

Imaginationsprozesse und Vigilanz: physiologische Wirkung unterschiedlicher mentaler Prozesse auf das cardiorespiratorische System

Thomas Marti

Akademie für Waldorfpädagogik, Mannheim / Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG. Ausgehend von einem zentralen methodisch-didaktischen Anliegen der Waldorfpädagogik werden die Begriffe „Imagination“ und „Vigilanz“ anthropologisch gefasst und eingegrenzt und einer empirischen Studie zu ihrer Wirkung auf die Dynamik der Herzfrequenz bei Erwachsenen zu Grunde gelegt. Bei N = 38 erwachsenen Probanden zeigt sich, dass eine über 14 Minuten dauernde abstrakte Aufmerksamkeit (Vigilanz) zu einer deutlichen Verminderung der HRV führt, gemessen an Standardparametern aus dem Zeit- und Frequenzbereich. Umgekehrt bewirken Imaginationsprozesse, angeregt durch das Hören einer bildhaft erzählten Geschichte (Dauer ebenfalls 14 Min.), eine Vergrößerung der HRV; weiter haben sie eine ordnende Wirkung auf die Herzdynamik. Aus der Diskussion der Befunde ergibt sich die Vermutung, dass eine einseitige und wiederholte Daueraufmerksamkeit zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen im kardiovaskulären System führen und dass bildhaft-künstlerische Tätigkeiten den pathogenen Wirkungen von Stress entgegenwirken können. Kenntnisse aus entsprechenden Untersuchungen an Schulkindern stehen noch aus.

Schlüsselwörter: Imagination, Vigilanz, Herzfrequenzvariabilität HRV, cardiorespiratorische Koordination, Rhythmische Organisation, Waldorfpädagogik.

ABSTRACT. Using a central methodological-didactic concern of Waldorf education as the basis of the study, the terms “imagination” and “alertness” (vigilance) are presented anthropologically and an empirical study about their effects on the dynamic of adults’ heart-frequency is conducted. Using N = 38 adult subjects it is revealed that concentrating alertness on an abstraction lasting 14 minutes results in a significant reduction in HRV, measured using standard parameters of time and frequency. In contrast, the process of using the imagination, inspired through listening to a pictorial story-telling (also lasting 14 minutes) led to an increase in HRV and has an ordering effect on the heart-dynamic. In the concluding discussion of the results it is conjectured that a one-sided and repeated alertness in an abstract subject can have negative health effects on the cardiovascular system, whereas pictorial-artistic activities can work against the pathological effects of stress. A respective study on pupils is still pending.

Keywords: Imagination, Alertness, Heart Rate Variability HRV, Cardiorespiratory Coordination, Rhythmic Organization, Waldorf Education

1. Kontext

Imaginatives oder bildhaft-künstlerisches Lernen und Verstehen sind charakteristische Elemente des Unterrichts an Waldorfschulen (van Alphen, 2011). Dabei stehen weniger die erzeugten *Vorstellungen* durch eine bildliche Veranschaulichung von vermittelten Unterrichtsinhalten im Zentrum, viel mehr sind

es die schöpferischen Bewusstseinsprozesse, die sich durch die Phantasie ergeben und die eine nachhaltige Verinnerlichung und Verwirklichung hervorrufen sollen. Im Verständnis der Waldorfpädagogik stehen Imaginationsprozesse in einem gewissen Kontrast zur Bildung von Vorstellungen: diese knüpfen eher an Gedächtnisinhalte an, erzeugen eine innere Distanz und damit eine aufmerksame Wachheit (Vigilanz) und sind mehr reproduktiver, abbildhafter Natur. Imaginationen dagegen sind von produktiver und schöpferisch-hervorbringender Art.

Imagination und Vigilanz¹ sind zwei psychische Funktionen, die in der Anthropologie Steiners (Steiner, 1919) in Beziehung stehen zu den beiden zentralen Begriffen Sympathie und Antipathie. In der „*Theosophie*“ bezeichnet Steiner die Sympathie und Antipathie als „*seelische Grundkräfte*“ (Steiner, 1904, p. 85). In „*Von Seelenrätseln*“ spielen die Begriffe eine Rolle in Steiners Auseinandersetzung mit Brentanos intentionalen Beziehungen des Seelischen zur Welt (Steiner, 1917). „*Sympathie*“ ist demnach jene Seelentätigkeit, durch die wir uns intentional mit etwas *verbinden*; durch die „*Antipathie*“ dagegen *distanzieren* wir uns von etwas. Die beiden Begriffe bezeichnen bei Steiner also nicht wie üblicherweise eine wertend empfundene Haltung („Zuneigung“, „Abneigung“), sondern sie benennen die seelische Bewegung „auf etwas zu“ bzw. „von etwas weg“. In der Sympathie leben wir uns durch den „*Willen*“ aus, welcher im Verständnis Steiners Wirklichkeit schaffenden und damit auch zukunftsorientierten, „*keimhaften*“ Charakter hat; in der Antipathie dagegen leben wir in „*Vorstellungen*“, die vergangenheitsbezogener, „*reflektiver*“, „*reproduktiver*“ oder „*abbildhafter*“ Art sind (Steiner, 1919 p. 30ff). In der Auffassung Steiners ist bei beiden „*seelischen Grundkräften*“ eine qualitative Steigerung möglich: Eine Steigerung des Willens führt zunächst vom handelnden Sich-Einlassen zu einer produktiven Tätigkeit der *Phantasie*, die dann ihrerseits zu den „*gewöhnlichen Imaginationen*“ gesteigert wird. Polar dazu führt eine Steigerung der Antipathie zuerst von der Wahrnehmung zur *Vorstellung*, dann zum *Gedächtnis* und letztlich zum *abstrakten, allgemeinen Begriff*. Durch den Willen lassen wir also etwas *original* entstehen und sind damit *schöpferisch* tätig. In den Vorstellungen dagegen stellen wir uns antipathisch vor etwas Gegebenes hin, machen dieses zur abbildhaften „Vor-Stellung“ und lassen es dadurch „Gegen-Stand“ werden. Im realen Leben stehen Sympathie und Antipathie in einem „*fortwährenden Wechselspiel*“ miteinander und machen die Gegenwärtigkeit und Unmittelbarkeit des Gefühlslebens aus. Die antipathisch hervorgebrachten Vorstellungen sind gemäß Steiner Funktionen des Wachzustandes, die Imaginationen dagegen entspringen schlafähnlichen oder unbewussten Tätigkeiten. Bewusst werden diese erst, wenn sie wie die Traumbilder der Nacht erinnert und vorgestellt und als *Ergebnisse* des Traumschlafes festgestellt werden (Steiner 1919, ebd.). Obwohl der Vigilanzbegriff bei Steiner nicht explizit vorkommt, wird aus seinen Darstellungen doch deutlich, dass Vigilanz der antipathischen Seelentätigkeit immanent ist: Vigilanz lässt sich demnach als seelisch distanzierte Wachheit auffassen.

Das Begriffspaar Sympathie/Antipathie bzw. Wille/Vorstellung ist in der Waldorfpädagogik grundlegend für die methodisch-didaktische Gestaltung des Unterrichts. Der Unterricht sollte auf allen Klassenstufen sowohl Elemente der individuell-schöpferischen Phantasie als auch der generalisierten Gedächtnisbildung enthalten. Die bildhaft-künstlerischen und abstrakt-theoretischen Formen der Unterrichtsgestaltung schließen sich dabei nicht prinzipiell aus, dennoch wird ein bildhaft-künstlerischen Aspekt namentlich auf den unteren und mittleren Klassenstufen aus salutogenetischen Gründen bevorzugt (Marti, 2006).

Bisher gibt es außer langjährigen und verbreitet positiven Praxiserfahrungen unseres Wissens keine empirischen Nachweise zur *salutogenetischen Wirksamkeit* eines bildhaft-künstlerischen Unterrichts. Die in der Literatur auffindbaren Ergebnisse aus physiologischen Untersuchungen an Erwachsenen sind widersprüchlich. Während vielfach von sowohl subjektiven wie auch physiologischen Stresssymptomen z.B. durch Kopfrechen (Golenhofen & Hildebrandt, 1957), bei der Arbeit vor dem Bildschirm (Wenig, 2010) oder durch „Denksportaufgaben“ (Curic et al., 2008) berichtet wird, zeigt sich in Untersuchungen zu Imaginationsvorgängen ebenfalls eine verstärkte sympatiktone Aktivierung von kardio-vaskulären Parametern, etwa durch eine Erhöhung von Blutdruck und Pulsfrequenz (Unterweger, 1998; Stigler, 1993, 1994). Aus der psychologischen Charakteristik von Imagination und Vigilanz wäre jedoch zu erwarten, dass sich imaginative Vorgänge physiologisch *trophotrop* (= erholungsorientiert), vigilante dagegen *ergotrop* (= leistungsorientiert) auswirken.

