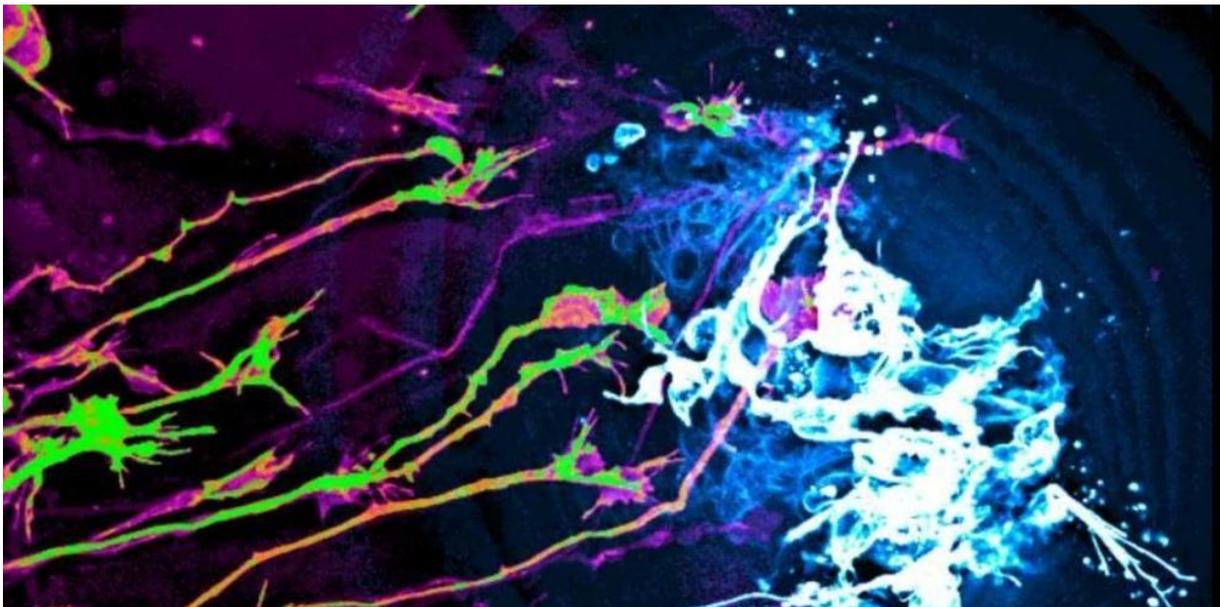


Zürcher Hochschule der Künste (ZHdK), MAS in Klinischer Musiktherapie

Rezeptive musiktherapeutische Intervention zur Sympathikus-Stimulierung bei Menschen mit Tetraplegie

Rezeptive musiktherapeutische Stimulation des autonomen Nervensystems,
mit Fokus sympathisches System, unter Einbezug der psychischen Aspekte,
bei einem Menschen mit Tetraplegie, mittels zu diesem Zweck komponierter
Musik – eine Machbarkeitsstudie



Thesis zur Erlangung des Titels Master of Advanced Studies
in Klinischer Musiktherapie

Vorgelegt von: Sabine Pfiffner-Brogli

Mentorin: Dr. med. Annkathrin Poepel

Zweitgutachterin: Beate Roelcke

15.11.2023

Titelbild:

«Tanzende Neuronen»

Schnappschuss aus einem Video-Clip: Neuronen interagieren untereinander und mit anderen Zellen. Bild: (Dumoulin, 2022)

Abstract

Bei einer hohen Verletzung des Rückenmarks, wie dies bei einer Tetraplegie der Fall ist, gerät die antagonistische Wirkungsweise von Sympathikus und Parasympathikus in ein Ungleichgewicht. Der Parasympathikus gewinnt die Oberhand. Wichtige anregende Impulse des Sympathikus, wie zum Beispiel die Steigerung der Herzaktivität, die Erhöhung des Blutdrucks, die Durchblutung oder die Stoffwechselaktivität sind vermindert oder fehlen ganz. Dies kann bei den Betroffenen zu unangenehmen Beschwerden wie Schwächegefühl, Benommenheit, Kopfschmerzen, Schwindel etc. bis hin zur Bewusstlosigkeit führen.

Diese Arbeit befasst sich mit der Frage, ob eine Stimulation des Sympathikus von Menschen mit Tetraplegie mittels zu diesem Zweck komponierter Musik möglich sein könnte, um den beschriebenen Beschwerden entgegenzuwirken.

Erste Ergebnisse dieser Machbarkeitsstudie könnten darauf hindeuten, dass eine Stimulation des Sympathikus bei Menschen mit Tetraplegie durch Musik möglich ist.

Schlüsselwörter: Querschnittlähmung, Tetraplegie, autonomes Nervensystem, Sympathikus, Parasympathikus, rezeptive Musiktherapie, Stimulation Sympathikus, 8D-Musik, Binaural Beats

Receptive music therapy intervention to stimulate the sympathetic nervous system of people with quadriplegia

Receptive music therapy stimulation of the autonomous nervous system, with focus on the sympathetic system and under consideration of psychological aspects, in people with quadriplegia with music dedicatedly composed for this purpose - a feasibility study

In patients with a high injury to the spinal cord, as it is the case with quadriplegic patients, the antagonistic mode of operation of sympathetic and parasympathetic nervous systems becomes imbalanced. The parasympathetic nervous system prevails. Crucial animating stimuli of the sympathetic nervous system such as the increase cardiac activity, the elevation of blood pressure, blood circulation or metabolic activity are reduced or absent altogether. For affected patients, this can lead to unpleasant symptoms such as weakness, drowsiness, headaches, dizziness, etc. up to unconsciousness.

This thesis addresses the question whether a stimulation of the sympathetic nervous system of people with quadriplegia with music dedicatedly composed for this purpose could be possible and if the mentioned symptoms could be alleviated this way.

First results of the present feasibility study may give hints that such a stimulation of the sympathetic nervous system of people with quadriplegia by music could be possible.

Key words: Paraplegia, quadriplegia, autonomous nervous system, sympathetic nervous system, parasympathetic nervous system, receptive music therapy, stimulation sympathetic nervous system, 8D-music, binaural beats

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Medizinische Theorie: Nervensystem mit Rückenmark	3
2.1	Das Nervensystem: Aufbau und Funktion	3
2.2	Das Rückenmark: Aufbau und Funktion	12
3	Querschnittlähmung	18
3.1	Querschnittlähmung, medizinische Hintergründe	18
3.2	Paraplegie.....	19
3.3	Tetraplegie	20
3.4	Psychische Folgen durch Rückenmarksverletzungen.....	21
3.4.1	Airbag Effekt, ein möglicher Resilienzschlüssel.....	23
3.4.2	Hoffnung als möglicher Resilienzschlüssel.....	24
4	Rezeptive Musiktherapie fürs autonome Nervensystem mit Fokus sympathisches System	25
4.1	Tetraplegie und das sympathische System	25
4.2	Hintergründe der Musik-Idee.....	26
4.3	Hypothese	27
4.4	Voraussetzungen/Gestalt der Musik für die Machbarkeitsstudie	27
4.5	Entwicklung der binauralen Musik für die Machbarkeitsstudie	29
4.6	Das definitive Musikstück für die Machbarkeitsstudie	29
4.7	Herausforderung beim Komponieren der Musik für die Machbarkeitsstudie .	30
5	Grundlagen für die Musik der Machbarkeitsstudie.....	31
5.1	Rezeptive Musiktherapie, Theorie & Studiendesign	31
5.2	Binaurale Musik & Studiendesign	35
5.3	Ergotrope Musik, Theorie.....	37
5.3.1	Ergotrope Musik und Bewegungsimpulse.....	39
5.3.2	Rhythmus, Theorie	42
5.3.3	Ergotrope Musik & Studiendesign	47
5.4	Musik, Atem und Kreislauf, Theorie & Studiendesign	47
5.5	Musik und Puls/Herzschlag mit Fokus Anregung, Theorie.....	49
5.5.1	Musiktherapie in Bezug auf das Herz- Kreislaufsystem	51
5.5.2	Musik und Puls/Herzschlag mit Fokus Anregung, in der Musik für die Machbarkeitsstudie	52
5.6	Binaural Beats, Theorie	52
5.6.1	Binaurale Beats und Hirnwellen.....	54

5.6.2	Binaural Beats, für die Musik der Machbarkeitsstudie	57
5.7	Die Piloerektion, Theorie & Studiendesign	57
5.8	Musik für die Machbarkeitsstudie	62
5.8.1	Verbale Beschreibung der Musik und deren ev. Wirkelemente	62
5.8.2	Grafik der Musik und der ev. Sympathikus anregenden musikalischen Elemente	63
5.8.3	Musik-Link	64
6	Untersuchungsmethode & Vorgehen	64
7	Ergebnisse	72
7.1	Vorstellung der Probanden	72
7.2	Quantitative Messergebnisse	73
7.2.1	Grafiken & Vergleichstabellen Proband A	75
7.2.2	Grafiken & Vergleichstabellen Proband B	82
7.3	Qualitative Messergebnisse	89
7.3.1	Proband A	90
7.3.2	Proband B:	90
8	Diskussion	91
8.1	Diskussion der Messergebnisse	91
8.2	Diskussion des Studiendesigns	94
8.3	Diskussion der Musikkomposition	96
9	Schlussbetrachtung	98
10	Literaturverzeichnis	99
11	Anhang	108
11.1	Ethikantwort	108
11.2	Case Report Form	109
11.3	Semistrukturiertes Interview	117
11.4	Grafiken mit Messungenauigkeits-Balken	123

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Nervenzelle	4
Abbildung 2: Nervenzelle mit Schwann'schen Zellen	4
Abbildung 3: Synapse	5
Abbildung 4: Systematik des Nervensystems	6
Abbildung 5: Darstellung sympathisches und parasymphathisches System	8
Abbildung 6: Hirnnerven	11
Abbildung 7: Aufbau eines Wirbels	12
Abbildung 8: Unterteilung der Wirbelsäule und Verlauf Rückenmark.....	13
Abbildung 9: Querschnitt Wirbelsäule mit Rückenmark und Spinalnerven	14
Abbildung 10: Rückenmarksegmente	15
Abbildung 11: Querschnittsbilder des Rückenmarks	16
Abbildung 12: Verletzungshöhe Paraplegie	20
Abbildung 13: Verletzungshöhe Tetraplegie.....	21
Abbildung 14: Grafische Darstellung der Musikelemente	63
Abbildung 15: Settings-Verlauf.....	68
Abbildung 16: Atemfrequenz Proband A	75
Abbildung 17: Systolischer Blutdruck Proband A	76
Abbildung 18: Diastolischer Blutdruck Proband A.....	77
Abbildung 19: Herzfrequenz Proband A	78
Abbildung 20: Herzfrequenzvariabilität Proband A.....	79
Abbildung 21: Mittlerer arterieller Druck Proband A	80
Abbildung 22: Atemfrequenz Proband B	82
Abbildung 23: Systolischer Blutdruck Proband B	83
Abbildung 24: Diastolischer Blutdruck Proband B	84
Abbildung 25: Herzfrequenz Proband B	85
Abbildung 26: Herzfrequenzvariabilität Proband B.....	86
Abbildung 27: Herzfrequenzvariabilität Proband B gesamter Messverlauf.....	87
Abbildung 28: Mittlerer arterieller Druck Proband B	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Angaben Handgelenkmonitor BB-613W	71
Tabelle 2: Atemfrequenz (rr) Proband A.....	80
Tabelle 3: Systolischer Blutdruck (sbp) Proband A	80
Tabelle 4: Diastolischer Blutdruck (dbp) Proband A	81
Tabelle 5: Herzfrequenz (hr) Proband A	81
Tabelle 6: Herzfrequenzvariabilität (hrv) Proband A.....	81
Tabelle 7: Mittlerer arterieller Druck (MAPrs) Proband A.....	81
Tabelle 8: Atemfrequenz (rr) Proband B	88
Tabelle 9: Systolischer Blutdruck (sbp) Proband B	88
Tabelle 10: Diastolischer Blutdruck (dbp) Proband B	88
Tabelle 11: Herzfrequenz (hr) Proband B	89
Tabelle 12: Herzfrequenzvariabilität (hrv) Proband B	89
Tabelle 13: Mittlerer arterieller Druck (MAPrs) Proband B	89

1 Einleitung

Das erste Mal mit der Thematik der Querschnittlähmung in Berührung gekommen, bin ich als Kind. Durch die Mitgliedschaft meiner Eltern bei der Schweizer Paraplegiker-Stiftung, kam mehrmals jährlich eine Zeitschrift ins Haus. Die darin enthaltenen Berichte, verfasst von Betroffenen, deren Angehörigen, von Ärzten und Pflegenden etc., interessierten mich sehr. Als Jugendliche bekam ich die Planung, den Bau und die Eröffnung des Schweizer Paraplegiker-Zentrum, 1990 in Nottwil, mit. Das grosse Mitspracherecht von Menschen mit einer Querschnittlähmung, bezüglich des Baus und der Ausstattung des Rehabilitations-Zentrums und deren Umgebung, beeindruckte mich, da dieses Denken und Handeln der damaligen Zeit weit voraus war.

Viele Jahre später, im Rahmen eines Praktikums, auf meinem Weg zur Musiktherapeutin, kam ich zum ersten Mal nach Nottwil ins Schweizer Paraplegiker-Zentrum. Tief beeindruckt stand ich in der grossen, lichtdurchfluteten Eingangshalle mit Rampen und Treppen, schaute zum Parikarus, einem Kunstobjekt, hoch über mir schwebend, auf. Auch die Umgebungs-gestaltung, die Sportanlagen, die Lebendigkeit in einem Zentrum für gelähmte Menschen, faszinierten mich.

Während dem Musiktherapie-Praktikum und etwas später einer längeren Musiktherapie-Stellvertretung im SPZ, wuchs ich immer mehr in die Welt von Menschen mit einer Tetraplegie, deren Probleme und Herausforderungen hinein.

Oft waren kreative Lösungsansätze gefragt, was mir sehr Freude machte und die Betroffenen ein Stückchen auf ihrem neuen Lebensweg vorwärtsbrachte. Eine schöne Erinnerung ist die speziell konstruierte Notenblatthalterung für einen Sänger mit Tetraplegie, der, flach im Bett liegend, zu meiner Akkordeon-Begleitung sein Liederrepertoire zum Besten gab - auch zur Freude seiner Zimmerkollegen. Ein anderer in sehr guter Erinnerung bleibender Moment ist das Blockflötenspiel mit einer Frau, die in relativ hohem Alter zur Tetraplegikerin wurde. Sie blies die Flöte, ich übernahm den Part der Finger. So konnte ein harmonisches, die Patientin zufriedenstellendes Spiel gelingen.

Die Fallbeispiele, die den Hintergrund meiner Idee bilden, sind unter 4.2 beschrieben. Die Frage, ob es möglich sein könnte, das sympathische System von Menschen mit einer Tetraplegie mit speziell dafür komponierter Musik zu stimulieren, liess mich nicht mehr los. Um dieser Frage in einem professionellen Rahmen nachgehen zu können, entschied ich mich für ein Upgrade-Studium an der ZHdK und einer Masterarbeit zu meiner Frage. Zur Überprüfung der Durchführbarkeit der Musikintervention und der Messmethoden schien eine Machbarkeitsstudie am sinnvollsten, zumal sie auch als Entscheidungsgrundlage bezüglich einer Folgestudie dienen würde. Vom Zeitpunkt der Idee bis zur Machbarkeitsstudie vergingen mehr als drei Jahre. Nach vielen Sackgassen und über Umwege wurde mir völlig überraschend von einer Spitalabteilung, die in ein Pflegezentrum integriert ist (für Menschen mit Querschnittlähmung und querschnittähnlicher Symptomatik), die Möglichkeit für eine Machbarkeitsstudie angeboten, die ich natürlich dankend annahm. Bereits an dieser Stelle ein grosses Dankeschön an Prof. Dr. Michael Furian und an Dr. Peter Lude.

Diese Arbeit über die Machbarkeitsstudie mit dem Titel: «Rezeptive musiktherapeutische Intervention zur Sympathikus-Stimulierung bei Menschen mit Tetraplegie», ist wie folgt aufgebaut: Nach einem medizinischen Einblick ins Gebiet des Nervensystems (mit Fokus auf das vegetative Nervensystem) und des Rückenmarks, wird die Leserin mit der Thematik der Querschnittlähmung vertrauter gemacht. Es folgt eine Erläuterung der physischen und psychischen Probleme, die durch Eintritt einer Querschnittlähmung entstehen können. Im Weiteren werden die Hintergründe der Idee, eine Musik zu entwickeln, die das sympathische System von Menschen mit einer Tetraplegie stimulieren sollte, beschrieben und die daraus hervorgehende Hypothese definiert. Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie werden, ergänzend zu den schriftlichen Ausführungen, durch Grafiken und Tabellen verdeutlicht. Es folgt die Diskussion. Durch die Schlussbetrachtung, die auch einen Ausblick auf eine mögliche Folgestudie beinhaltet, wird die Arbeit abgerundet.

Formale Anmerkung: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Die nicht ausgeschriebenen Formen sind jeweils gleichberechtigt mitgemeint.

2 Medizinische Theorie: Nervensystem mit Rückenmark

Zum besseren Verständnis der Herausforderungen, die eine Querschnittlähmung mit sich bringen kann, ist dieses Kapitel den anatomischen, physiologischen und medizinischen Grundlagen des Nervensystems und dem Rückenmark als speziellem Teil des Nervensystems (weil es in der Arbeit um einen rückenmarksverletzten Menschen geht) gewidmet.

Die Ausführungen sind schwerpunktmässig auf das autonome Nervensystem ausgelegt, da dieses und Verletzungen desselben die Ausgangsgrundlagen der Masterarbeit sind.

2.1 Das Nervensystem: Aufbau und Funktion

Das Nervensystem wird aus der Gesamtheit der Nervengewebe gebildet (Menche, 2016). Es kann als Kommunikations-System des gesamten Organismus bezeichnet werden. Nonstop werden Reize von ausserhalb des Körpers (z.B. Hautberührungen, Geräusche, visuelle Eindrücke etc.) oder innerhalb des Körpers (z.B. Schmerz) aufgenommen, auf sie reagiert und verarbeitet (Koch & Geng, 2021).

Nervenzelle / Neuron

Das Neuron (die Nervenzelle) ist das Grundelement jeder Informationsübertragung und Informationsverarbeitung im Nervensystem. Das Nervensystem des Menschen besteht aus mehr als 100 Milliarden Nervenzellen. Die Anzahl von Gliazellen (Stützzellen, Isolation etc.) ist noch höher (ebda).

Grundsätzlich bestehen die Neuronen immer aus denselben Bestandteilen: dem Zellkörper (Soma), er enthält den Zellkern, den Dendriten und dem Axon (siehe Abbildung 1). Von den Dendriten werden Nervenimpulse empfangen, die auf den Zellkörper übergehen und vom Axon zu anderen Nervenzellen oder Organen weitergeleitet werden (Eilers, 2019).

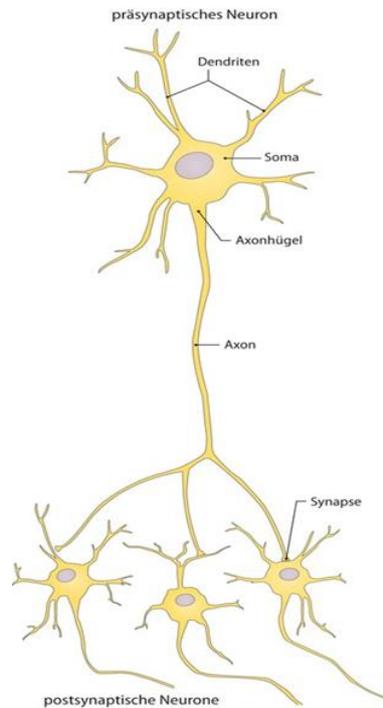


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Nervenzelle (Eilers, 2019)

Für kurze «Axon-Strecken» reicht eine Leitungsgeschwindigkeit von 10m/s. Beim Menschen finden sich jedoch auch Axone von über einem Meter Länge. Zur Beschleunigung der Erregungsleitung ist das Axon von Schwann'schen Zellen isoliert, zwischen ihnen befinden sich die Ranvier'schen Schnürringe (siehe Abbildung 2). Da das Axon bei diesen Schnürringen nicht isoliert ist, kann die Erregung von einem Schnürring zum nächsten «hüpfen», es entsteht eine saltatorische Erregungsleitung. Diese erreicht eine Geschwindigkeit von bis zu 100m/s (ebda).

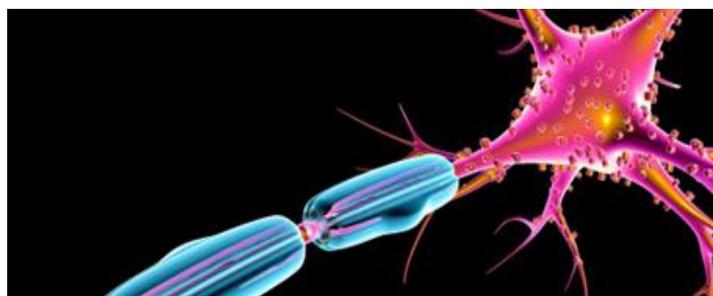


Abbildung 2: Nervenzelle mit Schwann'schen Zellen (Pasiëka, o. J.)

Die neuronale Verknüpfung einer Nervenzelle mit einer anderen Zelle zur Informationsübertragung wird als Synapse bezeichnet (siehe Abbildung 3). Diese Übertragung geschieht chemisch=chemische Synapse (Botenstoffe sind Neurotransmitter).

Nach der Auswirkung auf die Zielzelle können Synapsen auch in erregende und hemmende Synapsen unterteilt werden. Je nach Bedarf ist auch eine Einteilung der Synapsen nach der Art der Botenstoffe sinnvoll. Einige Beispiele wären: cholinerge Synapse, adrenerge Synapse, dopaminerge Synapse und glutamaterge Synapse (ebda).



Abbildung 3: Synapse (Schweizerische Epilepsie-Liga, 2023)

Gliederung und Aufgaben des Nervensystems

Die oberste «Schaltzentrale» des Nerven-Kommunikations-Systems ist das Gehirn. Zusammen mit dem Rückenmark bildet es das zentrale Nervensystem. Einerseits erhält das Zentralnervensystem Nervenimpulse, andererseits müssen vom zentralen Nervensystem aus auch Nervenimpulse an unterschiedlichste Stellen im Körper weitergegeben werden. Das dazu notwendige Netz aus Nervenzellen wird Peripheres Nervensystem genannt.

Zusätzlich wird das Periphere Nervensystem, aufgrund seiner Komplexität neben der räumlichen Lage auch nach seiner Funktion unterteilt (Menche, 2016) (siehe Abbildung 4).

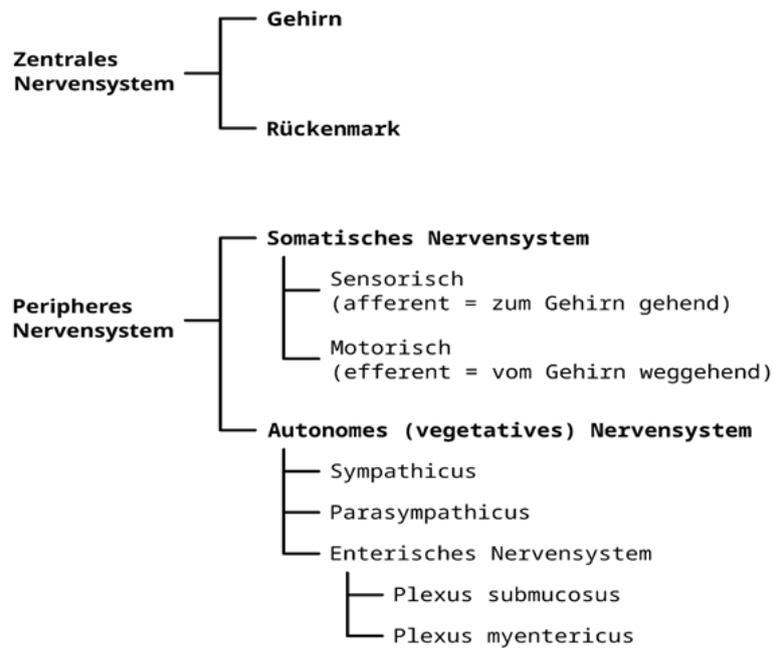


Abbildung 4: Systematik des Nervensystems (Koch & Geng, 2021)

Zentrales Nervensystem (ZNS) / Peripheres Nervensystem (PNS)

Da diese Systeme sehr eng zusammenarbeiten, sind ihre Aufgaben hier ineinandergreifend beschrieben: Die Auswertung und die Integration von Nervenreizen finden im ZNS statt. Reize und Impulse werden aus der Körper-Peripherie via PNS zum ZNS weitergeleitet. Umgekehrt werden im ZNS entstandene Erregungen via PNS an die Peripherie weitergeleitet. Sowohl das zentrale wie auch das periphere Nervensystem haben somatische und autonome Anteile (Faller & Schünke, 2020).

Somatisches / willkürliches Nervensystem

Das somatische/willkürliche Nervensystem ist für die bewusste Wahrnehmung und die willentlich gesteuerten Bewegungen zuständig. Es gewährleistet eine schnelle Informationsverarbeitung (ebda).

Autonomes / vegetatives / viszerales Nervensystem

Das autonome Nervensystem steuert die vegetativen Parameter wie Atmung, Kreislauf, Körpertemperatur, Stoffwechsel, Verdauung etc. So ist es möglich, dass das innere Körpermilieu aufrechterhalten werden kann (Homöostase). Ebenso ermöglicht das autonome Nervensystem eine Anpassung der einzelnen Organfunktionen an die oft wechselnden Bedingungen und Anforderungen aus der Umwelt des Menschen.

Der Einfachheit und Klarheit halber wird das klassische autonome Nervensystem oft aus funktionellen und strukturellen Gründen in zwei antagonistische Teile gegliedert (das enterische Nervensystem wird separat aufgeführt):

Sympathikus: «fight and flight»

Parasympathikus: «rest and digest» (Trepel, 2004)

So führt die sympathische Stimulation des Herzens zum Beispiel zu einer höheren Schlagfrequenz. Die parasympathische Stimulation führt das Herz zu einer niedrigeren Schlagfrequenz. Durch sympathische Impulse wird eine Erweiterung der Pupillen herbeigeführt, parasympathische Einwirkung lässt sie verengen (Faller & Schünke, 2020). Genauer betrachtet ist bereits die anatomische Abgrenzung von Sympathikus und Parasympathikus schwierig. Und die funktionelle Analyse zeigt eher ein komplexes «Miteinander» als ein «Gegeneinander» auf (Hohlfeld, Noth & Reichmann, 2008) (siehe Abbildung 5).

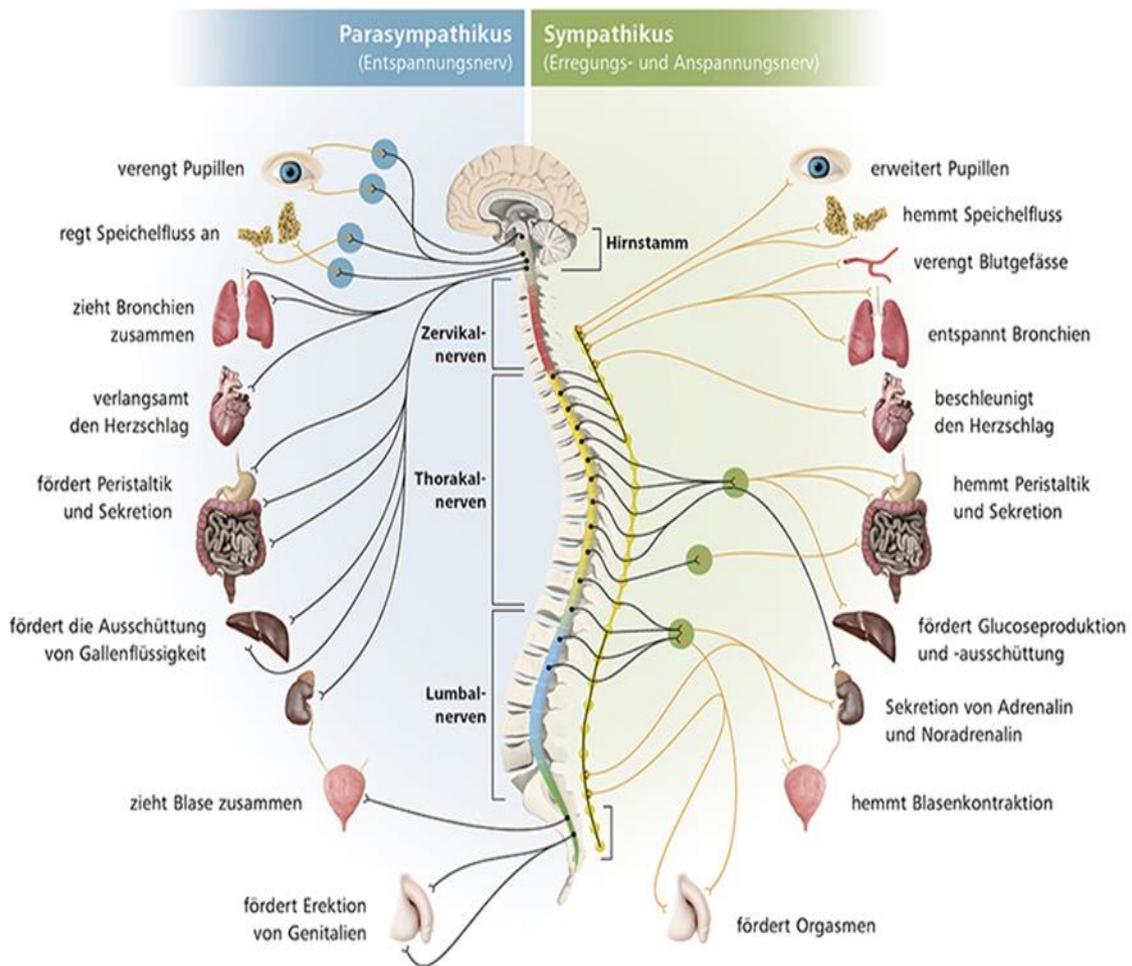


Abbildung 5: Darstellung sympathisches und parasympathisches System. (Schweizer Paraplegiker-Zentrum, 2021)

Die Anatomie des sympathischen Nervensystems

(Bezeichnungen, siehe Abbildung 9, Rückenmarksegmente)

Zwischen T1 und L3, im Seitenhorn des Rückenmarks, liegen die Zellkörper des 1. sympathischen Neurons. Dieser Lage zwischen Brustkorb und Lendenwirbelsäule entspringt die Bezeichnung «thorakolumbales System». Die Nervenfasern und Ganglien des sympathischen Systems, die beidseits der Wirbelsäule vom Hals bis zu Kreuzbein verlaufen, werden sympathischer Grenzstrang oder Truncus sympathicus genannt (Faller & Schünke, 2020).

Die beiden Stämme des Truncus Sympathikus vereinigen sich schliesslich an der Steissbein-Vorderseite zum Ganglion impar. Folgende Organe werden sympathisch innerviert: Herz und Lunge, Baueingeweide, Nebenniere, Beckenorgane, Schweißdrüsen, die glatte Muskulatur der Hautgefässe, Haare, Drüsen und die glatte Muskulatur im Bereich des Kopfes (Blutgefässe, Haarmuskeln, Pupillenmuskel etc.) (ebda).

Es werden präganglionäre und postganglionäre Neurone unterschieden (Hohlfeld et al., 2008). Präganglionäre Neuronen ziehen vom ZNS zum Ganglion, ihre Nervenzellkörper liegen innerhalb des ZNS. Sie sind markhaltig und cholinerg. Postganglionäre Neuronen ziehen vom Ganglion zum Zielorgan. Ihre Nervenzellkörper liegen innerhalb des Ganglions, ihre Nervenfasern sind marklos (Manning, Karageorghis & Priest, 2008). Die präganglionären Neurone des Sympathikus (PNdS) liegen in den Rückenmarksegmenten C8-L3. Die medialaterale Position korreliert mit dem Zielgebiet der postganglionären Neuronen, die nachgeschaltet werden. Die Axone aller PNdS ziehen durch die Vorderwurzeln in die Spinalnerven. Von dort treten sie über die Rami communicantes albi in die Ganglien des Grenzstrangs über. PNdS verwenden Acetylcholin, zum Teil auch Stickoxyd als Transmitter. Die postganglionären Neurone (SPoN) sind in den paravertebralen Ganglien des Grenzstrangs, den Beckenganglien und den prävertebralen Ganglien des Retroperitoneums zu finden. Eingebettet in das Bindegewebe des Ganglions, sind sie von Satellitenzellen umgeben und multipolar (Faller & Schünke, 2020).

Funktion des sympathischen Nervensystems

Im Buch: «Der Körper des Menschen» wird das sympathische Nervensystem wie folgt definiert (Faller & Schünke, 2020, S. 225): «Das sympathische Nervensystem dominiert in physischen und psychischen Stresssituationen. Es dient der Leistungssteigerung. Seine Aktivität hat katabolen (Körpersubstanz abbauenden) Charakter.»

Der Körper stellt sich auf «Flucht» oder «Kampf» ein (auch im psychischen Sinne)

(Ergotherapie-Haus, o. J.; Faller & Schünke, 2020):

- Die Atemfrequenz erhöht sich, die Bronchien öffnen sich, eine schnellere und höhere Luftzufuhr wird dadurch möglich.
- Das Herz schlägt schneller und stärker, der Blutdruck steigt.
- Die Muskeln benötigen mehr Blut (Sauerstoff und Energie), weil sie aktiviert werden, die Arterien, die die Haut und die peripheren Gebiete versorgen, verengen sich (in Stresssituationen fühlt sich die Haut kalt an).
- Die Pupillen werden weit, was einen besseren Umgebungs-Überblick ermöglicht.
- Es entsteht Hühnerhaut (die Härchen stellen sich auf).
- Die Schweißproduktion wird angekurbelt.
- Zur schnellen Energiebereitstellung wird von der Leber Glykogen metabolisiert.
- Verdauung wird «eingestellt».
- Die Körperspannung erhöht sich.
- Der Blutstoffwechsel im Gehirn wird erhöht, dadurch geringe Durchblutung der Extremitäten (kalte Hände und Beine, guter Schutz vor zuviel Blutverlust bei allfälligen Verletzungen im Kampf).
- Atmung wird flacher, vor allem Brustatmung (Ergotherapie-Haus, o. J.).

Die Anatomie des parasympathischen Nervensystems

Die präganglionären Zellkörper liegen im Hirnstamm und in den Rückenmarks-Seitenhörnern auf der Höhe des Kreuzbeins. Da diese Aufteilung aus einem Kopf- und einem sakralen Teil des parasympathischen Systems besteht, wird das System auch mit «kraniosakralen System» betitelt. Die Axone der im Hirnstamm liegenden Zellkörper schliessen sich dem III. (nervus oculomotorius), VII. (Nervus facialis), IX. (Nervus glossopharyngeus) und dem X. Hirnnerv (Nervus Vagus) an (Hirnnerven siehe Abbildung 6).

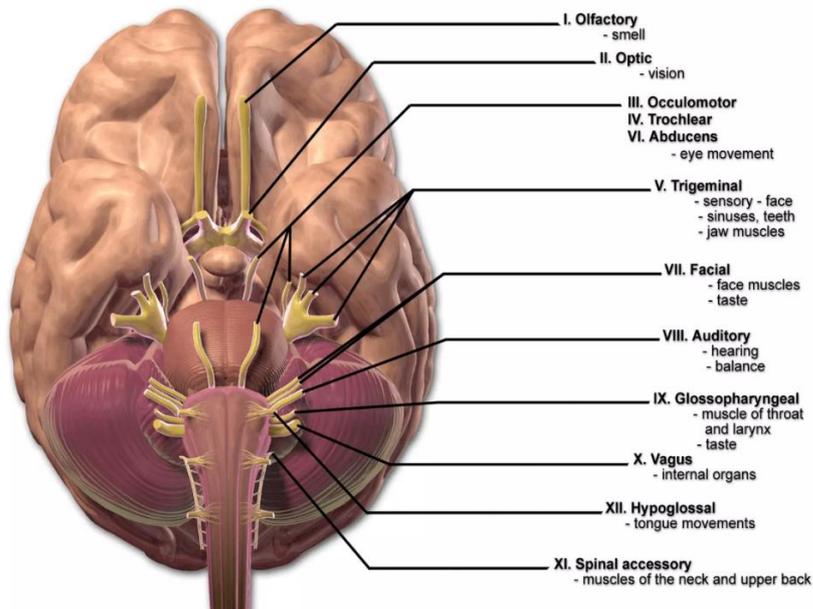


Abbildung 6: Hirnnerven (Redaktionsteam: praktisch Arzt, 2023)

Der sakrale Parasympathikus innerviert den Dickdarm und das Urogenitalsystem (Harn- und Geschlechtsorgane). Die präganglionären Zellkörper befinden sich in den Seitenhörnern der Rückenmarksegmente S 2-4 (Faller & Schünke, 2020). (Bezeichnungen siehe Abbildung 10)

Die Funktion des parasympathischen Nervensystems

Das parasympathische Nervensystem ist für Entspannung, Ruhe und Regeneration des menschlichen Organismus verantwortlich («rest and digest»). Seine Aktivität hat einen Körpersubstanz aufbauenden (anabolen) Charakter (ebda):

- Die Atmung ist ruhig und langsam.
- Das Herz schlägt langsam.
- Die Pupillen sind verengt.
- Die Verdauung ist aktiv.

Enterisches Nervensystem

Das enterische Nervensystem (Darmnervensystem) ist in der Darmwand lokalisiert. Es bewirkt die peristaltischen Darmbewegungen und ist für die Absorption, die Sekretion und die immunologischen Funktionen des Verdauungssystems verantwortlich. Das enterische Nervensystem ist ein autonomes System, es wird jedoch von sympathischen und parasympathischen Signalen beeinflusst. Es ist entwicklungsgeschichtlich der älteste Teil des menschlichen Nervensystems. Fallen alle anderen Systeme aus, können die Grundfunktionen des Darms alleine über das enterische Nervensystem gesteuert werden (Koch & Geng, 2021). Die Neuronen-Zahl des enterischen Nervensystem entspricht in etwa der Neuronen-Zahl des Rückenmarks (Antwerpes, Bröse, Nowak, Westphalen & Wanka, 2019).

2.2 Das Rückenmark: Aufbau und Funktion

Das Rückenmark verläuft gut geschützt im Wirbelkanal der Wirbelsäule. Diese besteht aus 24 freien Wirbeln (segmentförmige Knochen), die über 23 Bandscheiben beweglich untereinander verbunden sind. Acht bis zehn weitere Wirbel sind zu Kreuz- und Steissbein verwachsen (Konrad, 2018). In Abbildung 7 ist der Aufbau eines Wirbels mit Beschriftungen abgebildet, in Abbildung 8 sind die Unterteilung der Wirbelsäule und der Verlauf des Rückenmarks zu sehen.

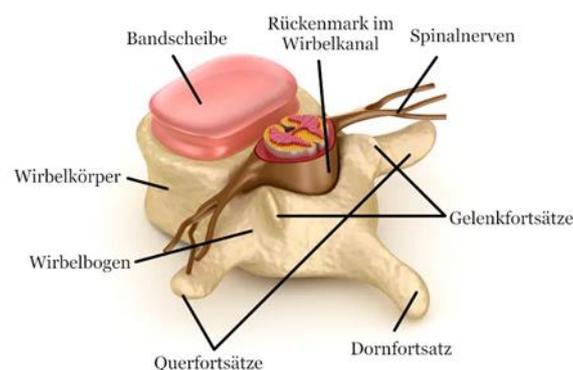


Abbildung 7: Aufbau eines Wirbels (Liebscher-Bracht, o. J.)

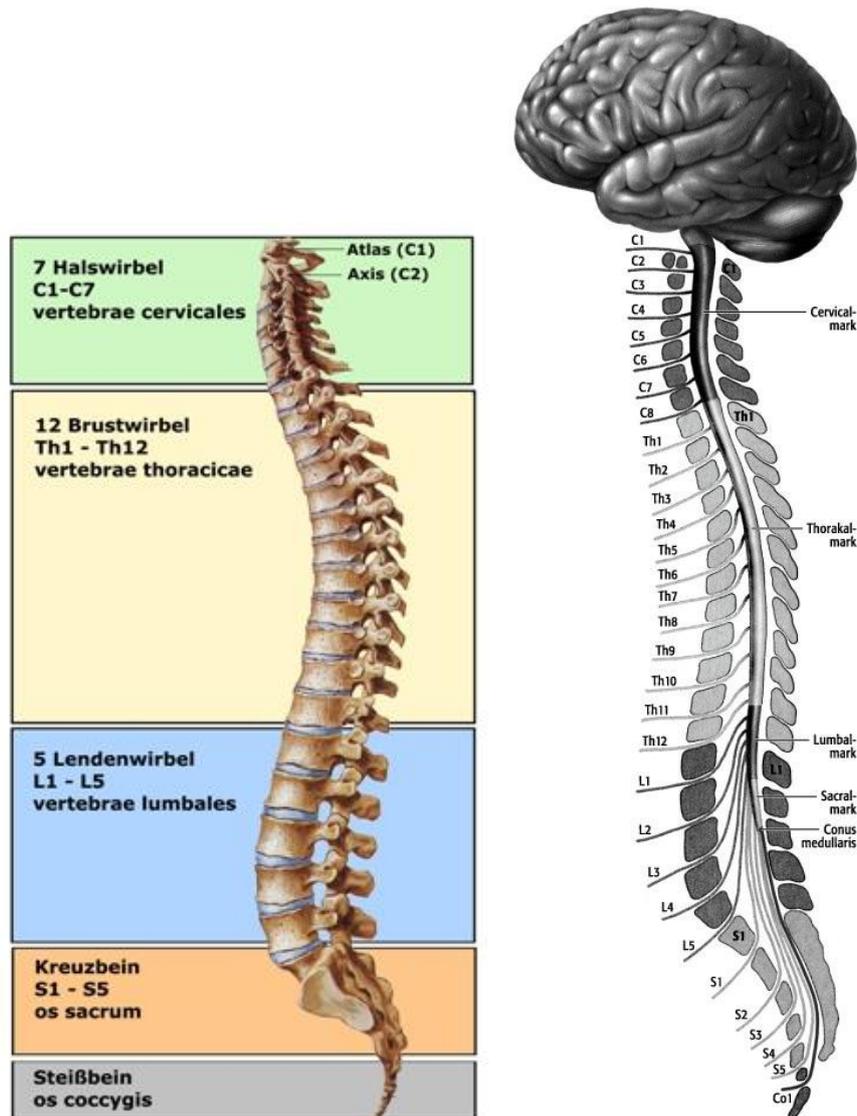


Abbildung 8: Unterteilung der Wirbelsäule (links) (Hiertz, o. J.) und Verlauf Rückenmark (rechts) (Hanser & Scholtyssek, 2000)

Der Beginn des Rückenmarks geht aus der Medulla oblongata (verlängertes Mark das im Hirnstamm zwischen Pons und Rückenmark liegt) hervor. Es endet im konisch zulaufenden Conus medullaris (Markkegel) in der oberen Lumbalwirbelsäule (vertebrae lumbales). Zusammen mit dem Endfaden (Filum terminale) geht es in den sogenannten Pferdeschweif über.

