

Obstoj, Peter; Schultheiß, Birgit; Henning, Günter:

Untersuchungen zum Verlauf und zur intraindividuellen Reproduzierbarkeit der HRV

<i>Zuerst erschienen in:</i>	Biomedizinische Technik = Biomedical Engineering. - Berlin [u.a.] : de Gruyter. - 47 (2002), S1b, S. 581-584. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBM) im VDE ; 36 (Karlsruhe) : 2002.09.25-27
<i>Erstveröffentlichung:</i>	2002
<i>Datum Digitalisierung:</i>	2009-11-26
<i>ISSN (online):</i>	1862-278X
<i>ISSN(print)</i>	0013-5585
<i>DOI:</i>	10.1515/bmte.2002.47.s1b.581
<i>[Zuletzt gesehen:</i>	2019-12-06]

„Im Rahmen der hochschulweiten Open-Access-Strategie für die Zweitveröffentlichung identifiziert durch die Universitätsbibliothek Ilmenau.“

“Within the academic Open Access Strategy identified for deposition by Ilmenau University Library.”

„Dieser Beitrag ist mit Zustimmung des Rechteinhabers aufgrund einer (DFG-geförderten) Allianz- bzw. Nationallizenz frei zugänglich.“

„This publication is with permission of the rights owner freely accessible due to an Alliance licence and a national licence (funded by the DFG, German Research Foundation) respectively.“



UNTERSUCHUNGEN ZUM VERLAUF UND ZUR INTRAINDIVIDUELLEN REPRODUZIERBARKEIT DER HRV

P. Obstoj, B. Schultheiß, G. Henning

Institut für Biomedizinische Technik und Informatik, TU Ilmenau, Deutschland

peter.obstoj@stud.tu-ilmenau.de

Abstract— Im Rahmen von Untersuchungen zur Eignung der Herzratenvariabilität als Marker der Aktivität des autonomen Nervensystems wurde die Reproduzierbarkeit und die Schwankungsbreite der spektralen HRV-Leistungsanteile bei einzelnen Probanden mit mehreren Messungen und unter verschiedenen Rahmenbedingungen bestimmt. Hierbei zeigte sich eine intra- und auch interindividuell hohe Grundvariabilität. Beim Vergleich zwischen der Herzfrequenz als Ergebnis der autonomen Aktivität und den spektralen Bandleistungen der HRV bestätigte sich die weitgehend parasympathische Dominanz der HF-Bandleistung, wohingegen sich die LF-Bandleistung insgesamt als nicht signifikant von der Herzfrequenz abhängig erweist. Dies verneint eine alleinige Reflexion des Sympathikus innerhalb des LF-Bandes.

Keywords— HRV-Analyse, Herzratenvariabilität, autonomes Nervensystem

Einleitung

Das autonome Nervensystem (ANS) besitzt eine zentrale Bedeutung für die Regelung der Vitalfunktionen des Organismus (z.B. Atmung, Stoffwechsel, Blutdruck, Herzfrequenz) und es gewährleistet mittels vielfältiger Anpassungsmechanismen „Sympathie“ zwischen den einzelnen Bestandteilen des Körpers, also deren geordnetes Zusammenwirken [1]. Vegetative Fehlregulationen und dadurch ausgelöste funktionelle Störungen einzelner Organe oder ganzer Organsysteme sind die Ursache für einen größeren Einsatz an Pharmaka als bei allen anderen Erkrankungen zusammen [2].

Die Herzratenvariabilität (HRV) gilt als einer der vielversprechendsten Marker zur Beurteilung der autonomen Funktion. Die Möglichkeit der vergleichsweise einfachen Erfassung hat zu einer weitverbreiteten Anwendung der Methoden der HRV-Analyse geführt, wobei die Vielzahl der Messmethoden und die Komplexität der die HRV generierenden Prozesse Risiken für falsche Schlussfolgerungen beinhalten [3].

