

---

# IND \_ Handbuch Pflegefit

*Version 3.1 vom 30. August 2005*

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Durchführende Personen .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Präambel .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Zusammenfassung .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Theoriegeleiteter Problemaufriss .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Theoriegeleiteter Zugang.....</b>	<b>7</b>
<b>6. Resultierende Ansatzmöglichkeiten im Überblick .....</b>	<b>8</b>
6.1. Zielsetzung .....	9
6.2. Zielgruppe und Zielgruppengröße .....	9
6.3. Erfolgsfaktoren.....	10
6.4. Methoden.....	10
6.5. Benötigte Qualifikationen.....	11
6.6. Kooperation mit anderen ProjektpartnerInnen .....	11
6.7. Benötigte Räumlichkeiten und Materialien.....	11
6.8. Organisation der Messungen und Zeitaufwand.....	11
6.9. Evaluation.....	12
6.10. Dokumentation und Auswertung .....	12
6.10.1. Einzelfalldarstellungen (Rückmeldungsunterlagen).....	14
6.10.2. Risikostratifizierung .....	17
6.10.3. Weitere Gruppenauswertungen – Differenz von Tagesgängen .....	19
6.10.4. Tätigkeitsanalysen .....	20
6.10.5. Interventionswirkungen.....	21
6.10.6. Ergebnisse von Fragebogenmethoden.....	25
6.10.7. Normative Darstellungen - Autonome Profile .....	26
<b>7. Literatur .....</b>	<b>28</b>
<b>8. Anhang A: Allgemeine Beschreibung der physiologischen Methoden.....</b>	<b>30</b>
8.1. Grundlagen der physiologischen Messungen.....	30
8.2. Messinstrument, -apparatur .....	39

## 1. Durchführende Personen

### JOANNEUM RESEARCH - Institut für Nichtinvasive Diagnostik (IND\*)

Name	Ausbildung	Aufgaben
Ao.Univ. Prof. Dr. Maximilian Moser	Physiologie und Chronobiologie	Wissenschaftlicher Leiter
Mag. Vincent Grote	Psychologie und Biometrie	Projektleitung; Rückmeldungen und Auswertungen
DI Claudia Zeiringer	Telematik und Projektmanagement	Projektmanagement; Messdurchführung und Dokumentation
Dr. Franziska Muhry	Biologie	Messdurchführung und Rückmeldungen
DI Helmut Lackner	Telematik und Biomedizin	Softwareentwicklung und Auswertung
DI Bernhard Puswald	Elektro- und biomedizinische Technik	Softwareentwicklung, Auswertung und Präsentationen
DI Matthias Frühwirth	Telematik und Biomedizin	Softwareentwicklung und Auswertung
Mag. Alexander Avian	Psychologie	Auswertungen
Ing. Dietmar Messerschmidt	Hardwaretechnik	Gerätewartung

(\*) ... *Institutsbeschreibung* siehe <http://www.joanneum.at/ind>

## 2. Präambel

Mit Schlagwörtern wie "Krise der HelferInnen", "Helfersyndrom" oder "Pflegetotstand" wird in den Medien auf die Arbeitssituation von überwiegend weiblichen Krankenhaus-, Pflege- und Betreuungspersonal hingewiesen, die durch einen hohen Arbeitsumfang, hohe Arbeitsintensität, Mehrfachbelastungen und zusätzliche Konfrontation mit Notsituationen und Krisen gekennzeichnet ist. Frauen sind meist in dem gesellschaftlich weniger anerkannten Pflegedienst tätig, wohingegen Männer häufiger in Führungspositionen zu finden sind. Hier gilt es noch einige Lücken in der Bewusstseinsbildung der Öffentlichkeit bzw. sozialen Bewertung zu schließen.

Es liegen Mehrfachbelastungen vor allem durch körperliche Arbeit, Schicht- oder Nachtarbeit, Überstunden, psychische Belastungen, Krisensituationen sowie Schadstoffwirkungen vor. Die stationäre Krankenpflege mit ihrem Berufsbild und Anforderungen an das Personal findet in der Literatur breites Interesse und Beachtung, jedoch ein Angebot konkreter, oder sogar geschlechtsspezifischer Hilfestellungen findet nur in den seltensten Fällen statt.

Psychosoziale Stressoren werden von den Betroffenen vor allem in den Bereichen Arbeitsorganisation (Zeitdruck, Dienstplan) und Arbeitsklima (Kommunikationsprobleme im Arbeitsteam, gruppendynamischer Stress) genannt, welche von den Geschlechtern unterschiedlich wahrgenommen, erlebt und verarbeitet werden. Darüber hinaus werden körperliche Anforderungen, emotionale Betroffenheit (z.B. die Pflege unheilbar Kranker oder Sterbender), vermindertes Kontrollerleben, die häufige Doppelbelastung Familie - Beruf und familiäre Konflikte durch den Beruf als besonders belastend empfunden.

Da die Ursachen der Überlastung komplexer Natur sind kommt ein ganzheitlicher Ansatz zum Einsatz, der von der Betriebsberatung über geeignete Formen der Betriebspsychotherapie bis in den Bereich von Bewegung und Kunsttherapie geht. Ein Ziel ist es, den sozialen Organismus eines Krankenhauses in umfassender Weise zu stärken und gesund zu machen und dem dringenden Nachholbedarf an Interventions- bzw. Präventionsprogrammen für eine möglichst große Anzahl von Beschäftigten im Gesundheitssystem, unter anderem auch geschlechtsspezifisch, nachzukommen. Begleitend dazu wird ein biopsychosoziales Messinventar eingesetzt, das Erholungsdefizite und -potentiale abfragt und durch zirkadiane, belastungsfreie Messungen der vegetativen Rhythmik physiologisch zugänglich macht.

### 3. Zusammenfassung

Das Konzept des interdisziplinären Projektes PflegeFit wurde darauf ausgelegt, den sozialen Organismus eines Krankenhauses in umfassender Weise zu stärken und so zur Erhaltung der Arbeitsfähigkeit der Bediensteten in medizinischen Berufen beizutragen.

Die Aufgaben des JOANNEUM RESEARCH - Institut für Nichtinvasive Diagnostik (IND) im Rahmen des EQUAL - Projektes AEIOU - Modul1 "PflegeFit" sind die wissenschaftliche Planung, Begleitung und physiologische Evaluation des Projektes bzw. die Durchführung individueller Rückmeldungen von Beanspruchungs- und Erholungszuständen. Die wissenschaftliche Projektbegleitung umfasst einerseits die Untersuchung des physiologischen Ausgangszustandes in den einzelnen Einrichtungen, andererseits die Darstellung von Geschlechtsunterschieden, des Projektverlaufs bzw. Abschätzung potentieller Interventionswirkungen. Dabei wird besonderes Augenmerk auf vermittelnde Faktoren gelegt, wie z.B.: Lebensalter, spezifische Personengruppen, Schichtdienste und Pausengestaltung.

Es konnte eine umfangreiche psychophysiologische Datenbasis von 25 Stunden-EKG-Messungen (Herzrate, Herzfrequenzvariabilität, Tätigkeitsprotokollen) und psychologischen Fragebögen geschaffen werden. Insgesamt wurden in dem Zeitraum von November 2002 bis April 2005 über 700 Einzelmessungen an 269 TeilnehmerInnen durchgeführt.

Zwischen den betreuten Einrichtungen konnten deutliche Unterschiede zu Projektbeginn festgestellt werden. Im Projektverlauf zeigte sich, dass Einrichtungen mit schlechteren psychophysiologischen Ausgangswerten aufholen konnten – es kam zu einer Absenkung der Herzrate in der Nacht und am Vormittag. Diese Reduktion der Herzarbeit ging mit einer Zunahme des Vagustonus einher – einer Verbesserung der vegetativen Erholungsfähigkeit. Dieses Bild wird durch die Verbesserung der subjektiven Schlafqualitätswerte der TeilnehmerInnen unterstützt.

Im Rahmen des Projektes wurden aktivierende und erholsame Übungen zur Pausengestaltung entwickelt, welche nachweisliche Wirkungen auf Kreislauf und vegetatives Nervensystem zeigen.

Die individuellen Ergebnisse wurden den einzelnen TeilnehmerInnen in Einzelgesprächen und schriftlich rückgemeldet.

**Schlüsselwörter:** Betriebliche Gesundheitsförderung; Stationäre Gesundheitsdienste; Prävention; Chronobiologie, -medizin; Evaluation: Beanspruchung, Erholung; Pausengestaltung; Herzfrequenzvariabilität;

## 4. Theoriegeleiteter Problemaufriss

Stress bzw. mangelnde Erholung beeinträchtigt die Lebensqualität und Leistungsfähigkeit der Betroffenen. Chronische Überbeanspruchung bzw. Erschöpfungszustände führen zu körperlichen und psychischen Beschwerden bzw. Erkrankungen, welche durch Störungen der vegetativen Rhythmik gekennzeichnet sind. Negative gesundheitliche Auswirkungen des Lebensstils bzw. der Arbeitsbedingungen werden von den Betroffenen meist viel zu spät bewusst wahrgenommen und führen am Arbeitsplatz zu einer verringerten Leistungsfähigkeit, höheren Fehlzeiten bis hin zum Berufswechsel.

Gesundheit ist ein fragiles Gleichgewicht, das vom Organismus durch Schwingung stabilisiert wird. Ihre Erhaltung gleicht der Fähigkeit eines Artisten, auf einem Ball zu jonglieren und sich dabei durch Schwingen im Gleichgewicht zu halten. Das Faszinierende an der Gesundheit: wenn der Krankheitszustand nicht zu schwerwiegend ist, kehrt der Organismus „von selbst“ wieder zum Gesunden zurück. Auch dieses Phänomen der „Selbstheilung“ ist von charakteristischen Rhythmen begleitet. Besonders die Messung von Erholungsphasen ist geeignet, einen Aufschluss über das Ausmaß der alltäglichen Belastung zu liefern. Das Phänomen der Erholung stellt ein Grundprinzip lebender Organismen dar, das diese von Maschinen unterscheidet. In der Erholungsphase regeneriert sich der Organismus von selbst, heilt Mikrowunden und reinigt sich von chemischen Abfallprodukten. Erholung, Selbstheilung und Selbstorganisation sind synonyme Begriffe mit unterschiedlicher Zeitdimension. In den Phasen der Erholung treten Rhythmen und Koordination besonders intensiv auf. Ein gut koordinierter Organismus, in dem die Körperrhythmen zusammenspielen und zusammenwirken, erholt sich besonders schnell und besonders gut. „Rhythmus spart Kraft“ und diese Ersparnis kommt der Erholung zugute.

Die Chronomedizin der letzten Jahrzehnte hat die große Bedeutung des Rhythmus für die Gesundheit sichtbar gemacht. Mit der Zerstörung natürlicher Rhythmen durch Nacht- und Schichtarbeit steigt die Krebssterblichkeit, Herzinfarkte nehmen zu und die Destabilisierung äußert sich in Schlaflosigkeit und Depression. Diesen „Rhythmuszehrern“ können Rhythmusgeber entgegengesetzt werden, die aus den Kreativtherapien kommen: in einem Projekt mit Bauarbeitern konnte gezeigt werden, dass die Schlafqualität durch Körperübungen und Eurythmie am Bau deutlich verbessert werden kann. Krankenstände gingen zurück und Arbeitsunfälle traten nicht mehr auf.

Im vorliegenden Projekt „PflegeFit“ wurde erstmals versucht, Krankenhauspersonal durch eurythmische Pausengestaltung „in Rhythmus“ zu bringen, um schädliche Auswirkungen von Nachtdiensten und Stress zu kompensieren. Vernünftige Gestaltung von Pausen kann wesentlich bei der Vermeidung von Überlastungen helfen. Untersuchungen der im Organismus durch Kreativtherapien ausgelösten Schwingungen zeigen, dass dabei Schwingungsmuster auftreten, die unter Alltagsbedingungen nicht zu beobachten sind. Sie geben Grundlagen für ein neues Modell zum Verständnis der Wirkungen solcher Interventionen.

## 5. Theoriegeleiteter Zugang

Der menschliche Organismus als dynamisches System – diese Betrachtungsweise eröffnet neue Perspektiven für eine Medizin der Zukunft. Die Messung biologischer Rhythmen und deren Wechselwirkung im Organismus ist unser Ausgangspunkt für schmerzfreie, nichtinvasive Diagnose und frühzeitige Interventionen. Durch unsere Arbeit werden die Konzepte der Prävention am Arbeitsplatz anwendbar.

Neueste Erkenntnisse der Chronobiologie und der Chronomedizin zeigen die komplexe Struktur unserer biologischen Rhythmen. Auf diesen Ergebnissen aufbauend wurden Methoden entwickelt, mit deren Hilfe der Zustand unseres Körpers über seine Rhythmen beurteilt werden kann. Im Institut für Nichtinvasive Diagnostik werden diese neuen Forschungsansätze für die medizinische Praxis nutzbar gemacht.

Das Gebiet der nichtinvasiven Diagnostik untersucht Körperfunktionen und ihr Zusammenspiel und versucht, möglichst ohne Eingriff, Informationen über den Gesundheitszustand und die Regulationsfähigkeit unseres Organismus zu gewinnen. In jüngster Zeit wurden Messmethoden verfügbar, die es erlauben, nichtinvasive Messungen am Autonomen Nervensystem vorzunehmen. Dieses funktionelle System unseres Organismus koordiniert, synchronisiert und lenkt zahlreiche Körperfunktionen. Wesentlichen Aufgaben, die vom autonomen System wahrgenommen werden, sind unter anderem die Regelung des Herz-Kreislaufsystems und die Steuerung des Schlafes. Eine Überforderung des Organismus und mangelnde Erholungsfähigkeit bilden sich in der funktionellen Rhythmik des autonomen Nervensystems ab und sind von besonderem Interesse für die frühzeitige Erkennung möglicher Krankheitsprozesse.

Die so geschaffene Möglichkeit einer objektiven Messmethode ist in vielerlei Hinsicht von unschätzbarem Gewinn:

- Die Gegenüberstellung von subjektiver Befindlichkeit und objektiver Messung bringt nicht nur Information über eventuelle funktionelle Störungen oder Überbeanspruchungen, sie ist auch ideal geeignet um die Selbstwahrnehmung, aber auch die Wahrnehmung für andere, deutlich zu erhöhen. Innovative Darstellungsmethoden der vegetativen Rhythmik unterstützen einen Bewusstmachungsprozess der psychophysiologischen Beanspruchungs-Erholungssituation, die den Weg für eine Verhaltensänderungen oft erst erschließen (Motivation, Türöffnerfunktion, Empowerment) bzw. zur Früherkennung von potentiellen Risiken und rechtzeitigem Gegensteuern befähigen.
- Darüber hinaus ermöglichen die erhaltenen individuellen Messergebnisse der TeilnehmerInnen eine fundierte Prozess- und Ergebnisevaluation. Einerseits kann aus den vegetativen Daten die Ausgangslage bzw. der Status-quo der „Human-Ressourcen“ ermittelt und empirisch getragene Entscheidungen für etwaige Änderungsmaßnahmen getroffen werden. Andererseits kann der Erfolg in Form von psychophysiologischen Auswirkungen von Interventionsprogrammen bzw. Änderungen der Umweltsituationen kontinuierlich geprüft werden.

## 6. Resultierende Ansatzmöglichkeiten im Überblick

Für die Entwicklung der wissenschaftlichen Begleitung und Evaluation von gesundheitsfördernden Projekten wird in nachfolgender Tabelle schematisch eine idealtypische Projektabfolge vorgestellt:

Am Beginn eines Projektablaufs müssen die Ziele mit den EntscheidungsträgerInnen (Steuerungsgruppe) klar definiert und von allen Beteiligten mitgetragen werden. Dazu zählen unter anderem die Klärung der Rahmenbedingungen (z.B. Ressourcen, Teilnahmebereitschaft, Verfügbarkeit, Bedarf, Budget, Ökonomie, Zeitaufwand, etc.) bzw. des zu erwartenden Outputs (Konsequenzen, Erfolgsaussicht). Nach erfolgter Definition der Ziele und der Konzeption eines schematischen Projektablaufs erfolgt eine psychophysiologische Basiserhebung, welche in Folge für Einzelpersonen bzw. ganze (Sub-) Gruppen aufbereitet und rückgemeldet wird. Dieses Vorgehen dient einer angepassten Konzeption von Interventionen (Bedarfserhebung) bzw. späteren Abschätzung von gesetzten Änderungsmaßnahmen. Anschließend kann auf Basis der erhaltenen Daten eine Redefinition der anfänglich gesetzten Ziele erfolgen, bzw. werden ProjektteilnehmerInnen durch individuelle Rückmeldungen ihrer Ergebnisse zu einer motivierten Teilnahme angestoßen (und/oder Risikopersonen ausgewählt). Im weiteren Projektverlauf erfolgen kontinuierlich Messungen, welche den Erfolg bzw. die Auswirkungen der gesetzten Maßnahmen dokumentieren (für Einzelpersonen und Gesamtgruppe). Eine abschließende Aufbereitung der gesammelten Datenmengen ermöglicht eine objektive Beurteilung der gesetzten Eingriffe, welche bei Erfolg in den Routinealltag überführt bzw. multipliziert wird. Gegebenenfalls werden die Schritte 3-6 mehrmals wiederholt.

