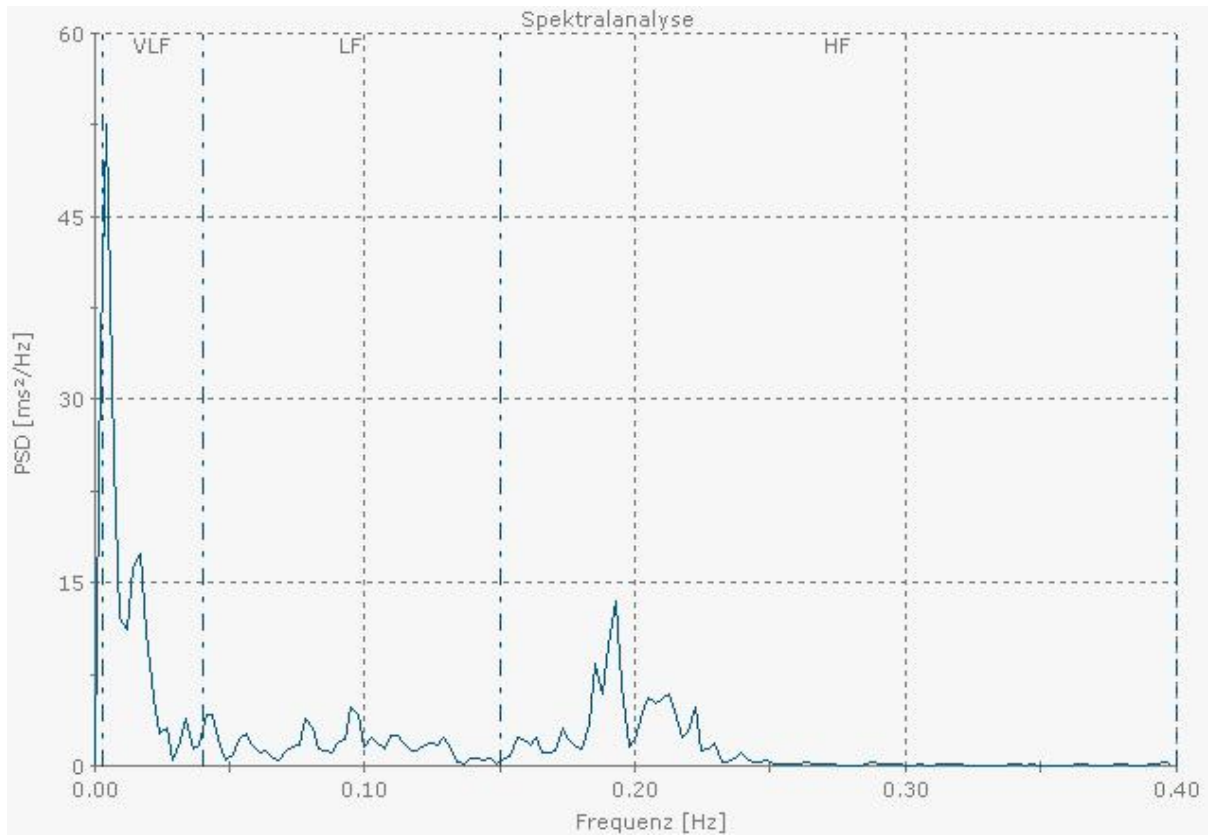
Alles ist in Bewegung, pulsiert mit einer bestimmten Frequenz. Nahezu alle Vorgänge sind jedoch nicht durch einheitliche Frequenzen beschreibbar. Es handelt sich vielmehr um ein Konglomerat sich überlagernder Schwingungen. Beim Organismus wird dies durch den Herzschlag am deutlichsten. Das Herz schlägt in der Minute ca. 60mal – es schlägt mit einer Frequenz von ca. 1 Hertz. Im Herzschlag sind jedoch u. a. auch Frequenzen von Sympathikus und Parasympathikus zu finden. Der Sympathikus ist in einem Frequenzband von ca. 0,04 bis 0,15 Hertz angesiedelt. Parasympathische Aktivitäten finden sich vorwiegend zwischen 0,15 Hz bis 0,4 Hz. Es besteht aber hinsichtlich der Frequenzen keine strikte Trennung. Im Bereich über 0,15 Hertz gibt es keine sympathische Aktivität aber sehr wohl im Bereich weit unter 0,15 Hertz parasymphatische. Der Atemvorgang ist nahezu ausschließlich parasymphatisch veranlasst. Bei langsamer tiefer Atmung – < 9 Atemzüge p. Min. - finden sich deshalb auch parasymphatische Anteile im Frequenzbereich weit unter 0,15 Hz.