Von einer Task Force wurden Richtlinien erarbeitet, um die Vielfalt der eingesetzten Verfahren der HRV-Analyse zu standardisieren. Hierin wird darauf verwiesen, dass aufgrund fehlenden oder unzureichenden Datenmaterials keine genauen Aussagen zu Normwerten der HRV möglich sind [3]. Darüber hinaus ergaben Untersuchungen zur Altersabhängigkeit an Probanden eine starke Streuung spektraler HRV-Kenngrößen [4].

Im Rahmen unserer Untersuchungen wurde daher zunächst die Reproduzierbarkeit von spektralen HRV-Kenngrößen bei Probanden im Allgemeinen analysiert. Außerdem wurden bei einzelnen Probanden Untersuchungen unter

verschiedener Messbedingungen durchgeführt, um neben der intraindividuellen Reproduzierbarkeit vor allem auch qualitative Aussagen über mögliche Einflussfaktoren auf das HRV-Spektrum treffen zu können.

Materialien und Methoden

Bei 13 Probanden ohne bekannte kardiovaskuläre Erkrankungen (6 weiblich, 7 männlich) im Alter zwischen 18 und 48 Jahren (\bar{x} 29.8 \pm 9.8 Jahre) wurde mehrmals während einer jeweils 20-minütigen Ruhephase (Position sitzend, Beine waagrecht aufliegend) und einer sich anschließenden 5-minütigen aktiven Orthostase kontinuierlich das EKG (200 Hz Abtastrate) aufgezeichnet und die Herzrate (HR) ermittelt. Darüber hinaus wurden bei einzelnen Probanden in unterschiedlichen Positionen und zu verschiedenen Tageszeiten, im Schlaf, während einer Plasmapherese und beim Zigarettenrauchen EKG-Daten akquiriert. Die Signalerfassung erfolgte mit dem Messsystem *multiscreen* (medis GmbH, Ilmenau). Die spektrale Auswertung erfolgte nach einer vorausgehenden Datenaufbereitung, die zur Eliminierung von Störungen und vereinzelt Extrasystolen erforderlich ist, sowie nach einer sich daran anschließenden Berger-Fensterung [5] der HR-Kurve von 4 Hz zur Erzeugung eines äquidistanten Signals mittels einer FFT-Analyse über 512 Werte, das entspricht einem Abschnitt der HR-Kurve von 128 s Länge. Es wurden jeweils die Spektralleistungen innerhalb der in den Task Force – Richtlinien empfohlenen Frequenzbänder LF (0.04 Hz - 0.15 Hz) und HF (0.15 Hz - 0.40 Hz) ermittelt. Auf darunter liegende Spektralanteile (VLF, ULF) wurde auch bei diesen Untersuchungen wegen deren unklarer physiologischer Genese verzichtet.

Anschließend wurden eine Reihe statistischer und qualitativer Analysen zwischen der gemessenen HR und den berechneten Spektralleistungen durchgeführt. Zunächst wurde interindividuell die Variabilität innerhalb der beiden Spektralleistungsbänder untersucht und mit den bisherigen Ergebnissen von Probandenuntersuchungen bezüglich der Altersabhängigkeit verglichen. Des Weiteren wurden intraindividuell die Bandleistungen LF und HF mit dem Verlauf der Herzrate während der verschiedenen Messungen miteinander verglichen.

Ergebnisse

Neben der bei Probandenuntersuchungen bereits beobachteten Altersabhängigkeit sowohl der Leistung innerhalb des LF- als auch des HF-Bandes zeigen unsere Messungen in der Ruhephase interindividuell eine hohe Grundvariabilität in beiden Spektralbändern (Abbildung 1).