Abfolge	Thema	Tätigkeit
1.	Ziele	Definition (Rahmenbedingungen); Konzeption des Projektablaufs; Abstimmung mit dem Auftraggeber;
2.	IST-Zustand	Erhebung des Status-quo/Ausgangswerte;
3.	Redefinition	Redefinition der Ziele aufgrund der Ausgangswerte von 2;
4.	Intervention	Angebot (Entwicklung/Anpassung) von diversen Maßnahmen mit begleitenden Messungen; individuelle Rückmeldungen (Türöffner, Motivation);
5.	Prozessevaluation	Auswertung und Rückmeldung begleitender Messungen; Abschätzung Interventionseffekte, ev. korrigierende Maßnahmen;
6.	Ergebnisevaluation	Statistische Aufbereitung und Dokumentation – Quantifizierung Effekte/Wirksamkeit;
7.	Implementierung	Implementierung erfolgreicher Konzepte in den Routinealltag bzw. wiederum Beginn mit 3;

### **erheben – informieren – gestalten**

**erheben:**

- physiologische Messungen,
- psychologische Instrumente,
- Betriebsbefragung

**informieren:**

- Infoveranstaltungen mit
- "Probeinterventionen

**gestalten:**

- Mitbestimmung,
- Wahl der Interventionen,
- Gestaltung des TeilnehmerInnenfeldes

## Zugang

Durch Messung vegetativer Köperrhythmen im Herzschlag (25h EKG) kann der Beanspruchungs-Erholungszustand von MitarbeiterInnen diagnostiziert werden. Dies erlaubt eine normative Quantifizierung des Gesundheitszustands von Einzelpersonen bzw. der Human Resources einzelner Gruppen (eines Unternehmens), welche als objektive Grundlage für spezifisch angepasste Präventionsmaßnahmen (bzw. deren Entwicklung) Verwendung finden. Die Selbstwahrnehmung von MitarbeiterInnen wird durch persönliche Ergebnisrückmeldungen gestärkt und die Motivation für eine Teilnahme an Präventionsmaßnahmen erhöht. Die Ergebnisse der Herzfrequenzvariabilitätsmessungen bilden eine wichtige, objektive Bewertungsgrundlage für den Erfolg bzw. Verlauf (Ergebnis- und Prozessevaluation) von gesundheitsbezogenen Projekten und erlauben u.a. eine frühzeitige Erkennung möglicher Krankheitsprozesse.

### 6.1. Zielsetzung

Unsere Zielsetzungen im Projekt PflegeFit waren empirisch fundierte und bestmögliche Aussagen zum Ist-Zustand - der Gesundheit - von teilnehmenden Personen bzw. objektive Aussagen zur potentiellen (Nicht-)Wirksamkeit von Änderungsmaßnahmen auf den menschlichen Körper.

Obwohl direkte Auswirkungen durch die physiologischen Messungen nicht zu erwarten sind, hat sich im Projektverlauf gezeigt, dass durch die Einzelrückmeldungen der persönlichen Ergebnisse der psychophysiologischen Messungen, Einstellungs- und in Folge Verhaltensänderungen ermöglicht wurden, die auf die Wirkung der gesetzten gesundheitsfördernden Maßnahmen Einfluss nahmen.

Die Auswertung und Interpretation der autonomen Messungen kann in erster Linie nur von entsprechend ausgebildeten Experten (ÄrztInnen, PsychologInnen, BiologInnen) durchgeführt werden, ist jedoch auch für Laien verständlich und nachvollziehbar zu erklären.

Ziel der Rückmeldung persönlicher Ergebnisse ist es, seinen Körper bewusster wahrzunehmen, bzw. in weiterer Folge das Ergebnis der persönlichen Messung eigenständig zu interpretieren.

### 6.2. Zielgruppe und Zielgruppengröße

Die autonomen Messungen (i.d.R. 25 Stunden EKGs im normalen Berufsalltag) sind nahezu mit allen Personen durchführbar - von MitarbeiterInnen in Unternehmen (z.B. im Rahmen von BGF-Projekten) bis hin zu Personen mit einer klinischen Symptomatik. Die Freiwilligkeit einer Teilnahme sollte immer gewährleistet sein. In den meisten Fällen ist ein gewisses Maß an Eigeninteresse an den Projektinhalten und persönlicher Neugier (z.B. über Funktionen/Situation des eigenen Körpers bzw. Auswirkungen von bestimmten Bedingungen) eine notwendige Voraussetzung, um die Teilnahmebereitschaft an physiologischen Messungen über den gesamten Messzeitraum aufrecht zu erhalten.

Daten von Personen mit Herzschrittmacher, schweren Herzrhythmusstörungen und/oder stark kreislaufwirksamer Medikation sind nur bedingt verwertbar. Ebenso sollte keine Allergie gegen Klebeelektroden vorhanden sein.

Aus Gründen der Ökonomie empfiehlt es sich allgemein eine koordinierte Messung von mehreren Personen oder Gruppen vorzusehen, jedoch sind auch individuelle Messungen für Einzelberatungen sinnvoll und nützlich. Um gesicherte Aussagen über die Wirksamkeit einer Maßnahme machen zu können, müssen größere Personengruppen wiederholt untersucht werden (repräsentative Gruppen für die entsprechenden Fragestellungen). Die Zahlen dafür können jedoch nur in Abhängigkeit von den entsprechenden Zielen bzw. der erwarteten Effektstärke beantwortet werden.

Die TeilnehmerInnen werden zu Projektstart mündlich und schriftlich über Inhalt und Durchführung der Studie informiert. Erst wenn sie ihr schriftliches Einverständnis geben, nehmen sie an der Studie teil.

Vorkenntnisse der TeilnehmerInnen sind keine notwendig.

### 6.3 Erfolgsfaktoren

Um valide Aussagen über gesetzte Änderungsmaßnahmen oder vorhandene „Human-Ressources“ treffen zu können, ist man vor allem auf die Teilnahmebereitschaft von Messenden angewiesen.

Dabei haben sich einführende Präsentationen vor den potentiellen TeilnehmerInnen bewährt, welche dadurch erstinformiert und zu einer partizipativen Mitarbeit motiviert werden. Hilfreich dabei sind überdies „Top-Down“ getragene Entscheidungen zu Projektinhalten bzw. spielt die Vorbildfunktion der Führungsebene in einem Unternehmen eine wichtige Rolle. Die Akzeptanz der TeilnehmerInnen kann durch Mitgestaltung der Projektelemente noch zusätzlich erhöht werden. Ebenso ist es sinnvoll, projektverantwortliche Personen im betroffenen Betrieb zu installieren bzw. dementsprechende Ressourcen (Personal, Räumlichkeiten, etc.) auch betriebsintern ausreichend zur Verfügung zu stellen.

Eine Aufklärung über den Umgang mit persönlichen Daten (Aufbereitung, Weiterverarbeitung, etc.) ist vor dem Projektstart anzuraten. Die Anonymität von Einzelfallergebnissen sollte den TeilnehmerInnen schriftlich zugesichert werden. Etwaige Verschwiegenheitspflichten von ProjektmitarbeiterInnen, welche Zugang zu persönlichen Daten der TeilnehmerInnen haben, sind schriftlich einzufordern. Die statistische Aussagekraft von Evaluationsergebnissen wird dadurch nicht negativ beeinflusst.

Für eine fundierte Beantwortung bzw. den Wirksamkeitsnachweis diverser Interventionen ist eine wissenschaftliche Versuchsplanung und Messabfolge eine essentielle Grundlage.

### 6.4 Methoden

Die Auswahl der einzusetzenden Methoden hängt von der Zielsetzung und der Fragestellung im geplanten Projekt ab.

Am Institut setzen wir ausschließlich nichtinvasive Messmethoden ein, die es erlauben, Körperfunktionen ohne Eingriff in den Organismus zu untersuchen. Informationen über den Gesundheitszustand und die Regulationsfähigkeit des Organismus gewinnen wir damit ohne Schmerzen und ohne nennenswerte Belastung für den Menschen. Wir entwickeln Geräte und Methoden, die von der Hautoberfläche oder gänzlich ohne Körperkontakt unter anderem folgende psychophysiologische Messgrößen erfassen können:

- Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität
- Pulswellengeschwindigkeit
- Pulsformen
- Blutdruck
- Atmung
- Ballistokardiogramme (Aufzeichnungen des Herzurückstoßes)
- Interaktionen von Körperrhythmen
- Pupillometrie
- Flimmerverschmelzungsfrequenz
- Beanspruchung und Erholung

Im Anhang sind die Methoden, die im Projekt PflegeFit von uns eingesetzt wurden, ausführlich beschrieben.

## 6.5. Benötigte Qualifikationen

Die Auswertung und Interpretation der autonomen Messungen (25h EKG) kann in erster Linie nur von entsprechend ausgebildeten Experten (ÄrztInnen, PsychologInnen, BiologInnen; StatistikerInnen) durchgeführt werden, ist jedoch auch für Laien verständlich und nachvollziehbar zu erklären. Die ProjektteilnehmerInnen selbst benötigen keine besonderen Qualifikationen.

Das Institut für Nichtinvasive Diagnostik (IND) verfügt über umfangreiche Erfahrung im Hard- und Softwarebereich zur Akquisition, Verarbeitung und Visualisierung von Vitalparametern. Der Arbeitsbereich erstreckt sich von der Stressforschung und Prävention über Sport- und Arbeitsmedizin bis hin zur Schlafforschung. Dabei gewährleisten optimale infrastrukturelle Bedingungen einen hohen Qualitätsstandard. Die Entwicklung der Auswertelgorithmen zur HRV-Analyse basieren auf jahrelangen Projekterfahrungen in der Weltraummedizin (AUSTROMIR; Moser et al., 1991), Chronobiologie, Arbeitsmedizin (z.B. BAUFIT; Moser et al., 2001) und der interdisziplinären Zusammenarbeit mit anerkannten Experten. Mit Hilfe von erprobten, wissenschaftlich evaluierten HRV-Auswerteroutinen mittels des Programmpaketes MATLAB® ist eine exakte Berechnung, Analyse und grafische Datenaufbereitung der psychophysiologischen Parameter möglich, wobei die statistische Weiterverarbeitung in der Regel mit dem Statistikprogrammpaket SPSS® erfolgt.

## 6.6 Kooperation mit anderen ProjektpartnerInnen

Für die Arbeit des Institutes für Nichtinvasive Diagnostik ist ein intensiver Daten- und Informationsaustausch mit allen InterventionistInnen und Projektverantwortlichen in den Betrieben von großer Bedeutung.

## 6.7 Benötigte Räumlichkeiten und Materialien

Neben den Messmaterialien, ist vor allem auf die benötigten Ressourcen der Projektbeteiligten zu achten. So sollte man schon in der Projektplanung Maßnahmen zur Förderung der Teilnahmebereitschaft einplanen und auch projektverantwortliche Personen im Betrieb benennen und deren Rollen klar definieren.

Dieser Punkt ist für ein gutes Projektergebnis von größter Bedeutung – nicht nur für die wissenschaftliche Begleitung - sondern auch für die Durchführung von Interventionen.

Wichtig ist auch die Bereitstellung eines Raumes für Einschulung, Rückmeldung und Materiallagerung, um den Projektverlauf ökonomischer gestalten zu können. Die räumliche Präsenz des Projektes wirkt wieder positiv auf die Teilnahmemotivation der TeilnehmerInnen.

## 6.8 Organisation der Messungen und Zeitaufwand

Die Anzahl der psychophysiologischen Messungen und TeilnehmerInnen ist von der speziellen Fragestellung und dem Ablauf des Projektes abhängig und kann a priori nicht genannt werden (vgl. Pkt. 6.2 ). Folgend wird daher nur ein schematischer Überblick gegeben:

Um gesicherte (allgemeine) Aussagen über die Wirksamkeit einer Maßnahme machen zu können, müssen größere Personengruppen untersucht werden. Es empfiehlt sich meist eine kontinuierliche Beobachtung der TeilnehmerInnen (Längsschnittdesign) über die gesamte Studiendauer, wobei der Baseline-Erhebung (Status quo) am Beginn (vor einer

Intervention/Änderungsmaßnahme) eine essentielle Rolle zukommt. Bei einer Vielzahl von Fragestellungen bzw. Projekten bewähren sich auch häufig Messungen nach Interventionsende, um z.B. die Nachhaltigkeit von Maßnahmen feststellen zu können. Oft treten Interventionseffekte zeitlich verzögert auf bzw. kann die Dynamik eines Prozesses erst durch eine längerfristige Betrachtung erschlossen und valide interpretiert werden. Querschnittuntersuchungen (einmalige Messungen) sind für Projekte im Rahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung in der Regel nicht empfehlenswert.

Folgender Zeitaufwand ist für die einzelnen MessteilnehmerInnen zu veranschlagen:

- Einschulung: ca. 15 Minuten
- Messung (Anlegen Messgerät; Ausfüllen eines Messtagebuchs): ca. 30 Minuten für eine 25 Stunden-EKG-Messung
- Einzelrückmeldung: ca. 30 Minuten

## 6.9 Evaluation

Auch die laufende Evaluation des Projektfortschrittes und des Projekterfolges ist ein Punkt, der bereits möglichst früh im Projektablauf definiert werden muss.

Am Institut für nichtinvasive Diagnostik wurden im Projekt PflegeFit folgende Evaluationsmaßnahmen eingesetzt:

- ➔ Feedback-Fragebögen zur physiologischen Messung
- ➔ Analyse der Rücklaufquoten
- ➔ Beurteilung der Datenqualität

Eine Evaluation des Gesamtprojektes wurde durch das Institut für Psychologie durchgeführt.

## 6.10 Dokumentation und Auswertung

Zusätzlich zur generell üblichen Projektdokumentation ist in Projekten mit wissenschaftlicher Begleitung auf eine gut strukturierte Dokumentation der Messdurchführung zu achten. Im Projekt PflegeFit wurde diese Dokumentation einerseits durch den/die VersuchsleiterIn, andererseits durch die TeilnehmerInnen selbst (z.B.: Tätigkeitsprotokolle während langzeit-EKG-Messungen) durchgeführt.

Die Dokumentationen bilden zusammen mit den Messdaten die Grundlage für die Auswertungen und damit für die Projektergebnisse.

In der Planung der Dokumentation muss auch berücksichtigt werden, welche Daten von den einzelnen PartnerInnen benötigt werden. So ist z.B. für die Auswertung von Interventionswirkungen die Kenntnis über die Beteiligung der einzelnen TeilnehmerInnen an den Interventionen unbedingt nötig. Diese Aufzeichnungen müssen von den InterventionsleiterInnen lückenlos (und möglichst einheitlich über das Gesamtprojekt) geführt und weitergegeben werden.

Wie schon unter Punkt 6.6 erwähnt, ist auch bei der Dokumentation besonderes Augenmerk auf die Anonymisierung der persönlichen (TeilnehmerInnen-)Daten zu legen. Hierbei hat sich die Vergabe von eindeutigen TeilnehmerInnen-Codes bewährt.

Die Auswertung und damit die Evaluation von Auswirkungen einzelner Maßnahmen bzw. Interventionen auf den menschlichen Organismus zählt zu den Hauptaufgaben des IND.

Die erhaltenen psychophysiologischen Datensätze bilden eine empirisch fundierte, objektive Entscheidungsgrundlage, welche nicht ausschließlich von der subjektiven Wahrnehmung bzw. Bereitschaft und Fähigkeit zur Selbstauskunft abhängig ist.

Da die Auswertung der Daten sehr von der Fragestellung und dem geplanten Projektablauf abhängt, werden hier einige Möglichkeiten zur Aufbereitung und Evaluation diverser Maßnahmen, die im Projekt PflegeFit angewandt wurden, exemplarisch vorgestellt und kurz beschrieben.

