

HRV – ein neuer Standard für gesundes Arbeiten und Führen

Seit 2015 beschäftigt man sich im betrieblichen Gesundheitsmanagement (BGM) und der betrieblichen Gesundheitsförderung (BGF) mit dem Gedanken, zusätzlich zu Fragebögen Instrumente zu nutzen, die medizinisch fundierte Daten liefern und zur objektiven Evaluierung des Gesundheitszustands eingesetzt werden können. Bisher war es so, dass Themen wie Stress am Arbeitsplatz und Burnout mit Selbstbeurteilungsfragebögen erfasst wurden.

Seit einigen Jahren wird die **Herzratenvariabilität (HRV)** als Tool zur Beurteilung der Gesundheit von MitarbeiterInnen genutzt. Dabei werden nicht nur Belastungen erkannt, sondern auch jene Ressourcen, die gesunde MitarbeiterInnen besitzen, um lange leistungsfähig im Unternehmen zu bleiben.

Die HRV ermöglicht ein laufendes objektives Monitoring von Gesundheit und Belastbarkeit und verbessert damit die Gesundheit, Leistungsfähigkeit und das Gesundheitsverständnis, steigert die Produktivität und senkt die Krankheitskosten. Die mit der HRV einfach möglich gewordene individuelle und umfassende Verhaltensprävention als Ergänzung zur Tradition der Verhältnisprävention wird immer häufiger anerkannt und praxisnah umgesetzt.

Mit der HRV ist es möglich, alle wirksamen Einflüsse auf das Individuum im (Berufs-)Alltag direkt und ungefiltert zu erfassen. Psychosoziale Interaktionen oder Arbeitsgestaltung zeigen große Chancen auf, um Mitarbeitergesundheit zu erkennen, zu bewegen und Veränderungen zu messen.

Die Analyse der HRV ermöglicht es, in diesem Bereich mit geringstem Aufwand die höchste Aussagekraft aller entwickelten und denkbaren Diagnostiken zu liefern. Sie wird damit immer mehr zu einem anerkannten Diagnoseverfahren und effektiven Werkzeug zur Beurteilung von sowohl physischen als auch psychischen Belastungen und Ressourcen.

1 Was steckt hinter der Herzratenvariabilität?

Jeder Herzschlag liefert etwa jede Sekunde eine Information. Das macht rund 100.000 in 24 Stunden. Es handelt sich hierbei um eine riesige Datenmenge, die auf einfachste Weise über ein einfaches Elektrokardiogramm (EKG) erfasst, gespeichert und weiterverarbeitet werden kann.

Das Herz reagiert unmittelbar auf alles, was der Mensch bewusst und unbewusst erlebt und fühlt. Bei gesunden Menschen reagiert das Herz als High-Tech-Instrument ununterbrochen auf diese äußeren und inneren Signale mit fein abgestimmten Veränderungen (Variationen) der Herzschlagfolge. Es ist zum Beispiel so, dass bei körperlicher Anstrengung oder Stress die Herzfrequenz ansteigt, während sie bei Ruhe oder im Schlaf sinkt. Dieses Phänomen nennt man Herzratenvariabilität (HRV).

Die HRV beschreibt also die Fähigkeit des Herzens, den zeitlichen Abstand von einem Herzschlag zum nächsten laufend zu verändern und sich so flexibel ständig wechselnden Herausforderungen anzupassen (Lohninger, 2017, S. 37).

Innere und äußere Reize werden von unserem autonomen Nervensystem erfasst und verarbeitet und wirken sich somit auf die HRV aus. Die Steuerung der HRV geschieht durch zwei Anteile im vegetativen Nervensystem: das Aktivieren des Sympathikus (im Sinne der Anspannung, aber auch Leistung) und des Parasympathikus (im Sinne der Erholung und Ökonomie).