Bei einem erwachsenen Menschen hat das Rückenmark eine Länge von ca. 450mm. Im Durchmesser beträgt es ca. 12 mm, wobei sich im Hals- und Lendenmarkbereich, dort, wo die Spinalnerven für Arme und Beine austreten, zwei verdickte Stellen befinden. Weil die Wirbelsäule ein grösseres Längenwachstum als das Rückenmark aufweist, ist das Rückenmark kürzer und füllt nicht den ganzen Wirbelkanal aus. Das Rückenmark ist wie das Gehirn von den mehrschichtigen Hirnhäuten umgeben und schwimmt im Liquor (Strubreither, Neikes, Stirnimann, Eisenhuth & Schulz, 2015).

Die Rückenmarksegmente

Regelmässig verteilt über die gesamte Länge des Rückenmarks, entspringen 31 Paare Nervenwurzeln. Jedes Paar vereint sich zu einem Spinalnerv (siehe Abbildung 9). Das Rückenmark wird so in 31 Rückenmarksegmente unterteilt und jedes dieser Segmente weist eigene Verschaltungs- und Reflexzentren auf (Menche, 2016).

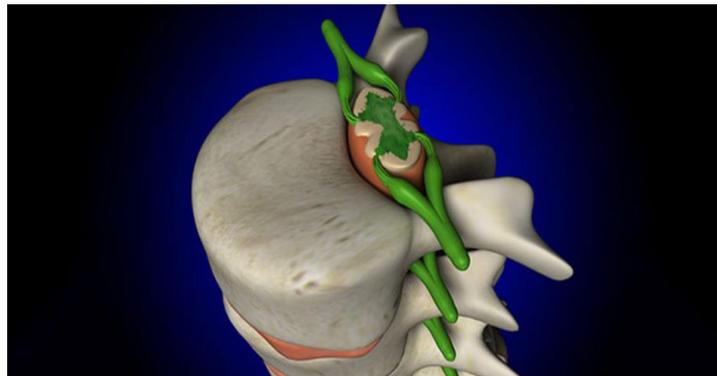


Abbildung 9: Querschnitt Wirbelsäule mit Rückenmark und Spinalnerven (Konrad, 2018)

Basierend auf dem unterschiedlichen Längenwachstum von Wirbelsäule und Rückenmark, hat die Gliederung der Knochenmarksegmente nichts mit der Lagebeziehung des Rückenmarkabschnitts zur Wirbelsäule zu tun. Die Gliederung bezieht sich darauf, wo die Nervenfasern das Rückenmark verlassen und aus der Wirbelsäule austreten (Trepel, 2004). (Die Abbildung 10 zeigt die Unterteilung der Rückenmarksegmente.)

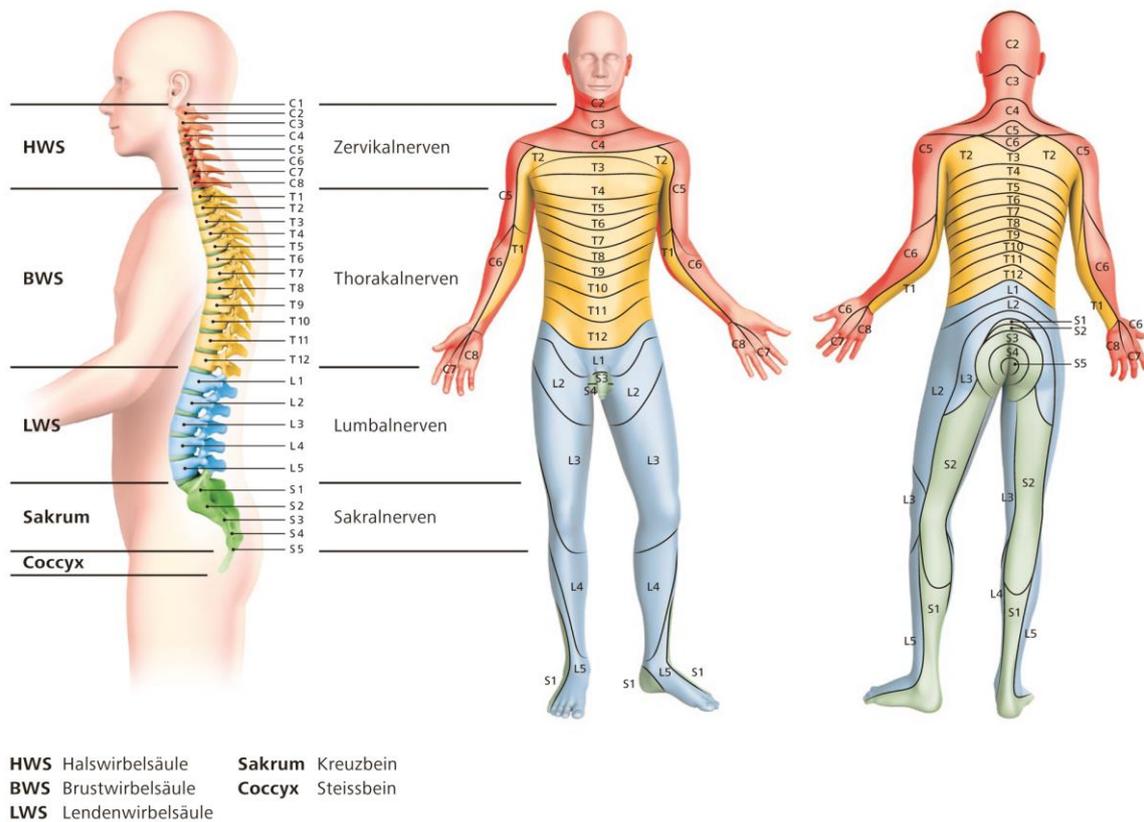


Abbildung 10: Rückenmarksegmente (Schweizer Paraplegiker-Zentrum, 2021)

Die Rückenmarksegmente lassen sich wie folgt aufteilen (Menche, 2016):

- C1-C8 (Halssegmente) versorgen neben der Atemmuskulatur die oberen Extremitäten.
- Th1-Th12 (Brustsegmente) Nervenwurzeln dieser Segmente innervieren unter anderem den grössten Teil der Rumpfwand.
- L1-L5 (Lendensegmente)
- S1-S5 (Kreuzbeinsegmente) versorgen zusammen mit den Lendensegmenten die unteren Extremitäten, sowie die äusseren Geschlechtsorgane und den After.
- Co1-Co3 (Steissbeinsegmente) innervieren den Hautbereich über dem Steissbein.

Die innere Struktur des Rückenmarks

Beim Rückenmarks-Querschnitt ist es durch bestimmte Färbungsmethoden möglich, zwei unterschiedliche Rückenmarks-Bereiche erkennbar zu machen. Im Zentrum des Querschnitts ist eine schmetterlingsförmige, graue Substanz erkennbar (siehe Abbildung 11). Sie besteht aus Nervenzellkörpern. Umschlossen werden diese von der weissen Substanz. Diese besteht aus auf- und absteigenden Nervenfasersystemen. Die graue, schmetterlingsförmige Substanz wird anatomisch in Vorderhorn, Seitenhorn und Hinterhorn eingeteilt (Strubreither et al., 2015).

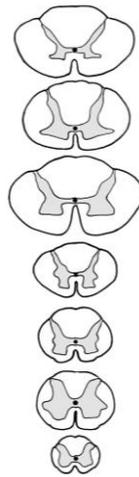


Abbildung 11: Das Querschnittsbild des Rückenmarks schaut je nach Rückenmarks-Höhe unterschiedlich aus (Samandari & Mai, 2008)

Die graue Substanz

Die schmetterlingsförmige Konfiguration der grauen Substanz im Querschnitt zeigt mit den breiten Teilen der «Flügel» ventral, die schmalen «Flügelteile» zeigen dorsal. Der vordere, breitere Teil wird als Vorderhorn (Cornu anterius), der hintere, schmalere Teil als Hinterhorn (Cornu posterius) bezeichnet. In der dreidimensionalen Ausbreitung nach oben und unten werden die Vorder- und Hinterhörner, Vorder- und Hintersäule genannt.

Das Vorderhorn enthält Motoneurone (Neurone, deren Axone zu den Skelettmuskeln hinziehen und der Motorik dienen). Das Hinterhorn enthält Neuronen, die der Sensibilität dienen. Hier endet ein grosser Teil der zentralwärts ziehenden Fortsätze sensibler Neurone. Die Zellkörper (Perikaryen) dieser Neurone befinden sich in den Spinalganglien.

So entspringen den Vorderhörnern die motorischen Vorderwurzeln und den Hinterhörnern die sensiblen Hinterwurzeln. Anschliessend vereinigen sich beide zum Spinalnerv. Vom unteren Zervikalmark bis ins obere Lumbalmark existiert zwischen dem Vorder- und dem Hinterhorn das kleine Seitenhorn (Cornu laterale) (Trepel, 2004).

Im Bereich der Rückenmarksegmente C8 bis L3 befinden sich hier im Nucleus intermediolateralis die präganglionären, viszero-efferenten ersten Neurone des Sympathikus (Pschyrembel Redaktion, 2016).

Der mit Liquor gefüllte Zentralkanal befindet sich mittig im «Schmetterling». Er ist die Fortsetzung der inneren Liquorräume des Gehirns. Folgende Neuronentypen können in der grauen Substanz des Rückenmarks definiert werden:

- Wurzelzellen: sie sitzen im Vorder- und Seitenhorn, Axone treten via Vorderwurzeln der Spinalnerven aus dem Rückenmark heraus in die Muskulatur (somatomotorisch) und in die Organe (viszeromotorisch).
- Binnenzellen verlassen die graue Substanz nicht. Sie werden als Interneurone bezeichnet, weil sie zwischengeschaltete kleine Neuronen sind.

Strangzellen/Projektionsneurone, sie liegen im Hinterhorn. Mit ihren Axonen bilden sie die Fasertrakt in andere Rückenmarkssegmente oder aufsteigend zum Gehirn (Trepel, 2004).

Die weisse Substanz

Die weisse Substanz wird in Vorderstrang, Seitenstrang und Hinterstrang gegliedert. Diese Einteilung gründet auf der äusseren Betrachtung und ist nicht, wie bei der grauen Substanz, gleichzeitig eine funktionelle Einteilung. Motorische und sensible Bahnen verlaufen im Vorder- und im Seitenstrang. Die weisse Substanz der beiden Rückenmarkshälften verbindet sich vor und hinter der Commissura grisea. Dort wechseln aufsteigende Bahnen die Seite (ebda).

3 Querschnittlähmung

Im Kapitel drei werden die medizinischen Hintergründe und die Unterteilung der verschiedenen Querschnitt-Verletzungen, deren mögliche physischen und psychischen Folgen sowie Hintergründe zu möglichen Resilienz-Schlüsseln erläutert.

3.1 Querschnittlähmung, medizinische Hintergründe

Eine Querschnittlähmung tritt nach einer Beschädigung des Rückenmarks auf. Die Ursache kann traumatisch (z.B. Unfall) oder nichttraumatisch (z.B. Tumor/Entzündung) sein (Strubreither et al., 2015).

Bei einer traumatisch bedingten Querschnittlähmung führt eine äussere Krafteinwirkung zu Knochenbrüchen der Wirbelsäule. Das im Wirbelkanal verlaufende Knochenmark wird dadurch verletzt (Einklemmungen, Blutungen etc.). Nervenbahnen im Rückenmark werden dabei teilweise oder ganz unterbrochen (Koch & Geng, 2021). Eine Querschnittlähmung beinhaltet einen teilweisen oder vollständigen Verlust der Willkürmotorik, der Sensibilität und der vegetativen Funktionen (Strubreither et al., 2015). Die Symptome einer Querschnittlähmung sind sehr individuell, je nachdem auf welcher Höhe und in welchem Schweregrad das Rückenmark verletzt ist (Koch & Geng, 2021):

- *Commotio Spinalis (Rückenmarkerschütterung)*: ähnelt einer Gehirnerschütterung, vorübergehende Ausfälle von Körperfunktionen, von Minuten bis Stunden dauernd.
- *Contusio Spinalis (Rückenmarksquetschung, ev. Einklemmung)*: führt unterhalb des Verletzungsniveaus zu einer Lähmung, einem Sensibilitätsverlust, unverletzt gebliebene Strukturen im Rückenmark können sich eventuell erholen, oft sind Rückenmarksschwellung oder Einblutungen eine Folge.
- *Das Rückenmark ist unvollständig durchtrennt*: die Lähmung ist inkomplett und die Lähmungsmuster sind schwer vorhersagbar.
- *Das Rückenmark ist vollständig durchtrennt*: die Lähmung ist komplett, in den Beinen besteht auch ein Sensibilitätsverlust. Willkürliche Kontrolle von Blase, Enddarm und Sexualfunktionen sind nicht mehr möglich.

Bei der Querschnittlähmung verläuft die Grenze zwischen der normalen und der verlorenen Körperempfindung immer quer zur Körperachse, daher die Bezeichnung. Im Gegensatz dazu verläuft die Grenze bei einer Halbseitenlähmung, z.B. nach einem Schlaganfall, vertikal in der Körpermitte (ebda).

Bei einer traumatischen Rückenmarkverletzung kann ca. 30-60 Minuten nach der Verletzung ein spinaler Schock eintreten (Konrad, 2018). Durch die akute Unterbrechung der Bahnen des sympathischen Systems kommt es zu einem beidseitigen Horner-Syndrom, zu einer arteriellen Hypotonie mit einer orthostatischen Dysregulation und zu einer generalisierten Anhidrose. Da die gesamte vegetative Steuerung ausfällt, kommt es zu Blutdruckkrisen und zum Ausfall des Schwitzens, wodurch die Thermoregulierung nicht mehr gegeben ist, es entsteht zentrales Fieber durch Wärmestau. Die Atemfunktion ist eingeschränkt. Es entsteht eine komplette Stuhl- und Harnverhaltung mit einer Blasenüberlaufinkontinenz, die Sexualfunktionen sind erloschen. Das Auftreten von trophischen Störungen gehört ebenfalls zum Bild des spinalen Schocks (Hohlfeld et al., 2008). Infolge der sehr schwer wiegenden Symptome des spinalen Schocks müssen Querschnittgelähmte in dieser Phase auf der Intensivstation behandelt werden. Der spinale Schock kann von wenigen Tagen bis zu Wochen dauern, ist aber immer vorübergehend. Eine Untersuchung bez. dem Ausmass der Querschnittlähmung kann erst nach Abklingen des spinalen Schocks gemacht werden. Das Ende des spinalen Schocks wird meist durch eine ausgeprägte Hyperreflexie angezeigt (Konrad, 2018).

3.2 Paraplegie

Die Höhe der Verletzung des Rückenmarks ist für die Art der Lähmung massgeblich. Mittels neurologischer Untersuchungen ist es möglich, das sogenannte neurologische Niveau zu definieren. Das höchste Rückenmarksegment, das normale Funktionen (motorisch/sensibel) beidseits aufweisen kann, bestimmt das neurologische Niveau (Strubreither et al., 2015).

Ist das Rückenmark auf Höhe der Lendenwirbelsäule (teilweise auch höher) beschädigt (siehe Abbildung 12), spricht man von einer Paraplegie (Koch & Geng, 2021). Bei Menschen mit Paraplegie ist die untere Körperhälfte betroffen (ev. unterer Brustbereich, Bauch, Gesäss und Beine). Ebenso sind die Darm-, Blasen- und Sexualfunktionen häufig betroffen (autonomes Nervensystem). Eine Paraplegie kann inkomplett oder komplett sein (Schweizer Paraplegiker-Zentrum, o. J.).

Das Wort Paraplegie hat seinen Ursprung im Griechischen. Para bedeutet: neben, nebeneinander, Plegie bedeutet: Wunde, Verletzung. Es beinhaltet also das Bild der beiden nebeneinander liegenden gelähmten Beine (Koch & Geng, 2021).

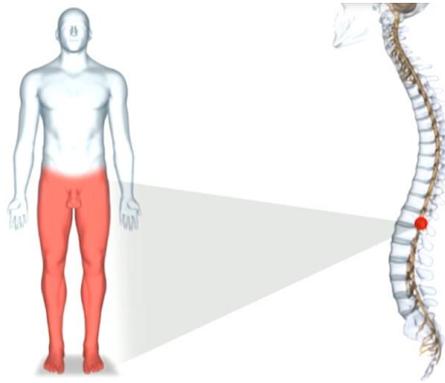


Abbildung 12: Verletzungshöhe Paraplegie (Lichtsteiner, 2013)

3.3 Tetraplegie

Liegt das neurologische Niveau in Halsmark-Bereich-Höhe oder auf Höhe des ersten Brustmarksegments, spricht man von einer Tetraplegie (Abbildung 13) (Strubreither et al., 2015). Bei Menschen mit Tetraplegie sind der gesamte Rumpf, die Arme und Hände, die Beine und das autonome Nervensystem betroffen. Ausfälle des autonomen Nervensystems können im Kreislaufsystem zu Fehlfunktionen führen. Immer betroffen sind auch Darm-, Blasen- und Sexualfunktionen. Auch die Atemmuskulatur ist durch die Tetraplegie eingeschränkt. Bei einer Verletzung oberhalb C3 muss die Atmung maschinell unterstützt werden (Schweizer Paraplegiker-Zentrum, o. J.).

Das Wort Tetraplegie hat seinen Ursprung im griechischen Wort tetra, das vier bedeutet. Hier zeichnet das Wort das Bild eines Menschen, bei dem alle vier Extremitäten Lähmungserscheinungen aufweisen (Koch & Geng, 2021). (Siehe Abbildung 13)

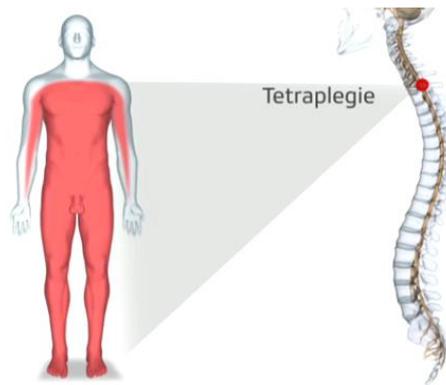


Abbildung 13: Verletzungshöhe Tetraplegie (Lichtsteiner, 2013)

3.4 Psychische Folgen durch Rückenmarksverletzungen

Nur in seltenen Fällen kommt eine Lähmung schleichend, meist jedoch von einem Moment auf den anderen. Körperteile fühlen sich taub an oder sind nicht mehr spürbar, nicht bewegbar. Diese Tatsache stellt für frisch Betroffene eine Absurdität dar. Obschon sich die betroffene Person die Bewegungen ganz genau vorzustellen vermag und diese vom Kopf her an den Körper weitergeben könnte, reicht keine Willensanstrengung aus. Körperteile oder der Grossteil des Körpers sind «lahmgelegt». Ein solches Phänomen löst bei den betroffenen Menschen fast immer Schrecken aus, die Angst, dass dies so bleibt und die gesunde mentale Gegenreaktion darauf, «dass dies nicht sein kann» (Strubreither et al., 2015).

Durch eine Querschnittslähmung bleibt kaum ein Bereich des Lebens unberührt. Ob die körperliche Gesundheit, die Selbstwirksamkeit, die Selbstbestimmung, die Unabhängigkeit, die berufliche Eingliederung und somit die materielle Sicherheit, der bisher geführte Lebensstil, die Beziehungen, all dies und mehr ist bedroht oder betroffen. Natürlich können auch die Folgen der Lähmung, die nicht auf den ersten Blick sicht- und fühlbar sind, grosse psychische Belastungen sein (vegetative Lähmung, Ausfall der Blase, des Darms, der Sexualorgane) (Konrad, 2018). Baumberger (2020) erwähnt im Webinar: «Spinaler Schock und neurogener Schock: zwei Aspekte einer akuten Querschnittslähmung» eindrücklich, dass bei Patientenbefragungen bezüglich der grössten Belastungen bei einer Lähmung, nicht «Das-nicht-gehen-können» erwähnt wird. Gravierender für die Betroffenen sind die vegetativen Lähmungen: Sexual-, Darm-, Blasenfunktionen, bei Personen mit einer Tetraplegie auch die Handfunktion. Dies führt bei vielen Betroffenen zu einer massiven Verschlechterung der Lebensqualität (Baumberger, 2020).

Eine Querschnittlähmung stellt einen chronischen und somatischen Risikofaktor dar, der eine Depression begünstigen kann, sowohl in der Akutphase als auch in der lebenslangen Nachsorge. Internationale Studien bei Menschen mit einer Querschnittlähmung zeigten auf, dass 20-40% an einer depressiven Störung erkranken (Craig et al. 2009, Bonanno et al. 2012, in Schuster, 2016, S. 2). Diese Resultate widersprechen früheren Annahmen, die das Durchleben einer depressiven Phase bei einer Querschnittlähmung als Norm ansahen. Bei der Diagnostik einer allfälligen Depression bei einer Person mit einer Querschnittlähmung ist es unabdingbar, dass die körperlichen Begleitsymptome der Lähmung von somatischen Depressionssymptomen unterschieden werden. So können beispielsweise Interessensverlust oder Antriebsmangel auch durch die neue körperliche Situation bedingt, Energieverlust könnte auch die Folge von häufigem körperlichem Training sein. In vielen europäischen Studien und Querschnittzentren wird HADS (Hospital Anxiety Depression Scale) angewandt. In amerikanischen Ländern kommt regulär der Gesundheitsfragebogen für Patienten (Patient health Questionnaire-PHQ-9) zum Einsatz (Schuster, 2016). Zur Erfassung von mehr somatischen Symptomen wird das BDI (Beck-Depressions-Inventar) (Beck, Ward, Mendelson, Mock & Erbaugh, 1961) angewandt (Pleceres & Fiorati 2018, in Schuster, 2016, S. 4).

Ein erhöhtes Risiko für eine Depression nach Eintritt der Querschnittlähmung können ein erhöhtes Schmerzerleben und/oder Entzündungsprozesse (Kennedy & Hasson, 2017, Müller et.al, 2017, Mehta, 2011 et. al, in Schuster, 2016, S. 7), eine fehlende Partnerschaft und/oder Arbeitslosigkeit (Jörgensen 2017, in Schuster, 2016, S. 7) sein. Eine Anpassungsstörung zählt zu den häufigsten psychischen Störungen nach Eintreten einer Querschnittlähmung. Da die affektive Schwingungsfähigkeit in Abgrenzung zu einer Depression meist erhalten bleibt, sollte eine korrekte Diagnose gut möglich sein (Schuster, 2016). Zwischen Läsionshöhe der Verletzung und Depression konnte nur ein geringer Zusammenhang gefunden werden (Kemp, Kahan, Krause, Adkins & Nava, 2004).

Psychotherapeutische Verfahren müssen der veränderten körperlichen Situation angepasst werden. Dazu eignen sich Entspannungsverfahren, kognitive Verhaltenstherapie sowie achtsamkeitsbasierte Ansätze oder die Förderung der Resilienz. Pharmakologisch müssen allfällige Antidepressiva selbstverständlich ins therapeutische Gesamtkonzept integriert werden. Erfahrungsgemäss sollten Antidepressiva eingesetzt werden, die die Konzentration von Monoaminen im synaptischen Spalt erhöhen (Schuster, 2016).

Das lange gängige Modell der Verarbeitung einer Querschnittlähmung, die sich am Modell der Sterbephasen von Elisabeth Kübler-Ross anlehnte, wird in der heutigen Psychologie als nicht mehr gültig angesehen. Gründe dafür sind die Tatsache, dass die Patientinnen im Modell von Kübler-Ross kurz vor dem Tod standen, ein Mensch mit Querschnittlähmung jedoch gerade einen schrecklichen Schicksalsschlag überlebt hat. Zudem orientiert sich das Kübler-Ross-Modell oder ähnliche Modelle vorwiegend an negativen Aspekten wie Schock, Ärger mit sich und der Welt, Rückzug, Depression etc. Die moderne Rehabilitationspsychologie gewinnt dem Verarbeitungsprozess eines so tiefgreifenden Ereignisses aber auch positive Aspekte ab (Koch & Geng, 2021).

Unbestritten ist die klinische Relevanz bezüglich Diagnose einer allfälligen Depression. Unerkannt, könnte eine Depression Anpassungsleistungen sowie Rehabilitationserfolg gefährden. In Verbindung mit einer Depression ist ein höheres Risiko bezüglich somatischen Komplikationen wie z.B. Dekubitus wahrscheinlich (Gelis et al., 2009, Krueger et al., 2013, in Schuster, 2016, S. 4). Auch Darmfunktionsstörungen und Harnwegsinfektionen (Herrick et al. 1994, Liu et al., 2010, in Schuster, 2016, S. 4) sowie kardiovaskuläre Erkrankungen sind im Zusammenhang mit Depression häufiger wahrscheinlich (Cragg et al., 2015, in Schuster, 2016, S. 5).

3.4.1 Airbag Effekt, ein möglicher Resilienzschlüssel

Lude (2016), heute Psychologe und Psychotherapeut, wurde knapp vor seinem 20. Geburtstag, nach einem Kopfsprung, zum Tetraplegiker. Er erlebte mit Einsetzen der Verletzung, noch auf dem Bauch im Meer treibend, das «Aufpeppen» seines inneren «Airbags» und umschreibt seinen Begriff des «Airbag-Modells» wie folgt:

«...Gemäss unserer Theorie nennen wir diesen Schutzmechanismus «Airbag-Effekt». Es ist eine Metapher, die die «explosionsartige» Ingangsetzung dieser psychischen Schutzmechanismen beschreiben soll. Im Gegensatz zu physischen, also dem im Auto eingebauten Airbag, ist der psychische Airbag von aussen (nach seiner Ingangsetzung) nicht sichtbar. Er wird deshalb leicht übersehen. Zudem ist die Querschnittlähmung als Phänomen dominierend. Sie beeindruckt. Von aussen betrachtet ist der Mensch durch Mark und Bein erschüttert. Er kann sich ja nicht bewegen, wirkt gebrochen. Aber ist er deswegen auch zerbrochen?» (Lude, 2016, S. 24)

«Der einfache Körper-Geist-Dualismus täuscht: Von aussen betrachtet ist der frisch querschnittgelähmte Mensch gebrochen – durch Mark und Bein erschüttert. Innerlich laufen aber sehr starke, natürliche, durch die physische Verletzung ausgelöste psychische Überlebensprozesse ab. Mit anderen Worten: äusserlich gelähmt, innerlich hoch lebendig!» (Lude, 2016, S.27)

In seiner Dissertation mit dem Titel: «Querschnittlähmung: Innensicht versus Aussensicht des Verarbeitungsprozesses bei Direktbetroffenen» (Lude, 2002), konnte mittels einer Längs- und einer Querstudie die von ihm als «Airbag-Effekt» bezeichnete innere «Kraftfreisetzung» bestätigt werden. Die Dissertation fliesst auch in sein Buch: «Querschnittlähmung – Schritte der Bewältigung, die Kraft der Psyche» ein (Lude, 2016).

3.4.2 Hoffnung als möglicher Resilienzschlüssel

Das Eintreten einer Querschnittlähmung löst meist einen hohen seelischen Leidensdruck aus. Die Hoffnung auf eine körperliche Verbesserung kann die unerträgliche Vorstellung, dass nun alles so bleiben wird, lindern. Der Motor der Hoffnung ist die kognitive Kraft, die die aktuelle Situation erfasst und Möglichkeiten abwägt, auf die zu hoffen aufatmen lässt. Hoffnung ist die emotionale Kraft, die es schafft, positiv besetzte Bilder aufrecht zu erhalten. So hat Hoffnung eine seelische Schutzfunktion. Sie wirkt stabilisierend und ist dadurch für den Bewältigungsprozess einer Querschnittlähmung von hoher Bedeutung (Strubreither et al., 2015).

Im Umgebungsareal des Schweizer Paraplegie-Zentrums in Nottwil gibt es verschieden gestaltete «Hoffnungs-Orte», die inspirieren, eigene Ressourcen aktivieren und zum Reflektieren einladen möchten.

4 Rezeptive Musiktherapie fürs autonome Nervensystem mit Fokus sympathisches System

Nach der Einführung zum Thema Tetraplegie und sympathisches System, beleuchtet dieses Kapitel den Hintergrund der Musik-Idee und die daraus resultierende Hypothese der Masterarbeit. Im Weiteren widmen sich einige Unterkapitel verschiedenen Themen rund um die Entstehung des definitiven Musikstücks für die Machbarkeitsstudie.

4.1 Tetraplegie und das sympathische System

Die Nervenbahnen des Sympathikus verlassen das Rückenmark auf Höhe T1 bis L1/L2 (siehe Abbildung 5). Die Bahnen des Parasympathikus sind weniger breit aufs Rückenmark verteilt (Cranio- und sakraler Teil des parasympathischen Systems, siehe Abbildung 5).

Bei einer Verletzung des Rückenmarks, besonders bei einer hohen, wie es bei einer Tetraplegie der Fall ist, gerät die antagonistische Wirkungsweise von Sympathikus und Parasympathikus in ein Ungleichgewicht. Der Parasympathikus gewinnt die Oberhand. Wichtige anregende Impulse des Sympathikus, wie z.B. die Steigerung der Herzaktivität, die Erhöhung des Blutdrucks, die Durchblutung oder die Stoffwechselaktivität sind vermindert oder fehlen ganz (Manfred-Sauer-Stiftung, o. J.).

Liegt das Lähmungsniveau über T6, ist der Sympathikus so geschwächt, dass er es nicht mehr schaffen kann, dem Parasympathikus ausreichend entgegenzusteuern. So kommt es bei Personen mit einer Tetraplegie durch die gestörte Sympathikusfunktion, z.B. durch einen Lagewechsel, zu einer Orthostase-Reaktion, das heisst, zu einem plötzlichen, extrem niedrigen Blutdruck. Das sympathische System ist nicht mehr im Stande, ein Zusammenziehen der Gefässe und die Herzfunktion anzuregen und damit den Blutdruck wieder zu heben. Die Folgen können Schwächegefühl, Benommenheit, Kopfschmerzen, Schwindel etc. oder sogar Bewusstlosigkeit sein. In der Praxis werden zur Vorbeugung der orthostatischen Hypotonie kreislaufaktivierende Medikamente, Kompressionsstrümpfe, Bauchgurt, physiotherapeutische und ernährungsbezogene Massnahmen eingesetzt (ebda).

4.2 Hintergründe der Musik-Idee

In der musiktherapeutischen Arbeit mit Menschen mit einer Tetraplegie begegnete die Autorin, in unterschiedlichen Kontexten, immer wieder der «Sympathikus-Problematik». Diese Tatsache und zwei eindruckliche Erlebnisse mit zwei ganz unterschiedlichen Menschen mit einer Tetraplegie verknüpften sich schliesslich zur Forschungsidee und bilden den Hintergrund dieser Arbeit.

Die eine ausschlaggebende Begebenheit fand in einem Musiktherapie-Setting mit F., einem jungen Mann mit einer Tetraplegie in der Erstrehabilitation, statt. Er hatte einen Unfall beim Barrenturnen (der eine Holm war nicht richtig fixiert), F. turnte wettkampfmässig. Durch seine stark trainierte Schulterpartie war es ihm möglich, wenn die Schlagzeugschlägel in die Handmanschetten gesteckt wurden, Schlagzeug zu spielen. Nachdem die Autorin und F. diese Möglichkeit neu entdeckt hatten, spielte F. eine ganze Weile laut und schnell, «tobte» sich aus. Dieses aktive Musikmachen löste «schlagartig» im übertragenen und eigentlichen Sinne eine physische und eine psychische Veränderung bei F. aus. Die Haut wurde stärker durchblutet, die Atmung ging schneller (wahrscheinlich auch tiefer), der Puls / die Herzfrequenz wurden nach Wahrnehmung der Autorin erhöht, der Sympathikus angeregt – und er strahlte übers ganze Gesicht. Nach Ende des Spiels erzählte er, gestärkt in seiner Selbstwirksamkeit, viel mehr von sich als zuvor über mehrere Musiktherapie-Settings üblich.

Das zweite eindruckliche Erlebnis fand in einem Musiktherapie-Setting mit A., einem fünfjährigen Mädchen, statt. Sie lag auf der Intensivstation infolge eines Skiunfalls (A. wurde von einem Skifahrer «umgefahren»). Ihre Tetraplegie war sehr hoch, der Kopf wurde zu diesem Zeitpunkt mit einem Halo-Ring fixiert, sie konnte lediglich das Gesicht leicht bewegen, anfänglich, durch die Beatmung, nicht sprechen. Wenn die Autorin für A. auf dem Keyboard spielte, liess sie sie jeweils zwischen langsamer und schneller Musik wählen. A. wählte immer schnelle Musik. Je schneller und wilder die Musiktherapeutin spielte, desto mehr lachte das Mädchen und machte auf die Autorin einen wacheren Eindruck.

Schnelle, laute, «wilde» Musik war für die Autorin im musiktherapeutischen Zusammenhang mit Menschen mit einer Tetraplegie Neuland. Kliniküblich war z.B. das Klangschalenspiel, also beruhigende Klänge, was von der Klientel auch häufig gewünscht und geschätzt wurde.

Es gibt zahlreiche Forschungen, die die Wirkung von Musik aufs parasympathische Nervensystem belegen. An dieser Stelle werden folgende neuere Studien erwähnt: «Short-term effect of spiritual music on heart rate variability in medical students: a single-group experimental study» (Adlakha, Mathur, Datta, Kalsi & Bhandari, 2023), «Listening to J.S. Bach's "Brandenburg Concerto No. 4 in G Major" May suppress the sympathetic nervous activity» (Hoshi, Sasaki & Maruyama, 2023), «Biomarkers of stress in music interventions: A systematic review» (Wong, Tahir, Baron & Finnerty, 2021), «Die Auswirkung von Musikstimulation in der Zahnmedizin auf Schmerz und Angst» (Remschmidt, 2019).

4.3 Hypothese

Die unter 4.2 geschilderten Beobachtungen, gekoppelt mit den Hintergründen der Wirkungsweise der ergotropen Musik, lässt die Autorin zu folgender Annahme kommen: Bei Menschen mit einer Tetraplegie, bei welchen das parasympathische autonome Nervensystem dominiert, könnten die daraus resultierenden Beschwerden durch dafür komponierte Musik, die das sympathische autonome Nervensystem anregt, gelindert werden.

4.4 Voraussetzungen / Gestalt der Musik für die Machbarkeitsstudie

Um das sympathische autonome Nervensystem von Personen mit einer Tetraplegie via Musik zu stimulieren, sollte eine regelmässige musiktherapeutische Intervention über längere Zeit erfolgen. Einerseits könnte sich ein positiver Effekt so verstärken, beziehungsweise sich erst nach wiederholter Anwendung einstellen, andererseits ist es einfacher herauszufinden, ob sich eine bestimmte Musik tatsächlich eignet, um den Sympathikus bei Menschen mit einer Tetraplegie zu stimulieren.

Um sicherzustellen, dass sich während den Musiktherapie-Settings die Bedingungen nicht ändern, sollte jedes Mal dieselbe Musik in derselben Länge und Lautstärke und unter denselben äusseren Bedingungen gegeben sein. Die Musik muss für alle Personen mit einer Tetraplegie hörbar sein – auch für solche, die von ihrer Lähmungshöhe her nicht selbst musizieren können. Daraus resultiert eine rezeptive Musiktherapie als sinnvollste Methode. Zudem soll die Musik neu komponiert sein um allfällige negativen Assoziationen, die mit einem bereits bekannten Musikstück verbunden sein könnten, auszuschliessen.

Es wird für alle Personen dieselbe Musik angewandt, nur so kann eine sympathische Reaktion bei den Probanden auf die Musik zurückgeführt werden.

All diese Bedingungen sind untypisch für musiktherapeutisches Arbeiten. Wird doch aktuell in fast allen Bereichen mehrheitlich aktive Musiktherapie bevorzugt und falls rezeptiv, dann wird von der Musiktherapeutin live für den betreffenden Patienten gespielt oder die abzuspielende Musik, wenn möglich vom Patienten selber oder von der Therapeutin speziell für ihn ausgewählt, das Isoprinzip spielt eine sehr wichtige Rolle. Der Begriff des Isoprinzips in der Musiktherapie wurde vom argentinischen Psychiater und Musiktherapeuten, Roland Omar Benenzon, *1939, geprägt (Wikipedia, o. J.-g). Aus terminologischer Sicht geht das ISO-Prinzip auf Ira Maximilian Altshuler, einen amerikanischen Psychiater und Pionier der Musiktherapie, zurück. Er verwendete das Wort ISO (griechisch: gleich) im Sinne der «Entsprechung» zwischen dem aktuellen Gemütszustand eines Patienten und dem Gefühlsgehalt des entsprechenden Musikstücks. Für Benenzon beinhaltet das Wort «ISO» viel mehr als das akustische Phänomen, er setzt es mit Klangintensität gleich. ISO bedeutet für ihn die Identität von all dem, was zur non-verbalen Dimension gehört. Darum spricht er heute von der ISO-Spirale (Eichmanns, 2017).

Auch im beruflichen musiktherapeutischen Alltag der Autorin, in einer Kinder- und Jugendklinik und an einer Musikschule, wird immer individualisiert musiktherapeutisch gearbeitet.

Bei der neuen Idee der Autorin würden diese gewohnten Prinzipien allerdings nicht funktionieren. Die Idee deshalb verwerfen, kam für sie jedoch nie in Frage. Im Gegenteil – diese Herausforderung spornte sie zusammen mit der Tatsache an, dass es in der Musiktherapie auch sehr unüblich ist, das sympathische System von Patienten zu stimulieren. Das Spiel/Musik fürs parasympathische System hingegen ist ein sehr grosses musiktherapeutisches Gebiet.

Die Musik wurde von Martin Villiger, Filmmusik-Komponist, in Zusammenarbeit mit der Autorin, für den Zweck der Machbarkeitsstudie komponiert.

4.5 Entwicklung der binauralen Musik für die Machbarkeitsstudie

Nach verschiedenen Gesprächen und intensivem Austausch mit Martin Villiger, betreffend der Idee, eine Musik zu komponieren, die das sympathische System von Menschen mit einer Tetraplegie anregen sollte, entstanden fünf Minuten binaurale Musik (binaurale Musik, siehe 5.2).

Mit dieser Musik und Kopfhörern (die fürs Hören von binauraler Musik unabdingbar sind) reiste die Autorin zu drei Tetraplegikerinnen im Alter von sieben, 49 und 75 Jahren, um ihnen die Musik abzuspielen und danach in einem semi-strukturierten Interview ihre Eindrücke, Meinungen, Veränderungsvorschläge etc. zu erfassen. Alle fanden die Musik zu kurz und wollten sie ein zweites Mal hören (die Länge der Musik hatte den Grund in der Finanzierung der Musik). Die Erwachsenen empfanden die Musik als einhüllend (den gesamten Körper); das Kind war etwas irritiert aber fasziniert, hörte immer wieder was Neues und sagte jedes Mal erstaunt: «Mama!?» Alle empfanden sich nach Ende der Musik angeregt, Angstgefühle hatte niemand. Alle konnten sich vorstellen, solche oder ähnliche Musik mehrere Tage hintereinander zu hören. Beim Mädchen war eine starke Mimik zu beobachten, so als würde sie eine Geschichte hören, auch die beiden Frauen hatten Bilder im Kopf beim Hören der Musik. Die eine Frau konnte während der Musik auch ihre Beine spüren, beim Mädchen waren Schulterbewegungen zu beobachten (was die Mutter sehr erstaunte, das Kind ist sehr hoch gelähmt und wird künstlich beatmet). Die Feedbacks der drei Tetraplegikerinnen flossen in die neue Musikkomposition für die Machbarkeitsstudie ein.

Die Musik für die Machbarkeitsstudie spielte die Autorin dann verschiedensten Personen vor. Menschen mit und ohne musikalisches Hintergrundwissen, Personen aus dem medizinischen Bereich, Leuten der verschiedensten Altersgruppen, gespannt auf die physischen und psychischen Empfindungen der zuhörenden Personen.

Martin Villiger integrierte die neuen Anregungen der Autorin in eine zweite Variation der Musik für die Machbarkeitsstudie. Diese stellte sich jedoch als viel weniger stimmig heraus, so dass sich die Autorin definitiv für die erste Variante entschied.

4.6 Das definitive Musikstück für die Machbarkeitsstudie

Das 10:47 Min. dauernde Musikstück wurde von Martin Villiger (Filmmusik-Komponist) auf der Software Nuendo von Steinberg komponiert.

Als Plug-in für den Binauralen Surround-Klang wurde DearReality Spatializer eingesetzt. Die Musikelemente (mit Ausnahme der tiefen Rhythmen und den Arpeggios) bestehen aus Samples. Samples sind Musikaufnahmen, die in einer neuen Musikkomposition eingesetzt werden. Die tiefen Rhythmen und die Arpeggios wurden mit dem Synthesizer eingespielt.

Die Grundlagen für die Komposition sind wissenschaftlich basierte musikalische Elemente oder Gestaltungsmöglichkeiten, die die Autorin einbrachte (siehe Kapitel 5).

Nach vielen Gesprächen, Vorschlägen des Komponisten, spannenden und befruchtenden Austauschrunden, wuchs die Musik zum definitiven Stück für die Machbarkeitsstudie heran.

4.7 Herausforderung beim Komponieren der Musik für die Machbarkeitsstudie

Die grösste Herausforderung war gleichzeitig auch die «Aufgabe» des Stücks: das sympathische System eines Menschen mit Tetraplegie zu stimulieren. Den Fluchtnerv eines Menschen anzuregen, der keinerlei Möglichkeiten hat zu fliehen, fast gänzlich gelähmt ist und deshalb keinesfalls durch die Musik geängstigt werden darf. Die Autorin denkt, dass es sehr gut gelang, die stimulierenden musikalischen Elemente, die im Verlauf der Arbeit noch im Detail behandelt werden, musikalisch so einzubetten, dass sie eine anregende, aber nicht ängstigende Wirkung entfalten könnten.

Das Tempo der Musik (bpm) innerhalb des Stückes «harmonisch», ohne «komische» Sprünge zu steigern, wurde vom Komponisten als besondere Herausforderung angesehen. Villiger gelang es gut, durch Abwechslung in den Harmonien, bei den Instrumenten, durch Kleinigkeiten wie speziellen Klängen etc. die Musik auch für mehrmaliges Anhören abwechslungsreich und spannend zu gestalten.