### 6.10.1 Einzelfalldarstellungen (Rückmeldungsunterlagen)

#### Einzelfalldarstellung anhand des ACI

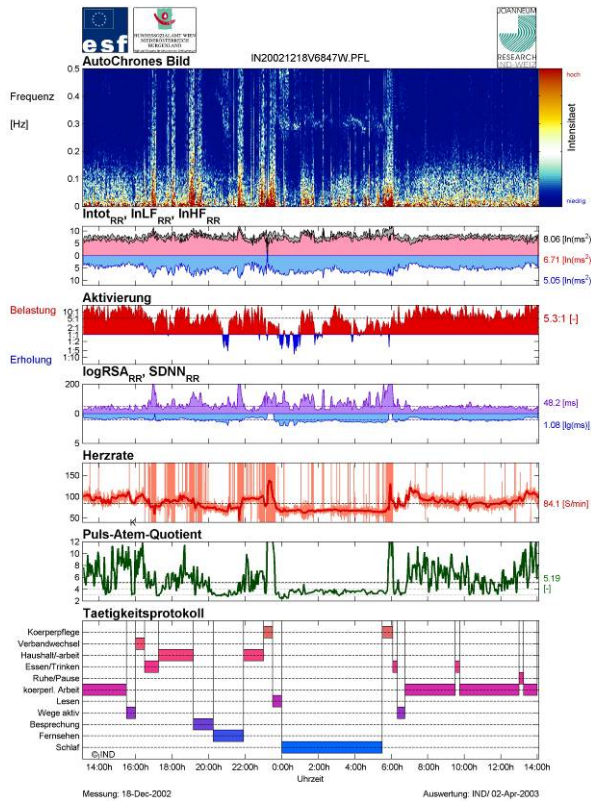


Abb. 1a: AutoChrones Bild vor Intervention.

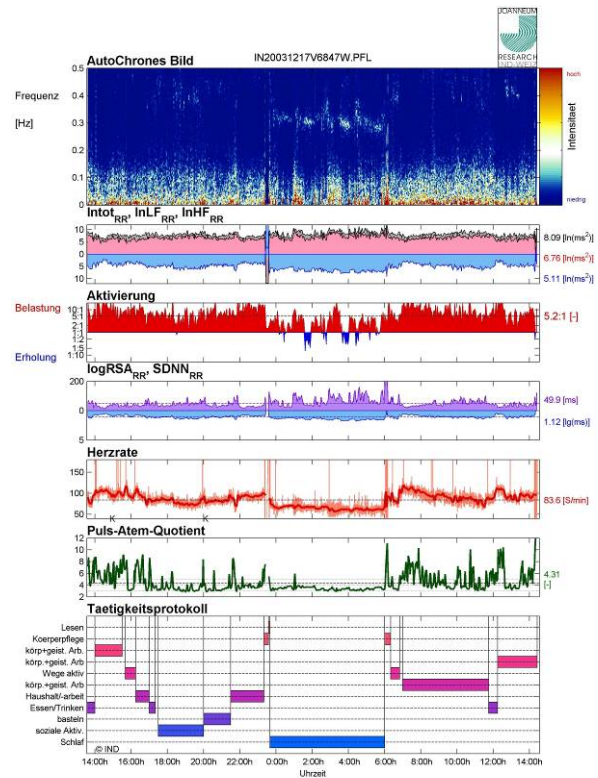


Abb. 1b: AutoChrones Bild nach Intervention.

Das in Abbildung 1 dargestellte Fallbeispiel entspricht den Rückmeldungsunterlagen, welche mit den betroffenen TeilnehmerInnen in Einzelgesprächen besprochen werden.

Das AutoChrones Bild zeigt eine altersgemäß ausgeprägte Herzfrequenzvariabilität, wobei die beobachteten Tagesabläufe durch einen Wechsel von stark beanspruchenden bzw. erholsameren Aktivitäten gekennzeichnet sind. Der Tagesgang der vegetativen Parameter ist deutlich ausgeprägt, wobei in der ersten Messung - vor den Interventionen - die Respiratorische Sinusarrhythmie (RSA - Vagustonus/Entspannung - Tiefschlafphasen) nur gering zum Vorschein kommt. Anders nach den Interventionen - genau ein Jahr später - hier bildet sich die Atemrhythmik deutlicher in der Herzschlagrhythmik ab. Die Schlafqualität ist deutlich strukturierter und verbessert. Man erkennt einen ausgeprägteren Tagesgang nach einem Jahr, welcher vor allem durch eine stärkere Absenkung der Nachtherzrate zu Stande kommt. Auch das ruhigere Wechselspiel von Herzschlag und Atmung (QPA: Puls-Atem-Quotient) deutet auf eine Stabilisierung des vegetativen Gesundheitszustandes hin. Diese Teilnehmerin kommt mit den Anforderungen des Berufs nach den Interventionen offensichtlich besser zurecht.

Aufbau und Kennwerte des AutoChronen Bildes (ACI) werden im Anhang detaillierter vorgestellt.

**Einzelfalldarstellung im Projektverlauf - Persönliche Rückmeldungsunterlagen**

Abschließend im Projektverlauf werden Einzelergebnisse im Projektverlauf den einzelnen Personen schriftlich rückgemeldet.

Im AutoChronen Bild (links) sind die Körperrhythmen im Tagesverlauf abgebildet, in der vegetativen Bilanz (Mitte) der Ablauf von Belastung (rot) und Erholung (blau) im jeweiligen Tagesverlauf. In den rechten Graphiken ist der Verlauf der Herzrate über die jeweils 25h dauernde Messung zu sehen. Die unterste Darstellung zeigt das Tätigkeitsprofil der entsprechenden Person.

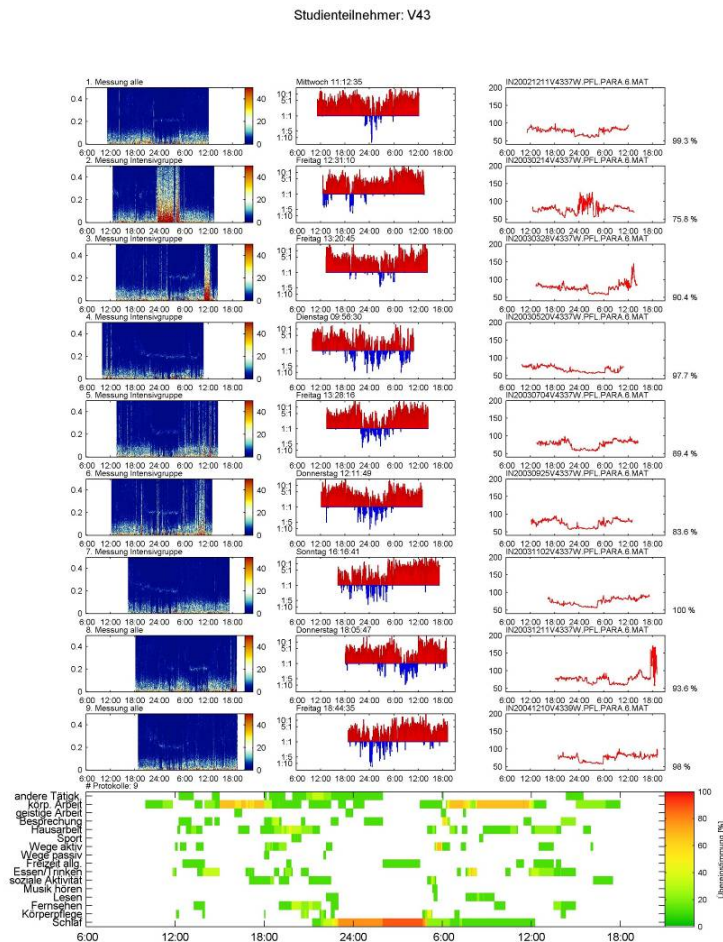


Abb. 2: Einzelverlaufsdarstellung – Rückmeldungsunterlagen. Die Übersichtsgrafik zeigt die Messabfolge der 25h EKG – Aufzeichnungen. Die linke Spalte erlaubt Aussagen über das autonome Nervensystem (Vagustonus, Sympathikustonus, Atemfrequenz, etc.). Hieraus kann man Rückschlüsse über innere Rhythmen, aktuelle und chronische Stressbelastung, Erholungsfähigkeit und Schlafqualität ziehen. Die mittlere Spalte – die Vegetative Balance – zeigt das Zusammenspiel von Beanspruchung (rot) und Erholung (blau). Die rechte Spalte entspricht dem 25h Tagesgang der Herzrate. Die Zahl am Ende jeder Zeile zeigt die prozentuelle Anzahl der gültigen Messabschnitte. Die unterste Darstellung - das Tätigkeitsprofil - bildet die ausgeführten Tätigkeiten an den entsprechenden Messtagen ab. Die zeitliche Übereinstimmung der Tätigkeiten zwischen den Messterminen wird farblich von weiß (gar nie) über grün (selten) und gelb (häufig) nach rot (maximale Übereinstimmung der handschriftlich protokollierten Tätigkeiten) dargestellt.

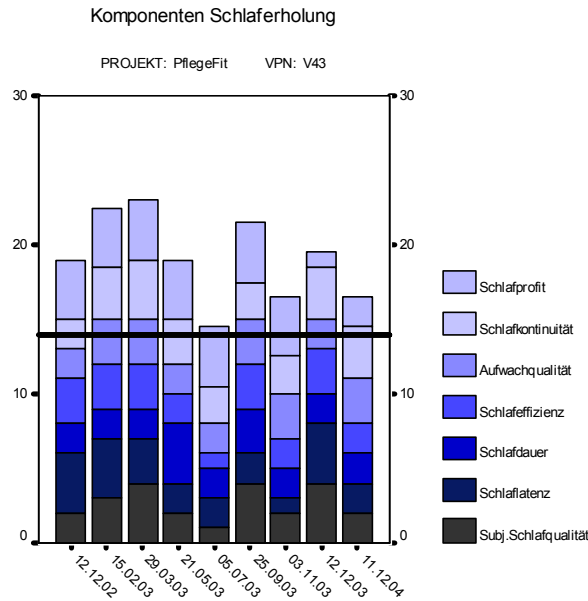
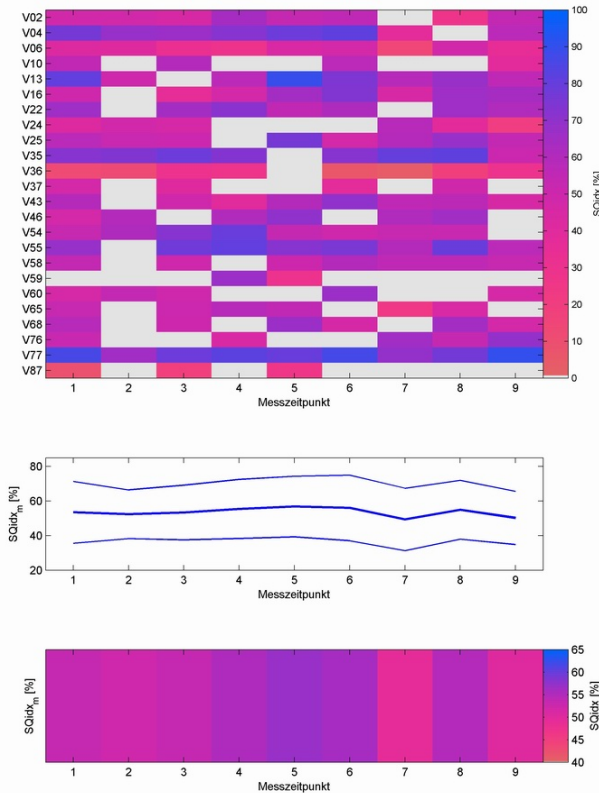


Abb. 3: Einzelverlaufsdarstellung in Rückmeldungsunterlagen – subjektive Schlaferholung.

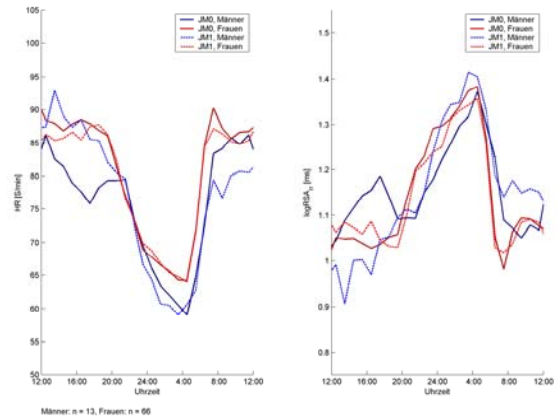
Neben den physiologischen Ergebnissen werden die Ergebnisse der psychologischen Fragebögen für die TeilnehmerInnen schriftlich aufbereitet. Im vorgestellten Einzelfallbeispiel (Abb. 3) wird der Messablauf der subjektiv wahrgenommenen Schlaferholung dargestellt, welche sich aus sieben Einzelkomponenten zusammensetzt. Hohe Werte entsprechen positiven Ausprägungen, wobei der Normwert (N=1120) durch eine durchgezogene Linie dargestellt wird. In diesem Beispiel berichtet die betroffene Person durchwegs über eine gute Schlaferholung, wobei Sie sich am 5.Juli 2003 vergleichsweise am Schlechtesten erholt hat – subjektiv klagt Sie über eine geringere Schlafqualität, fühlte sich nach dem Aufstehen noch müde und hat länger Zeit wach liegend im Bett verbracht. Weiters eingesetzte psychometrische Methoden werden in ähnlicher Weise mit entsprechenden Begleittexten (nähere Erläuterungen für eine eigenständige Interpretation) für die TeilnehmerInnen aufbereitet.

### 6.10.2. Risikostratifizierung

#### Gruppe 1



#### Gruppenvergleiche



#### vegetative Schlafqualität

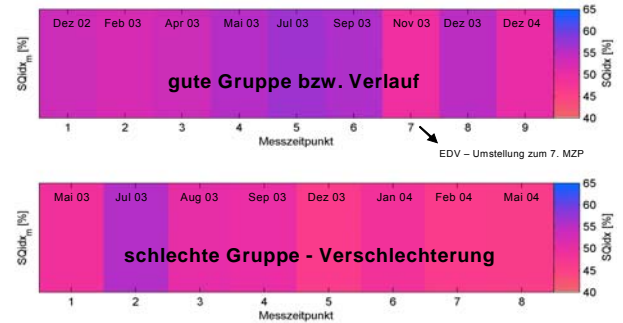


Abb. 4: Schlafqualitätsindex im Verlauf – anonyme Risikostratifizierung (n=24) bzw. Gruppenvergleiche.

Anhand der gewonnenen physiologischen Datensätze (25h-EKG) besteht die Möglichkeit einzelne „Risikopersonen“ im Projektverlauf zu identifizieren, ohne die Anonymität der TeilnehmerInnen zu gefährden. Gleichzeitig können mit Hilfe dieses Tools spezifische Subpopulationen zusammengefasst, bzw. einander gegenübergestellt werden.

Der in Abbildung 4 verwendete physiologische Schlafqualitätsindex (SQidx) errechnet sich allgemein aus Herzfrequenz (HR) und vegetativem Quotient  $[VQ = \ln(LF/HF)]$ . Dabei wird die Dauer des Schlafes zur Gesamtlänge der Messaufzeichnung berücksichtigt. Dieses Verhältnis dient der Bestimmung einer Schwelle für HR und VQ, welche unter- bzw. überschritten werden kann. Eine Absenkung der HR bzw. des VQ in der Nacht ist günstig. Der Parameter SQidx prüft, wie viel Prozent der Nacht (gemeinsam) dieses günstige Verhalten aufweisen. Dazu ein Beispiel bei einer Meszdauer von 24 Stunden: Schlafdauer 8h bzw. Wachphase 16h; Damit wäre die Schwelle bei 33.3% (8/24). Folgend errechnet man jene Ausprägung der Herzfrequenz, welche die Gesamtwertemenge in 33.33% bzw. 66.67% unterteilt. Dies ist dann der Schwellenwert für die HR. Nun prüft man, wie lange bzw. häufig dieser individuell bestimmte Grenzwert im Schlaf unterschritten wird (in %). Bei einem erholsamen und ruhigen Schlaf sollte eine verhältnismäßig niedrige Herzrate und ein höherer Vagustonus bzw. niedriger Sympathikustonus vorherrschen (= geringer VQ). Der theoretisch ideale Wert würde dadurch bei 100% liegen, d.h. man hat während der gesamten Schlafdauer durchgängig erholungsbezogene Werte die in der Wachphase nie erreicht wurden. Der empirische Normwert des SQidx (N=676) liegt bei ca. 55%.