1. Eine Begriffsbestimmung erfolgt im folgenden Kapitel

Mit der vorliegenden Studie soll die Frage nach der Wirkung von Imaginationenprozessen auf die rhythmischen Vorgänge des Herzens erneut aufgegriffen und vor dem Hintergrund der Anthropologie der Waldorfpädagogik untersucht werden. Da in der Waldorfpädagogik methodisch ausdrücklich mit Imaginationenprozessen („bildhaft-künstlerischer Unterricht“) gearbeitet wird, soll der vorliegenden Untersuchung auch deren begriffliches Verständnis von Imagination zugrunde gelegt werden.

2. Begriffe

2.1 Imagination und Vorstellung

Imagination ist ein Prozess, der innere Bilder hervorbringen und erleben lässt (siehe dazu auch Halfen & Neider, 2002). Die inneren Bilder sind Traumbildern ähnlich und werden durch die produktive Tätigkeit der Phantasie hervorgebracht. In der abendländischen Philosophiegeschichte spielt die Imagination, vielfach gleichbedeutend mit Einbildungskraft, Phantasie oder Vorstellungsbildung, eine zentrale Rolle bei der Ergründung von Erkenntnisvorgängen (siehe dazu Wettig, 2009). Kant hatte dafür den Begriff „*produktive Einbildungskraft*“, mit dem er das Hervorgehen der Bilder aus der eigenen subjektiven Innerlichkeit bezeichnete (ref. nach Eisler, 1930). Ihre Entstehung unterliegt gewöhnlich nur beschränkt der bewussten Kontrolle. Die imaginativen Bilder sind häufig visuell geprägt, können aber je nachdem Komponenten aus allen Sinnesmodalitäten enthalten und sind inhaltsbezogen mehr oder weniger von intensiven Gefühlen begleitet.

Im Verständnis Steiners ist die „*gewöhnliche Imagination*“ eine Steigerung aus der Phantasie und damit willensverwandt. Sie liefert die „*sinnlichen Anschauungen*“, die durch den Bedeutungsgehalt über die rein sinnlichen Wahrnehmungen hinausgehen (Steiner, 1919, p. 37). Die „*gewöhnliche Imagination*“ kann nach Steiner durch Schulung zu einer *höheren* Erkenntnisform werden, wobei deren Inhalte dann über die sinnliche Wahrnehmung hinausgehen (Steiner, 1909). Beispiele für Imaginationen sind etwa die biblischen Gleichnisse oder die Bilder der Märchen und deren nicht mehr sinnlicher, wohl aber sinnreicher, symbolischer oder gleichnishafter Gehalt. Auch die Art und Weise, wie Goethe beispielsweise Botanik betrieben hat, mag als ein Beispiel dastehen für die innige Verflechtung von produktiver Einbildungskraft und wissenschaftlichen Erkenntnisvorgängen (Harlan, in Halfen & Neider, 2002). Dabei ist es nicht entscheidend, dass die Ergebnisse eines Imaginationenprozesses auch vorgestellt, dargestellt, reflektiert und analysiert werden können. Wesentlich ist allein, dass der symbolische bzw. geistige Gehalt imaginativer Bilder unmittelbar, d.h. ohne Zwischenschaltung einer analytischen Begriffsbestimmung, zugänglich und erlebbar ist.

Für die hier vorliegende Studie ist die Unterscheidung der Imagination von der *Vorstellung* wichtig. Unter einer Vorstellung verstehen wir einen Bewusstseinsinhalt, der einer Nachbildung („Imitation“) ehemals realer Wahrnehmungen entspringt. Vorstellungen haben den Charakter einer vergangenheitsbezogenen *Abbildung* und sind so gesehen *Reproduktionen*; Imaginationen dagegen sind *eigenschöpferische Neubildungen* und in diesem Sinne immer *Originale*. Kant unterscheidet die Vorstellung als „*reproduktive Einbildungskraft*“ von der „*produktiven Einbildungskraft*“ (Eisner, 1930). Dies schließt allerdings nicht aus, dass das Material für die produktive Einbildungskraft aus der (noch bedeutungsfreien) sinnlichen Wahrnehmungs- und Vorstellungswelt stammt, aber jetzt mit Sinngehalt befrachtet wird. Vorstellungen sind bewusstseinsinterne Gebilde, die über das Gedächtnis zu Einsichten und induktiv (durch Verallgemeinerung) zu *abstrakten* begrifflichen Erkenntnissen führen. Steiner macht verschiedentlich darauf aufmerksam, dass Imaginationen *bewegliche, prozessuale „unruhige“ Zeitbildungen* sind und in diesem Sinne auch „lebendig“ (siehe dazu Sam, in Neider & Halfen, 2002). Demgegenüber kann man die Vorstellungen auch als abgeschlossene, „abgestorbene“ oder statische Gebilde verstehen. In der Ausdrucksweise von Paul Klee repräsentieren Vorstellungen ein „*Form-Ende*“, Imaginationen dagegen sind „*formende Kräfte*“ (zit. nach Harlan, 2002, p. 94).

Im Sinne Steiners geht die Vorstellung also aus der Antipathie, d.h. aus einem inneren Distanzierungsvorgang, hervor (Steiner, 1919). Im Unterschied zur Vorstellung und der Steigerung zum *abstrakten Allgemeinbegriff* führt die Imagination schöpferisch zu einem *konkreten inneren Bild*, dessen Gehalt *real erlebbar* wird (ebd.). So betrachtet sind Vorstellungen Bilder von etwas Anderem, Imaginationen dagegen sind Bilder mit einem realen Eigensein und damit immer auch individuell (siehe Sam, in Neider & Halfen, 2002).

Für das vorliegende Thema verstehen wir unter Imagination also einen *aktiv-produktiven* Prozess des inneren Hervorbringens von Bildern, die durch Vorstellungen angeregt, aber dann durch eine eigenschöpferische Bedeutungszumessung unmittelbar erlebt, empfunden und erfahren werden. Die Anregung zu solchen Imaginationenprozessen kann z.B. durch eine Geschichte erfolgen, in der Ereignisse, Handlungen, Situationen usw. in einem zeitlichen Verlauf erzählt, geschildert und beschrieben werden. Der Leser oder Zuhörer einer solchen Geschichte hat dann die Möglichkeit, ohne reflektierende Interpretation und quasi selbstvergessen in das Erzählte und Geschilderte einzutauchen und die Spannungen und Entspannungen unmittelbar so mitzerleben, als ob er selber dabei wäre.

2.2. Vigilanz

Vigilanz ist ein Teilaspekt von Aufmerksamkeit. In der Psychologie und Neurophysiologie versteht man unter Vigilanz die spezifische Funktion einer länger dauernder Aufmerksamkeit oder Wachheit (lat. *vigilantia* „Wachheit“, „Schlauheit“). „*Vigilanz beschreibt einen Zustand der erhöhten Bereitschaft, Signale aus der Umwelt aufzunehmen und auf sie zu reagieren. Dies geht mit einer erhöhten Aufmerksamkeit für die relevanten Signale einher. Die aufrecht Erhaltung der Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum ist ein typisches Merkmal der Vigilanz*“ (Unterweger, 1998, p. 44). Der Gegenpol der Vigilanz ist die Somnolenz (Schläfrigkeit) bzw. das Koma (nicht weckbarer Schlafzustand).

In der neueren Literatur werden verschiedene Aufmerksamkeitsfunktionen unterschieden (Hartje & Poeck, 2006, p.372):

- „*Alertness*“ (Aufmerksamkeitsaktivierung);
- „*Sustained Attention*“ (längerfristige Aufmerksamkeit, Vigilanz);
- „*Selective Attention*“ (selektive oder fokussierte Aufmerksamkeit);
- „*Divided Attention*“ (geteilte Aufmerksamkeit).