6.2.1 Fast Fourier Transform (FFT)

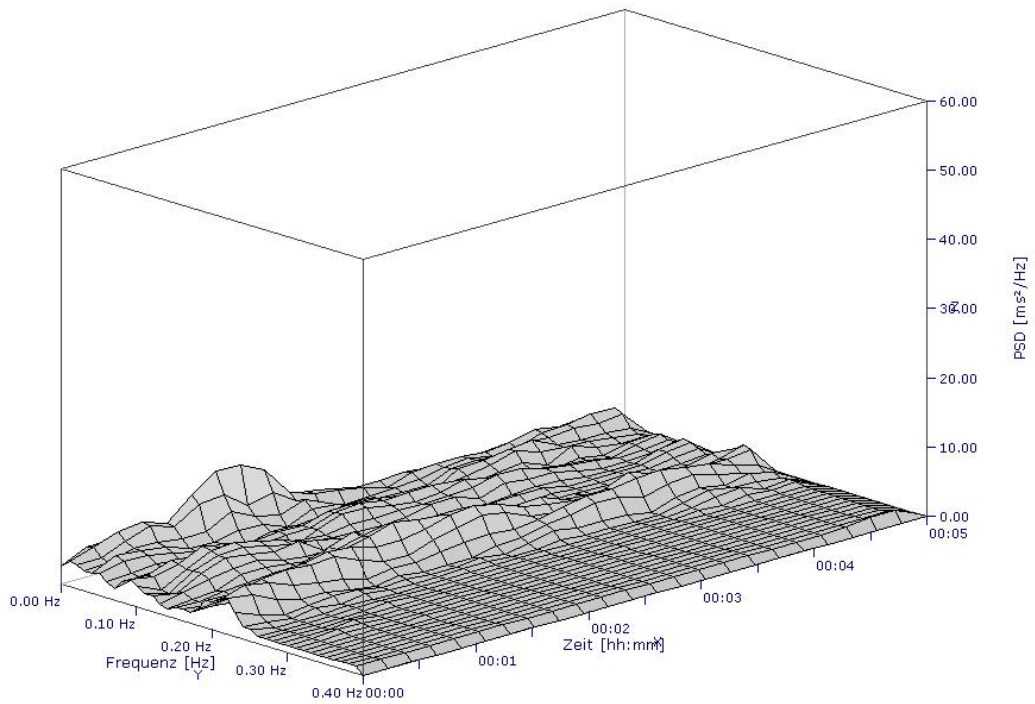
Mit der FFT werden diese unterschiedlichen Frequenzen sichtbar gemacht.

Frequenzanalyse = Signalzerlegung in einzelne Frequenzen





HRV-Scanner von BioSign



HRV-Scanner von BioSign

7. Die wichtigsten HRV-Parameter und was sie aussagen

(Grafiken und Erläuterungen entnommen bzw. angelehnt an Gebrauchsanweisung 3.4 des HRV-Scanner von BioSign.)

Zwischenzeitlich gibt es weit über 100 HRV-Parameter. Im HRV-Scanner werden zahlreiche Zeitparameter, Frequenzparameter und nichtlineare Parameter, z. B. Alpha 1 und zusätzlich Stressindex und biologisches HRV-Alter in einer Liste ausgegeben und ggf. mit Normwerten unterlegt (als Werte und grafisch). Darüber hinaus sind, wie oben beschrieben, skalierbare klassische Auswertegrafiken Tachogramm, Histogramm, Poincaré-Diagramm und 2- und 3-dimensionale FFT (Welch's Methode) etc. vorhanden.

Wir beschränken uns hier auf einige wenige Parameter die alle klinisch relevante Information besitzen, dennoch dem Patienten/Probanden gut zu vermitteln sind und in den Einblick-Diagnosegrafiken des HRV-Scanner von BioSign Verwendung finden.