Da die Musik ihre Wirkung für die verschiedensten Menschen mit Tetraplegie entfalten können sollte, gibt es Elemente, die nicht in der Musik vorkommen und durch ihre Abwesenheit den Charakter des Stücks mitprägen. So sind in der Musik keinerlei Naturgeräusche wie Wassergeräusche, Wellengeräusche oder Vogelgezwitscher etc. zu finden, die mit Unfallhergangs-Erinnerungen oder Post-Unfallserinnerungen assoziiert werden könnten. (Im Probestück waren noch Wasser- und Waldgeräusche impliziert.) Ebenso ausgeschlossen sind jegliche Geräusche, die an einen Auto- oder Motorradmotor etc. erinnern und negative Assoziationen auslösen könnten. «Galopp- und Trab-Rhythmen», die an einen Unfall mit Pferd erinnern könnten, kommen in der Musik ebenfalls nicht vor.

5 Grundlagen für die Musik der Machbarkeitsstudie

In diesem Kapitel wird auf die wissenschaftlichen Hintergründe der Musik-Komposition eingegangen. Nach dem theoretischen Teil wird jeweils beschrieben, wie diese Theorie in der Musik für die Machbarkeitsstudie umgesetzt wird.

5.1 Rezeptive Musiktherapie, Theorie & Studiendesign

Werden Personen, die noch nie etwas von Musiktherapie gehört haben, gefragt, was sie sich unter Musiktherapie vorstellen, bezieht sich die Antwort fast immer auf das Hören von Musik und die damit verbundene wohltuende Wirkung. Diese Antwort ist naheliegend, da viele Menschen täglich gute Erfahrungen mit dem Musikhören geniessen, im Gegensatz dazu fehlen oft positive Wirkungserfahrungen durch eigenes Musizieren. Die Vorstellung, dass die Seele des Menschen durch Musik in Ordnung gebracht, geheilt werden könnte, ist Jahrtausende alt und tief im Menschen verwurzelt (Fitzthum, 2000).

Die Rezeption (Aufnahme) von Tönen, das Hören, ist eine der frühesten intrauterinen Sinneswahrnehmung des Menschen (Decker-Voigt, Oberegelsbacher & Timmermann, 2021-a). Bei einem 18 Wochen alten Ungeborenen ist das Corti-Organ anatomisch voll funktionsfähig (Nöcker-Ribaupierre & Zimmer, 2013). Ab welchem Alter ein Fetus akustische Reize speichern kann, ist unklar. Sicherlich reagiert ein ungeborenes Kind in der 24. Schwangerschaftswoche auf extrauterine Töne und Klänge (Hepper&Shahidullah, 1994, in Nöcker-Ribaupierre & Zimmer, 2013). Die Töne und Klänge wirken von «ausen» nach «innen» auf das ungeborene Kind. Das Erreichen von frühen Schichten einer Persönlichkeit in der rezeptiven Musiktherapie könnte darin mitbegründet sein. So ist es möglich, dass eine Klientin angenehm oder unangenehm von einem Klang bis ins Mark getroffen wird. Der Klang vermag die seelische Schutzmauer zu durchdringen. Das hohe Bewusstsein der Therapeutin bezüglich solcher Gefahrenmomente und der professionelle Umgang damit können die «Gefahr» in eine grosse Chance transformieren. Bislang Unbewusstes, Belastendes, kann eine Heilungschance bekommen. Die Möglichkeiten der Tiefenwirkung können sich die Methoden der rezeptiven Musiktherapie zu Nutze machen, indem die Musik und/oder ihre Elemente wie die musikalische Struktur, die Klänge oder die Rhythmen etc. bewusst eingesetzt werden (Decker-Voigt et al. 2021-a).

«Helfende Musik» wurde über lange Zeit der Menschheitsgeschichte vor allem rezeptiv eingesetzt. Die Kranke hörte und erlebte die für sie gespielte Musik. Im Pendant dazu war das kulturelle und soziale Leben geprägt vom aktiven Musizieren, vom Singen, Spielen und Tanzen in Gemeinschaft. Im 20. Jahrhundert nimmt das Hören und «Konsumieren» von Musik im Alltag des Menschen immer mehr zu, das Selbstmusizieren ab. Die Musiktherapie verlagerte sich in Anbetracht dieser Entwicklung umgekehrt proportional. Musiktherapie ist heute mit grosser Mehrheit auf die aktive Musiktherapie fokussiert (Zeitler, 2016). Ein weiterer Grund für diese Tatsache ist auch darin zu finden, dass in den 70er Jahren die rezeptive Musiktherapie von vielen Musiktherapeutinnen abgelehnt wurde. Sie sahen darin eine Macht der therapierenden Person im Zusammenhang mit der Verordnung einer Musik und der damit verbundenen Manipulation des Erlebens und der Affekte. Gewiss war zum Beispiel in Deutschland auch eine sehr verständliche Aversion gegenüber jeder «Manipulation» der Grund fürs Verdrängen der rezeptiven Musiktherapie und der Stärkung der aktiven Musiktherapie mit viel Selbstbestimmung. In der Zeit der 68er-Generation begann sich in der Musiktherapie, gleichzeitig mit der Auflösung und Überwindung von «alten» Strukturen in der Jazz-Musik, die freie Improvisation zu entwickeln. Freie Improvisation deshalb, weil sie keinerlei Normen, Regeln und Ordnungen unterliegt und deshalb freien Gestaltungsraum gibt. Überall wo musiktherapeutisch gearbeitet wurde, nicht nur im deutschsprachigen Raum, blühte die aktive Musiktherapie auf und wird bis heute bei den meisten Musiktherapeutinnen mehrheitlich angewandt (Fitzthum, 2000).

Im «Schatten» der aktiven Musiktherapie konnten sich dennoch verschiedene Methoden der rezeptiven Musiktherapie weiterentwickeln und spezialisieren, wie beispielsweise Guided Imagery and Music (GIM) (Decker-Voigt, Weymann, Nöcker-Ribaupierre & Pfeiffer, 2021-b).

Die rezeptive Musiktherapie verlangt nach einer «Zuhör-Kultur» (Fitzthum, 2000). Damit für die Klientin live oder ab Tonträger gespielt Musik gut und tief wahrgenommen werden kann, braucht es einen geschützten Raum. Einen Ort, wo das Musikhören störungsfrei gut möglich ist. Auch die körperlichen Bedürfnisse der Klienten sollten soweit gestillt sein, dass ein entspanntes, offenes Zuhören gelingt. Ein noch tieferes Hören und sich auf die Musik Einlassen ist wahrscheinlich besser möglich, wenn der Klient zuvor keine andere Musik hörte.

Reine Instrumentalmusik ohne Worte eignet sich besser, da Sprache eine zusätzliche Botschaft übermittelt, deren Auswirkung auf die zuhörende Person auch negativ sein könnte. Der zuhörende Mensch kann durch die Art seines Hörens den Wahrnehmungsgehalt der Musik beeinflussen. Durch das wiederholte Hören eines Musikstücks kann die Musik klarer und vertrauter werden, näher rücken, sie aber auch fordernder und komplexer erscheinen lassen. Sinnvolle Wiederholungen, die in einen Zusammenhang gebunden sind, können als identitätsstiftenden Prozess erlebt werden, sind ein Lebensprinzip. Es fördert und fordert die Kräfte des Hörenden, diese zu erkennen und wieder zu erkennen (Zeitler, 2016).

Zuhören bedeutet somit ein Aktivwerden, ein bewusstes Wahrnehmen und Erleben, sich auf die Musik einlassen, sich damit befassen. «...Wenn wir uns darauf einlassen, wenden wir oft unbemerkt den Blick ab von der Welt, schauen nur noch vor uns hin oder schliessen die Augen. Mit der Ausklammerung des Visuellen intensiviert sich die Gestalt des Musikhörens. Die Musik ist nicht mehr aussen, sie erklingt zugleich in uns – oder sind wir in ihr?» (Fitzthum, 2000, S.13)

Rosmarie Tüpker (Frohne-Hagemann (Hg.) S. 13/14) schreibt: «...Wenn es besonders gut geht, das Musikhören, sind wir ganz die Musik; sind, was wir hören. Das kann berauschend sein, überwältigend, erregend, erschütternd, aufwühlend oder still, beruhigend, auflösend, begeisternd oder erhebend. Das hängt von der Musik ab und von uns. Oft ist es auch scheinbar Widersprüchliches in Einem: schmerzvoll und doch beruhigend, traurig und tröstlich zugleich, heftig und erleichternd und entspannend.»...

Vielleicht führt die gehörte Musik zu körperlichen Reaktionen wie «Gänsehaut», Schaudern oder Herzklopfen, Fusswippen, Mitklopfen oder das Bedürfnis nach Bewegung, nach Tanz etc. Musik kann in der zuhörenden Person Bilder aufsteigen lassen: Erinnerungsbilder, Fantasiebilder etc. Musik vermag den Menschen auch zu «versetzen»: an einen anderen Ort, in eine andere Zeit etc. (Fitzthum, 2000). Die Musik kann den Menschen über den Körper (vegetatives Nervensystem, Entspannung/Anregung), über den Geist (bewusstes Nachdenken etc.) und über die Seele (seelische Empfindungen, Stimmungen, Emotionen) erreichen (Zeitler, 2016). All diese «Zugangswege» vermögen sich auch zu ergänzen und zu verknüpfen. «Wer sich auf die Musik einlässt und von ihr eingelassen wird, betritt einen anderen Wahrnehmungsraum. Es ist ein Innenraum, in dem alle Arten musikalischer Raumhaftigkeit zu komplexer Gesamtwirkung ineinandergreifen.» (Harrer S. 60, in (Zeitler, 2016)

Das Musikhören kann Nahrung sein für das Innerste des Menschen, sie berührt eine Urfahrung des Menschseins. So kann sich die Patientin als Mensch und nicht als Kranke angesprochen fühlen, was grundsätzlich stärkend wirkt. Bewusstes Musikhören kann wertvolle Impulse auslösen, die einen Beitrag zu intrapsychischen Vorgängen und zum Beispiel zur Krankheitsverarbeitung leisten können. Nach dem Musikstück noch etwas in der darauffolgenden Stille zu bleiben, nach zu lauschen, gibt dem Nachklang eine grosse Kraft (Zeitler, 2016).

Erwähnenswert ist an dieser Stelle, im Kontext mit rezeptiver Musiktherapie und der Stimulation des Sympathikus, noch eine Studie: sie verglich die körperlichen Auswirkungen bei psychiatrischen Probanden, die je ein aktives und ein passives Musiktherapie-Setting besuchten. HRV- Aufzeichnungen und Speichel-Proben wurden vor und nach dem Setting durchgeführt. Die Hochfrequenzkomponenten (HF) und das Verhältnis von Niederfrequenz- zu Hochfrequenzkomponenten (LF/HF) konnten so als kardiale Marker für die Aktivierung des Parasympathikus und des Sympathikus berechnet werden. Die Speichelproben wurden auf Alpha-Amylase und Cortisol analysiert, beides sind Marker der sympathischen ANS- bzw. HPA-Achse. Die Studie konnte beweisen, dass sich die Interventionen der aktiven und der rezeptiven Musiktherapie unterschiedlich auf die LF/HF auswirkten. Die aktive Musiktherapie verringerte das LF/HF-Verhältnis, die rezeptive Musiktherapie erhöhte diese. Es wird vermutet, dass die fehlenden rhythmischen Bewegungen zur Musik, bei der rezeptiven Musiktherapie, zu einer kontrastierenden Modulation der sympathischen ANS führen, welches mit dem LF/HF verbunden ist. Warum das Fehlen der rhythmischen Bewegungen zur Musik die sympathische ANS-Aktivität erhöhte, ist allerdings noch unklar, es bestehen lediglich nicht belegte Vermutungen wie zum Beispiel Langeweile, innere Unruhe und der Mangel an individueller Entscheidungsfreiheit bezüglich dem Musikstil und der Länge der Musik (McPherson, Berger, Alagapan & Fröhlich, 2019).

Rezeptive Musiktherapie für die Machbarkeitsstudie

Wie unter 4.4 erwähnt, ist es nur wenigen Menschen mit einer Tetraplegie möglich, selbst Musik zu machen. Auf dieser Tatsache beruht die Entscheidung, für die Machbarkeitsstudie die rezeptive Musiktherapie einzusetzen. Die Begründung dafür, dass die Musik «vorgegeben» ist und nicht individuell ausgewählt werden kann, ist ebenfalls unter 4.4 zu finden.

Das Musikstück wird am Morgen, nach dem Erwachen, abgespielt. Ein längerer Zeitraum ohne Musik, vor dem Abspielen, ist somit gegeben und auch nach dem Musikhören ist ein Zeitraum fürs Nachklingenlassen der Musik eingeplant.

Die Dauer der Musik beträgt 10:47 min. Diese Zeitspanne ist so gewählt, dass ein sich Einlassen auf die Musik und Eintauchen in die Musik möglich ist, ohne so lang zu sein, dass der morgendliche Ablauf einer Person mit Tetraplegie zu fest unterbrochen wird.

Die Musik ist speziell für den Zweck der Machbarkeitsstudie, was wiederholtes Hören impliziert, komponiert worden. Die hörende Person ist eingeladen, sich auf einen Prozess mit und durch die Musik einzulassen. Die Entscheidung, ob und wie intensiv sich die Person darauf einlässt, liegt in ihrem Ermessen und stärkt dadurch ihre Selbstbestimmung und Selbstwirksamkeit. Ein wichtiger Aspekt, gerade für einen Menschen, der rund um die Uhr auf Fremdhilfe angewiesen ist.

5.2 Binaurale Musik & Studiendesign

Die binaurale Musik, der binaurale Sound, wird auch als «immersiv», «surround», «3D-Audio» oder «8D-Musik» bezeichnet (Schnyder, 2021). Die Bezeichnung «binaurale Musik» hat ihre etymologische Herleitung von «binäre Auralität», was so viel heisst wie «hören mit beiden Ohren» (Binaurale Tonaufnahme, o. J.) Die zuhörende Person bekommt durch solche Musik ein räumliches Musikgefühl, das Gefühl, von der Musik umgeben, umhüllt zu sein.

Beim natürlichen Hören in der Natur, im Alltag und auch beim Musikhören über Stereolautsprecher treffen immer minimal andere Schallwellen auf das linke und das rechte Ohr. Daraus ergibt sich der räumliche Höreindruck (Spitzer, 2014).

Binaurale Tonaufnahmen können als «Stereo-Aufnahmen mit spezieller Aufnahmetechnik» bezeichnet werden. Da die Aufnahmen die natürlichen Ohrsignale ersetzen, die beim Hören mit Kopfhörern verloren gehen, ist das räumliche Hören der binauralen Musik nur mit Kopfhörern möglich. Dieses Hören übertrifft das räumliche Hören via Lautsprecher qualitativ weit, weil es eine präzisere binaurale Abbildung der Schallwellen ermöglicht (Wikipedia, o. J.-c). Das Klangerlebnis wirkt so «real», wie es nie zuvor möglich war. Durch die grössere Dynamik und Tiefenwirkung regt es viel intensiver die psychoakustischen Reize der zuhörenden Person an (Schnyder, 2021).

Oft erfolgen binaurale Aufnahmen mit Hilfe eines Kunstkopfs. Dieser entspricht den Massen eines durchschnittlichen menschlichen Kopfs und ist mit integrierten Mikrofonen ausgestattet. Aus dem Ohrenabstand des Kopfes resultiert der Laufzeitunterschied des Schalls, der aus unterschiedlichen Richtungen, zeitlich leicht versetzt, auf die Ohren trifft. Der Kopf bewirkt als eine Art Trennkörper einen frequenzabhängigen Pegelunterschied. Die Anatomie der Hörmuscheln und der Gehörgänge stellen frequenz- und phasenbeeinflussende Elemente dar, was der hörenden Person Rückschlüsse auf die Position der Schallquelle erlaubt. Erstaunlicherweise ist die Idee des Kunstkopfes und so produzierter Aufnahmen fast hundert Jahre alt. In den 1970er Jahren veröffentlichte beispielsweise Pink Floyd Schallplatten mit der Kunstkopf-Aufnahmetechnik. Da bei der derart aufwändigen Aufnahmetechnik die Wiedergabe über Lautsprecher jedoch enttäuschend ausfiel, die Räumlichkeit verflüchtigte sich, klanglich hörte es sich wie verwässert, verfärbt und hohl an, ging das Interesse an binauralen Aufnahmen verloren. In dieser Zeit kam es nur wenigen Personen in den Sinn, Musik mit Kopfhörern zu geniessen. Im Trend waren Compact-Stereoanlagen, mit möglichst grossen, «fett» klingenden Boxen. Für lange Zeit verschwand der Kunstkopf von der Bild- resp. der Hörfläche (ebda).

Unterdessen sind «Kopfhörer» in allen Variationen und in (fast) allen Lebenslagen omnipräsent. Mit Hilfe von Algorithmen wurde es möglich, herkömmliche Aufnahmen zu «binauralisieren». Musikbeispiele, die per Mausclick stereo- und binaural gehört werden können, sind unter (Dolby, o. J.) zu hören. Ob für Musik, für Hörspiele oder Spielkonsole etc., binaurale Aufnahmen sind aktuell sehr gefragt (Schnyder, 2021).

Binaurale Musik / 8D-Musik für die Machbarkeitsstudie

Dass die Musik binaural komponiert ist, begründet sich darin, dass dadurch für die zuhörende Person akustisch ein Raum geschaffen wird. Ein umhüllender, schützender, Sicherheit gebender Raum aus Klang. Beruhend auf den Rückmeldungen der «Entwurfs»-Musik, empfanden alle drei Tetraplegikerinnen diesen Raum als weitend, den ganzen Körper umschliessend, als wohltuend. Die zuhörende Person ist frei, sich diesen Raum zu gestalten, sei es mit aufkommenden Bildern, mit Gedanken oder wohltuenden Gefühlen.

Die Welt eines Menschen mit Tetraplegie ist geprägt vom Angewiesensein auf Pflegepersonal, die Angehörigen. Die knapp elf Minuten Musik pro Tag (während sieben Tagen) gehören dem hörenden Menschen alleine. Für die Gestaltung während dem Musikhören ist keine Fremdhilfe notwendig. Auch nichts «gestalten» wollen ist «Gestaltung». Die Person, die an der Machbarkeitsstudie teilnimmt, wird darauf hingewiesen, dass «innerhalb» der Musik ein Gestaltungsraum liegt. Im semi-strukturierten Interview am Ende der Machbarkeitsstudie wird darauf eingegangen.

Aus dem Buch «Imagination als heilsame Kraft» von Luise Reddemann möchte die Autorin aus dem Kapitel: «Gegenbilder zu den Schreckensbildern finden», einen Ausschnitt zitieren. Sie denkt, er könnte auch für einen Menschen mit einer Tetraplegie Bedeutung haben, der die Musik in der Machbarkeitsstudie hört und fast gänzlich unbeweglich ist. Vielleicht gelingt es der Person, durch die Regelmässigkeit des Hörens derselben binauralen Musik, einen inneren Raum der Selbstwirksamkeit zu erschaffen. Aus Bildern oder imaginären Orten Kraft für den Alltag zu schöpfen.

«...Unsere Patientinnen sagen: «Wie gut, ich kann ja etwas machen.» Etwas machen können, nicht mehr ohnmächtig sein, ist eine sehr wichtige Erfahrung für Menschen, die extreme Ohnmacht und Hilfslosigkeit erlebt haben. Erschwerend kommt dann später dazu, dass es so aussieht, als sei man sich selbst gegenüber genauso hilflos. Wenn jemand dann beginnt, damit zu experimentieren, die eigenen Gedanken und Bilder zu beeinflussen, kann dies als sehr befreiend erlebt werden...In unserem Therapieansatz spielt die Idee der inneren Wahlmöglichkeit eine grosse Rolle...Selbst, wenn wir in der Aussenwelt nicht immer viel verändern können, so haben wir doch die Möglichkeit, im eigenen Inneren Veränderungen herbeizuführen. ...» (Reddemann, 2014, S. 41/42)

5.3 Ergotrope Musik, Theorie

Das Wort ergotrop hat seinen Ursprung im Griechischen. «Ergein» beinhaltet die Bedeutung: an sich arbeiten, aktiv sein, stimulieren. Dieser Begriff umschreibt nicht die Musik selbst, sondern die Reaktionen der Menschen auf die Musik (Decker-Voigt, 2000). «Als ergotrop werden Reaktionen bezeichnet, die auf den Sympathikus wirken und den Erregungszustand des vegetativen Nervensystems beeinflussen. Eine ergotrope Reaktion dient also der Leistungssteigerung.» (Westphalen & Mathies, o. J.). Das «Gegenstück» zu ergotrop ist trophotrop (Parasympathikus).

Ergotrope Musik hat die Funktion der Vitalisierung der Physis und der Psyche. Bereits in der frühesten Hörwelt (vorgeburtlich) erlebt der Fetus Zunahme und Abnahme von Dynamik, das Beschleunigen und Verlangsamen von Rhythmen. Diese Erfahrungen sind im Körpergedächtnis gespeichert (Decker-Voigt, 2016). Daniel Stern, Säuglingsforscher, sieht in diesen sehr frühen Erfahrungen und Einspeicherung ins Körpergedächtnis, den Grund für die späteren Reaktivierungen durch ergotrope Musik (Stern, 2010).

Erkennungsmerkmale ergotroper Musik (Decker-Voigt, 2000; Schramm, 2004):

- Rigide Rhythmen
- Beschleunigende Rhythmen
- Dur-Tonarten
- Dissonanzen
- grössere Dynamik (Dezibel)
- Stark akzentuierte Rhythmik
- Starker Auftrieb und abrupter Abfall der Tonlinie, die innerhalb weiterer Höhenspannen verläuft
- Stakkato-Charakter
- Erhöhte harmonische Aktivitäten
- Betonung der Dissonanzen
- grosse Lautstärke
- starke Lautstärkeschwankungen
- hohes Tempo
- starke Temposchwankungen
- weiter Ton- bez. Frequenzumfang

Mögliche Reaktionen ergotroper Musik (Decker-Voigt, 2000; Schramm, 2004):

- Erhöhung des Blutdrucks
- Beschleunigung von Atem- und Pulsfrequenz
- Vermehrtes Auftreten rhythmischer Kontraktionen der Skelettmuskulatur
- Erweiterte Pupillen
- Grösserer Hautwiderstand
- Emotionalisierung / Erregung / Rauschzustand bis zu Schmerz und auch Tod (Decker-Voigt, 2016)
- Kleine vegetative Reaktionen in Gestalt von Kontraktionen kleiner Blutgefässe und Veränderung des Herzschlagvolumens, ab einer Lautstärke von 65 Phon.
- Ab 75 Dezibel: ergotrope Reaktionen die kraft- und spannungsentfaltend sind und zu einer Aktivierung des Organismus führen.

5.3.1 Ergotrope Musik und Bewegungsimpulse

Im Zusammenhang mit ergotroper Musik für einen Menschen mit Tetraplegie, liegt das Interesse der Autorin auch auf dem neuronalen Weg der Musik. Einige Ansätze werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Im Buch: «Was MusiktherapeutInnen über das Gehirn wissen sollten», schreibt Prof. Dr. Eckart Altenmüller: «Schon nach wenigen Minuten des Musizierens kommt es zu Verschaltungen zwischen den Hörregionen und den Bewegungsregionen des Grosshirns. Rhythmen und Melodien aktivieren Netzwerke in den Basalganglien, tief im Innern des Gehirns, und tragen zur Bewegungsplanung und zur geordneten Wahrnehmung bei.» (Stegemann, 2018, S.13) Beim Musikhören (jegliche Stilrichtung) wird der Motorische Kortex im Hirn ebenfalls aktiviert (ARD, 2021). Es wird davon ausgegangen, dass die dynamischen Qualitäten von Musik über die Arousal-Systeme vermittelt werden. Dies ist ein Koordinationsgebiet aus dicht zusammenliegenden und netzartig verzweigten Nervenzellgruppen. Dieses Netz verteilt sich von der Medulla oblongata bis zum Mittelhirn (Stegemann, 2018).

Für Daniel Stern stellen die Arousal-Systeme «plausible Kandidaten» eines neurobiologischen Korrelats bezüglich des Erlebens von dynamischen Vitalitätsformen dar. So kann erklärt werden, dass ein schneller oder lauter werden der Musik eine ergotrope, aktivierende Wirkung nach sich ziehen kann. Im Gegenzug können leiser werdende Klänge oder ein Ritardando eine entspannende, trophotrope Wirkung auf eine zuhörende Person haben (Stern, 2011, in Stegemann, 2018).

Im Kontext der Aktivierung des sympathischen Systems mit ergotroper Musik möchte die Autorin hier den Begriff der «Stressachse»/HPA-Achse einbringen. Als HPA-Achse wird ein neuroendokriner Regelkreis bezeichnet. Er besteht aus den «Stationen» Hypothalamus, Hypophyse und der Nebennierenrinde. Wird diese HPA-Achse stressbedingt aktiviert, führt dies zu einer Ausschüttung von CRH im Hypothalamus. Dies wiederum löst im Hypophysenvorderlappen die Sekretion von ACTH in die Blutbahnen aus. In der Nebennierenrinde bewirkt ACTH die Synthese und Ausschüttung von Cortisol. Die SAM-Achse (Sympathikus-Nebennierenmark-Achse) stellt eine zweite Stress-Achse dar. Hier wird der Sympathikus über Neuronen, die in der posterioren Kerngruppe des Hypothalamus liegen, aktiviert. Dadurch wird eine Freisetzung von Katecholaminen (Adrenalin/Noradrenalin) aus dem Nebennierenmark erwirkt. Über den «non-classical pathway» der zentralen Hörbahn ist es möglich, die Arousal-Systeme und das limbische System über die Musik direkt «anzusprechen». Dies gilt sowohl für die ergotrope als auch für trophotrope Musik-Wirkung (ebda).

Wird bei ergotroper Musik eine starke, intensive Rhythmisierung mit einer Lautstärke von mindestens 65 dB gepaart, reagiert das vegetative Nervensystem der hörenden Person mit Sicherheit. Und dies unabhängig von der mentalen Einstellung der Hörenden zur Musik, zum Text der Musik. Dies spiegelt sich zum Beispiel in Marschmusik wider, die auch «gegen den Willen» im Gleichschritt gehen lässt, oder im «Mitwippen» des Fusses bei einem Lied, hinter dessen Text der Hörende ethisch nicht stehen könnte (Decker-Voigt, 2000). «Auch wenn wir vom Gefühl her gegen eine bestimmte Musik sind, auf der vegetativen Tonusebene (re-)agieren wir mit ihr mit. Jedenfalls solange unsere Vernunft uns nicht den Beschluss fassen lässt: «Ich will da nicht mit dem Fuss wippen.» (Decker-Voigt, 2000, S. 60)

Auch Albert Einstein muss bereits um dieses Phänomen gewusst haben:

«Wenn einer mit Vergnügen zu einer Musik in Reih und Glied marschieren kann, dann hat er sein grosses Gehirn nur aus Irrtum bekommen, da für ihn das Rückenmark schon völlig genügen würde.» (Poeteus Zitate, o. J.)

Ideologie und Wortverstärkung mittels ergotroper Musik wurde/wird leider auch im manipulativen, negativen «genutzt». Im deutschen Kaiserreich beispielsweise wurden die Musikoffiziere im Vergleich zu anderen Offizieren um mehr als 50% höher besoldet (Decker-Voigt, 2000).

Ab einer Lautstärke von 90dB kommen die Schallwellen neben dem Gehör auch im Gleichgewichtsorgan an und können über diesen Weg in der Nacken- und Schultermuskulatur unwillkürliche Muskelpotentiale hervorrufen (Todd & Cody, 2000 und Todd, 2001, in Fischinger, 2008).

Dass Musik eine aktivierende Wirkung haben kann, spiegelt sich auch im Hörverhalten von Radiohörerinnen wider. Zum Aufstehen, Frühstück oder auf dem Weg zur Arbeit schätzt die Hörschaft ergotrope Musik. So werden morgens, relativ gesehen, mehr schnelle Musiktitel als am Nachmittag am Radio gesendet. Auch als Begleitung von monotoner Arbeit wird Radio-Musik als «Energiequelle» genutzt. Sportliche Aktivitäten werden ohne musikalische Unterstützung als anstrengender empfunden. In der Musik- und Radiorezeption wird zwischen unbewusstem und bewusstem Musikhören unterschieden. Dem unbewussten Hören wird das motorisch-reflektorische Hören zugeordnet. Dieses zeigt sich im unwillentlichen Ansprechen auf bestimmte rhythmisch-motorische Phänomene der Musik (siehe S. 39 ff). Dies äussert sich in Form unbewusster, spontan umgesetzter Körperbewegungen. Wird beim Autofahren rhythmische, harte Musik gehört und der Lenker ändert dadurch seinen Fahrstil, könnte dies in einem verstärkten motorisch-reflektorischen Hören begründet liegen (Schramm, 2004).

5.3.2 Rhythmus, Theorie

In Kapitel 5.3.1 wurde der Rhythmus als Komponente der ergotropen Musik bereits mehrfach erwähnt. Ergänzend bekommt er zusätzlich ein eigenes Kapitel.

«Seit Urzeiten war Rhythmus Heilkraft. Sich mit Rhythmus zu verbinden bedeutet, sich mit dem Leben zu synchronisieren...» (TaKeTiNa, o. J.)

«Der Herzrhythmus und der Atemrhythmus sind zwei Rhythmen, die jedem Menschen körperlich eigen sind.» (Baer & Frick-Baer, 2004, S. 28)

Die dem Begriff «Rhythmus» inhärente Universalität macht es unmöglich, eine generelle Definition dieses Begriffs festzulegen (Spitznagel, 2000, in Fischinger, 2008). Fischinger berichtet von mehr als 100 gefundenen Definitionen des Begriffs «Rhythmus». Diese Schwierigkeiten in der Definition von Rhythmus begründet er zum einen mit dem rhythmischen Phänomen selbst, andererseits sei die Diversifikation der Definition auch das Resultat fachlicher Spezialisierungsprozesse und Subspezialisierungen innerhalb eines Faches (Fischinger, 2008). Wikipedia definiert Rhythmus wie folgt: «Rhythmus (altgriechisch ῥυθμός) ist in der Musik die Akzentuierung (unterschiedliche Betonung) und zeitliche Gliederung (in lange und kurze Notenwerte einschließlich Pausen) von Klangereignissen mit einer gewissen Regelmäßigkeit. Besteht die Musik aus mehreren Klangfolgen mit unterschiedlichen rhythmischen Strukturen, so ergeben sich verschiedene Möglichkeiten der Rhythmuswahrnehmung.» (Wikipedia, o. J.-f) Rüdüsüli und Hegi umschreiben die Rhythmen im und um den Menschen wie folgt: «... Naturrhythmen widerspiegeln und wiederholen sich vom Makrokosmos bis zum Mikrokosmos. Die rhythmische Zeitgestalt unserer Welt ist eingebettet in die kosmischen und planetarischen Verhältnisse, in die Jahreszeiten und Klimagürtel der Erdkugel, in Puls, dem Atem und Gang des Körpers von Geburt bis zum Tod und in musikalische, zellulare bis atomare Mikrostrukturen der Biologie und Physik...» (Hegi & Rüdüsüli, 2011, S. 64) «Zusammenfassend lässt sich Rhythmus als mehrdimensionales psychologisches Konstrukt beschreiben. Dabei steht der Puls für Regelmässigkeit und Strukturierbarkeit, während das Metrum für die Beziehung zwischen Spannung und Auflösung steht.» (Bruhn, 2000 in Fischinger, 2008 S. 41)

Der Rhythmus ist neben dem Klang, der Melodie, der Dynamik und der Form, eine der fünf Komponenten einer Musik. Diese Komponenten können einzeln wirkende musikalische Qualitäten sein. Dennoch tragen sie immer alle anderen Komponenten-Qualitäten in sich. So haben sie ein musikalisches Eigenleben und die gleichzeitige Tendenz, wieder eins zu werden und so die Ganzheit der Musik wieder herzustellen (Hegi & Rüdüsüli, 2011).

Der erste Rhythmus, den ein Mensch vorgeburtlich, ab ca. dem vierten Schwangerschaftsmonat hören und vibroakustisch auch spüren kann, ist der Herzschlag der Mutter. Meist regelmässig schlagend, bietet er dem Ungeborenen einen «schwingenden» Schutzraum, ist erste akustische Nahrung. In diese 80-95 Dezibel starke «Rhythmus-Musik» integriert, wächst das Ungeborene heran (Decker-Voigt, 2008). 26-28 Millionen Mal prägt der mütterliche Herz-Rhythmus mit betontem und unbetontem Akzent das Kind vor seiner Geburt (Decker-Voigt, 2016). Von der Psychoanalyse wird das eigene Geburtserlebnis als Trauma angesehen. Dies löst beim Menschen eine lebenslange Sehnsucht nach der vorgeburtlichen Geborgenheit aus. Musik kann diese Sehnsucht ein Stück weit stillen. Werden einem Säugling Herztonaufnahmen mit 72 Schlägen pro Minute vorgespielt, kann es sich besser beruhigen, der Schlaf wird besser und das Kind legt rascher an Gewicht zu (Thaut & Hoemberg, 2016). Jugendliche, die laute «Herzschlag»-Musik hören (Musik mit dominierendem Bass), «eingeschlossen» im abgedunkelten Zimmer, sehnen sich vielleicht unbewusst zu tiefst nach der vorgeburtlichen, sicheren Zeit, nach Schutz, Orientierung und Struktur zurück (Decker-Voigt, 2008).

Soziale Gemeinschaftserlebnisse des Menschen sind fast immer mit gemeinsamen Rhythmen verbunden (Thaut & Hoemberg, n.d.). Das synchrone Rufen der Menschen beim Baum fällen mit der Steinaxt, beim Rudern, beim Jagen etc. sind nur wenige Beispiele, die den Menschen wohl seit Beginn der Menschheitsgeschichte begleiten (Altenmüller, 2018).

In welcher musikalischen «Rhythmus-Welt» ein erwachsener Mensch «zu Hause», «wohl» ist, wird unter anderem kulturell mitgeprägt. Ein Kind lächelt bei einer Musik öfter, die denselben Rhythmus aufweist wie ein ihm gut vertrautes Knie-hüpf-Spiel, zum Beispiel «Hoppe, hoppe, Reiter» im 2/4-Takt. Das kindliche Gehirn kann sich leichter und schneller anpassen, als dies bei Erwachsenen der Fall ist, so auch im Gebiet der Rhythmen. Im Verlaufe der Kindheit wird die kulturelle Präferenz für lokale Rhythmen jedoch verfestigt. Das Kind gewöhnt sich ans musikalische Metrum der heimischen Kultur.

Durch verschiedene Studien konnten auch Zusammenhänge zwischen Kindertragetechniken und lokalen Rhythmen aufgezeigt werden. Werden Säuglinge und Kleinkinder kulturell bedingt häufig getragen (beim Gehen, Arbeiten, Tanzen etc.), sind in der Musik komplexere Rhythmen zu finden als in Kulturen, wo die Kinder weniger Körperkontakt erfahren (Thaut & Hoemberg, 2016).

Viele zentralafrikanische Sprachen kennen keine Wörter für Musik, Melodie oder Rhythmus. Die Melodie hängt unmittelbar mit dem Text zusammen und besteht alleine nicht. Auf dieselbe Weise ist der Rhythmus direkt mit dem Tanz verknüpft, er ist dieser eine, bestimmte Tanz. Oft «fehlt» bei afrikanischen Rhythmen die Eins des den Takt angehenden Schlages. Nur wer das Metrum spürt, kann den Rhythmus, den Tanz «verstehen» (Fischinger, 2008).

Wird der Rhythmus eines Musikstücks, unabhängig von der Stilrichtung, verändert, verändert sich auch der Charakter des Stückes, da der Rhythmus massgeblich formbildend wirkt und wesentliche gestalterische Eigenschaften des Stückes prägt (ebda). Die musikmedizinische Forschung geht davon aus, dass der Rhythmus einer Musik das effektivste «Wirkelement» ausmacht (Decker-Voigt et al., 2021-b).

Der musikalische Bewegungseindruck einer Musik wird hauptsächlich vom wahrgenommenen Rhythmus übertragen. Eine Analyse aktivierter Gehirnareale konnte aufzeigen, dass in den für die Motorik zuständigen Hirnarealen mit akustischen Stimuli im Vergleich zu visuellen Stimuli eine grössere Aktivierung zu erkennen ist. Es ist daher leichter, sich mit einem auditiv vorgegebenen Rhythmus zu synchronisieren als mit einem visuellen. Rhythmische Stimuli sind, erklingen sie akustisch, eng mit der Motorik verknüpft (Fischinger, 2008).

In der Studie: «Sympathetic Tone Induced by High Acoustic Tempo Requires Fast Respiration» konnte belegt werden, dass die Kombination aus Atemfrequenz und akustischem Tempo wichtig ist für die Veränderung der Herzfrequenz, die durch die sympathische Nervenaktivität induziert wird. Da als einziges musikalisches Merkmal das akustische Tempo verändert wurde, konnte daraus der Schluss gezogen werden, dass das Tempo einer Musik einen der wichtigsten Faktoren darstellt, um den Sympathikus anzuregen, der beim zuhörenden Menschen durch das Atemsystem mitmoduliert wird (Watanabe, Ooishi & Kashino, 2015).

Es sind vorwiegend die «einfachen Rhythmen», deren Tondauer in den Verhältnissen 1:2 oder 1:4 liegen, also «gerade» Rhythmen mit Viertel-, Achtel-, oder Sechzehntel-Noten, die in den «motorischen» Hirnregionen, im oberen Schläfenbereich «verarbeitet» werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Aktivierung der motorischen Regionen beim Hören solcher Rhythmen mit einer unbewussten «inneren» Mitbewegung zusammenhängt (z.B. bei Marschmusik) (Altenmüller, 2018). Als Bindeglied (limbic motor interface) zwischen den Basalganglien und dem limbischen / psychomotorischen System, spielt der Nucleus accumbens eine wichtige Rolle. So ist im Hirn eine enge Verknüpfung zwischen dem Musik- und dem Bewegungs-«Feld» gegeben (Altenmüller, 2018).

Musik hat die Fähigkeit, Formen des Körperrhythmus und viele Aspekte der menschlichen Fortbewegung zu reproduzieren. So kann Musik den Körper eines Menschen durch effektive Bewegungsmuster begleiten, wobei der Körper ein visuelles Analogon des Klanges darzustellen fähig ist (Manning et al., 2008). Diese akustische Aktivierung von prämotorischen Hirnarealen spiegelt sich äusserlich darin wider, dass Musik den Menschen vom Baby- bis ins Greisenalter animiert zum Mit-Bewegen. Von der dezenten Finger- oder Fussbewegung bis hin zum ekstatischen Tanz. Das Synchronisieren von Stimme und Bewegung und das Nachahmen des elterlichen Sprachrhythmus sind ausserdem wichtige Grundvoraussetzungen für den Spracherwerb eines Kleinkinds (Altenmüller, 2018). (Fraisie, 1982, in Fischinger, 2008) konnte nachweisen, dass die Versuchspersonen bei Tempi zwischen 100 und 120 bpm am ehesten mit dem Finger oder dem Fuss zu Musik tappten (Fischinger, 2008). «Je eindeutiger bez. einfacher ein Takt oder ein Metrum ist, desto stabiler erscheint die Musik.» (Fischinger, 2008, S.30) «Werden die Abstände zwischen einer Folge von Ereignissen zunehmend kürzer, erhöht sich also die Frequenz, so erhöht sich die Intensität des Rhythmus. Bei der Streckung der Zeitintervalle innerhalb einer Folge wird dies als Entspannung empfunden (Fischinger, 2008, S. 33).

Analysen der Wirkung von Rockmusik auf den Menschen zeigen, dass das «Durchdringen» von lauter und «harter» Musik zu einem intensivierten Körpererleben führt. Der harte, vibrierende Rhythmus beeinflusst körpereigene Rhythmen wie den Herz- und den Pulsschlag (Baer & Frick-Baer, 2004). «Diese Intensivierung des Körpergefühls bedeutet gerade in den Verunsicherungen des eigenen Körperempfindens in der Adoleszenz eine Quelle starker Selbstvergewisserung.» (Helsper, in Kemper, 1998, in Baer, 2004, S. 165)

Der Rhythmus in Musikstücken, besonders in der Tanzmusik, ist auf die körperlichen physikalischen Eigenschaften des Menschen komponiert. Auf die Frequenzen der Eigenschwingungen von Gliedmassen, auf die Eigenschwingungen des gesamten Körpers. Spitzer beschreibt in diesem Zusammenhang eine spannende Erfahrung. Als Musiker auf Kindermassenbällen machte er die Erfahrung, dass es für die kleinen Kinder schwierig schien, sich im Rhythmus der Musik zu bewegen, zu «hüpfen». Er ging diesem Phänomen nach, wollte sich nicht damit abfinden, dass kleine Kinder «wohl einfach kein Rhythmusgefühl» haben. Je nach Körpergrösse und Gewicht macht eine erwachsene Person die rhythmisch hüpfen ca. 110-135 Sprünge in der Minute – ideal bei einer Tanzmusik mit ca. 120 Schlägen pro Minute. Ein etwa sechsjähriges Kind hüpfen pro Minute locker 160-180 Mal. So ist die Tanzmusik der Erwachsenenwelt für die Kinder aus «anatomischen Gründen» schlicht zu langsam. Wird sie schnell genug auf sie angepasst, gelingt es ihnen spielend, rhythmisch dazu zu hüpfen, sich zu bewegen (Spitzer, 2014). Musik bewegt den menschlichen Körper – mehr noch, es verändert das Körpererleben, es kann die eigenen Körperwahrnehmungen verändern (Baer & Frick-Baer, 2004).

Prof. Michael H. Thaut hat durch Studien beweisen können, dass akustische Rhythmen, stabile und extrem präzise intervallbasierte Zeitschablonen erzeugen. Auf diesem Wege werden sie an motorische Strukturen weitergeleitet. Bereits unbewusst reagiert das motorische System sehr sensibel auf diese Signale: «Motor entrainment to rhythmic auditory stimuli can be included by directly influencing motor efforts either in the cortex or at spinal levels» (Molinari et al., 2003 in Fischinger, 2008, S. 98). So aktiviert Thaut, zur Verbesserung der Mobilität von Parkinson- und Schlaganfallpatienten, diese direkte «Verschaltung» zwischen Sensorik und Motorik durch rhythmische Musik. Heute ist die Neurologische Musiktherapie nach dem Konzept von Thaut (2016) weit verbreitet. Sie ist evidenzbasiert und wird im kognitiven, sensomotorischen und sprachsystematischen Funktionstraining bei neurologischen Patienten eingesetzt (Wolletzsee, o. J.). Die nachgewiesene Verbesserung von Ganggeschwindigkeit, Schrittlänge, Trittfrequenz und Gleichgewichtsparameter ist sehr eindrücklich (Suh et al., 2014).

Die Neurologische Musiktherapie unterscheidet sich von der Musikmedizin, wie die Autorin sie zum Teil in der Musik der Machbarkeitsstudie anwendet, darin, dass sich die Musikmedizin mit den vegetativen *unwillkürlichen* Vorgängen befasst (Decker-Voigt et al., 2021-b).