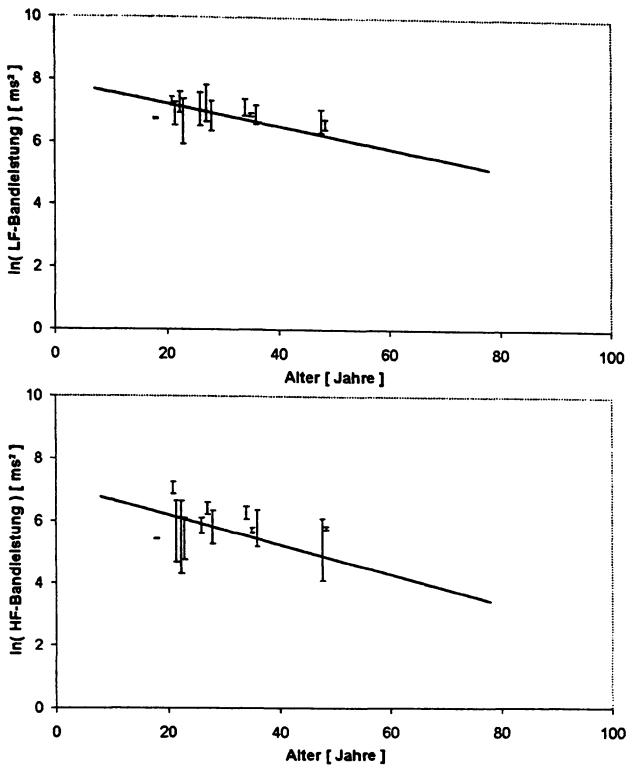


Abbildung 1: Interindividueller Vergleich der Streuungen im LF- und im HF-Band sowie Vergleich mit der Altersabhängigkeit der beiden Bänder (Regressionsgeraden aus [4])

Diese Variabilität ist nicht vom Alter der Probanden abhängig und begründet sich zum Teil mit unterschiedlichen Herzraten bei den verschiedenen Messungen in Ruhe, wie sich auch anhand der mittleren Streuung der HR und des LF-Bandes zeigen lässt (Tabelle 1 und Abbildung 2). Die Streuung der Leistung im HF-Band geht jedoch über die Streuung der HR hinaus, was der Mittelwert allerdings nicht ganz so deutlich macht.

Im Stehen steigt die Streubreite der HR an, was auch im LF-Band zu einem leichten Anstieg der Streuung führt (Tabelle 1).

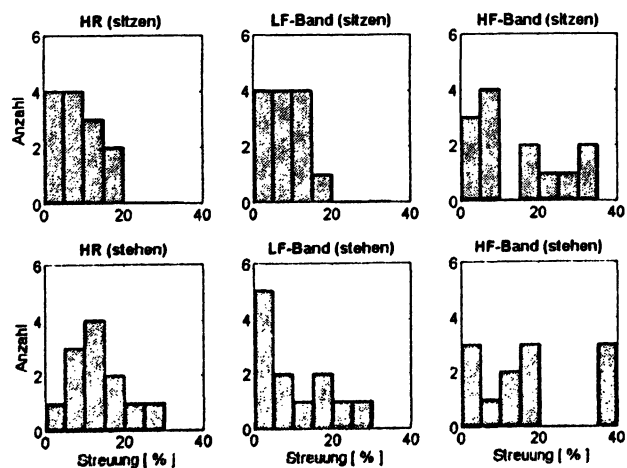


Abbildung 2: Vergleich der Streuungen von HR, LF- und HF-Band für Ruhephase (oben) und aktive Orthostase (unten)

Tabelle 1: Vergleich der mittleren Streubreiten von HR, LF- und HF- Band für Ruhephase und aktive Orthostase

Mittlere Streubreite	Ruhephase	Aktive Orthostase
HR	8,6%	13,0%
LF-Band	9,0%	10,2%
HF-Band	14,3%	17,4%

Weiterhin lässt sich aber feststellen, dass sowohl in der Ruhephase als auch bei aktiver Orthostase die Streubreiten weder des LF- noch des HF-Bandes von der HR-Streubreite signifikant abhängig sind.

Beim intraindividuellen Vergleich der Bandleistungen LF und HF mit dem Verlauf der HR während verschiedenen Messungen unter Ruhebedingungen ergeben sich gegensätzliche Ergebnisse für beide Spektralbänder (Abbildung 3). So zeigt sich im HF-Band ein signifikanter exponentieller Zusammenhang zwischen der Spektralleistung und der Herzrate. Dies ist im LF-Band dagegen nicht der Fall. Darüber hinaus streuen die beiden Bandleistungen in nicht unerheblichem Maße.