Die Werte geben Auskunft über die durchschnittliche Herzfrequenz, wie anpassungsfähig ist das veg. Nervensystem, wie schnell kann es reagieren, wie ausgeglichen ist die Person, wie hoch ist die augenblickliche Belastung (Stress), welchem Lebensalter entspricht der Zustand des veg. Nervensystems und wie sind die Werte in Bezug auf Gleichaltrige einzuschätzen.

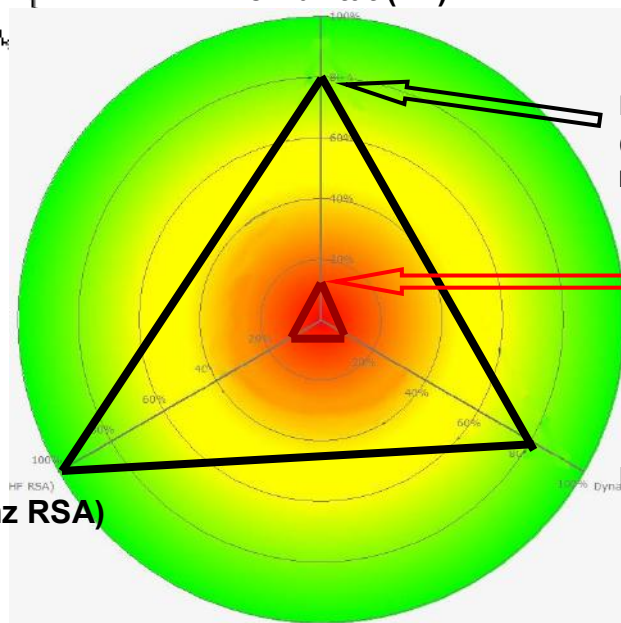
7.1 Parameter in der Einblick-Diagnosegrafik der RSA

In der Einblick-Diagnostikgrafik stehen einerseits die klassischen, in Wissenschaft und Klinik eingeführten Parameter z. B. die von der Deutschen Diabetesgesellschaft für die Diagnose der kardialen diabetischen Neuropathie geforderten Werte (E-I; E/I; MCR; RMSSD; Mittl. HF) und eine vereinfachte Darstellung auf Basis dieser Parameter zur Verfügung. Die Erläuterung beschränkt sich auf die vereinfachte Darstellung.

Einblick-Diagnosegrafik - Respiratorische Sinusarrhythmie mit %-Rang entsprechend Alter im HRV-Scanner

- **Grün** = gute Werte - **gelb** = beachtenswert - **rot** = schlechte Werte -
(Beispiel für eine gute und eine sehr schlechte parasymphatische Regulationsfähigkeit)

Flexibilität (E-I)



Besser als 81 % seines Alters
(19% seiner Altersgruppe haben bessere Werte)

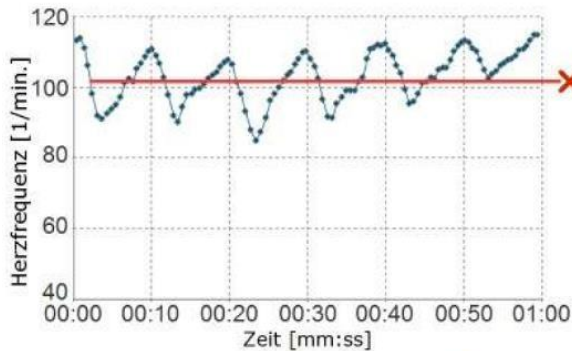
Schlechter als 87% seines Alters
(87% seines Alters haben bessere Werte)

Tonus
(mittlere Herzfrequenz RSA)

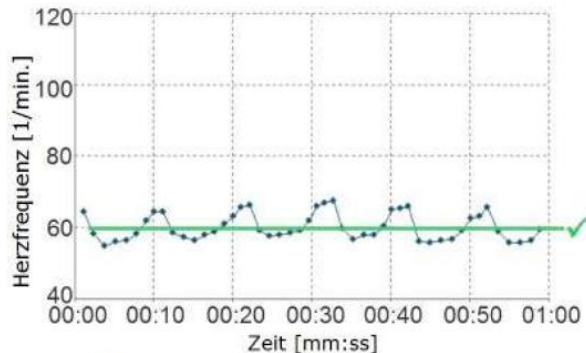
Dynamik (RMSSD)

7.1.1 Tonus (**Mittlere Herzfrequenz**)

Durchschnittliche Herzfrequenz während der Messung. Das Herz schlägt ohne Verbindung zum vegetativen Nervensystem ca. 100mal in der Minute. Eine niedrigere Frequenz ist, da der Parasympathikus für eine Verlangsamung des Herzschlages sorgt das Ergebnis parasymphatischer Aktivitäten. Je niedriger bei einem gesunden Herzen die durchschnittliche Herzfrequenz, desto leistungsfähiger ist der Parasympathikus – unsere Bremse bzw. Erholungsfähigkeit.