Die Vigilanz ist gekennzeichnet durch eine Aufmerksamkeit für Reize, die inmitten einer großen Menge irrelevanter Stimuli, aber unregelmäßig und selten auftreten, die aber sicher identifiziert werden müssen. Das ist z.B. bei einer Nachtfahrt auf einer kaum befahrenen Autobahn der Fall, oder bei Qualitätsprüfungen am Fließband, wo die vereinzelte Mangelware mit großer Sicherheit aussortiert werden muss (Hartje & Poeck, 2006, p.372). Die Vigilanz ist eine Aufmerksamkeit ohne real gegenwärtigen Erlebnisinhalt, d.h. eine Aufmerksamkeit, die auf eine *Eventualität* gerichtet ist. Diese Eventualität ist aber nur in der Vorstellung bzw. im Gedächtnis vorhanden und muss hier dauerpräsent sein, um gegebenenfalls unverzüglich und adäquat reagieren zu können. Vigilanzleistungen werden in der Regel als eintönig, langweilig, uninteressant und ermüdend erlebt. Die Reaktion auf nicht relevante Ereignisse müssen fortwährend unterdrückt werden, um allenfalls für die relevanten wach genug zu sein. Dies ist z.B. beim Korrigieren eines Textes nach Druckfehlern der Fall, wo ein Sich-Einlassen auf den Inhalt dazu führt, dass man für die Druckfehler „erblindet“. Wesentlich für unser Thema ist, dass die Vigilanz eine Aufmerksamkeitsform darstellt, die in erster Linie von außen gefordert wird, eine intrinsisch motivierte Beteiligung entweder nicht erforderlich ist oder sogar unterdrückt werden muss. Dem vorgestellten Gegenstand der Aufmerksamkeit muss höchste Wachheit bei gleichzeitig größtmöglicher innerer Distanz entgegengebracht werden.

Aus der Literatur ist uns kein Kriterium bekannt, ab welcher *Zeitdauer* von „*längerfristiger*“ Aufmerksamkeit gesprochen werden kann. Bekannt ist nur, dass die Vigilanzleistung mit zunehmender Dauer abnimmt bzw. die Fehlleistungen zunehmen („Ermüdung“), ebenso dass die Vigilanz auch abhängig ist von der tageszeitlich bedingten physischen und psychischen Verfassung (z.B. Reaktionszeit bei Nachtschicht), der Habituation sowie von diversen Persönlichkeitsmerkmalen (Hartje & Poeck, 2006).

Eine Erhöhung der Vigilanzleistung bedeutet einen Stressfaktor und geht mit einer Mobilisierung des Energiestoffwechsels sowie mit endokrinen Veränderungen, insbesondere einer Erhöhung des Cortisol- und Adrenalinpiegels, einher. Cortisol unterdrückt z.B. die Immunabwehr. Darüber hinaus aktiviert Stress das sympathische Nervensystem und führt zu einer Erhöhung der Herzfrequenz (Curic et al., 2008;

Kirschbaum, 2001; Reinhardt, 2007).

Für die klinische Testung der Vigilanz werden zunehmend computergestützte Verfahren eingesetzt, da diese die Reaktionszeiten sowie den Verlauf der Fehlerhäufigkeit genauer ermitteln lassen. Nach wie vor werden aber auch z.B. Bleistift- und Papiertests verwendet (Hartje & Poeck, 2006). Da jedes relevante Ereignis eine Aufmerksamkeitsaktivierung bewirkt, ist für ein Testverfahren eine wesentliche Voraussetzung, dass dieses monoton und uninteressant ist und die relevanten Reize nur unregelmäßig auftreten.

3. Aufgabenstellung, Hypothesen

Unseres Wissens fehlt bisher eine vergleichende Diskussion der Imagination und Vigilanz aus pädagogischer Sicht. Aus dem hier umrissenen Begriffsverständnis ergibt sich aber die Vermutung, dass insbesondere ein einseitig abstrakt-theoretischer Unterricht ohne reale Erlebnismöglichkeiten eine erhöhte Vigilanzleistung erfordert und dass deshalb das so genannte „Aufpassenmüssen“ im Unterricht eine verstärkte und v.a. einseitige Ermüdung bewirken könnte. Insbesondere vermuten wir, dass sich die beiden mentalen Prozesse unterschiedlich auf die kardiorespiratorische Koordination des Rhythmischen Systems auswirken und damit auch von gesundheitlicher Relevanz sind. Diese Vermutung wird gestützt durch die Beobachtung, dass bspw. Kopfrechnen bei Erwachsenen mit metabolischen Prozessen einhergeht (Golenhofen & Hildebrandt, 1957), die sonst nur von körperlicher Schwerarbeit oder sportlichen Spitzenleistungen bekannt sind.

In der vorliegenden Studie sollen Imaginationsprozesse und Vigilanz in ihrer physiologischen Wirkung auf die rhythmische Herzaktivität von Erwachsenen untersucht werden. Wir gehen dabei davon aus, dass die Imagination simultan eine trophotrope (= erholungsorientierte), die Vigilanz dagegen eine ergotrope (= leistungsorientierte) Auslenkung der vegetativen Balance bewirkt. Die physiologischen Effekte sollen dabei in Vergleich gebracht werden mit den subjektiven Einschätzungen der Probanden während der Interventionen. Eine Fortsetzung der Untersuchung an Schulkindern ist für später vorgesehen.

4. Design

Die Studie ist als prospektive Querschnittstudie konzipiert.

5. Methode

Mittels ambulanten EKG-Recordern (MK3-ETA der Firma Tom-Medical, Graz) wurden in Gruppen von jeweils max. 6 Probanden während der nachstehend beschriebenen Intervention EKG-Messungen mit 3-adriger Ableitung vorgenommen. Die Messungen wurden während des normalen Studienbetriebs in Frei- oder Randstunden und immer im gleichen Raum durchgeführt. Die eigentlichen Interventionen bestanden aus zwei gleich langen Phasen mit vorgängiger und abschließender Ruhe (siehe Ablaufschema unten):

1. Einschalten der Geräte, dann Ruhe sitzend, ohne weitere Beschäftigung; 10 Minuten
2. Vigilanztest (Bleistift- und Papiertest), am Tisch sitzend; alle 2 Minuten Zeitdurchsage; 14 Minuten
3. Geschichte ab Tonband; die Probanden werden aufgefordert, sich aufrecht zu setzen, die Augen zu schließen und der Geschichte zuzuhören; 14 Minuten
4. Ruhe, sitzend; Ausfüllen des Fragebogens; am Ende die Geräte abnehmen; 10 Minuten

Der EKG-Messung ging eine mündliche Instruktion über den Ablauf der Messung und die Handhabung der Geräte voraus, darauf wurden die EKG-Recorder bereitgestellt und die Elektroden angelegt.

Nach Abschluss jeder Phase wurde am Gerät ein Eventmarker gesetzt, um den Zeitpunkt auf dem EKG möglichst genau identifizieren zu können.

Der gesamte Ablauf einschließlich der vorgängigen Instruktion und des Anbringens der Elektroden nahm rund eine Stunde in Anspruch. Jeder Proband konnte nur einmal an der Studie teilnehmen.

Ablaufschema:

Zeit	10'	10'	14'	14'	10'
Intervention	Instruktion	Ruhe vor	Vigilanz	Imagination	Ruhe nach
Messung	keine	EKG	EKG	EKG	EKG
EKG-Recorder	Vorbereitung E↗	M↗	M↗	M↗	A↗

E↗ = Einschalten der Geräte; M↗ = Eventmarker setzen; A↗ = Ausschalten der Geräte

Die Geschichte zur Anregung des Imaginationsprozesses (*„Das Rothkehlchen“* aus den Christuslegenden von Selma Lagerlöf) wurde ab Band vorgespielt.

Als Vigilanztest wurde ein Bleistift und Papiertest: Auf 4 DIN A4-Seiten eingesetzt. Zeile für Zeile sind hier insgesamt 5'488 Grossbuchstaben in zufälliger Reihenfolge gegeben. Darunter sind 55 deutsche Wörter mit genau 5 Buchstaben „versteckt“. Diese gilt es zügig zu finden und zu unterstreichen. Die Dichte der „Funde“ nimmt gegen Schluss ab. Alle 4 Seiten brauchen ca. 30 Minuten zum genauen Durchlesen, den Probanden standen aber nur 12 Minuten zur Verfügung. Alle 2 Minuten wurde die noch verbleibende Zeit bekannt gegeben.

Beispiel: Z T S O N N E M K P W R Z K O L L A R D E T B U C H B S Q U E L L E R B B R S E P
G A B E L B Z H I O P L B G T D E T G B I O L M O K B T E A P F E L N E A O P P U P H O T O
Z U I K D N E usw.

Während der abschließenden Ruhephase (letzte 5 Minuten) musste von den Probanden ein kurzer Fragebogen zum aktuellen Gesundheitszustand, zum subjektiven Befinden während der Intervention und zu einer Einschätzung des erlebten Schwierigkeitsgrades der Aufgaben ausgefüllt werden. Nach Ablauf der abschließenden Ruhephase wurden die Geräte ausgeschaltet und abgenommen.