Schon Shaffer et al. (2014) meinen: „The healthy heart is not a metronome“. Sie meinten damit, dass sich ein „gut funktionierender Organismus“ durch eine hohe HRV auszeichnet. Je flexibler also das autonome Nervensystem eines Individuums ist, desto eher ist es in der Lage, auf die Umwelt zu reagieren, und desto höher sind seine Anpassungsfähigkeit und damit auch seine HRV. Eine reduzierte HRV steht hingegen für eine Starre und ein Ungleichgewicht im autonomen Nervensystem.

Die Herzratenvariabilität kommt ursprünglich aus der Medizin, findet aber inzwischen in diversen Disziplinen Anklang. Sie analysiert den aktuellen Gesundheitszustand nicht-invasiv und nicht, wie andere bildgebende Verfahren oder die Labordiagnostik zu einem einzigen Zeitpunkt, sondern dynamisch über beliebig lange Zeiträume, vorzugsweise über 24 Stunden, um alle wichtigen Körperfunktionen aussagekräftig abzubilden und so einen Blick auf den gesundheitlichen Allgemeinzustand werfen zu können.

Spannend ist, dass dabei nicht nur körperliche Veränderungen gemessen werden können. Auch Faktoren wie Stressverarbeitung, Resilienz, Erschöpfungsrisikos oder der mentale Zustand können erfasst werden.

Ein kleiner Auszug aus diversen wissenschaftlichen Arbeiten zeigt, dass auch psychische Belastungen durch die HRV entdeckt werden. Bei Depressionen (Birkhofer et al. 2005), mentalem Stress (Hjortskov et al. 2004), Bluthochdruck (Ruediger et al. 2004), Angststörungen (Chalmers et al. 2014) und Panikstörungen

(McCraty et al. 2011) ist eine reduzierte HRV erkennbar. Sie zeigt sich in einer erhöhten sympathischen Kontrolle und einem reduzierten Parasympathikus.

Ein gesteigerter Parasympathikus kann ein Zeichen für Müdigkeit (Jouanin et al. 2004), eine reduzierte parasympathische Aktivität Zeichen von mentalem Stress (Ruediger et al. 2004) und eine erhöhte Sympathikusaktivität, verbunden mit einem Rückgang des Parasympathikus, ein Zeichen von Anspannung (Jiao et al. 2005) sein. Stress am Arbeitsplatz zeigt sich in einer Überaktivierung des Sympathikus bei gleichzeitigem Rückgang des Parasympathikus (Vrijkotte et al. 2000). Hält eine Stressbelastung lange an, kann sie zu Burnout führen, eine Erkrankung, die auch durch Messungen der Herzratenvariabilität diagnostizierbar wird.

Studien veranschaulichen, welche Beweise zur Evaluierung der physischen und psychischen Gesundheit in der betrieblichen Gesundheitsförderung mit der HRV erbracht werden können.

Die HRV schließt damit den Kreis zwischen subjektiv emotionalen Daten, erhoben durch Mitarbeiterbefragungen und objektiv gültigen Fakten, gewonnen aus medizinisch objektiven Systemkennzahlen.

2 Wie kann die HRV nun in einem Betrieb eingesetzt werden?

Die HRV kann im Unternehmen jederzeit eingeführt werden. Zu Beginn eignet sich ein Kick-Off mit einem HRV-Experten, um die HRV, ihre Einsatzmöglichkeiten und Nutzen sowie das Handling vorzustellen.

Gemessen werden kann auf zwei Arten:

Ein Minirekorder wird mit 2 Klebeelektroden am Brustgurt angelegt. Unbemerkt wird damit 24 Stunden lang die Herzrate aufgezeichnet, um damit den Alltag objektiv zu erfassen. Nach Beendigung der Messung spielt eine Vertrauensperson die Messung in das Autonom Health Analyseportal ein. Die während der Messung über eine App protokollierten Aktivitäten werden beim Upload der Messdaten automatisch zur Messung hinzugefügt. Schließlich wird die Messung für die Messperson freigeschaltet. Die HRV wird individuell ausgewertet, verrät Vieles über die Lebensweise und gibt eindeutige Auskunft über den Gesundheitszustand wie z.B. über die Belastung während der Arbeitszeit, die Qualität des Schlafs, der Ernährung und weiterer Lebensstilfaktoren.