Für eine Identifikation von ungünstigen vegetativen Schlafkennwerten wird meist die in Abbildung 4 dargestellte Form verwendet, welche eine anonymisierte Einzelfalldarstellung der teilnehmenden Personen erlaubt. Zusätzlich können der Projektverlauf bzw. potentielle Auswirkungen von Interventionen auf den Schlaf übersichtlich visualisiert werden. Durch Mittelung über die entsprechenden Messzeitpunkte werden unterschiedlichste Gruppenvergleiche möglich (Abb. 4 rechts unten). Eine gute vegetative Schlafqualität (Werte > 55%) zeichnet sich durch eine blaue Farbe aus, wohingegen schlechtere Werte (sympathikotone Einstellung im Schlaf) rötlich hervortreten.

Bei der exemplarisch vorgestellten Gruppe 1 (Abb. 4) zeigt sich eine kontinuierliche Zunahme des SQidx bis zum Messzeitpunkt 5, welche sich v.a. bei Messzeitpunkt 7 (EDV-Umstellung) wieder kurzzeitig verschlechtert.

Rechts oben in Abbildung 4 werden 24 Stunden Tagesgänge in Abhängigkeit vom Geschlecht betrachtet. In diesem Fall bestehen zwischen Frauen und Männern signifikante Unterschiede im Herzrattenniveau (-verlauf), welche biologisch begründet sind (die Herzrate bei Frauen ist allgemein etwas höher – ca. 3.5 bpm). Signifikante Unterschiede im Tagesgang von zwei Subpopulationen können auch kontinuierlich geprüft werden (Abb. 5):

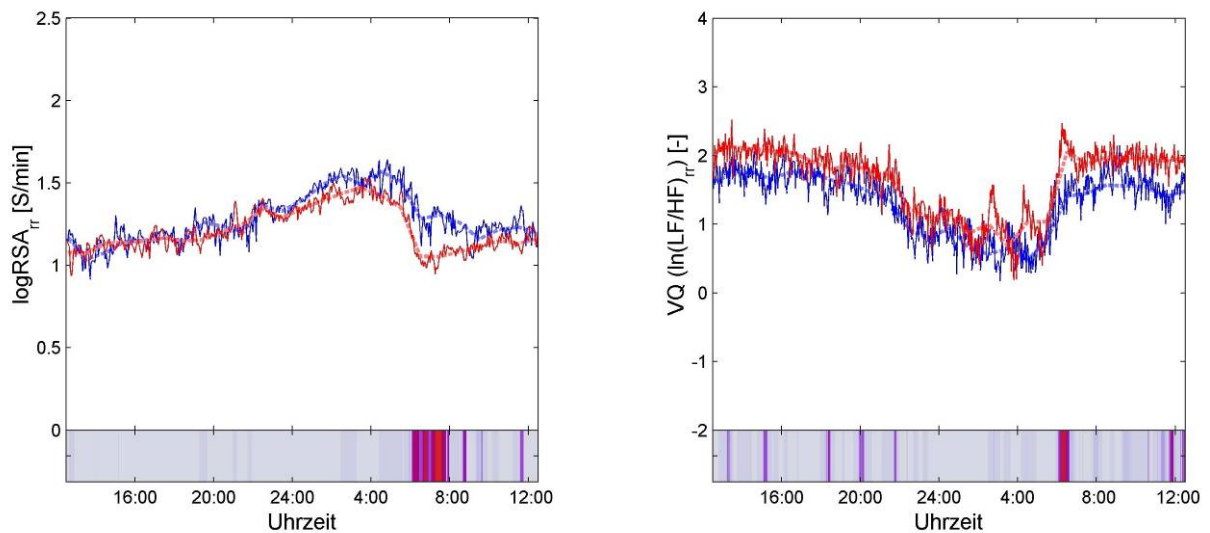


Abb. 5: Tagesgang von HRV in Kombination mit einfacher Statistik.

Abbildung 5 zeigt die statistische Überprüfung von Unterschieden zwischen zwei Messzeitpunkten (bzw. Gruppen) bei einem HRV-Kennwert. Der Farbverlauf unterhalb der jeweiligen Grafik zeigt den geglätteten Verlauf der Signifikanzniveaus ( $p_g$ -Werte;  $p_g$ ) einer verteilungsfreien statistischen Unterschiedsprüfung an. Hierzu wird jedes Zeitsegment auf Unterschiede der beiden Versuchsbedingungen geprüft. Die resultierenden Signifikanzniveaus werden farblich codiert. Die hellgrauen Bereiche zeigen hierbei die Werte  $p_g \geq 0.50$ , die blaugrauen Bereiche  $0.50 > p_g \geq 0.25$ . Der verbleibende Bereich ist verlaufend von blaugrau ( $0.25 > p_g \geq 0.05$ ) nach rot ( $p_g < 0.05$ ) abgebildet. Dadurch ist, unter Berücksichtigung der mathematischen Gegebenheiten, eine Abschätzung der Parameter auf signifikante Unterschiede im Tagesverlauf möglich.

### 6.10.3 Weitere Gruppenauswertungen – Differenz von Tagesgängen

Als ein weiterer möglicher Auswertungsschritt werden Differenzwerte zwischen zwei Messzeitpunkten gebildet. Es ist erkennbar, dass es zu einer starken Absenkung der Herzrate in der Nacht und am Vormittag kommt (bis ca. 7 %), welche mit einer Zunahme des Vagustonus (logRSA) einhergehen. Die gesamte Ersparnis an Herzschlägen im Tagesverlauf beträgt ca. 2680 Schläge/Tag.

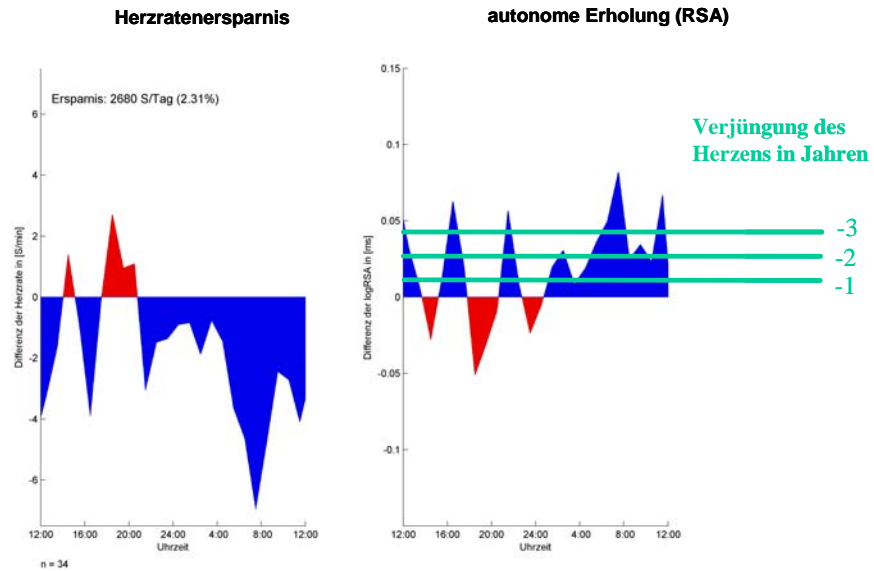


Abb. 6: Differenzplot der Herzrate und logRSA für eine Gruppe.

### 6.10.4 Tätigkeitsanalysen

Für eine valide Interpretation der physiologischen Ergebnisse ist es - v.a. bei Einzelfallbetrachtungen - notwendig, die mit der Messung einhergehenden Tätigkeiten zu protokollieren. Aus diesem Anlass protokollieren die TeilnehmerInnen während der 25 Stunden-EKG Messungen kontinuierlich ihre Tätigkeiten. Diese gesammelten Informationen können auch für die Erstellung von Aktivitätsprofilen genutzt werden, welche die Häufigkeit einzelner Tätigkeitskategorien der untersuchten Stichprobe im Tagesverlauf dokumentieren.

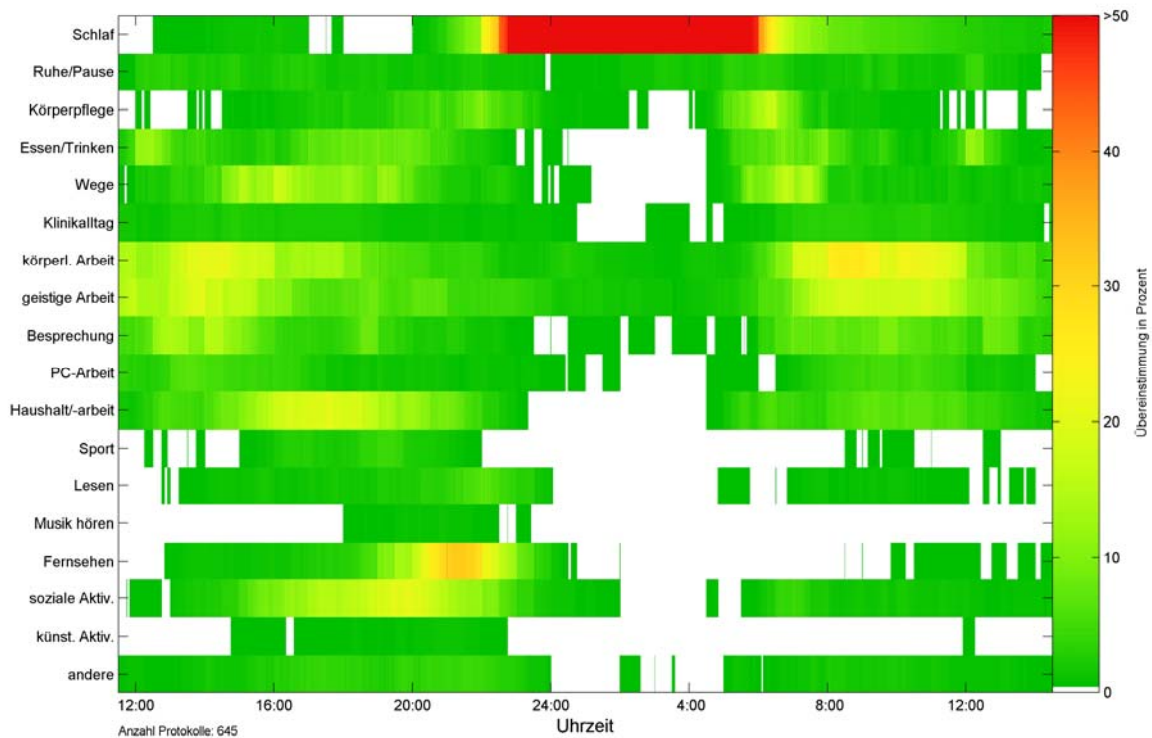


Abb. 7: Tätigkeitsprofil bei der Gesamtstichprobe – relative Häufigkeit einzelner Tätigkeitskategorien.

Abbildung 7 zeigt den typischen Tagesablauf der untersuchten TeilnehmerInnen. Die Nachtruhe findet bei der überwiegenden Mehrzahl der Personen zwischen 23 und 5 Uhr statt, wobei sich weitere Pausen ohne besondere Häufung auf den gesamten 24 Stunden-Alltag verteilen. Die Körperpflege erfolgt v.a. vor oder nach der Bettruhe. Die zu verrichtende körperliche Arbeit passiert v.a. am Vormittag und wurde etwas häufiger als geistige Arbeit dokumentiert. Besprechungen werden gerne nach der Mittagspause angesetzt. Der Arbeitsalltag wird häufig mit Hausarbeit fortgesetzt. Eine Konstante im Tagesverlauf ist der TV-Konsum zwischen 20 und 22 Uhr, wobei soziale Aktivitäten überwiegend kurz davor stattfinden. Ein typischer Alltag könnte somit wie folgt charakterisiert werden: Man steht um 5 Uhr am Morgen auf, wäscht sich und fährt zur Arbeit. Am Vormittag verrichtet man überwiegend körperliche Tätigkeiten mit mehr oder weniger unkoordinierten Pausen. Um 12 Uhr kommt eine kurze Mittagspause, welche vor einer Besprechung erfolgt. Die tägliche berufliche Arbeit endet schließlich gegen 16 Uhr, um nach dem Nachhauseweg mit einer zweistündigen Hausarbeit fortgesetzt zu werden. Die Familie trifft sich schließlich zum gemeinsamen Abendessen. Danach beginnt die passive Freizeitgestaltung mit dem Hauptabendprogramm. Schließlich begibt man sich um 23 Uhr zu Bett, um nach ca. sechs Stunden Schlaf den nächsten Tag aufs Neue zu beginnen.

## 6.10.5 Interventionswirkungen

### Interventionswirkungen im Einzelfall

In folgender Abbildung 8 werden exemplarisch zwei Einzelfälle der Wirkung von speziellen Eurythmie-Übungen vorgestellt, welche die typischen Effekte während den zwei unterschiedlichen Übungen aufzeigen.

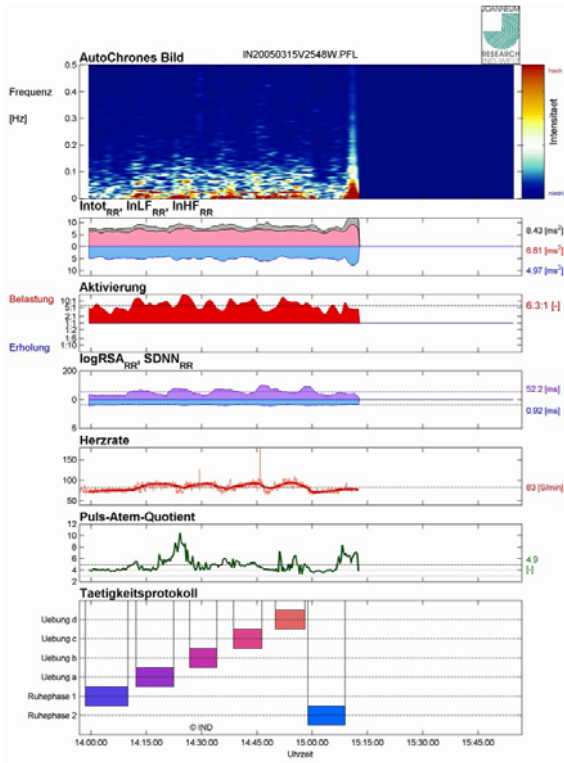
Während bei der Übung „1:4“ v.a. langsamere Schwingungen der HRV wiederholt und geordnet auftreten, zeigen sich bei der 2. Übung „Kairos“ überwiegend schnelle Rhythmen in der HRV. Bei beiden Übungen sind Frequenzvervielfachungen zu beobachten, die nach Beendigung der Einheit abrupt abbrechen. Aus den unterschiedlichen Anteilen der HRV kann man sehr gute Rückschlüsse auf die unmittelbaren vegetativen Auswirkungen der Eurythmieeinheiten ziehen:

Bei der Übung „1:4“ überwiegen sympathikotone (langsame; zwischen 0 und 0,1 Hz) Schwingungsanteile in der Herzrate, welche sich klar innerhalb und zwischen den Personen reproduzieren lassen.

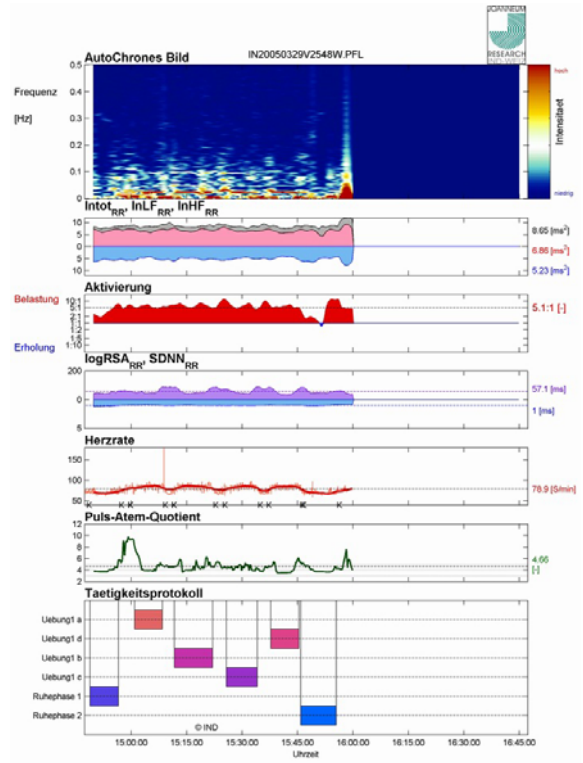
Hingegen kommt es bei der Übung „Kairos“ zu einem moderatem Anstieg der Herzrate (vgl. auch Abb. 8), bzw. gleichzeitig zu einer verstärkten Aktivität von vagotonen Anteilen ( $> 0,1$  Hz; schnelle Anteile der HRV). Diese vagotonen (schnellen) Anteile werden mit fortlaufender Dauer bzw. Wiederholung der Übungen noch beschleunigt. Die Atmung, ein Indiz für eine erholungsbezogene Einstellung des Körpers wird in der Herzrate sichtbar.