6. Probanden

Die Messungen wurden an N = 40 Erwachsenen bzw. 26 Frauen und 14 Männern durchgeführt. Ihr durchschnittliches Alter betrug 28,9 Jahre (19,6 – 52,0). Einschlusskriterien waren eine normale Gesundheit (Selbstdeklaration); Ausschlusskriterien waren akute oder chronische Beschwerden wie Fieber oder Erkältungen, erhebliche Schlafprobleme, diagnostizierte psychiatrische Beschwerden, erhöhte psychosoziale Belastungen sowie Erkrankungen der Herz-/Kreislauf- und Atemorgane und die Einnahme von Medikamenten gegen diese Beschwerden.

Eine Teilnahme an der Studie erfolgte auf freiwilliger Basis. Die Teilnehmer wurden zudem mündlich und schriftlich über den Sinn und Zweck der Studie, über ihre Rechte und Pflichten sowie über mögliche Risiken und Gefahren, die mit einer Teilnahme verbunden sind, informiert.

7. Auswertung der Daten

Alle aufgezeichneten EKG-Messdaten wurden über die Software SIMPLEVIEWSCIENTIFIC (Version 2.2. Release 14) der Firma TOM-MEDICAL (Graz) als MatLab-Datei exportiert und mit KUBIOSHRV Vers.2.0 der UNIVERSITÄT KUOPIO, BIOSIGNAL ANALYSIS AND MEDICAL IMAGING GROUP, Finnland, artefaktbereinigt. Die von KUBIOSHRV als txt-File ausgegebenen Daten wurden mit EXCEL statistisch bearbeitet. Für die Parameter aus dem Frequenzbereich wurde das Modell der schnellen Fourier-Transformation (FFT) gewählt. Da KUBIOSHRV die Funktion zur Berechnung der Atemfrequenz aus der Pulsrate nicht unterstützt, wurden die entsprechenden Werte aus SIMPLEVIEWSCIENTIFIC manuell artefaktbereinigt und zum Puls/Atem-Quotienten $Q_{P/A}$ umgerechnet.

Folgende Parameter wurden für die Auswertung berücksichtigt:

Zeitbereich	HR (1/min)	Herzrate (Herzpuls): Anzahl Herzschläge pro Minute
	RR (ms)	Zeitabstand zwischen zwei R-Zacken im EKG (= Länge eines Pulsschlages)
	AF (1/m)	Atemfrequenz: Anzahl ganzer Atemzyklen (Einatmen und Ausatmen) pro Minute, errechnet aus der respiratorischen Abhängigkeit der Momentanpulsfrequenzen (edr = ecg-derived respiration)
	$Q_{P/A}$	Puls/Atem-Quotient. Verhältnis der Anzahl Pulsschläge pro Atemzug. Ein erhöhter $Q_{P/A}$ deutet auf Ergotropie hin, ein erniedrigter Wert auf Trophotropie.
	SDNN (ms)	<i>Standard Deviation Normal to Normal</i> (= <i>RR-Intervalle</i>): Die Standardabweichung über je 5 Minuten artefaktbereinigte RR-Intervalle ist ein Maß für die Gesamtvariabilität über alle Frequenzen im Messbereich. Für einen Vergleich setzt dieser Parameter gleiche Messzeiten voraus.
	RMSSD (ms)	Quadratwurzel des quadratischen Mittelwertes der Summe aller Differenzen aufeinander folgender RR-Intervalle; Unterschiedlichkeit aufeinander folgender RR-Intervalle, sagt etwas über den Einfluss des Parasympathikus und damit über den Entspannungsgrad und die Erholungsfähigkeit des Organismus aus. Je höher dieser Wert, desto entspannter ist der Mensch.
	pNN50 %	Prozentsatz der Intervalle mit mindestens 50 ms Abweichung vom vorausgehenden Intervall. Der Parameter steht für hochfrequente Veränderung der Pulsfolgen und korreliert mit HF. Höhere Werte weisen auf vermehrte parasympathische Aktivität hin, niedrigere Werte auf eine gewisse „Starre“ der Herzaktivität.
	ApEn	<i>Approximate Entropy</i> : nicht-lineares Maß für die Unordnung, mit dem die RR-Intervalle über die Zeit verteilt sind. Bei Gleichmaß ist die Entropie klein, bei zufälliger Verteilung groß.
	SampEn	<i>Sample Entropy</i> : nicht-lineares Maß für die Passung eines Intervalls zum folgenden. Mit SampEn lässt sich etwas über die Dynamik der RR-Reihen aussagen:
Frequenzbereich	VLF (Hz)	<i>Very Low Frequency</i> : Frequenzbereich von mehr als 25 Sekunden (< 0,04 Hz); die physiologische Interpretation dieses Frequenzbandes ist nicht eindeutig, wird aber etwa den langwelligen Einflüssen des sympathischen Nervensystems und der Thermoregulation bzw. peripheren Durchblutungsrhythmik zugeordnet. Sie wird unter Stress oder im REM- und Non-REM-Schlaf beobachtet.
	LF (Hz)	<i>Low Frequency</i> : Frequenzbereich von 7 – 25 Sekunden (0.04 – 0.15 Hz). Die Leistung in diesem Band wird sowohl vom Parasympathikus (trophotrop) als auch vom Sympathikus (ergotrop) beeinflusst. Der LF-Bereich der Herzfrequenzvariabilität korrespondiert mit der Blutdruckrhythmik mit einer Frequenz von ca. 0.1 Hz.
	HF (Hz)	<i>High Frequency</i> : Der HF-Bereich umfasst Schwankungen mit Periodendauern von 2.5 – 7 Sekunden (0.15 – 0.4 Hz). Die Leistung im HF-Band widerspiegelt die Aktivität des Parasympathikus und spiegelt hauptsächlich Herzfrequenzvariationen wieder, die auf Modulation über die Atmung (respiratorische Sinusarrhythmie) zurückzuführen sind.
	VLF-Power (ms ²)	Leistung im LF-Bereich
	LF-Power (ms ²)	Leistung im LF-Bereich
	HF-Power (ms ²)	Leistung im HF-Bereich
	Total Power (ms ²)	Leistung im gesamten Frequenzbereich von 0.033 – 0.4 Hz
	Relative Power (%)	Prozentuale Verteilung der einzelnen Frequenzbänder in der Gesamtleistung
	lnLF/HF ratio	Natürlicher Logarithmus des Quotienten von LF und HF: spiegelt das momentane vegetative Aktivierungsniveau des Organismus wieder und ist ein Maß für die vegetative oder sympathovagale Balance. Höhere Werte deuten auf eine aktive, leistungsorientierte Einstellung des Organismus, tiefe Werte auf eine trophotrop ausgerichtete.

Für die statistische Analyse wurde ein zweiseitiger Zweistichproben t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen angewandt und die Signifikanz auf dem 95%-Niveau geprüft. Eingesetzt wurden die statistischen Funktionen des MS EXCEL-Programms für MAC (2004). Für die Berechnung der Signifikanz wurden jeweils die Mittelwerte der folgenden Paare verglichen: (1) vorgängige Ruhe-Vigilanztest (Rv-V); (2) Vigilanztest-Imaginationsprozess (V-I); (3) Imaginationsprozess-nachträgliche Ruhe (I-Rn); (4) vorgängige Ruhe-nachträgliche Ruhe (Rv-Rn). Für die Signifikanz der Relativen Power wurde der Chi²-Test angewendet.

Von den 40 aufgezeichneten EKGs konnten wegen Fehlmessungen nur 38 Datensätze berücksichtigt werden.