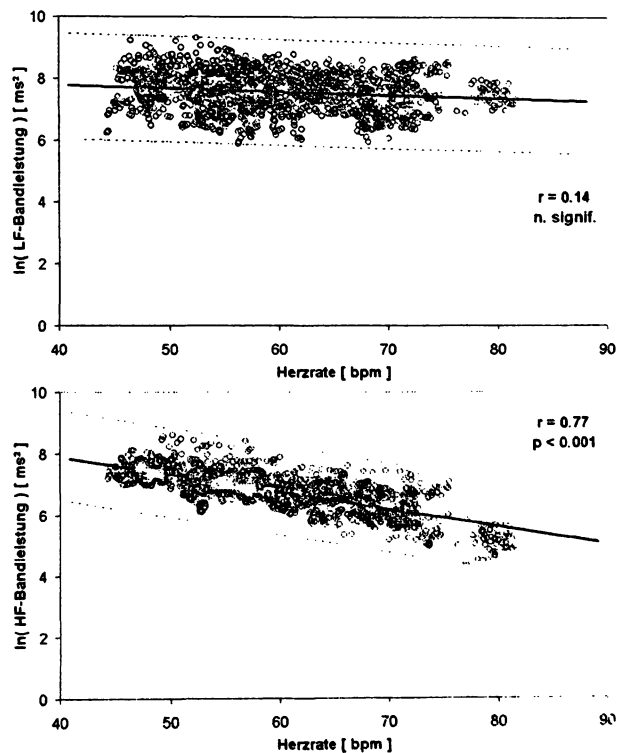


Abbildung 3: Beispiel für die Abhängigkeit zwischen LF- bzw. HF-Bandleistung und der Herzrate bei einem Probanden (männlich, 27 Jahre) während verschiedener Messungen in Ruhe

Bei Messungen während der verschiedenen Belastungsarten aktive Orthostase, Plasmapherese und beim Rauchen einer Zigarette sowie unter mentaler Entlastung im Schlaf entsteht ein recht differenziertes Bild für den Zusammenhang zwischen der Herzrate und den Bandleistungen (Abbildung 4 und Abbildung 5). Dies gilt insbesondere für den Zeitverlauf beim Zigarettenrauchen, der in Abbildung 5 gesondert dargestellt wird.

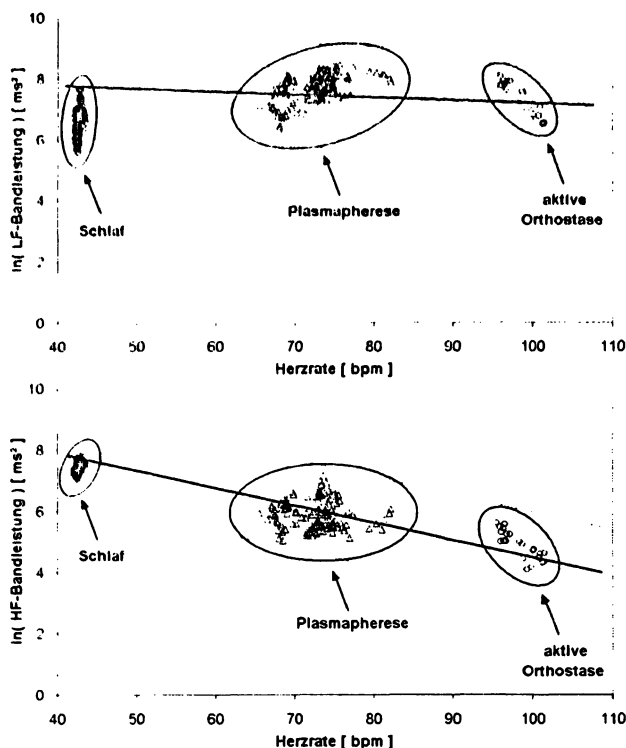


Abbildung 4: Abhängigkeit zwischen LF- bzw. HF-Bandleistung und der Herzrate unter verschiedenen Messbedingungen (Regressions- und Streugeraden aus Abbildung 3)

Mit Ausnahme der LF-Bandleistung während des Schlafs liegen alle in Abbildung 4 dargestellten Messungen innerhalb der in der Ruhephase ermittelten Streugeraden.