Ergebnisse einer weiteren Studie belegen, dass die innere Struktur einer Musik die autonome Reaktion bei Menschen mit schweren Bewusstseinsstörungen verändern kann, dabei werden die rhythmischen Aspekte als die wichtigsten Determinanten physiologischer Reaktionen angesehen. Als besonders effektiv scheint die Musik bei der Förderung der Erregung und der Reaktionsfähigkeit bei Patienten mit Bewusstseinsstörungen zu sein (Riganello, Cortese, Arcuri, Quintieri & Dolce, 2015).

5.3.3 Ergotrope Musik & Studiendesign

Das Ziel der ergotrop gestalteten Musik der Machbarkeitsstudie ist eine sanfte Stimulation des sympathischen Nervensystems, des «Fluchtnervs» eines Menschen mit einer Tetraplegie, eines Menschen der nicht fliehen, sich kaum bewegen kann.

Die musikalischen ergotropen Elemente sind die Temposteigerung von 60bpm auf 150bpm, die stark akzentuierten und beschleunigenden Rhythmen, die durch relativ abrupte musikalisch gestaltete Abbrüche und erneutes Einsetzen mit schnellerer Geschwindigkeit verdeutlicht werden und die Lautstärke. Die Musik wird während der gesamten Dauer des Stücks auf dem maximal erlaubten Lautstärkelevel abgespielt, die Kopfhörer sind im Noise Cancelling-Modus, was ein noch intensiveres Wahrnehmen der Musik ermöglichen kann.

Unter 5.8.2 werden die ev. Sympathikus anregenden ergotropen Musik-Elemente grafisch dargestellt.

5.4 Musik, Atem und Kreislauf, Theorie & Studiendesign

«Der Atem gilt als das verbindende Band, die Silberschnur zwischen Seele und Körper. Diese beiden verbinden sich in einem rhythmischen Vorgang zum Leben.» (Wolfgang, 2016, S. 107)

Die Atmung ist einer der wenigen autonomen Prozesse des menschlichen Körpers, den wir in einem gewissen Masse willkürlich beeinflussen können (Günther, 2020).

«In allen bisher bekannten Kulturen und deren Gesundheitswissen dienen Atem und Musik der Heilung und Selbsterfahrung. Beide vereinen gemeinsame Strukturmerkmale: Rhythmus, Pause, Dynamik und Schwingung.» (Decker-Voigt et al., 2021-b, S. 36)

Die Atmung des Menschen hat einen direkten Einfluss auf seine Herzfrequenz. Die Herzfrequenz wird vom physiologischen Herzschrittmacher, dem Sinusknoten, vorgegeben. Dieser wird sowohl vom Sympathikus als auch vom Parasympathikus innerviert. Die Sympathikus-Impulse bewirken einen Anstieg der Herzfrequenz, die Impulse des Parasympathikus, sie werden via Vagusnerv weitergeleitet, eine Abnahme der Herzfrequenz. So wird beim Einatmen der Sympathikus stimuliert, beim Ausatmen der Parasympathikus. Längeres Ausatmen bewirkt somit eine Unterstützung des Parasympathikus und hilft bei der Entspannung (Günther, 2020).

Verschiedene Studien konnten den Einfluss des Musik-Tempos auf das Atemmuster aufzeigen. Durch die Wechselwirkung zwischen dem autonomen Nervensystem und dem Atemsystem, der sympatho-respiratorischen Kopplung, kann das Tempo einer Musik durch die Atem-Modulation das autonome Nervensystem beeinflussen (Watanabe et al., 2015). Als sympatho-respiratorische Koppelung wird eine neuronale Verbindung zwischen dem Atmungssystem und der rostralen ventrolateralen Medulla (RVLM) bezeichnet. Diese Koppelung ist der primäre Regulator des sympathischen Nervensystems, der den Blutdruck beeinflusst (Watanabe et al., 2015). Zusätzlich wird vermutet, dass der schallinduzierte sympathische Tonus auch aus der RVLM stammt. Dies würde bedeuten, dass das Atemnetzwerk auf dasselbe System zur Indikation des sympathischen Tonus zurückgreift wie das auditive System. Die RVLM gilt als eine der Hauptregulatorinnen des sympathischen Nervensystems bezüglich der Vasokonstriktion und des arteriellen Drucks. Dies wiederum deutet darauf hin, dass sie die Regulatorin jenes sympathischen Nervs ist, der die Herzaktivität steuert. Die RVLM vermag direkte und indirekte Impulse vom Hör- und vom Atemsystem zu empfangen. Über die Amygdala ist das auditorische System indirekt mit der RVLM verbunden. Das Zentrum der atemrhythmischen Aktivität ist innerhalb der ventralen Atemsäule (VRC) in der Medulla zu finden und erzeugt einen Atemrhythmus und ein Atemmuster (ebda). Der Nervus Phrenicus (entspringt aus dem Plexus cervicalis und enthält Fasern aus den Rückenmarksegmenten C3, C4 und Anteile aus C5 (Haas et al., o. J.)) ist mit dem Nervus thoracicus sympathicus und der RVLM-Aktivität synchronisiert. Dies lässt auf eine Synchronisation der respiratorischen Oszillation und der Oszillation der sympathischen Aktivität schließen (vgl. Moraes et al., 2012, in Watanabe et al., 2015, S. 12).

Musik und Atem und Kreislauf, im Zusammenhang mit der Musik für die Machbarkeitsstudie

Einem Menschen mit einer Tetraplegie ist es kaum möglich, «körperlich» mit einer Musik «mitzugehen», sich im Takt zu bewegen oder auch nur mit einem Finger den Takt zu klopfen.

Da es jedoch möglich ist, via Atmung den Kreislauf anzuregen, möchte die Autorin versuchen, mit der Temposteigerung und den akzentuierten Rhythmen und der Lautstärke der Musik, die Atmung der zuhörenden Person zu intensivieren und zu beschleunigen und so das sympathische System zu aktivieren.

5.5 Musik und Puls / Herzschlag mit Fokus Anregung, Theorie

Kulturgeschichtlich sind die Beziehungen zwischen dem Herzen/Puls des Menschen und der Musik tief verwurzelt. Die kardiale Wirkung der Musik, das Beschleunigen oder Senken des Pulsschlags, die Verminderung oder Zunahme des Herzschlagvolumens haben wohl bereits die Menschen in der Ur- und Frühgeschichte zum Beispiel beim Tanz körperlich gespürt und wahrgenommen (Gasenzer & Leischik, 2018). Auch in den assyrischen und griechischen Kulturen wurde der Einfluss der Musik zur Auslösung organischer Reaktionen geschätzt, der Grund für diese Phänomene wurde allerdings der Magie zugeordnet. Während der olympischen Spiele im antiken Griechenland wurden zur Leistungssteigerung der Sportler Musiker angestellt, die Flöte und Kithara (ein harfenähnliches Saiteninstrument) spielten (Cervellin & Lippi, 2011). Die Römer setzten zum Beispiel die Effekte der neu entwickelten Blechblasinstrumente bei den Spielen im Circus gezielt ein – die Anregung der Stimmung, der Körperfunktionen, der Emotionen und der Spannung von Akteuren und Zuschauenden konnte so garantiert angeheizt werden. Durch die Schule von Notre Dame wurde die Musik im Mittelalter kontinuierlich rhythmischer, es entstand eine Lehre der rhythmischen Strukturen. Mit der Entstehung der Kirchenmusik wurde das Wissen über die anregende Wirkung von Musik auf den Menschen bewusst verdrängt. Wilde, schnelle Tanzmusik wurde wegen ihrer Wirkungsweise gefürchtet und als dämonisch geächtet. Die Musik wurde nun zur Gestaltung der Liturgie und dem Lobe Gottes nach klaren Regeln eingesetzt (Gasenzer & Leischik, 2018).

1918 berichteten Hyde und Scalpino in einem ersten technologiekontrollierten Experiment auf diesem Gebiet (EKG-Aufzeichnung), dass bewegende Musik sowohl den Blutdruck als auch die Herzfrequenz erhöhen (Cervellin & Lippi, 2011).

Herbert von Karajan wurde während der Aufnahmen der Ouvertüre «Leonore Nr. 3» von Ludwig van Beethoven telemetrisch überwacht. Während der «emotionalsten Phase» verdoppelte sich seine Herzfrequenz, unabhängig von der körperlichen Belastung (ebda). Eine weitere Studie führte mit zwölf praktizierenden Musikern eine Studie mit «anregenden» Musikstücken durch. Die sechs Musikstücke aus den verschiedensten Sparten (klassisch, Pop-Musik, indischer Reggae, Techno etc.) wurden in zufälliger Reihenfolge, mit einer zufällig eingefügten zweiminütigen Pause, abgespielt. Es konnte beobachtet werden, dass die Atemfrequenz, der Blutdruck und die Herzfrequenz zunahmten, während die Flussgeschwindigkeit der mittleren Hirnarterie (transkranieller Doppler) und der Baroreflex im Zusammenhang mit den schnelleren Tempi im Vergleich zum Ausgangswert abnahmen. In der Stille-Pause zeigte sich eine reduzierte Herzfrequenz, ein Absinken des Blutdrucks und eine langsamere Atmung, alle drei Werte sanken sogar unter den Ausgangswert. Die Stille zwischen den Musikstücken hatte somit eine tiefgreifende, entspannende Wirkung. In einer zweiten, ähnlich aufgebauten Studie fanden sie heraus, dass fast jedes Crescendo und jede Betonung der Musik eine fortschreitende Gefäßverengung der Haut sowie einen Anstieg des Blutdrucks und der Herzfrequenz hervorrief (ebda).

In den Bereichen der Trainingswissenschaft und der Sportmedizin wird die Musik zum Beispiel zur Leistungssteigerung eingesetzt. Abhängig von der gewünschten Trainingsintensität werden Rhythmen mit unterschiedlicher Schlagfrequenz pro Minute benutzt (Gasenzer & Leischik, 2018). Während bei einem Sporttraining die physiologischen Prozesse sympathisch auf die rhythmischen Komponenten der Musik reagieren, sind es oft die Texte eines Liedes oder durch die Melodie oder den Text ausgelöste, aussermusikalische Assoziationen, die ebenso auf den Menschen einwirken. Der Titel «Push it» von Salt-n-Pepa beispielsweise, eignet sich ideal, um die Idee zu verstärken, dass ein Schuss «ausgeführt» und nicht geworfen werden sollte, um ein Optimum an Reichweite zu erreichen (Manning et al., 2008).

Lee und Kimerly untersuchten in einer Studie, welchen Einfluss das Tempo einer Musik auf die Herzleistung und auch auf die Erholung nach dem Training hat, während und nach einem 20minütigen Lauftraining. Bei der mit schneller, rhythmischer Musik beschallten Laufgruppe war die Laufgeschwindigkeit im Schnitt 1.4km/h höher als die Vergleichsgruppe.

Die Herzfrequenz war im Schnitt bis zu 17 Schlägen/Minute höher als in der Gruppe ohne Musik (Gasenzer & Leischik, 2018). Die Herzfrequenz beim Aufwärmen vor dem Sport auf 120 Schläge pro Minute zu steigern, kann durch Musikbegleitung mit einem Tempo von 80-130 Schlägen pro Minute effektiv unterstützt werden. Im Verlauf des Trainings oder eines Wettkampfs kann Musik dabei helfen, den Flow, den Höhepunkt der intrinsischen Motivation, zu erreichen (Manning et al., 2008). Musik kann als eine Art natürliches Doping angesehen werden, das in verschiedene Richtungen seine Wirkung entfalten kann. Dementsprechend ist die Musikbeschallung während Ironman-Wettkämpfen und bei professionellen Marathons verboten (Gasenzer & Leischik, 2018). Eine andere Haltung gegenüber der Entwicklung im Bereich «Sport und Musik» bewiesen die Organisatorinnen des Londoner Halbmarathons. Im Sinne von «Run to the Beat», positionierten sie Livemusiker, die entlang der Laufstrecke wissenschaftlich ausgewählte «Laufmusik» spielten (Manning et al., 2008). Haile Gebrselassie, ein gefeierter, ehemaliger äthiopischer Langstreckenläufer, ist berühmt dafür, dass er im Takt des rhythmischen Popsongs «Scatman» Weltrekorde erlief – es passte im Tempo perfekt zu seiner Zielschrittfrequenz (Manning et al., 2008).

5.5.1 Musiktherapie in Bezug auf das Herz- Kreislaufsystem

Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, mit dem Beginn der neuzeitlichen Musiktherapie, fand, neben der Psyche, auch das Herz- Kreislaufsystem Beachtung. Besonders die anthroposophische Musiktherapie begann, auch physiologische Vorgänge wie das Atmen, den Kreislauf und den Stoffwechsel ins Zentrum der musiktherapeutischen Behandlungen zu setzen (Gasenzer & Leischik, 2018). Aktuell beginnt sich das musiktherapeutische Forschungsgebiet zunehmend für die Zusammenhänge zwischen Musik und körperlich-physiologischen Reaktionen zu interessieren (ebda). Suh et al. (2014) konnten in einer Studie beweisen, dass weisses Rauschen über 50dB die sympathische Aktivität steigert. Sie fanden auch eine starke Korrelation zwischen dem Nieder- und Hochfrequenz-Verhältnis, welches dem Sympathikus-Vagus-Gleichgewicht entspricht.

Somit konnte gezeigt werden, dass die «Lärm»-Intensität auf die Herzfrequenzvariabilität einen Einfluss ausübt. Die kardiovaskulären Reaktionen auf Geräusche erfolgen auf unterschiedlichen Wegen, ein bekanntes Beispiel ist die Schreckreaktion. Der akustische Schreckreflex wird via Hirnstamm vermittelt und hat eine abrupte Reaktion des Herz-Kreislaufsystems zur Folge, Herzfrequenz, Blutdruck und Puls steigen.

Sie kann als Beweis des Einflusses akustischer Reize aufs autonome Nervensystem angesehen werden (Valenti et al., 2012). Es konnte nachgewiesen werden, dass eine langfristige, musiktherapeutische Hörstimulations-Therapie die Herzfrequenzvariabilität bei Brustkrebspatientinnen verbesserte, die mit Anthracyclin (bekannt dafür, dass eine Nebenwirkung Herz-Kreislaufstörungen sind, zum Beispiel Bradykardie, dekompensierte Herzinsuffizienz, Tachyarrhythmie) behandelt wurden (Chuang et al., 2011, in Valenti et al., 2012, S. 956).

5.5.2 Musik und Puls / Herzschlag mit Fokus Anregung, in der Musik für die Machbarkeitsstudie

Da es die Atmung sein würde, die bei einem Menschen mit einer Tetraplegie die Atem- und Pulsfrequenz erhöhen könnte, wäre der musikalische Faktor dafür auch die Temposteigerung.

Grund zur Erhöhung des Pulses, der Herzfrequenz könnten auch individuelle Gedanken/Bilder sein, die durch die Musik ausgelöst werden könnten. (Werden nach der Machbarkeitsstudie im semi-strukturierten Interview erfragt.)

Möglicherweise an den Herzschlag / Puls erinnernde Rhythmen sind von 1:38 bis 2:38 und von 2:40 bis 4:21 zu hören. Der 4/4-Takt/Puls (pot. Stimulierung des Sympathikus) sowie der 6/4-Takt (pot. Stimulierung des Parasympathikus, Ruhe und Einhüllung, um den folgenden 4/4-Takt/Puls intensiver erleben zu können) sind ebenfalls in der Grafik unter 5.8.2 zu finden.

5.6 Binaural Beats, Theorie

Als binaurale (lateinisch: mit beiden Ohren) «Schläge» wird ein Sinneseindruck bezeichnet, der entsteht, wenn beiden Ohren, dichotisch via Kopfhörer, ein separater Ton mit leicht abweichender Frequenz abgespielt wird (Wikipedia, o. J.-b). Die Töne sollen aus reinen Sinuswellen bestehen. Sie dürfen nicht unter 1500 Hz liegen und müssen weniger als 30 Hz auseinanderliegen.

Wird beispielsweise dem rechten Ohr der zuhörenden Person ein reiner 510-Hz-Ton präsentiert, während das linke Ohr einen reinen 500-Hz-Ton zu hören bekommt, wird dies als illusorischen Schlag mit einer Frequenz von 10 Hz wahrgenommen (McConnell, Froeliger, Garland, Ives & Sforzo, 2014). Dieser neue und dazu pulsierende Ton liegt somit bei der Frequenzdifferenz der beiden Anfangstöne.

Im Unterschied zu Schwebungen entstehen binaurale Beats nicht durch Überlagerung von Schallwellen (ebda). Der Ursprung der binauralen Beat-Wahrnehmung liegt im unteren Colliculus und den oberen Olivenkernen des Hirnstamms, wo die Schallsignale von jedem Ohr integriert werden und sich fortsetzen, während die Nervenimpulse durch die Formatio reticularis wandern. So gelangen sie vom Mittelhirn bis zum Thalamus, der Hörrinde und anderen kortikalen Regionen (McConnell et al., 2014).

Als ursprünglicher Entdecker der binauralen Beats gilt der deutsche Physiker Heinrich Wilhelm Dove (1803-1879). Bereits im Jahre 1839 entdeckte er dieses akustische Phänomen. Er kam zur Erkenntnis, dass die wahrgenommenen «Schläge» im auditorischen System ihre Entstehung haben müssen, da keine akustische Vermischung vorlag. Er ging davon aus, dass die «Schläge» in jenem Hirngebiet entstehen, das für das binaurale/stereophone Hören zuständig ist (Wikipedia, o. J.-b). Kopfhörer gab es damals noch nicht. Die Sinustöne wurden mittels Stimmgabeln über Röhren zu den Ohren des Probanden geleitet. Dieser befand sich in einem mittleren Raum, die Röhren kamen jeweils aus einem links und rechts angrenzenden Raum zu seinen Ohren. So sollte jegliche «Tonvermischung» vor dem Eintreffen beim jeweiligen Ohr vermieden werden (Oster, 1973).

Über lange Zeit wurde das «Thema» der binauralen Beats ab und an sporadisch aufgegriffen, hatte aber im Wesentlichen einfach den Status einer physikalisch-neurologischen Kuriosität. Erst 1973 publizierte G. Oster (1940-2018), ein Biophysiker aus New York, einen Artikel (Oster, 1973) zu den Forschungsergebnissen bez. Binaural Beats der vergangenen 134 Jahre und forschte auch selbst auf diesem Gebiet weiter. So basieren auch die oben erwähnte Wahrnehmungs-Obergrenze und die möglichen Frequenzunterschiede der binauralen Beats auf seinen Forschungen. Ein weiteres bedeutsames Ergebnis stellt die Erkenntnis dar, dass es möglich ist, einen binauralen Beat auch dann wahrzunehmen, wenn eine Trägerfrequenz unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle liegt. Ebenso dann, wenn beide Trägerfrequenzen derart leise sind, dass das menschliche Ohr sie scheinbar gar nicht hört.

Daraus zog Oster den Schluss, dass Binaural Beats nicht denselben neuronalen Weg wie die sonst übliche «Tonverarbeitung» nehmen. So waren binaurale Beats ein wichtiges Instrument, um neuronale Vorgänge im Bereich des Hörens zu analysieren oder das räumliche Hören zu untersuchen. Im medizinischen Bereich brauchte Oster die binauralen Beats als Diagnose-Instrument bei der Untersuchung von Hörbeeinträchtigungen. Dabei fand er heraus, dass er durch Binaural Beats auch andere Krankheiten entlarven konnte.

Es stellte sich heraus, dass die Fähigkeit, binaurale Beats hören zu können, kurz vor Ausbruch einer Parkinson-Erkrankung deutlich zurück ging. Bei einer Person konnte er nachweisen, dass unter der medikamentösen Behandlung der Parkinson-Erkrankung, die Fähigkeit, binaurale Beats zu hören, wieder zunahm. Oster fand zudem heraus, dass Frauen, abhängig davon, wo sie in ihrem Menstruationszyklus stehen, die binauralen Beats unterschiedlich wahrnehmen (Wikipedia, o. J.-b). Wenn die Frauen den binauralen Beat nicht hören konnten, nahmen sie oft zwei getrennte Töne wahr. Bei den Männern konnten keine Hörschwankungen innerhalb eines Monatsverlaufs festgestellt werden. Dies warf bei Oster die Frage auf, ob binaurale Beats eventuell eine Art «Messinstrument» für den weiblichen Östrogenspiegel sein könnten (Oster, 1973).

5.6.1 Binaurale Beats und Hirnwellen

Hans Berger (1873-1941), ein Neurologe und Psychiater, entdeckte 1924 die Hirnwellen. Er gilt auch als der Erfinder des EEGs (Elektroenzephalographie) (Wikipedia, o. J.-d).

Sich zusammenschaltende Nervenzellen, die gemeinsam elektrische Impulse aussenden, lassen Gehirnwellen entstehen. Auch weit entfernte Hirnareale können so kommunizieren. Die verschiedenen Gehirnwellen beruhen auf unterschiedlichen Bewusstseinszuständen (Pauli, 2021).

Die Gehirnwellen werden in folgende fünf Gruppen unterteilt:

- Delta Wellen (0,1 bis kleiner als 4 Hz), bei gesunden Erwachsenen sind sie typischerweise in der traumlosen Tiefschlafphase zu finden.
- Theta-Wellen (4 bis kleiner als 8 Hz), beim gesunden Erwachsenen sind sie vermehrt bei Schläfrigkeit und in leichten Schlafphasen zu finden.
- Alpha-Wellen (8 bis kleiner als 13 Hz) treten vermehrt bei leichter Entspannung, resp. entspannter Wachheit auf (bei geschlossenen Augen). Mit dem Augenöffnen werden sie durch Beta-Wellen abgelöst (Berger-Effekt).

- Beta-Wellen (13 bis ca. 30 Hz) treten in unterschiedlichen Situationen auf, zum Beispiel bei konstanter Anspannung eines Muskels oder bei hoher Konzentration. Ist die Frequenz im Bereich über 25 Hz, ist die betroffene Person in Alarmbereitschaft (Wikipedia, o. J.-a). Beta-Wellen stehen auch im Zusammenhang mit Nervosität und Angst. Ein hohes Vorkommen von Beta-Wellen wird mit Schlaflosigkeit in Verbindung gebracht (Velasco, o. J.).
- Beta-Wellen können ergänzend in Low Beta-Wellen (12-15 Hz, Aufmerksamkeit, leichte Anspannung, ist eher bei Kindern und Jugendlichen zu finden), Beta-Wellen (15-21 Hz, bewusstes Konzentrieren und Informationsverarbeitung), und in High Beta-Wellen (22-28 Hz, hohe Spannung, Panik) eingeteilt werden (Ergotherapie-Haus, o. J.).
- Gamma-Wellen (ab 30 Hz bis über 100 Hz) treten bei Spannungen, Hyperaktivität, Angstzuständen, jedoch auch bei geistigen Spitzenleistungen auf (brainLight, o. J.).

In jüngerer Zeit wird im Zusammenhang mit den Hirnwellen auch der Einfluss der Stimulation dieser durch binaurale Beats erforscht (Velasco, o. J.). Es konnte belegt werden, dass das Gehirn, nach der Bildung der Beats, anschliessend weiter Gehirnwellen mit identischer Frequenz produziert. Dieses Phänomen wird als Frequency Following Response (FFR) bezeichnet (Velasco, o. J.). So können binaurale Beats genutzt werden, um die Gehirnwellen zu stimulieren mit den Zielen die Entspannung, den Schlaf oder die Konzentration zu fördern oder auch zur Unterstützung bei Meditationen.

Je nach Fokus des gewünschten Bewusstseinszustands wird dem Gehirn ein neurologisch relevanter Gehirnwellen-Frequenzbereich angeboten. Da die Mehrheit der Zuhörenden reine Sinustöne als unangenehm empfindet, werden sie meist in Kombination mit anderen Tönen abgespielt (Wikipedia, o. J.-b).

In einer Studie wurde untersucht, ob binaurale Theta-Frequenz-Beats die Entspannungsreaktion nach dem Sporttraining verbessern können. Selbst bei kurzem Hören binauraler Beats (weniger als zwei Minuten) konnten akute Reaktionen des autonomen Nervensystems (Beruhigung Sympathikus, Aktivierung Parasympathikus) nachgewiesen werden (McConnell et al., 2014).

In einer anderen Studie konnte bei Militärangehörigen, die unter grossen Stresssymptomen litten und die vor dem Einschlafen Musik mit eingebetteten binauralen Beats (Theta-Wellen) hörten, eine Abnahme der sympathischen Tätigkeit und eine Zunahme der parasympathischen Aktivität nachgewiesen werden (HRV-Messung). Der Delta-Frequenzbereich konnte die Schlafqualität verbessern (Gantt, Dadds, Burns, Glaser & Moore, 2017).

Neben den beruhigenden Effekten, die binaurale Beats einleiten können, gibt es auch einige klinisch relevante Ergebnisse aus Studien, die eine «Binaurale-Beat-Aktivierung» belegen konnten. So zum Beispiel bezüglich der Herzfrequenz, dem Blutdruck und der Leistung der Wachsamkeit. In der gerade erwähnten Studie (ebda) konnte auch nachgewiesen werden, dass der Beta-Frequenzbereich die Konzentration bei Müdigkeit und die kognitiven Fähigkeiten verbessern kann. Eine andere nennenswerte Studie untersuchte die Reaktionen des Gehirns auf unterschiedliche binaurale Beats, die mithilfe der quantitativen Elektroenzephalographie (QEEG) interpretiert wurden. Das Ergebnis konnte zeigen, dass bei unterschiedlichen Schlagfrequenzen unterschiedliche Reaktionen auftreten (Jirakittayakorn & Wongsawat, 2015).

In einer neueren Studie wurde der Zusammenhang zwischen psychosozialen Stress und der hirnrhythmusspezifischen Modulation untersucht. Probanden lösten vor und nach einer Stressintervention eine kognitive Aufgabe, das gesamte Setting wurde mit EEG-Aufzeichnungen überprüft. Es konnte aufgezeigt werden, dass die Zunahme von psychosozialen Stress mit einer Zunahme von Angst und mit spezifischen Veränderungen der Betaband-Oszillationsaktivität verbunden ist. Aus der Studie ging hervor, dass das Beta-Power-Band ein relevanter Kandidat für Neurofeedback-Behandlungen sein kann. Die Kombination aus einer kognitiven (Aufmerksamkeits-)Therapiestrategie in Kombination mit dem Betaband-Amplituden-Feedback kann als ein mögliches Behandlungsinstrument für Stressfolgen dargestellt werden. Die Grösse der Beta-Leistung kann massgeblich die Wahrscheinlichkeit von Stress voraussagen und stellt damit ein vielversprechender elektrophysiologischer Marker dar (Palacios-García et al., 2021).

5.6.2 Binaural Beats, für die Musik der Machbarkeitsstudie

Da die Machbarkeitsstudie zeitlich nach dem Aufwachen des Probanden angesetzt ist, kommen in der Musik zum leichten Anregen, besseren Wachwerden, um den Kreislauf anzuregen, Beta-Wellen via Binaural Beats zum Einsatz.

Das linke Ohr der hörenden Person bekommt 70Hz, das rechte Ohr 55Hz zu hören, das Gehirn lässt die Differenz 15Hz = Betawellen entstehen. Diese werden so in die Musik eingebettet, dass kein unangenehmes Gefühl entstehen sollte.

5.7 Die Piloerektion, Theorie & Studiendesign

Die Piloerektion ist ebenfalls unter den Begriffen: Piloarrektion, Gänsehaut, Hühnerhaut, Chills und Thrills bekannt.

Eckart Altenmüller (Arzt, Musiker und Forscher auf dem Gebiet der Neurophysiologie und Neuropsychologie) hat über viele Jahre die Chill-Reaktionen beim Musikhören erforscht. In seinem Buch: Vom Neandertal in die Philharmonie schreibt er (Altenmüller, 2013, S. 381): «Solche «Chills», «Thrills» oder Gänsehauterlebnisse sind mit dem Gefühl eines Fröstelns und mit Schauern, die den Rücken hinunterlaufen, verbunden. Die Chill-Reaktion tritt in vielen Zusammenhängen auf und wird durch ganz unterschiedliche Sinnesreize ausgelöst. Physiologisch geht sie mit einer Aktivierung des sympathischen autonomen Nervensystems einher. Das führt zu einer Kontraktion der winzigen Haaraufsteller-Muskeln in der behaarten Haut.»

Die Musculi arrectores pilorum sind winzige glatte Muskelchen, die oberflächlich in der Lederhaut liegen. An jedem einzelnen Haarbalg befindet sich unterhalb der Talgdrüse ein Bündel Musculus arrector (Antwerpes, Krimpen & Prinz, 2017). Der Musculi arrectore/Haaraufrichtemuskel/Haarbalgmuskel/Pilomotor wird durch sympathische Nervenfasern und somit übers autonome Nervensystem innerviert (Trepel, 2004; Wikipedia, o. J.-e).

«Zudem werden Chills von weiteren Reaktionen des sympathischen Nervensystems begleitet. So erhöhen sich häufig Herzfrequenz, Blutdruck, Atemfrequenz und Schweißproduktion. Chills sind die Folge einer Hirnaktivierung im Bereich der Belohnungszentren des limbischen Emotionssystems.

Die beteiligten Hirnregionen umfassen Bereiche von Mittelhirn und Accumbenskern sowie vom unteren vorderen Anteil des Stirnhirns (orbitofrontaler Kortex) gehemmt wird hingegen die Aktivität der Amygdala. Neue Untersuchungen zeigen, dass die Erwartung des musikalischen Glückserlebens die Ausschüttung des Belohnungs- und Motivationshormons Dopamin im Bereich der Basalganglien (im sogenannten Schweifkern oder Nucleus caudatus) bewirkt, während der eigentliche Gänsehautmoment dann eine Dopaminausschüttung im Accumbenskern zur Folge hat. Ausserdem werden auch Glückshormone, Endorphine, ausgeschüttet.» (Altenmüller, 2013, S. 381/382)

Die Forschung geht davon aus, dass es sich bei der Gänsehaut um ein Rudiment handelt, die den evolutionären Sinn teilweise oder ganz verloren hat. Als Reaktion auf einen starken emotionalen Reiz oder auch auf Kälte, stellen sich die Härchen auf und zwischen den Härchen kann sich eine wärmende, isolierende Luftschicht bilden. Bei Bedrohung lassen die aufgestellten Haare den Bedrohten durch die vergrösserte Körperoberfläche imposanter erscheinen (Stegemann, 2018). Eine Studie, die 2020 durchgeführt wurde, konnte sogar nachweisen, dass Gänsehaut, die durch Kälte hervorgerufen wird, das Haarwachstum anregt. Ziehen sich die Haarbalgmuskeln zusammen, aktivieren sie die Haarfolikelstammzellen, die für das Haarwachstum verantwortlich sind (AOK, 2020).

Der Emotionsforscher Joak Panksepp geht davon aus, dass Chill-Erlebnisse beim Musikhören auch auf dem evolutionär alten biologischen Signalsystem der Trennungsrufe von Primaten begründet sein könnte. Wenn die Mutter und ihr Baby den Sichtkontakt verlieren, kann der sehnsuchtsvolle Trennungsruf der Mutter, beim Baby das Aufstellen seiner Fellhaare bewirken. Dadurch kann es sich bis zum Eintreffen der Mutter erwärmen (Altenmüller, 2018).

Aversive akustische Stimuli können ebenfalls eine Gänsehaut hervorrufen. Man denke hier an schrille, laute oder «kratzige» Geräusche wie das Kratzen von Fingernägeln an einer Tafel. Beruhen könnte die Chill-Reaktion auf solche Geräusche auf der Alarmfunktion des auditiven Systems. Panikschreie, schrille Schreie, zum Beispiel von Tieren oder schreienden Babys, sollten uns alarmieren, warnen und in den «fight-or-flight-Modus» versetzen (Stegemann, 2018).

Die positiven Chill-Reaktionen auf Musik, die mit einem Glücksgefühl verbunden sind, im Hinblick auf den evolutionären, adaptiven Mechanismus zu erklären, ist weniger naheliegend und schwieriger. Dass das genaue Hinhören auf bekannte Klänge mit einem belohnenden Effekt aufs Gehirn taxiert wurde, könnte evolutionär «lohnend» gewesen sein. Ein gut trainiertes auditives Gedächtnis war für einen Früh-Menschen gewiss von Vorteil (ebda). Untersuchungen konnten aufzeigen, dass bereits die Erwartung auf ein musikalisches Glückserleben eine Ausschüttung von Dopamin (Belohnungs- und Motivationshormone) zur Folge hat. Der reale Gänsehautmoment löst eine Dopaminausschüttung im Accumbenskern aus, ausserdem werden auch Endorphine (Glückshormone) ausgeschüttet (Altenmüller, 2018). «Durch die Aktivierung des sympathischen Nervensystems und des Belohnungssystems war Musik in der Lage, den frühen modernen Menschen in ihrem harten Leben Momente des Glücks und des Trostes zu schenken.» (Altenmüller, 2013, S. 393) Altenmüller geht davon aus, dass die treibende Kraft für die Entwicklung des menschlichen auditiven Gedächtnisses die durch Chills vermittelte Belohnung des Wohlgefühls beim Identifizieren neuer akustischer Muster war. Dass auch Lieder und Gesänge und Klänge von ersten Musikinstrumenten einen sicheren Rahmen boten, um das auditive Unterscheidungsvermögen zu trainieren. So wurden auch die stimmlichen Fähigkeiten verbessert und die Voraussetzungen für das hochdifferenzierte akustische Kommunikationssystem der menschlichen Sprache erschaffen (Altenmüller, 2018). «Die durch den Chill-Moment verursachte Steigerung der Erregung und der Motivation sowie die Endorphinausschüttung unterstützen die Gedächtnisbildung für den auslösenden Stimulus. Auf diese Weise werden alle Ereignisse, die zu Chill-Reaktionen führen, verstärkt ins Langzeitgedächtnis überführt (ebda).

In der Radiosendung «Input» von Radio SRF 3 (Banzer, 2022) weist Prof. Dr. Lutz Jäncke (Professor für Neuropsychologie) auf die Wichtigkeit der Musik als Element einer Persönlichkeit hin. Er beschreibt, dass die Persönlichkeit im Wesentlichen übers Gedächtnis determiniert wird, wir das sind, was wir über uns erinnern. Zu diesem Bereich zählt er die Musik elementar dazu, da sie oft mit persönlichen Erlebnissen gekoppelt ist. Er erwähnt eindrücklich, dass bereits das Antizipieren von Musik eine Gänsehaut auszulösen vermag.

Das Auslösen einer Gänsehaut kann also oft sehr persönlich und an ganz persönliche Erlebnisse, Erinnerungen und starke Gefühle geknüpft sein.

Es gibt jedoch auch Chill-Trigger, die bei der Mehrheit der Hörenden eine Gänsehaut auszulösen vermögen:

- Lautstärke, die plötzlich zunimmt (Banzer, 2022)
- Konstante Zunahme der Intensität und der Kraft des Sängers und der Musik, die sich eruptiv am Ende entlädt (zum Beispiel «Hymnen» wie «We are the Champions» von Queen) (Banzer, 2022)
- Worte, die im Einklang mit der darauf abgestimmten Melodie berühren, intensiv tönende Schilderungen, zum Beispiel von Liebe, Treue, Untreue, Tod etc. (Altenmüller, 2018)
- Bei Liedern: besondere Stimmqualität (Altenmüller, 2018)
- Unerwarteter Bruch in der musikalischen Struktur, zum Beispiel durch eine überraschende harmonikale Wendung oder durch den plötzlichen Einsatz einer Singstimme (Stegemann, 2018)
- Schrille Töne (Stegemann, 2018)
- «kratzige» Geräusche (Stegemann, 2018)
- Melodische Höhepunkte (Spitzer, 2014)
- Neue bzw. unvorbereitete Harmonie (Spitzer, 2014)
- Plötzlicher Wechsel von Dynamik oder Textur (Spitzer, 2014)
- Die Autorin denkt, dass Musik die musikalisch zu «umhüllen» vermag, unbewusst an die intrauterine «Muttermusik» erinnert und dadurch Hühnerhaut auslösen könnte.

In der Radiosendung von SRF 1 «Input»: «Haarsträubende Musik» (Banzer, 2022), erwähnt Daniel Hobi (Musiker), dass Musik die Fähigkeit hat, Empfindungen zu «bündeln», zu berühren (z.B. auch die Haut) und die Zeit zu «beugen». Es ist eine Entscheidung der zuhörenden Person, sich auf die Musik einzulassen, eine Grundvoraussetzung, dass Musik überhaupt Hühnerhaut-(Gefühle) auslösen kann. Musik kann eine tolle Möglichkeit sein, sich an einem sicheren Ort auf Gefühle einzulassen, die Hühnerhaut auslösen.

Im Zusammenhang mit der Piloerektion möchte die Autorin die Studie «Effects of Aesthetic Chills on a Cardiac Signature of Emotionality» (O’Kelly et al., 2013) erwähnen. Es wurde untersucht, ob EK-Werte (EK=Emotionalitätssignatur, die aus dem standardmässigen 12-Kanal-EKG berechnet werden kann), während der Stimulation mit Musikstücken und Filmszenen (von den Teilnehmenden ausgewählt), die starke Emotionen hervorrufen, vorübergehend moduliert werden können. Das Phänomen des ästhetischen Schüttelfrosts (messbare Piloerektion am Vorderarm) wurde verwendet, um die Momente der höchsten emotionalen Reaktionen während der Stimulation genau zu lokalisieren. Bei den 58 gesunden Teilnehmenden wurden während der Stimulation mit der Musik oder den Filmszenen kontinuierlich die EK-Wert, die Herz- und die Atemfrequenz sowie auftretender ästhetischer Schüttelfrost aufgezeichnet. EK-Werte und Herzfrequenz stiegen in den Momenten mit höchsten positiven Emotionen, begleitet von Piloerektionen, signifikant an.

Die Piloerektion in der Musik der Machbarkeitsstudie

Ein Sympathikusausfall kann einen Piloarrektions-Verlust (Gänsehautverlust) zur Folge haben (Hohlfeld et al., 2009). Würde es gelingen, durch die Musik bei der hörenden Person einen Schauer im Nacken, eine Gänsehaut auszulösen, würde dies eine Sympathikus-Aktivität anzeigen.

Über die ganze Musikdauer verteilt wurden verschiedene «Piloerektions-Möglichkeiten» eingebaut. Die einzelnen hohen «Triangel-Plings» könnten aufmerksamkeitsanregende «Aktivierungspunkte» fürs sympathische System sein. Die Chimes, durch die 8D von den meisten Hörenden in der Nackengegend lokalisiert, könnten einen «Schauer» beim Zuhörenden auslösen. Die musikalischen «Prickel-Abschnitte» könnten ebenfalls Hühnerhaut förderlich sein. Die «Knirsch-Vibrationen» sind der Gruppe der aversiven akustischen Stimuli zuzuordnen. Die musikalisch leicht verfremdeten «Stimmschlieren» könnten je nach Zuhörender Person als einhüllend (wohlig Schauer) oder als eher befremdlich, mystisch (eher aversiver Schauer) empfunden werden. Die einzelnen musikalischen, möglicherweise eine Piloerektion auslösenden Elemente, sind unter 5.8.2 einzeln aufgeführt und grafisch dargestellt.

5.8 Musik für die Machbarkeitsstudie

In diesem Kapitel wird der Ablauf der Musik im ersten Teil verbal zu beschreiben versucht. Anschliessend werden die Elemente, die das sympathische System der Menschen mit einer Tetraplegie anregen könnten, grafisch dargestellt. Der letzte Teil enthält den Link zur Komposition, die in der Machbarkeitsstudie angewandt wurde.

5.8.1 Verbale Beschreibung der Musik und deren ev. Wirkelemente

Die Musik holt den frisch erwachten Patienten mit ruhigen, subtilen, pulslosen Klängen ab. Die Sequenz ist instrumental von Streichern, Triangel, Synthesizer-Flächen und Synthesizer-Arpeggios gestaltet. Räumlich (8D) kommen die Klänge von allen Seiten. Die erhoffte Wirkung der Musik ist Entspannung, keinen Stress, durch helle, überraschende Klänge wie Triangel und Arpeggios ev. (Erwartung) weckend.

Von 1:19 bis 2:19 setzen die Binaural Beats (Betawellen, 15Hz) ein. (Siehe auch Kapitel 5.6/5.6.1/5.6.2.) Die erwünschte Wirkung wäre ein Wachwerden, zu Beginn durch einen tiefen, rumpfabwärts gehenden Schlag verstärkt, eine «Erdung», Aufmerksamkeit «nach aussen» wecken.

Ab 1:38 wird der Puls des 4/4- Takts mit Schlag auf 1,2,3 und 4 sehr klar wahrgenommen. Diese Sequenz dauert bis 2:11 und geht dann unter Einbehaltung der Grundschräge in einen bewegteren 4/4-Rhythmus bis 2:38 über. Diese Rhythmen könnten weiterhin «erden» wirken oder auch mit Herztönen assoziiert werden.

Von 2:40 bis 4:21 ist die Musik in einem 6/4-Takt komponiert (pot. Stimulierung Parasympathikus), was einen «leichten», «erhebenden» Effekt bewirken könnte. Auch dieser Rhythmus könnte an Herztöne erinnern und Halt und Geborgenheit geben. Streicher, Klavier und im Speziellen die Flöte umspielen und hüllen die hörende Person ein. Während der 6/4-Tempo-Sequenz bleibt das Tempo konstant und stabil.

Von 4:27-6:13 (Break von 6:14-6:17) von 6:18-7:23 (Break von 7:24-7:27) und von 7:28-8:54, wird die Musik im 4/4-Takt (der Stabilität geben soll) mit gleichbleibendem und nur leicht variierendem «anregendem» Rhythmus immer schneller. Durch die beiden Breaks kann das Schnellerwerden noch deutlicher gespürt werden. Bei 8:54 hat das Tempo der Musik mit 150 bpm das Maximum erreicht.

Von 8:55 bis 8:58 setzt ein perkussionsloses, Streicher geprägtes Half-time Feel ein (wie Tempo 75 bpm). Bei 9:22 kommen Piano-Achtel-Triolen und die Flöte mit einer Melodie hinzu. Glockenspielklänge sind immer wieder zu hören. Diese Sequenz endet bei 9:56 in einem Schlussakkord mit Triangel.

Das Stück ist geprägt von vielen Tonartwechseln und beinhaltet drei Quint-Fall-Kadenzen. Molltonarten kommen häufiger vor als Dur-Tonarten.

Von 9:59 bis zum Ende des Stück wird durch Sechzehntel- und einzelnen Triangeltönen nochmals eine Anregung des Kreislaufs und des Sympathikus angestrebt, das mit einem hohen Triangelton und einem tonal abwärtsführenden, «erdenden» Schlussston den Ausklang findet.