8. Ergebnisse

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse aus den EKG-Messungen über die vier Phasen ist in der folgenden Tabelle 1 wiedergegeben:

	Bedingung				p-Werte aus t-Test			
	<i>Ruhe vor</i>	<i>Vigilanz</i>	<i>Imagination</i>	<i>Ruhe nach</i>	<i>Rv-V</i>	<i>V-I</i>	<i>I-Rn</i>	<i>Rv-Rn</i>
Zeitbereich								
RR	763±101	749±94	804±97	797±99	0,04	0,000	0,2	0,000
HR	80,6±10	82,1±9,5	76,3±9,1	77,5±8,8	0,01	0,000	0,2	0,000
AF	15,8±2,7	17,2±2,5	16,9±2,6	16,6±2,4	0,01	0,5	0,2	0,02
QPA	5,2±1,0	4,7±0,6	4,5±0,6	4,7±0,6	0,02	0,087	0,04	0,01
SDNN	50,6±22,5	46,8±17,4	55,7±19,2	78,5±30,2	*	0,000	*	0,000
RMSSD	24,9±21,1	23,5±12,1	25,9±11,1	26,3±10,8	0,04	0,000	0,6	0,2
pNN50	6,2±3,2	5,8±3,7	7,1±3,9	7,1±4,1	0,3	0,01	0,7	0,22
ApEn	1,2±0,2	1,2±0,2	1,2±0,2	1±0,2	0,02	0,02	0,000	0,000
SampEn	1,2±0,3	1,3±0,3	1,2±0,2	1±0,3	0,2	0,02	0,000	0,000
Frequenzbereich								
VLF-Power	1192±503	1140±490	2236±759	3599±645	0,8	0,000	0,000	0,000
LF-Power	587±379	557±402	628±268	849±468	0,5	0,1	0,000	0,000
HF-Power	288±130	226±95	247±130	254±115	0,03	0,1	0,5	0,3
lnLF/HF ratio	0,96±0,4	1,1±0,4	1,13±0,5	1,39±0,5	0,3	0,8	0,01	0,000
Total Power	2107±1431	1967±1414	3138±1802	4732±1308	0,5	0,000	0,000	0,000
					p-Werte aus Chi²-Test			
Rel Power VLF %	53,6	54,9	64,9	69,6	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹	0,000 ¹
Rel Power LF %	29,9	30,2	23,7	21,9	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ²
Rel Power HF %	16,5	14,9	11,4	8,5	0,000 ³	0,000 ³	0,000 ³	0,000 ³
			* siehe Erläuterung im Text	¹ VLF-LF; ² LF-HF; ³ VLF-HF				

Tabelle 1: Mittelwerte der Messergebnisse während der vier Bedingungen mit der jeweiligen Standardabweichung sowie die p-Werte aus dem t-Test bzw. dem Chi²-Test (n = 38 Probanden)

8.1 Parameter im Zeitbereich

Abbildung 1 zeigt ein repräsentatives Beispiel für den Verlauf der RR-Intervalle über alle vier Messphasen. Während der vorgängigen Ruhe ist ein Trend zur Verlangsamung der Herzraten festzustellen. Während des Vigilanztests findet abrupt eine deutliche Erhöhung der Pulsfrequenz statt, um darauf bei Einsetzen der Geschichte (Imagination) wieder eine sehr deutliche Verlangsamung zu zeigen. Diese setzt sich während der abschließenden Ruhe bruchlos fort. Im Vergleich aller Messphasen zeigt die Herzfrequenzvariabilität während des Vigilanztests die geringste Ausprägung. Während der Geschichte ist das Frequenzband am breitesten und zeigt auch einen rhythmischen Wechsel von erhöhten und erniedrigten Werten.

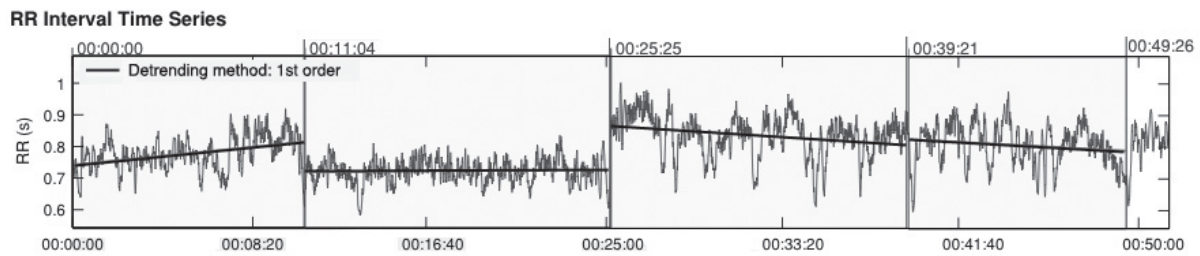
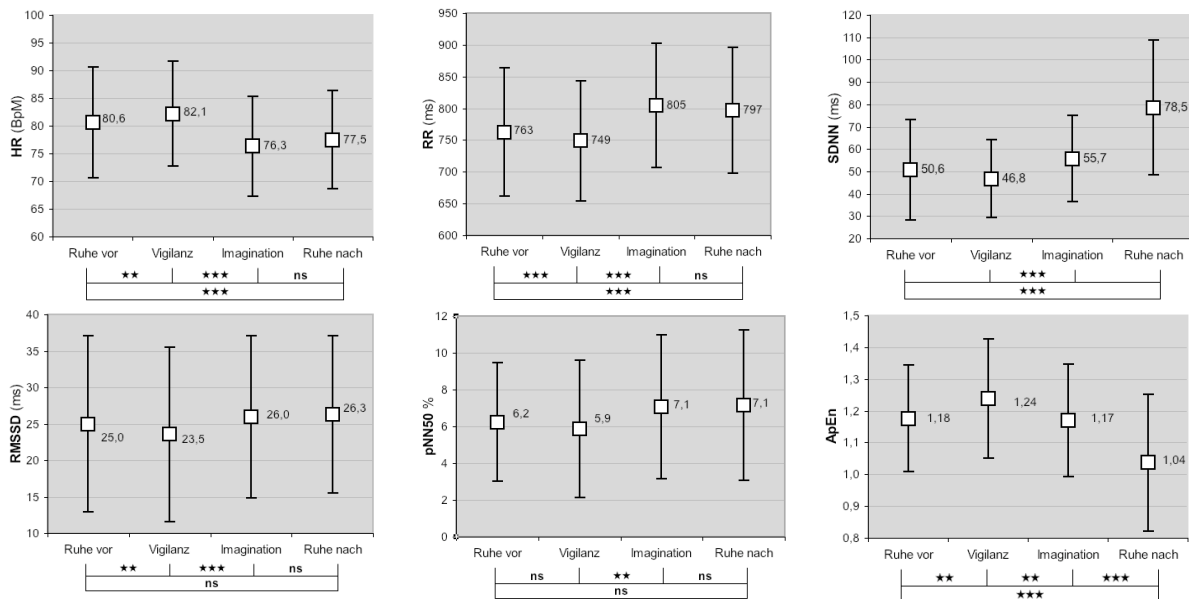


Abbildung 1: Originaltachogramm mit den aufgezeichneten RR-Intervallen und den linearen Trendlinien über die vier Phasen „Ruhe vor“, „Vigilanztest“, „Imaginationsprozess“ und „Ruhe nach“. Höhere Werte stellen langsamere, tiefere Werte schnellere Pulsschläge dar.

Abbildung 2 gibt die Mittelwerte aller Parameter im Zeitbereich sowie die Signifikanzen der Paarvergleiche Rv-V, V-I, I-Rn und Rv-Rn wieder. Die Unterschiede insbesondere zwischen den meisten Werten aus dem Vigilanztest und dem Imaginationsprozess sind signifikant, unter QP/A allerdings nur schwach auf dem 90%-Niveau. Bei der Atemfrequenz zeigen sich keine Unterschiede. Bei den Streuungsmassen SDNN, RMSSD und pNN50 sind die Werte unter der Vigilanzbedingung am niedrigsten, bei den Entropieparameter ApEn und SampEn am höchsten. Bei der Atmung ist beim Vigilanztest eine signifikante Verlangsamung festzustellen, die sich aber in den anschließenden Phasen nur tendenziell, aber nicht signifikant verändert. Unter QP/A liegen die Werte mit 4.5 beim Imaginationsprozess am tiefsten, bei der vorgängigen Ruhe mit dem Wert 5.2 dagegen am höchsten. Da ein Vergleich von SDNN identische Messzeiten voraussetzt, können hier für die Signifikanz der Paarvergleiche nur V-I (je 14 Minuten) und Rv-Rn (je 10 Minuten) berücksichtigt werden.



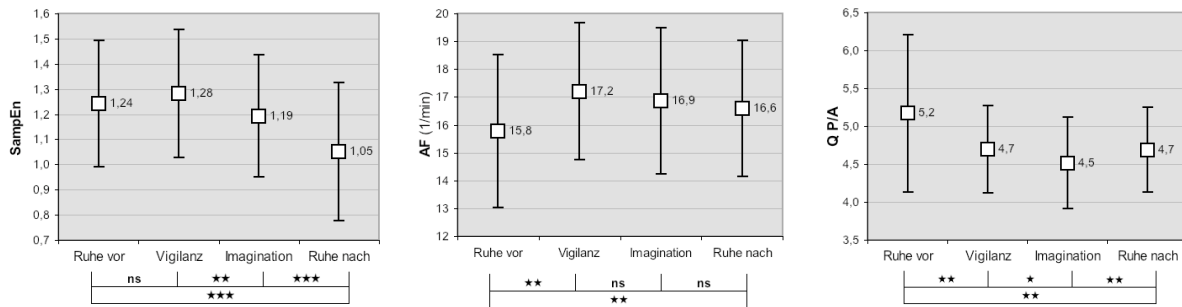


Abbildung 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messparameter aus dem Zeitbereich sowie die p-Werte aus den jeweiligen Paarvergleichen. ★ p < 0.1; ★★ p < 0.01; ★★★ p < 0.001; ns = nicht signifikant. N = 38 Probanden. Kommentare und weitere Abkürzungen siehe Text.