Die zweite Möglichkeit bietet die Nutzung eines Bluetooth-fähigen Brustgurts, der die aufgezeichneten HRV-Daten an die My Autonom Health- App schickt und sie sofort auswertet. Hier erhält der Gemessene regelmäßig während der laufenden Messung bereits Feedback über sein vegetatives Nervensystem.

In beiden Fällen können autorisierte Personen wie Betriebsärzte, -Psychologen u.ä. nach Beendigung der Messung für ein ausführliches Coaching zu Rate gezogen werden, um die HRV theoretisch zu erläutern und praktische Interventionen gemeinsam mit dem Mitarbeiter aus den Messergebnissen abzuleiten.

Die Analyse der HRV-Daten erfolgt über eine speziell entwickelte, hoch performante Software, die die Messung anhand verschiedener diagnostischer Algorithmen auswertet und bildlich in Form eines HRV- Spektrogramms und schriftlich in ausführlichen Erklärungen und Empfehlungen auswertet.

Das HRV-Spektrogramm wird als Lebensfeuer bezeichnet, weil es in Form eines Flammenbildes dargestellt wird. Es emotionalisiert durch seine Farben, ändert sich nach körperlicher Befindlichkeit und Aktivität und ist intuitiv auf den ersten Blick erfassbar.

2.1 Beispielmessung: leistungsstarke Topmanagerin

In der folgenden Abbildung wird das HRV-Spektrogramm einer 56-jährigen Frau dargestellt, die eine Manager-Position in ihrem Unternehmen innehat. Auf den ersten Blick sind die kräftigen Farben, die Höhe und Dichte erkennbar, die für eine ausgezeichnete Vitalität sprechen. Zwischen 9 und 18 Uhr hat sie diverse Aktivitäten wie Kommunikation, Telefonate und geistige Aktivitäten protokolliert, die in der „Performance-Leiste“ überwiegend mit gut und sehr gut bewertet werden.

Auch die ersten Details zur Messung zeigen deutlich, dass die Frau einiges richtig macht, ihren Alltag gut managen kann und bei der Arbeit Spaß hat. Ihr biologisches Alter liegt mit 23 Jahren deutlich unter ihrem kalendarischen Alter von 56 Jahren. Maßgeblich dafür sind die Anzahl der Herzschläge in 24 h, die mit ca. 87.500 in einem sehr ökonomischen Bereich liegen, ihre mittleren Herzraten Tag und Nacht, die unter den Werten gleichaltriger Frauen liegen, und stark ausgeprägten Frequenzbereichen (VLF, LF, HF). Weitere HRV-Parameter wie Allgemeine Vitalität, Leistungspotential oder Burnout-Risiko zeigen, wie gut diese Frau über 24 Stunden hinweg performt.