5.8.2 Grafik der Musik und der ev. Sympathikus anregenden musikalischen Elemente

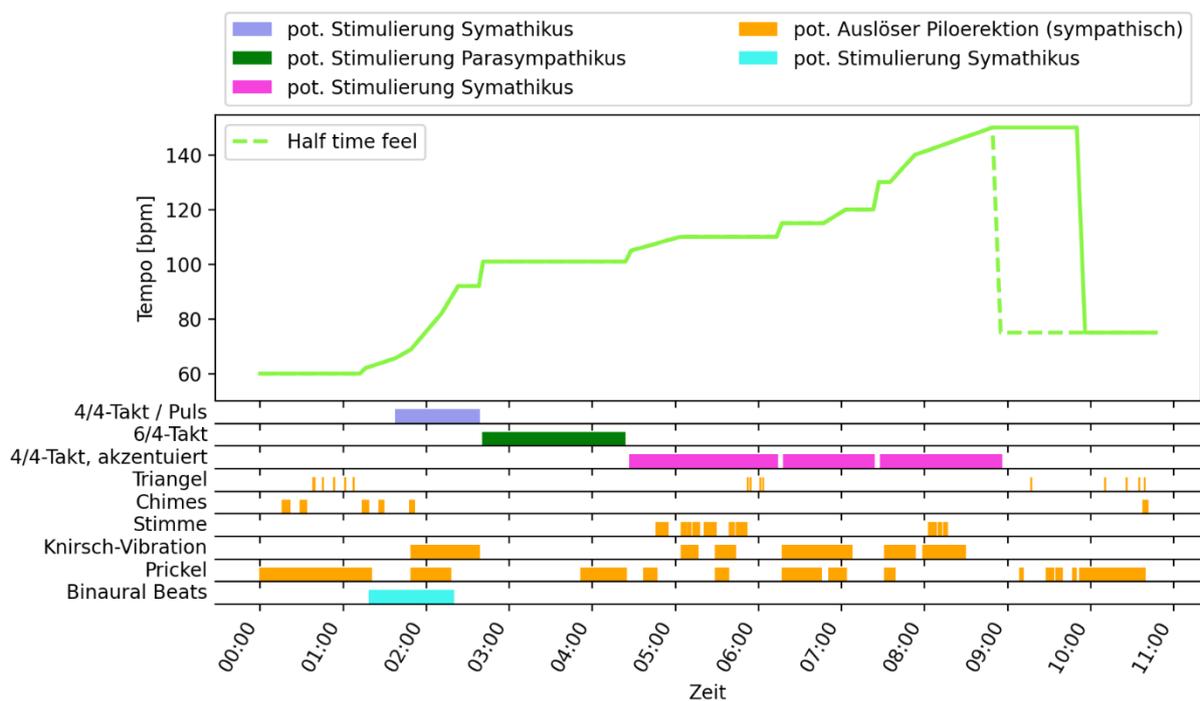


Abbildung 14: Grafische Darstellung der Musikelemente

5.8.3 Musik-Link

Via URL / QR-Code ist das Anhören des gesamten Musikstücks möglich.

Beim Hören ist das Tragen von Kopfhörern notwendig (8D und Binaural Beats).

<https://www.dropbox.com/scl/fi/kaedmh0c9egjgeojz1vdb/Musik-f-r-R-ckenwind.wav?rlkey=cwqz3e5dysbicbplrf18g0g9h&dl=0>



6 Untersuchungsmethode & Vorgehen

In diesem Kapitel werden die einzelnen methodischen Bestandteile der Machbarkeitsstudie übersichtlich aufgefächert.

Grundlagen der Machbarkeitsstudie

Bei Menschen mit einer Tetraplegie sind neben den sensomotorischen Funktionen häufig die Funktionen des autonomen Nervensystems beeinträchtigt. Der Sympathikus ist vermindert oder ausgefallen und der Parasympathikus dominiert. Dies hat für die Betroffenen unangenehme gesundheitliche Folgen wie Kreislaufprobleme, zum Beispiel tiefer Blutdruck bei orthostatischer Veränderung oder Thermoregulationsprobleme. Etablierte Behandlungsmöglichkeiten in der Praxis sind Kompressionsstrümpfe, das Tragen eines Bauchgurts, kreislaufaktivierende Medikamente, physiotherapeutische und ernährungsbezogene Massnahmen. Häufig reichen diese Massnahmen nicht aus, um den Ausfall/die zu geringe Leistung des sympathischen Systems zu kompensieren (siehe Kapitel 4).

Musiktherapeutische Interventionen haben bisher eher den Fokus, das parasympathische Nervensystem zu stimulieren, um die Entspannung zu fördern. Es wurde jedoch bisher kaum erforscht, ob die Musiktherapie zur Stimulation und Anregung des sympathischen Nervensystems nutzbar wäre.

Die für die Machbarkeitsstudie komponierte Musik beinhaltet wissenschaftlich begründete musikalische Elemente zur möglichen Anregung des Sympathikus, so, dass ein Effekt auf das autonome Nervensystem, insbesondere auf die orthostatische Hypotonie, erwartet werden könnte.

Das primäre Ziel dieser Machbarkeitsstudie ist es, den Aufbau und die Anwendbarkeit, der neu entwickelten musiktherapeutischen Intervention, für einen Menschen mit einer Tetraplegie, zu untersuchen und zu testen.

Das sekundäre Ziel besteht darin, erste Erkenntnisse über die Wirkung der Intervention auf die Stimulation des Sympathikus bei Menschen mit einer Tetraplegie zu gewinnen.

Die Erkenntnisse des primären und des sekundären Ziels fließen in die Diskussion ein (Kapitel 8) und könnten für eine Folgestudie genutzt werden.

Ethik-Anfrage

Für diese Machbarkeitsstudie wurde eine Ethik-Anfrage an die Ethikkommission Nordwest- und Zentralschweiz (EKNZ) eingereicht (siehe Anhang 11.1). Die Ethikkommission hat die Anfrage positiv beschieden.

Die Machbarkeitsstudie fällt nicht in den Geltungsbereich des Humanforschungsgesetzes und bedarf deshalb keiner Bewilligung der Ethikkommission. Im Rahmen der Masterarbeit darf sie mit zwei Probanden durchgeführt werden.

Endpunkte

Für diese Machbarkeitsstudie wird kein primärer Endpunkt definiert.

Explorativ, werden der Blutdruck (systolisch, diastolisch), die Herzfrequenz, die Herzfrequenzvariabilität und die Atemfrequenz vor, während und nach der musiktherapeutischen Intervention erhoben und miteinander verglichen. Zudem wird explorativ die Blutdruckveränderung bei einer orthostatischen Veränderung (liegend zu sitzend) aufgezeigt.

Die subjektiven physischen und psychischen Empfindungen und Wahrnehmungen fließen durch ein semi-strukturiertes Interview mit den Teilnehmenden in die Diskussion ein.

Einschlusskriterien

- Menschen mit einer Tetraplegie, Lähmungshöhe zwischen C5 und C8
- Frühestens drei Monate nach Beginn der Querschnittlähmung
- Alter zwischen 18 und 70 Jahren
- Ohne relevante kognitive oder psychische Einschränkungen, (Montreal Cognitive Assessment (MoCA) >26 (5), Hospital and Anxiety Scale HADS <12 (6))
- Erhaltene Hör- und Sprechfunktion

Ausschlusskriterien

- Menschen mit einer akuten Erkrankung
- Menschen mit bekannter Epilepsie

Durchführungsort

Die Machbarkeitsstudie wurde in einer Spitalabteilung in einem Pflegezentrum durchgeführt. Die Abteilung ist spezialisiert auf den temporären Aufenthalt für Menschen mit Querschnittlähmung und querschnittähnlicher Symptomatik resp. neurologischen Erkrankungen wie Parkinson, Multipler Sklerose (MS) und Amyotropher Lateralsklerose (ALS).

Zeitraum

Es ist, je Proband, ein Zyklus von acht Tagen vorgesehen. Tag 0, ohne Musik, Tag 1 bis und mit Tag 7, mit Musik.

Betreuer

Prof. Dr. sc. ETH, Michael Furian, Leiter der Forschung der SWISS TCM UNI in Bad Zurzach, übernahm, da immer wieder Forschungsprojekte in Zusammenarbeit mit der Klinik im Pflegezentrum stattfinden, sehr zuvorkommend, die Betreuung dieser Machbarkeitsstudie.

Ablauf Setting

Das Setting wurde nach den Vorgaben der Case Report Form (CRF) durchgeführt (CRF siehe Anhang 11.2). Die Resultate wurden während des Settings handschriftlich in der CRF festgehalten.

Im Folgenden wird der Ablauf des Settings erläutert und anschliessend unter Abbildung 15 in einem Verlaufsstrahl dargestellt.

An Tag 0 findet zum Vergleich ein Setting ohne Musik statt.

Der Zeitpunkt des Beginns der Intervention wird dem Aufwachzeitpunkt des Probanden angepasst. Dieser Zeitpunkt bleibt an allen Tagen der Studiendauer gleich.

Vor dem Eintreten ins Zimmer des Probanden richtet die Autorin am Empfang der Klinik jeweils bereits alle Geräte ein, kontrolliert ihre Funktionen und die Wlan-Verbindung und macht die Blätter der Case Report Form (CRF) bereit.

Nach einer kurzen, ruhigen Begrüssung (es ist zu bedenken, dass der Proband noch nicht ganz wach sein könnte) legt die Autorin den Biobeat-Handgelenkmonitor, die Kopfhörer, den Laptop und das Klemmbrett mit der CRF, auf dem Beistelltischchen auf der linken Bettseite bereit. Das manuelle Blutdruckmessgerät wird auf dem Nachttisch auf der rechten Seite bereitgelegt.

Nach dem Anziehen des Blutdruckmessgeräts und des Handgelenkmonitors folgen die Fragen 5a bis 5i (siehe Anhang 11.2). Anschliessend folgen ein dreimaliges manuelles Blutdruckmessen und das Eintragen des Durchschnitts via Biobeat-Link (Kalibrierung des Handgelenkmonitors).

Wenn der Klient bequem gebettet und der Biobeat-Monitor bez. der störungsfreien Werte-Übertragung des Handgelenkmonitors überprüft ist, folgt das sorgfältige Aufsetzen der Kopfhörer.

Nach einer Baseline von fünf Minuten (Ruhephase) spielt die Autorin die Musik, via Natel und Kabelverbindung zu den Kopfhörern, ab. Die Dauer der Musik beträgt 10:47 Minuten.

Nach einer kurzen Post-Intervention (Ruhephase nach der Musik von ca. 30 Sekunden) folgt eine manuelle Blutdruckmessung. Nach Abnehmen des Kopfhörers wird die Kopfseite des Bettes bis zu ca. einem 80 Grad-Winkel hochgestellt. Nach drei Minuten erfolgt eine weitere manuelle Blutdruckmessung. Im Anschluss werden die Fragen 16a bis 16h (siehe Anhang 11.2) gestellt.

Nach dem Zurücklegen des Probanden in die Waagrechte und nach dem Zusammenpacken der Utensilien, können nach Bedarf Gespräche stattfinden.

Nach der Verabschiedung des Probanden gibt die Autorin Rückmeldung an die Pflege und informiert sie, dass der Proband nun für die Morgenpflege bereit ist.

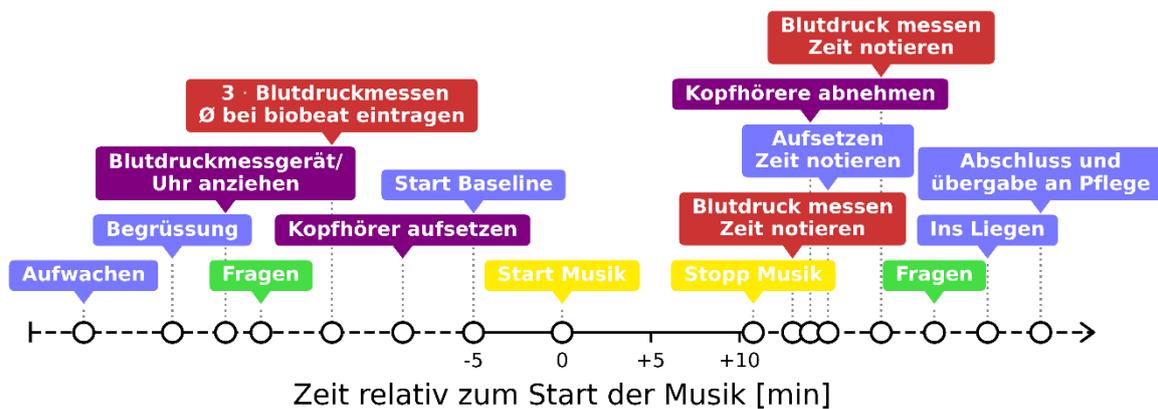


Abbildung 15: Settings-Verlauf

Messgeräte für die Machbarkeitsstudie

Der manuell gemessene Blutdruck wird mit einem Oberarm-Blutdruckmessgerät der Marke Medisana BU 510 gemessen.

Die Vitalparameter (folgend aufgeführt) können mittels der Leihgabe eines Handgelenk-Monitors BB-613W (biopeak, o. J.-a) (wie Armbanduhr) der Firma Biobeat ermittelt werden.

Die Messungen des Handgelenkmonitors basieren auf einem proprietären PPG-Sensor (reflektierende Plethysmographie), der im Handgelenkmonitor verbaut ist. Dieser Sensor wurde von Biobeat entwickelt.

Die drahtlosen, nicht invasiven Messungen des Handgelenkmonitors sind gekoppelt mit der Biobeat-App, um die Daten an die sichere, cloudbasierte Management-Plattform hochzuladen. Sollte die Verbindung zur App und zur Cloud unterbrochen werden, gehen die Daten dank eines internen temporären Datenspeichers nicht verloren. Der Handgelenkmonitor erhielt die vollständige Zulassung bzw. Kennzeichnung als Medizinprodukt. Da die Daten in Echtzeit übertragen werden, ist der Handgelenkmonitor auch für Fernüberwachungen geeignet (biopeak, o. J.-b).

Die gemessenen Daten der Probanden konnten nach Ende der Machbarkeitsstudie von Biobeat angefordert werden.

Der Handgelenkmonitor misst die folgenden Vitalparameter:

rr = Atemfrequenz	spo2 = Sauerstoffsättigung
sbp = systolischer Blutdruck	pp = Pulsamplitude
dbp = diastolischer Blutdruck	Co = Herzzeitvolumen
hr = Herzfrequenz	Ci = Herzindex
hrv = Herzfrequenzvariabilität	Sv = Schlagvolumen
MAP = Mittlerer arterieller Druck	Srv = Systemischer Gefäßwiderstand
	Temp = Hauttemperatur

Die für die Stimulation des Sympathikus relevanten Vitalwerte, welche im weiteren Verlauf der Studie relevant sind:

- Atemfrequenz (rr): Sie zeigt die Anzahl der Atemzüge (Einatmen) pro Minute an (Güler et al., o. J.).
- Systolischer Blutdruck (sbp): Der Blutdruck, der während der Systole (Herzauswurfphase) im Gefäßsystem vorliegt, wird systolischer Blutdruck genannt. Bei einer Blutdruckmessung wird dieser Wert immer an erster Stelle angegeben und stellt den höheren der beiden Werten dar (Antwerpes, o. J.-b).

- Diastolischer Blutdruck (dbp): Der Blutdruck, der während der Diastole (Entspannungsphase des Herzens) besteht, wird diastolischer Blutdruck genannt. Bei einer Blutdruckmessung wird dieser Wert immer an zweiter Stelle angegeben und stellt den niedrigeren Wert dar (Antwerpes, o. J.-a).
- Herzfrequenz (hr): Der Wert der Herzfrequenz gibt die Anzahl der Herzaktionen (Pumpfunktion des Herzens, bestehend aus Systole und Diastole) pro Minute an (Ekert, Antwerpes, Panah, Kupka & Prinz, 2020).
- Mittlerer arterieller Druck (MAPs): Unter dem mittleren arteriellen Druck versteht man den Mittelwert des Blutdruckwerts, der im Gefäßsystem herrscht. Er ist unabhängig von den systolischen und diastolischen Schwankungen im Gefäßsystem. Beim mittleren arteriellen Druck handelt es sich um einen hydrodynamischen Druck, der, je nach Lage der Arterien, ob herznah oder herzfern im Körper liegend, unterschiedlich errechnet wird (Reh et al., o. J.).
- Herzfrequenzvariabilität: Als Herzfrequenzvariabilität wird die physiologische Variation des Zeitabstands zwischen aufeinanderfolgenden Herzschlägen bezeichnet. Diese Differenzen, die in Millisekunden gemessen werden, sind Zeichen für ein gesundes Herz. Reguliert wird die HRV vom sympathischen und vom parasympathischen autonomen Nervensystem. So könnte die HRV als nicht-invasiver Marker des autonomen Nervensystems betrachtet werden. Der sympathische Teil des ANS erhöht die Herzfrequenz und den Blutdruck, die HRV verringert sich dadurch. Der Parasympathikus ermöglicht durch die Senkung der Herzfrequenz und des Blutdrucks eine Erhöhung der HRV. Typischerweise zeigt ein gesundes Herz eine tiefere HRV bei Anstieg des Pulses und eine höhere HRV, wenn das Herz langsam schlägt (Hoffman, o. J.).

Tabelle 1: Technische Angaben Handgelenkmonitor BB-613W (biopeak, o. J.-a)

Parameter	Messbereich	Genauigkeit
Atemfrequenz (rr)	4-40 Schläge/min	+/- 3 Schläge/min
Systolischer Blutdruck (sbp)	60-250mmHg	+/- 5mmHg
Diastolischer Blutdruck (dbp)	40-150mmHg	+/-5mmHg
Herzfrequenz (hr)	40-250 Schläge/min	+/-3%
Mittlerer arterieller Druck (MAPrs)	10-100mmHg	+/-5mmHg
Herzfrequenzvariabilität (hrv)	0-30%	+/-2%

Zum Hören der Musik wird ein Sony-Kopfhörer, WH-1000XM4, in der Noise-Canceling-Einstellung verwendet.

Messungen mittels EEG (Hirnwellen, ev. Einfluss der Binaural Beats) waren in dieser Machbarkeitsstudie leider nicht möglich.

Auswertung der Messresultate

Die gemessenen Ergebnisse der quantitativen Studie werden zur Verdeutlichung, mittels Grafiken und Tabellen dargestellt (Kapitel 7).

Da es möglich ist, dass die Messungenauigkeit kleiner ist als die physiologische Variation, wird der Messungenauigkeit in den Grafiken Rechnung getragen und in den Tabellen die Standardabweichung berücksichtigt.

Die qualitativen Ergebnisse des semi-strukturierten Interviews werden transkribiert und verdichtet. Die Antworten, die auf eine Stimulierung des sympathischen Nervensystems hindeuten könnten, sind ebenfalls in Kapitel 7 nachzulesen. (Das gesamte Interview ist im Anhang zu finden.)

7 Ergebnisse

Als erstes werden die Probanden und ihre Krankheitsgeschichten etwas näher vorgestellt.

Bei keinem der beiden Probanden war die Durchführung der Studie über acht Tage möglich. So sind von Proband A die Ergebnisse von drei, bei Proband B die Ergebnisse von vier Tagen in den Grafiken aufgezeigt.

In den Tabellen ist, zum Vergleich der Tage mit und ohne Musik, auch Tag 0, ohne Musik, aufgeführt.

Zum Schluss werden die qualitativen Ergebnisse des semi-strukturierten Interviews aufgeführt.

7.1 Vorstellung der Probanden

Um die Hintergründe der Probanden etwas zu kennen, sind sie folgend kurz beschrieben.

Proband A

Jahrgang: 1955

Tetraplegie: seit 2018

Tetraplegie: komplett

Unfall: Fahrradunfall

Aufenthalt in der Klinik: Einige Male pro Jahr, zur Entlastung der intensiven Situation zu Hause für ihn und seine Frau. Er schätzt die Abwechslung und die sehr gute pflegerische Betreuung. Proband A braucht beispielsweise länger als zwei Stunden, bis er morgens im Rollstuhl ist.

Anmerkung: Die Atmung von Proband A wird durch einen Zwerchfell-Stimulator unterstützt. Proband A ist Träger von Hörgeräten, die er beim Hören der Musik nicht trug. Proband A ging es im Verlaufe der Machbarkeitsstudie gesundheitlich immer schlechter, was sich ev. in den gemessenen Daten widerspiegelt. Er wurde an Tag vier mit einem Harnwegsinfekt in eine Klinik verlegt. Aus diesem Grunde musste sein Setting vorzeitig abgebrochen werden.

Proband B

Jahrgang: 2002

Tetraplegie: seit 2022

Tetraplegie: C6/C7, inkomplett

Unfall: Autounfall

Aufenthalt in der Klinik: Vorübergehende Anschlusslösung nach Erstreha im SPZ Nottwil.

Anmerkung: Proband B liess sich auf die Teilnahme an der Machbarkeitsstudie ein, sie stellte ihn jedoch vor grosse Herausforderungen. Er lebt momentan mit sehr wenig Zukunftsperspektive in dieser Klinik, verbringt viel Zeit im Park mit Kumpels. Durch ein sicherheitsgebendes Setting konnte er die fünf Tage Machbarkeitsstudie durchhalten und es kam zu sehr tiefgründigen Aussagen seinerseits. Es konnte eine gute therapeutische Beziehung aufgebaut werden, bereichernde Gespräche fanden statt. Dies alles parallel zur Machbarkeitsstudie war für die Autorin eine zum Teil sehr grosse Herausforderung, die sie jedoch gerne annahm.

7.2 Quantitative Messergebnisse

Die quantitativen Messergebnisse werden in Grafiken und Tabellen dargestellt und beschrieben.

Grafiken

In den Grafiken werden die Werte der Atemfrequenz, des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der Herzfrequenz, der Herzfrequenzvariabilität und des mittleren arteriellen Drucks dargestellt.

Im oberen Teil der Grafiken sind die experimentellen Messwerte eines Probanden über alle Tage hinweg aufgeführt. Dabei bezeichnet Δ (Delta) die Abweichung eines Wertes vom Mittelwert der Baseline des jeweiligen Tages, dieser ist in der Legende aufgeführt. Der Mittelwert der Baseline ist mit einem schwarzen Marker bei (x-Achse=-1/y-Achse=0) eingezeichnet. Der Nullpunkt der Zeitachse ist so gewählt, dass der Beginn der Musik beim Nullpunkt liegt. Dadurch ist auch das Ende der Musik immer bei 10:47 Min.

Die Zeitpunkte des Aufsitzens bez. der Blutdruckmessung hingegen weisen eine gewisse Streuung auf, was durch das grün bez. orange gefärbte Band angezeigt wird.

Im unteren Teil der Grafiken finden sich das Tempo sowie weitere Parameter der Musik, die eine stimulierende Wirkung auf das sympathische System (bei einem Parameter auf das parasympathische System) haben könnten.

Vergleichstabellen

Die Tabellen vergleichen die Werte: Atemfrequenz, systolischer und diastolischer Blutdruck, Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität und den mittleren arteriellen Druck während der Baseline (liegend), bei Ende der Musik (liegend) und sitzend (eine halbe Minute vor der manuellen Blutdruckmessung). Es sind die Werte aller Tage mit Musik (Tage 1-3 Proband A und 1-4 Proband B) und des Tages ohne Musik (Tag 0) aufgeführt.

Die Baseline besteht aus 3-5 Messwerten (Minutendurchschnittswerten). Der Mittelwert und die Standardabweichung sind in der Tabelle ersichtlich. Die Standardabweichung wird bei der Eruiierung der Klassifizierung berücksichtigt.

Werte, die am Ende der Musik einen höheren Wert aufweisen (und ausserhalb der Unsicherheitsmarge der Baseline liegen) als während der Baseline, sind gelb markiert.

Werte, die eine höhere Differenz zwischen dem Wert der Baseline und dem Wert im Sitzen aufweisen als sie sich an Tag 0 zwischen diesen Werten zeigen, sind blau markiert.

7.2.1 Grafiken & Vergleichstabellen Proband A

Grafiken Proband A

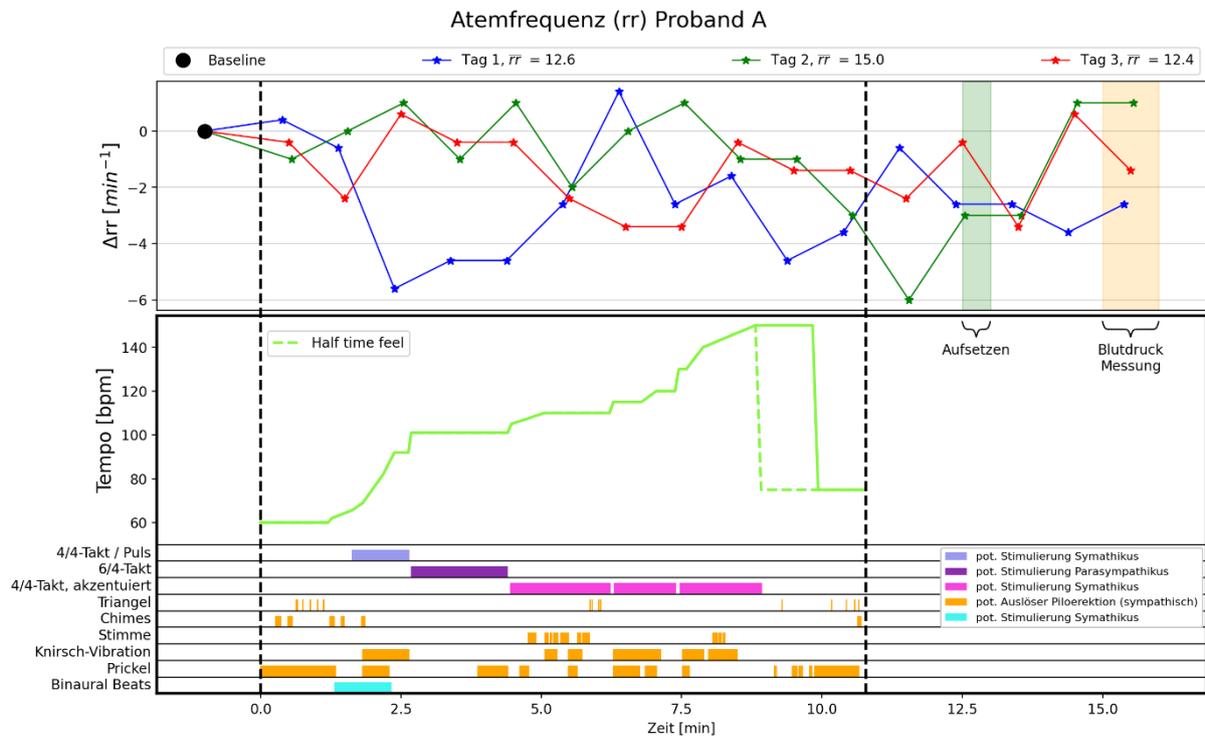


Abbildung 16: Atemfrequenz Proband A

Im Verlauf der Atemfrequenz ist keine klare Tendenz herauslesbar.

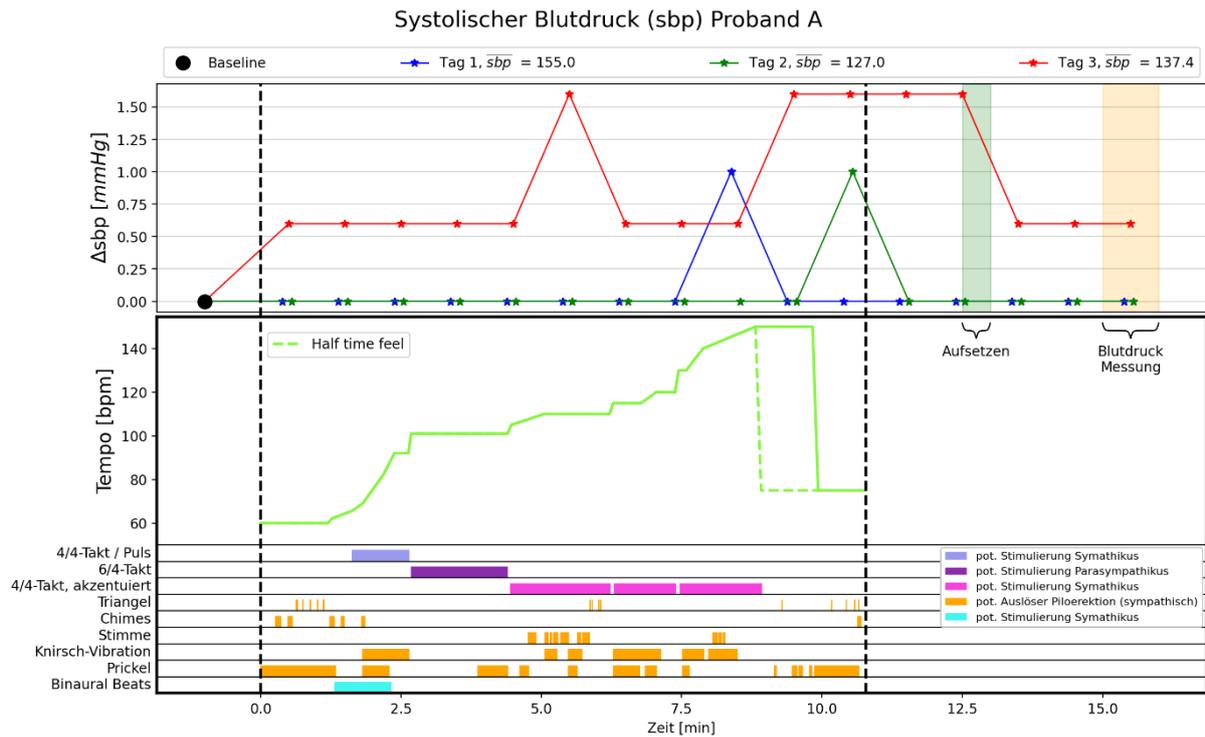


Abbildung 17: Systolischer Blutdruck Proband A

In der Messung des systolischen Blutdrucks ist keine nennenswerte Entwicklung ersichtlich.

Die maximale Abweichung von der Baseline $\Delta sbp \approx 1.5$ ist im Vergleich zu den Absolutwerten $sbp \approx 127$ bis 155 insignifikant klein.

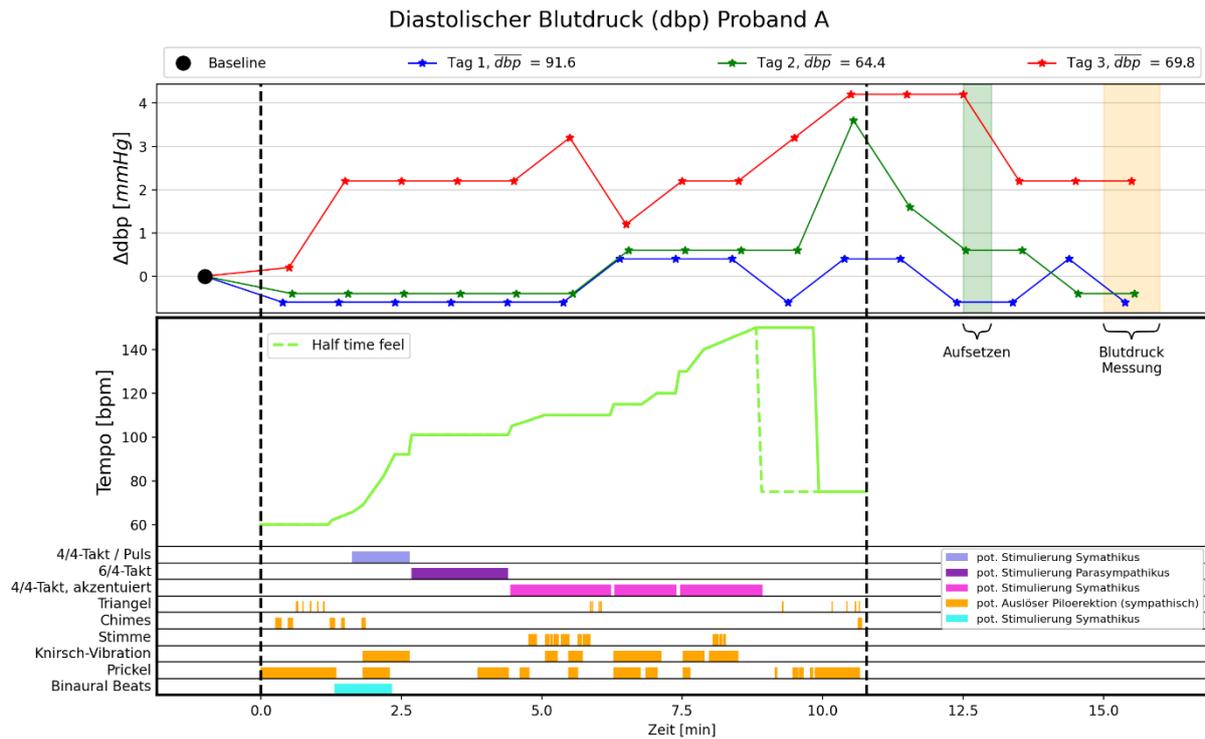


Abbildung 18: Diastolischer Blutdruck Proband A

Tag 1: Der diastolische Blutdruck zeigt keine relevanten Änderungen auf.

Tag 2: Innerhalb der Messunsicherheit zeigen sich keine relevanten Veränderungen.

Tag 3: Gegen Ende der Musik ist ein Anstieg auf $\Delta dbp = +4$ ersichtlich, Werte bewegen sich innerhalb der Messunsicherheit.

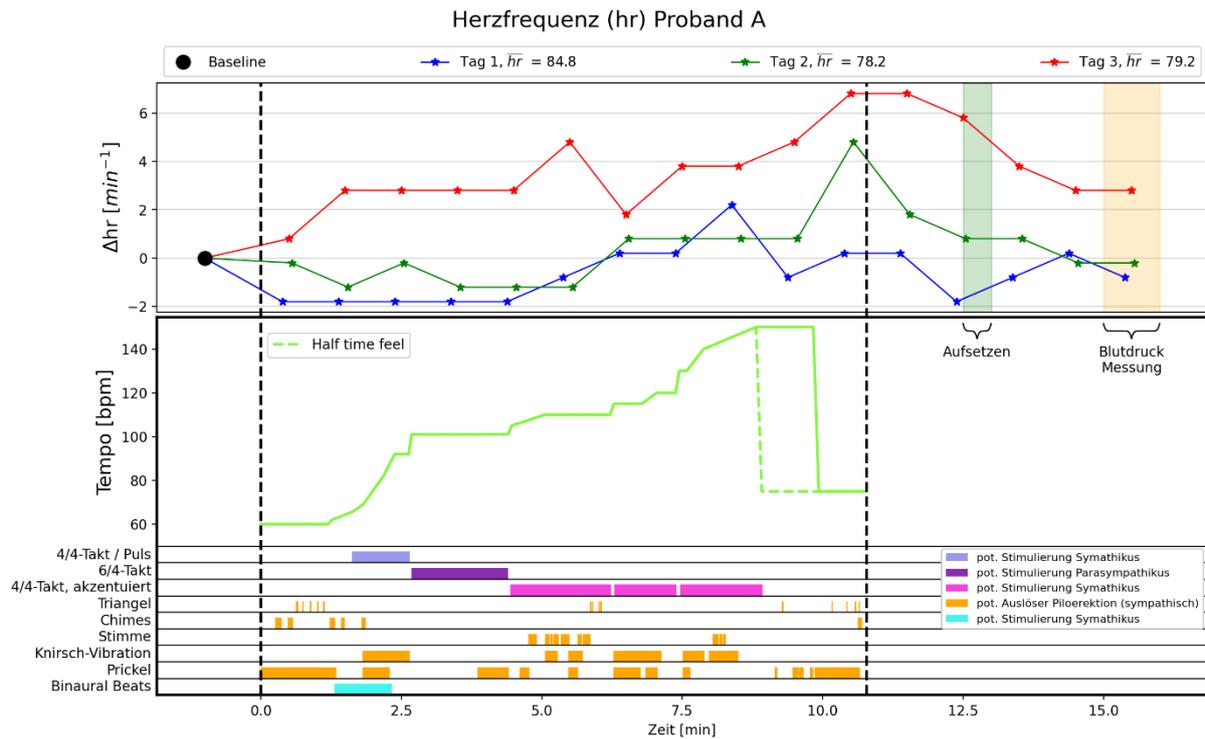


Abbildung 19: Herzfrequenz Proband A

Tag 1 und Tag 2: Die Herzfrequenz zeigt (bis auf einen kurzen Ausschlag zum Ende der Musik an Tag 2 keine relevanten Veränderungen.

Tag 3: Es ist ein Anstieg der hr auf $\Delta hr = +7$ während der Musik ersichtlich. Nach Ende der Musik fällt die hr auf $\Delta hr = 3$.

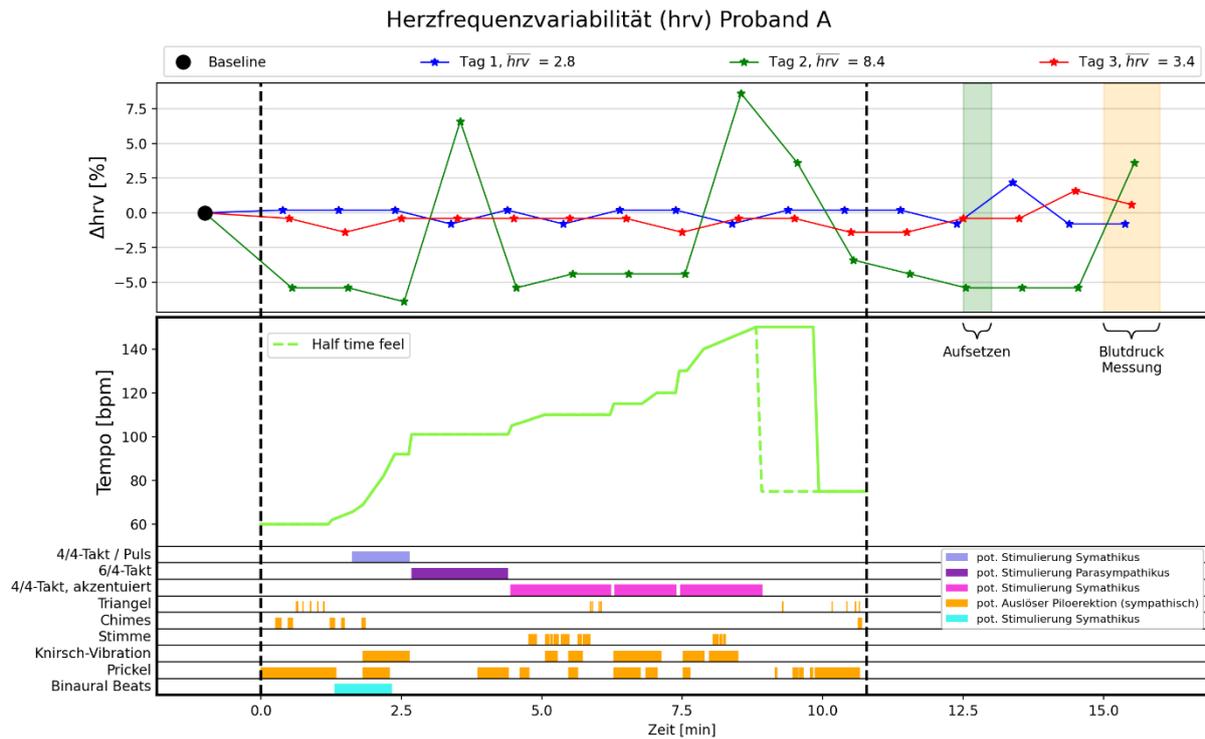


Abbildung 20: Herzfrequenzvariabilität Proband A

Tag 1 und Tag 3: Die Herzfrequenzvariabilität weist keine relevanten Veränderungen auf.

Tag 2: Die Herzfrequenzvariabilität beträgt mit Ausnahme von drei Ausschlägen nach oben bis max. 8, durchgehend ca. $\Delta hrv = -5$.

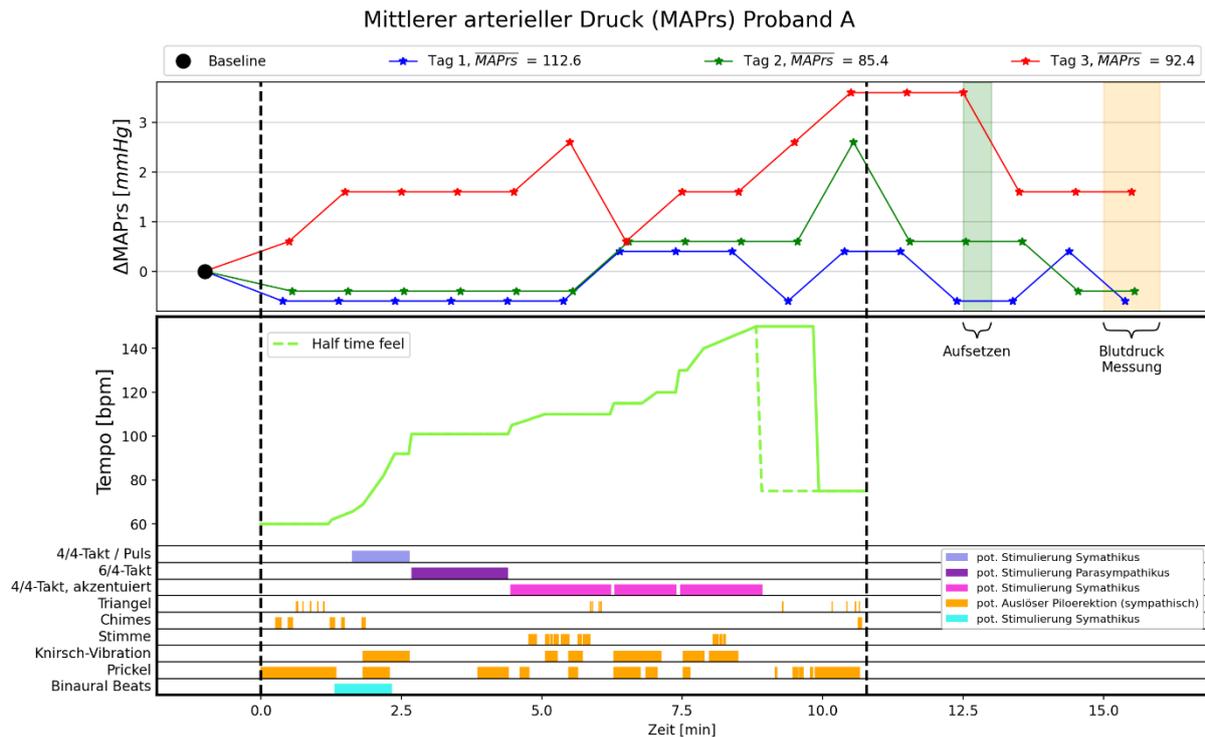


Abbildung 21: Mittlerer arterieller Druck Proband A

Tag 1/Tag 2/Tag 3: Es zeigen sich keine relevanten Veränderungen.