8.2 Parameter im Frequenzbereich

Abbildung 3 stellt die Ergebnisse aus dem Frequenzbereich grafisch zusammen. Die markantesten Veränderungen über den gesamten Messverlauf zeigen die Werte aus dem VLF-Frequenzband und der Total Power. Zwischen Vigilanztest und der Geschichte zeigen sich im Frequenzband VLF und LF sowie bei der Total Power und der Relativen Power signifikante Unterschiede, nicht jedoch bei HF und dem Quotienten lnLF/HF. Das Gleiche zeigt sich auch beim Vergleich der Werte der voraus gehenden und abschließenden Ruhe. Bei VLF, LF, lnLF/HF und der Total Power weist die abschließende Ruhe auch signifikante Höchstwerte auf. Im HF-Band zeigt sich ein signifikanter Unterschied nur zwischen der anfänglichen Ruhe und dem anschließenden Vigilanztest.

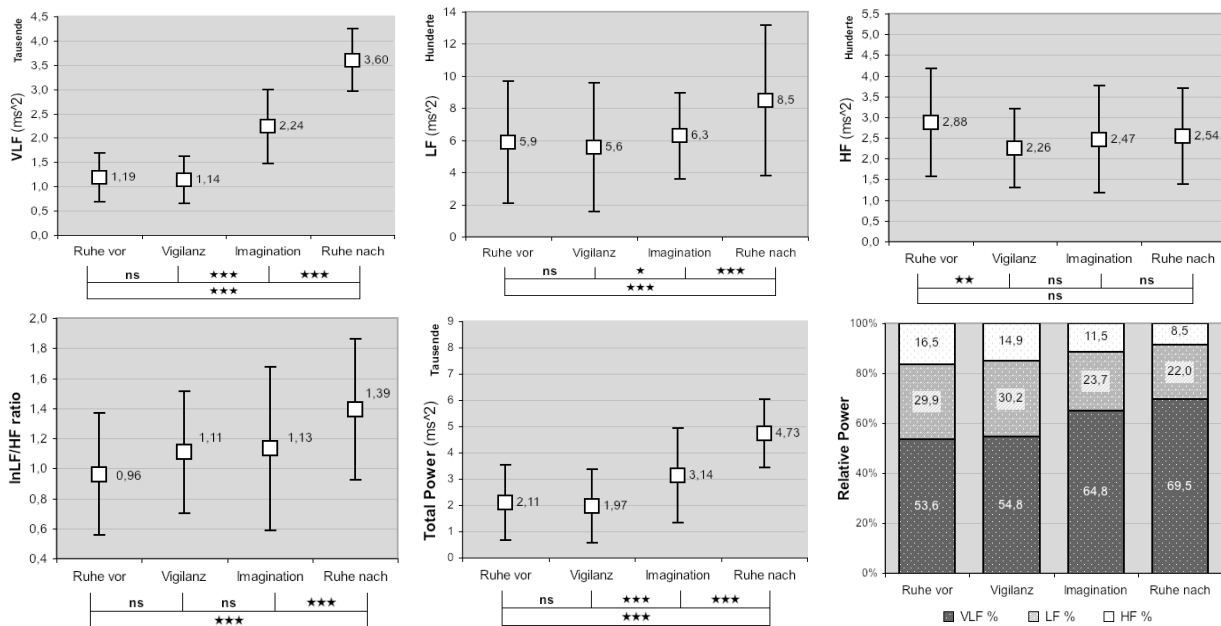


Abbildung 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messparameter aus dem Frequenzbereich sowie die p-Werte aus den jeweiligen Paarvergleichen. ★ p < 0.1; ★★ p < 0.01; ★★★ p < 0.001; ns = nicht signifikant. N = 38 Probanden. Weitere Kommentare und Abkürzungen siehe Text.

8.3. Subjektive Einschätzung der Gesundheit und der Aufgabenschwierigkeit

Auf dem Fragebogen geben 33 von 40 Probanden an, sich gesund zu fühlen. Als Beeinträchtigungen werden notiert: leichte Erkältung (4), leichte Kopfschmerzen, Ermüdung, leichte Zahnschmerzen. 13 von 40 Probanden sind Raucher, zwei von ihnen haben in den 15 Minuten vor der EKG-Messung noch geraucht. 9 von 40 Teilnehmende haben unmittelbar vorher noch Kaffee getrunken. Zwei Probanden berichteten über private Sorgen, die sie momentan stark in Anspruch nahmen. Zur Schwierigkeit der Aufgaben im Vigilanztest und der erzählten Geschichte wurden folgende subjektiven Einschätzungen abgegeben:

Vigilanztest	ja	nein	weiß nicht
Ich konnte die Wörter leicht finden	51,5	33,3	15,2
Ich fand die Wörter erst nach mehrmaligem Suchen	21,1	71,1	7,9
	nein	mäßig	sehr
Ich fühlte mich durch den Test angestrengt	20,0	65,0	15
Gehörte Geschichte	ja	nein	weiß nicht
Ich konnte gut und konzentriert folgen	76,9	15,4	7,7
Ich driftete manchmal ab	46,2	51,3	2,6
fühlte mich gestört	13,9	86,1	0

Tabelle 2: Subjektive Einschätzung der Schwierigkeit des Vigilanztests und zum Folgenkönnen der erzählten Geschichte. Angabe in Prozenten; N = 40 Probanden

Die Probanden geben mehrheitlich an, dass sie die richtigen Wörter im Vigilanztest erst nach mehrmaligem Hin- und Hersuchen finden konnten (71,1%); nur 20 % fühlten sich durch den Test nicht angestrengt, deutlich mehr als die Hälfte (65%) fühlten sich mäßig angestrengt, 15% sogar sehr.

Beim Zuhören der Geschichte gaben rund drei Viertel (76,9%) an, dass sie der Erzählung gut und konzentriert folgen konnten, ein großer Teil (46,2%) berichtet jedoch, ab und zu abgedriftet zu sein. Insgesamt sind es 20 von 38 Probanden (51,3%), die angeben, der Geschichte sowohl gut und konzentriert als auch ohne Ablenkung gefolgt zu sein. 5 Probanden (13,9%) fühlten sich beim Zuhören durch irgendetwas gestört. Auf Grund der Angaben auf dem Fragebogen können als Störquelle private/persönliche Sorgen vermutet werden. Aus den Verlaufsprotokollen des Versuchsleiters ergibt sich weiter, dass auch Baulärm auf der Straße beeinträchtigend gewirkt haben könnte.

Insgesamt ergibt sich, dass der Vigilanztest von den Probanden als mäßig anstrengend erlebt wurde und dass die große Mehrheit der Geschichte gut und konzentriert, jedoch mit gelegentlichem Abdriften folgen konnte.

9. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zu den Herzaktivitäten beim Vigilanztest und beim Zuhören der Geschichte entsprechen im Zeitbereich weitgehend unseren Erwartungen: Eine vigilante Aufmerksamkeit führt im Vergleich zur Bedingung „Geschichte hören“ zu einer signifikanten Erhöhung der Pulsfrequenz HR und zu einer Verringerung der Frequenzvariabilität, gemessen über SDNN, RSSMD, pNN50 und den nicht-linearen Parametern ApEn und SampEn. Die Atemfrequenz ist jedoch entgegen unseren Erwartungen bei Vigilanz nur tendenziell, nicht aber signifikant erhöht. Der Puls/Atem-Quotient QP/A ist beim Geschichtehören nur schwach signifikant niedriger als bei Vigilanz ($p = 0.087$).

Unterweger hat in seiner Untersuchung zur Herzfrequenzvariabilität als Indikator für Imaginationsprozesse

gegenteilige Ergebnisse erzielt und im Unterschied zu unseren Resultaten bei Imagination eine höhere, bei Vigilanz eine niedrigere Herzfrequenz festgestellt (82.34 bzw. 77.92 Schläge pro Minute; Unterweger, 1998, Seite 61). Dabei zeigt sich, dass sich der Imaginationsbegriff bei Unterweger von unserem Verständnis unterscheidet und dass der in der Studie eingesetzte Imaginationstext zur Hauptsache aus Aufforderungen zur Vorstellungsbildung, zur Aktivierung von Gedächtnisinhalten und zur Reflektion besteht. Die höheren Herzfrequenzen bei der Imagination in der Studie von Unterweger lassen sich deshalb dahingehend deuten, dass der Imaginationstext eine höhere mentale Leistung erfordert als der vom Autor eingesetzte Vigilanztest, bei welchem die Probanden nicht den Text anhören, sondern die Und-Wörter zählen sollten. Für diese Deutung spricht auch die von Unterweger festgestellte sympatiktrope Auslenkung der Vegetativen Balance von 0.9 bei Vigilanz auf 1.76 bei Imagination – namentlich bei Probanden, die über eine schlechte Vorstellungsfähigkeit verfügen!