1.4 Aktivierende Pausengestaltung

1. Messung



2. Messung



Kairos Erholungsbezogene Pausengestaltung

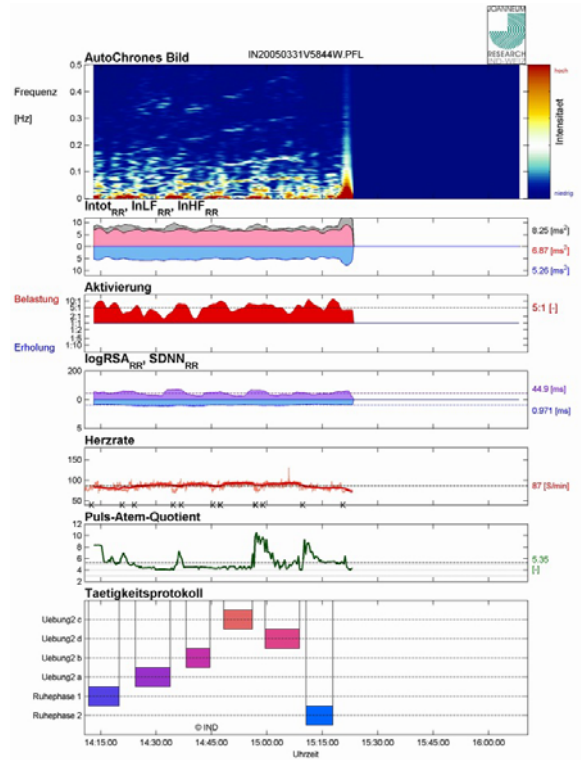
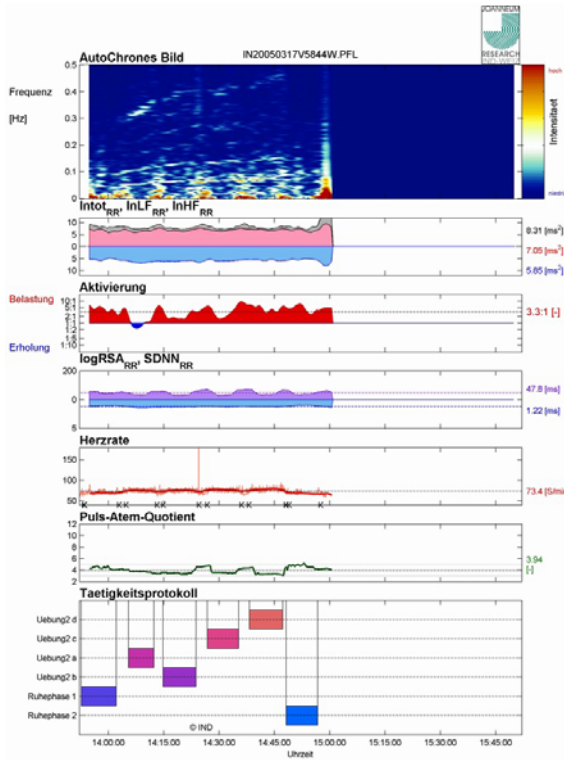


Abb. 8: Einzelfallbeispiele für 4:1 und AEIOU.

Abbildung 8 dokumentiert die vegetativen Auswirkungen und Reproduzierbarkeit der spezifischen Übungen innerhalb einer Person im AutoChrones Bild.

Interventionswirkungen in der Gruppe

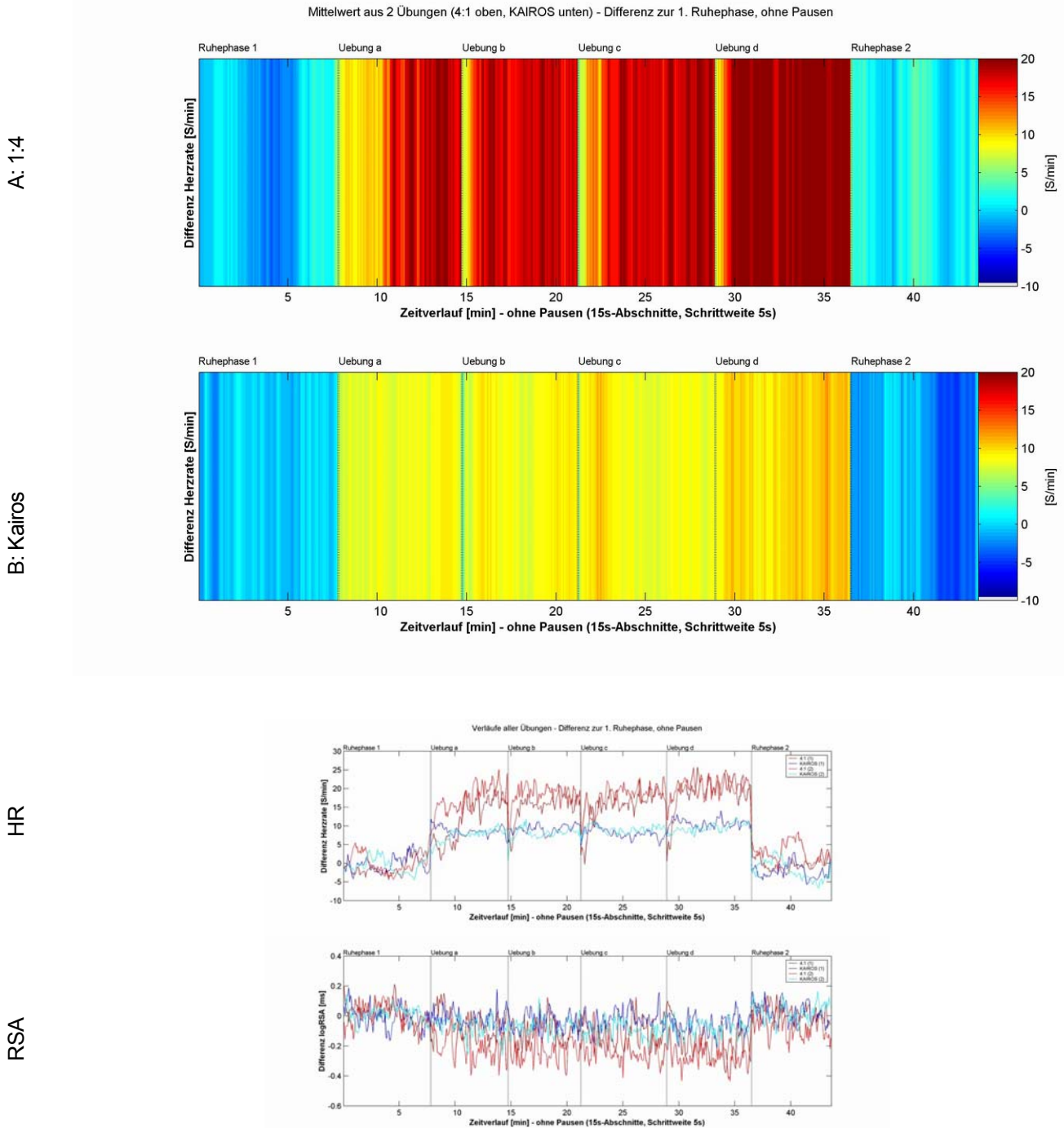


Abb. 9: Physiologische Auswirkungen der beiden Übungen in der Gesamtgruppe (n=15). Daten von 15 Versuchspersonen; 4 Messzeitpunkte (4:1, Kairos, 4:1, Kairos), Übungsablauf (Phasen) eines Messzeitpunkts: Ruhephase 1, Übung a, Übung b, Übung c, Übung d, Ruhephase 2.

Abbildung 9 zeigt den mittleren Herzraten- und logRSA Verlauf während der Übungseinheiten. Zunächst wurden für jeden Messzeitpunkt der Verlauf der Herzrate und der logRSA für jede Versuchsperson durch kontinuierliche Mittelwertbildung von 15 Sekunden Segmenten und fortlaufende Verschiebung des Berechnungsintervalls von 5 Sekunden ermittelt. Durch Subtraktion des jeweiligen Mittelwertes der 1. Phase (Ruhephase 1) von allen Messwerten erfolgte die Normierung des Werteverlaufes jeder Versuchsperson. Zu jeder Übung erhält man danach durch

Medianbildung der Verläufe aller Versuchspersonen je einen Verlauf für die Herzrate und die logRSA pro Messzeitpunkt. Zur besseren Vergleichbarkeit der Grafiken, wurden die Verläufe ohne Pausen zwischen den Phasen und mit gleichen Längen (= minimalste Dauer der jeweiligen Phasen) für die einzelnen Phasen dargestellt. Die Skalierung der Farbverläufe umfasst die meisten dargestellten Werte, wobei Ausreißern die Farbe am oberen bzw. unteren Ende der Farbskala zugewiesen wurde. Durch Mittelwertbildung der Verläufe von jeweils zwei zusammengehörenden Messzeitpunkten (Übung ‚4:1‘, bzw. ‚Kairos‘) wurde weiters ein Gesamtverlauf für jeweils eine Übung ermittelt.

Während der Übung ‚1:4“ kommt es zu einer kontinuierlichen Zunahme der Herzrate von ca. 15 Herzschlägen in der Minute. Das Herzrattenniveau ist in der darauf folgenden Pause etwas höher als in der Ruhephase zuvor – eine Übung die munter macht.

Bei der Übung ‚1:4“ kommt es ebenfalls zu einem Anstieg der Herzrate, welcher jedoch deutlich geringer ausfällt und mit einer tieferen Herzrate in der darauf folgenden Ruhephase einhergeht (im Vergleich zu den Ausgangswerten) – eine erholungsbezogene Übung.

### Unspezifische Interventionswirkungen

Für die Abschätzung von Interventionseffekten können HRV-Parameter (bzw. deren Änderung) in Abhängigkeit von der Teilnahmehäufigkeit an Interventionen untersucht werden (Abb. 10). In der vorgestellten Abbildung kann eine Wirkung der Interventionen bestätigt werden: Je mehr Interventionen gemacht wurden, desto weniger sank der Basalschlafanteil im Projektverlauf. Etwa ab 10 Interventionen schliefen die VersuchsteilnehmerInnen am Projektende gleich gut wie am Anfang (Moser, et al 2001; BauFit).

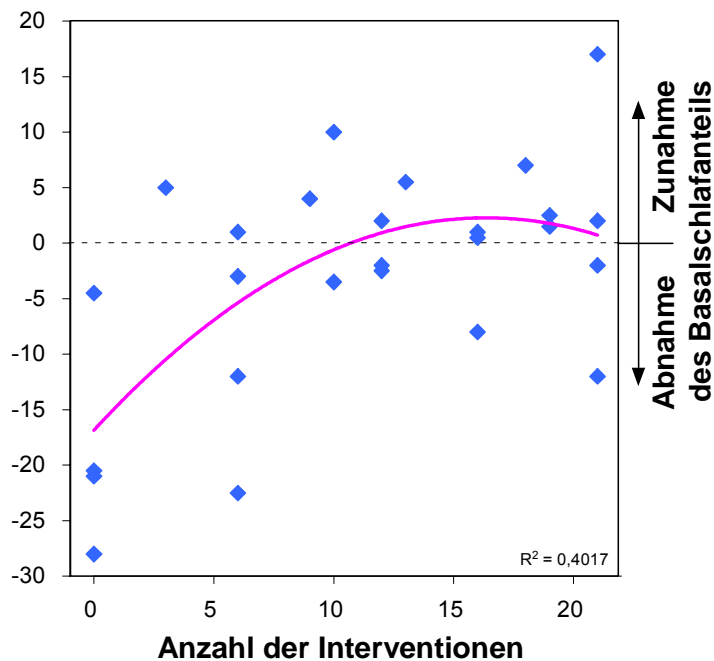


Abb.10: Die Veränderung des Basalschlafanteils (Zeitanteil des Schlafes, der bei größeren Werten der logRSA als das individuelle Tagesmittel zugebracht wurde) vom Anfang (die ersten drei Messungen) zum Ende (die letzten drei Messungen) der gesamten Messperiode in Abhängigkeit von der Interventionszahl: Mit zunehmender Anzahl an Interventionen wird die negativ zu bewertende Abnahme des Basalschlafanteils ausgeglichen (Null = keine Veränderung) und es kann sogar eine Vergrößerung des Basalschlafanteils beobachtet werden (positive Werte).

### 6.10.6 Ergebnisse von Fragebogenmethoden

Im folgenden Abschnitt werden mögliche Ergebnisse von eingesetzten psychometrischen Messverfahren vorgestellt. Bei den psychologischen Methoden handelt es sich um standardisierte bzw. evaluierte Verfahren. Diese ermöglichen einerseits eine psychologische Beschreibung der Stichprobe bzw. dienen zur objektiven Erfassung des persönlichen Erlebens während den unterschiedlichen Messzeitpunkten. Als Beispiel werden Ergebnisse zur subjektiven Schlaferholung vorgestellt.

#### IND-Schlaf

Der Fragebogen zur aktuellen Schlafqualität, der die Nacht der physiologischen Messung aus subjektiver Sicht beschreibt, besteht aus sieben Komponenten, welche zu einem allgemeinen Schlaf - Erholungswert zusammengefasst werden können. Dabei wird nach dem momentanen Erleben der vorangegangenen Nacht gefragt. Die Ausprägungen der sieben Komponenten variieren von 0 bis 4, wobei höhere Werte eine bessere Schlaferholung darstellen. Folgend wird nur der Gesamtscore (subjektive Schlaferholung), welcher sich aus der Summation der Komponentenscores ergibt, dargestellt. Dieser kann von 0 bis 28 variieren, wobei der Normwert (N=1120) durch eine durchgezogene Linie dargestellt wird. Eine höhere Zahl entspricht einer besseren subjektiven Schlaferholung.

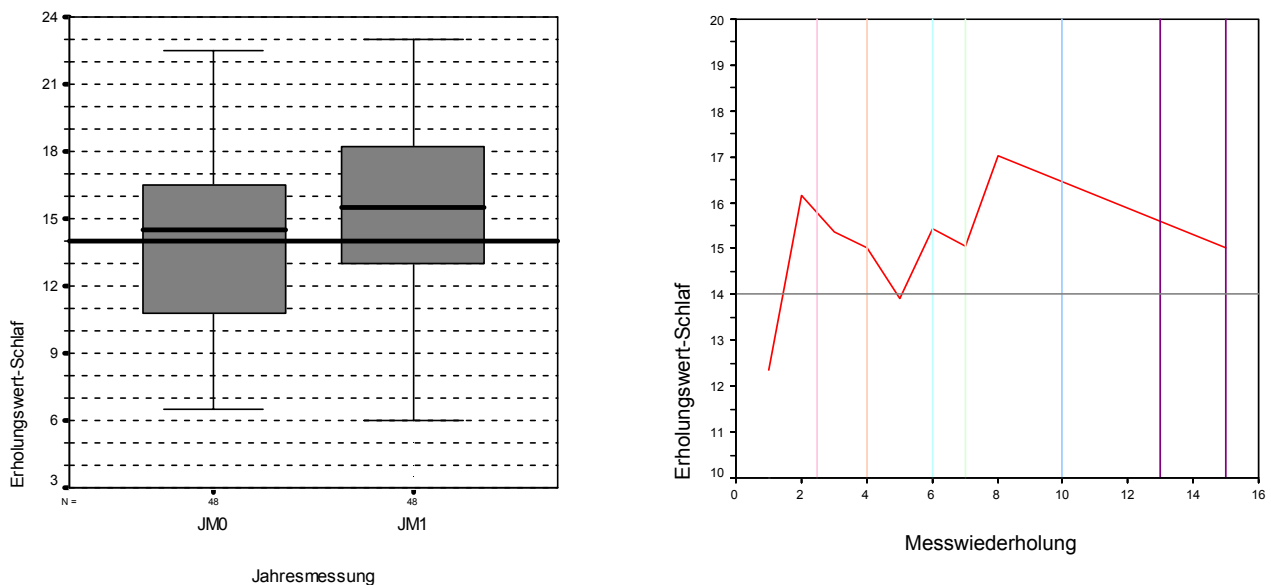


Abb. 11: Aktuelle Schlaferholung bei einer Stichprobe (n=48) bzw. im Projektverlauf (n=25).