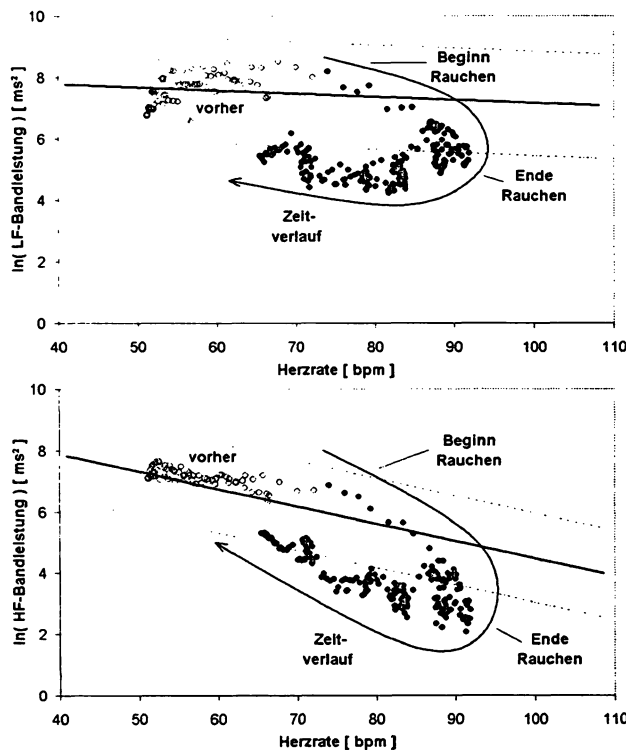


Abbildung 5: Abhängigkeit zwischen LF- bzw. HF-Bandleistung und der Herzrate sowie Darstellung des Zeitverlaufs beim Rauchen

Beim in Abbildung 5 dargestellten Rauchen einer Zigarette jedoch werden die unteren Streugeraden in beiden Spektralbändern bereits kurz vor Ende des Rauchens erreicht und in der Folge deutlich unterschritten, während sich die Leistungen vor Rauchbeginn innerhalb der in der Ruhephase ermittelten Streugeraden befanden.

Diskussion und Schlussfolgerung

Wie bereits in [4] festgestellt wurde, eignet sich die HRV nur bedingt als Marker autonomer Aktivität. Die im Rahmen dieser Untersuchungen erzielten Ergebnisse bestätigen die Rolle des autonomen Nervensystems als Mittler physiologischer Oszillationen auf die Herzrate im Rahmen des Blutdruck-Regelkreises und zeigen darüber hinaus mögliche Beeinflussungen dieser Funktion und die Konsequenzen für die HRV.

Insbesondere bestätigt die interindividuell hohe Grundvariabilität der in Ruheposition untersuchten Bandleistungen (Abbildung 1) die starke Abhängigkeit der HRV von physiologischen Rahmenbedingungen, wie beispielsweise von Parametern der Atemmechanik bezüglich des hauptsächlich durch die Atmung modulierten HF-Bandes [6], [7], [8]. Beweis dafür ist ein fehlender signifikanter Zusammenhang zwischen den Streubreiten des LF- bzw. HF-Bandes und der HR-Streubreite, d.h. die Streuung ist nicht vorrangig vom sich bei Gesunden auch in der Herzrate manifestierenden jeweiligen autonomen Tonus abhängig, sondern in erster Linie von den Parametern des Blutdruck-Regelkreises und den darüber vermittelten physiologischen Oszillationen.

Die sich in beiden Bändern sowohl inter- als auch intraindividuell zeigenden starken Streuungen verhindern auch die Angabe von altersabhängigen Normwerten zur eventuellen Abgrenzung pathologischer Veränderungen.

Die intraindividuell hohe Grundvariabilität des LF-Bandes in sitzender Position (Abbildung 3) beruht vermutlich vor allem auf vasomotorischer Aktivität, die ebenfalls starken Streuungen unterliegt. Deutlich wird dies anhand der erheblichen Unterschreitung der ermittelten unteren Streugeraden während des Schlafs (Abbildung 4), der aufgrund einer liegenden Position und des durch die mentale Entlastung nachlassenden Muskel- und Gefäßtonus zu einer Verringerung der vasomotorischen Regulation führt. Eine Änderung der autonomen Aktivität findet hier nahezu nicht statt, da die Herzrate weitgehend konstant bleibt.