In zwei explorativen Studien an 8 bzw. 10 Probanden hat auch Stigler im Rahmen der so genannt *Katathym imaginative Psychotherapie* KIP eine Erhöhung der Pulsfrequenz sowie des Blutdrucks durch Imaginationen beobachtet, verglichen mit dem Ruhezustand bei Entspannung (Stigler, 1993, 1994). Hierzu ist zu bemerken, dass die Imaginationen in der KIP mit therapeutischer Absicht durch solche Motivvorgaben provoziert werden, die die Probanden bzw. Patienten an deren aktuelle Stimmungen sowie bewusste und unbewusste Konflikte heranführen. Dies kann u.U. auch Angst auslösen, die Probanden mit deren persönlichen Konfliktmaterial konfrontieren, dadurch Stress auslösen und zu den beobachteten kardiovaskulären Veränderungen führen.

In einer Studie zu den psychischen Einflüssen auf die Muskeldurchblutung haben Golenhofen und Hildebrandt auch die Pulsfrequenz beobachtet (Golenhofen & Hildebrandt, 1957). Sie stellten fest, dass Kopfrechnen (Multiplikation zweistelliger Zahlen) zu einer Erhöhung der Muskeldurchblutung (linke Wade) um bis zu 500% sowie zu einer Steigerung der Pulsfrequenz von ca. 50 BpM (Ruhepuls) auf 120 bis 150 BpM bewirkt. Das Lesen einer spannenden Geschichte („tolle Schlägerei“) bewirkte ebenfalls eine Steigerung der Muskeldurchblutung, die Pulsfrequenz dagegen erhöhte sich aber nicht wesentlich über den Ruhepuls. Aus den Ergebnissen können wir schließen, dass Kopfrechnen zu einer unserem Vigilanztest vergleichbaren mentalen Belastung und damit zu einer Pulserhöhung führt. Dagegen lässt sich zur Wirkung der gelesenen Geschichte als Imaginationsvorgang nur vermuten, dass diese trotz der Spannung keine Stresssituation mit Folgen für die Pulsfrequenz bewirkt.

Curic et al. (2008) haben in einer Untersuchung zur HRV unter Stress und bei Entspannungsbedingungen beobachtet, dass Stress, hervorgerufen durch „Denksportaufgaben“ unter Zeit- und Erfolgsdruck, eine Erhöhung der Pulsfrequenz unter gleichzeitiger Reduktion der Variabilitätsmaße SDNN, RMSSD und pNN50 bewirkt; ausgesprochene Entspannungsübungen durch Taktatmung zeitigt eine gegenteilige Wirkung; Verringerung der Pulsfrequenz und Vergrößerung der HRV. Aus anderen Studien ist bekannt, dass bestimmte Meditationstechniken (Cysarz & Büssing, 2005; Peng et al., 2004; Petra, 2010) oder das Musikhören (Peng et al., 2009; Weng, 2010) zu einer vagotonen Entspannung führen und – feststellbar an den HRV-Parametern – Stress abzubauen vermag.

Mäkikallio und Mitautoren haben bei Postinfarktpatienten festgestellt, dass deren Herzfrequenzvariabilität im Vergleich zu gesunden Probanden u.a. durch eine erhöhte Irregularität oder *Approximate Entropy* ApEn sowie durch eine reduzierte SDNN charakterisiert ist (Mäkikallio et al., 1996). Ähnliche Erscheinungen sind auch bei Herzrhythmusstörungen mit Kammerflimmern, beim so genannten plötzlichen Herzversagen oder bei postoperativen Dysfunktionen nach Eingriffen am Herzen sowie beim plötzlichen Kindstod SIDS (*Sudden Infant Death Syndrome*) beobachtet worden und sind klinisch von prognostischer Bedeutung (Perkiömäki, 2011).

Vor den zitierten Hintergründen lassen sich unsere Resultate im Zeitbereich dahingehend interpretieren, dass Vigilanz zu Stresssymptomen führt, während das Geschichtehören offensichtlich eine Entspannung und größere Beweglichkeit in der Herzaktivität zur Folge hat.

Signifikante Unterschiede zwischen der Vigilanz und der Imagination im Frequenzbereich kommen in der Totalen und Relativen Power zum Ausdruck, erstaunlicherweise jedoch nicht in den einzelnen

Frequenzbändern LF und HF und dem vegetativen Quotienten $\ln LF/HF$. Nötges (2008) hat bei Patienten mit diagnostiziertem subakutem Myokardinfarkt in den einzelnen Phasen des Nachtschlafes und des Wachzustandes im Vergleich zu gesunden Probanden verminderte Werte im HF- und LF-Band sowie beim Quotienten LF/HF gefunden; die Unterschiede sind allerdings tendenziell und nur partiell signifikant. Dahingegen sind die Unterschiede zwischen Patienten und gesunden Probanden in der Relativen Power sowie bei den Streuungsmaßen SDNN und RMSSD signifikant. Demgegenüber haben Balanescu et al. (2004) bei den gleichen Parametern signifikante Unterschiede gefunden bei Patienten, die einen Infarkt mindestens um 1 Jahr überlebt haben im Vergleich zu solchen, die vor Jahresfrist verstarben. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Mäkikallio et al., (1996) beim Vergleich von Postinfarktpatienten mit gesunden Probanden. Diese Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Unterschiede im HF- und LF-Band Ausdruck von akuter Morbidität bzw. Mortalität sind, in subakuten Situationen jedoch nur tendenziell festzustellen sind. Natürlich sind die Voraussetzungen der Probanden in unserer Studie nicht vergleichbar mit den referierten Ergebnissen, dennoch stellt sich die Frage, inwieweit die HF- und LF-Power geeignet sind, die Strukturen der HRV während der Vigilanz und Imagination gut abzubilden. Von Bonin et al. (2001) haben bspw. in sprachtherapeutischen Interventionen bei gesunden Probanden festgestellt, dass diese Parameter je nach Versuchsperson unterschiedlich ausgeprägt sind. Als Erklärung dafür ist denkbar, dass die L-Frequenzen sowohl unter dem Einfluss des Sympathikus als auch des Parasympathikus stehen, sich dadurch bei gesunden Probanden die Wirkungen der unterschiedlichen Interventionen in den Einzelnen Frequenzbändern reduzieren oder sogar aufheben können und damit die Einzelparameter nur von beschränkter Aussagekraft sind. Für eine Gesamtschätzung besser geeignet scheinen Globalgrößen wie die Totale oder Relative Power zu sein, welche ein Gesamtbild über alle Frequenzbänder vermitteln.

Sehr deutliche Unterschiede zwischen der Vigilanz und der Imagination zeigen sich im VLF-Bereich. Da die physiologische Beeinflussung dieses Frequenzbandes unseres Wissens aber sehr unterschiedlich eingeschätzt wird und noch weitgehend ungeklärt ist, muss eine Interpretation unserer Befunde hier ausbleiben.

Bemerkenswert sind besonders im Frequenzbereich die unerwarteten Unterschiede der Werte für die Ruhe vor und nach den Interventionen. Wir vermuten, dass es sich hier um einen systematischen Fehler handelt, weil wir nicht berücksichtigt haben, dass „Ruhe“ nicht unbedingt „entspanntes Nichtstun“ bedeuten muss. So ist denkbar, dass die Probanden besonders während der abschließenden Ruhephase mental bereits „auf dem Sprung“ waren und das noch Wartenmüssen eine Stresssituation provozierte, die auch die markante Erhöhung der Werte in der Schlussphase erklären könnte. Es gibt auch keine Anhaltspunkte dafür, dass die Werte aus der letzten Phase eine Folgewirkung der vorausgehenden Imaginationsprozesse darstellen. Es ist aber nicht auszuschließen, dass die Ruhephase vor den Interventionen durch eine gespannte Erwartung auf die anstehenden Tests beeinflusst wurde. Aus diesen Gründen lassen sich die „Ruhewerte“ hier nicht als Baselines oder Referenzwerte verwenden.