In der Gesamtstichprobe zeigt sich allgemein eine Zunahme der subjektiven Schlaferholung nach einem Jahr Projektdauer (Abb. 11 links). Die Betrachtung einer häufiger gemessenen Gruppe erlaubt eine Darstellung der subjektiven Schlafbeurteilung über den Projektverlauf (Abb. 11 rechts). Hier wird ein Zeitraum von zwei Jahren dargestellt. Am Projektbeginn berichten die TeilnehmerInnen über eine anfänglich sehr schlechte Schlaferholung, welche sich im Projektverlauf bessert und auf einem subjektiv guten Niveau einpendelt. Farblich gekennzeichnet sind einzelnen Interventionsabfolgen ersichtlic.

### 6.10.7 Normative Darstellungen - Autonome Profile

Die im folgenden Kapitel dargestellten, so genannten Autonomen Profile für den Tagesgang bzw. für die Schlaferholung, erlauben normative Betrachtungen von Einzelpersonen und ganzer Subpopulationen. Die Auswahl der dargestellten Parameter im Tagesgang beruht hierbei auf der Überlegung, das Ausgangssignal (Herzrate), ein Maß für den Vagustonus (logRSA) sowie ein Maß für die Gesamtvariabilität (SDNN) zu erfassen. In Abbildung 12 werden diese normativen Darstellungen von vegetativen Tagesgängen im Einzelfall – am Beispiel Schichtarbeit - vorgestellt.

#### Nachtschicht einer Person

#### Tagschicht der selben Person

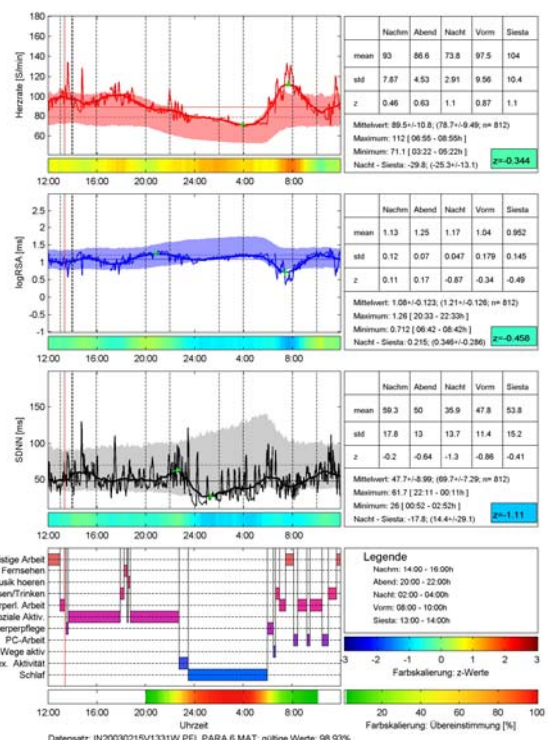
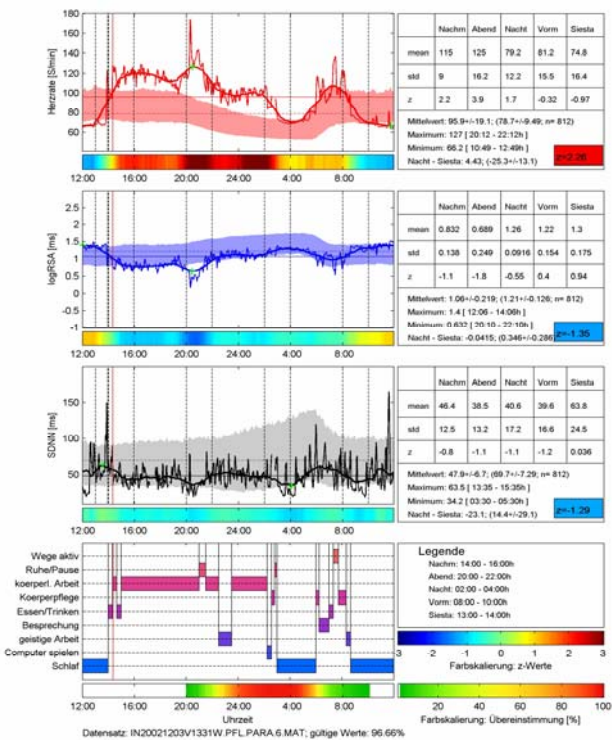


Abb. 12: Vegetative Auswirkungen von Schichtarbeit auf den Tagesgang im Einzelfall. Vor dem Hintergrund von Mittelwert +/- Standardabweichung einer Normstichprobe (N=812) werden einzelne HRV - Parameter im Tagesgang angezeigt. Unter diesen Tagesverläufen ist der farbliche Verlauf der Z-Werte dargestellt, wodurch normative Abweichungen im Tagesverlauf erfasst werden können. In den in der Grafik rechts positionierten Tabellen werden für charakteristische Zeitbereiche im Tagesverlauf Mittelwert, Standardabweichung sowie Z-Wert angeführt. Neben der Darstellung von Maximum und Minimum der HRV-Parameter im Tagesverlauf (2h-Mittelwert mit angegebenem Zeitbereich) wird auch die „Tagesamplitude“ (Nachtwert – Siesta) berechnet. Der Z-Wert dieser Berechnung ist in den Tabellen rechts unten angeführt und aus Übersichtlichkeitsgründen farblich codiert. Die zugrunde liegende Datenbasis ist frei wählbar.

In der linken Hälfte der Abbildung 12 kann man eine Aufspaltung des circadianen Rhythmus, ausgelöst durch Nachtarbeit, erkennen (Frequenzmultiplikation: aus dem normalen 24-Stundenrhythmus wird eine 6-mal schnellere 4 Stunden Rhythmik). Die zufällig ausgewählte Person weicht insgesamt deutlich vom gewöhnlichen Tagesverlauf in der Normalpopulation (schraffiert) ab. Bei einer Tagschicht derselben Person (Abb. 12, rechte Seite) kann man sehen, dass die betroffene Person auch während eines „normalen“ Tagesverlaufs einige Tage nach der Nachtarbeit noch eine gestörte vegetative Einstellung zeigt, wenn auch deutlich weniger gestört als

unmittelbar während der Nachtarbeit. Die Herzrate ist, vor allem während der Nachtstunden höher als normal und der Vagustonus (logRSA) ist niedrig (vgl. auch SDNN) bzw. ohne erkennbaren Tagesgang. Auch das Autonome Profil – Schlaferholung basiert auf einer frei wählbaren Datenbasis. Eine hierfür entwickelte MatLab-Funktion erkennt automatisch den Schlafbereich der zu Grunde liegenden Daten gemäß der Kategorisierung und bringt diese für einzelne HRV-Parameter zur Darstellung. Im Hintergrund sind Mittelwert +/- Standardabweichung der auf den Schlafbeginn synchronisierten ersten sechs Stunden der Schlafbereiche der Normdatenbasis dargestellt. In Abbildung 13 links unten ist die Herzrate gegen die logRSA aufgetragen, wobei das Rechteck Mittelwert +/- Standardabweichung einschließt. Der rot dargestellte Prozentwert gibt an, wie viel Prozent eingeschlossen sind, die schwarz angegebenen Werte weisen die verbleibende Differenz den vier Quadranten zu. In der Grafik rechts unten werden allgemeine Kenngrößen der Datenbasis sowie spezifische Werte zum Datensatz zur Anzeige gebracht. Der Parameter SQidx ist ein „vegetativer Schlafparameter“ (vgl. Pkt. 6.10.2 ). Bei einem erholsamen und ruhigen Schlaf sollte eine verhältnismäßig niedrige Herzrate und ein höherer Vagustonus (logRSA) bzw. niedriger Sympathikustonus vorherrschen (= geringer VQ).

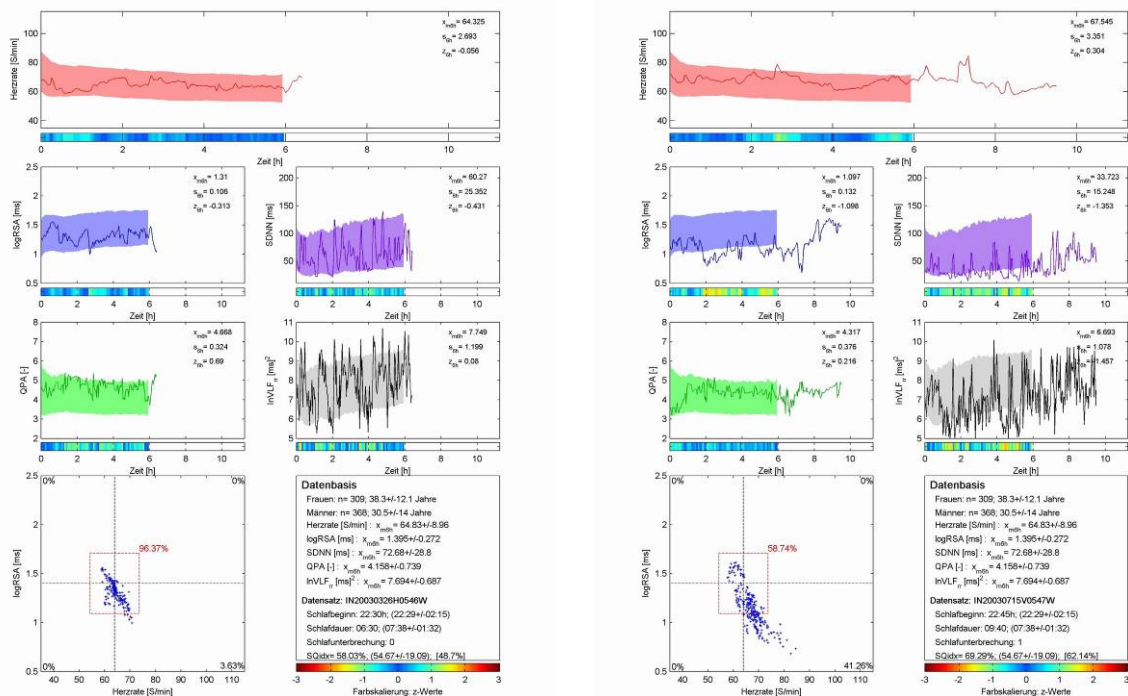


Abb. 13:Autonomes Profil – Schlaferholung. Darstellung der Schlaferholung einer gesunden 46-jährigen Frau (links) im Vergleich zu einer an einem Mamma Carcinom erkrankten 47-jährigen Frau.

Abb. 13 zeigt eine Gegenüberstellung des Kernschlafes einer gesunden 46-jährigen Frau (links) mit einer an Brustkrebs erkrankten 47-jährigen Frau. Während sich die Kennwerte der gesunden Frau weitgehend in der Norm bewegen sind die HRV – Kennwerte logRSA und SDNN der erkrankten Frau reduziert. Im Vergleich liegen über 96% des Streudiagramms von Herzrate zu logRSA der gesunden Frau innerhalb von Mittelwert +/- Std., während es bei der erkrankten Frau unter 60% sind.

## 7. Literatur

- Bata, E., Beran, J., Scheibenpflug, P., Moser, M., Kallus, W., Hahn, H., Langmann, H., Frühwirth, M., Lackner, H., Muhry, F., Semler, I., Puswald, B., Grote, V., Lipp, B., Rohregger, G., Kneucker, F. und Seifried, J. (2001) In AUVA Forum Prävention AUVA, Innsbruck, Austria.
- Bettermann H., Bonin D. von, Frühwirth M., Moser M. Effects of speech therapy with poetry on heart rate rhythmicity and cardiorespiratory coordination. *International Journal of Cardiology* 2002;84(1):77-88
- Critchley, H. D., C. J. Mathias, O. Josephs, J. O'Doherty, S. Zanini, B. K. Dewar, L. Cipolotti, T. Shallice, and R. J. Dolan, 2003, Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence: *Brain*, v. 126, p. 2139-52.
- Cysarz D, Bonin D von, Lackner H, Heuser P, Moser M, Bettermann H. Oscillations of heart rate and respiration synchronize during poetry recitation. *AJP- Heart and Circulatory* 2004 Aug;287(2):H579-87.
- Electrophysiology, T.F.o.t.E.S.o.C.a.t.N.A.S.o.P.a., Heart rate variability, Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, (1996). 93, 5, 1043-1065.
- Furlan, R., F. Barbic, S. Piazza, M. Tinelli, P. Seghizzi, and A. Malliani, 2000, Modifications of cardiac autonomic profile associated with a shift schedule of work: *Circulation*, v. 102, p. 1912-6.
- Gallasch E, Moser M, Kozlovskaya IB, Kenner T, Noordergraaf A (1997). Effects of an eight-day space flight on microvibration and physiological tremor. *American Journal of Physiology* 273, 86-92.
- Hildebrandt G, Moser M, Lehofer M. *Chronobiologie und Chronomedizin - kurzgefaßtes Lehr- und Arbeitsbuch*. Hippokrates Verlag, 1998.
- Hjortskov, N., D. Rissen, A. K. Blangsted, N. Fallentin, U. Lundberg, and K. Sogaard, 2004, The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work: *Eur J Appl Physiol*, v. 92, p. 84-9.
- Kageyama, T., N. Nishikido, T. Kobayashi, Y. Kurokawa, T. Kaneko, and M. Kabuto, 1998, Self-reported sleep quality, job stress, and daytime autonomic activities assessed in terms of short-term heart rate variability among male white-collar workers: *Ind Health*, v. 36, p. 263-72.
- Madden K., and G. K. Savard, 1995, Effects of mental state on heart rate and blood pressure variability in men and women: *Clin Physiol*, v. 15, p. 557-69.
- Moriguchi, A., A. Otsuka, K. Kohara, H. Mikami, K. Katahira, T. Tsunetoshi, K. Higashimori, M. Ohishi, Y. Yo, and T. Ogihara, 1992, Spectral change in heart rate variability in response to mental arithmetic before and after the beta-adrenoceptor blocker, carteolol: *Clin Auton Res*, v. 2, p. 267-70.
- Moser M, Baevskij RM.(1991). *Pulstrans - Kreislaufforschung in Schwerelosigkeit Austro - Mir Handbuch*. BMWF, 100-106.
- Moser M, Frühwirth M., von Bonin D, Cysarz D, Penter R, Heckmann C, Hildebrandt G. (1999): Das autonome Bild als Methode zur Darstellung der Rhythmen des menschlichen Herzschlags. Aus: Heusser, P (Hrsg.): *Hygiogenese*. Verlag Peter Lang. 207–223.

- Moser M, Lehofer M, Hildebrandt G, Voica M, Egner S, Kenner T (1995). Phase- and frequency coordination of cardiac and respiratory function. *Biological Rhythm Research*, 26, 1, 100-111.
- Moser M, Lehofer M, Sedminek A, Lux M, Zapotoczky HG, Kenner T, Noordergraaf A. (1994). Heart rate variability as a prognostic tool in cardiology. *Circulation*, 90, 1078-1082.
- Moser, M., and J. Beran, 2002, Weltraumtechnologie macht den Rhythmus von Menschen und Unternehmen sichtbar: Was die Arbeitspsychologie den Unternehmen bringt, AUVA.
- Moser, M., Frühwirth M, Riemann D, Niederl T, Lehofer M, Backhaus J, Berger M, and T. Kenner, 1998, Cardiac autonomic control during normal and disturbed sleep: 14th Congress of the European Sleep Research Society.
- Moser, M., Frühwirth M, Semler I, and M. Lehofer, 2000, Herzfrequenzvariabilität in der Schlafmedizin - das autonome Bild des Herzens: Wiener Klinische Wochenschrift, v. 112, p. 18-19.
- Moser, M., Lackner H, Muhry F, Frühwirth M, Semler I, Puswald B, and V. Grote, 2001, Stress, am Herzschlag sichtbar gemacht: AUVA Tagung: BauFit-Präventionsprogramm.
- Moser, M., Lehofer M, Sedminek A, Lux M, Zapotoczky HG, Kenner T, and A. Noordergraaf, 1994, Heart rate variability as a prognostic tool in cardiology.: *Circulation*, v. 90, p. 1078-1082.
- Moser, M., M. Frühwirth, D. Bonin von, D. Cysarz, R. Penter, C. Heckmann, and G. Hildebrandt, 1999, Das autonome (autochrone) Bild als Methode zur Darstellung der Rhythmen des menschlichen Herzschlags, in P. Heusser, ed., Hygiogenese: Bern.
- Nickel, P., and F. Nachreiner, 2003, Sensitivity and diagnosticity of the 0.1-Hz component of heart rate variability as an indicator of mental workload: *Hum Factors*, v. 45, p. 575-90.
- Princi, T., A. Accardo, and D. Peterec, 2004, Linear and non-linear parameters of heart rate variability during static and dynamic exercise in a high-performance dinghy sailor: *Biomed Sci Instrum*, v. 40, p. 311-6.
- Rafolt D, Moser M, Jernej G, Gallasch E, Kenner T. (1992). New optical and mechanical pulse sensors for the non invasive assessment of cardiovascular functions. *Medical and Biological Engineering*, 1247 - 1250.
- Terkelsen, A. J., O. K. Andersen, H. Molgaard, J. Hansen, and T. S. Jensen, 2004, Mental stress inhibits pain perception and heart rate variability but not a nociceptive withdrawal reflex: *Acta Physiol Scand*, v. 180, p. 405-14.
- Trapp M., 2003, Psychovegetative Parameter unter ergotropen und trophotropen Bedingungen und Zusammenhänge mit Persönlichkeitsmerkmalen.
- Tsuji H., Venditti F. J., Manders E. S., et al., "Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study," *Circulation*, vol. 90, pp. 878-883, 1994.
- Van Amelsvoort, L. G., E. G. Schouten, A. C. Maan, C. A. Swenne, and F. J. Kok, 2000, Occupational determinants of heart rate variability: *Int Arch Occup Environ Health*, v. 73, p. 255-62.