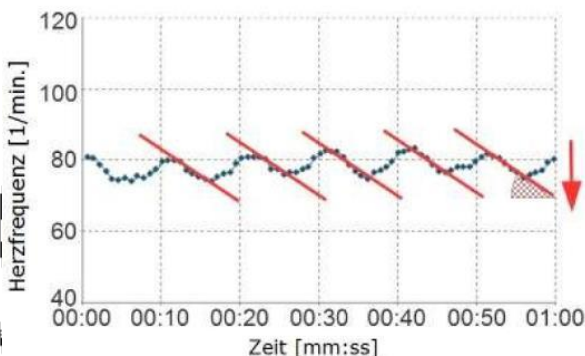
Beispiel eines geringen parasymphatischen Tonus (hohe mittlere Herzfrequenz)



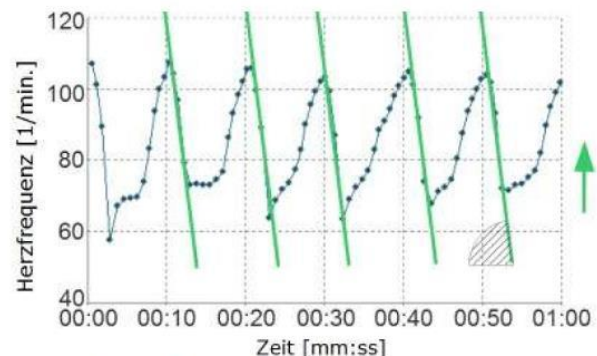
Beispiel eines hohen parasymphatischen Tonus (niedrige mittlere Herzfrequenz)

7.1.2 Dynamik (**RMSSD**)

Der mathematisch komplizierte Wert - (Root Mean Square of Successive Differences - Quadratwurzel des quadrierten Mittelwerts der Summe aller Differenzen sukzessiver RR-Intervalle) - sagt aus, wie stark sich die Herzfrequenz von einem Herzschlag zum nächsten ändert und beschreibt damit die Geschwindigkeit, mit der das parasymphatische Nervensystem – unsere Bremse bzw. Erholungsfähigkeit reagiert. Der Wert ist sehr empfindlich gegenüber Arrhythmien und Artefakte.



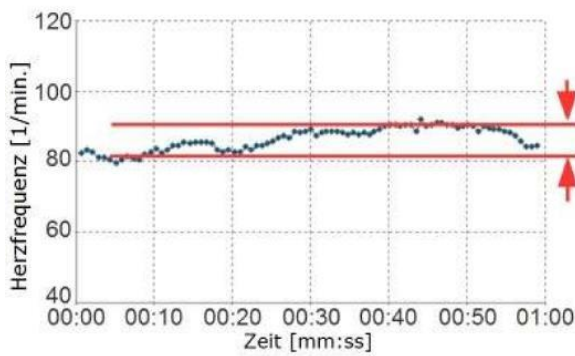
Beispiel einer Herz-Hirn-Achse, die nur über eine geringe Dynamik verfügt. Die Herzfrequenz ändert sich von Herzschlag zu Herzschlag nur wenig.



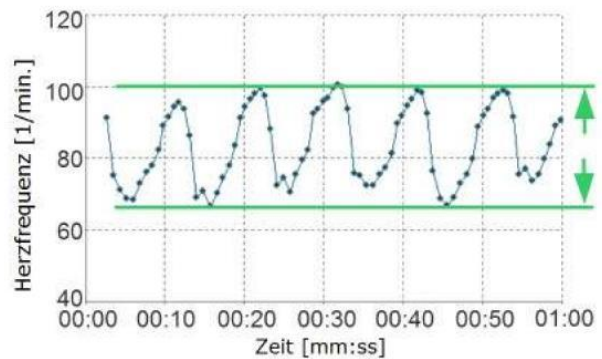
Beispiel für eine gute Dynamik. Die Herzfrequenz ändert sich beim Ausatmen (Abfall der Herzfrequenz) sehr stark

7.1.3 Flexibilität (**E-I**)

Einatmung – Ausatmung. Ermittelt wird bei jedem Atemzyklus die höchste und niedrigste Herzfrequenz. E-I gibt den Durchschnitt wieder und ist deshalb relativ unempfindlich gegen Artefakte. Je höher der Wert (große Amplitude der Herzfrequenzschwingungen), desto größer ist die Flexibilität; d.h. die Anpassungsfähigkeit unseres Herzkreislaufsystems.