Vergleichstabellen Proband A

Tabelle 2: Atemfrequenz (rr) Proband A

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	sitzend
0	14.33 +/- 0.94		12.73
1	12.60 +/- 1.85	10.2	9.62
2	15.00 +/- 1.41	11.3	15.8
3	12.40 +/- 2.42	10.72	11

Tabelle 3: Systolischer Blutdruck (sbp) Proband A

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	132.33 +/- 0.47		132
1	155.00 +/- 0.00	155	155
2	127.00 +/- 0.00	127.77	127
3	137.40 +/- 0.49	139	138

Tabelle 4: Diastolischer Blutdruck (dbp) Proband A

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	77.67 +/- 0.94		76.93
1	91.60 +/- 0.49	92	91.38
2	64.40 +/- 0.49	67.53	64.05
3	69.80 +/- 0.40	74	72

Tabelle 5; Herzfrequenz (hr) Proband A

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	77.33 +/- 1.25		75.93
1	84.80 +/- 0.75	85	84.38
2	78.20 +/- 0.75	82.3	78.05
3	79.20 +/- 0.75	86	82

Tabelle 6: Herzfrequenzvariabilität (hrv) Proband A

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	3.00 +/- 0.00		3.07
1	2.80 +/- 0.40	3	2
2	8.40 +/- 4.54	4.77	3
3	3.40 +/- 0.80	2	4

Tabelle 7: Mittlerer arterieller Druck (MAPrs) Proband A

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	95.67 +/- 0.94		95
1	112.60 +/- 0.49	113	112.38
2	85.40 +/- 0.49	87.53	85.05
3	92.40 +/- 0.49	96	94

7.2.2 Grafiken & Vergleichstabellen Proband B

Grafiken Proband B

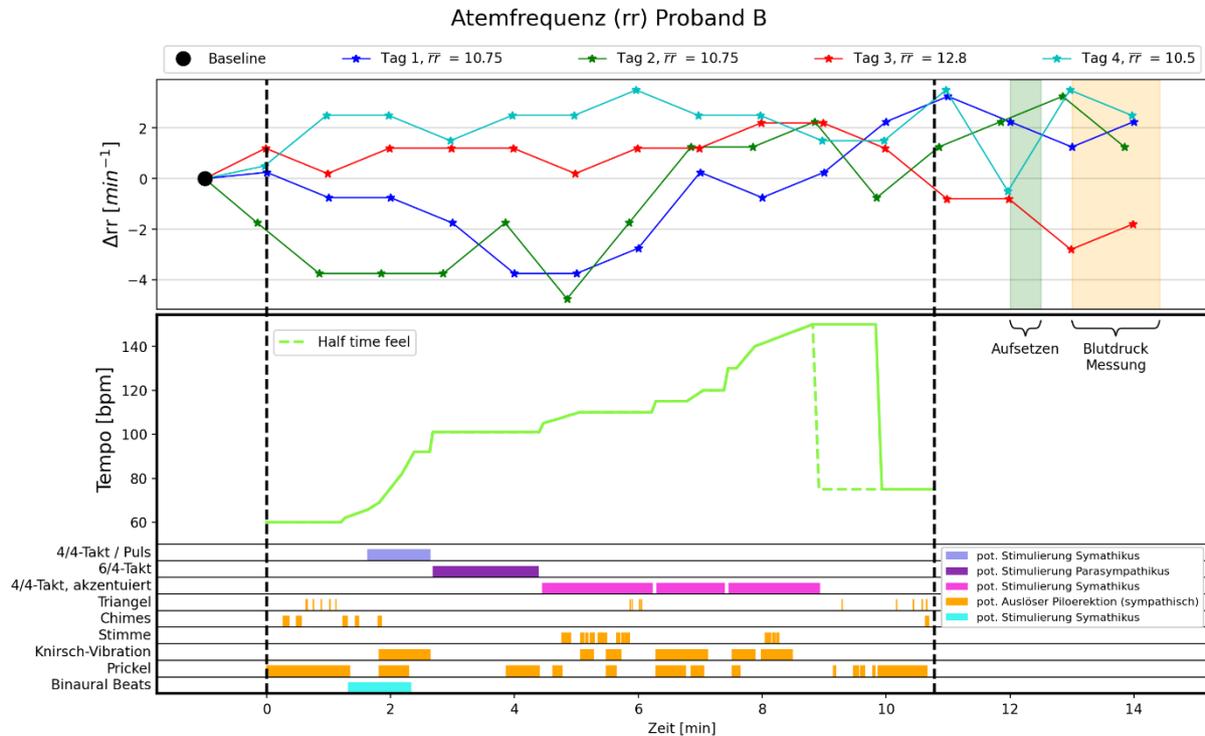


Abbildung 22: Atemfrequenz Proband B

Tag 1 und Tag 2: Bis ca. 5 Minuten nach Beginn der Musik (Ende 6/4-Takts, Beginn des akzentuierten 4/4-Takts), ist ein Abfall der Atemfrequenz, mit einem kleinen Ausschlag nach oben an Tag 1, zu beobachten. Danach steigt die Atemfrequenz bis über das Ende der Musik hinaus, mit einem kleinen Ausschlag nach unten an Tag 2.

Tag 3 und Tag 4: Während der Musik ist eine leicht erhöhte Atemfrequenz zu sehen.

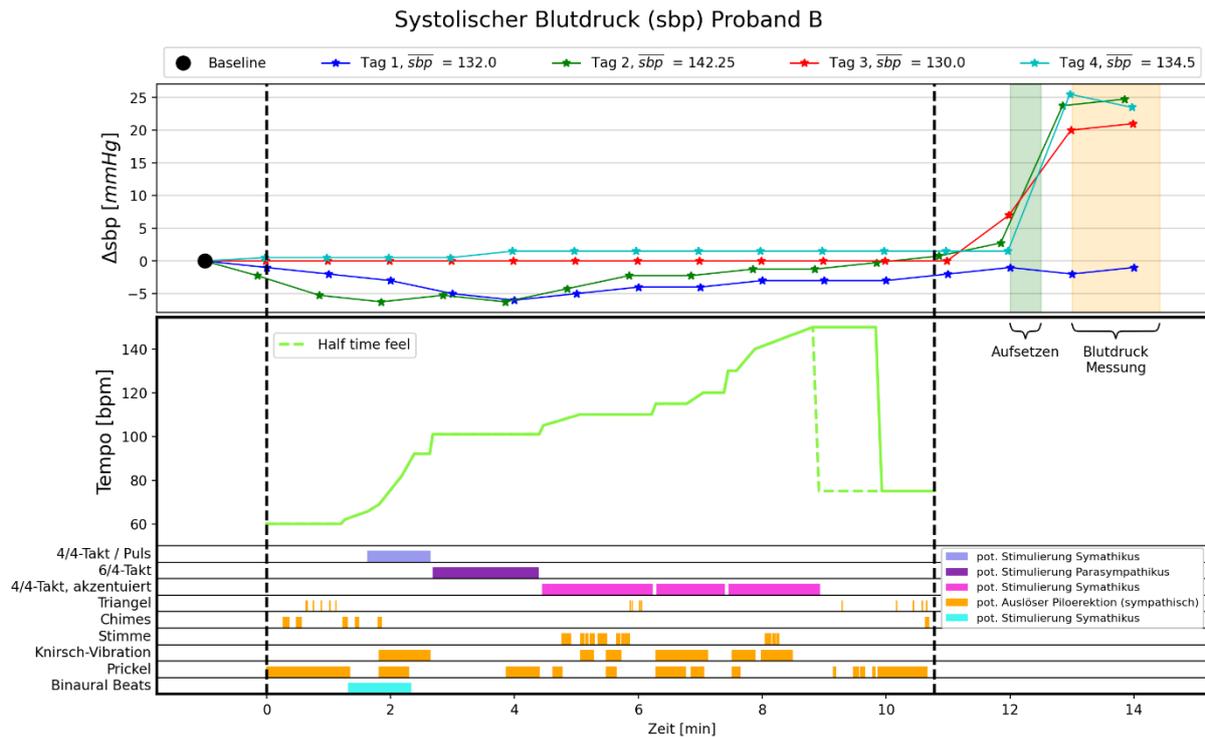


Abbildung 23: Systolischer Blutdruck Proband B

Tag 1 und Tag 2: Der systolische Blutdruck fällt während der ersten 4 Minuten der Musik (kurz vor Ende 6/4-Takt, Beginn des akzentuierten 4/4-Takts)) auf ca. $\Delta sbp = -6$ ab. Danach ist ein Anstieg aufs Baseline-Level zu sehen.

Tag 3 und Tag 4: Es zeigt sich keine relevante Änderung während der Musik.

Bei allen Tagen, ausser Tag 1, führt das Aufsetzen zu einem Sprung ≥ 20 .

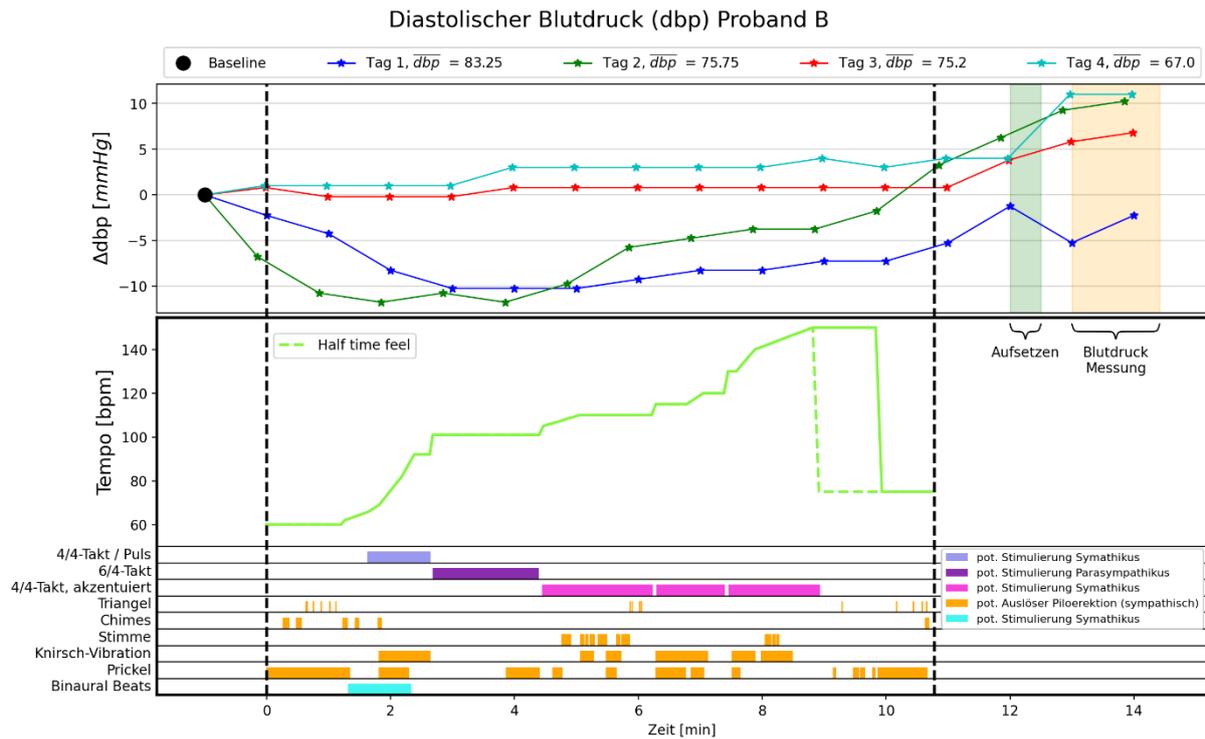


Abbildung 24: Diastolischer Blutdruck Proband B

Tag 1 und Tag 2: In den ersten 4 Minuten nach Musikbeginn ist ein Abfall der Kurve auf ca. $\Delta dbp = -10$ ersichtlich. Anschliessend steigt der diastolische Blutdruck bis zum Ende der Musik auf Δdbp auf -5 bei Tag 1 und Δdbp 3 bei Tag 2 (Beginn der Steigung: kurz nach Ende 6/4-Takt, Beginn des akzentuierten 4/4-Takts).

Tag 2, Tag 3 und Tag 4: Nach Ende der Musik ist ein Anstieg des diastolischen Blutdrucks zu sehen.

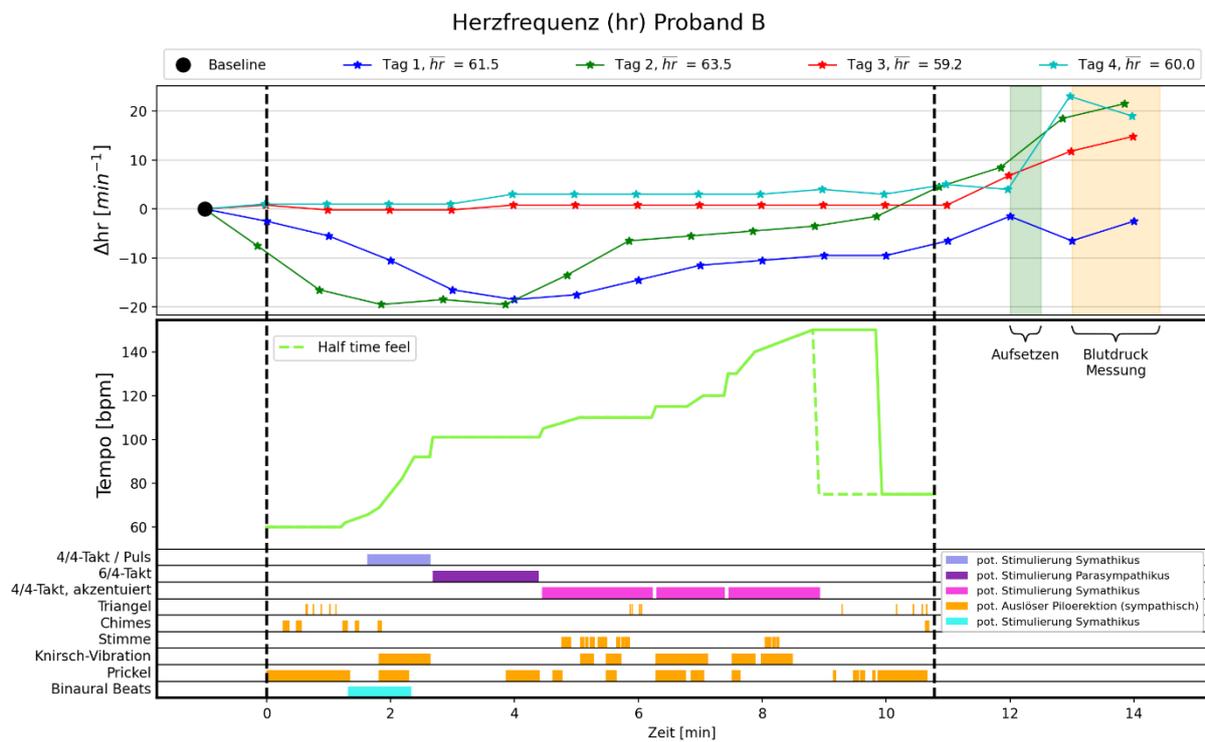


Abbildung 25: Herzfrequenz Proband B

Tag 1 und Tag 2: Während den ersten 4 Minuten ist ein Abfall der Herzfrequenz auf ca. $\Delta \text{hr} = -20$ zu verzeichnen (kurz vor Ende des 6/4-Takts). Danach (Beginn des 4/4-Takts) ist ein Anstieg bis Ende Musik auf ca. $\Delta \text{hr} = -7$ bei Tag 1 und $\Delta \text{hr} = 5$ bei Tag 2 zu sehen.

Tag 3 und Tag 4: Es können keine relevanten Änderungen während der Musik beobachtet werden. Bei Tag 4 gibt es jedoch beim Aufsetzen einen grossen Sprung der Herzfrequenz von $\Delta \text{hr} = 4$ auf 23.

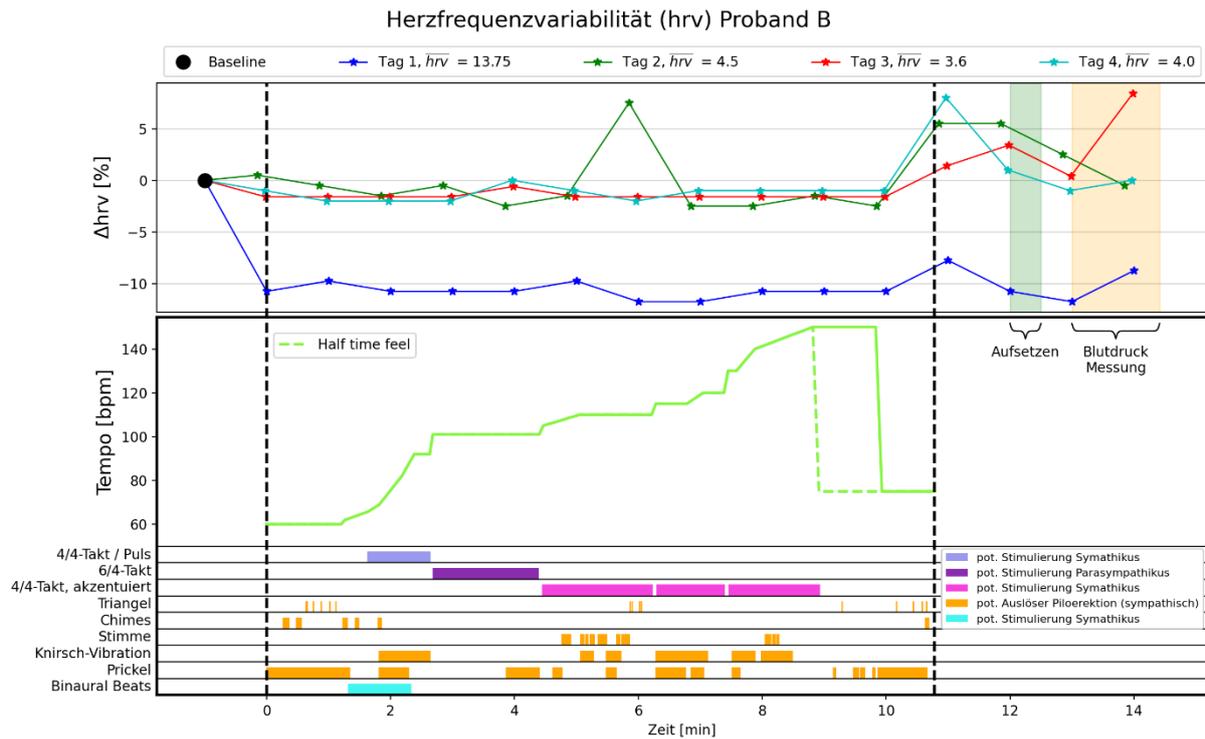


Abbildung 26: Herzfrequenzvariabilität Proband B

Während der Musik bleibt die Herzfrequenzvariabilität an allen Tagen, mit Ausnahme eines Ausschlags nach oben an Tag 2, durchgehend stabil. Bei Ende der Musik weisen alle Tage einen Sprung nach oben, während dem Aufsetzen einen leichten Sprung nach unten auf.

Die Baseline (siehe Abbildung 28) weist sehr hohe Ausschläge nach oben und nach unten auf, dadurch erklärt sich die hohe Abweichung vom Durchschnitt an Tag 4 bereits beim Start der Musik.

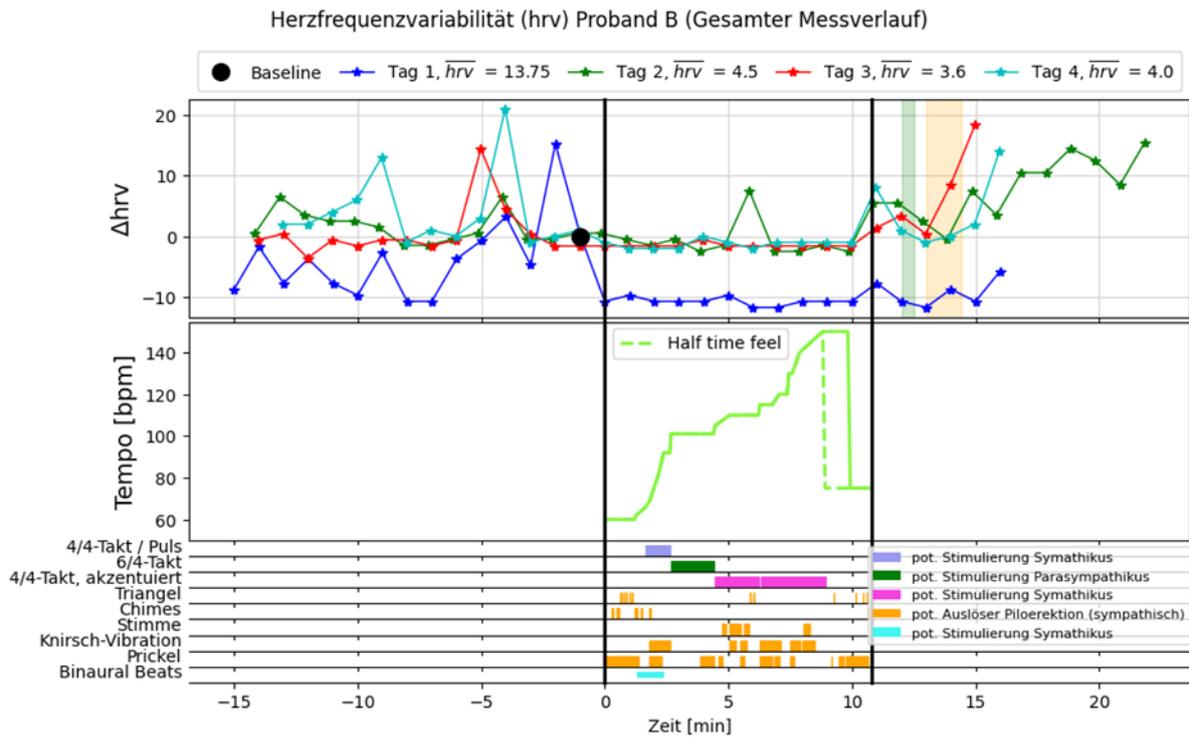


Abbildung 27: Herzfrequenzvariabilität Proband B gesamter Messverlauf

Die Herzfrequenzvariabilität ist während der Musik deutlich weniger variabel als vor und nach der Musikintervention.

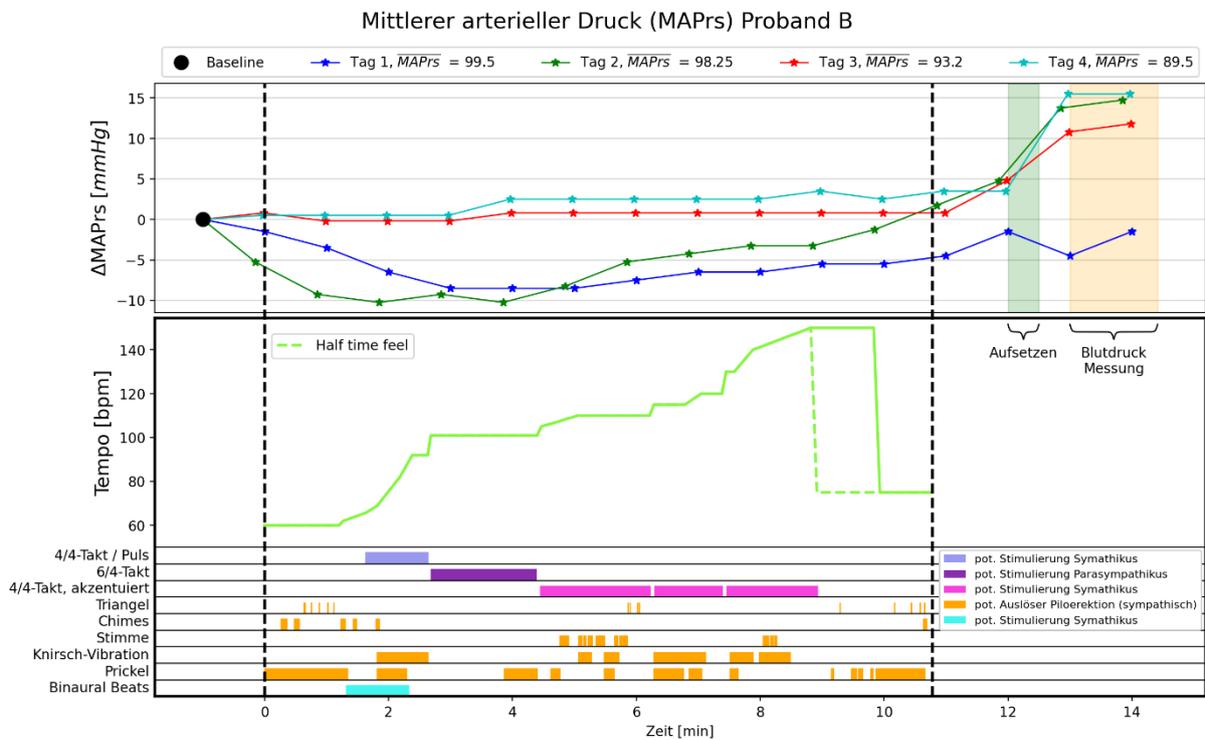


Abbildung 28: Mittlerer arterieller Druck Proband B

Tag 1 und Tag 2: Während den ersten 4 Minuten fällt der arterielle Druck auf Δ MAPrs -8 bis -10. Bei Tag 1 steigt er danach (ca. Ende 6/4-Takt, Beginne akzentuierter 4/4-Takt) auf Δ MAPrs = -5 bis zum Ende der Musik. Bei Tag 2 zeigt die Kurve einen Anstieg auf ca. 2.

Tag 2 und Tag 3 und Tag 4: Beim Aufsetzen ist ein Sprung von ca. Δ MAPrs = 5 zu Δ MAPrs = 10 bis 15 ersichtlich.

Vergleichstabellen Proband B

Tabelle 8: Atemfrequenz (rr) Proband B

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	9.50 +/- 0.50		10.47
1	11.00 +/- 0.00	13.78	12.5
2	10.75 +/- 1.09	11.87	12
3	12.80 +/- 0.98	12.4	10.97
4	10.50 +/- 0.50	13.63	13.97

Tabelle 9: Systolischer Blutdruck (sbp) Proband B

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	131.50 +/- 0.50		133.73
1	131.00 +/- 0.00	129.78	130.5
2	142.25 +/- 1.30	142.93	166.93
3	130.00 +/- 0.00	130	143.72
4	134.50 +/- 0.50	136	159.93

Tabelle 10: Diastolischer Blutdruck (dbp) Proband B

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	83.00 +/- 1.00		88.47
1	81.00 +/- 0.00	77.57	80
2	75.75 +/- 3.90	78.67	86
3	75.20 +/- 0.40	76	80.03
4	67.00 +/- 1.00	70.82	78

Tabelle 11: Herzfrequenz (hr) Proband B

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	61.00 +/- 1.00		68.2
1	59.00 +/- 0.00	54.35	57.5
2	63.50 +/- 4.33	67.6	84.87
3	59.20 +/- 0.40	60	68.58
4	60.00 +/- 1.00	64.63	82.87

Tabelle 12: Herzfrequenzvariabilität (hrv) Proband B

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	3.50 +/- 0.50		8.67
1	3.00 +/- 0.00	5.35	2.5
2	4.50 +/- 0.50	9.47	4.53
3	3.60 +/- 2.33	4.4	5.45
4	4.00 +/- 1.00	10.35	3.03

Tabelle 13: Mittlerer arterieller Druck (MAPrs) Proband B

Tag	Baseline - liegend	Ende Musik - liegend	Sitzend
0	99.00 +/- 1.00		103.47
1	98.00 +/- 0.00	94.78	96.5
2	98.25 +/- 3.03	99.8	113
3	93.20 +/- 0.40	94	101.1
4	89.50 +/- 0.50	92.82	105

7.3 Qualitative Messergebnisse

Das semi-strukturierte Interview fand mit beiden Probanden in der Klinik statt. Mit Proband A mehr als einen Monat nach krankheitsbedingtem Abbruch der Machbarkeitsstudie. Ihm wurde die Musik vor dem Interview nochmals abgespielt. Bei Proband B fand das Interview unmittelbar nach dem letzten Setting statt. Die Interviews wurden aufgezeichnet und anschliessend transkribiert.

Unter 7.3.1 und 7.3.2 sind jene Antworten aufgeführt, die auf eine von den Probanden wahrgenommene Aktivierung des sympathischen Nervensystems hindeuten könnten.

Das gesamte Interview ist im Anhang aufgeführt. Weitere Antworten der Probanden werden in der Diskussion ebenfalls besprochen.

7.3.1 Proband A

Beschreibung/Wahrnehmung der Musik (Tempo, Rhythmen etc.):	Künstlich, technisch, technolastig, synthetische Musik, schön! Er hat die Rhythmen als motivierend empfunden: «Man hat begonnen mitzumachen»
4/4-Takt/Puls:	-
Pot. Piloerektions-Auslöser:	Bez. dieser Musik keine. Er hat jedoch Hühnerhaut, wenn z.B. ein kühler Wind über seine Arme weht (angenehm) oder aber als Warnsignal bei einem Stau in der Blase.
Binaurale Musik:	Als angenehm, Raum gebend empfunden
Binaural Beats:	Nicht bewusst wahrgenommen
Länge der Musik:	Am Morgen war sie ihm zu lange. Als er sie vor dem Interview nochmals hörte, kam sie ihm zu kurz vor.

7.3.2 Proband B:

Beschreibung/Wahrnehmung der Musik (Tempo, Rhythmen etc.):	Bewegend und ziemlich «bass-lastig». Zu Beginn zu langsam, «Schlaf-Rhythmus»-Musik, lieber sofort mit «Aufsteh-Rhythmus» starten
4/4-Takt/Puls:	Dies ist seine Lieblingsstelle der Musik
Pot. Piloerektions-Auslöser:	Bez. dieser Musik keine. Kennt Hühnerhaut, ausgelöst durch «tiefgründige Musik» (Arme, Schultern, Brust).
Binaurale Musik:	Ambivalente Aussagen. «Schutzraum» empfunden.
Binaural Beats:	Er liebte sie, erinnerten ihn an «Bass». «Bass» findet er das Beste. Die Binaural Beats-Sequenz hätte länger dauern sollen.
Länge der Musik:	Zu lange für ein Musikstück am Stück. Fände ca. fünf Minuten gut.

8 Diskussion

Im ersten Teil der Diskussion werden die Messergebnisse im Sinne einer Machbarkeitsstudie beschrieben.

Der zweite Teil widmet sich dem Studiendesign. Die gemachten Erfahrungen und die Rückmeldungen der beiden Probanden werden reflektiert und Verbesserungsvorschläge für eine Folgestudie daraus gezogen.

Im dritten Teil werden die Erfahrungen mit der Musik, die für diese Studie komponiert wurde, evaluiert. Für eine Folgestudie soll die Musik dadurch optimiert werden können.

8.1 Diskussion der Messergebnisse

Aufgrund der geringen Anzahl der Probanden, welche im Rahmen der Machbarkeitsstudie teilnehmen konnten, ist eine Aussage zur Wirkung der Musik nur sehr beschränkt möglich. Erste Erkenntnisse zur Musik konnten jedoch aufgrund der Messergebnisse sowie der Rückmeldungen der Probanden gewonnen werden.

Die Messungen des autonomen Nervensystems können nicht direkt, sondern nur mittels der Messungen der Auswirkungen auf ein sympathisch innerviertes Effektororgan (siehe Abbildung 5) erfolgen. Die Effektororgane können während der Musik auch von anderen Faktoren als der Musik selbst beeinflusst werden. Dieses Bewusstsein steht bei allen Interpretationen der Messergebnisse im Hintergrund.

Da es möglich ist, dass die Messungenauigkeit (siehe Tabelle 1) kleiner ist als die physiologische Variation, wird der Messungenauigkeit in den Grafiken Rechnung getragen und in den Tabellen die Standardabweichung (siehe 7.2.1/7.2.2) berücksichtigt. Für eine Folgestudie müsste eruiert werden, ob eine der beiden Varianten sinnvoll sein könnte.

Im Vergleich der Probanden fällt auf, dass Proband B, hinsichtlich gemessener Werte stärker reagierte als Proband A. Über die Gründe kann nur spekuliert werden. Es wäre möglich, dass sein sich verschlechternder Gesundheitszustand eine Rolle spielte.

Unter Berücksichtigung der Messgenauigkeits-Abweichungen lassen sich bei Proband A in den Grafiken keine Auffälligkeiten bezüglich einer Stimulation des Sympathikus feststellen.

Aus den Tabellen, unter Berücksichtigung der Standardabweichung, ist bei Proband A an den Tagen 2 und 3 ein Anstieg des diastolischen Blutdrucks (Tabelle 4) während dem Musikhören ersichtlich, der im anschliessenden Sitzen wieder fällt. Die Herzfrequenz (Tabelle 5) ist an Tag 3, während der Musik, im Vergleich zur Baseline angehoben und im Sitzen wieder tiefer. Dasselbe spiegeln die Zahlen des arteriellen Drucks (Tabelle 7) an Tag 2 und Tag 3 wider. Eventuell wäre es möglich, dass die erhöhten Werte einen Zusammenhang mit der Musik haben.

Der diastolische Blutdruck (Tabelle 4) sowie die Herzfrequenz (Tabelle 5) und der mittlere arterielle Druck (Tabelle 7) weisen an allen drei Tagen mit Musik, eine höhere Differenz zwischen dem Wert während der Baseline und dem im Sitzen auf als an Tag 0 ohne Musik. Dies könnte vielleicht ebenfalls auf eine anregende Wirkung der Musik hindeuten (in den Grafiken blau markiert).

Bei den Grafiken von Proband B fällt auf, mit Ausnahme der Grafik der HRV, dass die Kurven an Tag 1 und an Tag 2 sehr ähnlich verlaufen. An Tag 3 und Tag 4 verlaufen sie ebenfalls ähnlich parallel, im Vergleich zu Tag 1 und Tag 2 jedoch mit grossen Abweichungen (Abbildung 22, Abbildung 23, Abbildung 24, Abbildung 25, Abbildung 28). Den Grund dafür konnte die Autorin nicht erschliessen.

An den Tagen 1 und 2 ist bei den Grafiken der Atemfrequenz, des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der Herzfrequenz und des mittleren arteriellen Drucks (Abbildung 22, Abbildung 23, Abbildung 24, Abbildung 25, Abbildung 28) ein Absinken der Kurve bis ca. nach Ende des 6/4-Taktes ersichtlich. Etwa parallel zum Einsetzen des akzentuierten 4/4-Taktes steigen die Kurven bis zum Ende der Musik. Die musikalische Sequenz des 6/4-Taktes hat die Absicht den Parasympathikus zu stimulieren. Dieser Abschnitt bleibt vom Tempo her konstant, sollte eine einhüllende, Geborgenheit gebende Wirkung haben (siehe 5.8.1). An Tag 1 und Tag 2 spiegelt sich diese Absicht in den Kurven wider. Dass auf diesen ruhigen, einhüllenden Musikabschnitt (pot. Stimulierung des Parasympathikus) der akzentuierte 4/4-Takt folgt, strebt eine Verstärkung der Aktivierung des sympathischen Systems an (siehe Kapitel 5.5). Diese Absicht der Komposition spiegeln die Messwerte an Tag 1 und an Tag 2 so deutlich in einer Steigerung der Kreislaufaktivität wider, dass vielleicht ein Zusammenhang zur Musik gemacht werden kann.

Bei der Grafik des systolischen Blutdrucks (Abbildung 23) ist der extrem steile Anstieg der Kurven beim Aufsetzen eindrucklich. Ziel der Musik wäre es, diese Kurve durch die Anregung des Kreislaufes noch vor dem Aufsetzen langsamer ansteigen lassen zu können, so, dass ein derart rasches Hochschnellen des systolischen Blutdrucks abgeschwächt werden könnte. Herausstechend ist die Kurve an Tag 1, an welchem der steile Anstieg des systolischen Blutdrucks beim Aufsetzen ausbleibt. Eine mögliche Erklärung dafür könnte darin liegen, dass sich Proband B, nachdem er via Rückenlehne des Bettes aufgerichtet wurde, die Lehne sofort wieder um einige Grade runterfuhr, da es ihm derart unangenehm war. In einer Folgestudie müssten eine solche Abweichungen der CRF bei der Auswertung ausgeschlossen werden.

Bei der Auswertung der gemessenen Daten stach die Grafik der Herzfrequenzvariabilität (komplette Messdauer ab Anziehen des Handgelenkmonitors bis Ausziehen des Handgelenkmonitors) (Abbildung 27 und Text bez. Abbildung 27) heraus. Die tieferen HRV-Werte während der Musik lassen auf einen aktiveren Sympathikus als vor und nach der Musik schliessen. So würden sich die HRV-Werte bezüglich Bestätigung einer sympathischen Aktivität ev. sehr gut eignen.

Beim Vergleich der Messwerte der Tabellen fallen die Werte der Atemfrequenz (Tabelle 8) auf. Sie steigen an drei von vier Tagen während der Musik an und sind an allen Tagen während dem Sitzen höher als an Tag 0, ohne Musik. Vielleicht darf daraus geschlossen werden, dass die Musik die Atemfrequenz beeinflussen kann, was die Studie (Watanabe et al., 2015b) bestätigen würde. Durch die sympatho-respiratorische Kopplung (neuronale Verbindung zwischen dem Atmungssystem und der rostralen ventrolateralen Medulla (RVLM)) kann das Tempo einer Musik durch die Atem-Modulation das autonome Nervensystem beeinflussen (Watanabe et al., 2015), wodurch durch die höhere Atemfrequenz eine Anregung des Sympathikus möglich sein könnte (siehe auch Kapitel 5.4).

Die Atemfrequenz (Tabelle 8), der systolische Blutdruck (Tabelle 9), die Herzfrequenz (Tabelle 11) und der mittlere arterielle Druck (Tabelle 13) von Proband B weisen an drei von vier Tagen mit Musik eine höhere Differenz zwischen dem Wert während der Baseline und dem im Sitzen auf als an Tag 0 ohne Musik. Dies könnte vielleicht auf eine anregende Wirkung der Musik hindeuten (in den Grafiken blau markiert).

Einige Messergebnisse von Proband B deuten darauf hin, dass die Hypothese (siehe 4.3), in Bezug auf die musikalischen Stimulierungsmöglichkeiten des Sympathikus, eine vage Bestätigung fand. Die Frage, ob die Beschwerden von Menschen mit einer Tetraplegie, die durch die Dominanz des Parasympathikus entstehen, durch die Stimulation des Sympathikus gelindert werden können, konnte im Rahmen dieser Arbeit (Machbarkeitsstudie) nicht beantwortet werden.

8.2 Diskussion des Studiendesigns

Die unter 6.6 beschriebene Spitalabteilung erwies sich als sehr geeigneter Ort, um eine (Machbarkeits-) Studie durchzuführen. Durch die Offenheit und die unkomplizierten direkten Kommunikationswege mit dem Präsidenten des Verwaltungsrates, der Geschäftsleiterin und der Pflege war jederzeit ein optimales Arbeiten möglich.

Während der Machbarkeitsstudie, wahrscheinlich auch, weil diese morgens knapp nach dem Erwachen der Probanden stattfand, kam die Vulnerabilität der Probanden deutlich zum Vorschein. Der Autorin gelang es jederzeit, die Intimität der Betroffenen zu wahren. Manchmal war es sehr herausfordernd, während der Durchführung der Studie, den zum Teil dringenden physischen oder psychischen Bedürfnissen der Probanden gerecht zu werden. So konnte es beispielsweise sein, dass ein Proband die Augen nicht richtig öffnen konnte und deshalb um das Waschen des Gesichtes bat oder um etwas zum Trinken, damit die Trockenheit im Mund- und Halsbereich verschwand. Ein Proband ertrug es an gewissen Tagen nicht, während der Baseline fünf Minuten ohne Musik zu liegen, so, dass die Dauer der Baseline an diesem Tag gekürzt werden musste, oder wie bereits erwähnt, stellte er nach Aufrichten der Kopfseite des Bettes den Winkel sofort wieder flacher, weil es ihm unangenehm war. Dies hatte eine potentielle Verfälschung der Messresultate zur Folge. Sämtliche dringliche Bedürfnisse und Empfindungen und eventuell daraus entstandene Handlungen der Teilnehmenden hatten in der Machbarkeitsstudie selbstverständlich immer Vorrang. Die dringlichen Wünsche wurden erfüllt und falls nicht möglich, die Bedingungen wenigstens bestmöglich sofort angepasst. In einer Folgestudie, die den Fokus auf die Messergebnisse legen würde, wären von der CRF abweichend entstandene Messresultate ungültig. Um den Ablauf genau einhalten zu können, wären, nach Einschätzung der Autorin, zwei Personen nötig.

Es könnte durchaus auch sinnvoll sein, eine Vorstudie bezüglich der Wirksamkeit der Musik aufs sympathische Nervensystem bei Personen ohne Tetraplegie durchzuführen und erst nach Nachweis einer Wirksamkeit, eine Studie mit Menschen mit Tetraplegie anzustreben.

Interessant könnte auch eine Erweiterung der Klientel auf andere Krankheitsbilder sein, bei denen eine musiktherapeutische Stimulierung des Kreislaufs sinnvoll wäre.

Der Zeitpunkt der musiktherapeutischen Intervention gleich nach dem Erwachen wurde so angesetzt, weil dann die Problematik der Orthostatik bei Menschen mit einer Tetraplegie im Tagesablauf am höchsten ist, das Einsetzen der Musik am sinnvollsten wäre. Für die Musik als «Endprodukt» erachtet die Autorin den Zeitpunkt nach wie vor als sehr geeignet. Für die Machbarkeitsstudie, die mit all den Messungen Unruhe brachte, war er herausfordernd. Die Intimität, Verletzlichkeit und auch die Beeinträchtigung einer Tetraplegie kommen zu diesem Zeitpunkt am klarsten zum Vorschein. So waren diese Machbarkeitsstudien-Settings immer ebenso Musiktherapie-Settings mit teilweise tiefen Auswirkungen. Proband B, der sonst kaum mit jemandem im Haus spricht, öffnete sich in dieser kurzen Zeit der Autorin gegenüber sehr. Die Machbarkeitsstudie diente als Geländer eines Ablaufs, der ihn ärgerte und gleichzeitig Sicherheit gab. Gespräche über den Unfall und dessen Auswirkungen waren möglich.

Oft haben Menschen mit einer Tetraplegie morgens ein lange andauerndes Pflegeprogramm. So braucht Proband A, wie bereits erwähnt, täglich zwei Stunden Pflege, bis er im Rollstuhl ist. Seine Idee wäre es, die Sympathikus stimulierende, Kreislauf anregende Musik als Weckmusik einzusetzen, um die Zeit morgens vor dem Aufsitzen nicht nochmals verlängern zu müssen. Die Autorin sieht in dieser Idee durchaus Umsetzungspotential.

Eine Baseline, vor Musikbeginn, die Ruhe bringt und eine Einstimmung auf die Musik und zum Vergleich der Vitalwerte genutzt werden kann, wird auch für eine Folgestudie als sinnvoll erachtet. Die Länge von fünf Minuten empfanden beide Probanden als zu lange. Um einen aussagekräftigen Durchschnittswert der spezifischen Messungen zu erhalten, sind fünf Minuten zu kurz. Bei einer Baseline von zehn Minuten wäre der Durchschnitt wesentlich aussagekräftiger. Diesen Knackpunkt gälte es noch zu lösen. Die manuellen Blutdruckmessungen lösten bei Proband A mehrmals Spastiken aus. In Rücksprache mit Michael Furian wurden sie während der Machbarkeitsstudie beibehalten.