Der fehlende signifikante Zusammenhang zwischen Herzrate und LF-Bandleistung in Ruhe verneint darüber hinaus die in einigen Publikationen beschriebene sympathische Prävalenz [3], sondern zeigt vielmehr, dass beide Zweige des ANS in Abhängigkeit ihres aktuellen Tonus zur Modulation der HRV in diesem Spektralband beitragen. So führt die sympathische Aktivierung im Rahmen der Plasmapherese und vor allem der aktiven Orthostase zu keiner sichtbaren Erhöhung der LF-Bandleistung (Abbildung 4). Die Leistung des HF-Bandes ist intraindividuell ebenfalls einer erheblichen Streuung unterworfen, sie ist jedoch erwartungsgemäß signifikant von der Herzrate abhängig, was sich auf die mit steigender HR sinkende parasympathische Aktivität zurückführen lässt.

Ein Beispiel für die Beobachtung beeinträchtigter autonomer Übertragung mittels der HRV-Analyse liefert das Rauchen einer Zigarette (Abbildung 5). Das deutliche Absinken sowohl der LF- als auch der HF-Bandleistung unter die in Ruhe ermittelten Streugeraden bereits kurz vor Ende des Rauchens ist teilweise auf die im Zusammenhang mit dem Rauchen stattfindende Gefäßkonstriktion zurückzuführen. Eine weit größere Rolle dürfte jedoch der Einfluss des Nikotins auf die efferenten Zweige des ANS spielen. So finden sich an den Zellkörpern der postganglionären Neuronen beider Zweige des ANS Nikotinrezeptoren [9], die beim Rauchen übersättigt und damit für die Übertragung von Oszillationen blockiert werden, unabhängig vom tatsächlichen autonomen Tonus. Das ist ein weiteres Beispiel für die eingeschränkte Nutzbarkeit der HRV als Marker autonomer Aktivität, da es die Anfälligkeit der Methode der HRV-Analyse auf äußere Einflüsse, wie beispielsweise auch für Medikamentenwirkungen zeigt.

Literaturverzeichnis

- [1] W. Pschyrembel, *Klinisches Wörterbuch*, Berlin, New York: de Gruyter, 1998
- [2] T. Ziemssen und M. Süß, "Funktionsdiagnostik des autonomen Nervensystems - Inhaltlich-methodische Kurzeinführung", <http://www.suess-medtec.de/>, pp. 1-36, 24-7-2001
- [3] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, "Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use.", *Eur. Heart J.*, vol. 17-3, pp. 354-381, 1996
- [4] P. Obstoj, B. Schultheiß und G. Henning, "Spektrale HRV-Analyse bei Probanden - Altersabhängigkeit und aktive Orthostase", *Gleicher Band*, 2002
- [5] R.D. Berger, S. Akselrod, D. Gordon, et al., "An efficient algorithm for spectral analysis of heart rate variability", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 33-9, pp. 900-904, 1986
- [6] V. Novak, P. Novak, J. de Champlain, et al., "Influence of respiration on heart rate and blood pressure fluctuations", *J. Appl. Physiol.*, vol. 74-2, pp. 617-626, 1993
- [7] G. Strauss-Blasche, M. Moser, M. Voica, et al., "Relative timing of inspiration and expiration affects respiratory sinus arrhythmia", *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, vol. 27-8, pp. 601-606, 2000
- [8] B.H. Taha, P.M. Simon, J.A. Dempsey, et al., "Respiratory sinus arrhythmia in humans: an obligatory role for vagal feedback from the lungs", *J. Appl. Physiol.*, vol. 78-2, pp. 638-645, 1995
- [9] W. Forth, D. Henschler, W. Rummel, et al., *Pharmakologie und Toxikologie*, München, Jena: Urban & Fischer, 2001.