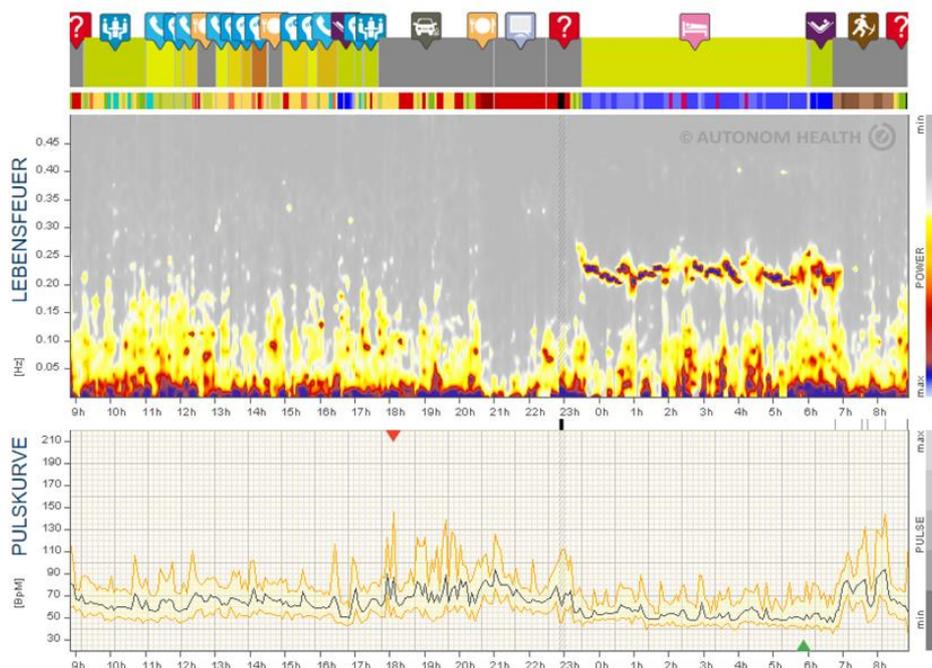


Abb.1: HRV-Spektrogramm einer leistungsstarken Top-Managerin, 56 (Quelle: Autonom Health)

DETAILS DER MESSUNG			
Aktuelles Biologisches Alter	23 Jahre	General Vitality Index	498
Anzahl Herzschläge	85.546	Anzahl Herzschläge in 24h	87.508
Minimale Herzrate	39 BpM um 05:54:10 (Schlaf)	Dynamik A	13 BpM
Maximale Herzrate	144 BpM um 18:09:24 (Autolenken)	Dynamik B	106 BpM
Parameter	Tag	Schlaf	Ganze Messung
Mittlere Herzrate	64,83 BpM	52,02 BpM	60,77 BpM
Total Power	5.973,48 msec ²	7.018,08 msec ²	6.245,33 msec ²
ULF	697,60 msec ² (11,68 %)	405,95 msec ² (5,78 %)	618,51 msec ² (9,90 %)
VLF	2.479,14 msec ² (41,50 %)	2.166,45 msec ² (30,87 %)	2.387,67 msec ² (38,23 %)
LF	1.814,56 msec ² (30,38 %)	1.826,36 msec ² (26,02 %)	1.812,21 msec ² (29,02 %)
HF	982,18 msec ² (16,44 %)	2.619,32 msec ² (37,32 %)	1.426,94 msec ² (22,85 %)
pNN50	28,51 %	56,77 %	34,95 %
SDNN	159,91 msec	128,59 msec	185,02 msec
RMSSD	64,52 msec	80,46 msec	68,48 msec
Stressindex	---	---	---
Pulsstatistik			
	Protokolliert	Tatsächliches Aktivierungsniveau	
Schlaf, Entspannen / Ruhen	07:35 (31,58%)	10:26 (44,49%)	Pulsbereich Schlafen
Sitzende Tätigkeiten	13:50 (57,59%)	09:50 (41,93%)	Pulsbereich Sitzen
Gehen / Radfahren, manuelle Arbeit	01:45 (7,28%)	02:52 (12,28%)	Pulsbereich Gehen, Manuelle Arbeit, etc.
Sport	00:00 (0,00%)	00:00 (0,01%)	Pulsbereich Grundlagenausdauer
	---	00:00 (0,00%)	Pulsbereich Spitzenpuls

Abb.2: erste Details zur HRV-Messung einer leistungsstarken Top-Managerin, 56 (Quelle: Autonom Health)

2.2 Beispielmessung: 52-jähriger Mann im Burnout

Zum Vergleich eine Messung eines 52-jährigen Mannes im Burnout.

Auf den ersten Blick ist ein kaum vorhandenes Lebensfeuer erkennbar. Weder ein starkes Farbspektrum noch Höhe und Dichte sind vorhanden. Hohes Pulsniveau bei wenig fordernden Aktivitäten zeugen auch von einer, bereits die Konstitution angegriffenen Belastung.