Beispiel einer sehr geringen Flexibilität (Herzfrequenzschwingung nicht mehr vorhanden)

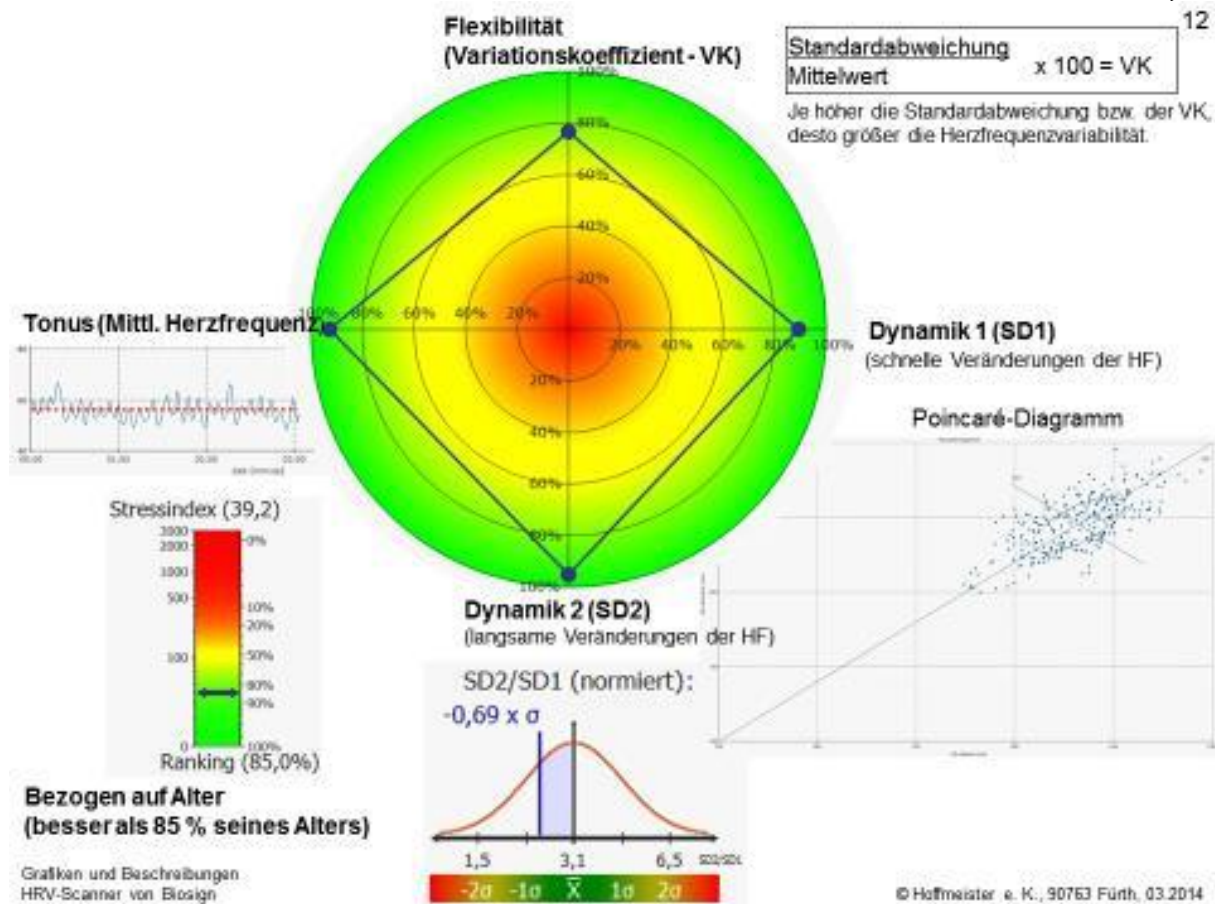


Beispiel einer hohen Flexibilität (große Amplitude der Herzfrequenzschwingung)

Hoffmeister

7.2 Parameter in der Einblick-Diagnosegrafik der Kurzzeit HRV

Auch hier stehen neben zahlreichen Listenwerten zusätzlich im Rangdiagramm sowohl die „klassischen Werte“ (SD1; SD2; Power HF; Power LF; Total Power; Mittlere HF; Stressindex) als auch vereinfachte, gut zu vermittelnde Werte zur Verfügung. (Die Erläuterung beschränkt sich auf die Werte in der vereinfachten Grafik.)