## 8. Anhang A: Allgemeine Beschreibung der physiologischen Methoden

Das Gebiet der nichtinvasiven Diagnostik untersucht Körperfunktionen und ihr Zusammenspiel und versucht, möglichst ohne Eingriff, Informationen über den Gesundheitszustand und die Regulationsfähigkeit unseres Organismus zu gewinnen. In jüngster Zeit wurden Messmethoden verfügbar, die es erlauben, nichtinvasive Messungen am autonomen Nervensystem vorzunehmen. Dieses funktionelle System unseres Organismus koordiniert, synchronisiert und lenkt die Körperfunktionen.

Das am Institut angewandte und laufend weiterentwickelte Messmethodenrepertoire ermöglicht es unter anderem, das autonome Nervensystem sowie Funktionen des Stammhirns nichtinvasiv zu beobachten. Veränderungen der Rhythmik des Stammhirns und autonomen Nervensystems sind von besonderem Interesse für die frühzeitige Erkennung möglicher Krankheitsprozesse. Eine Überforderung des Organismus und mangelnde Erholungsfähigkeit bilden sich in der funktionellen Rhythmik ab und stören die Koordination und Synchronisation.

Eine der wesentlichen Aufgaben, die vom autonomen System wahrgenommen werden, ist die Regelung des Herz-Kreislaufsystems und die Steuerung des Schlafes, der für die Regeneration des Organismus von essentieller Bedeutung ist. Auch Stress äußert sich zuerst in der autonomen Regulation des Herzschlages – die Variabilität der Herzfrequenz ändert sich in spezifischer Weise. Durch die Analyse der in dieser Variabilität enthaltenen Frequenzen sind Aussagen über die Stressbelastung der Versuchspersonen möglich.

### 8.1 Grundlagen der physiologischen Messungen

Das Herz-Kreislaufsystem versorgt alle Organe des menschlichen Organismus mit Sauerstoff und Nährstoffen und verbindet sie durch den Transport von Botenstoffen und den Blutkreislauf. Der Organismus wird bei Stress besonders beansprucht, und vor allem der Herzschlag reagiert darauf empfindlich – nämlich durch eine Erhöhung der Herzfrequenz und, wie man inzwischen weiß, auch durch Verringerung bestimmter Anteile der Herzfrequenzvariabilität. Der Herzschlag selbst wird durch das Vegetativum gesteuert – jenes System, das alle Körperfunktionen miteinander koordiniert. Es ist sozusagen unser zentrales Regel- und Steuerorgan. Kreislaufsystem und Vegetativum, können mit Hilfe der Herzfrequenzvariabilität (Task Force, 1996; Moser et al., 1994, 1995) überwacht werden.

#### 8.1.1 Physiologische Grundlagen – Das autonome Nervensystem

Das autonome Nervensystem wird in der Peripherie in zwei Subsysteme unterteilt, das sympathische und das parasympathische Nervensystem. Ein wichtiger Gehirnnerv des Parasympathikus ist der *Nervus vagus*, der „herumvagabundierende“ Nerv. Er fasert sich vielfach auf und betreut besonders viele Organe, unter anderem das Herz.

Das autonome Nervensystem reguliert jene Funktionen, auf die wir willentlich nur sehr bedingt Einfluss nehmen können. Es stimmt die Systeme der Versorgung und der Entsorgung aufeinander ab und sorgt für ein geordnetes Zusammenwirken. Dadurch werden die verschiedenen Funktionskreise koordiniert und zu einer leistungsfähigen Ganzheit zusammengefasst.

Es reguliert unter anderem:

- Herzfähigkeit, Blutdruck, Verteilung der Blutströme,
- Atemtiefe und Atemfrequenz,
- Thermoregulation,
- Drüsensekretion (z.B. Speichel und Verdauungssäfte) und

- Magen- und Darmmotorik, sowie Blasenentleerung
- Sexualfunktionen.

Es steht über den Hypothalamus als übergeordnete Steuerungsebene in enger Verbindung mit dem limbischen System, das Emotionen und Gefühle vermittelt, und mit dem endokrinen System.

An den Synapsen am Ende der postganglionären Leitungstrecke setzt das sympathische System Noradrenalin, das parasympathische Acetylcholin frei. Acetylcholin wird durch ein Enzym, die Acetylcholinesterase, sehr schnell abgebaut, die Synapse ist wieder für eine weitere Signalübertragung frei. Noradrenalin hingegen wird erst durch eine Wiederaufnahme in die präsynaptische Membran entfernt. Deshalb laufen auch alle Veränderungen von Variablen, die durch den Nervus Vagus zustande kommen schnell ab, die durch den Sympathikus vermittelten langsamer.

Sympathikus und Parasympathikus haben großteils antagonistische Wirkungen auf die einzelnen Organe: Bei sympathischer Dominanz sind die Pupillen geweitet, Atem- und Herzfrequenz gesteigert, Luftröhre und Bronchien geweitet und der Großteil des Blutes strömt in die Muskulatur, ins Gehirn und in die Lunge. Man spricht von einer ergotropen ( $\epsilon\rho\gamma\omicron\nu$  = Tat, Arbeit;  $\tau\rho\omicron\pi\omicron\sigma$  = Richtung) Reaktion, d.h. der Organismus ist auf wache Leistungsbereitschaft ausgerichtet. Wenn die parasympathischen Einflüsse vorherrschen, sind Atem- und Herzfrequenz ruhig, die Muskeln sind entspannt, die Blutströme werden in den Magen-Darm-Trakt geleitet. Es ist dies die trophotrope Reaktion ( $\tau\rho\omicron\phi\omicron\sigma$  = Ernährung). Viele Organe werden sowohl von sympathischen wie auch von parasympathischen Nerven innerviert.

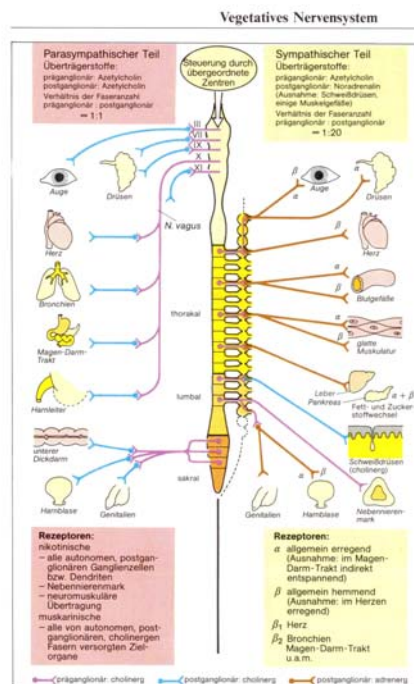


Abbildung 14: Autonomes (vegetatives) Nervensystem (schematische Übersicht) - aus S. Silbernagl, A. Despopoulos (1991): Taschenatlas der Physiologie, Thieme, 4.Auflage 1991, S.51)

## 8.1.2 Messung des autonomen Nervensystems

### 8.1.2.1 Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität

Die Herzfrequenz ist die wichtigste Stellgröße eines komplexen Regelnetzwerkes, an dem Herz, Kreislauf, Atmung, Temperatur, Stoffwechsel und psychomentele Einflüsse beteiligt sind. Dies verleiht der Herzfrequenz ihre typische zeitliche Struktur, die als Herzfrequenzvariabilität messbar wird.

Um den Tonus (die Aktivität) der einzelnen Äste des autonomen Nervensystems beschreiben zu können, führt man eine Spektralanalyse durch:

Die Zeitreihe wird mit Hilfe der Fouriertransformation vom Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert und als Leistungsspektrum dargestellt. Längere Zeitreihen werden zuvor in Segmente von fünf Minuten Länge zerlegt. Ein vergleichbarer Vorgang ist die spektrale Aufspaltung des weißen Lichts mit Hilfe eines Glasprismas in die Regenbogenfarben. Die unterschiedlichen Farben entsprechen verschiedenen Frequenzen elektromagnetischer Wellen.

#### Folgende Frequenzbänder werden berechnet bzw. quantifiziert:

- *TOT (total frequency)*: Die Leistung im gesamten Frequenzbereich von 0.033 – 0.5 Hertz (Hz).
- *HF (high frequency)*: Der HF-Bereich umfasst Schwankungen mit Periodendauern von 2.5 Sekunden bis 7 Sekunden (0.15 - 0.4 Hz). Somit entspricht die Leistung im HF-Band der Aktivität des Parasympathikus und spiegelt hauptsächlich Herzfrequenzvariationen wieder, die auf Modulation über die Atmung zurückzuführen sind.
- *LF (low frequency)*: Das LF-Band umfasst den Frequenzbereich von 7 - 25 Sekunden (0.04 – 0.15 Hz). Die Leistung in diesem Band wird sowohl vom Parasympathikus (tiefe Atemzüge) als auch vom Sympathikus beeinflusst. Diese Region wurde früher auch Barorezeptorbereich genannt, da die Aktivität dieses Rezeptors hier sehr gut widerspiegelt wird. Die niederfrequenten Komponenten der Herzfrequenzvariabilität korrespondieren mit der Blutdruckrhythmik mit einer Frequenz von ca. 0.1 Hz.
- *LF/HF (vegetativer Quotient, VQ)*: Der Quotient aus den beiden vorangehenden Parametern spiegelt das momentane vegetative Aktivierungsniveau des Organismus wieder und ist das derzeit beste verfügbare Maß der „autonomen Balance“. Höhere Werte zeigen eine aktive, leistungsorientierte Einstellung des Körpers, tiefe Werte eine auf Erholung ausgerichtete.
- *VLF (very low frequency)*: Das VLF-Band entspricht der Leistung im niedrigen Frequenzbereich der Herzschlagabfolgen von 0.0033 – 0.04 Hertz (Hz). Dieses Frequenzband der HRV unterliegt vor allem Einflüssen des sympathischen Nervensystems und wird der Thermoregulation bzw. Durchblutungsrhythmik zugeordnet, wobei eine klare physiologische Bedeutung der VLF-Komponente in der Literatur bislang nicht hinreichend definiert scheint.

Diese Parameter (Frequenzbändern) werden in der Regel logarithmisch dargestellt.

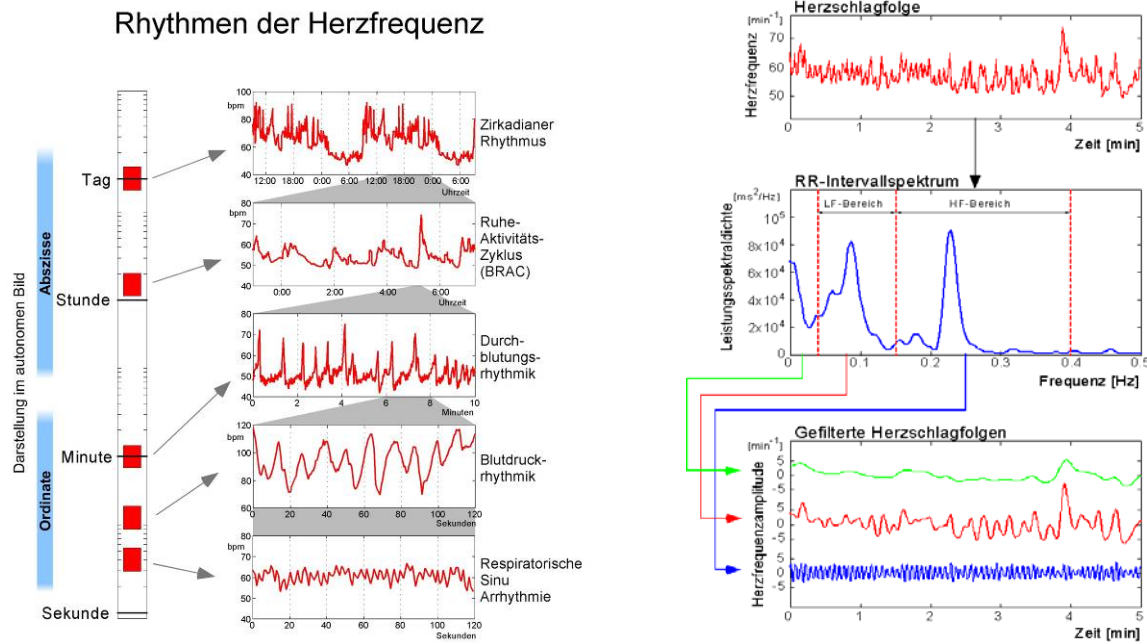


Abb. 15: Schematische Übersicht: Rhythmen der Herzfrequenz(links) bzw. Beispiel für eine Spektralanalyse der HRV(rechts).

Weitere wichtige physiologische Parameter sind:

- SDNN (standard deviation of normal-to-normal intervals): Die Standardabweichung über je 5 Minuten artefaktbereinigte RR-Intervall-Serien ist ein Maß für die Gesamtvariabilität über alle Frequenzbereiche.
- logRSA: Der Median der absoluten Differenzen aufeinander folgender Herzfrequenzwerte misst, ähnlich der HF, vorrangig die raschen, atmungsinduzierten Änderungen, ohne jedoch eine strikte Grenze bei einer bestimmten Frequenz zu ziehen (Moser et al., 1994). Die respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) ist somit die hochfrequente Variabilität der Herzfrequenz, die die Stärke der Modulation des Herzrhythmus durch die Atmung widerspiegelt. Sie ist gleichzeitig ein Maß für den Tonus der Vagusaktivität.
- Der Puls-Atem-Quotient gibt an, wie oft das Herz während eines Atemzuges schlägt (Verhältnis der Herzschläge zu einem Atemzyklus). Während der Nacht und in Ruhe konnte beobachtet werden, dass es bei Gesunden zu einer Einstellung des Quotienten auf ein Verhältnis von etwa 4:1 kommt, unabhängig vom Quotienten unter ergotropen Bedingungen am Tag, der zwischen 2:1 und 22:1 liegen kann (Hildebrandt et al., 1998).

Die klinische Relevanz von Herzfrequenzvariabilität und Puls-Atemquotienten liegen insbesondere im Bereich der Kardiologie, Psychiatrie und Psychosomatik. Ein spezieller Anwendungsschwerpunkt dieser dynamischen, vegetativen, koordinativen Indikatoren ist überdies die Evaluation von Stress und Überforderungszuständen in der Arbeits- und Präventivmedizin.

8.1.2.2 AutoChrones Bild (ACI)

Das AutoChrones Bild (Moser et al., 1999) ist eine visuell rasch erfassbare Form der Darstellung der komplexen Informationen, die in der Herzfrequenz bzw. Herzfrequenzvariabilität enthalten sind. Dabei wird das Signal in 3 Dimensionen (Abszisse = Zeit, Ordinate = Frequenz, Farbe = Amplitude) dargestellt. Jede Zeile ist das Ergebnis der Frequenzanalyse eines kurzen Abschnitts einer Zeitreihe, z.B. einer Herzschlagfolge. Die Amplitude des Signals wird dabei farbig codiert. Eine geringe Amplitude ergibt blau, eine höhere weiß, eine sehr hohe rot. Das Bild wird Zeile für Zeile zusammengesetzt – man erhält eine zeitabhängige Darstellung von, in der Herzschlagfolge enthaltenen Rhythmen, z.B. über 25 Stunden.