Für eine Folgestudie wäre die manuelle Blutdruckmessung zu überdenken, auch weil sie zu Vergleichszwecken bezüglich Messgenauigkeit des Blutdrucks mittels des Handgelenkmonitors in der Machbarkeitsstudie doch nicht gebraucht wurde.

Der Handgelenksmonitor von Biobeat erwies sich im Handling als sehr einfach und praktisch. Das wie eine Sportuhr aussehenden Messgerät war für die Probanden angenehm zu tragen. Mit einem Gerät bis zu 13 verschiedene Messwerte nicht invasiv messen zu können, schätzte die Autorin sehr. Für diese Machbarkeitsstudie nachteilig war, dass das Gerät vorderhand für die Echtzeitüberwachung von Patienten entwickelt wurde. So ist der Handgelenkmonitor ideal, um Vitalparameter auch aus der Ferne messen, beobachten und verwalten zu können, was Patienten eine grosse Bewegungsfreiheit ermöglicht. Für die Auswertung der potentiell Sympathikus stimulierenden Elemente der Musik waren Messungen von einem Minuten-durchschnitt aber zu wenig genau. Während der Messung war der kontinuierliche Messverlauf ersichtlich, konnte im Nachhinein jedoch nicht mehr eingesehen werden. So war es nicht möglich, allfällig feine körperliche Reaktionen zu eruieren. Für eine Folgestudie wäre ein kontinuierlicher Messverlauf, der mit hoher zeitlicher Auflösung aufgezeichnet ausgewertet werden könnte, sehr hilfreich.

8.3 Diskussion der Musikkomposition

Wie unter 8.1 diskutiert, darf eventuell vage davon ausgegangen werden, dass die akzentuierten Rhythmen und die Temposteigerung der Musik eine messbare, stimulierende Wirkung aufs sympathische Nervensystem zur Folge hatte.

Die potentiellen Auslöser einer Piloerektion durch die Musik wirkten bei keinem der Probanden. Eine solche auszulösen, wäre wahrscheinlich viel besser möglich, wenn die Musik individuell für jeden Probanden zusammengestellt würde. Im Sinne einer Folgestudie scheint es der Autorin jedoch sinnvoller, für alle Teilnehmenden dieselbe Musik anzuwenden, um eine bessere Vergleichsmöglichkeit zu haben. So könnte eine Wirksamkeit der Musik, unabhängig vom Musikgeschmack der Probanden, nachgewiesen werden.

Die Dauer der Musik von 10:47 Minuten empfanden beide Probanden als zu lange. Begründet war die Länge der Musik im Aufbau (siehe 5.8) und den Rückmeldungen der Probanden der Probemusik mit einer Dauer von 4:51 Minuten (siehe 4.5).

Nicht einbedacht von der Autorin war die scheinbare Tatsache, dass die Empfindung der Musikdauer im Liegen eine andere als im Sitzen ist und dass der Zeitpunkt des Hörens der Musik eine wesentliche Rolle bezüglich der Empfindung der Zeitdauer spielt.

Die Musik wurde so komponiert, dass sie auch für Menschen mit Tetraplegie in einer Erstrehabilitation hätte angewandt werden können («schonender» musikalische Versuch, den Fluchtnerve einer Person zu stimulieren, die, frisch so stark verletzt, nie mehr wird fliehen können). Inzwischen denkt die Autorin, dass für eine Folgestudie die Einstimmungsphase und die Schlussphase gekürzt werden könnten. Die akzentuierten Rhythmen, die basshaltigen Sequenzen und die Binaural Beats dürften intensiviert und die Dauer dieser Stellen verlängert werden. Eine Gesamtdauer von ca. 7 Minuten könnten eine für den Zweck der Musik praktikable Länge sein.

Einen imaginären (Schutz-)raum (Bilder) konnte sich keiner der Probanden während der Musik erschaffen. Aus dem semi-strukturierten Interview ging hervor, dass Proband A dafür längere und ruhigere Musiksequenzen gebraucht hätte. Proband B dachte während dem Musik hören vor allem daran, dass er baldmöglichst nach draussen möchte, um rauchen zu können und liess sich psychisch nur vage auf die Musik ein.

Für eine Folgestudie müsste die Musik weniger moll-lastig komponiert werden. Dur hat erwiesenermassen einen ergotroperen Einfluss als molldominante Musik.

Ob es sinnvoller wäre, die Musik ohne Kopfhörer, via Lautsprecher zu hören, wodurch es allerdings nicht mehr möglich wäre, die Musik in 8D zu hören und auch die Binaural Beats wegzulassen, gälte es abzuwägen. Die Autorin tendiert im Sinne der von den Probanden als angenehm wahrgenommenen «Einhüllung» der Musik durch 8D (erhofftes besseres Einlassen auf die Musik durch ein Wohl- und Sicherheitsgefühl) und durch die Möglichkeit der Beta-Wellen (von Proband B sehr geschätzt) zur weiteren Anwendung von Kopfhörern bei einer allfälligen grösseren Studie. Auch die Möglichkeit von kombinierter Luft- und Knochen-schall-Leitung via Kopfhörer (z.B. ähnlich wie (Tomatis Développement S.A., o. J.)) oder die vibroakustische Übertragung der Musik mittels Weste (z.B. ähnlich wie woojer vest (Woojer USA Inc., o. J.)) oder eines vibroakustischen Geräts (z.B. ähnlich wie wellve (Preid, o. J.)), wären zur zusätzlichen Vertiefung der Musikwahrnehmung und ev. grösseren Wirksamkeit zu prüfen.

9 Schlussbetrachtung

Das primäre Ziel der Machbarkeitsstudie, die Überprüfung der Durchführung eines im Voraus genau bestimmten Ablaufs (Case Report Form), darf als erfüllt betrachtet und positiv bewertet werden.

Die ersten vagen Resultate dieser Machbarkeitsstudie sieht Prof. Dr. Michael Furian als Einladung für eine Folgestudie, was mich natürlich riesig freut! Ich habe sehr grosses Interesse, meine Idee weiter zu verfolgen, was ohne Unterstützung nicht möglich wäre.

Die in einer Folgestudie einsetzbare Musik würde im Sinne der in der Diskussion erwähnten Aspekte überarbeitet (Martin Villiger wäre weiterhin an einer Zusammenarbeit interessiert).

Die Selektionierung der Probanden müsste für eine Folgestudie noch professioneller geschehen und es wäre nötig, eine relativ hohe Anzahl Probanden in die Studie einzubeziehen, um klarere Ergebnisse erwarten zu können. Die Signifikanz müsste bewiesen werden können und eine Relevanz für Menschen mit Tetraplegie ersichtlich sein.

In welcher Form, mit welchen Probanden, ob mit Vorstudie mit nicht sympathikus-beeinträchtigten Menschen, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch unbestimmt.

Bessere Messmöglichkeiten durch geeignetere Messgeräte wäre natürlich wünschenswert, sind aber auch immer eine Frage der finanziellen Mittel. Sehr interessieren würde mich eine EEG-Messung während der gesamten Musik mit speziellem Fokus auf die Zeit während den Binaural Beats. Die Messung der Hautleitfähigkeit (diese wird in erster Linie von der Aktivität der Schweißdrüsen beeinflusst) könnte ebenfalls ein guter Marker bezüglich der Aktivität des Sympathikus sein.

Eine Doppelblind-Studie mit zwei Musikstücken, das eine für den Zweck der Stimulierung des Sympathikus komponiert, das andere ein ruhiges, vom Tempo her langsames Musikstück, könnte eine gute Form für aussagekräftigere Resultate sein.

Diese alle nur im Ansatz angedachten Überlegungen weiterzuentwickeln und im Austausch mit an dieser Idee Interessierten zu sein, darauf würde ich mich sehr freuen!

10 Literaturverzeichnis

- Adlakha, K., Mathur, M. K., Datta, A., Kalsi, R., & Bhandari, B. (2023). Short-Term Effect of Spiritual Music on Heart Rate Variability in Medical Students: A Single-Group Experimental Study. *Cureus*, *15*(2). <https://doi.org/10.7759/cureus.34833>
- Altenmüller, E. (2018). *Vom Neandertal in die Philharmonie*. Berlin: Springer.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2186-9>
- Antwerpes, F. (o. J.-a). *Diastolischer Blutdruck*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von https://flexikon.doccheck.com/de/Diastolischer_Blutdruck
- Antwerpes, F. (o. J.-b). *Systolischer Blutdruck*. Abgerufen am 1. August 2023, von https://flexikon.doccheck.com/de/Systolischer_Blutdruck
- Antwerpes, F., Bröse, S. A., Nowak, I., Westphalen, G. G. von, & Wanka, K. (o. J.). *Enterisches Nervensystem*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von https://flexikon.doccheck.com/de/Enterisches_Nervensystem
- Antwerpes, F., Krimpen, J. van, & Prinz, D. (o. J.). *Piloerektion*. Abgerufen am 23. Oktober 2023, von <https://flexikon.doccheck.com/de/Piloerektion>
- AOK. (2020). *Gänsehaut kurz erklärt: Warum die Haare zu Berge stehen*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von <https://www.aok.de/bw-gesundnah/vorsorge-und-gesundheit/gaensehaut-wie-das-kribbeln-am-koerper-entsteht>
- ARD. (2021). Musik in der Hirnforschung. *ARD alpha*.
<https://www.ardalpha.de/wissen/psychologie/musik-forschung-hirnforschung-gehirn-100.html>
- Baer, U., & Frick-Baer, G. (2004). *Klingen, um in sich zu wohnen: Methoden und Modelle leiborientierter Musiktherapie: Bd. Band 3*. Neukirchen-Vluyn: Affenkönig Verlag.
- Banzer, P. (2022). *Input Radio SRF Haarsträubende Musik: Wer ist schuld an meiner Gänsehaut?* SRF Input. <https://www.srf.ch/audio/input/haarstraeubende-musik-wer-ist-schuld-an-meiner-gaensehaut?id=12122747>

- Baumberger, M. (2020). *Spinaler Schock und neurogener Schock: zwei Aspekte einer akuten Querschnittlähmung*. [Webinar]. Abgerufen am 17. Oktober 2023 unter <https://www.youtube.com/watch?v=Wvi46ev9V6g>
- Beck, A. T., Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J., & Erbaugh, J. (1961). An Inventory for Measuring Depression. *Archives of General Psychiatry*, 4(6), 561–571. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1961.01710120031004>
- biopeak. (o. J.-a). *Datenblatt BB-613W*. https://www.biopeak.de/doc/biopeak_Handgelenkmonitor_OKT2021.pdf
- biopeak. (o. J.-b). *Handgelenk-Monitor von Biobeat*. Abgerufen am 16. Oktober 2023, von <https://www.biopeak.de/handgelenkmonitor.html>
- brainLight. (o. J.). *Gamma-Wellen*. Wirkungsweise. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von <https://www.brainlight.de/brainlight-know-how/hintergrund-und-wirkungsweise.html>
- Cervellin, G., & Lippi, G. (2011). From music-beat to heart-beat: A journey in the complex interactions between music, brain and heart. *European Journal of Internal Medicine*, 22(4), 371–374. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2011.02.019>
- Decker-Voigt, H.-H. (2000). *Aus der Seele gespielt* (6. Aufl.). München: Goldmann-Verlag.
- Decker-Voigt, H.-H. (2008). *Mit Musik ins Leben*. München: Reinhardt-Verlag.
- Decker-Voigt, H.-H. (2016). „...das berührt mich tief“ - *Musiktherapie und Basale Stimulation/Basale Bildung* (1. Aufl.). Wiesbaden: Reichert Verlag.
- Decker-Voigt, H.-H., Oberegelsbacher, D., & Timmermann, T. (2021-a). *Lehrbuch Musiktherapie* (2.). München: Ernst Reinhardt Verlag. <https://doi.org/10.36198/9783838552958>
- Decker-Voigt, H.-H., Weymann, E., Nöcker-Ribaupierre, M., & Pfeiffer, E. (2021-b). *Lexikon Musiktherapie*. München: Hogrefe. <https://doi.org/10.1026/02836-000>
- Dolby. (o. J.). *Dolby Atmos Visualizer*. Abgerufen am 3. August 2023, von <https://www.dolby.com/atmos-visualizer-music>

- Dumoulin, A. (2022). *Verblüffende Bilder aus dem Forschungsalltag*. Abgerufen am 7. Oktober 2023, von <https://www.swissinfo.ch/ger/alle-news-in-kuerze/nationalfonds-kuert-die-besten-schweizer-wissenschaftsfotos/47544596>
- Eichmanns, B. (2017). Der Klang der Stille. *Musiktherapeutische Umschau*, 38(2), 173–177. <https://doi.org/10.13109/muum.2017.38.2.173>
- Eilers, J. (2019). *Nervenzellen*. Berlin / Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56468-4_5
- Ekert, D., Antwerpes, F., Panah, W., Kupka, F., & Prinz, D. (o. J.). *Herzfrequenz*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von <https://flexikon.doccheck.com/de/Herzfrequenz>
- Ergotherapie-Haus. (o. J.). *Bio- und Neurofeedback*. Abgerufen am 10. Oktober 2023, von <http://www.ergotherapie-haus.de/NFB.pdf>
- Faller, A., & Schünke, M. (2020). Der Körper des Menschen. In *Der Körper des Menschen* (17. Aufl.). Stuttgart: Thieme. <https://doi.org/10.1055/b000000452>
- Fischinger, T. (2008). *Zur Psychologie des Rhythmus*. Kassel: kassel university press.
- Fitzthum, E. (2000). Rezeptive → Musiktherapie. In G. Stumm & A. Pritz (Hrsg.), *Wörterbuch der Psychotherapie* (S. 597–597). Wien: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-211-99131-2_1632
- Gantt, M. L. A., Dadds, S., Burns, D. S., Glaser, D., & Moore, A. D. (2017). The Effect of Binaural Beat Technology on the Cardiovascular Stress Response in Military Service Members With Postdeployment Stress. *Journal of Nursing Scholarship*, 49(4), 411–420. <https://doi.org/10.1111/jnu.12304>
- Gasenzer, E. R., & Leischik, R. (2018). Music, pulse, heart and sport. *Herz*, 43(1), 43–52. <https://doi.org/10.1007/s00059-016-4520-7>
- Güler, I., Antwerpes, F., Schuster, M., Panah, W., Lammers, F., Blaschke, J., Prinz, D., Hircin, E., & Habben, M. (o. J.). *Atemfrequenz*. Abgerufen am 2. September 2023, von <https://flexikon.doccheck.com/de/Atemfrequenz>
- Günther, O. (2020). *Atmung & das vegetative Nervensystem – Einfluss auf die Regeneration & Leistungsfähigkeit*. Numi Performance Nutrition. Abgerufen am 10. Februar 2023, von <https://nubymi.com/atmung-und-das-vegetative-nervensystem/>

- Haas, I., Röthlisberger, L., Antwerpes, F., Bachinger, F., Fink, B., Joss, P., Keiler, J., Selden, S., Dolat-Abadi, D. M., Meiners, J., Blümel, F. M., Sutter, D. O., Eschenbach, A., Hircin, E., & Högemann, A. (o. J.). *Nervus phrenicus*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von https://flexikon.doccheck.com/de/Nervus_phrenicus
- Hanser, H. & Scholtyssek, C. (2000). *Lexikon der Neurowissenschaft*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Hegi, F., & Rüdüsüli, M. (2011). *Der Wirkung von Musik auf der Spur: Theorie und Erforschung der Komponenten* (2. Aufl.). Wiesbaden: Reichert Verlag.
- Hiertz, H. (o. J.). *Der Aufbau der Wirbelsäule*. Abgerufen am 8. April 2023, von <https://www.hiertz.at/der-aufbau-der-wirbelsaeule/index.html>
- Hohlfeld, R., Noth, J., & Reichmann, H. (2008). *Traumatische Schädigungen des Nervensystems* (T. Brandt (Hrsg.); 1.). Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Hoshi, J., Sasaki, K., & Maruyama, R. (2023). Listening to J.S. Bach's "Brandenburg Concerto No. 4 in G Major" May Suppress the Sympathetic Nervous Activity. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 259(1), 85–91. <https://doi.org/10.1620/tjem.2022.J100>
- Jirakittayakorn, N., & Wongsawat, Y. (2015). The brain responses to different frequencies of binaural beat sounds on QEEG at cortical level. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, 2015-Novem*, 4687–4691. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7319440>
- Kemp, B. J., Kahan, J. S., Krause, J. S., Adkins, R. H., & Nava, G. (2004). Treatment of major depression in individuals with spinal cord injury. *Journal of Spinal Cord Medicine*, 27(1), 22–28. <https://doi.org/10.1080/10790268.2004.11753726>
- Koch, H. G., & Geng, V. (2021). *Querschnittlähmung verständlich erklärt Band 1/2*. Lobbach: Manfred-Sauer-Stiftung.
- Konrad, T. (2018). *Querschnittlähmung: Der Einfluss der Lähmungshöhe*. Abgerufen am 16. Oktober 2023, von <https://www.der-querschnitt.de/archive/32209>
- Lichtsteiner, M. (2013). *Querschnittlähmung – blockierte «Daten-Autobahn»*. SRF. <https://www.srf.ch/wissen/gesundheit/querschnittlaehmung-blockierte-daten-autobahn>

- Liebscher-Bracht, R. (o. J.). *Osteochondrose — Eine Krankheit mit vielen Gesichtern*.
Abgerufen am 16. Oktober 2023, von www.liebscher-bracht.com
- Lude, P. (2002). *Querschnittlähmung: Innensicht versus Aussensicht des Verarbeitungsprozesses bei Direktbetroffenen*. Dissertation. Universität Bern.
- Lude, P. (2016). Querschnittlähmung - Schritte der Bewältigung. In *Querschnittlähmung - Schritte der Bewältigung*. Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47970-4>
- Manfred-Sauer-Stiftung. (o. J.). *Kreislaufprobleme bei Querschnittlähmung*. der-querschnitt.de. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von <https://www.der-querschnitt.de/archive/3695>
- Manning, J. M., Karageorghis, C., & Priest, D. L. (2008). Music in Sport and Exercise : An Update on Research and Application. *The Sport Journal*, 20, 186.
<http://www.thesportjournal.org/article/music-sport-and-exercise-update-research-and-application>
- McConnell, P. A., Froeliger, B., Garland, E. L., Ives, J. C., & Sforzo, G. A. (2014). Auditory driving of the autonomic nervous system: Listening to theta-frequency binaural beats post-exercise increases parasympathetic activation and sympathetic withdrawal. *Frontiers in Psychology*, 5, 1248. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01248>
- McPherson, T., Berger, D., Alagapan, S., & Fröhlich, F. (2019). Active and Passive Rhythmic Music Therapy Interventions Differentially Modulate Sympathetic Autonomic Nervous System Activity. *Journal of Music Therapy*, 56(3), 240–264.
<https://doi.org/10.1093/jmt/thz007>
- Menche, N. (2016). *Biologie Anatomie Physiologie Kidney* (8. Auflage). München: Elsevier.
- Nöcker-Ribaupierre, M., & Zimmer, M.-L. (2013). *Förderung frühgeborener Kinder mit Musik und Stimme*. München: Reinhardt.
- O’Kelly, J., James, L., Palaniappan, R., Fachner, J., Taborin, J., & Magee, W. L. (2013). Neurophysiological and Behavioral Responses to Music Therapy in Vegetative and Minimally Conscious States. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 884.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00884>

- Oster, G. (1973). Auditory beats in the brain. *Scientific American*, 229(4), 94–102.
<https://doi.org/10.1038/scientificamerican1073-94>
- Palacios-García, I., Silva, J., Villena-González, M., Campos-Arteaga, G., Artigas-Vergara, C.,
 Luarte, N., Rodríguez, E., & Bosman, C. A. (2021). Increase in Beta Power Reflects
 Attentional Top-Down Modulation After Psychosocial Stress Induction. *Frontiers in
 Human Neuroscience*, 15, 630813. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.630813>
- Pasieka, A. (o. J.). *Schwan'sche-Zellen*. Science Photo Library.
- Pauli, M. (2021). Grundlagenforschung: Was die Hirnwellen über unser Bewusstsein
 aussagen. *SWR Wissen*. <https://www.swr.de/wissen/erforschung-von-gehirnwellen-100.html>
- Poeteus Zitate. (o. J.). *Poeteus Zitate*. Abgerufen am 24. Oktober 2023, von
<http://www.poeteus.de/zitat/Wenn-einer-mit-Vergnügen-zu-einer-Musik-in-Reih-und-Glied-marschieren-kann-dann-hat-er-sein-großes-Gehirn-nur-aus-Irrtum-bek/29>
- Preid, I. (o. J.). *Wellve*. Abgerufen am 9. November 2023, von <https://wellve.ch/>
- Pschyrembel Redaktion. (2016). *Sympathikus*. Abgerufen am 16. Oktober 2023, von
https://www.pschyrembel.de/Nucleus_intermediolateralis_/KOM17/doc/
- Redaktionsteam: praktisch Arzt. (2023). *Die 12 Hirnnerven: Merksprüche und Bedeutung*.
 Abgerufen am 16. Oktober 2023, von <https://www.praktischarzt.de/wp-content/uploads/2017/03/Hirnnerven-Schaubild.png>
- Reddemann, L. (2014). *Imagination als heilsame Kraft* (20.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Reh, F., Westphalen, G. G. von, Hampe, L., Antwerpes, F., Haas, I., Cerning, M., Ostendorf,
 N., Emrich, M., Blaschke, J., Kropf, E., & Hübner, B. (o. J.). *Mittlerer arterieller
 Blutdruck*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von
https://flexikon.doccheck.com/de/Mittlerer_arterieller_Blutdruck
- Remschmidt, U. (2019). *Die Auswirkung von Musikstimulation in der Zahnmedizin auf
 Schmerzen und Angst*. Dissertation. Medizinische Universität Graz.
https://online.medunigraz.at/mug_online/wbAbs.showThesis?pThesisNr=54734&pOrgNr=14057

- Riganello, F., Cortese, M. D., Arcuri, F., Quintieri, M., & Dolce, G. (2015). How Can Music Influence the Autonomic Nervous System Response in Patients with Severe Disorder of Consciousness? *Frontiers in Neuroscience*, 9, 461.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00461>
- Samandari, F., & Mai, J. K. (2008). *Funktionelle Anatomie für Zahnmediziner* (2. Aufl.). Berlin: Quintessenz.
- Schnyder, R. (2021, Mai). Augen zu, Kopfhörer auf – schon ist man «zmittst drin»! *SRF*.
<https://www.srf.ch/sendungen/hoerspiel/augen-zu-kopfhoerer-auf-schon-ist-man-zmittst-drin>
- Schramm, H. (2004). Musikrezeption und Radionutzung. In R. Mangold, P. Vorderer, & G. Bente (Hrsg.), *Lehrbuch der Medienpsychologie*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Schuster, R. (2016). *Depression bei Menschen mit Querschnittlähmung: Besonderheiten in der Diagnostik und Behandlung*. https://register.awmf.org/assets/guidelines/179-0031_S1_Depression-bei-Menschen-mit-Querschnittlaehmung_Besonderheiten-Diagnostik-Behandlung_2023-07.pdf
- Schweizer Paraplegiker-Zentrum. (o. J.). *Querschnittlähmung verstehen*. Abgerufen am 16. Oktober 2023, von <https://www.paraplegie.ch/de/wissensforschung/wissen/querschnittlaehmung-verstehen/>
- Schweizer Paraplegiker-Zentrum. (2021). *Aufbau von Wirbelsäule und Nervensystem*. Abgerufen am 16. Oktober 2023, von <https://community.paraplegie.ch/de/wiki/koerperkomplikationen/aufbau-von-wirbelsaeule-und-nervensystem>
- Schweizerische Epilepsie-Liga. (2023). *Epilepsie-Forschung*. Abgerufen am 1. Mai 2023, von <https://www.epi.ch/forschung/>
- Spitzer, M. (2014). *Musik im Kopf. Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk*. (2. Aufl.). Ulm: Schattauer.
- Stegemann, T. (2018). *Was MusiktherapeutInnen über das Gehirn wissen sollten* (2.). München: Reinhardt-Verlag.
- Stern, D. (2010). *Die Lebenserfahrung des Säuglings* (12. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.

- Strubreither, W., Neikes, M., Stirnimann, D., Eisenhuth, J., Schulz, B., & Lude, P. (2015). *Klinische Psychologie bei Querschnittlähmung*. Wien: Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1601-2>
- Suh, J. H., Han, S. J., Jeon, S. Y., Kim, H. J., Lee, J. E., Yoon, T. S., & Chong, H. J. (2014). Effect of rhythmic auditory stimulation on gait and balance in hemiplegic stroke patients. *NeuroRehabilitation*, 34(1), 193–199. <https://doi.org/10.3233/NRE-131008>
- TaKeTiNa. (o. J.). *TaKeTiNa Rhythmustherapie Fachtherapeutische Weiterbildung*.
 Abgerufen am 16. Oktober 2023, von <https://taketina.com/de/trainings/rhythmustherapie/>
- Thaut, M. H., & Hoemberg, V. (Hrsg.). (2016). *Handbook of Neurologic Music Therapy* (1.).
 Okford: Oxford University Press.
- Tomatis Développement S.A. (o. J.). *Die Technik*. Abgerufen am 9. November 2023, von
<https://www.tomatis.com/de/die-technik>
- Trepel, M. (2004). *Neuroanatomie : Struktur und Funktion* (8. Aufl.). Elsevier.
- Valenti, V. E., Guida, H. L., Frizzo, A. C. F., Cardoso, A. C. V., Vanderlei, L. C. M., & de Abreu, L. C. (2012). Auditory stimulation and cardiac autonomic regulation. *Clinics*, 67(8), 955–958. [https://doi.org/10.6061/clinics/2012\(08\)16](https://doi.org/10.6061/clinics/2012(08)16)
- Velasco, S. de. (o. J.). *Binaurale Beats - Die richtigen Töne um in den Flow zu kommen?*
 Abgerufen am 23. Oktober 2023, von <https://www.brain-effect.com/magazin/binaurale-beats-wirkung>
- Watanabe, K., Ooishi, Y., & Kashino, M. (2015). Sympathetic tone induced by high acoustic tempo requires fast respiration. *PLoS ONE*, 10(8), 1–14.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135589>
- Westphalen, G. G. von, & Mathies, L. (o. J.). *Ergotrop*. Abgerufen am 12. Oktober 2023, von
https://flexikon.doccheck.com/de/Spezial:Artikel_Autoren/Ergotrop
- Wikipedia. (o. J.-a). *Betawelle*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von
<https://de.wikipedia.org/wiki/Betawelle>
- Wikipedia. (o. J.-b). *Binaurale Beats*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von
https://de.wikipedia.org/wiki/Binaurale_Beats

- Wikipedia. (o. J.-c). *Binaurale Tonaufnahme*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von https://de.wikipedia.org/wiki/Binaurale_Tonaufnahme
- Wikipedia. (o. J.-d). *Elektroenzephalografie*. Abgerufen am 25. Oktober 2023, von <https://de.wikipedia.org/wiki/Elektroenzephalografie>
- Wikipedia. (o. J.-e). *Gänsehaut*. Abgerufen am 24. Oktober 2023, von <https://de.wikipedia.org/wiki/Gänsehaut>
- Wikipedia. (o. J.-f). *Rhythmus_(Musik)*. Abgerufen am 21. Oktober 2023, von [https://de.wikipedia.org/wiki/Rhythmus_\(Musik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Rhythmus_(Musik))
- Wikipedia. (o. J.-g). *Rolando Omar Benenzon*. Abgerufen am 24. Oktober 2023, von https://de.wikipedia.org/wiki/Rolando_Omar_Benzon
- Wolletzsee, G. F. (o. J.). *Neurologische Musiktherapie*. Abgerufen am 24. Oktober 2023, von <https://www.glg-gesundheit.de/krankenhaeuser/glg-fachklinik-wolletzsee/behandlungsspektrum/spezielle-therapieangebote/neurologische-musiktherapie>
- Wong, M. M., Tahir, T., Wong, M. M., Baron, A., & Finnerty, R. (2021). Biomarkers of Stress in Music Interventions: A Systematic Review. *Journal of Music Therapy*, 58(3), 241–277. <https://doi.org/10.1093/jmt/thab003>
- Woojer USA Inc. (o. J.). *Woojer*. Abgerufen am 9. November 2023, von <https://www.woojer.com/>
- Zeitler, W. (2016). *Auditive Musiktherapie*. Hamburg: Verlag tredition.

11 Anhang

11.1 Ethikantwort

Von: Swiss Ethics / AGEK <messaging@basec.swissethics.ch>

Gesendet: Donnerstag, 6. April 2023 11:05

An: Michael Furian <michael.furian@tcmuni.ch>; sabine.pfiffner@outlook.com

Betreff: Req-2023-00455 - Rezeptive musiktherapeutische Stimulation des autonomen Nervensystems, mit Fokus sympathisches System, bei einem Menschen mit Tetraplegie mittels zu diesem Zweck komponierter binauraler Musik – eine Machbarkeitsstudie

Nachricht:

Sehr geehrter Herr Professor Furian

Vielen Dank für Ihre Einreichung vom 4. April 2023 zu oben genanntem Projekt. Die EKNZ bestätigt, dass das von Ihnen geplante Projekt nicht in den Geltungsbereich des Humanforschungsgesetzes fällt, da Ihr Projekt keine verallgemeinerbaren Erkenntnisse erwarten lässt. Das Projekt braucht deshalb keine Bewilligung der Ethikkommission und die EKNZ ist somit für die Beurteilung des Projekts sachlich nicht zuständig.

Aus Transparenzgründen schicken wir Ihnen die Begutachtung der EKNZ zum ursprünglichen Projekt AO_2022-00080 mit.

Wir hoffen Ihnen mit dieser Bestätigung zu dienen und verbleiben

mit freundlichen Grüßen,

Nienke Jones

11.2 Case Report Form

Case Report Form

Rezeptive musiktherapeutische Stimulation des autonomen Nervensystems, mit Fokus sympathisches System, unter Einbezug der psychischen Aspekte, bei einem Menschen mit Tetraplegie, mittels zu diesem Zweck komponierter Musik

Datum:

Zeit:

Name:

Vorname:

Geburtsdatum:

Tetraplegie seit:

Tetraplegie inkomplett

Tetraplegie komplett

Ablauf:

- 1) Begrüssung
- 2) Bereitmachen: Laptop/Uhr + App/Kopfhörer/Ausgedruckte Blätter CRF
- 3) Blutdruck-Messgerät anziehen
- 4) Uhr anziehen
- 5) Fragen:
 - a) Wie ordnen Sie ihr aktuelles physisches Befinden auf einer Skala von 1 bis 6 ein?

1= «sehr schlecht» 6= «sehr gut»

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

b) Wie ordnen Sie ihr aktuelles psychisches Befinden auf einer Skala von 1 bis 6 ein?

1= «sehr schlecht» 6= «sehr gut»

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

c) Wie fühlen Sie sich jetzt bezüglich Ihrer Stimmung auf einer Skala von 1-6?

1=bedrückt, 2=ziemlich bedrückt, 3=eher bedrückt, 4=eher unbeschwert,
5=ziemlich unbeschwert, 6=unbeschwert

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

d) Wie fühlen Sie sich jetzt bezüglich Ihrer Anspannung auf einer Skala von 1-6?

1=angespannt, 2=ziemlich angespannt, 3=eher angespannt, 4=eher entspannt,
5=ziemlich entspannt, 6=entspannt

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

e) Wie fühlen Sie sich jetzt bezüglich Ihrer Schläfrigkeit auf einer Skala von 1-6?

1=schläfrig, 2=ziemlich schläfrig, 3=eher schläfrig, 4=eher wach, 5=ziemlich wach,
6=wach

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

f) Haben Sie aktuell Schmerzen?

Ja Nein

Schmerzlokalisierung(en):

Schmerzstärke: 1 = «sehr schwach» / 6 = «sehr stark»

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

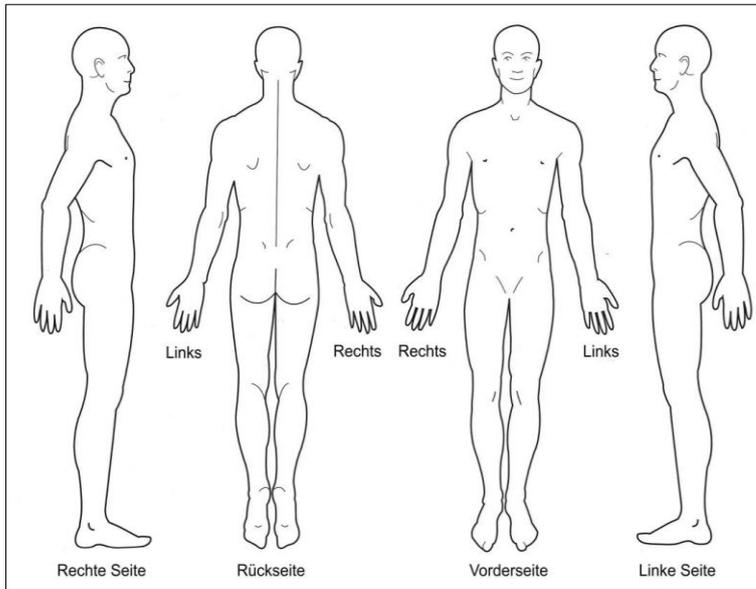
g) Wie schätzen Sie Ihre Kreislaufstabilität ein, haben Sie Schwindel, ist ihnen schwarz vor Augen oder ähnliches?

1= keine Beschwerden, 6 = starke Beschwerden

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

Bemerkungen:

h) Körperempfindungsschema/jetziges Körperwahrnehmung



froneberg.com

i) Möchten Sie aktuell sonst noch etwas mitteilen?

6) Messung von Blutdruck / HR

	Syst.	Diast.	HR
Messung 1			
Messung 2			
Messung 3			
Mittelwert			

- 7) Mittelwert Blutdruck / Puls bei Biobeat unter «personenbezogene Daten» eintragen
- 8) Kontrolle bez. bequemem Liegen
- 9) Biobeat-Monitor überprüfen
- 10) Kopfhörer einstellen/aufsetzen

11) Baseline (5 min)

Uhrzeit Start:

Bemerkungen:

12) Intervention (10:47min)

Uhrzeit Start:

Bemerkungen:

13) Post-Intervention (30 sek.)

Uhrzeit Start:

Blutdruck/Puls messen:

Uhrzeit Start:

Syst.	Diast.	HR
<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>

Bemerkungen:

14) Kopfhörer abnehmen

15) Aufsetzen (5 min)

Uhrzeit Start:

Nach 3 min Blutdruck messen:

Uhrzeit Start:

Syst.	Diast.	HR
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

16) Fragen:

a) Wie fühlen Sie sich jetzt bezüglich Ihrer Stimmung auf einer Skala von 1-6?

1=bedrückt, 2=ziemlich bedrückt, 3=eher bedrückt, 4=eher unbeschwert,
5=ziemlich unbeschwert, 6=unbeschwert

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

b) Wie fühlen Sie sich jetzt bezüglich Ihrer Anspannung auf einer Skala von 1-6?

1=angespannt, 2=ziemlich angespannt, 3=eher angespannt, 4=eher entspannt,
5=ziemlich entspannt, 6=entspannt

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

c) Wie fühlen Sie sich jetzt bezüglich Ihrer Schläfrigkeit auf einer Skala von 1-6?

1=schläfrig, 2=ziemlich schläfrig, 3=eher schläfrig, 4=eher wach, 5=ziemlich wach,
6=wach

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

d) Haben Sie aktuell Schmerzen?

Ja Nein

Schmerzlokalisierung(en):

Schmerzstärke: 1 = «sehr schwach» / 6 = «sehr stark»

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

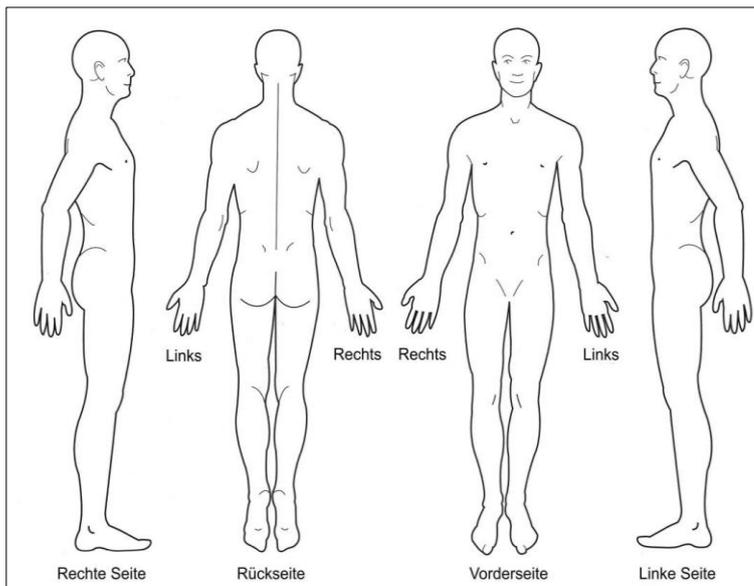
e) Wie schätzen Sie Ihre Kreislaufstabilität ein, haben Sie Schwindel, ist ihnen schwarz vor Augen oder ähnliches?

1= keine Beschwerden, 6 = starke Beschwerden

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

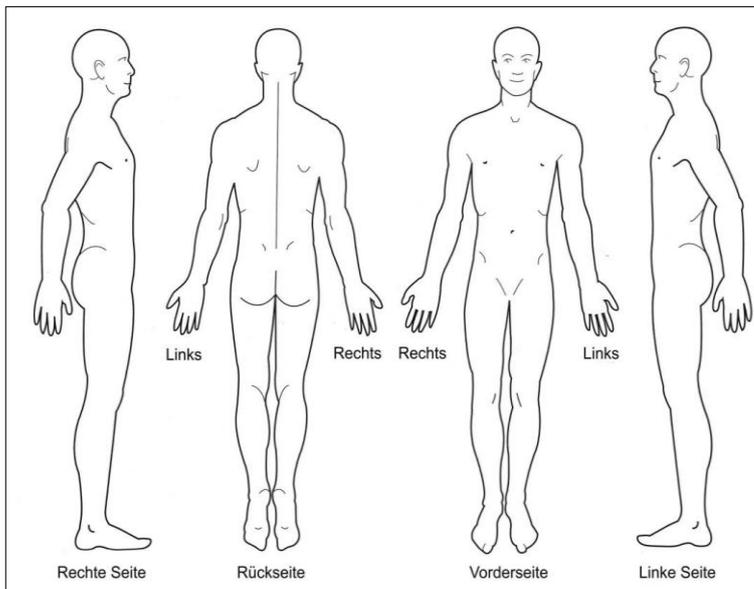
Bemerkungen:

f) Körperempfindungsschema/ jetzige Körperwahrnehmung



froneberg.com

g) Körperempfindungsschema/Körperwahrnehmung während der Musik



froneberg.com

h) Möchten Sie aktuell sonst noch etwas mitteilen?

Ein großer, leerer rechteckiger Kasten, der für die Mitteilung von weiteren Informationen vorgesehen ist.

17) Zurücklegen, Kontrolle bequemes Liegen

18) Abschluss und Übergabe an Pflege

11.3 Semistrukturiertes Interview

- 1) Wie würdest du die Musik jemandem beschreiben der sie noch nie gehört hat?

Proband A: Ich denke sie ist künstlich, technisch, technolastig, vor allem die ersten 80%, die letzten 20% sind eher ruhiger gewesen. Aber synthetische Musik, ja, schön!

Proband B: **Bewegend und ziemlich basshaltig**

- 2) a) Welche Musik hörst du sonst? b) Wie unterscheidet sich diese von der Musik der Machbarkeitsstudie?

Proband A: a) Ich höre rel. wenig Musik, muss ich sagen. Wenn ich höre, dann ist es vielleicht so Chillout-Musik. So Entspannungsmusik. Oder dann ein bisschen Jazz. Und ab und zu höre ich gerne einfach auch Rock von früher: Rolling Stones, Beatles, Led Zeppelin und so, der hat meinen Jahrgang und ist auch heute noch in, oder...

Proband B: a) Alles! :-) b) Sie geht viel länger als ein übliches Musikstück. Würdest du für diesen Zweck die Musik kürzer halten? **Ja!** Ca. Wieviele Minuten? **«Normaler» Song halt, so 5 Minuten.**

- 3) Bei welcher Gelegenheit hörst du «deine Musik»? Setzt du sie auch gezielt ein: z.B. um Erinnerungen zu wecken, bei Müdigkeit, zum Wecken, um die Stimmung zu heben etc.?

Proband A: Ich höre Musik eher zufällig oder vielleicht mal, dass ich draussen sitze und jetzt halt mal ein bisschen Musik höre...hörst du die Musik dann ab Natel? Ja

B: **Ich habe für jede Emotion eine Musik die ich laufen lasse. Die Musik ist das Wichtigste auf dieser Welt für mich!**

- 4) Wie war es für dich, die Musik mit Kopfhörern zu hören?

Proband A: Ja, sehr gut! Da gibt es eigentlich nichts Besseres, denke ich jetzt mal, um Musik intensiv zu hören.

Proband B: Kopfhörer sind halt so eine Sache. Ich habe nicht so gerne Kopfhörer an, weil man dann draussen so nichts mehr hört. Du hast alles nur noch drauf. Du kannst nicht mehr mit anderen kommunizieren. Auch wenn es vielfach um dies geht. Weiss auch nicht. Es ist einfach zu viel auf dem Ohr. Weiss auch nicht. Du würdest die Musik kürzen und via Boxen abspielen? **Ja.**

- 5) Hat sich die Musik im Verlaufe des mehrmaligen Hörens verändert? Wie?

Proband A: Für dich jetzt wahrscheinlich schwierig zu beantworten, da bereits weit zurück und du krank warst und oft auch geschlafen hast während dem die Musik lief. Deshalb habe ich sie dir ja vor dem Interview auch nochmals laufen lassen. **Ja, ich kann nur vergleichen mit heute. Heute habe ich sie anders gehört als dort, dort war wirklich meine Krankheit im Vordergrund – und morgens um sieben Uhr...Ich denke, heute konnte ich auch besser zuhören im Sinne von, eben, dass die Musik rundherum gegangen ist, über die Stirn und hinten beim Nacken wieder durch. Und ich habe auch gefunden, die einen Stücke hätten weitergehen können und dies sagte ich ja letztes Mal eher nicht.**

Proband B: **nein**

- 6) Wie hast du die binaurale Musik empfunden? Wo körperlich wahrgenommen?