Aus den Fragebogen ergibt sich, dass nur gut die Hälfte (51,3%) der Probanden ganz und ohne Ablenkung in die gehörte Geschichte eintauchen konnten. Zwar geben rund drei Viertel (71,9%) an, der Geschichte konzentriert gefolgt zu sein, dass sie aber doch ab und zu abgelenkt wurden. Die genauen Gründe für die Ablenkung entziehen sich unserer Kenntnis, doch lässt sich vermuten, dass neben äußeren Störquellen (z.B. Baulärm) auch psychische Gründe dafür verantwortlich sind, wie etwa die bereits genannten akuten Probleme persönlicher Art. Weiter ist davon auszugehen, dass das Sich-einlassen-Können auch mit den unterschiedlichen Fähigkeiten der Probanden zusammen hängt. Wie einleitend dargelegt, ist das Hervorbringen von inneren Bildern eine hingebende oder „*sympathische Seelentätigkeit*“, die durch Übung zu gesteigerten Fähigkeiten führen kann. Es ist damit zu rechnen, dass solche Fähigkeiten bei den Probanden unterschiedlich ausgeprägt sind und deshalb nicht nur zu einem unterschiedlichen Mitgehen-Können mit der gehörten Geschichte führen, sondern sich mit unterschiedlicher Deutlichkeit auch in den Parametern der HRV ausprägen.

Trotz solcher Einschränkungen der vermutlich unterschiedlich ausgeprägten Imaginationsfähigkeiten lässt sich aus unseren Ergebnissen und in Übereinstimmung mit anderen Studien der Schluss ziehen, dass eine über längere Zeit erforderliche abstrakte Aufmerksamkeit (Vigilanz) zu einer simultanen Einschränkung

der Herzfrequenzvariabilität führt und eine erhöhte Entropie (Unordnung) in der Herzdynamik bewirkt. Umgekehrt zeigt sich, dass Imaginationsprozesse, wie sie durch das Hören einer bildhaft erzählten Geschichte angeregt werden, die Herzbeweglichkeit verstärken und auch ordnende Wirkungen zur Folge haben (erkennbar an der verminderten Unordnung oder Entropie).

Folgewirkungen aus den beiden Interventionen lassen sich aus unseren Ergebnissen nicht ableiten. Obwohl die gegenläufigen Wirkungen von Vigilanz und Imagination mit Messwerten einhergehen, die pathologischen bzw. gesunden Zuständen vergleichbar sind, muss eine gesundheitlich relevante Wirkung der beiden mentalen Prozesse hier offen bleiben. Es lässt sich aber die Hypothese formulieren, dass eine einseitige und häufig wiederholte vigilante Beanspruchung Stress induziert und längerfristig zu einer gesundheitlichen Beeinträchtigung führt resp. das Risiko für pathologische Entwicklungen namentlich im kardiovaskulären System erhöht. Umgekehrt kann auf Grund unserer Ergebnisse vermutet werden, dass bildhaft-künstlerische Tätigkeiten, denen Imaginationsvorgänge immanent sind, zu einer Gesunderhaltung des Rhythmischen Systems beitragen und den pathogenen Auswirkungen von Stresssituationen entgegen zu wirken vermögen. Es darf auch angenommen werden, dass solche Auswirkungen nicht nur bei Erwachsenen, sondern auch bei Kindern eine Rolle spielen, deren cardiorespiratorisches System im Schulalter noch in Ausreifung ist und deshalb möglicherweise besonders sensibel auf bestimmte mentale Beanspruchungen reagiert. Da wir bisher jedoch nur sehr spärliche Grundkenntnisse zur Entwicklung der Herzfrequenzvariabilität bei Kindern haben, muss eine Klärung dieser Frage hier offen und weiteren Studien überlassen bleiben.

Literatur

- Balanescu S., Dan Corlan A., Dorobantu M. Gherasim L. (2004). Prognostic value of heart rate variability after acute myocardial infarction. *Med Sci Monit*, 2004;10(7), CR307-315.
- Curic A., Männer H., Meißner S., Morawetz F. (2008). *Untersuchung zur Herzratenvariabilität unter Stress- und Entspannungs-Bedingung*. Universität Regensburg, Institut für experimentelle Psychologie. Online: www.cgi.uni-regensburg.de [retrieved 17.2.2011].
- Eisler R. (1930). *Kant-Lexikon*, online: <http://www.textlog.de/1258.html> [retrieved 17.2.2011]
- Golenhofen K. & Hildebrandt G. (1958): Psychische Einflüsse auf die Muskeldurchblutung. *Pflügers Archiv* 263, 637-646
- Halfen R u, Neider A. (2002). *Imagination. Das Erleben des schaffenden Geistes*. Stuttgart: Freies Geistesleben.
- Harlan V. (2002). *Das Bild der Pflanze in Wissenschaft und Kunst: Aristoteles, Goethe, Klee, Beuys*. Stuttgart: Mayer.
- Hartje W. & Poeck K. (2006). *Klinische Neuropsychologie*. New York, Stuttgart: Thieme Verlag
- Kirschbaum C. (2001). Das Stresshormon Cortisol – Ein Bindeglied zwischen Psyche und Soma? *Jahrbuch der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf*, 2001.
- Mäkikallio T.H., Seppanen T., Nieme M., Airaksinen J., Tulpo M., Huikuri H.V. (1996). Abnormalities in Beat to Beat Complexity of Heart Rate Dynamics in Patients With a Previous Myocardial Infarction. *JACC* Vol. 28, No. 4 October 1996,1005-11.
- Malik M. et al.(1996). Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 17, 354–381.
- Nötges J.-J. (2008). *QT-Intervall-Dynamik und Herzfrequenzvariabilität bei Patienten mit subakutem Myokardinfarkt während der verschiedenen Schlafphasen*. Dissertation, Universität Lübeck.
- Peng CK, Henry IC, Mietus JE, Hausdorff JM, Khalsa G, Benson H, Goldberger AL. (2004). Heart rate dynamics during three forms of meditation. *Int J Cardiol*. 2004 May;95(1).19-27.
- Peng SM, Koo M, Yu ZR (2009). Effects of music and essential oil inhalation on cardiac autonomic balance in healthy individuals. *J Altern Complement Med*. 2009 Jan;15 (1), 53-7.
- Perkiömäki J.S. (2011). Heart rate variability and non-linear dynamics in risk stratification. *Front. Physio*. 2:81. doi: 10.3389/fphys.2011.00081
- Reinhardt E.-G. (2007). *Endokrinologische Veränderungen (Cortisol und Amylase) im Speichel bei akutem und chronischem Stress während einer stationären Psychotherapie*. Dissertation. Medizinische Hochschule Hannover.
- Steiner R. (1904). *Theosophie*. Dornach 1943 (GA 9): Rudolf Steiner Verlag.
- Steiner R. (1909). *Die Geheimwissenschaft im Umriss*. Dornach 1989 (GA 13): Rudolf Steiner Verlag.
- Steiner R. (1917). *Von Seelenrätsehn*. Dornach 1983 (GA 21): Rudolf Steiner Verlag.
- Steiner R. (1919). *Allgemeine Menschenkunde als Grundlage der Pädagogik*. Dornach 1992 (GA 293): Rudolf Steiner Verlag.
- Stigler M. (1993). Blutdruck, Herzfrequenz und EEG im Verlauf des Katathymen Bilderlebens. In: Baumann P. (Hg). *Biologische Psychiatrie der Gegenwart.*, pp 738-741. Wien-New York: Springer Verlag.
- Stigler M. (1994). Der hypnoide Zustand des Katathymen Bilderlebens in seinen Auswirkungen auf Blutdruck, Herzfrequenz und EEG. In: Dittrich A., Hofmann A., Leuner H. (Hg) *Welten des Bewusstseins*, Bd. 3. (pp 205-216) Berlin: VWB - Verlag für Wissenschaft und Bildung.
- Unterweger E. (1998). *Bildhafte Vorstellungen physiologisch sichtbar gemacht: Herzfrequenzvariabilität als Indikator für Imaginationsprozesse*. Dissertation. Universität Konstanz. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- van Alphen P. (2011). Imagination as a transformative tool in primary school education. *RoSE* Volume 2

Number 2 pp. 16-34 December 2011; Hosted at www.rosejournal.com

von Bonin D., Frühwirth M., Heusser P., Moser M. (2011). Effects of Speech Therapy with Poetry on Heart Rate Variability and Well-Being. *Forschende Komplementärmedizin und Klassische Naturheilkunde* 2011;8, 144-160.

Weng Ming-Chia (2010). Assessment of mental fatigue in VDT tasks by using heart rate variability. Dissertation online: http://ethesys.chna.edu.tw/ETD-db/ETD-search/view_etd?URN=etd-0713111-210739 [retrieved 12.2.2012].

Wettig S. (2009). *Imagination im Erkenntnisprozess*. Bielefeld: Transcript Verlag.