Sein biologisches Alter von 70 Jahren liegt fast 20 Jahre über seinem kalendarischen. Fast 124.000 Herzschläge in 24 Stunden sprechen zudem für sich. Im Schlaf findet keine Erholung mehr statt. Sowohl unter Tags als auch nachts liegt seine Herzrate in einem hohen Bereich, Männer in seinem Alter haben hier deutlich bessere Ergebnisse.

Allgemeine Vitalität, Leistungspotential und Burnout Risiko liegen in einem alarmierenden Bereich. Es besteht unzweifelhaft Handlungsbedarf.

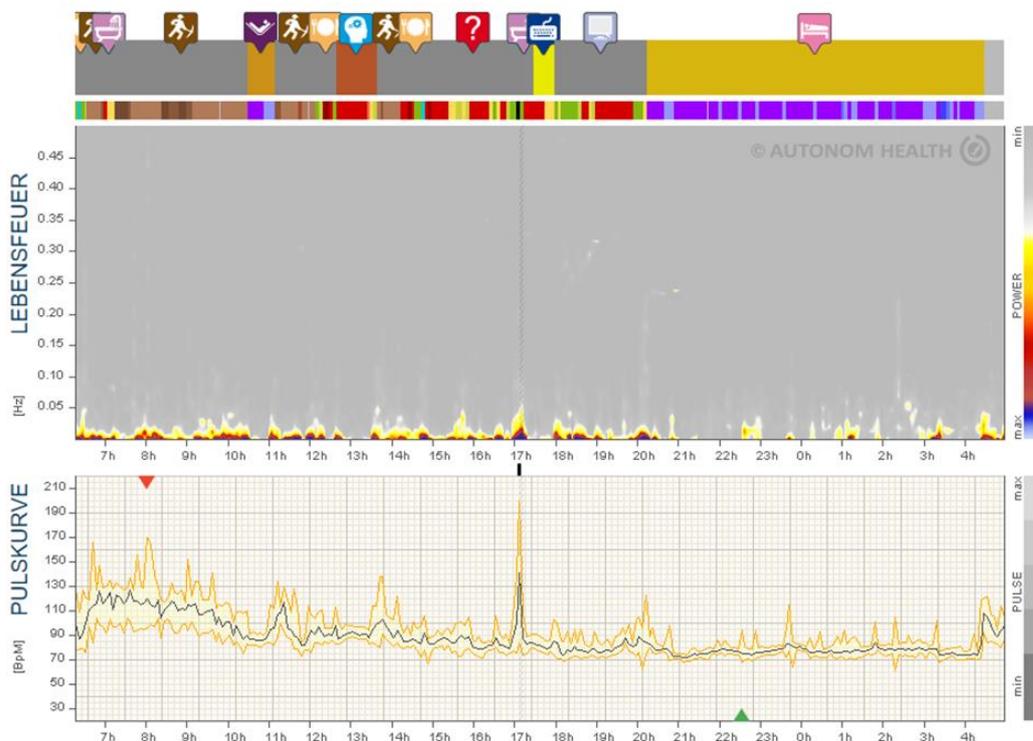


Abb.3: HRV-Spektrogramm eines 52-jährigen Mannes im Burnout (Quelle: Autonom Health)

DETAILS DER MESSUNG			
Aktuelles Biologisches Alter	70 Jahre	General Vitality Index	38
Anzahl Herzschläge	116.191	Anzahl Herzschläge in 24h	123.629
Minimale Herzrate	68 BpM um 22:36:02 (Schlaf)	Dynamik A	15 BpM
Maximale Herzrate	164 BpM um 08:04:01 (Manuelle Arbeit)	Dynamik B	96 BpM
Parameter	Tag	Schlaf	Ganze Messung
Mittlere Herzrate	91,79 BpM	77,19 BpM	85,85 BpM
Total Power	840,30 msec ²	402,35 msec ²	675,78 msec ²
ULF	301,11 msec ² (35,83 %)	77,27 msec ² (19,20 %)	217,79 msec ² (32,23 %)
VLF	367,75 msec ² (43,76 %)	214,86 msec ² (53,40 %)	309,67 msec ² (45,82 %)
LF	111,53 msec ² (13,27 %)	83,53 msec ² (20,76 %)	100,87 msec ² (14,93 %)
HF	59,90 msec ² (7,13 %)	26,71 msec ² (6,64 %)	47,46 msec ² (7,02 %)
pNN50	0,79 %	0,31 %	0,63 %
SDNN	95,59 msec	39,68 msec	103,99 msec
RMSSD	17,99 msec	15,26 msec	17,15 msec
StressIndex	---	---	---
Pulsstatistik	Protokolliert	Tatsächliches Aktivierungsniveau	
Schlaf, Entspannen / Ruhen	08:55 (39,30%)	00:00 (0,00%)	Pulsbereich Schlafen
Sitzende Tätigkeiten	07:18 (32,18%)	06:11 (27,42%)	Pulsbereich Sitzen
Gehen / Radfahren, manuelle Arbeit	05:15 (23,14%)	11:36 (51,44%)	Pulsbereich Gehen, Manuelle Arbeit, etc.
Sport	00:00 (0,00%)	03:29 (15,47%)	Pulsbereich Grundlagenausdauer
	---	01:16 (5,66%)	Pulsbereich Spitzenpuls

Abb.4: erste Details zur HRV-Messung eines 52-jährigen Mannes im Burnout (Quelle: Autonom Health)

Natürlich kann nur in Kombination mit einem ausführlichen Gespräch auf ein Burnout geschlossen werden. Eine stark reduzierte HRV kann auch ein Zeichen für andere chronische Belastungen sein.

3 Welchen Nutzen hat die HRV in der betrieblichen Gesundheitsförderung?

Die HRV eignet sich, um MitarbeiterInnen personalisierte Aussagen zu ihrem Gesundheitszustand und maßgeschneiderte Empfehlungen zur Verbesserung der Gesundheit zu geben. Die erhobenen Werte liefern Informationen zu Stärken und Belastungen im Laufe des beruflichen und privaten Alltags. Belastungen im psychischen Bereich, das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und andere gesundheitliche Störungen werden objektiv sichtbar und schaffen die Möglichkeit, frühzeitig, gezielt und effektiv entgegenzuwirken.

Eine Besonderheit der HRV ist, dass die Methode auch einen überdurchschnittlich guten Gesundheitszustand und ein extrem hohes Leistungsvermögen erfasst. Der Fokus liegt somit nicht nur auf der frühzeitigen Entdeckung von Krankheiten und Risiken, sondern auch im Erkennen von Ressourcen und Potentialen. Die HRV wird so zum idealen Tool für bestmögliche Förderung von Performanz bei gleichzeitigem Schutz vor Überforderung.

Das Unternehmen selbst kann - das Einverständnis aller Beteiligten und eine ausreichend große Zahl an Teilnehmenden vorausgesetzt – anonymisierte,

aggregierte Ergebnisse zu den HRV-Messungen erhalten und mehrfach nutzen. Es erhält damit Auskunft über Belastungsschwerpunkte und Fördermöglichkeiten für die Gesundheit der MitarbeiterInnen. Das Humankapital des Unternehmens kann anhand objektiver, dokumentierter Daten bewertet werden, ebenso wie der return on investment in jede, die Gesundheit und Leistung der Mitarbeiter fördernde Maßnahme.

Präventionsmaßnahmen werden mit der HRV gezielt plan-, steuer- und evaluierbar. Der Einsatz der HRV wird bereits von offizieller Stelle empfohlen: „Die Praxistauglichkeit von Herzfrequenz- und HRV-Analysen im Rahmen von Felduntersuchungen an Arbeitsplätzen ist erwiesen. Die Analysen können für verschiedene Fragestellungen zielführend eingesetzt werden, wenn die methodischen Anforderungen erfüllt sind. Unter diesen Voraussetzungen können sie nicht nur Forschungseinrichtungen, sondern auch praktizierenden Arbeitsmedizinern und Betriebsärzten empfohlen werden, zumal kardioassoziierte Aspekte in der modernen Arbeitsmedizin im Rahmen des Wandels der Arbeitswelt und der demografischen Situation der Erwerbstätigen in Deutschland eine zunehmend größere Bedeutung erlangen“. (Quelle: 002/042 – S2k-Leitlinie: Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft. Aktueller Stand: 06/2014).

4 Welche Vorteile bringt dieses Gesundheitsmonitoring für Führungskräfte?

Gerade für Führungskräfte ist, angesichts der an sie gestellten Herausforderungen, die Gewissheit, sich „im gesunden Bereich“ Ihrer Leistungsfähigkeit zu befinden, von unschätzbarem Vorteil. Ihnen und anderen High Performern im Sport – wie ganzen Formel1-Teams – und Künstlern dient die HRV mittlerweile dazu, extreme Aufgaben unter Absicherung ihrer Gesundheit zu bewältigen.

Der „War for Talents“ ist in vollem Gang. HRV-Messungen für das Recruiting von MitarbeiterInnen einzusetzen, kann zweifellos viele wertvolle Entscheidungsgrundlagen schaffen, wird sich aber aus guten Gründen auf die proaktive Bereitstellung von Messergebnissen durch die Bewerber selbst beschränken.

Messungen der HRV können – das Einverständnis der Bewerber vorausgesetzt – als objektives Kriterium für die Besetzung von Top-Funktionen herangezogen werden. Würden Sie sich bei der Bestellung – sagen wir des Leiters einer

Flugaufsichtsbehörde – bei gleicher Qualifikation nicht lieber für jene Person entscheiden, die nachweislich resilienter ist?

Jede wirksame Technologie kann für und gegen das Individuum und die Gesellschaft eingesetzt werden. Neben aller technischen Vorkehrungen für bestmöglichen Datenschutz und Datensicherheit und der Garantie, Messergebnisse keinesfalls an Dritte weiterzugeben, ist die Vorbildfunktion der Führungskraft für die Akzeptanz entscheidend. Nur wenn auch die Führungskraft selbst Verantwortung für die eigene Gesundheit übernimmt, z.B. durch die klar ersichtliche Nutzung von Messsystem und App, soll sie dies auch von Mitarbeitern verlangen.

Neben der Absicherung, die eigene Gesundheit und Leistung im Griff zu haben, gelingt es dann auch, jene seiner Mitarbeiter nachhaltig positiv zu steuern. Und das nicht mit einer auf Risiken oder Krankheiten abzielenden Präventionsmaßnahme, sondern mit einem Incentive zur Optimierung von Gesundheit und Performanz.

5 Wie können HRV-Ergebnisse in den Arbeitsalltag integriert werden?

Veränderungen zum Gesunden auf personeller Ebene erfordern es, sich gesundheitsschädigende Verhaltensweisen ab- und gesundheitsförderliche anzugewöhnen. Die dazu notwendige Bereitschaft entsteht nicht nur durch Bewusstmachung, dass etwas nicht stimmt, sondern wird stark durch Emotionalisierung motiviert. HRV-Messungen zeigen deutlich, wo man im beruflichen und privaten Alltag Lebensenergie gewinnt oder verliert.

Dies zu identifizieren und die Motivation, ein besseres Ergebnis erzielen zu wollen – z.B. ein niedrigeres biologisches Alter oder ein (noch) schöneres Lebensfeuer – erzeugen eine intrinsische, auf Gesundheit gerichtete Verhaltensbereitschaft. Belohnungen in Form positiver Verlaufsgrafiken im Zuge laufender Messungen festigen nachweislich gesundheitsförderliches Verhalten.

Das Gefühl, seine Gesundheit selbst in Händen zu halten, kann dazu führen, dass sich die Qualität nachhaltigen Gesundheitsmanagements für selbstkompetentere MitarbeiterInnen laufend verbessert.

Gezielte Verhältnisprävention wird durch die differenzierte qualitative Bewertung der entscheidenden Lebensstilfaktoren möglich. Sollte beispielsweise der wirksamste Hebel für mehr Gesundheit und Leistung der Belegschaft in der

Verbesserung der Schlafqualität liegen, können gezielte Angebote für besseren Schlaf getroffen werden, die dann auch auf ein begründetes Bedürfnis einer großen Mitarbeiterzahl stoßen werden.

Der Gemeinsinn der Organisation wird durch die im Zug von HRV-Messungen entstehende Kommunikation innerhalb von teilnehmenden und auch nicht teilnehmenden MitarbeiterInnen gestärkt. Diese kann und soll durch die begleitende Vermittlung von Gesundheitsthemen in firmeninternen und -externen Kommunikationsmedien verstärkt werden.

Nicht zuletzt erweist sich das Feiern der Verbesserungen der aggregierten Messergebnisse, z.B. einer großen Anzahl „eingesparter Herzschläge“ während eines Jahres, ein nachweislich verbesserter körperlicher Aktivierungsgrad, besserer Schlaf und natürlich jede „Verzögerung“ des biologischen Alterungsprozesses als idealer Anlass, die Zusammengehörigkeit im Unternehmen zu stärken.

6 Literatur

Birkofer, A./Schmidt, G/Först, H. (2005): Herz und Hirn – Die Auswirkungen psychischer Erkrankungen und ihrer Therapie auf die Herzfrequenzvariabilität. In: Fortschritte der Neurologie Psychiatrie, 73. Jg., 2011, S. 192-205

Chalmers, JA./Quintana, DS./Abbot MJ./Kemp, AH.(2014):. Anxiety disorders are associated with reduced heart rate variability: a meta analysis. In: Front Psychiatry, 11. Jg., 2014, S. 80.

Hjortskov, N./Rissen, D./Blangsted, AK./Fallentin, N./Lundberg, U./Sogaard, K. (2004): The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. In: European Journal of Applied Physiology, 92. Jg., 2004, S. 84–89.

Jiao, K. /Li, Z./Chen, M./Wang, C. (2005): Synthetic effect analysis of heart rate variability and blood pressure variability on driving mental fatigue. In: Journal of Biomedical Engineering, 22, Jg., 2005, S. 343–346.

Jouanin, JC/ Dussault, C./Peres, M./Satabin, P./Pierard, C./Guezennec, CY. (2004): Analysis of heart rate variability after a ranger training course. In: Military Medicine, 169, Jg., 2004, S. 583–587.

Lohninger, A. (2017): Herzratenvariabilität. In: Das HRV-Praxis-Lehrbuch. Wien: Facultas

McCraty, R./Shaffer, F. (2015): Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. In: *Global Advances in Health and Medicine*, 4, Jg., 2015, S. 46-61

Ruediger, H./Seibt, R./Scheuch, K./Krause, M./Alam, S. (2004): Sympathetic and parasympathetic activation in heart rate variability in male hypertensive patients under mental stress. In: *Journal of Human Hypertension*, 18, Jg., 2004, S. 305–315.

Sammito, S./Thielmann, B./Seibt, R./Klussmann, A./Weippert, M./Böckelmann, I. (2014): Leitlinie Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. In: *Portal Wiss Med*, 11, Jg., 2014, S.1–60.

Shaffer, F./McCraty, R./Zerr, C. (2014): A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the hearts anatomy and heart rate variability. In: *Frontiers in Psychology*, 5, Jg., 2014, S. 1040

Vrijkotte, TG. /van Doornen, LJ./de Geus, EJ (2000): Effects of work stress on ambulatory blood pressure, heart rate, and heart rate variability. In: *Hypertension*, 35, Jg., 2000, S. 880–6.