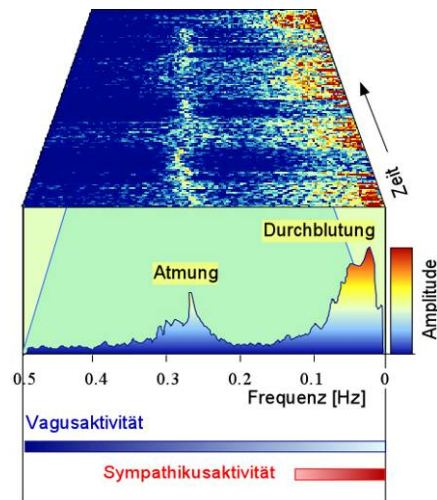
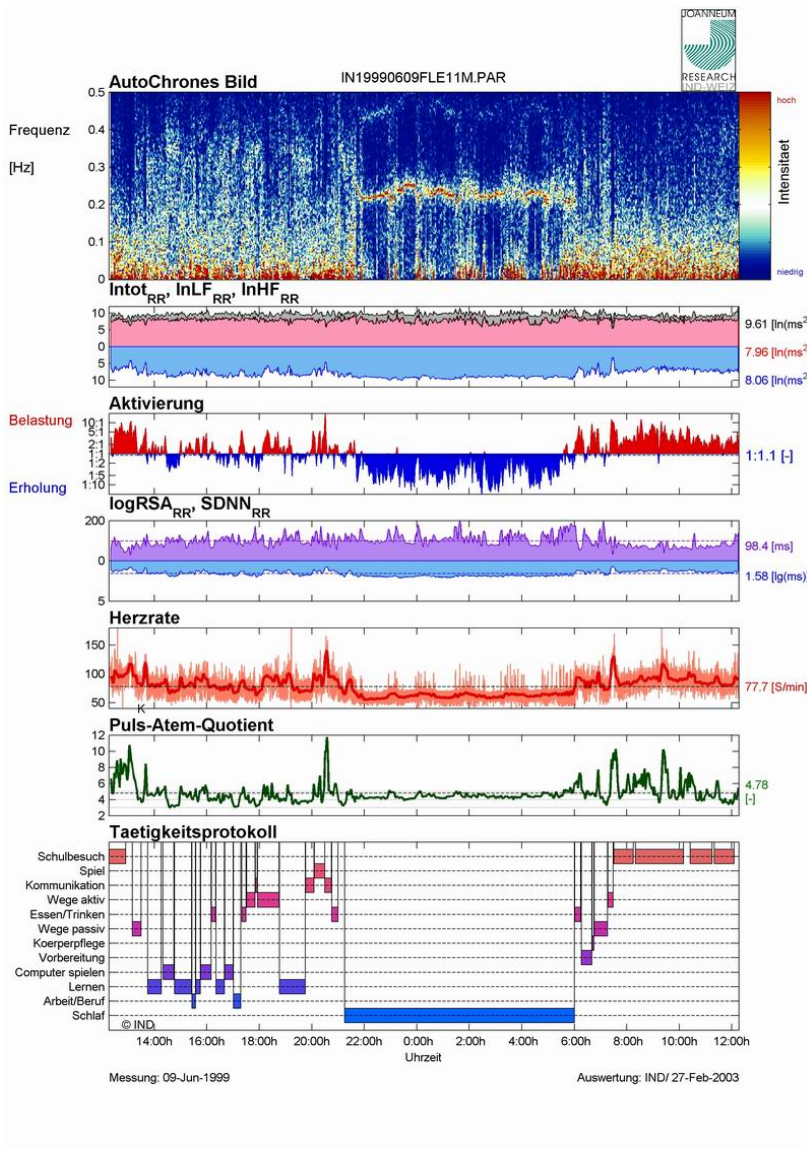


Abbildung 16: Erzeugung des AutoChronen Bildes zur Darstellung verschiedener Kreislaufrythmen im Zeitverlauf.

8.1.2.3 Aufbau des AutoChronen Bildes



Die Darstellung gliedert sich in:

← Übersicht der Frequenzanalyse der Herzschlagfolge ( I.)

← Darstellung der einzelnen Frequenzbänder ( II.)

← Verhältnis der Frequenzbänder  $\ln(LF/\ln HF)$  ( III.)

← Respiratorische Sinusarrhythmie & Standardabweichung ( IV. & V)

← Herzrate ( VI.)

← Puls-Atem-Quotient ( VII.)

← Protokoll Daten ( VIII.)

Abb. 17: Das AutoChrones Bild

Die Berechnung der einzelnen Parameter erfolgt in folgender Weise: anhand der mittels HeartMan aufgezeichneten Zeitindices der detektierten R-R-Intervalle wird die daraus resultierende Herzfrequenz ermittelt. Die detektierten R-R-Intervalle sowie die Herzfrequenz dienen als Basis für die weiteren in der Grafik dargestellten Parameter der Herzfrequenzvariabilität.

ad ( I.) Für die Darstellung der Frequenzanalyse wird die Herzschlagfolge in äquidistante Abschnitte unterteilt und durch die sogen. Fouriertransformation vom Zeitbereich in den Frequenzbereich gebracht. Diese Transformation zerlegt das Gesamtsignal in einzelne Sinusschwingungen und gibt die Größenordnung der einzelnen Frequenzanteile wieder. Der Frequenzbereich von 0-0.5 Hz wird entsprechend der Größenordnung der Frequenzanteile anhand der Farbskala (in der Abb. 17 rechts oben) kodiert und je Zeitabschnitt aufgetragen (Moser et al., 1999)

ad ( II.) Der Frequenzbereich wird in die folgenden Bänder unterteilt:

0.04 bis 0.15 Hz ...	Low Frequency (LF) [Entsprechung: Vagus- und Sympathikusaktivität]
0.15 bis 0.4 Hz ...	High Frequency (HF) [Entsprechung: Vagusaktivität]
0 bis 0.4 Hz ...	total

Anschließend wird die Leistung innerhalb der entsprechenden Bänder errechnet und mittels natürlichen Logarithmus umgerechnet. Aus Übersichtlichkeitsgründen wird der Parameter ln LF in der Darstellung nach unten geklappt, da sich die einzelnen Parameter ansonsten überlagern würden.

ad ( III.) Der vegetative Quotient (VQ; LF/HF) stellt das Verhältnis der errechneten Leistungen der Bänder je Zeitabschnitt dar und gibt somit das Verhältnis von Sympathikusaktivität zu Vagusaktivität wieder.

ad ( IV.) Unter der respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) versteht man die atmungsbedingte Änderung der Herzrate. Die RSA errechnet sich zu  $RSA = \text{median}(|HR_i - HR_{i-1}|)$  wobei der Median den Zentralwert der sortierten Zahlenfolge innerhalb eines Zeitabschnittes darstellt. Die RSA wird mittels dekadischen Logarithmus zur logRSA umgerechnet und als solche aufgetragen, wobei die Kurve wieder nach unten geklappt wird.

ad ( V.) Der Parameter SDNNindex stellt den Mittelwert der Standardabweichung (Standard Deviation) der RR-Intervalle innerhalb eines Zeitabschnittes dar. Die Standardabweichung (auch Streuung) errechnet sich allgemein zu:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{n=1}^N [x(n) - \bar{x}]^2}$$

ad ( VI.) Die Berechnung der Herzrate erfolgt aus den detektierten R-R-Intervallen.

ad ( VII.) Der Puls-Atem-Quotient stellt das Verhältnis von Herzfrequenz zu Atemfrequenz dar. Eine Ganzzahligkeit von 4:1 (Herzfrequenz / Atemfrequenz) stellt hierbei ein Ideal dar.

ad ( VIII.) Die Darstellung der Protokolldaten erfolgt anhand der Einträge der TeilnehmerInnen. Die Reihung der Aktivitäten erfolgt nach aufsteigender mittlerer Herzfrequenz.

Das folgende Beispiel zeigt eine Nachtauswertung und illustriert die Übereinstimmung des AutoChronen Bildes, das ausschließlich aus dem EKG berechnet wird, mit der multiparametrischen Schlafklassifikation, wie sie in Schlaflabors durchgeführt wird.

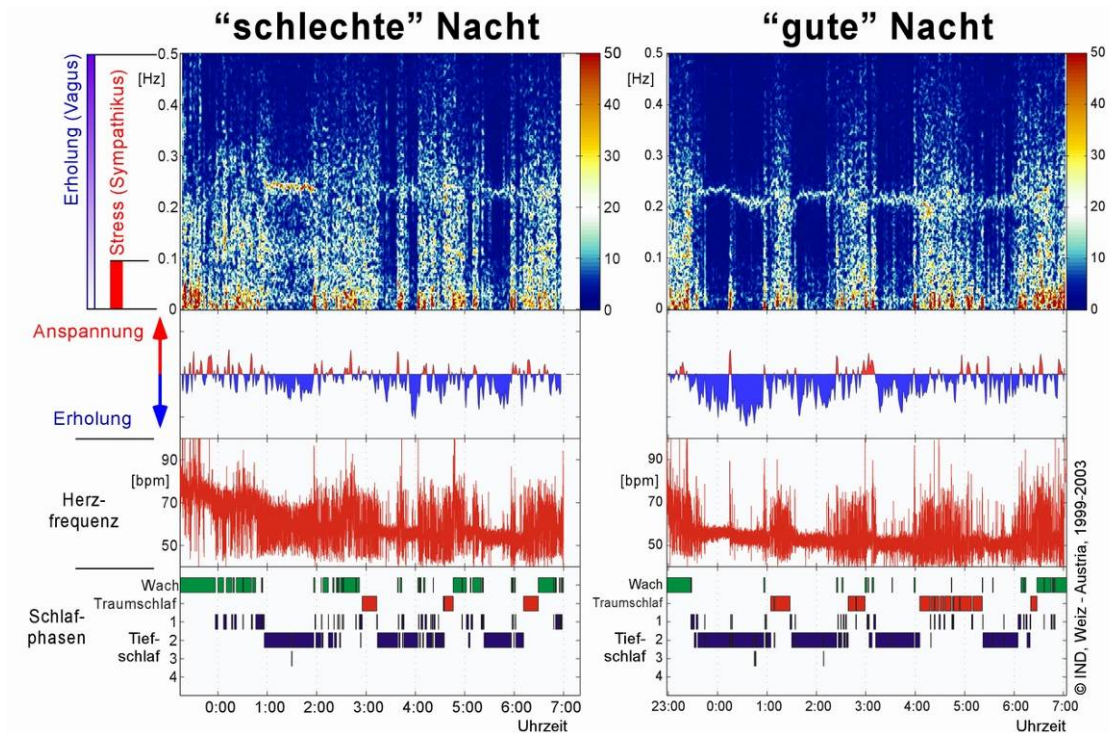


Abb. 18: Daten aus einem Schlaflabor: AutoChronen Bilder ein- und desselben Versuchsteilnehmers, wenn er schlecht schläft (links) bzw. gut schläft (rechts). Der Unterschied zeigt sich insbesondere in der Schlafarchitektur. Der gute Schlaf verläuft zyklisch (rechts), wobei sich die Ruhigschlafphasen deutlich vom REM-Schlaf (Traumschlaf) unterscheiden. Der schlechte Schlaf ist fragmentiert und vegetativ unruhig. Die vegetative Balance (Anspannung-Erholung) beim guten Schlaf ist vagotoner (rechtes Bild) als beim schlechten Schlaf (linkes Bild). Zum Vergleich ist auch die Standard-Schlafphasenklassifikation nach Rechtschaffen und Kales dargestellt, die anhand von EEG-, EOG- und EMG-Aufzeichnungen vorgenommen wird (jeweils unterstes Diagramm).

Während des Schlafes stellt sich eine trophotrope Reaktionslage ein. Der Vagustonus überwiegt, während die Sympathikusaktivität abnimmt. Durch diese vegetative Umstellung kommt es zu einem Blutdruckabfall bzw. zu einer Senkung der Herz-, Atemfrequenz und Schweißsekretion, wobei in REM-Phasen, bei spontanem Erwachen (Arousals) oder bei Weckreizen sich sofort wieder ein sympathischer Tonus bemerkbar macht. In der nächtlichen Ruhephase nehmen auch Phasen- und Frequenzkoordination der Atem- und Herzrhythmen zu, was auf Ökonomie und Restitution des vegetativen Systems schließen lässt.

### 8.1.3 Was kann in/mit der Herzfrequenzvariabilität gemessen werden

Die Herzfrequenzvariabilität zeigt eine komplexe Zusammensetzung und enthält verschiedene Informationen:

Die Atmung erzeugt im Herzschlag eine so genannte „respiratorische Sinusarrhythmie“ im Bereich zwischen 0.4 und 0.15 Hz, heute meist als „high frequency variability“ (HF) bezeichnet. Ursprung dieser Variabilität ist nach neuen Forschungen überwiegend Vagusaktivität. Sie tritt in Ruhephasen auf und ist mit vagushemmenden Substanzen unterdrückbar. Als Indikator für Ruhe- Erholungsphasen und für guten, erholsamen Schlaf ist die high frequency variability geeignet. Bei Abschwächung besteht ein erhöhtes Herzinfarkttrisiko und eine schlechtere Prognose für das Überleben nach koronarer Herzerkrankung und Herzinfarkt.

Im gleichen Frequenzbereich wie die Blutdruckrhythmik (0.1 Hz) schwingt die Herzfrequenz unter leichter bis moderater mentaler Belastung, heute als „low frequency variability“ (LF) bezeichnet. Diese Rhythmik ist vor allem von sympathischer, weniger von vagaler Aktivität gesteuert und kann als moderater Belastungsparameter betrachtet werden. Bei höherer und chronischer Belastung verschwindet diese Rhythmik. In der Framingham Studie (Tsuji H. et al., 1994) wurde ein Zusammenhang mit der Lebenserwartung festgestellt: Verringerte Herzfrequenzvariabilität in diesem Frequenzbereich war mit erhöhter Sterblichkeit verknüpft.

Mit der Rhythmik der peripheren Durchblutung und verknüpft mit thermoregulatorischer Aktivität kann eine Herzfrequenzvariabilität im Bereich von 30 Sekunden bis mehreren Minuten Periodendauer beobachtet werden. Sie wird heute als „very low frequency variability“ (VLF) bezeichnet. Ihre Genese ist vorwiegend sympathischer Natur und sie ist unter Belastung, aber auch im REM-Schlaf (Traumschlaf) zu beobachten. Diese Aktivität kann zur Qualifizierung der Schlafarchitektur und damit der Schlafqualität genutzt werden (Moser et al., 1998).

Neben weiteren ultradianen Rhythmen spielt insbesondere die zirkadiane Variabilität der Herzfrequenzvariabilität eine wichtige Rolle. Sie ist bei Übergewicht und bei hoher körperlicher Belastung eingeschränkt und ein Indikator für gute Schlafqualität.

Als koordinativer Parameter hat sich insbesondere das Verhältnis von Herzschlag und Atmung, der so genannte Puls/Atemquotient als interessant herausgestellt (Hildebrandt et al., 1998). Im Zeitverlauf lässt sich über ihn die Gesprächs- und damit soziale Aktivität der untersuchten Person abschätzen. Seine Veränderung nach kurzzeitiger Belastung ist ein hervorragender Indikator der subjektiv empfundenen Langzeitbelastung der Versuchsperson (Trapp, 2003).

Belastungsreaktionen in der Arbeitsmedizin zeigen sich mit zunehmender Stärke und Dauer zunächst als kurzfristiger, später als chronischer Abfall der vagalen Herzfrequenzvariabilität, sowie zunächst als kurzfristiger Anstieg dann als finaler Abfall der sympathischen Anteile der Herzfrequenzvariabilität. Eine zeitliche Dynamik ist also bei beiden Parametern gegeben und ihre Kenntnis von großer Bedeutung für die Interpretation der Ergebnisse, ein Grund der in der Literatur manchmal gefundenen, nicht befriedigenden Resultate.

## 8.2 Messinstrument, -apparatur

### 8.2.1 Der HeartMan - ein mobiles Aufnahmegerät zur Messung des vegetativen Tonus



Abb. 19: HeartMan - Hochauflösender EKG-Rekorder.

Mit diesem Gerät, dem HeartMan, kann die Herzfrequenzvariabilität gemessen werden. Der HeartMan ist spezialisiert auf die hochgenaue Aufzeichnung von Herzschlagintervallen (R-R Intervallen). Aus den Herzschlagintervallen berechnet das Gerät verschiedene Parameter der Herzschlagvariabilität. Dieses Messinstrument kann den kontinuierlichen Verlauf von insgesamt 20 physiologischen Parametern während der Arbeit und in Ruhe ermitteln (vgl. Punkt 8.1.2.1). Es ist geeignet zur mobilen Überwachung der funktionellen, autonomen Regulation des Kreislaufs und ermöglicht auch eine 25-Stunden-Kontrolle des Herzrhythmus (Holter Monitoring).

Begleitend zu den physiologischen Messungen kommen in der Regel psychologische Fragebögen und Tätigkeitsprotokolle zur Anwendung.