7.2.1 Tonus (**Mittlere Herzfrequenz** - Siehe 7.1.1)

7.2.2 Flexibilität (**Variationskoeffizient -VK**)

Der Wert in der Grafik drückt aus, ob die Regulationsfähigkeit (im Bezug zur Altersgruppe) hoch oder niedrig ist.

Messwerte verteilen sich in der Regel mehr oder weniger stark um einen Mittelwert. Standardabweichung und VK sind Parameter aus der deskriptiven Statistik und beschreiben das Ausmaß der Streuung von Messwerten um einen Mittelwert. Da man Herzfrequenzvariabilität als statistisches Phänomen auffassen kann - die Herzfrequenzen schwanken um einen Mittelwert, wobei größere Abweichungen vom Mittelwert weniger wahrscheinlich sind, als kleinere Abweichungen - hat sich

die Verwendung der Standardabweichung und des Variationskoeffizienten als beschreibende Größen der Herzratenvariabilität fest etabliert. Der VK fast Mittelwert und Standardabweichung in einer Zahl zusammen und wird in Prozent angegeben. Je höher die Standardabweichung bzw. der Variationskoeffizient, desto größer ist die Herzfrequenzvariabilität.

7.2.3 Dynamik 1 (SD1)

Wert (Standardabweichung) aus dem Poincaré-Diagramm (Punktvolke) – der die Querachse der Vertrauensellipse betrachtet und Aussagen über parasympathische Aktivität zulässt (schnelle Änderungen der Herzfrequenz).

7.2.4 Dynamik 2 (SD2)

Standardabweichung aus der Punktvolke die auf die Längsachse bezogen und sensitiv zu langsamen Änderungen der Herzfrequenz ist und damit zu sympathischer Aktivität.

7.2.5 SD2/SD1 normiert

Misst das Verhältnis der schnellen zu den langsamen Herzfrequenzänderungen und lässt damit eine gute Beurteilung der vegetativen Balance zu. (Ersetzt LF/HF-Quotient da dieser nur äußerst ungenau die vegetative Balance wiedergibt. Er ist nicht in der Lage, die parasympathischen Anteile durch eine Atmung < 9 Atemzüge im LF-Frequenzband zu berücksichtigen.

7.2.6 Stressindex (SI) und Ranking

Die Berechnung des Stressindex erfolgt in Anlehnung an Prof. Baevsky. Er hat diesen Index im Rahmen der russischen Raumfahrtmedizin entwickelt und validiert. Der SI reagiert sensibel auf Verschiebungen des vegetativen Gleichgewichts zwischen Sympathikus und Parasympathikus und ist die mathematische Beschreibung des Histogramms.

Der Stressindex ist ein guter Parameter um Veränderungen bei einer Person im Laufe der Behandlungsdauer festzustellen. Der Stressindex als Indikator für Stressbelastung ist dann aussagekräftig, wenn die Person organisch gesund ist.

Bei einem hohen Stressindex können auch andere Ursachen als eine Stressbelastung vorliegen. Sind keine Stressoren erkennbar und liegt dennoch wiederholt ein stabiler hoher Stressindex vor ist eine umfassende und tiefgreifende diagnostische Abklärung zwingend geboten.

Der Stressindex ist, wie die HRV generell, stark altersabhängig. Es ist deshalb erforderlich, diesen Wert in Bezug zur Altersgruppe zu setzen. Das Ranking drückt aus wieviel Prozent des entsprechenden Alters bessere bzw. schlechtere Werte aufweisen. Die Darstellung erfolgt wie in den vorstehend erläuterten Grafiken nach dem Ampelprinzip; d.h. gute Werte sind grün unterlegt, mittlere Werte gelb und schlechte Werte rot.

Mai 2016