Proband A: Bei mir geht es vom linken Ohr vorne über der Stirn durch ins rechte Ohr und dann hinten über den Nacken wieder ins linke Ohr. Also nicht weiter runter als Hals/Nacken? **Nein – meine Lähmung beginnt eben auch etwa dort.**

Proband B: **Das 8D-Zeugs? Finde ich nicht nötig.** Waren die Empfindungen unangenehm oder egal? **Egal** Wo hast du sie wahrgenommen? **Um den Kopf, weiter als Kopfhörer (zeigt mit den Händen ca. 20-30cm beidseits von den Ohren weg)** War dieser «Raum» eher beschützend oder befremdlich? **Beschützend – mit Geräuschunterdrückung.** Dieser beschützende Raum wäre meine Absicht durch 8D gewesen, deshalb nahm es mich jetzt wunder. **Ja**

- 7) Kamen dir beim Musikhören Bilder in den Sinn? Welche? Immer die gleichen? Andere? An welchen Stellen?

Proband A: Es ist lange her...für Bilder hatte ich ein zu wenig entspanntes Gefühl. Die Musik müsste entspannender wirken, damit bei dir Bilder «kommen»? **Ja**

Proband B: **Nein** Was dachtest du während der Musik? **Dass ich nachher rausgehe, ja und dass ich endlich einen Joint rauchen gehen kann.** Also hast du die Musik eher «ausgehalten»? **Ja, weil mir diese Musik einfach nicht gefällt. Doch, sie gefällt mir schon, aber zu viel, mir ist es einfach zu lange.**

- 8) Wie hast du die Rhythmen der Musik wahrgenommen? Tempo, Intensität, Vielfalt oder Monotonie, angenehm, holprig...

Proband A: Als motivierend, eben so technomässig, man hat begonnen mit zu machen...

Proband B: Es war zuerst so ein Schlafrhythmus ...verstehe nicht, weshalb Schlaf- und dann Aufsteh...würde nicht «schlafen», sondern step by step rauf...wie würdest du die Musik beginnen? **Keine Ahnung, ich weiss doch das nicht, ich bin kein Komponist** (leicht genervt)

- 9) Hast du die Binaural Beats wahrgenommen? So «brrrrrrrr»

Proband A: hmm Jedenfalls nicht negativ? **Nein!**

Proband B: **Ja, brrrrr, ja! Ich liebe das!!** Hätte man diese Sequenz länger machen können? **Von mir aus schon, ja! Ich liebe Bass, Bass ist das Beste!** Den Bass empfindest du im Bauch, sagtest du mal vorgängig? **Im Kopf** Im Bauch auch, wenn du nicht mit Kopfhörern Musik hörst sondern via Boxen? **Kommt darauf an wie stark sie sind, ja.** Falls du es im Bauch spürst, ist diese Empfindung angenehm? **Ja**

- 10) Hast du während dem Hören der Musik eine physische oder psychische Veränderung wahrgenommen? Ev. auch an speziellen Stellen der Musik?

Proband A: Ich denke, beim Musikhören vor diesem Interview habe ich die Musik wirklich zu hören begonnen im Sinne von mich erholen oder entspannen. Ich hatte die Augen geschlossen und die Musik kam mir jetzt auch viel kürzer vor als die drei Mal am Morgen. Machen die Rhythmen, bei denen du vorher erwähntest, dass du mitmachen möchtest wacher? Ich denke schon, ja. Jetzt dachte ich, das mache am Morgen sicher wacher.

Proband B: Nein 0, bez. Befinden? entspannt

- 11) Wie war die Länge der Musik für dich?

Proband A: Jetzt dachte ich: was, schon fertig? Am Morgen war sie mir klar zu lang.

Proband B: Du hast es ja bereits gesagt, dass sie dir zu lange ist, du würdest sie ca. halb so lange machen. Ja

- 12) Wie war die Lautstärke der Musik für dich?

Proband A: Die war gut

Proband B: Ein bisschen zu leise für mich. Ich hatte die Lautstärke immer auf dem max. Erlaubten beim Hören mit Kopfhörern. Das stimmt doch nicht, die letzten beiden Male war lauter! Es war immer gleich, vielleicht waren einfach die Empfindungen anders. Vielleicht bin ich einfach zu müde gewesen.

- 13) Würdest du es für eine ähnliche Machbarkeitsstudie besser finden, wenn sie jemand von der Pflege durchführen würde als eine Person von «ausen»?

Proband A: Von deinem Aufwand her würde ich versuchen, mich und die Pflege zu instruieren und es dann über die Pflege zu machen.

Proband B: Ich würde es gar nicht mehr machen. Bei einer anderen Person? So würde ich es nicht mehr machen. O.k. Ich habe keinen Bock mehr auf das.

14) Gab es in der Musik eine Lieblingsstelle?

Proband A: Nein, eine Lieblingsstelle gab es nicht. Es gab ein paar abrupte Übergänge, mit dem Mischpult könnte man dies etwas anders gestalten.

Proband B: «das ütsch, ütsch, ütsch» (4/4-Takt/Puls, siehe Abbildung 14)

15) Gab es eine Stelle, die unangenehme Gefühle oder Angst auslöste?

Proband A: Angstgefühle, neinnein

Proband B: Nein

16) Gab es Stellen die bei dir Hühnerhaut auslöste, von emotionalen Empfindungen her oder auch von Geräuschen her?

Proband A: Nein, von beidem her nicht. Aber die Hühnerhaut habe ich noch, trotz der Lähmung. Zum einen, wenn ein kühler Windstoss über meinen Körper geht, über die beiden Arme, dann löst dies eine Hühnerhaut aus. Oder wenn es einen Stau in der Blase gibt, dann nehme ich dies als erstes mit einer Hühnerhaut war, da ist die Hühnerhaut ein Warnsignal.

Proband B: Nein. Kennst du Hühnerhaut sonst? Ja. Wann? Bei welchen Gelegenheiten? (Proband A stöhnt) **Ihr fragt Sachen, mein Gott** (stöhnt wieder). Antworte nur, wenn du es mitteilen möchtest. Wenn du findest, dass das niemanden etwas angeht, dann sage dies! **An den Armen, den Schultern, der Brust**. Wann? Eher bei unangenehmen Geräuschen wie z.b. beim Kratzen über eine Tafel oder bei Musik mit Text oder bei einem Film...**bei tiefgründiger Musik**. Welche Musik ist tiefgründig für dich? **Einfach tiefgründig** (gereizt) **kommt drauf an, ich weiss es doch nicht** (nun eher hilflos).

- 17) War dein Kreislauf nach der Musik beim Aufsitzen anders als sonst? b) Welche Massnahmen bez. Kreislauf kommen bei dir sonst zum Einsatz?

Proband A: a) Nein, ausser gerade beim letzten Mal, dort ging es mir halt wirklich schlecht. b) Ich habe nicht so Probleme mit dem Kreislauf.

Proband B: a) Es war gleich b) nicht gefragt

- 18) Hat die Musik bez. Tageseinstieg etwas verändert?

Proband A: Eher nein. Aber wenn die Musik anstelle eines Weckers automatisch spielen würde, könnte ich mir das gut vorstellen.

Proband B: nein

- 19) Würdest du die Musik alleine nutzen?

Proband A: Ja, als Weckmusik

Proband B: Nein, weil sie mir zu lange dauert. Und vor allem das 8D. Das verd...8D, das geht mir so auf den S. das 8D. Sonst hätte ich dich schon lange gefragt, ob du mir das Lied schickst.

- 20) Wie hättest du die Musik lieber, mit oder ohne Kopfhörer?

Proband A: Mit Kopfhörer oder mit Lautsprecher als Weckmusik.

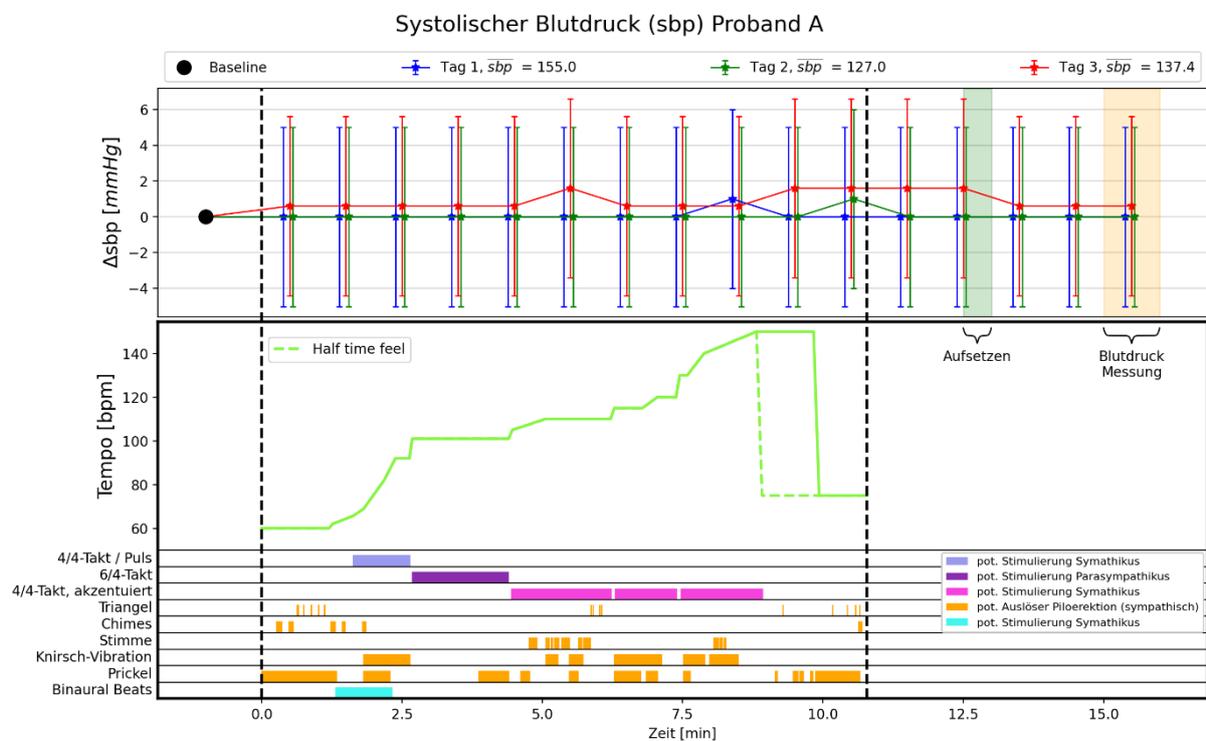
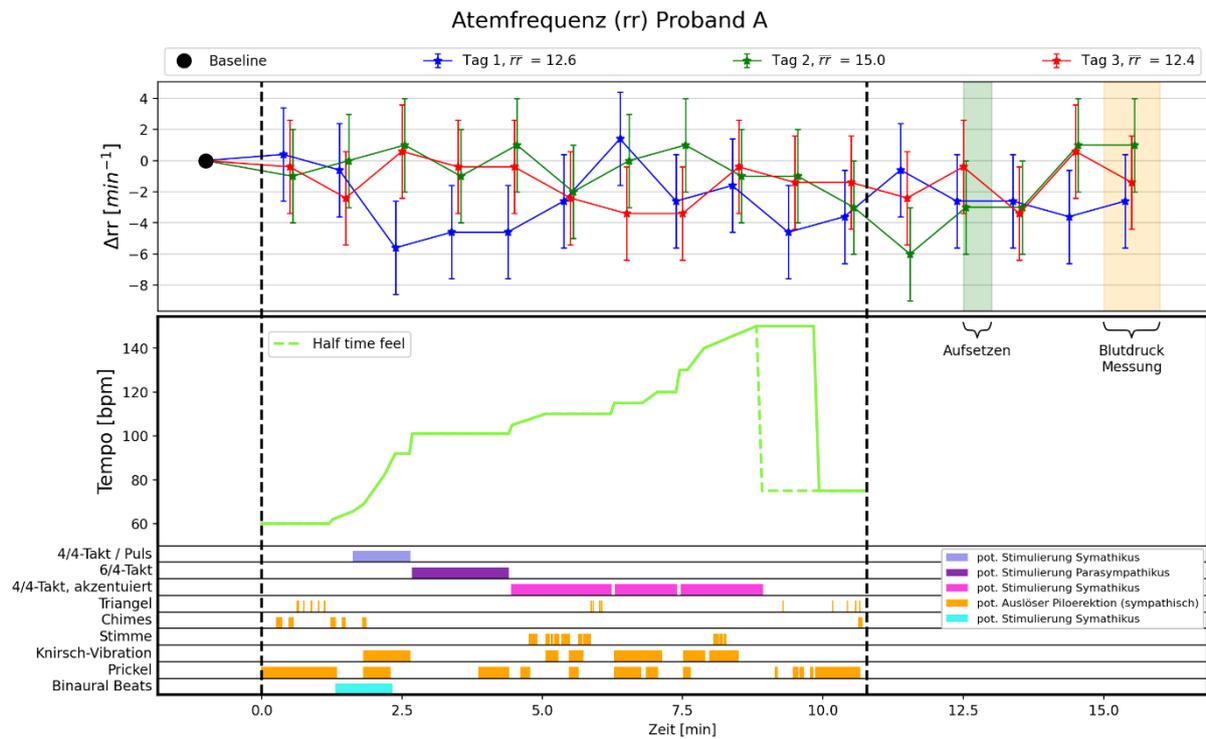
Proband B: Ohne! Darum möchte ich ja diese 8D nicht! (Anmerkung: im Anschluss an das Interview wollte er unbedingt die Kopfhörer ausleihen.)

- 21) Gibt es noch etwas, das du mitteilen möchtest?

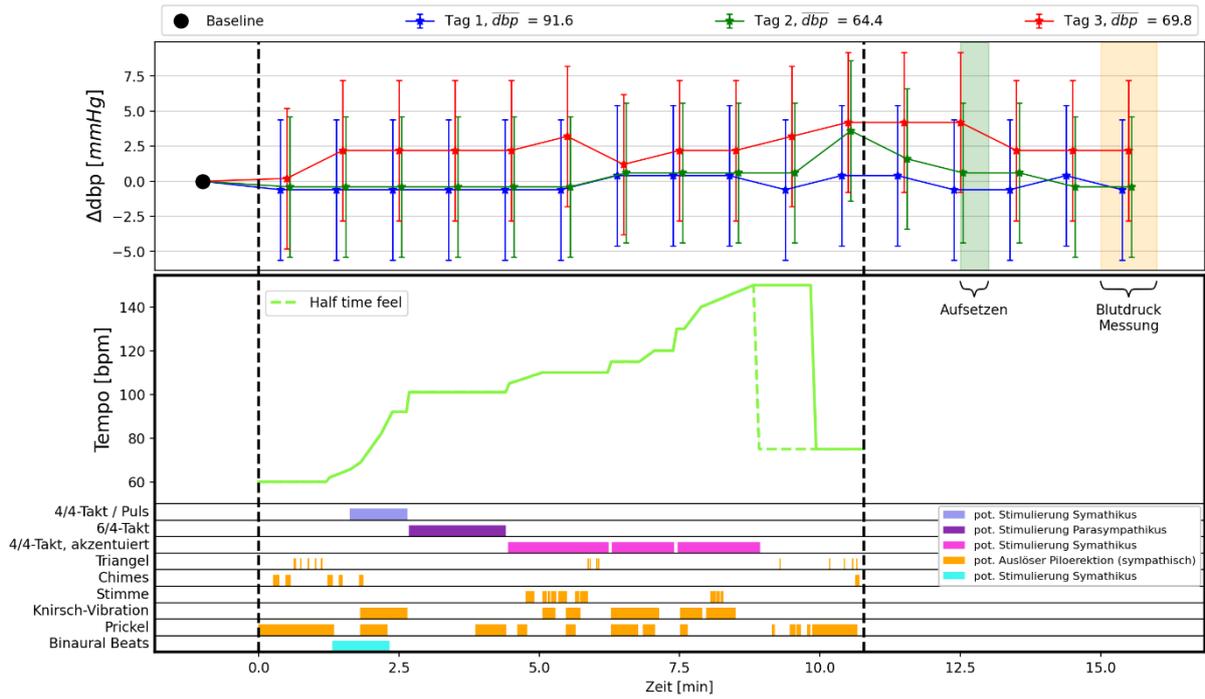
Proband A: nein

Proband B: nein

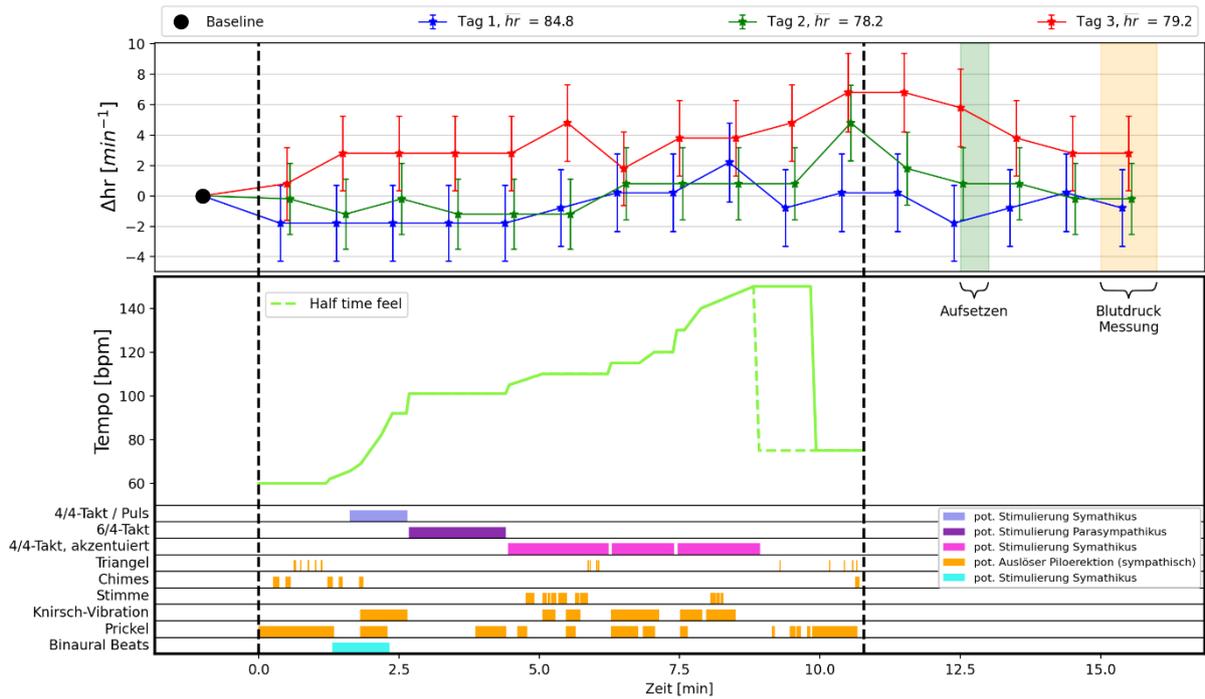
11.4 Grafiken mit Messungenaugigkeits- Balken



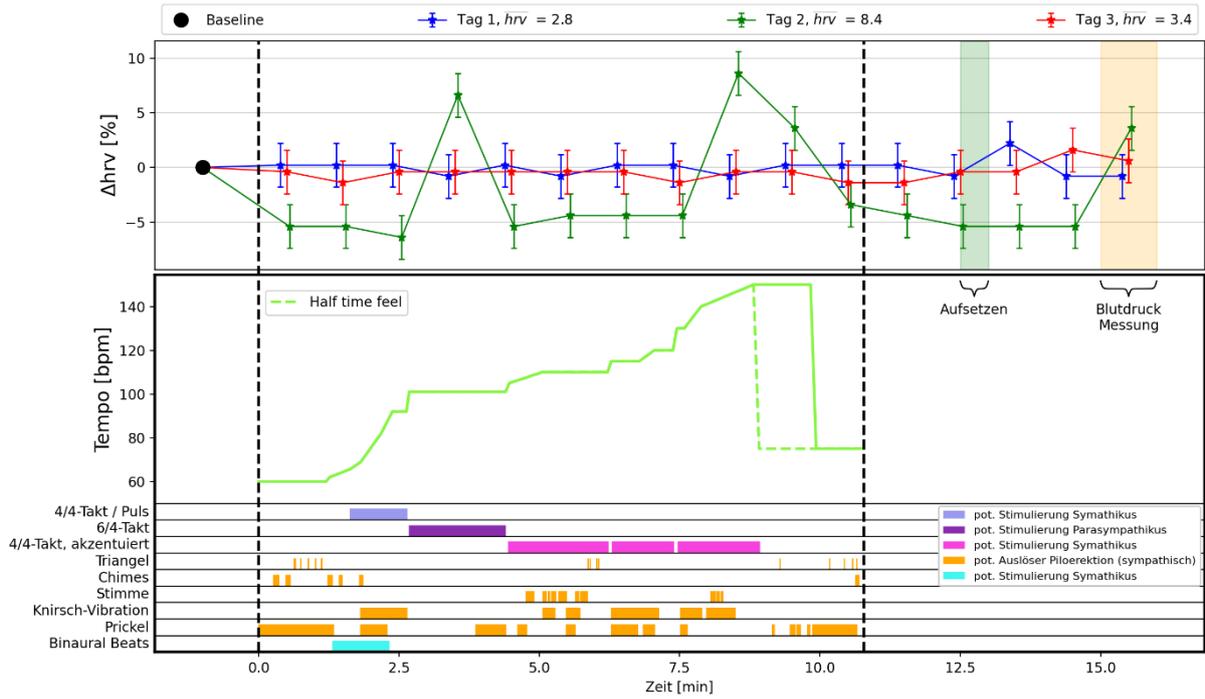
Diastolischer Blutdruck (dbp) Proband A



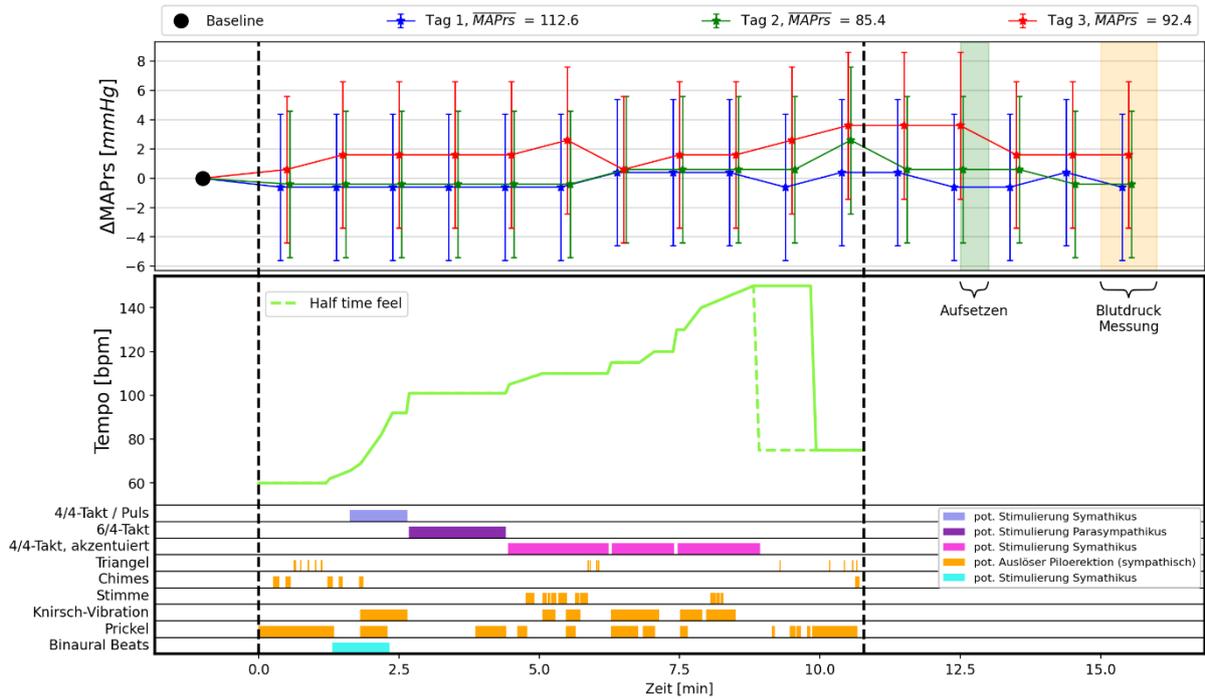
Herzfrequenz (hr) Proband A



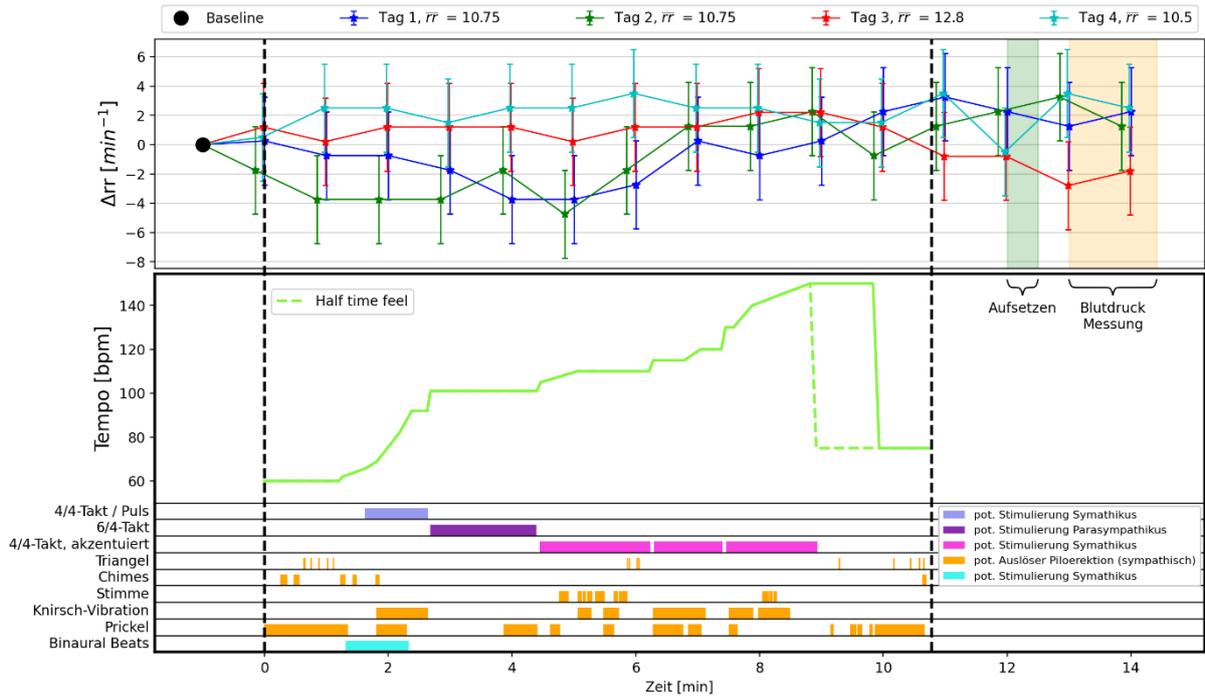
Herzfrequenzvariabilität (hrv) Proband A



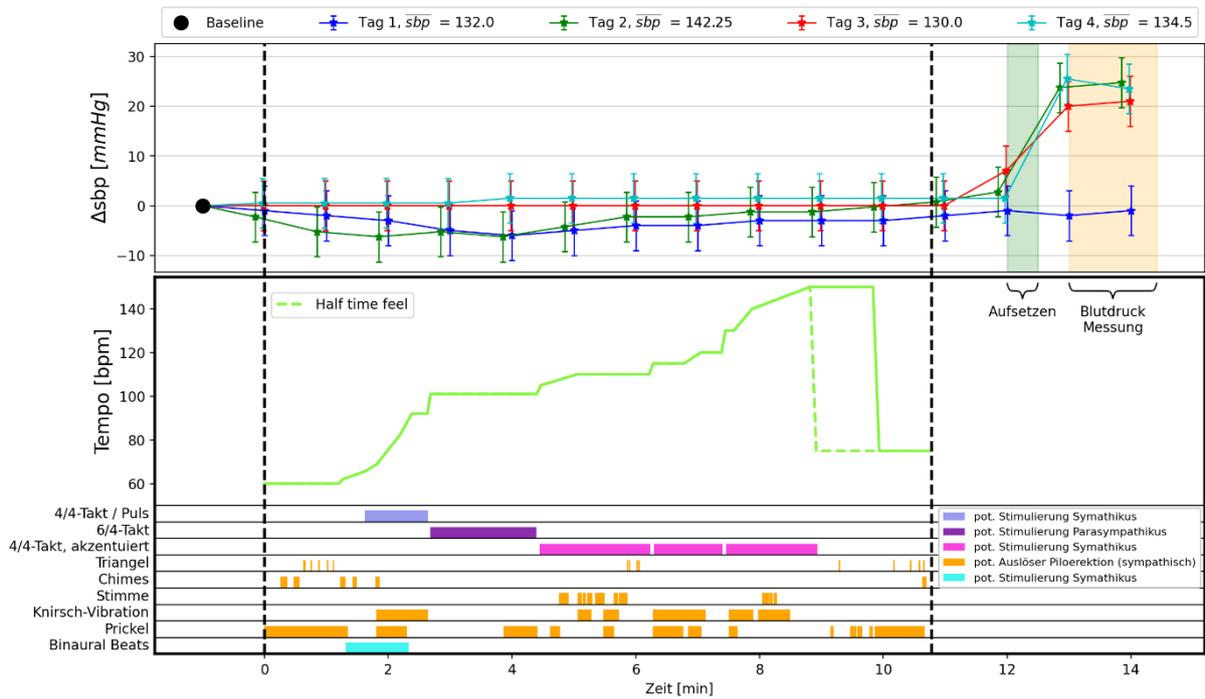
Mittlerer arterieller Druck (MAPrs) Proband A



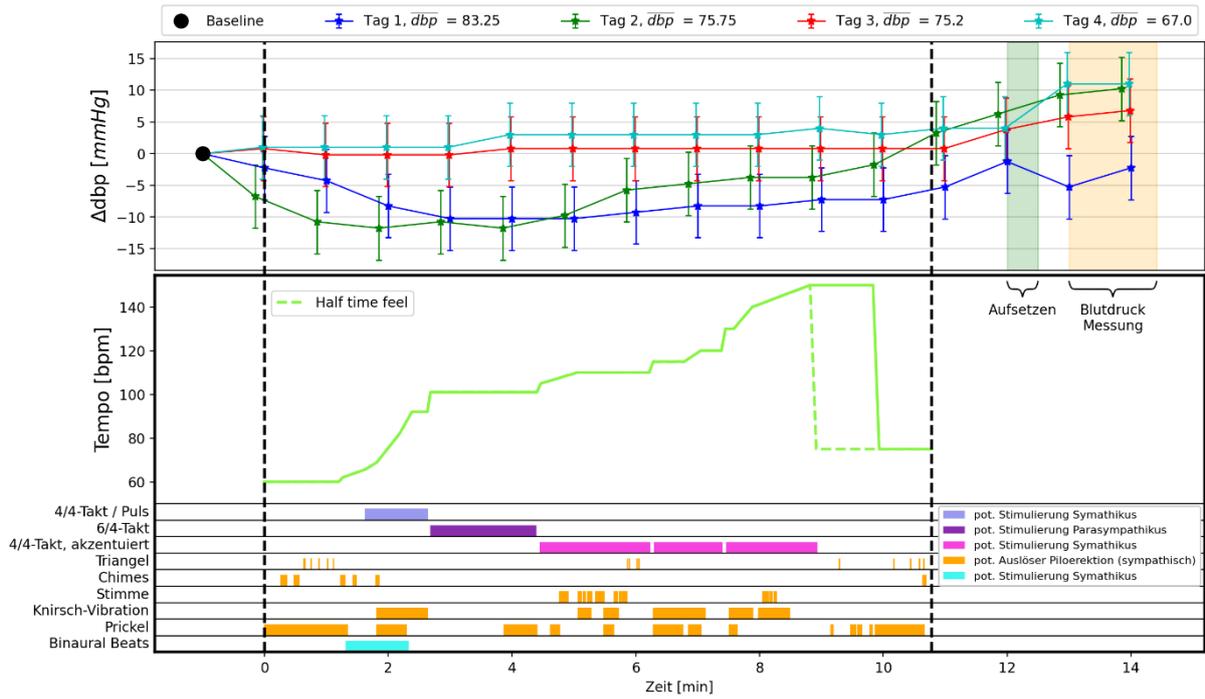
Atemfrequenz (rr) Proband B



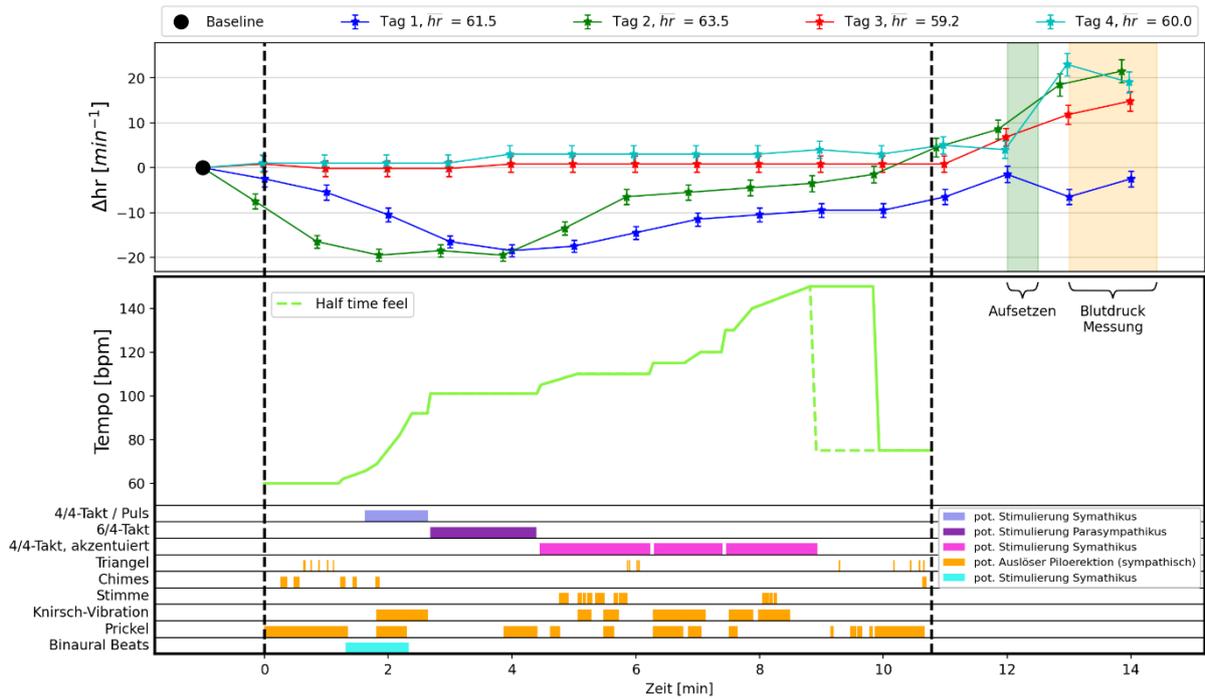
Systolischer Blutdruck (sbp) Proband B



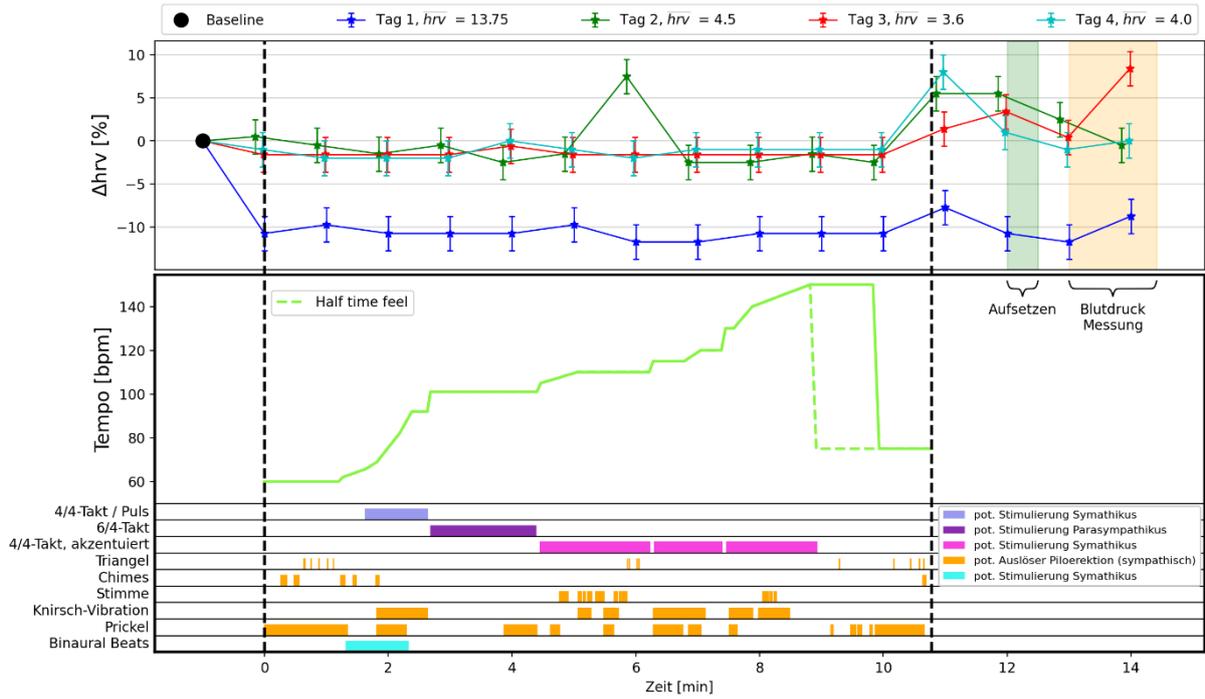
Diastolischer Blutdruck (dbp) Proband B



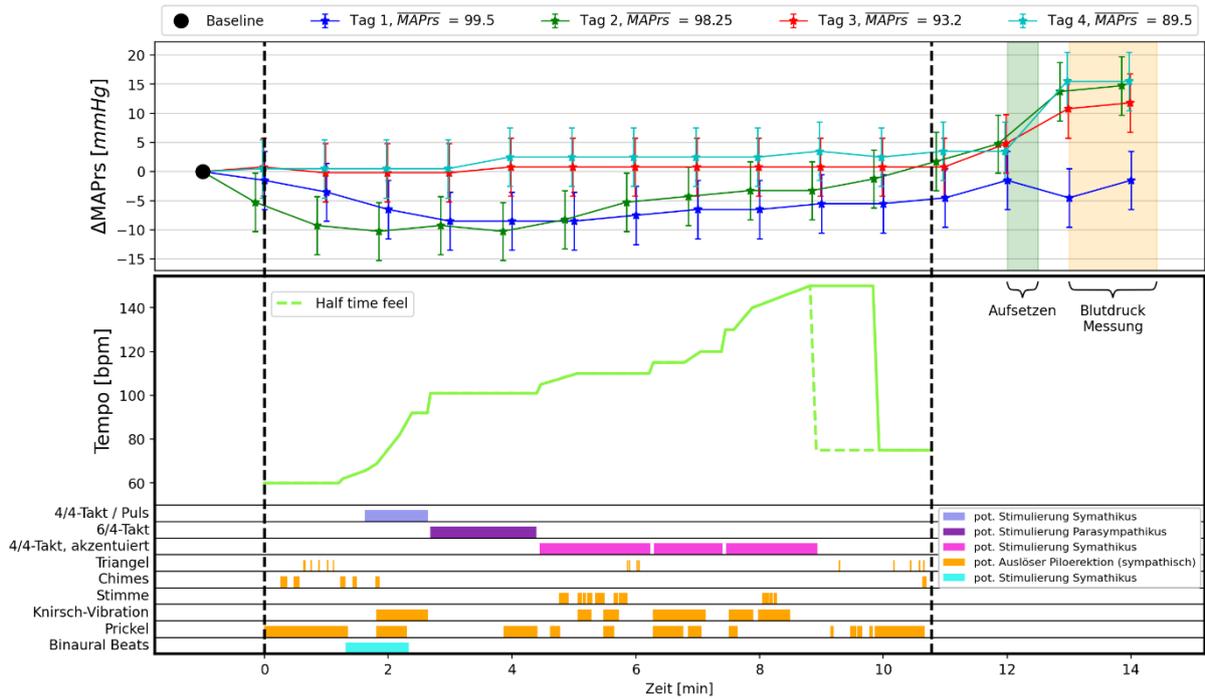
Herzfrequenz (hr) Proband B



Herzfrequenzvariabilität (hrv) Proband B



Mittlerer arterieller Druck (MAPrs) Proband B



Danksagung:

Besten Dank meiner Mentorin, Dr. med. Annkathrin Poepel. Durch ihre vielfältigen beruflichen Hintergründe und ihr grosses Fachwissen in verschiedensten Bereichen, fühlte ich mich sehr gut unterstützt. Ebenfalls vielen Dank an meine Zweitgutachterin, Beate Roelcke. Neben den fachlichen Rückmeldungen war ich für ihre moralische Unterstützung sehr dankbar.

Dr. med Michael Baumberger, ehemaliger Chefarzt des SPZs Nottwil, aktuell Senior Consultant Paraplegiologie & Rehabilitationsmedizin, war der Erste, der Freude an meiner Idee hatte. Er ermutigte mich über eine weite Strecke immer wieder dran zu bleiben – danke, Michael! Dr. Angela Frotzler, ehemalige Leiterin Clinical Trial Unit SPZ, war von Beginn meiner Idee bis zum Abschluss der Masterarbeit immer wieder an Wendepunkten beteiligt. Durch sie gelang es mir mehrmals, von einem Umweg auf einen direkten Weg zu gelangen. Herzlichen Dank, Angela, auch für die entstandene Freundschaft!

Ein grosses Dankeschön geht an Martin Villiger, den Komponisten der Musik. Die Zusammenarbeit hätte nicht besser sein können!

Dr. Peter Lude und Prof. Dr. Michael Furian ermöglichten mir nicht nur die Durchführung der Machbarkeitsstudie, sie unterstützten mich auch zu jedem Zeitpunkt in verschiedenen Bereichen und ich durfte ganz viel Neues lernen. Ein grosses Dankeschön an euch! Auch lieben Dank an pract. med. Ahmed Sevik, der an einem frühen Morgen bei der Machbarkeitsstudie vor Ort war, mich beriet und unterstützte.

Ein grosses Dankeschön an die beiden Probanden der Machbarkeitsstudie.

Mit Stefanie Christen, Musiktherapeutin, durfte ich mich immer wieder fachlich austauschen. Herzlichen Dank dafür und auch fürs Korrekturlesen. Ebenso lieben Dank an meine Eltern, Lisbeth und Werni Brogli und an Claudia Blum fürs Korrekturlesen.

Herzlichen Dank meinen Söhnen Lorenz, Florian und Manuel Meier für all ihre Unterstützung. Ob fürs Zuhören bei Problemen vielfältiger Art, dem Austausch oder für ihre Hilfe. Ein spezieller Dank geht an Lorenz, ohne ihn hätten keine so tollen Grafiken herausgearbeitet werden können.

Und zum Schluss lieben Dank an Jo Siegler und Joey für die humorvollen Aufheiterungen die mir in zähen Arbeitsabschnitten Schwung gaben.

Erklärung zur Urheberschaft:

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Ort: Aarau

Datum: 15.11.2023

Unterschrift: