

Der Zusammenhang zwischen der Herzratenvariabilität und Stress

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Geitel, Jessica

2016

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. M. Günter
2. Berichterstatter: Professor Dr. M. Hofbeck

Arthur Thellmann

Meiner Mutter Agneta Engeln

Meinen Großeltern Albert Ulrich Herrmann und Sigrid Herrmann

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| 1. Einführung | 1 |
| 2. Grundlagen | 3 |
| 2.1. HRV | 3 |
| 2.1.1. Der geschichtliche Hintergrund der Herzratenvariabilität | 3 |
| 2.1.2. Physiologie der HRV – ein Blick in das vegetative Nervensystem | 8 |
| 2.1.3. Einflussfaktoren der HRV | 12 |
| 2.1.4. Die Bedeutung der HRV in der Psychiatrie | 15 |
| 2.1.5. HRV-Parameter und ihre Bedeutung..... | 16 |
| 2.2. Stress..... | 20 |
| 2.2.1. Stress in der Kindheit | 23 |
| 2.2.2. Stressachse, Neurohormonebene..... | 24 |
| 2.2.3. Stressbewältigung im Kindes- und Jugendalter | 26 |
| 2.2.4. Narkose und Stress bei Kindern - Der präoperative Stress..... | 27 |
| 2.3. Stress und HRV | 29 |
| 3. Material und Methode..... | 31 |
| 3.1. Design der klinischen Pilotstudie | 31 |
| 3.2. Hypothesen der Studie | 32 |
| 3.3. Ziele der Studie..... | 32 |
| 3.4. Die genaue Fragestellung der vorliegenden Dissertation und der Eigenanteil der Arbeit..... | 33 |
| 3.5. Patientenkollektiv und Studienbeschreibung | 34 |
| 3.6. Ein- und Ausschlusskriterien..... | 35 |
| 3.7. Einteilung und Intervention | 36 |
| 3.8. Altersverteilung und Geschlechterverteilung der gesamten Studienteilnehmer..... | 37 |
| 3.9. Datenaufbereitung und -verarbeitung | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 3.9.1. Messungen und Ablauf der Studie | 40 |
| 3.9.2. EKG-Analyse und verwendetes Programm | 44 |
| 3.9.2.1. Verfahren zur Bestimmung der HRV | 44 |
| 3.9.2.2. EKG-Gerät | 44 |
| 3.9.2.3. HRV-Analyzer | 45 |
| 3.9.2.4. Arbeitsschritte im HRV-Analyzer | 45 |
| 3.9.2.5. Auswirkungen der EKG-Analyse auf das Patientenkollektiv | 48 |
| 3.9.3. Statistische Datenanalyse | 49 |
| 4. Ergebnisse | 50 |
| 4.1. Effekte der ANOVAs für alle Parameter | 50 |
| 4.2. Ergebnisse RMSSD | 51 |
| 4.3. Ergebnisse High Frequency | 52 |
| 4.4. Ergebnisse mittlere Herzrate | 54 |
| 4.5. Ergebnisse Standardabweichung RR-Intervalle (SDNN) | 55 |
| 4.6. Ergebnisse Low Frequency | 56 |
| 4.7. Ergebnisse Variationskoeffizient | 57 |
| 4.8. Ergebnisse RR-Differenzen (NN50) | 58 |
| 4.9. Ergebnisse SD1 und SD2 | 59 |
| 5. Diskussion | 61 |
| 5.1. Interpretation der Ergebnisse | 61 |
| 5.1.1. Betrachtung der Kontrollgruppe | 62 |
| 5.1.2. Betrachtung der Interventionsgruppe | 63 |
| 5.1.3. Betrachtung der Interventions- und Kontrollgruppe im Vergleich | 65 |
| 5.1.4. Betrachtung der Gesamtgruppe | 66 |
| 5.2. Kritische Betrachtung der Ergebnisse | 66 |
| 5.3. Stress vor einem operativen Eingriff, Prävention und Intervention | 69 |
| 5.4. Die Herzratenvariabilität als Nachweis für Stress | 72 |

| | |
|---|-----------|
| 5.5. Reduktion von Operationsstress – Der Aufklärungsfilm..... | 72 |
| 5.6. Schlussfolgerung der Arbeit..... | 73 |
| 6. Zusammenfassung..... | 76 |
| 7. Literaturverzeichnis | 79 |
| 8. Internetseiten..... | 84 |
| 9.Tabellen- und Abbildungsverzeichnis..... | 85 |
| 9.1. Tabellenverzeichnis | 85 |
| 9.2. Abbildungsverzeichnis | 85 |
| 10. Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift | 88 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------|---|
| AAS | Allgemeines Adaptionssystem |
| Abk. | Abkürzung |
| ACTH | Adrenocortikotropes Hormon |
| ANOVA | Analysis of Variance, Varianzanalyse |
| ANS | Autonomes Nervensystem |
| AV-Knoten | Atrioventrikularknoten |
| AVP | Arginin-Vasopressin |
| bpm | beats per minute |
| Bsp. | Beispiel |
| bzw. | beziehungsweise |
| CBCL | Child Behavior Checklist |
| CRH | Corticotropin releasing hormon |
| CTG | Kardiotokographie |
| EASI | Easi Instrument of Child Temperament |
| EKG | Elektrokardiogramm |
| ESC | Society of Cardiology |
| et al. | und andere |
| etc. | et cetera |
| FB | Fragebogen |
| HF | High Frequency, wird auch als High Frequency Power Sum bezeichnet |
| HNO | Hals-Nasen-Ohren |
| HPA-Achse | Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenachse |
| HRV | Herzratenvariabilität |
| Hz | Hertz |
| KAT | Kinder-Angst-Test |
| KAB | Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung |

| | |
|---------------|--|
| KFO | Kieferorthopädie |
| KHK | Koronare Herzkrankheit |
| LF | Low Frequency, wird auch als Low Frequency Power Sum bezeichnet |
| mind. | mindestens |
| ms | Millisekunden |
| N. | Nervus |
| n.Chr. | nach Christus |
| N.n. | Nervi |
| NN50 | Prozentsatz aufeinander folgender RR-Intervalle, die >50ms voneinander abweichen |
| OP | Operation |
| p | Signifikanzniveau |
| PBRs | Procedural Behavior Rating Scale |
| PHBQ | Post Hospitalization Behaviour Questionnaire |
| pNN 50 | Prozentsatz aufeinander folgender RR-Intervalle, welche mehr als 50ms voneinander abweichen |
| QPA | Puls-Atem-Quotient |
| RMSSD | Der RMSSD steht für die schnellen Schwankungen der Herzfrequenz |
| RMSSDz | RMSSD nach Ziegler |
| RR-Intervalle | Abstand zwischen zwei R-Zacken im EKG |
| RSA | respiratorische Sinusarrhythmie |
| SAM-Achse | Sympathisch–Adrenal–Medulläre-Achse |
| SD1 | Die Standardabweichung der Punktabstände zum Querdurchmesser im Poincare-Plot der aufeinanderfolgenden RR-Differenzen |
| SD2 | Die Standardabweichung der Punktabstände zum Längsdurchmesser im Poincare-Plot der aufeinanderfolgenden RR-Differenzen |
| SDNN | Standardabweichung der RR-Intervalle einer Messung |
| STAI | State-Trait Anxiety Inventory |

| | |
|----------------|---|
| Std. Deviation | Standardabweichung |
| STOA-T | State-Trait-Operations-Angst |
| T1 | Zeitpunkt 14 Tage bis 1 Tag vor dem geplanten operativen Eingriff |
| T2 | Zeitpunkt unmittelbar vor der Narkoseeinleitung |
| TP | Total Power |
| t-Test | Hypothesentest der t-Verteilung |
| u.a. | unter anderem |
| VC | Variationskoeffizient, auch coefficient of variation (CV) |
| v. Chr. | Vor Christus |
| vgl. | vergleiche |
| VLF | Very Low Frequency |
| YPAS | Yale Preoperative Anxiety Scale |
| z.B. | zum Beispiel |

1. Einführung

In der Medizin erlangt die Herzratenvariabilität (HRV) seit einigen Jahren wieder an zunehmendem Interesse. In vielen Sparten der Medizin wird sie als nicht-invasiver Messparameter eingesetzt, um den Gesundheitszustand des Patienten zu bewerten. Zu diesen Bereichen zählen vor allem die Sportmedizin, Stressmedizin, Psychophysiologie, Diabetologie und die Herz-Kreislauf-Medizin. Es ist allgemein anerkannt, dass die HRV in vieler Hinsicht Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand und die physiologische Anpassungsfähigkeit eines Organismus geben kann. Die HRV spiegelt das Gleichgewicht unseres autonomen Nervensystems wieder. Eine eingeschränkte HRV bedeutet gleichermaßen eine eingeschränkte Anpassungsfähigkeit an innere und äußere Eindrücke. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von *Globalfitness*. Einer dauerhaft verminderten Anpassungsfähigkeit folgen Krankheiten wie Depressionen, Neuropathien und Herzkrankheiten etc. und umgekehrt führen diese Erkrankungen zu einer verminderten Anpassungsfähigkeit (Sammito et al, 2014; Hottenrott, 2007; Löllgen, 1999; Pizzinato, 2011; M.Carney, 2001; Eller-Berndl, 2010; [1]).

Daher wird in der heutigen Medizin nach Wegen gesucht, das Gleichgewicht des autonomen Nervensystems wiederherzustellen, um dem Herzen die Anpassungsfähigkeit an externe und interne Einflüsse zu ermöglichen. Ein wichtiges Forschungsgebiet ist das Biofeedback. „Im Rahmen von Prävention oder Therapie kann ein HRV-Biofeedback zur Erfassung und gegebenenfalls Förderung des Vagotonus und zur Senkung des Blutdrucks – damit zum „Herzschutz“ – genutzt werden“ (Köllner & Broda, 2005, S. 73).

Das Ziel dieser Dissertation ist, die Herzratenvariabilität als Messparameter für den präoperativen Stress bei Kindern und Jugendlichen zu nutzen, und diesen Stress mittels eines Aufklärungsfilmes vor einem operativen Eingriff messbar zu reduzieren. Die Reduktion dieses Stresses soll über die HRV gemessen werden.

Kapitel 2 führt mit den Grundlagen zu den Begriffen Herzratenvariabilität und Stress in die Thematik ein. In Kapitel 3 werden das Projektdesign, verwendetes Material, die Methodik, der Eigenanteil dieser Arbeit und die Teilnehmer der Studie dargestellt. Die Ergebnisse werden tabellarisch und zur Veranschaulichung ebenfalls graphisch in Kapitel 4 aufgezeigt. Ausgewertet und bewertet werden die Ergebnisse in Kapitel 5, der Diskussion.

2. Grundlagen

2.1. HRV

2.1.1. Der geschichtliche Hintergrund der Herzratenvariabilität

Bereits vor über 1700 Jahren wurde die Bedeutung der Herzratenvariabilität von dem chinesischen Arzt *Wang Shu-Ho* in der späten Han Dynastie erkannt und in seinen Schriften *Mai Jing – The Knowledge of Pulse Diagnosis* niedergeschrieben. Er beschrieb unterschiedliche Pulstypen und erkannte, dass ein variabler Pulsschlag ein Zeichen von Gesundheit ist. In seinen Schriften über Pulsdiagnostik ist zu lesen: „Wenn das Herz so regelmäßig wie das Klopfen eines Spechtes oder das Tröpfeln des Regens auf dem Dach wird, wird der Patient innerhalb von vier Tagen sterben“ (Eller-Berndl, 2010, S. 10).

Weitere historische Eckdaten:

Herophilos (ca. 325 - 255 v.Chr.), ein griechischer Arzt aus Alexandria, war der Erste, der den Herzschlag aufzeichnete, indem er eine Wasseruhr nutzte, um den Puls zu messen (Russo, 2005; Wiltse & Pait, 1998).

Galen von Pergamon (131-200 n.Chr.), ein einflussreicher Arzt des Altertums, erkannte, dass die Adern Blut führen, die Arterien und Venen deutlich verschieden sind und die Arterie rhythmisch pulsiert. Er schrieb 18 Bücher über diese Thematik, darunter mindestens 8 Abhandlungen, die den Zusammenhang zwischen der Pulsdiagnostik und der Vorhersage einer Erkrankung erläutern (Billman, 2011).

Rufus von Ephesos (1. Jahrhundert n. Chr.) erkannte als Erster, dass der Puls durch Kontraktion und Entspannung verursacht wird. Er war Arzt und Schriftsteller während der römischen Kaiserzeit (Billman, 2011; Brockmann et al., 2009; Christ, 2002).

Der englische Arzt John Floyer (1649-1734) entwickelte die sogenannte „Physikalische Pulsuhr“. Es handelte sich um eine tragbare Uhr, die es ihm ermöglichte, Puls und Atmung tabellarisch unter verschiedenen Bedingungen

aufzuzeichnen (Gibbs, 1971): „We may know the natural pulse and the excess and the defects from that in diseases“ (Fleming, 1997, S. 19).

Regelmäßige Schwankungen der Herzfrequenz beobachtete und dokumentierte der englische Physiologe und Physiker Stephen Hales (1677-1761). Hales nahm von 1709 bis 1714 an experimentellen Studien mit Tieren teil und beobachtete die Abhängigkeit der Atmung von Puls und Blutdruck bei Pferden. Er schloss ein Rohr, welches eine Säule enthielt, an die Halsschlagader des Pferdes an. Die Höhe der Blutsäule zeigte den Blutdruck an (Eller-Berndl, 2010).



Abbildung 1: Blutdruckmessversuch [2]

Hales ist bekannt durch seine "Statical Essays": „The second volume (1733) on Hamostatics, containing expirements on the "force of blood" in various animals, its rate of flow, the capacity of the different vessels ,etc., entitles him to be regarded as one of the originators of experimental physiologie“ [3].

Im 19. und frühen 20. Jahrhundert machte Willem Einthoven (1860-1927) mit seinem selbst entwickelten Saitengalvanometer erste Aufzeichnungen der elektrischen Aktivität des Herzens (von Knorre, 2002).

1903 wurde das Elektrokardiogramm von Einthoven verbessert und als Diagnoseverfahren in der Medizin nützlich gemacht [4].

John Newport Langley, ein britischer Physiologe und Histologe, führte 1898 den Begriff *vegetatives Nervensystem* ein. Er teilte erstmals in Sympathikus, Parasympathikus und enterisches Nervensystem ein (Eller-Berndl, 2010).

Der deutsche Physiologe Carl Friedrich Wilhelm Ludwig (1816-1895), Namensgeber des *Carl Ludwig Institut für Physiologie* in Leipzig, arbeitete an der Entwicklung des Kymographen ("Wellenschreiber").

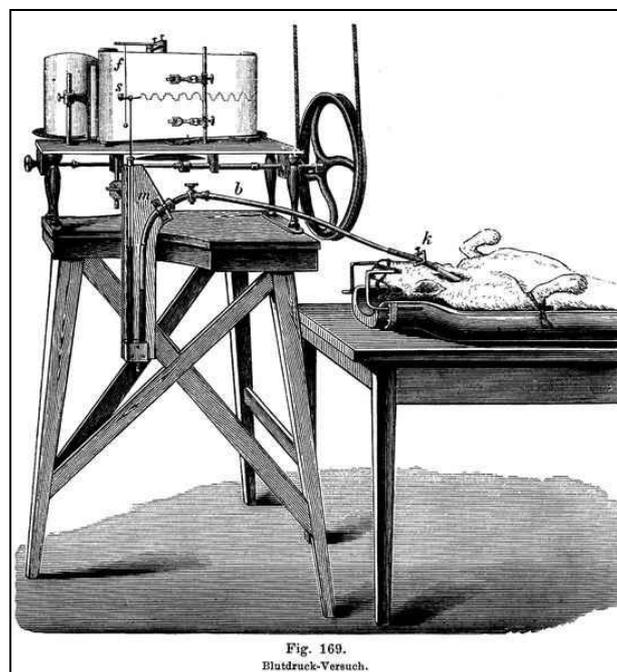


Abbildung 2: Wellenschreiber (Langendorff, 1891)

Dieser Wellenschreiber stellt ein wichtiges Messgerät für Untersuchungen auf dem Gebiet der Kreislaufphysiologie und Phonetik dar. Es zeichnet graphisch Atem-, Muskel- und Herzbewegungen auf und eignet sich aber auch zur optischen Aufzeichnung von Schallschwingungen. Es war möglich aufzuzeichnen, dass Systole und Ausatmung den Karotisdruck erhöhen und die Diastole und Einatmung den Druck erniedrigen. Dieser Zusammenhang wurde bei Hunden und Pferden nachgewiesen (Eller-Berndl, 2010; Billmann, 2011).

Mit der Entwicklung und Standardisierung des Elektrokardiogramms wurde es möglich, Veränderungen im Herzrhythmus zu erkennen. In den 1960er Jahren konnten über längere Zeit EKGs aufgezeichnet werden, und zwar mit Hilfe eines kleinen tragbaren Rekorders, der von Norman Jeff Holter entwickelt wurde: *Holter monitoring* (Gawłowska, 2009).

Zunehmendes Interesse erlangte die HRV in den 1960er Jahren im medizinischen Bereich der Geburtshilfe. Zur Überwachung des fetalen Herzschlags bedienen sich Ärzte des CTG (Kardiotokographie). Es wird die Herzschlagfrequenz und die HRV des Kindes beobachtet. Wichtige Begriffe in dem Zusammenhang sind die *Oszillation*, *Akzeleration* und *Dezeleration*. Diese sind wichtig für die Entwicklung des Kindes im Mutterleib und den Verlauf der Geburt [5].

1965 stellten Edward H. Hohn und S.T. Lee fest, dass Stressveränderungen innerhalb des Uterus bei Feten RR-Intervalle auslösen. Diese sind schon nachweisbar, bevor Veränderungen der Herzfrequenz aufzuzeichnen sind (Camm et al., 1996; Eller-Berndl, 2010).

Die europäische Fachgesellschaft der Kardiologie, die European Society of Cardiology (ESC), hat 1996 eine umfassende Publikation zu den Standards für Messungen und Analyse der HRV herausgegeben, die bis heute gelten (Camm et al., 1996; Eller-Berndl, 2010).

„In den 1970er Jahren entwickelte D.J. Ewing eine Abfolge von Tests von kurzfristigen RR-Intervallunterschieden, um autonome Neuropathien bei Diabetespatienten nachzuweisen“ (Camm et al., 1996, S.355).

1977 zeigten Mediziner unter der Führung von M.M. Wolf den Zusammenhang von reduzierter HRV und Postinfarktletalität (Eller-Berndl, 2010).

„1981 führte S. Akselrod die Spektralanalyse ein, um die Kontrolle der RR-Intervalle durch das autonome Nervensystem auch quantitativ einschätzen zu können“ (Camm et al., 1996, S.355).

Seit den 1980 er Jahren steigt die Anzahl der Publikationen mit dem Thema HRV in bekannten medizinischen Datenbanken wie z.B. *Pubmed*.

Der Begriff der *Pulsstarre*, den Hares Peter Koepchen prägte, oder auch die *respiratorische Sinusarrhythmie* (atemsynchrone Schwankungen der Herzfrequenz), welche 1860 erstmals von Peter Einbrodt (1835 - 1865) benannt wurde, gewinnen wieder an Bedeutung (Billman, 2011).

Heute hat die HRV eine weit verbreitete Akzeptanz als klinisches Mittel zur Beurteilung autonomer Veränderungen erlangt (Billman, 2011).

Das Zusammenspiel zwischen Parasympathikus und Sympathikus sowie mechanische und andere Faktoren wirken auf die Schrittmacherzellen im Sinusknoten, und bewirken die rhythmischen Veränderungen der Herzfrequenz (Billman, 2011).

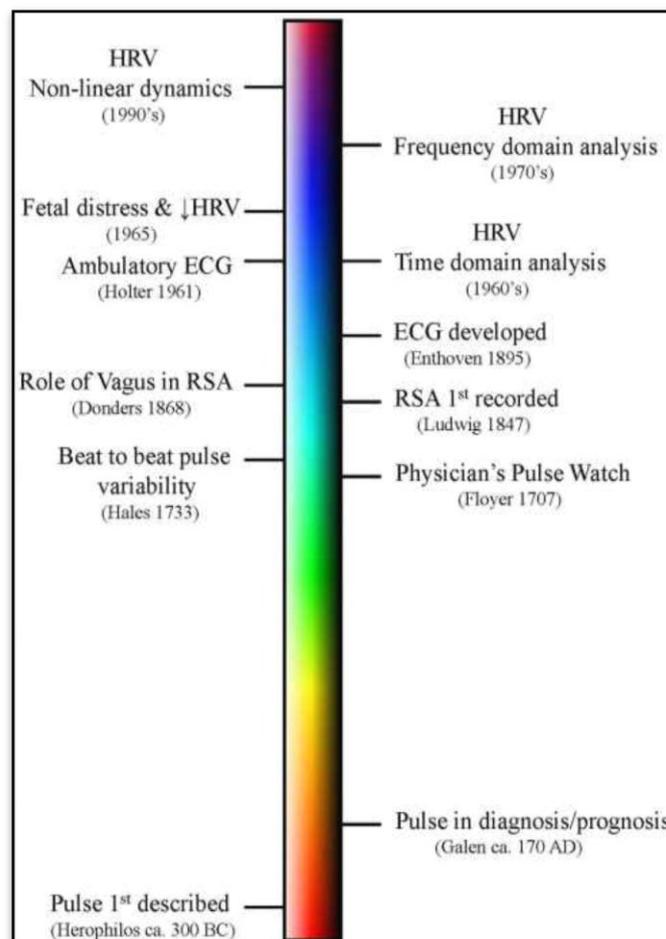


Abbildung 3: Historische Zeitskala HRV (Billmann, 2011)

2.1.2. Physiologie der HRV – ein Blick in das vegetative Nervensystem

Das vegetative Nervensystem dient der Regulation des *inneren Milieus* und der Anpassung der Organleistungen an den individuellen Bedarf. Die Herz­­tätigkeit, Herz­­frequenz als auch die Herz­­ratenvariabilität werden durch einen physiologischen Regelkreis kontrolliert und je nach Belastung angepasst. Dieser Regelkreis wird von dem vegetativen Nervensystem gesteuert (Eimer & Lindner, 2004).

Unterteilt wird das autonome Nervensystem in sympathisches Nervensystem, parasympathisches Nervensystem und enterisches Nervensystem. Die Herz­­ratenvariabilität basiert auf einem Zusammenspiel zwischen Sympathikus und Parasympathikus, wobei der Sympathikus ergotrope Wirkung über die Hormone Acetylcholin und Noradrenalin ausübt. Bei Fluchtreaktionen (Belastung, Stress, Angst) wird dementsprechend eine aktivierende Wirkung auf den Organismus und eine Erhöhung der Leistungsbereitschaft erreicht (Aumüller et al., 2007; Eller-Berndl, 2010; Sammito et al., 2014). Der Sympathikus wirkt über Beschleunigung der Herz­­frequenz, Atmung und Verengung der Blutgefäße. Dieser wirkt auf das Herz über die Nn. Cardiaci. Demgegenüber setzt der Parasympathikus die Mobilität der Verdauungsorgane und deren Durchblutung in Kraft. Seine Wirkung ist trophotrop und er dient der Erneuerung der körpereigenen Reserven. Reguliert wird dieser über den Nervus Vagus, dem 10. Hirnnerv. In Ruhe und Erholungsphasen wird dieser aktiviert und erzielt über das Hormon Acetylcholin seine Wirkung. Gesund ist ein dynamisches Gleichgewicht zwischen den beiden Regulatoren (Aumüller et al., 2007; [1]).

Sympathikus und Parasympathikus lassen sich nicht nur funktionell unterscheiden, sondern auch anatomisch (siehe Abbildung 4).

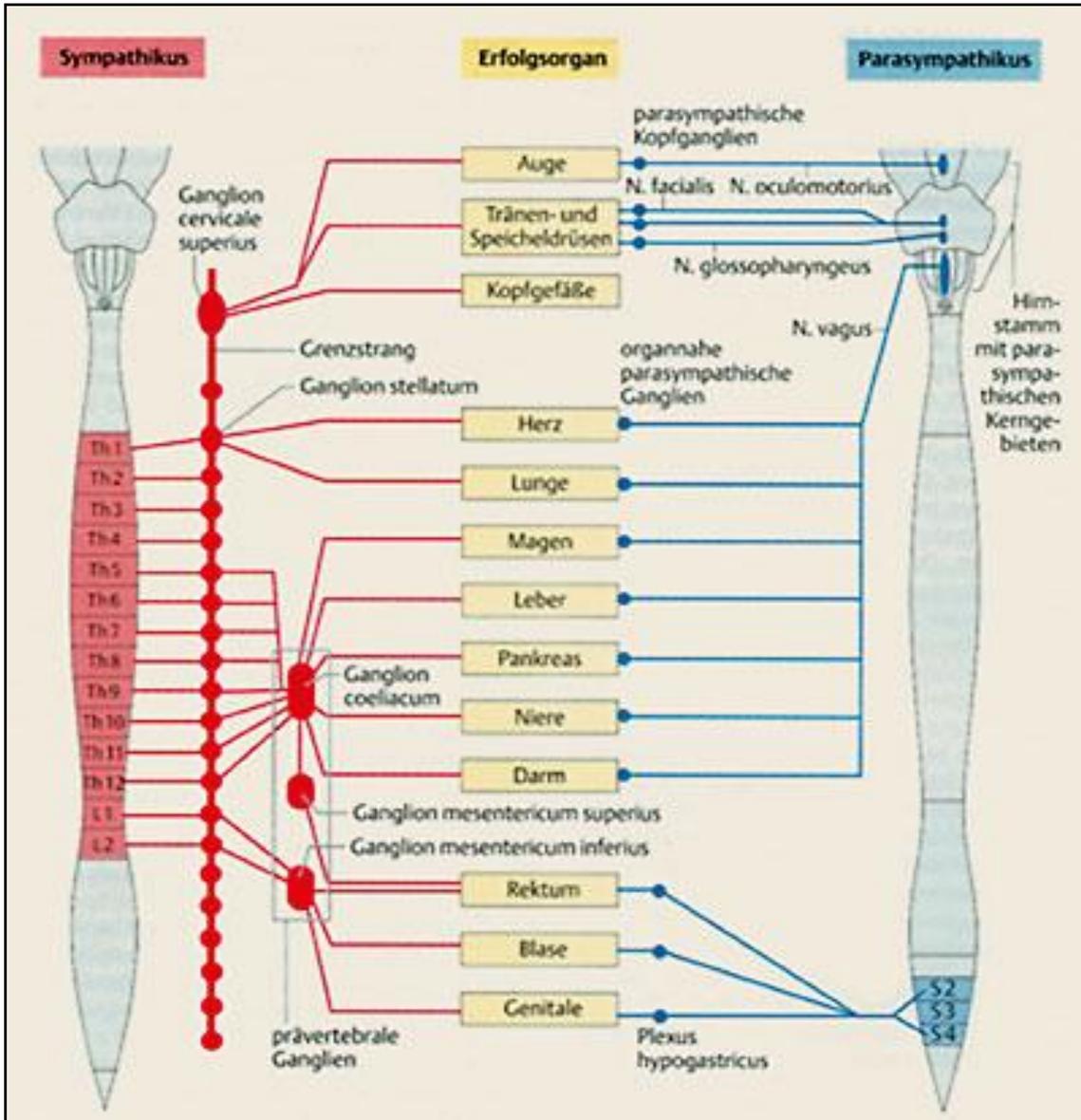


Abbildung 4: Parasympathikus und Sympathikus (Aumüller et al., 2007)

Die Herzfrequenz bedeutet die Anzahl der Herzschläge pro Minute. Im Ruhezustand beträgt die Anzahl der Schläge bei Erwachsenen etwa 60-80 Schläge/Minute, bei Kindern 80-100 Schläge/Minute und bei Neugeborenen sogar bis zu 150 Schläge/Minute (Aumüller et al., 2007).

Der Rhythmus des Herzens in Ruhe hat seinen Ursprung im Sinusknoten, welcher als zentraler Taktgeber gilt, und breitet sich dann über das Erregungsleitungssystem aus (Sinusknoten, AV-Knoten und den spezialisierten besonders schnell leitenden Muskelfasern, His-Bündel, Tawara-Schenkel und

Purkinje-Fasern). Im Sinusknoten entstehen durch langsame diastolische Spontandepolarisation Aktionspotentiale, indem Schwellenpotentiale erreicht werden (Aumüller et al, 2007). Parasympathikus und Sympathikus leiten die Erregung an das Zielorgan Herz. „Die Modifikation des Rhythmusgebers Sinusknoten [...] wird im HRV-Bild sichtbar gemacht, es werden also Regulationsvorgänge abgebildet“ (Eller-Berndl, 2010, S. 17). Die Herzfrequenz zeigt alle Einwirkungen auf den Sinusknoten (Eller-Berndl, 2010).

Die beiden häufigsten Erkrankungen bezüglich der Geschwindigkeit des Herzschlags sind die Bradykardie und Tachykardie. Von Tachykardie wird bei einer Herzfrequenz über 100 Schläge/Minute gesprochen, von Bradykardie bei einer Frequenz unter 50 Schläge/Minute (Eimer & Lindner, 2004).

Die Herzfrequenz ist nicht konstant. Sie passt sich stetig der Körperbelastung an. Bei Entspannung nimmt die Herzfrequenz ab (Rechlin, 1998). „Würde die Herzfrequenz von Zyklus zu Zyklus unverändert bleiben, wäre die Arbeit des Herzens so stetig wie ein Pendel. Dabei würde es sich aber um einen völlig unphysiologischen Zustand (...) handeln“ (Eller-Berndl, 2010, S. 14). Diese Schwankungen der Herzfrequenz werden durch die Herzratenvariabilität aufgezeigt (Löllgen, 1999).

Die Messparameter (HF, LF, SDNN, VC etc.) der HRV ermöglichen einen Blick auf die autonome Funktion des Herzens und ermöglichen eine Aussage über die Funktionsweise des autonomen Nervensystems (Löllgen, 1999). „Bereits nach 250 bis 400ms erhält man eine Herzfrequenz-Antwort nach Vagusaktivierung, jedoch erst ein bis zwei Sekunden nach Sympathikusaktivierung“ (Eller-Berndl, 2010, S. 19). Die Vagusaktivierung der Herzfrequenz ist somit bis zu 8-fach schneller im Vergleich zur Sympathikusaktivierung. Der Parasympathikus leitet sehr viel schneller Informationen als der Sympathikus. Dies liegt an der Myelinisierung der Nervenfasern, wohingegen die Sympathikusfasern unmyelinisiert sind. Das heißt wiederum, dass schnelle Schwankungen der Herzfrequenz beinahe nur durch den Vagus bestimmt sein können (Eller-Berndl, 2010).

Messbar werden die Herzfrequenzschwankungen über das EKG. Eine Kammerkontraktion wird im EKG als R-Zacke abgebildet. Diese ist Teil des QRS-Komplexes. Werden die R-Zacken zeitlich aufgetragen, entspricht der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden R-Zacken dem RR-Intervall. Die RR-Intervalle sind nicht gleich lang. Diese zeitlichen Abweichungen können gemessen werden, und lassen im Anschluss über statistische Verfahren die Ermittlung von HRV-Parametern zu.

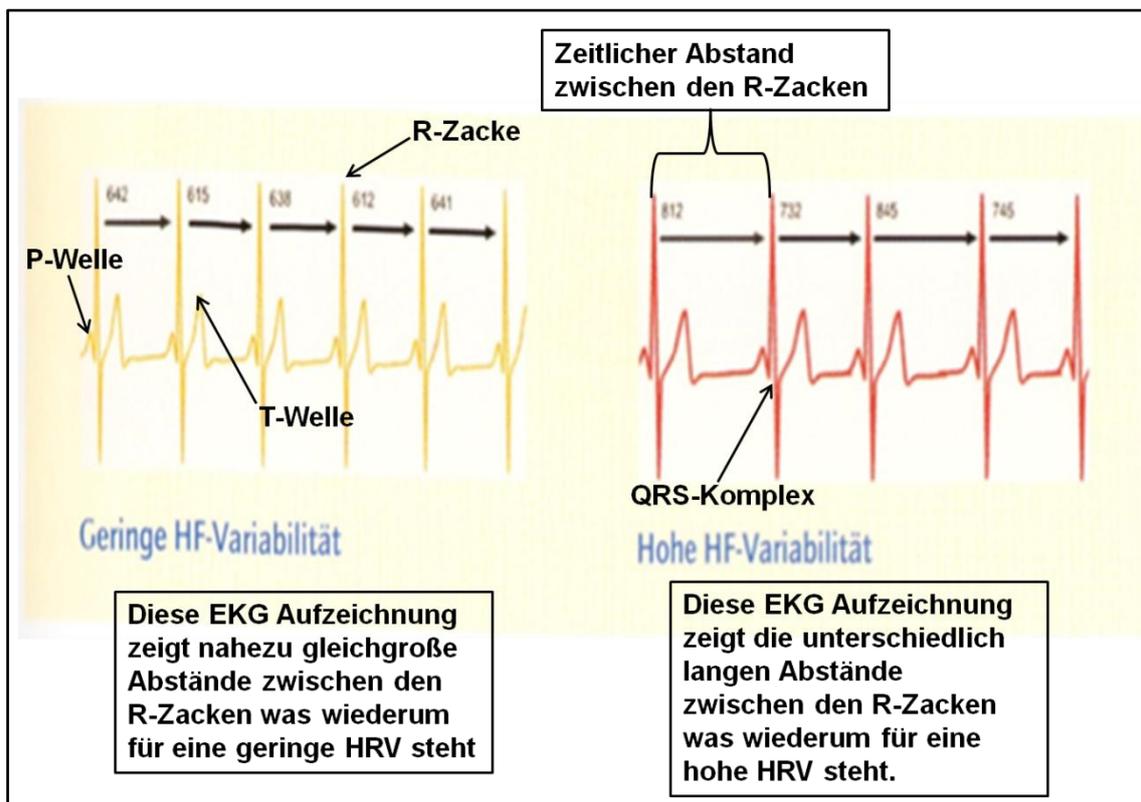


Abbildung 5: Ruhe-EKG, zwei verschiedene Fitnesszustände (Hottenrott, 2007)

Abbildung 5 zeigt, wie anhand eines EKGs zwischen einer niedrigen HRV und einer hohen HRV unterschieden werden kann, wobei eine hohe HRV eine vergleichsweise bessere Anpassungsfähigkeit bedeutet.

2.1.3. Einflussfaktoren der HRV

Es gibt zahlreiche innere, äußere und auch konstitutionelle Einflussgrößen auf die Herzfrequenz, welche sich wiederum auch auf die HRV auswirken (Latsch, 2004; Hottenrott, 2007). Die Einflussfaktoren, die sich auf die HRV auswirken sind unter anderem: vgl. (Hottenrott, 2007; Löllgen, 1999)

- Körperlage
- Alter
- Geschlecht
- Trainingszustand
- Belastungen
- Tageszeit
- Körpertemperatur
- Hormone
- Erkrankungen
- Atmung
- Nahrungsaufnahme
- Medikamente
- Stress / mentale Anspannung
- Schadstoffe
- Körpergewicht / Körperfettgehalt
- genetische Anlagen

Einige der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Herzratenvariabilität werden folgend erläutert:

Der Einfluss der Psyche auf die HRV

Depressive Menschen und Menschen mit Angststörungen leiden häufiger an koronaren Herzkrankheiten, Funktionsstörungen des autonomen Nervensystems und Erkrankungen der Herzkranzgefäße, als gesunde

Menschen. Die Herzratenvariabilität ist bei diesen Patienten verringert und die Herzfrequenz erhöht. Gleiches wurde bei Patienten mit anderen psychischen Erkrankungen wie Schizophrenie festgestellt (Brook et al., 2009). Eine erfolgreiche Therapie depressiver Erkrankungen geht wiederum mit einer Erhöhung der HRV einher (O'Connor et al., 2002). Für die Analyse der HRV werden drei Bereiche betrachtet, der Frequenzbereich, Zeitbereich und der nichtlineare Bereich. Im Frequenzbereich („frequency-domain“) lassen sich vier Frequenzbänder unterscheiden. Dazu zählen der hochfrequente Bereich (high frequency, HF, 0,4Hz bis 0,15Hz), der niederfrequente Bereich (low frequency, LF, 0,15Hz bis 0,04 Hz), der sehr niederfrequente Bereich (very low frequency, VLF, 0,04 Hz bis 0,003 Hz) und der ultraniederfrequente Bereich (ultra low frequency, ULF, <0,003Hz) (Sammito et al, 2014). Eine verminderte HRV im High-Frequency-Bereich, wie es bei depressiven Patienten festgestellt werden kann, könnte ein Anzeichen für eine erniedrigte parasympathische kardiale Aktivität sein, denn der Bereich der HF von 0.15 - 0.40 Hz steht allein unter dem Einfluss des N. Vagus (O'Connor et al., 2002; Rechlin, 1998). Endogene Depressionen gehen mit einer erniedrigten Parasympathikusaktivität einher (Rechlin, 1995).

Das parasympathische Nervensystem und das sympathische Nervensystem steuern wichtige Körperfunktionen. Dies wird in Kapitel 2.1.2. genauer dargelegt. Diese beiden Anteile des vegetativen Nervensystems wirken synergistisch. Bei Patienten mit Panik-Angststörungen lassen sich eine hohe Sympathikusaktivität und ebenso eine erniedrigte Parasympathikusaktivität ermitteln. Diese Patienten stehen somit unter einer erhöhten Alarmbereitschaft. In der Studie von Friedman und Mitarbeiter (1993) wurde eine erniedrigte HRV bei Patienten mit Panik-Angststörungen festgestellt (Friedmann & Thayer, 1998).

Die Krankheit der Magersucht geht mit einer reduzierten HRV einher (Rechlin, 1998).

Der Einfluss des Lebensalters auf die HRV

Das Lebensalter hat neben dem Parameter Atmung den größten Einfluss auf die Herzratenvariabilität (Eller-Berndl, 2010). Die HRV steigt anfänglich und ist bei einem jungen Erwachsenen am höchsten. Mit zunehmendem Alter sinkt die HRV (Braune, 1998; Sammito et al, 2014). Dies lässt sich sogar schon im Kindesalter beobachten (Rajendra Acharya et al., 2006). Alterungsphänomene des Herzens sind dafür verantwortlich. Hierzu zählen nach dem Deutschen Ärzteblatt „zunehmende linksventrikuläre Wanddicken, abnehmende frühdiastolische linksventrikuläre Füllungsraten, maximale Ejektionsfraktionen und Herzfrequenzreserven mit Verminderung des Herzzeitvolumens“ (Jeschke & Zeilberger, 2004). Je älter der Mensch wird, desto mehr nimmt auch dessen HRV ab (Hottenrott, 2008).

Der Einfluss des Geschlechtes auf die HRV

Zwischen Männern und Frauen bestehen Unterschiede in der Herzratenvariabilität aufgrund von Abweichungen im Hormonhaushalt und der Körperkomposition. Bei Frauen wirken sich die Phasen des Menstruationszyklus auf die HRV aus (Brook et al., 2009). Dabei zeigt sich vor allem bei Frauen vor dem 30. Lebensjahr eine kleinere HRV im Vergleich zu Männern. Ab dem 50. Lebensjahr ist dieser Geschlechterunterschied nicht mehr feststellbar (Eller-Berndl, 2010).

Der Einfluss psychotroper Substanzen auf die HRV

Der Konsum von Alkohol und Zigaretten wirkt sich nachteilig auf die HRV aus. Bei Konsum dieser psychotropen Substanzen nimmt die Parasympathikusaktivität ab und die Herzfrequenz nimmt zu (Eller-Berndl, 2010).

Der Einfluss von Herz-Kreislauf-Erkrankungen auf die HRV

„Statistische Kenngrößen der Herzratenvariabilität ermöglichten es, z.B. bei Patienten mit Diabetes mellitus, standardisierte Kriterien für das Vorliegen einer kardiovaskulären autonomen Neuropathie zu definieren“ (Rechlin, 1995 S.106). Herz-Kreislauf-Erkrankungen wirken sich negativ auf die Herzratenvariabilität aus. Hierzu zählen die Herzinsuffizienz, die arterielle Hypertonie und der Diabetes mellitus (Eller-Berndl, 2010). Auch Adipositas bringt eine Verringerung der Parasympathikusaktivität mit sich. Bei Patienten, welche unter Herzinsuffizienz leiden, ist die HRV ebenfalls herabgesetzt (Eller-Berndl, 2010). Mit der HRV lässt sich eine Vorhersage über die Wahrscheinlichkeit eines Todes mit kardialer Ursache machen. Bei Patienten mit koronaren Herzkrankheiten ist eine verringerte HRV ein Risikofaktor an einer kardialen Herzerkrankung zu sterben (Blaeser-Kiel, 2000; Freedland & Carney, 2009).

2.1.4. Die Bedeutung der HRV in der Psychiatrie

Zur Abklärung von psychiatrischen Fragestellungen findet zunehmend die HRV-Analyse Verwendung (Rechlin, 1998). Bei einer Vielzahl psychiatrischer Erkrankungen wurde über Dysfunktionen des autonomen Nervensystems und einer Verminderung der HRV berichtet (Brook et al., 2009). „Herzfrequenzänderungen [...] begleiten jeden Wechsel der psychischen und physischen Anforderungen“ (Rechlin, 1998, S.205).

Untersuchungen der Funktionstüchtigkeit des autonomen Nervensystems (ANS) erlangen in der Psychiatrie immer mehr an Bedeutung. Diese finden unter anderem über Blutdruckanalysen, Herzfrequenzanalysen oder Pupillometrie statt (Rechlin, 1998). Störungen bezüglich der Funktion dieses Systems werden hauptsächlich bei den affektiven Erkrankungen gefunden. Zu diesen zählen Angst-Panik und Zwangssyndrome sowie Depressionen (Rechlin, 1998; Agelink et al., 2003).

Bei Patienten mit affektiven Erkrankungen konnte durch Untersuchungen der HRV nicht nur ein Aktivitätsverlust des Parasympathikus festgestellt werden, sondern auch eine Steigerung der Sympathikusaktivität (Agelink et al., 2003).

20-25% der Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankung haben gleichzeitig Depressionen. Hier spielt eine gestörte Stressregulation eine wichtige Rolle. Im Zusammenhang mit einer erhöhten Stressbelastung zeigt sich bei Patienten mit KHK und depressiven Störungen eine veränderte HRV (Hoppe, 2014).

Beim Burnout-Syndrom dominiert der Sympathikus und der Parasympathikus ist herabgesetzt (Eller-Berndl, 2010).

Einige Medikamente wirken sich nachteilig auf die HRV aus. Psychopharmaka beeinflussen und stören Abläufe im autonomen Nervensystem (Rechlin, 1998). Durch den anticholinergen Effekt reduzieren Psychopharmaka die HRV (Cordes et al., 2012). Dazu zählen trizyklische Antidepressiva und Neuroleptika (Rechlin, 1998). Wirkstoffe wie Atropin, Phenylephrin und Beta-Rezeptorenblocker beeinflussen ebenfalls die HRV (Löllgen, 1999).

2.1.5. HRV-Parameter und ihre Bedeutung

Wie bereits in Kapitel 2.1.2 erwähnt, lassen sich über die Erfassung der Herzratenvariabilität und deren Parameter Funktionsuntersuchungen des ANS vornehmen. Die Parameter der HRV werden über das autonome Nervensystem kontrolliert. Um die HRV zu erfassen eignet sich ein EKG-Gerät, wobei zwischen einer Langzeit- (EKG-Aufzeichnung über 24 Stunden) und Kurzzeitmessung (EKG-Aufzeichnung bis zu zehn Minuten) unterschieden wird. In der klinischen Praxis ist die Zeitbereichsanalyse mit dem 24-Stunden EKG am nützlichsten (Sredniawa et al, 1999). Das EKG zeichnet die RR-Intervalle auf und lässt die Abstände der Herzaktionen ermitteln und damit auch die Variation der Herzfrequenz mittels geeigneter Programme. Es gibt unterschiedliche Analyseverfahren für die Quantifizierung der HRV. In nachfolgender Tabelle 1 wird ein Überblick über die HRV-Parameter gegeben. Diese werden in Zeitbereich (Time Domain), Frequenzbereich (Frequency Domain) und in Phasenbereich (nonlinearer Bereich) eingeteilt. Für eine Analyse der Time Domain Parameter werden „Intervalle der Herzaktion über die Zeit gemessen“ (Eller-Berndl, 2010, S. 26) und bei den Parametern der

Frequency Domain „werden Frequenzanalysen mittels einer mathematischen Transformation durch autologe Regression durchgeführt“ (Eller-Berndl, 2010, S. 26). Für die Analyse des nichtlinearen Bereiches wird die Häufigkeit der RR-Intervalle betrachtet. Ein Beispiel hierfür ist der Poincare-Plot (Sammito et al, 2014).

Es gibt keine allgemeingültigen Grenz- oder Normwerte für die HRV-Parameter. Die Werte sind individuell unterschiedlich und, wie in Kapitel 2.1.3. beschrieben, von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Um die HRV und ihre Parameter als Messinstrument heranziehen zu können, sollte demnach nicht nur eine Messung erfolgen, sondern mindestens zwei Messungen, um diese vergleichen zu können. Die HRV-Messung in Kombination mit weiteren klinischen Untersuchungen (Fragebögen, Anamnese, etc.) kann in der Präventivmedizin Verwendung finden. Die HRV wird in der Arbeitsmedizin zur Messung von physischen oder psychischen Belastungen herangezogen, wobei sich für die Beurteilung der physischen Belastung vor allem SDNN, Total Power, RMSSD, HF und LF eignen. Um psychische Belastungen zu messen, eignen sich ebenfalls die Parameter RMSSD, HF und LF (Sammito et al, 2014).

Die Parameter der HRV zeigen jeweils die Aktivität des Sympathikus, Parasympathikus oder beider Anteile des ANS auf. Die Analyse der einzelnen Parameter kann Aufschluss darüber geben, ob einer der genannten Anteile des ANS zum Zeitpunkt der Messung überwiegt. Die Parasympathikusaktivität wird unter anderem durch die Parameter High Frequency, RMSSD und pNN50 aufgezeigt. Die Sympathikusaktivität wird beispielsweise über den Parameter Very Low Frequency aufgezeigt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: HRV-Parameter (Heckmann, 2001; Eller-Berndl, 2010; Curic et al. 2007/2008; Böckelmann & Sammito, 2013, Sammito et al, 20014)

| Parameter | Mess-Einheit | Definition | Aktivität als Teil des autonomen Nervensystems | Anmerkungen |
|--|--------------|--|--|---|
| Parameter im Zeitbereich | | | | |
| Mean RR | [ms] | Mittelwert aller RR-Intervalle in einem bestimmten Zeitintervall | | |
| SDNN | [ms] | Standardabweichung der RR-Intervalle einer Messung | keine klare Zuordnung | eine alltägliche Anstrengung mit einer SDNN kleiner 100ms → HRV ist erniedrigt |
| SDSD StDev | [ms] | Standardabweichung der Differenzen zwischen benachbarten RR-Intervallen | | |
| RMSSD (Root Mean Square of successive differences) =RMSSDz (nach Ziegler) | [ms] | Die Quadratwurzel des Mittelwerts aller Differenzen benachbarter RR-Intervalle zum Quadrat | Parasympathikus | Indikator für die Kurzzeitvariabilität, es wird die Unterschiedlichkeit aufeinanderfolgender RR-Intervalle verrechnet, Änderung der Herzfrequenz von Herzschlag zu Herzschlag |
| NN 50 | [ms] | Anzahl der Paare benachbarten RR-Intervalle die mind. 50ms voneinander abweichend | Parasympathikus | Indikator für die Spontanvariabilität |
| pNN 50 | [%] | Prozentsatz aufeinanderfolgender RR-Intervalle, die >50ms voneinander abweichen | Parasympathikus | Indikator für die Spontanvariabilität |

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|--|---|--|
| Variationskoeffizient VK/VC/CV | [-] | wird aus der Standardabweichung der RR-Intervalle dividiert durch die durchschnittliche Länge der RR-Intervalle gebildet | | Ausmaß der Streuung von Messwerten um einen Mittelwert |
| Parameter im Phasenbereich | | | | |
| SD1 | [ms] | Standardabweichung der Punktabstände zum Querdurchmesser im Poincare-Plot der aufeinander folgenden RR-Differenzen; quantifiziert die spontane Variabilität | Parasympathikus | Indikator für die Kurzzeitvariabilität |
| SD2 | [ms] | Standardabweichung der Punktabstände zum Längsdurchmesser im Poincare-Plot der aufeinanderfolgenden RR-Differenzen; beschreibt die langfristige Variabilität | Sympathikus und Parasympathikus | Indikator für die Langzeitvariabilität |
| Parameter im Frequenzbereich | | | | |
| High Frequency (Power Sum) HF | [ms ²] | Leistungsdichtespektrum >0,15 - 0,4 Hz | Parasympathikus | |
| Low Frequency (Power Sum) LF | [ms ²] | Leistungsdichtespektrum im Frequenzbereich >0,04 - 0,15Hz | Sympathikus und Parasympathikus Anteil des Sympathikus überwiegt | Frequenzbereiche des Barorezeptorenreflexes, zur Vermittlung der Blutdruckanpassungsreaktionen |
| Very Low Frequency VLF | [ms ²] | Leistungsdichtespektrum 0,0033 - 0,04 Hz | Sympathikus | Beurteilung nur bei Langzeit-EKG-Messung möglich |

| | | | | |
|---|--------------------|---|------------------------|--|
| Ultra Low Frequency ULF | [ms ²] | Leistungsdichtespektrum unter 0,003 Hz | keine klare Zuordnung | |
| Total Power LF/HF-Ratio TP | [ms ²] | Gesamtleistung oder Gesamtspektrum; entspricht Energiedichte im Spektrum von 0,003 - 0,4 Hz | keine klare Zuordnung | Gesamtvariabilität, LF/HF-Ratio gibt das Verhältnis von niederfrequenten Sympathikus- zu hochfrequenten Vagusimpulsen an |
| Respiratorische Sinusarrhythmie RSA | [S/min] | 0,2 - 0,3 Hz | Parasympathikus | entspricht der Atemfrequenz im Frequenzbereich |
| Puls-Atem-Quotient/ Cardioventilatory coupling QPA/CVC | [-] | 4 :1 | | Idealnorm von 4:1 wird vor allem in Ruhe erreicht (Nachtschlaf) |

Aus diesen Parametern setzt sich die HRV zusammen. Die Einteilung der Parameter in diese drei Bereiche ist Standard in der HRV-Analyse.

Eine Stressbelastung oder eine hohe körperliche Beanspruchung bewirken bei einem gesunden Menschen eine Erhöhung der Low-Frequency der Herzratenvariabilität (Curic et al, 2007/2008). Die Parameter der Frequency Domain sind anfällig für Artefakte. Dies gilt vor allem für Kurzzeitmessungen. Für die Langzeit-EKG-Messung gilt dies weniger, da in diesem Fall artefaktfreie Anteile des EKGs verwendet werden können. Die Parameter der Time Domain sind von Artefakten weniger betroffen und daher auch bei der Kurzzeitmessung fehlerfrei auswertbar (Eller-Berndl, 2010).

2.2. Stress

Stress ist definiert als ein Zustand der Alarmbereitschaft, „wenn die erlebten Anforderungen das verfügbare Bewältigungspotential übersteigen“ (Seiffge-Krenke & Lohaus 2007, S. 11). Schon 1936 unterteilte H. Seyle, der Begründer der Stressforschung, den Zustand Stress in zwei Arten. Einerseits spricht er

vom positiv erlebten Stress, dem sogenannten Eustress. Dieser sorgt für eine bessere Leistungsbereitschaft des Körpers. Zum anderen nennt er den negativ empfundenen Stress, den Distress, der belastend und krankheitsbegünstigend wirkt (Rensing et al., 2006).

Der belastende oder gespannte Zustand Stress „erfasst [...] den Organismus als Ganzes, sowohl die neuronalen Mechanismen von Wahrnehmung und Verhalten, sein subjektives psychisches Befinden und Erleben sowie seine somatischen und zellulären Prozesse und Zustände“ (Rensing et al., 2006, S. 2).

Derjenige Parameter, der den Stresszustand auslöst, nennt sich Stressor. Unterschieden werden die Stressoren nach Herkunft in endogene und exogene Stressoren. Es werden psychisch oder physisch wirkende Stressoren unterschieden (Rensing et al., 2006).

Der Mensch stellt sich in einer Stresssituation auf eine erhöhte Leistungsbereitschaft ein. Die Stressreaktion verläuft in drei Phasen. Diese drei Phasen werden als Allgemeines Adaptionssystem (AAS) zusammengefasst. In der ersten Phase kommt es zur Ausschüttung von Kortisol aus der Nebennierenrinde und Adrenalin und Noradrenalin aus dem Nebennierenmark. Blutzuckerwert, Herzschlag und Blutdruck steigen an. Diese Reaktion wird als Alarmreaktion bezeichnet. In der zweiten Phase, der Widerstandsphase, passt sich der Organismus an die Stresssituation an. Die in der Alarmreaktion ausgeschütteten Hormone werden wieder abgebaut. Die dritte Phase ist die Erschöpfungsphase und setzt bei häufig wiederkehrendem Stress ein. Chronischer Stress wirkt sich auf das Immunsystem aus und kann Störungen des Herz-Kreislauf-Systems verursachen. Der Körper ist nicht mehr in der Lage der Belastung standzuhalten (Kauffeld, 2011; Hapke et al., 2013).

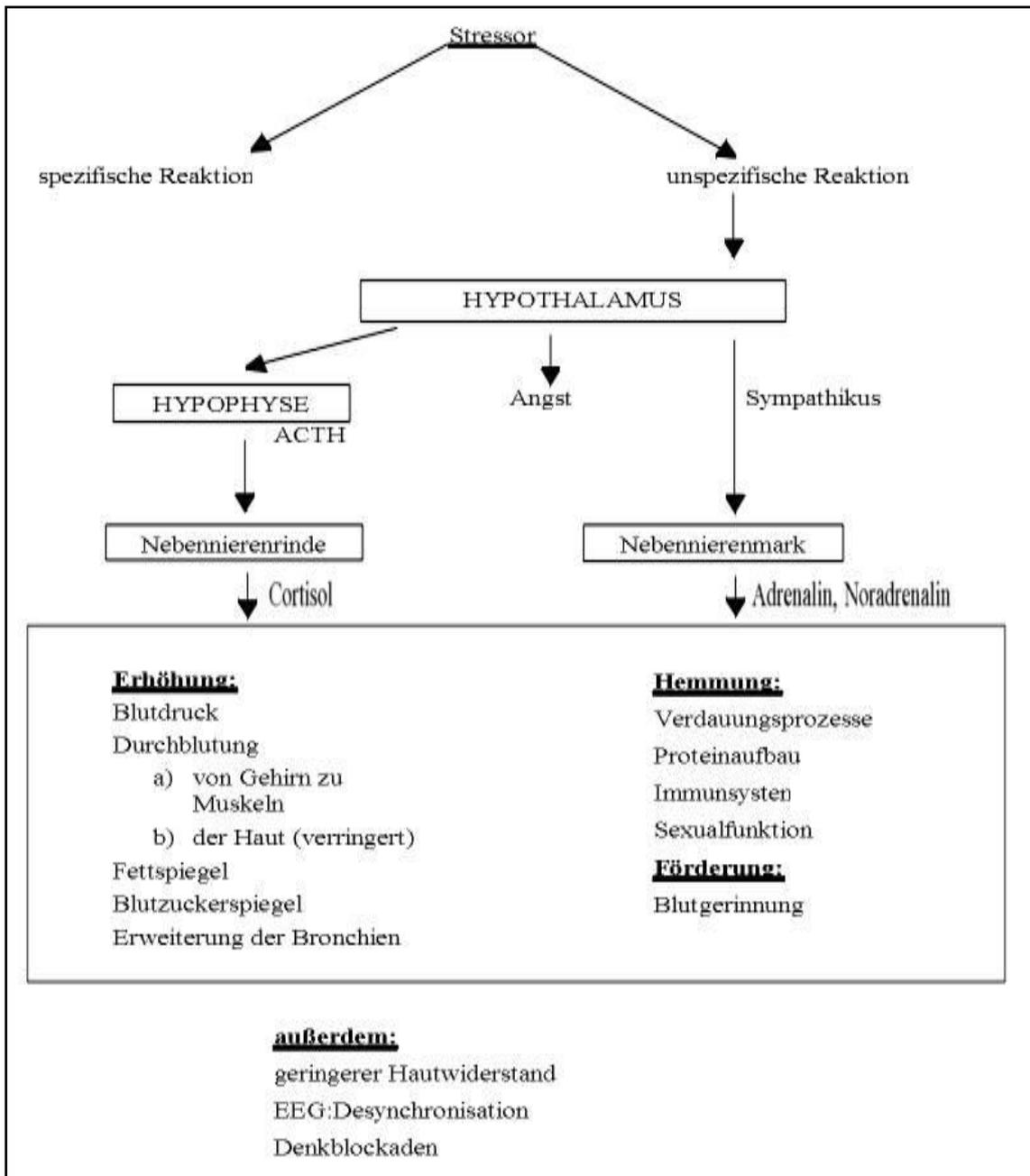


Abbildung 6: Der Stressor und seine Auswirkung auf den menschlichen Körper [6]

H. Seyle bezeichnete die Stressreaktion als eine Anpassungsreaktion. Diese Reaktion ist unspezifisch. Verdeutlicht wird diese Reaktion schematisch in Abbildung 6. Diese zeigt die Reaktionskette mit Aktivierung der verschiedenen Stresshormone und ihrer Wirkung im Körper.

2.2.1. Stress in der Kindheit

Stress im Kindesalter führt zu stark ansteigenden Ausschüttungen von CRH (corticotropin releasing hormone). Dieses Hormon stimuliert Stressreaktionen im Körper und wirkt auf die HPA-Achse (Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenachse) und die SAM-Achse (Sympathisch-Adrenal-Medulläre-Achse). Außerdem führt das Hormon zu einem Anstieg der Kortisolmenge im Blut. Dies wiederum wirkt sich auf Wachstum und Hippocampus aus (Rensing et al., 2006). Stressbelastungen im Kindesalter führen zu einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber Stresssituationen im Erwachsenenalter (Matz et al., 2010).

Die Stressverarbeitung und Belastbarkeit ist stark abhängig von der Mutter-Kind-Bindung (Rensing et al., 2006). In der Pilotstudie von Sandra Gathmann, die dieser Arbeit zugrunde liegt, wurden die Eltern der untersuchten Kinder als Parameter für eine gewisse Verunsicherung in dieser Stresssituation mit einbezogen.

2.2.2. Stressachse, Neurohormonebene

Die sogenannte HPA-Achse wird durch Stressoren in Gang gesetzt. Von großer Bedeutung ist das Signal, welches vom Hypothalamus über das Hormon CRH ausgeht.

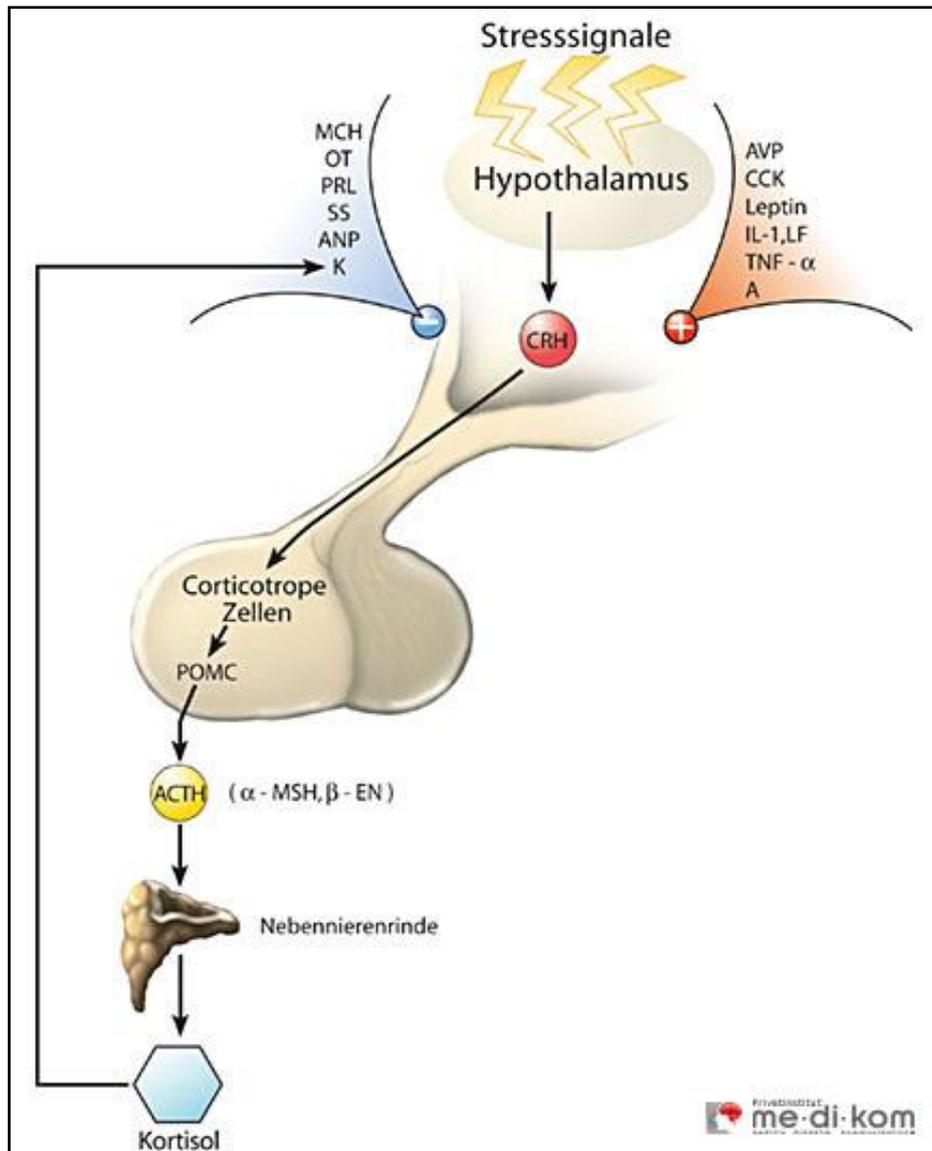


Abbildung 7: Zusammenspiel Hypothalamus, Hypophyse und Nebenniere
[7]

Abbildung 7 zeigt diesen Signalweg. Das limbische System und der Cortex geben Stressinformationen an den Hypothalamus weiter. Eine Aktivierung führt zur Hormonausschüttung. Im Hypothalamus werden die Hormone CRH und

AVP (Arginin-Vasopressin) ausgeschüttet. Diese wirken auf die Hypophyse und erzielen eine Freisetzung des adrenocorticotropen Hormons (ACTH) aus dem Hypophysenvorderlappen. CRH wirkt auf den Parasympathikus und die SAM-Achse. ACTH gelangt über das Blut zur Nebennierenrinde und bewirkt die Freisetzung von Glukokortikoiden und setzt dann über Effektorzellen in anderen Geweben die Stressreaktion in Gang. Das Steroidhormon Kortisol aus der Zona fasciculata hemmt die Freisetzung von AVP. Außerdem wirkt es hemmend auf das Gedächtnis, den Schlaf und auf das Immunsystem, indem die Migration von Entzündungszellen zum Ort der Entzündung unterdrückt wird. Es wirkt fördernd auf die Lipolyse, die Gluconeogenese in der Leber und wirkt hemmend auf die periphere Glucoseaufnahme im Muskelgewebe und in Gliazellen (Rensing et al., 2006). Abbildung 8 verdeutlicht diese Reaktionsabfolge vom einwirkenden Stressor bis zur Ausschüttung von Kortisol und dessen hemmende Wirkung auf die Hormone CRH und ACTH.

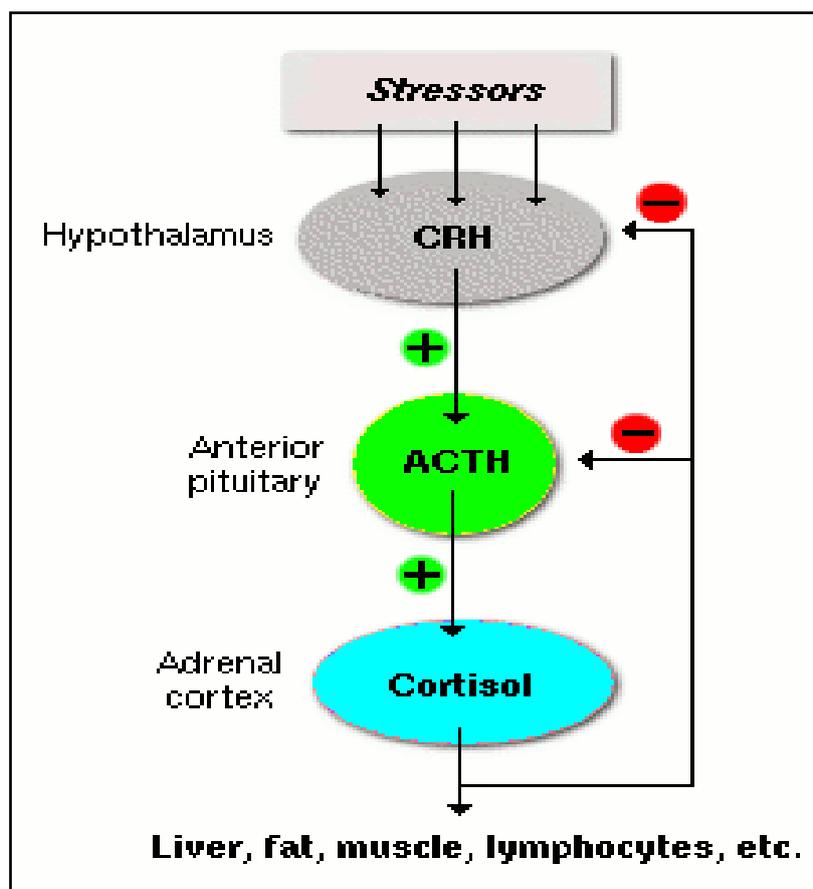


Abbildung 8: Hormonkaskade nach Einwirkung von Stressoren [8]

Wenn die Blutkonzentration einen bestimmten Wert übersteigt, hemmt Kortisol die CRH-Sekretion aus dem Hypothalamus und dadurch wie beschrieben die ACTH-Sekretion aus der Hypophyse. Dies wiederum führt zu einer Unterdrückung der Kortisolsekretion [8]. Die Ausschüttung der Katecholaminhormone des Nebennierenmarks, Adrenalin und Noradrenalin, wird durch den Hypothalamus reguliert (Rensing et al., 2006).

Effekte der Katecholamine vgl. (Priewe & Tümmers, 2007; [11])

- Herzfrequenzerhöhung und verstärkter Blutdruck
- Umleitung von Blut (Sauerstoff) aus der Haut in die Skelettmuskulatur, die Herzkranzgefäße, die Leber und das Gehirn
- Anhebung des Blutzuckerspiegels durch Synthese von Glukose
- Erhöhung der Stoffwechselgeschwindigkeit
- Erweiterung der Bronchien und Pupillen
- Engstellung der Gefäße
- Erhöhung der ACTH- und CRH-Sekretion

Dies macht den Körper bereit für eine hohe Leistung. Der Körper passt die Herzfrequenz fortlaufend den gegebenen Anstrengungen an. Die Herzfrequenz steigt, wenn sich Belastungen auf physischer oder psychischer Ebene erhöhen. Lässt die einwirkende Störung nach, sinkt die Herzfrequenz wieder.

2.2.3. Stressbewältigung im Kindes- und Jugendalter

Bereits Kinder und Jugendliche sind in ihrem Alltag mit Stresssituationen konfrontiert. Bis zum Alter von 15 Jahren sind die Stressbewältigungsstrategien noch gering entwickelt im Vergleich zu einem Erwachsenen. Stress in der Schule führt bei Kindern zu Erschöpfung, Schlaflosigkeit, Appetitlosigkeit und Kopfschmerzen. Ab einem Alter von 15 Jahren werden Strategien entwickelt, um mit Stresssituationen umzugehen. Zu diesen zählen Vermeidungs-, Rückzugs- aber auch Auseinandersetzungsstrategien (Rensing et al., 2006).

Nicht die Einwirkdauer und Stärke von Stresssituationen haben einen Einfluss auf das psychische Belastungserleben sondern die Bewältigungsstrategie (Lazarus & Launier, 1981). Coping-Strategien, wie Aggression und Resignation, gingen laut Seiffge & Krenke mit einer schlechteren Anpassung an Stresssituationen einher. Problemlösung und die Suche nach sozialer Unterstützung führen hingegen zu einer vergleichsweise guten Anpassung an Stress (Seiffge-Krenke & Lohaus, 2007).

2.2.4. Narkose und Stress bei Kindern - Der präoperative Stress

Etwa 40 – 60 % der Kinder leiden unter präoperativem Stress (Zutter & Frei, 2011). Die Kooperation eines Kindes vor Operationen ist von verschiedenen Parametern abhängig. Dazu zählen der geistige Entwicklungsstand, Charaktereigenschaften, Angst vor der Trennung von den Eltern, vor der fremden Umgebung, vor Anästhesie und Chirurgie, vor Schmerzen, Kontroll- und Autonomieverlust und nicht zuletzt frühere negative Krankenhaus-erfahrungen (Zutter & Frei, 2011).

Die Anwesenheit der Eltern bei der Narkoseeinleitung verbessere das präoperative Angstniveau nicht. Weder die Kooperation der Kinder während der Einleitung würde durch die Anwesenheit der Eltern verbessert, noch reduziere es das Auftreten bestimmter Verhaltensprobleme nach einer Operation (Zutter & Frei, 2011; Machotta, 2014). Die Auswirkung der elterlichen Anwesenheit während der Narkoseeinleitung konnte mit einer Reihe von Tests ermittelt werden: EASI (Easi Instrument of Child Temperament), STAI (State-Trait Anxiety Inventory), YPAS (Quantifizierung der präoperativen Angst anhand von 20 Qualitätskriterien und 5 Kategorien), PBRS (Procedural Behavior Rating Scale) und weitere. Diese Tests messen den emotionalen Zustand des Kindes. Nur der sogenannte PHBQ (Post Hospitalization Behaviour Questionnaire) kann Informationen über das Verhalten des Kindes nach dem Aufenthalt im Krankenhaus liefern. In einer Reihe von Studien konnte anhand dieser Tests kein positiver Effekt der Anwesenheit der Eltern während der Narkoseeinleitung auf das Verhalten des Kindes nachgewiesen werden (Machotta, 2014). Dies

steht im Widerspruch zu einer Studie aus Mannheim. In dieser Studie bekamen die Eltern der Kinder Fragebögen zu verschiedenen Zeitpunkten am Tag der Operation. Außerdem wurde das Verhalten von Kind und Eltern am Operationstag beobachtet und festgestellt, dass die Eltern trotz Sorge und Angst vor der Narkoseeinleitung ihres Kindes beruhigend auf dieses einwirkten (Zimmermann, 2001).

Ein Kind benötigt Informationen, um die bevorstehenden Handlungen bezüglich der Operation zu verstehen. So könne die Fantasie des Kindes genutzt werden, um auch medizinische Geräte kindgerecht zu erklären. Das eigene Kuscheltier, Bilder und die Anwendung von Geschichten und Metaphern können helfen das Kind auf die Narkose vorzubereiten (Zech et al., 2015).

Ein operativer Eingriff bedeutet immer eine Verletzung der körperlichen Unversehrtheit und dies wiederum kann für den Patienten als Gefahr gewertet werden. Folgende mit der Operation einhergehende Verluste und Einwirkungen verschiedenster Art belasten den Patienten und bedeuten Stress: vgl. (Tolksdorf 1985; Vögele 1992)

- akustische Reize, die in Krankenhäusern im Vergleich mit der gewohnten Umgebung andersartig sind und als Stressoren wirken
- der mit der jeweiligen Krankheit einhergehende Schmerz und die zu erwartenden Schmerzen während und / oder nach dem Eingriff
- bereits vorhandene negative Erfahrungen im Zusammenhang mit operativen Eingriffen und Anästhesie
- Verlust der Eigenbestimmung und Verlust der Selbstkontrolle durch die Narkotisierung
- Nahrungs- und Wasserentzug aufgrund der erforderlichen Nüchternheit vor dem operativen Eingriff
- Warten auf den Eingriff und der Krankenhausaufenthalt an sich

Die Kenntnis dieser Stressoren bietet die Möglichkeit, ihre Intensität abzuschwächen (Tolksdorf, 1985).

Eine Studie aus Nordfinnland untersuchte Verhaltensänderungen von Kindern nach operativen Eingriffen. Es wurde beobachtet, dass 47 % der 551 in der Studie eingeschlossenen Kinder am Tag nach einem operativen Eingriff problematische Verhaltensänderungen aufwiesen. Die Eltern der Kinder sollten vor dem Eingriff Fragebögen ausfüllen, in denen Fragen zu dem Verhalten ihrer Kinder gestellt wurden. Unter anderem wurden Fragen zu Aufmerksamkeit, Interesse an neuen Hobbies, Kopfschmerzen, Häufigkeit von Wutanfällen und vorherige Krankenhauserfahrungen gestellt. Die Eltern mussten mit diesen Fragebögen das Verhalten ihrer Kinder am Tag der Operation, einen Tag nach der Operation und wöchentlich für eine Dauer von vier Wochen nach dem Eingriff bewerten. Außerdem beobachteten Krankenschwestern das Verhalten der Kinder am Operationstag und bewerteten dies nach einer Skala. Am Tag nach der Operation war die Verhaltensänderung am stärksten ausgeprägt (Konttinen et al., 1997).

2.3. Stress und HRV

In einer Ruhesituation ist die HRV bei einem gesunden Menschen am höchsten. In einer Stresssituation ist die Herzratenvariabilität niedriger als in einer Ruhesituation. Mit zunehmender Belastung ist die Herzschlagfolge regelmäßiger, die Systeme Parasympathikus und Sympathikus arbeiten nicht mehr antagonistisch, um zu einem synergistischen Ziel zu kommen. Die HRV ist herabgesetzt im Vergleich zur Ruhesituation (Hottenrott, 2007). Diese Anpassung an eine Belastungssituation, und damit eine Verringerung der HRV, ist bei einem Gesunden zu beobachten. Eine Störung der neurokardialen Funktionslage ist gegeben, sobald die HRV selbst in einer anschließenden Ruhesituation erniedrigt bleibt. Es kann ein Ungleichgewicht zugunsten des Sympathikus unter Ruhebedingungen bei chronischer Erschöpfung ermittelt werden (Nixdorff, 2009).

Bei chronischem Stress überwiegt der Sympathikus und dominiert den Parasympathikus. Die Balance zwischen Sympathikus und Parasympathikus ist gestört (Hottenrott, 2007). Eine hohe HRV ist Ausdruck von Wohlbefinden und

sympathovagaler Balance. Aus einer herabgesetzten HRV gehen körperliche Veränderungen und Beschwerden sowie ein vermindertes Allgemeinbefinden hervor. Das ANS ist nicht mehr in der Lage adäquat auf Belastungen zu reagieren (Mummert, 2014). Je variabler die Herzschlagfolge, umso besser kann sich der Körper an eine Stresssituation anpassen und desto höher ist die HRV [1].

Untersuchungen zur Herzratenvariabilität unter Stress- und Entspannungsbedingungen an der Universität Regensburg haben gezeigt, dass die HRV im Entspannungszustand größer ist als unter Stressbedingungen [9].

Je stärker der Anteil des Parasympathikus ist, desto variabler ist die Herzfrequenz. Befindet sich der Körper in erhöhter Leistungsbereitschaft, wird der Sympathikus aktiviert und die Aktivität des Parasympathikus herabgesetzt. Es kommt zu einer Auslenkung der Balance dieser beiden Anteile, der Körper passt sich an. Die beiden Systeme befinden sich in ständiger Wechselwirkung und funktionellem Zusammenspiel. Bei enormen Stresssituationen können beide Anteile gleich aktiv sein. Als Beispiel dient der Prüfungsstress. Anspannung aufgrund von Prüfungsstress kann zum Beispiel zu plötzlichem Durchfall führen (Aumüller et al., 2007).

3. Material und Methode

3.1. Design der klinischen Pilotstudie

Diese Dissertation beruft sich auf die Pilotstudie *Reduzierung von perioperativem emotionalem und physischem Stress bei Kindern* von Dipl. Päd. Sandra Gathmann. Im Nachstehenden wird diese Studie beschrieben.

Es handelt sich um eine interdisziplinäre klinische Pilotstudie. Untersucht wird der emotionale und physische Stress bei Kindern im nahen Zeitraum eines operativen Eingriffs. Es ist beabsichtigt, den präoperativen Stress über ein für das jeweilige Institut zugeschnittenes Aufklärungsvideo nachweislich zu reduzieren. Dieses Video soll über kognitives Lernen wirken. Verglichen werden die Kinder der Interventionsgruppe, welche unmittelbar vor der Narkoseeinleitung ein Video vorgespielt bekommen, und die Kinder der Kontrollgruppe, welche kein Video gezeigt bekommen. Dadurch soll den Probanden über kognitives Lernen der Stress und die Angst vor der Operation unter Vollnarkose genommen werden.

Da in Stresssituationen vor allem Kortisol und die Herzfrequenz erhöhte Werte annehmen, hat sich diese Studie zur Aufgabe gemacht, diese Parameter als physische Komponente zu messen. Kortisol wurde minimalinvasiv bei den Kindern als Speichelkortisol bestimmt und die Herzfrequenz mittels EKG ermittelt. Zudem wurden als psychische Parameter noch psychologische Tests ausgewertet, welche einmal das Kind bzw. den Patienten selbst betreffen und einmal eine psychologische Fremdbeurteilung der Eltern umfassen.

3.2. Hypothesen der Studie

Das Gesamtprojekt stützt sich auf folgende Fragestellungen:

1. Werden Kinder kurz vor Operationen psychischem und physischem Stress ausgesetzt?
2. Ist die Belastbarkeit der Interventionsgruppe besser und kommt es durch den Aufklärungsfilm nachweislich zu einer Stressreduzierung?
3. Stellen Eltern in dieser unbekanntem Situation Stressoren dar?
4. Sind Kinder mit guten emotionalen Ressourcen weniger stressanfällig?

Die Fragestellungen drei und vier werden in einer separaten Dissertation im Rahmen einer Pilotstudie der Eberhard Karls Universität Tübingen von Sandra Gathmann erörtert. Die ersten beiden Fragestellungen werden in der vorliegenden Arbeit abgehandelt.

3.3. Ziele der Studie

Primäre Zielsetzungen:

Das primäre Ziel der Pilotstudie ist der Nachweis von physischem und psychischem Stress der Kinder vor einem geplanten operativen Eingriff. Die Herzratenvariabilität, Veränderungen im Kortisolspiegel bei einer Subgruppe und psychologische Selbst- und Fremdbeurteilung dienen als Untersuchungsparameter.

Der präoperative Stress soll mittels Aufklärungsfilm reduziert werden. Die Reduzierung von präoperativem Stress soll über die oben genannten Parameter gemessen werden. Es wird auf die Zugabe von Benzodiazepinen verzichtet.

Sekundäre Zielsetzungen:

Sekundäre Ziele sind die Bestimmung von Sekundärparametern, wie Einflussfaktoren der Bezugspersonen, psychologischer Umgang des

medizinischen Personals mit dem Kind und den emotionalen Einfluss der Intervention.

3.4. Die genaue Fragestellung der vorliegenden Dissertation und der Eigenanteil der Arbeit

Fragestellung der Dissertation

Die Aufgabe dieser Dissertation besteht darin, die Parameter der Herzratenvariabilität mittels der gemessenen EKG-Werte zu bestimmen und anhand dieser Parameter die erhöhte Stressbelastung vor Operationen nachzuweisen. Eine eventuelle Reduzierung des Stresses vor einem operativen Eingriff durch den Aufklärungsfilm soll geprüft und anhand der HRV nachgewiesen werden. Die Fragestellungen lauten wie folgt:

Lässt sich präoperativer Stress bei Kindern und Jugendlichen mittels HRV-Parametern nachweisen, und lässt sich dieser Stress möglicherweise durch einen geeigneten Aufklärungsfilm reduzieren?

Eigenanteil der Arbeit

Um diese Fragestellungen zu beantworten, habe ich die zu zwei Zeitpunkten abgeleiteten EKGs der Studienteilnehmer über das Programm HRV-Analyzer 2.0.1.89 in mehreren Schritten ausgewertet und die HRV-Parameter ermittelt. Diese habe ich in einer Tabelle zusammengetragen und anschließend unter Anleitung von Mitarbeitern der Kinder- und Jugendpsychiatrie Tübingen statistisch mit dem Programm SPSS15 ausgewertet. Anschließend habe ich die Ergebnisse zusammengetragen, bewertet und diskutiert.

3.5. Patientenkollektiv und Studienbeschreibung

Für die interdisziplinäre Pilotstudie wurden insgesamt 40 Mädchen und Jungen im Alter von 6 bis 16 Jahren mit geplanten operativen Eingriffen aus drei Einrichtungen in einem Zeitraum von Mai 2011 bis Oktober 2012 rekrutiert. Bei diesen Kindern wurden operative Eingriffe in einem der drei verschiedenen Bereiche durchgeführt:

1. Kinderchirurgie (z.B.: Operationen des oberen Harntrakts, Deflux, Trichterbrustkorrekturen, Thoraxoperationen, Laparoskopien)
2. HNO (z.B.: Tonsillektomien, Adenotomien, Ohr- und Nasenkorrekturen)
3. KFO oder zahnärztlicher Bereich (z.B.: Zahnsanierungen, Weisheitszahnentfernungen).

An der Studie teilgenommene Kliniken

1. Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Abteilung Kinderchirurgie

Universitätsklinikum Tübingen

Prof. Dr. J. Fuchs, Dr. med. H.J. Kirschner

Hoppe-Seyler-Str. 3, 72076 Tübingen

2. Universitätsklinik für Hals- Nasen- und Ohrenheilkunde

Universitätsklinikum Tübingen

PD Dr. med. Hubert Löwenhein, Dr. med. Steffen Paasch, Dr. med. Norbert Deschner

Elfriede-Aulhorn-Str. 5, 72076 Tübingen

3. Praxis und Klinik für Kiefer und Gesicht

Dr. Dr. med. Christoph Peters, Dr. med. Anton Klaus Spitzer

Wolfgang-Brumme-Allee 25, 71034 Böblingen

3.6. Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien

Für die Auswahl der Kinder wurde vorausgesetzt, dass ein operativer Eingriff in einem der oben genannten Bereiche bevorsteht, sich die Probanden in dem genannten Alter befinden und über eine normale Begabung verfügen, um das Verständnis der Kinder für die selbst entwickelten Aufklärungsfilme zu gewährleisten. Das Kind sollte zur Mitarbeit fähig sein und dieses als auch seine Eltern (Sorgeberechtigten) sollten ihr Einverständnis geben.

Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien waren chronische Krankheiten, Krankenhauserfahrungen oder häufigere OP-Erfahrungen nach dem 3. Lebensjahr.

Außerdem wurden Kinder mit Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems ausgeschlossen. Ansonsten wäre eine Messung der Herzfrequenz und Herzratenvariabilität mit einem Rückschluss auf Änderung bei Stresseinwirkung oder Stressreduktion durch den Film nicht möglich.

Neun der 40 Probanden wurden aus der Studie ausgeschlossen, da folgende Probleme auftraten:

- mangelnde Compliance
- die Narkose wurde in Sedierung geändert
- der operative Eingriff wurde abgesagt
- Medikamentenzugabe vor der Operation (z.B. Dormikum)

Weitere sieben Probanden mussten ausgeschlossen werden, da eine EKG Aufzeichnung nur zum Zeitpunkt T1 stattfand. In der vorliegenden Arbeit werden die Resultate unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien von 24 Probanden analysiert.

3.7. Einteilung und Intervention

Die 24 Patienten wurden in zwei Gruppen gegliedert. Die Interventionsgruppe (Gruppe mit Film) mit 12 Probanden sah vor dem jeweiligen Eingriff einen auf das Institut zugeschnittenen Aufklärungsfilm, um eine Reduktion des präoperativen Stresses zu erzielen. Den 12 Probanden der Kontrollgruppe (Gruppe ohne Film) wurde der Film nicht gezeigt.

Bei allen unter den oben genannten Kriterien ausgewählten Probanden wurden folgende Parameter erhoben:

1. Herzratenvariabilität
2. psychologische Selbstbeurteilung und Fremdbeurteilung durch die Eltern
3. Einflussfaktoren durch die Eltern
4. Einflussfaktoren des Behandelnden und der Intervention
5. Außerdem wurde bei neun Probanden ein Speichel-Kortisol-Test durchgeführt

Es wurde davon ausgegangen, dass den Kindern kein weiterer Stress durch die Interventionen zugemutet wurde. Die Bearbeitung der Fragebögen von den Kindern selbst oder deren Eltern waren nicht invasiv. Das Anbringen von EKG-Elektroden war ebenfalls nicht invasiv. Alle Daten gingen anonym und ohne Verletzung von Datenschutzauflagen in die Auswertung ein.

3.8. Altersverteilung und Geschlechterverteilung der gesamten Studienteilnehmer

In den Abbildungen 9 bis 13 werden die Studienteilnehmer in unterschiedlicher Einteilung graphisch dargestellt. Die Einteilung erfolgte in Alter, Geschlecht, Interventions- und Kontrollgruppe.

Altersverteilung

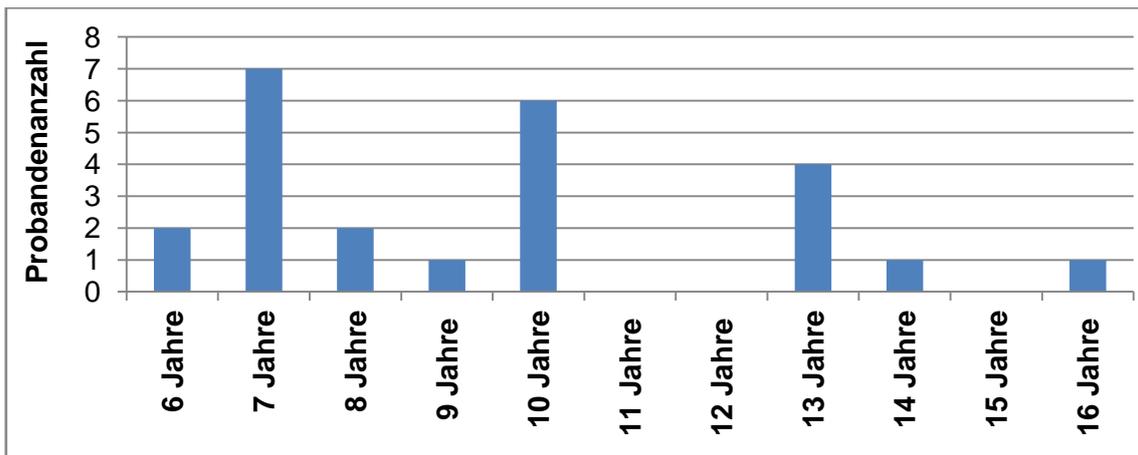


Abbildung 9: Altersverteilung der 24 Studienteilnehmer zum Zeitpunkt der Untersuchung

Die Altersverteilung der Studienteilnehmer war nicht ausgewogen. Die Altersgruppen 11,12 und 15 Jahre waren nicht vertreten.

Geschlechterverteilung

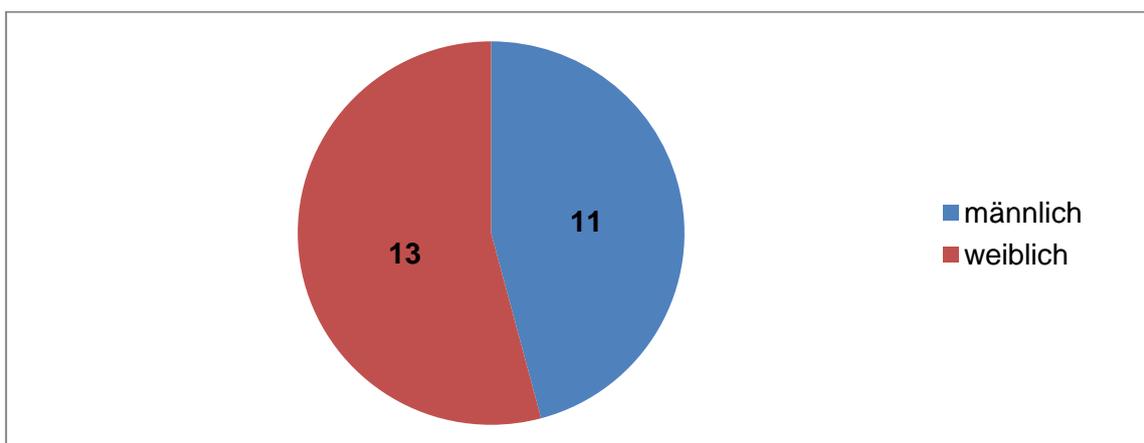


Abbildung 10: Geschlechterverteilung der teilnehmenden Probanden

Mit einer Teilnehmerzahl von 13 weiblichen und 11 männlichen Probanden war die Geschlechterverteilung nahezu ausgeglichen.

Gruppenverteilung

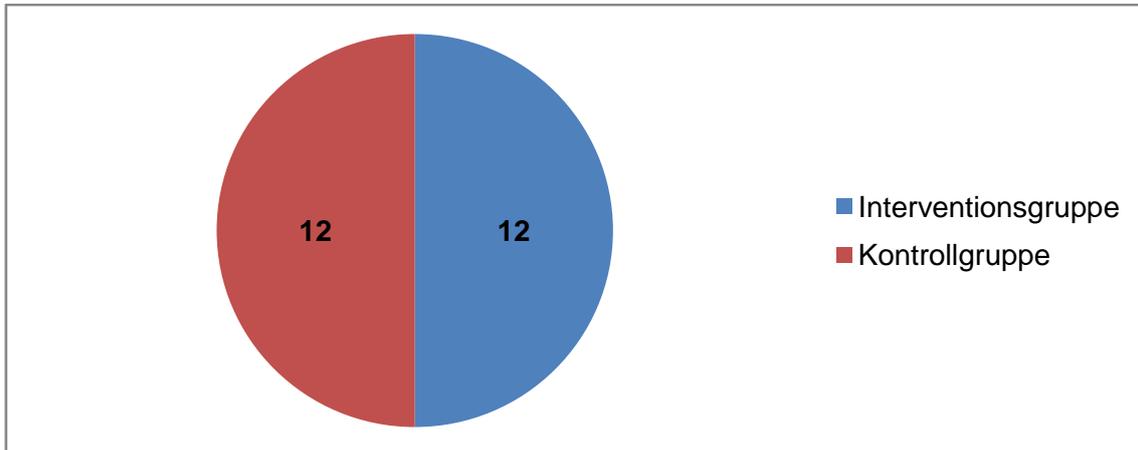


Abbildung 11: Probandenanzahl von Interventions- und Kontrollgruppe

Die Interventionsgruppe und Kontrollgruppe haben eine ausgeglichene Teilnehmeranzahl von je 12 Probanden.

Geschlechterverteilung in Interventions- und Kontrollgruppe

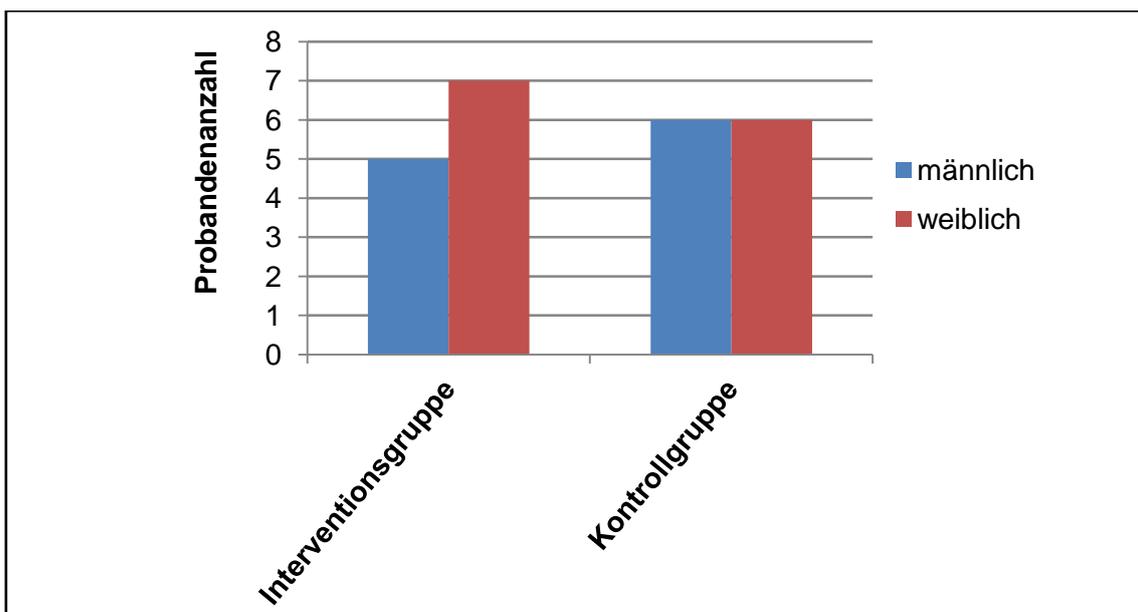


Abbildung 12: Geschlechterverteilung in Interventions- und Kontrollgruppe

Die Geschlechterverteilung innerhalb der Kontrollgruppe war ausgeglichen. Innerhalb der Interventionsgruppe überwog die Anzahl der weiblichen Teilnehmer mit 7 Probanden und einem Anteil von 5 männlichen Probanden.

Altersverteilung in Interventions- und Kontrollgruppe

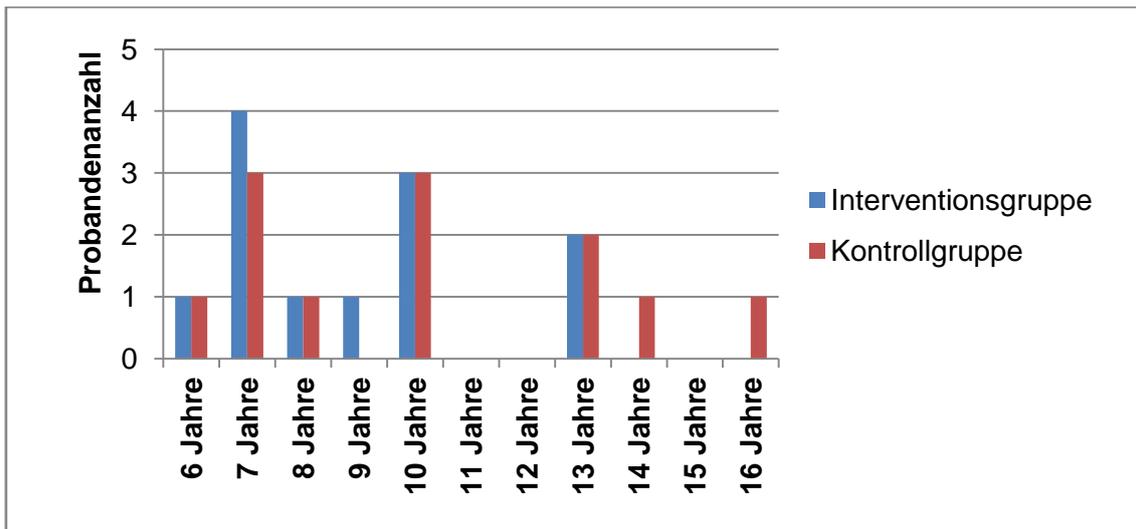


Abbildung 13: Altersverteilung in Interventions- und Kontrollgruppe

Die Altersverteilung in den Gruppen war nicht ausgeglichen. Jugendliche im Alter von 14 und 16 Jahren waren z. B. nur in der Kontrollgruppe vertreten.

Wie in Abbildung 10 dargestellt ist, ist die Geschlechterverteilung in der gesamten Studie nahezu ausgewogen. Abbildung 12 zeigt, dass in der Interventionsgruppe der Anteil der weiblichen Probanden überwog. Abbildung 9 und 13 machen deutlich, dass bis auf die Altersgruppen 11, 12 und 15 Jahre jedes Alter von 6 bis 16 Jahren vertreten war. Abbildung 13 zeigt, dass die Altersverteilung innerhalb der Gruppen nicht ausgewogen war, was in Kapitel 5 kritisch betrachtet wird.

3.9. Datenaufbereitung und -verarbeitung

Zu Beginn der Studie wurden zunächst die Probanden nach den oben genannten Kriterien ausgewählt. Dazu informierte Frau Gathmann die beteiligten Kliniken darüber welche Patienten für die Pilotstudie in Frage kommen und erklärte Ein- und Ausschlusskriterien. Die Probanden und deren Erziehungsberechtigten wurden anschließend mit der Studie vertraut gemacht und konnten freiwillig an dem Projekt teilnehmen.

3.9.1. Messungen und Ablauf der Studie

Es gab drei Messzeitpunkte, an denen jeweils unterschiedliche Parameter festgehalten wurden.

- Zeitpunkt T1: 14 Tage bis 1 Tag vor dem geplanten operativen Eingriff
- Zeitpunkt T2: unmittelbar vor der Narkoseeinleitung
- Zeitpunkt T3: 1 bis 2 Tage nach der Operation oder bei ambulanter Aufnahme unmittelbar vor der Entlassung

Alle Messungen erfolgten vormittags, jedoch nicht zur gleichen Uhrzeit. Diese Thematik wird in Kapitel 5 kritisch betrachtet.

Messungen 1 zum Zeitpunkt T1:

Zum Zeitpunkt T1 erhielten Interventions- als auch Kontrollgruppe das Narkoseaufklärungsgespräch und Informationen über die bevorstehende Operation. Nach diesem Aufklärungsgespräch erhielten die Kinder und ihre Eltern bestimmte Fragebögen (psychologische Tests zur Selbst- und Fremdbeurteilung).

Fragebögen für die Kinder:

- Kinder-Angst-Test-II (Form A), Verwendung in Schulpsychologie, Erziehungsberatung, Klinik und Pädagogik bei Leistungs- und Verhaltensauffälligkeiten, Verwendung in der Forschung zur Erfassung des dispositionellen Ängstlichkeitsgrades

- Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB)
- Fragebogen-Kind-T1 (von der Leiterin der Studie Frau Gathmann und der jeweiligen Abteilung erstellt)
- Thermometer und Smileys

Fragebögen für die Eltern

- Die Child Behavior Checklist (CBCL), Hinweise auf psychische Störungen
- STOA-T (State-Trait-Operations-Angst)
- Fragebogen-Eltern-T1 (von der Leiterin der Studie Frau Gathmann und der jeweiligen Abteilung erstellt)

Außerdem wurde die erste Ruhemessung durchgeführt, sowohl bei den Kindern der Kontrollgruppe als auch bei den Kindern der Interventionsgruppe. Dazu wurde den Kindern für eine Dauer von 15 Minuten ein 2-Kanal-EKG angelegt. Kurz darauf wurde den Kindern der Interventionsgruppe das jeweilige auf das Institut zugeschnittene Info-/Aufklärungsvideo gezeigt. Abbildung 14 zeigt das Cover einer der drei Aufklärungsfilme.

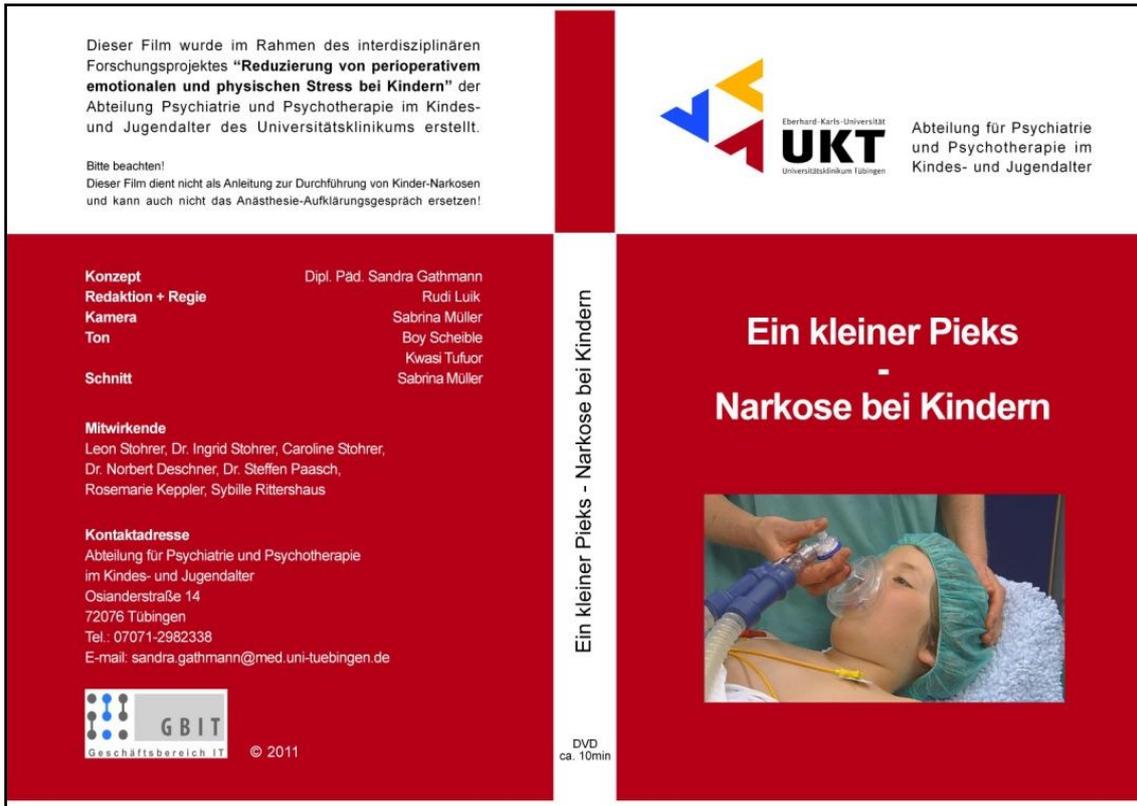


Abbildung 14: Beispiel-Cover eines Aufklärungsfilmes

Inhalt Aufklärungsfilm:

Die drei Aufklärungsfilme wurden individuell für das jeweilige Institut erstellt. In den Filmen lernten die Kinder der Interventionsgruppe den Patienten *Leon* kennen.

Leon ist neun Jahre alt und soll operiert werden. Wie jedes Kind hat auch er Angst vor der Narkose und der Operation. Er durchlebt die Abläufe der jeweiligen Klinik und zeigt dem Beobachter damit, was alles auf einen kleinen Patienten vor einer Operation zukommt. Der Ablauf des Filmes für die drei Kliniken gestaltet sich wie folgt:

- Kennenlernen von *Leon* und seiner Mutter
- Die Narkosevorbereitung in den Räumlichkeiten der jeweiligen Klinik
- Kennenlernen der OP-Umgebung
- Kennenlernen des Anästhesisten der Klinik und der Assistenzen

- Anlegen eines Vitaldatenmonitors
- Narkoseeinleitung
- Aufwachraum
- Entlassung und Lob eines Arztes

Dieser Ablauf wird wie in der Realität dargestellt und von *Leon* begleitend mit seinen Gefühlen und Ängsten kommentiert. Die Kinder, die den Film vorgespielt bekamen, sollten über das Prinzip der *sozialen Lerntheorie* von A. Bandura anhand der Beobachtung von Vorbildern lernen (Seiffge-Krenke & Lohaus, 2007). Im Laufe des Filmes lernte das Kind, dass es in Ordnung war, Angst zu haben, und dass es am Ende stolz auf das Erreichte sein konnte. *Leon* erhält ein Lob von einem Arzt am Ende des Filmes. Die Konsequenz auf sein Verhalten ist positiv. Dies soll den Beobachter über stellvertretende Verstärkung zur Nachahmung anregen (Seiffge-Krenke & Lohaus, 2007).

Messungen 2 zum Zeitpunkt T2:

Zum Zeitpunkt T2, am Tag der Operation, wurde in Ruhe ein EKG abgeleitet. Dies geschah unmittelbar vor dem geplanten operativem Eingriff mit einem Zeitfenster von einer Stunde bis zur Wirkung der Narkose und Beginn des chirurgischen Eingriffs. Den Kindern und deren Eltern wurden ein zweites Mal Fragebögen vorgelegt.

Fragebögen für die Kinder :

- Kat-II (Form p)
- KAB
- FB-Kind-T2
- Thermometer und Smileys

Fragebögen Eltern:

- FB-Eltern-T2

Messung 3 zum Zeitpunkt T3:

Als letzte Studienmaßnahme wurden den Kindern und deren Eltern kurz vor der Entlassung erneut Fragebögen zur Beantwortung ausgegeben:

Fragebögen Kinder:

- KAT-II (Form r)
- KAB
- FB-Kind-T3
- Thermometer und Smileys

Fragebögen Eltern:

- FB-Eltern-T3

3.9.2. EKG-Analyse und verwendetes Programm

3.9.2.1. Verfahren zur Bestimmung der HRV

Zur Bestimmung der HRV wurde in der Studie die Ableitung eines 2-Kanal-EKGs gewählt. Den Patienten wurde zu zwei Zeitpunkten (T1,T2) ein 2-Kanal-EKG über eine Dauer von 15 Minuten abgeleitet.

3.9.2.2. EKG-Gerät

Das *Vista Novacor* ist ein Miniatur-Langzeit-EKG-Rekorder. Das gesamte EKG der Patienten ist auf eine Slot-in-Flash-Speicherkarte (Compact Flash Card mit 128 MB) gespeichert und kann direkt über die *HolterSoft Ultima Software* (©Novacor 2001-2009) gelesen werden, welche auf dem Computer installiert wurde. Der Vista-Rekorder wiegt ca. 100g, inklusive Speicherkarte und Batterien. Dieser zeichnet sich durch seine geringe Größe, das LCD-Display, zwei Schaltflächen und einem Mikrofon aus, welches die Aufzeichnung von Sprachnachrichten ermöglicht. Das *Vista Novacor* wird über EKG-Elektroden und ein Multi-Lead-Kabel mit dem Patienten verbunden (Herstellerangaben).

3.9.2.3. HRV-Analyzer

Anhand eines selbstentwickelten EKG-Analyse-Programms, dem HRV-Analyzer 2.0.1.89 (© Matthias Nickola, Tübingen, Deutschland, 2008), wurden die digitalen EKG Aufzeichnungen darstellbar. Mit Hilfe der Novacor Software wurden die Daten aus dem EKG-Gerät importiert und durch das HRV-Analyzer-Programm zur Analyse konvertiert. Da die handelsübliche Analysesoftware des Novacor Gerätes keine exakte Identifizierung der R-Zacken und daher keine verlässliche HRV-Analyse zulässt, wurden die Daten importiert, und mittels HRV-Analyzer konnten die R-Zacken automatisch detektiert werden. Der HRV-Analyzer analysiert die Abstände benachbarter R-Zacken. Mit diesem Analyser war es möglich die gängigen HRV-Parameter zu ermitteln. Durch manuelle Eingabe lässt sich ein Abschnitt des aufgezeichneten EKGs festhalten, indem die R-Zacken von dem Programm automatisch markiert werden und von dem Benutzer anschließend händisch korrigiert werden können. Um die EKGs der einzelnen Probanden miteinander vergleichen zu können, wurde bei allen aufgezeichneten EKGs die Auswertungsdauer von 256 Sekunden gewählt. Das bedeutet, es wurden immer vier Minuten und 16 Sekunden eines jeden EKGs analysiert. Mit der Auswertung wurde ab Minute zehn begonnen. Der zeitliche Abstand der benachbarten R-Zacken kann bestimmt werden, und über statistische Verfahren können die HRV-Parameter ermittelt werden.

3.9.2.4. Arbeitsschritte im HRV-Analyzer

Die Auswertung eines 256 Sekunden langen EKG-Abschnittes wird in Abbildung 15 bis 18 exemplarisch dargestellt. Die Beispielabbildungen der EKG-Abschnitte sind demselben Patienten zuzuordnen.

Schritt1:

Im ersten Schritt der Auswertung eines aufgezeichneten EKGs wählt der Nutzer den passenden Abschnitt aus. Hierfür klickt er mit der Maus auf den gewünschten Markierungspunkt. In diesem Beispiel wird ab Minute 10 markiert. Das Programm wählt selbstständig einen Abschnitt mit der Länge von 256

Sekunden aus. Die Länge von 256 Sekunden kann zuvor in den Grundeinstellungen unter 'Options, Edit IniFile' festgelegt werden.

Abbildung 15 zeigt einen EKG-Abschnitt des Patienten 31 zum Zeitpunkt T2. Die Abbildung zeigt einen zweiminütigen EKG-Ausschnitt der Gesamtaufzeichnung von 15 Minuten. Ab Minute 10:01 zeigt die rote Markierung den ausgewählten Abschnitt von 256 Sekunden Länge.

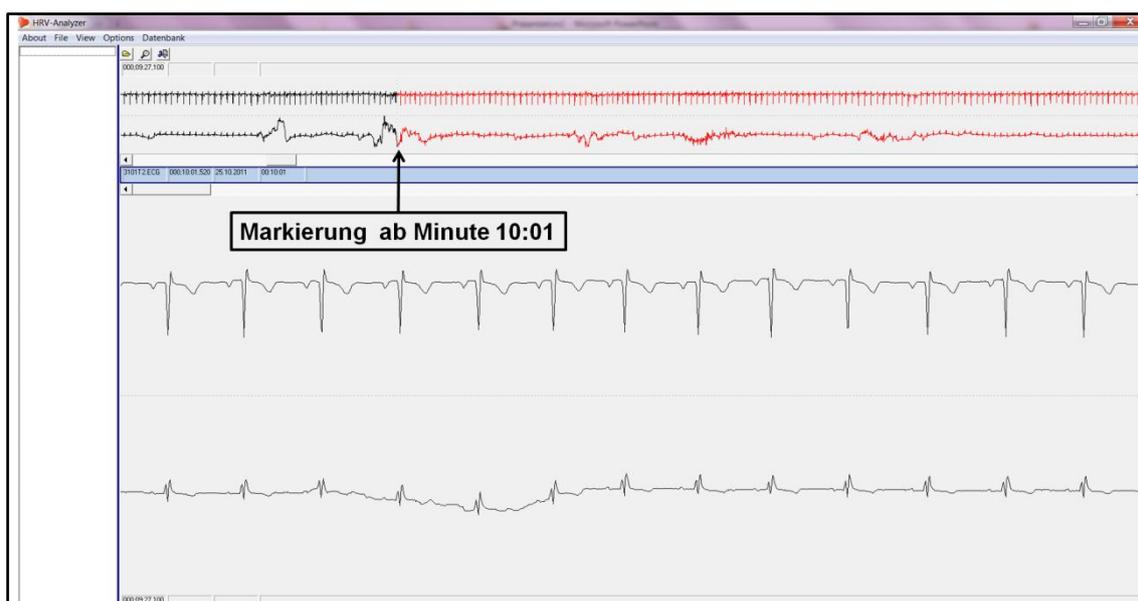


Abbildung 15: Bsp. EKG, Auswahl eines geeigneten EKG-Abschnittes

Schritt 2:

Im zweiten Schritt werden mittels roter Balken über das Programm HRV-Analyzer die R-Zacken registriert. Dazu wählt man das Symbol *Lupe* und dann das Symbol *Auge*. Fehlerhaft markierte Abschnitte können vom Nutzer händisch korrigiert werden. Durch Entfernen der bereits markierten Zacke und erneuter Platzierung der gewünschten R-Zacke können die EKG-Abschnitte bearbeitet werden.

Abbildung 16 zeigt eine EKG-Aufzeichnung ohne Korrektur. Der EKG Abschnitt stammt von Patient 31 zum Zeitpunkt T2. Die R-Zacken im QRS-Komplex wurden noch nicht korrigiert. Die Abbildung zeigt die automatische Detektion der R-Zacken durch das Analyzer Programm.

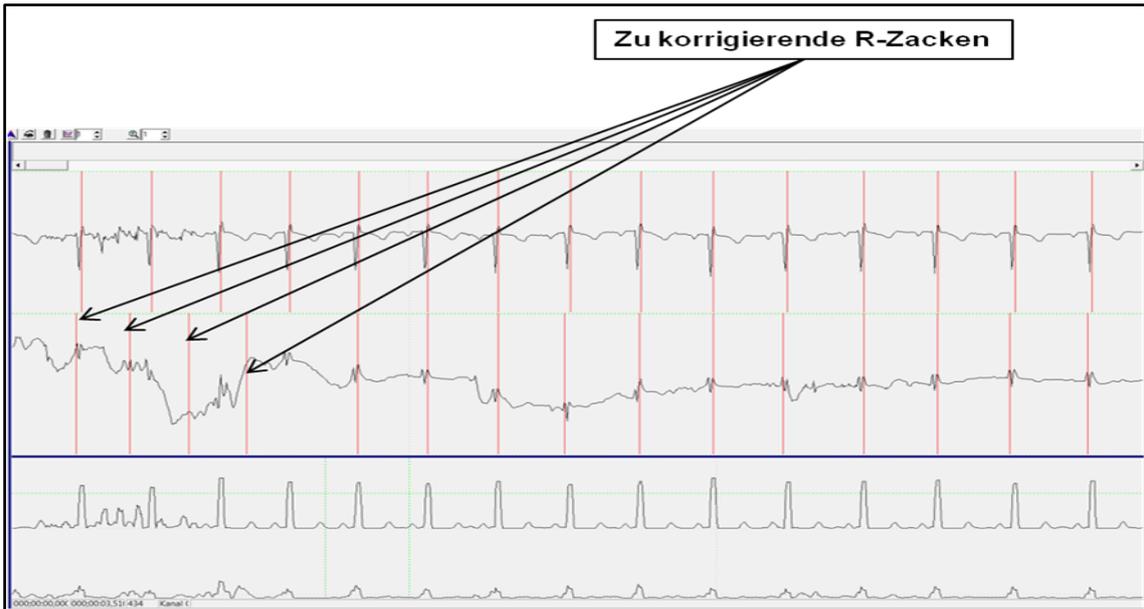


Abbildung 16: Bsp. für ein noch nicht bearbeitetes EKG

Schritt 3:

Abbildung 17 zeigt eine EKG-Aufzeichnung im Laufe der Korrektur der R-Zacken innerhalb der QRS-Komplexe am Beispiel Patient 31 zum Zeitpunkt T2. Die zweite R-Zacke von links wurde noch nicht korrigiert

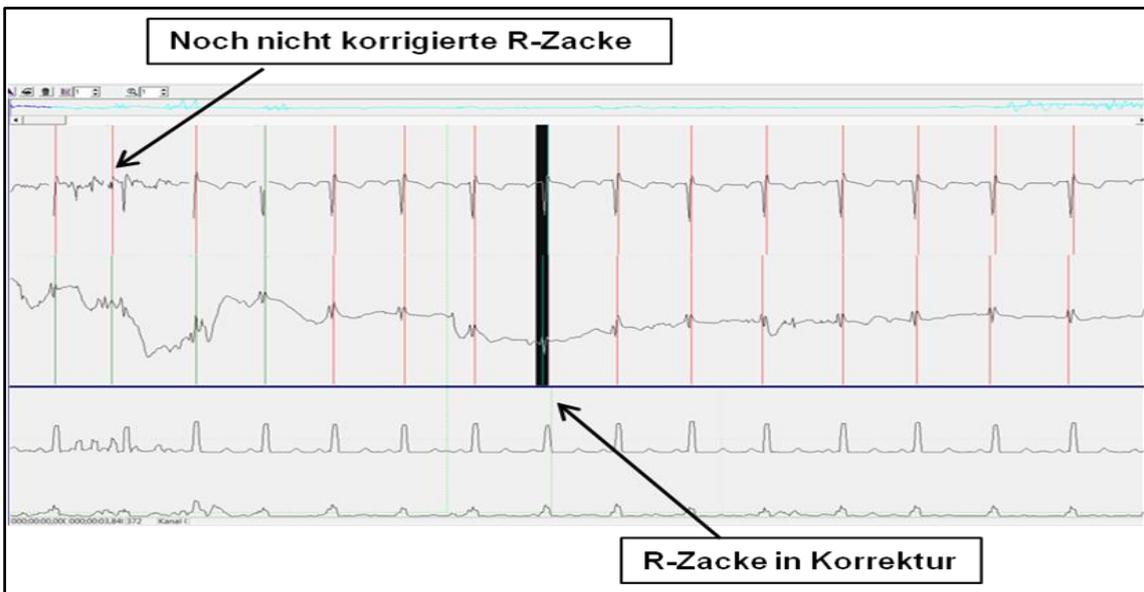


Abbildung 17: EKG-Aufzeichnung während der Korrektur

Schritt 4

Abbildung 18 zeigt ein bereits bearbeitetes EKG am Beispiel Patient 31 zum Zeitpunkt T2.

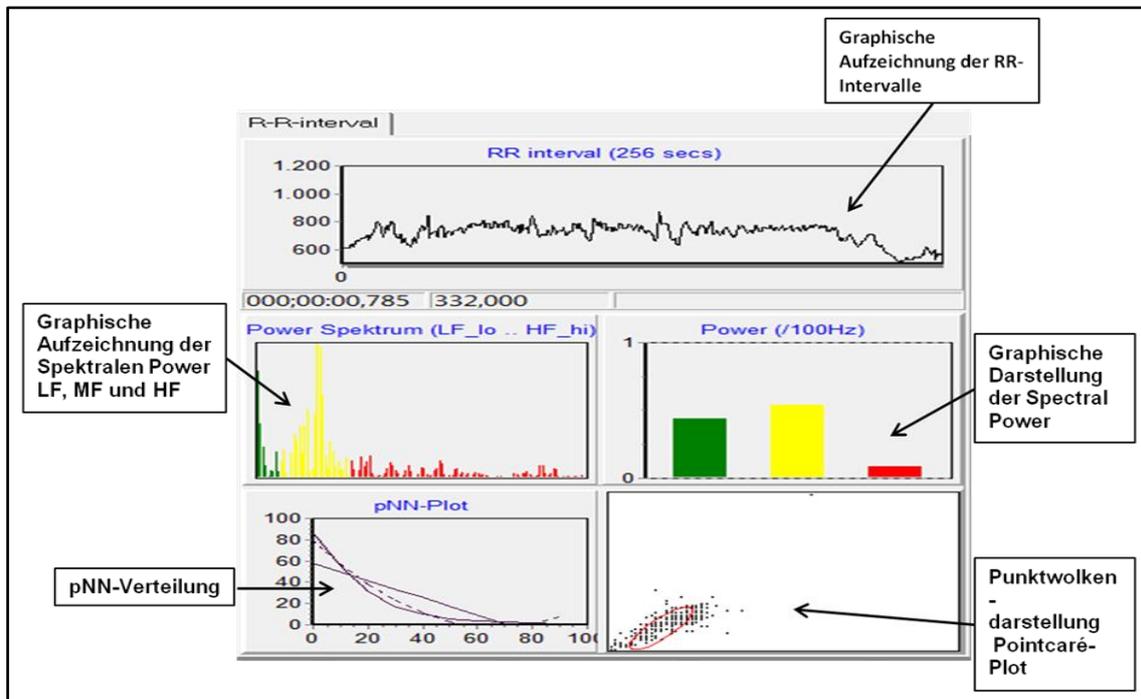


Abbildung 18: Darstellung nach vollständiger Bearbeitung eines EKG-Abschnittes

Wurden alle R-Zacken erfolgreich korrigiert, berechnet das Programm die gängigen HRV-Parameter. Der Nutzer des Programms hat nun Zugriff auf die für die statistische Auswertung notwendigen HRV-Parameter und Herzfrequenz.

3.9.2.5. Auswirkungen der EKG-Analyse auf das Patientenkollektiv

Von einigen Patienten war die Verwendung der EKGs nicht sinnvoll, da bei diesen Patienten eine EKG-Messung nur zum Zeitpunkt T1 stattfand. Ein Vergleich von Zeitpunkt T1 und Zeitpunkt T2 war demnach nicht möglich. Hierzu zählten insgesamt sieben Patienten. Somit gingen 24 Patienten in die Auswertung ein. Ein- und Ausschlusskriterien stellten sicher, dass für die Studie geeignete EKGs vorlagen.

3.9.3. Statistische Datenanalyse

Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Programm SPSS15. Zur Analyse der Daten wurden Messwiederholungs-Varianzanalysen mit dem Innersubjektfaktor Messzeitpunkt (T1, T2) und dem Zwischensubjektfaktor Gruppe (mit Film, ohne Film) gerechnet. Signifikante Interaktionseffekte *Messzeitpunkt x Gruppe* wurden durch Follow-up t-Tests nachgetestet. Die Messzeitpunkteffekte pro Gruppe wurden über t-Tests für verbundene Stichproben getestet, die Gruppenunterschiede bei den jeweiligen Messzeitpunkten durch t-Tests für unabhängige Stichproben. Bei den signifikanten Haupteffekten *Messzeitpunkt* oder *Gruppe* gab es keine Nachfolge-t-Tests, da hier durch die ANOVA die Signifikanz bereits angegeben wurde und der Faktor jeweils nur aus zwei Stufen bestand. Das Signifikanzniveau lag bei Alpha = 5%.

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie tabellarisch dargestellt und bewertet. Zur Definition der verschiedenen Parameter siehe Kapitel 2.1.5. HRV-Parameter und ihre Bedeutung. Die Notation 0 bezeichnet die Probanden-Gruppe ohne Intervention und die Notation 1 die Probandengruppe mit Intervention.

4.1. Effekte der ANOVAs für alle Parameter

Tabelle 2: Effekte der Messwiederholungs-ANOVAs für die einzelnen Parameter

| Effekte | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Parameter | Messzeitpunkt | Messzeitpunkt x Gruppe | Gruppe |
| Herzrate | $F(1, 22) = 2.2,$ $p = .15$ | $F(1, 22) = 0.5,$ $p = .45$ | $F(1, 22) = 0.01,$ $p = .91$ |
| SDNN | $F(1, 22) = 12.0,$ $p < .01$ | $F(1, 22) = 0.1,$ $p = .76$ | $F(1, 22) = 0.2,$ $p = .70$ |
| SD1 | $F(1, 22) = 1.8,$ $p = .19$ | $F(1, 22) = 2.9,$ $p = .11$ | $F(1, 22) = 0.2,$ $p = .65$ |
| SD2 | $F(1, 22) = 11.9,$ $p < .01$ | $F(1, 22) < 0.1,$ $p = .89$ | $F(1, 22) < 0.1,$ $p = .86$ |
| RMSSDz (RMSSD nach Ziegler) | $F(1, 22) = 1.5,$ $p = .23$ | $F(1, 22) = 3.4,$ $p = .08$ | $F(1, 22) = 0.2,$ $p = .67$ |
| LF | $F(1, 22) = 7.3,$ $p = .01$ | $F(1, 22) = 0.7,$ $p = .41$ | $F(1, 22) < 0.01,$ $p = .97$ |
| HF | $F(1, 22) = 3.3,$ $p = .09$ | $F(1, 22) = 4.1,$ $p = .05$ | $F(1, 22) = 2.5,$ $p = .13$ |
| VC | $F(1, 22) = 19.8,$ $p < .01$ | $F(1, 22) < 0.1,$ $p = .94$ | $F(1, 22) = 0.1,$ $p = .73$ |
| PNN50 | $F(1, 22) < 0.1,$ $p = .94$ | $F(1, 22) = 1.4,$ $p = .24$ | $F(1, 22) < 0.1,$ $p = .89$ |

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die erkannten Effekte der ANOVAs (Varianzanalysen) für alle HRV-Parameter. Hinsichtlich des Faktors *Messzeitpunkt* ergaben die ANOVAs für SDNN, Low Frequency, VC und SD2 eine Zunahme über die Zeit (alle $F_s > 7.3$, $p_s < .01$). Ein ähnlicher Trend zeigte sich auch bei der High Frequency ($F(1, 22) = 3.3$, $p = .09$). Bei allen anderen HRV-Parametern ergaben sich hier keine signifikanten Haupteffekte (alle $F_s <$

2.2, $ps > .15$). In keiner der Analysen erreichte der Faktor *Gruppe* das Signifikanzniveau (alle $F_s < 2.5$, $ps > .13$).

Bei zwei Parametern ergab sich jedoch eine signifikante oder marginal signifikante Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe*: RMSSDz ($F(1, 22) = 3.4$, $p = .08$), High Frequency ($F(1, 22) = 4.1$, $p = .05$). Im Folgenden werden diese Ergebnisse genauer dargestellt. Die Abbildungen 19 und 20 stellen diese Interaktionen *Messzeitpunkt x Gruppe* für RMSSD und High Frequency dar. Bei allen anderen HRV-Parametern ergaben sich hinsichtlich der Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe* keine signifikanten Effekte ($F_s < 2.9$, $ps > .10$).

4.2. Ergebnisse RMSSD

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 und Abbildung 19 dargestellt. Nach der Intervention zeigte sich bei der Interventionsgruppe eine marginal signifikante Erhöhung der RMSSD-Werte. Die Kinder der Kontrollgruppe zeigten jedoch eine tendenzielle Erniedrigung dieses Wertes von T1 zu T2. Die signifikante Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe* wurde nachgetestet. Die marginal signifikante Interaktion bei RMSSD lag daran, dass sich die Gruppen zwar bei keinem Messzeitpunkt signifikant unterschieden ($ts < 1.2$, $ps > .24$), bei der Gruppe mit Film jedoch über die Zeit ein Anstieg zu verzeichnen war ($t(11) = 2.3$, $p = .04$), die Kontrollgruppe jedoch keine Veränderungen über die Zeit aufwies ($t(11) = 0.4$, $p = .69$).

Tabelle 3: RMSSD der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|-----------|--------------|---------|----------------|----|
| T1 | RMSSD | 0 | 45,6320 | 18,63967 | 12 |
| | | 1 | 40,1869 | 13,65715 | 12 |
| | | Total | 42,9095 | 16,2205 | 24 |
| T2 | RMSSD | 0 | 41,4067 | 18,25665 | 12 |
| | | 1 | 50,0377 | 24,68298 | 12 |
| | | Total | 45,7222 | 21,68457 | 24 |

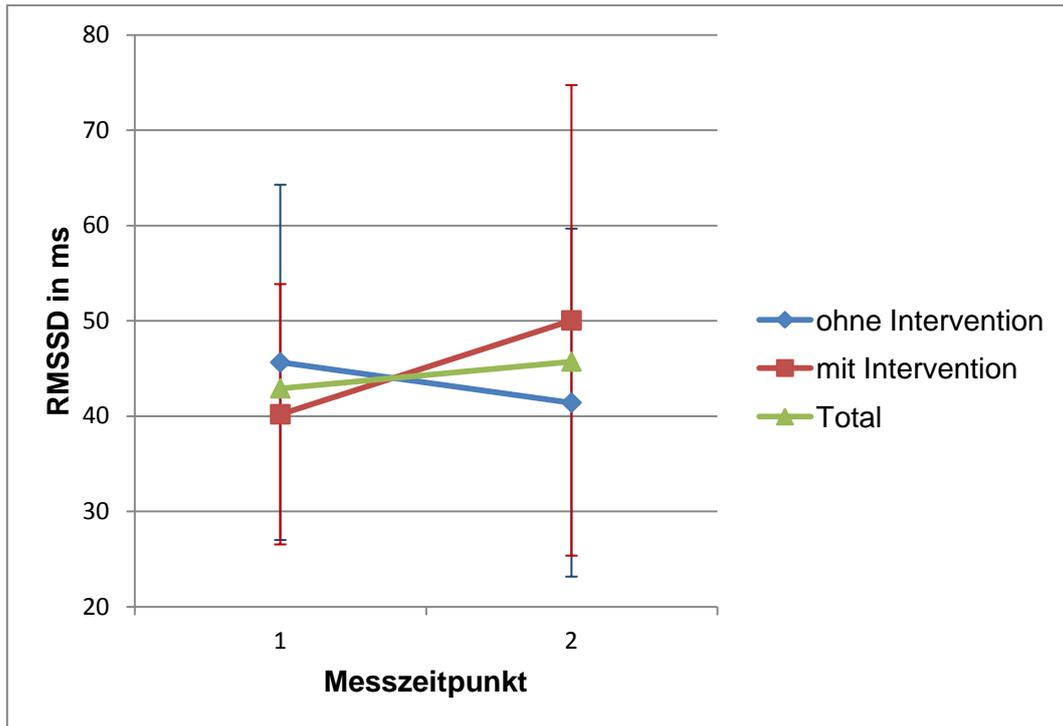


Abbildung 19: Änderung RMSSD von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

4.3. Ergebnisse High Frequency

Der Bereich der High Frequency Power Sum ist zum Zeitpunkt T1 bei beiden Gruppen ähnlich. Nach der Intervention ist die High Frequency bei der Interventionsgruppe signifikant erhöht. Bei der Kontrollgruppe zeigt sich dieser positive Effekt nicht, gegenteilig nimmt die High Frequency hier sogar ab. Tabelle 4 und Abbildung 20 zeigen diese Veränderung von T1 zu T2. Die signifikante Interaktion bei der High Frequency kam dadurch zustande, dass bei der Interventionsgruppe ein Anstieg von T1 nach T2 zu verzeichnen war ($t(11) = 2.4, p = .03$), nicht aber bei der Kontrollgruppe ($t(11) = 0.2, p = .85$), wodurch sich diese Gruppen zwar nicht zu T1 ($t(22) = 0.2, p = .88$), wohl aber zu T2 ($t(22) = 2.2, p = .04$) signifikant voneinander unterscheiden.

Tabelle 4: High Frequency Power Sum der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|-----------------------------------|--------------|----------|----------------|----|
| T1 | PowerSum im HighFrequency-Bereich | 0 | 919,6614 | 857,28892 | 12 |
| | | 1 | 963,0424 | 470,68823 | 12 |
| | | Total | 941,3519 | 676,71522 | 24 |
| T2 | PowerSum im HighFrequency-Bereich | 0 | 877,112 | 674,71204 | 12 |
| | | 1 | 1673,096 | 1060,57081 | 12 |
| | | Total | 1275,104 | 959,66615 | 24 |

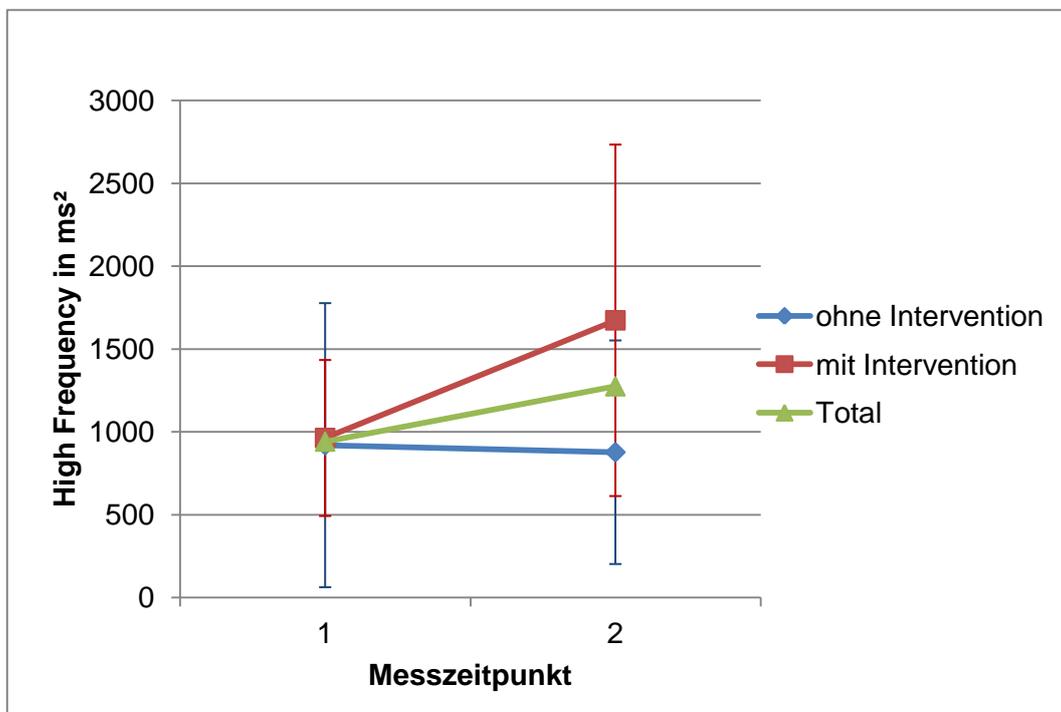


Abbildung 20: Änderung High Frequency Power Sum von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

4.4. Ergebnisse mittlere Herzrate

Wie in Tabelle 2 aufgezeigt, ergaben die ANOVAs für die mittlere Herzrate hinsichtlich des Faktors *Messzeitpunkt*, des Faktors *Gruppe* oder der Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe* keine signifikanten Haupteffekte. Die mittlere Herzrate unterschied sich bei Interventions- und Kontrollgruppe vor dem Einsatz des Aufklärungsfilmes nur geringfügig. Allerdings zeigte sich eine tendenzielle Zunahme der mittleren Herzrate zum Zeitpunkt T2 sowohl bei Interventions- als auch bei Kontrollgruppe. Die Herzrate der Interventionsgruppe zum Zeitpunkt T2 war im Vergleich zur Kontrollgruppe tendenziell etwas niedriger, was in Abbildung 21 dargestellt ist. Es ergab sich keine signifikante Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe* ($F(1,22)=0.5, p=.45$).

Tabelle 5: mittlere Herzrate der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|-------------------|--------------|---------|----------------|----|
| T1 | mittlere Herzrate | 0 | 89,2766 | 10,66575 | 12 |
| | | 1 | 90,3825 | 11,05231 | 12 |
| | | Total | 89,8296 | 10,63703 | 24 |
| T2 | mittlere Herzrate | 0 | 94,1486 | 12,70186 | 12 |
| | | 1 | 92,0636 | 13,21911 | 12 |
| | | Total | 93,1061 | 12,72277 | 24 |

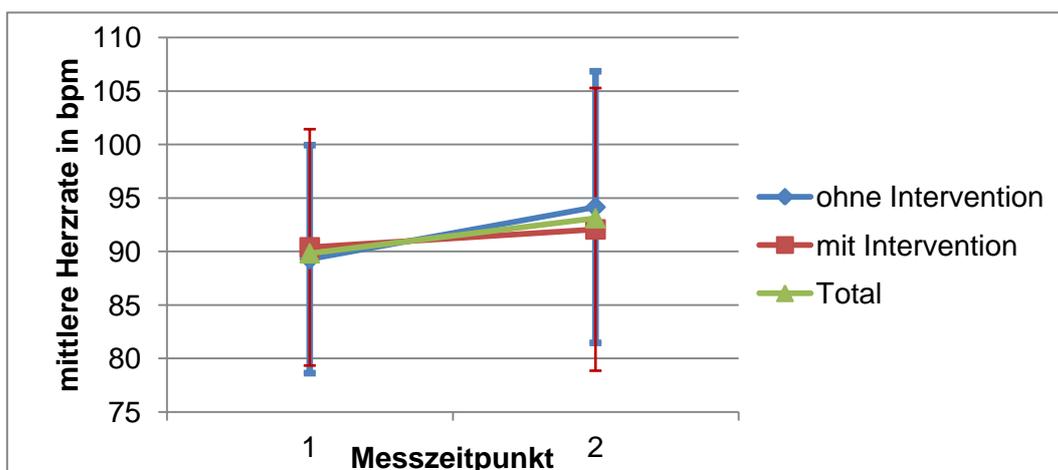


Abbildung 21: Änderung mittlere Herzrate von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

4.5. Ergebnisse Standardabweichung RR-Intervalle (SDNN)

Die Standardabweichung der RR-Intervalle zeigte zum Zeitpunkt T1 keine Unterschiede zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe. Der Parameter SDNN zeigt eine Zunahme über die Zeit ($F(1,22)=12.0$, $p<.01$). Dies wird in Tabelle 6 und Abbildung 22 verdeutlicht. Es gab allerdings keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen von T1 zu T2, *Messzeitpunkt x Gruppe* ($F(1,22)=0.1$, $p=.76$). Es ergaben sich hinsichtlich des Faktors *Gruppe* keine signifikanten Haupteffekte für SDNN ($F(1,22)=0.2$, $p=.70$).

Tabelle 6: Standardabweichung der RR-Intervalle der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|-----------|--------------|---------|----------------|----|
| T1 | SDNN | 0 | 62,1295 | 20,93937 | 12 |
| | | 1 | 62,4016 | 11,95033 | 12 |
| | | Total | 62,2656 | 16,67384 | 24 |
| T2 | SDNN | 0 | 80,6816 | 25,44464 | 12 |
| | | 1 | 84,6833 | 17,30988 | 12 |
| | | Total | 82,6825 | 21,38036 | 24 |

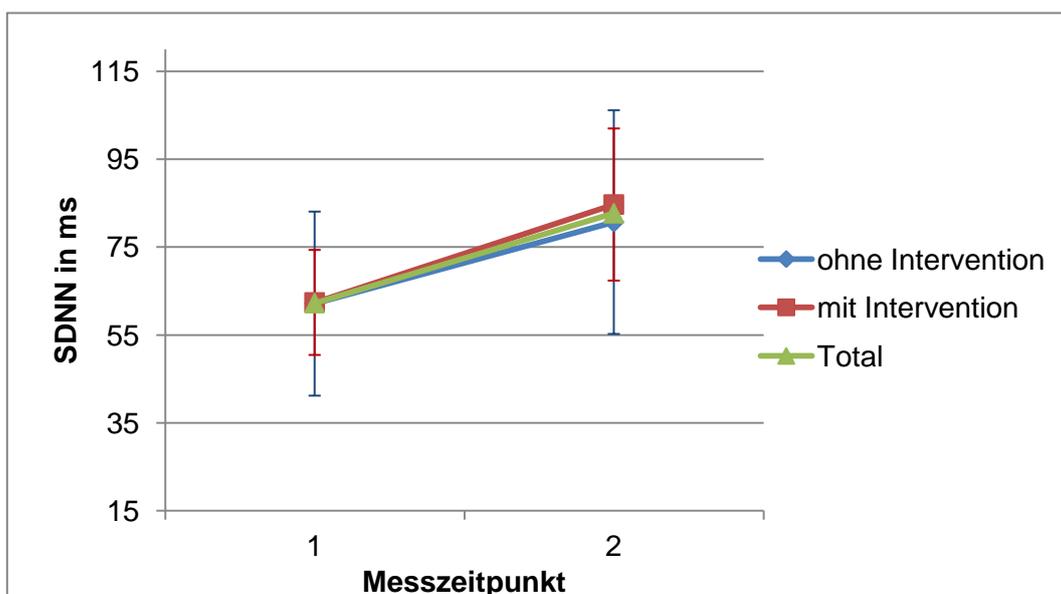


Abbildung 22: Änderung SDNN von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

4.6. Ergebnisse Low Frequency

Eine Erhöhung des Parameters Low Frequency Power Sum ließ sich bei beiden Gruppen von T1 zu T2 erkennen (siehe Tabelle 7 und Abbildung 23). Hinsichtlich des Faktors *Messzeitpunkt* ergaben die ANOVAs für LF eine Zunahme über die Zeit ($F(1,22)=7.3$, $p=.01$). Wobei die Low Frequency zum Zeitpunkt T2 bei der Interventionsgruppe tendenziell höher war als bei der Kontrollgruppe (siehe Abb. 26). Es ergab sich keine signifikante Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe* ($F(1,22) < 0.01$, $p= .97$).

Tabelle 7: Low Frequency Power Sum der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|----------------------------------|--------------|-----------|----------------|----|
| T1 | PowerSum im LowFrequency-Bereich | 0 | 697,0983 | 555,45027 | 12 |
| | | 1 | 565,1352 | 435,86275 | 12 |
| | | Total | 631,1167 | 492,90621 | 24 |
| T2 | PowerSum im LowFrequency-Bereich | 0 | 1011,6244 | 598,70407 | 12 |
| | | 1 | 1158,409 | 729,58513 | 12 |
| | | Total | 1085,0167 | 656,98341 | 24 |

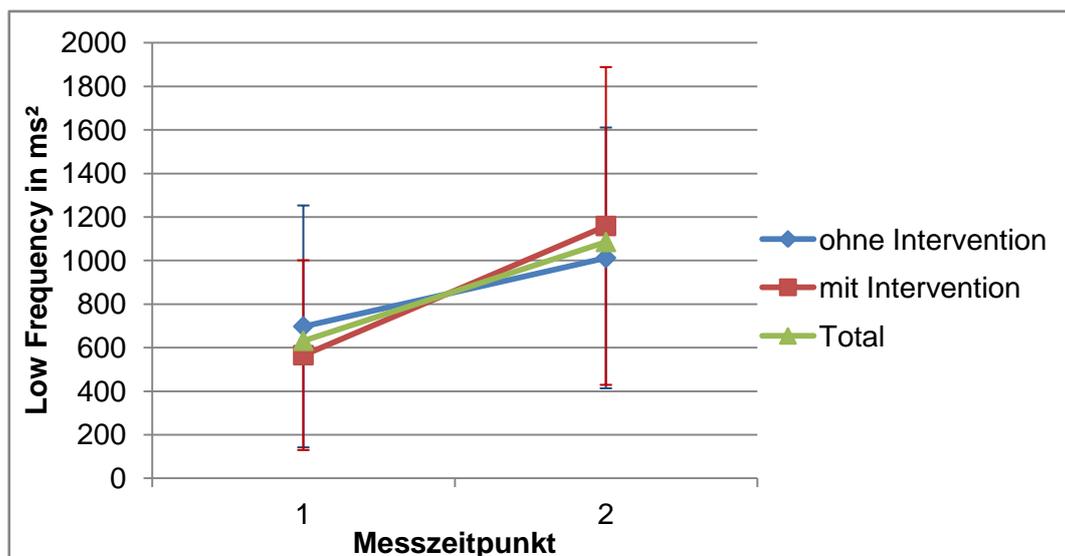


Abbildung 23: Änderung Low Frequency Power Sum von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

4.7. Ergebnisse Variationskoeffizient

Zum Zeitpunkt T1 ist der Variationskoeffizient bei beiden Gruppen nahezu gleich. Der Variationskoeffizient steigt sowohl bei Interventions- als auch bei Kontrollgruppe von Zeitpunkt T1 zu T2 gleichermaßen und zeigt hinsichtlich des Faktors *Messzeitpunkt* eine Zunahme über die Zeit ($F(1,22)=19.8, p<.01$). Die ANOVAs für VC ergaben hinsichtlich des Faktors *Gruppe* ($F(1,22)=0.1, p= .73$) und der Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe* ($F(1,22)<0.1, p= .94$) kein Signifikanzniveau. Zur Verdeutlichung dieser Ergebnisse siehe Tabelle 8 und Abbildung 24.

Tabelle 8: Variationskoeffizient der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|-----------|--------------|---------|----------------|----|
| T1 | VC | 0 | 9,0961 | 2,86635 | 12 |
| | | 1 | 9,2966 | 1,58693 | 12 |
| | | Total | 9,1963 | 2,26810 | 24 |
| T2 | VC | 0 | 12,4022 | 3,49762 | 12 |
| | | 1 | 12,7125 | 1,79191 | 12 |
| | | Total | 12,5574 | 2,72241 | 24 |

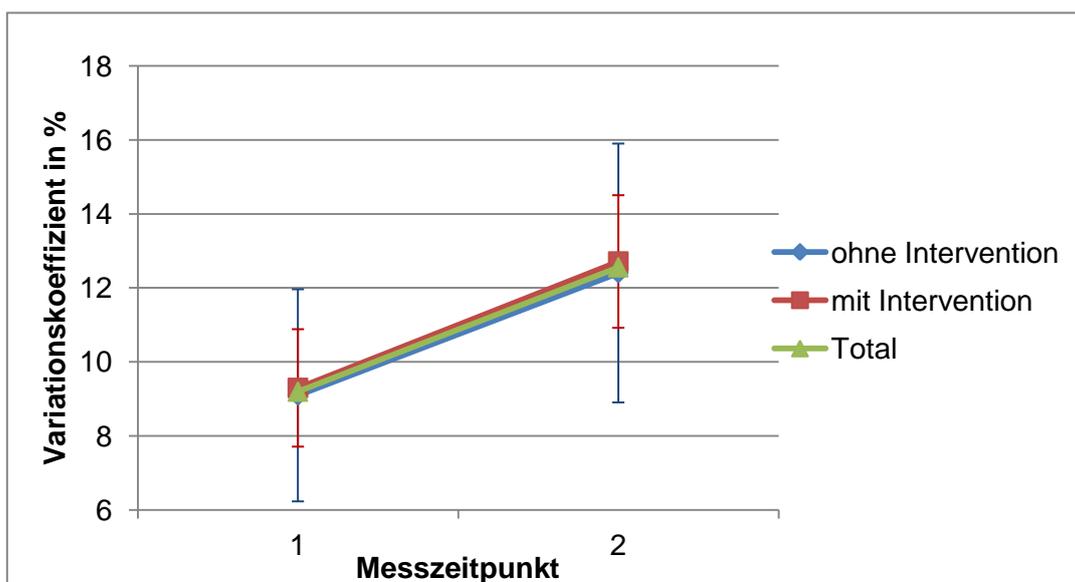


Abbildung 24: Änderung Variationskoeffizient von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

4.8. Ergebnisse RR-Differenzen (NN50)

Die RR-Differenzen größer 50 ms zeigen eine tendenzielle Abnahme bei der Kontrollgruppe von T1 zu T2. Bei der Interventionsgruppe hingegen kommt es zu einer tendenziellen Zunahme dieses HRV-Parameters von T1 zu T2, dies verdeutlicht Abbildung 25. Hinsichtlich des Faktors *Messzeitpunkt* ($F(1,22) < 0.1$, $p = .94$) oder *Gruppe* ($F(1,22) < 0.1$, $p = .89$) werden keine signifikanten Haupteffekte erzielt. Bei NN50 ergab sich auch keine signifikante Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe* ($F(1,22) = 1.4$, $p = .24$)

Tabelle 9: RR-Differenzen der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|-----------|--------------|---------|----------------|----|
| T1 | NN50 | 0 | 29,0588 | 15,75935 | 12 |
| | | 1 | 25,9292 | 14,68497 | 12 |
| | | Total | 27,494 | 14,98235 | 24 |
| T2 | NN50 | 0 | 24,9127 | 16,35633 | 12 |
| | | 1 | 29,5841 | 17,45501 | 12 |
| | | Total | 27,2484 | 16,71397 | 24 |

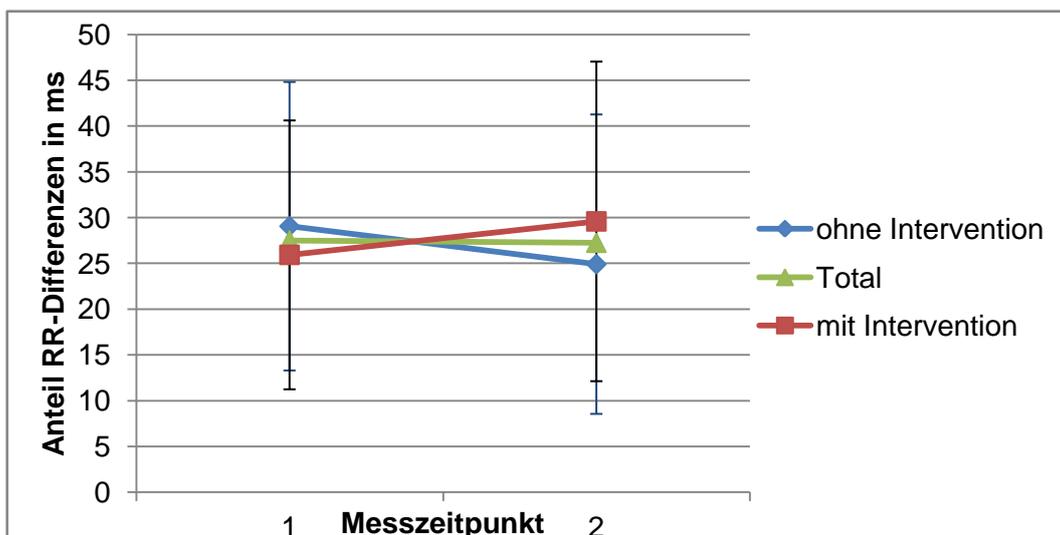


Abbildung 25: Änderung NN50 von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

4.9. Ergebnisse SD1 und SD2

Bei der Auswertung von SD1 und SD2 sind insgesamt 22 Probanden betrachtet worden. In der Interventionsgruppe wurden 2 Patienten ausgeschlossen, da die Messwerte als Ausreißer identifiziert wurden und nicht plausibel waren. Abbildung 26 zeigt, dass SD1 bei den Kindern mit Film von Zeitpunkt T1 zu T2 tendenziell anstieg, allerdings bei den Kindern ohne Film von T1 zu T2 tendenziell abfiel. Allerdings gab es keine signifikante Interaktion *Messzeitpunkt x Gruppe*, weder für SD1 ($F(1,22)= 2.9, p= .11$), noch für SD2 ($F(1,22)<0.1, p =.89$).

Für SD1 ergaben sich keine signifikanten Haupteffekte für den Faktor *Messzeitpunkt* ($F(1,22)=1.8, p= .19$) oder den Faktor *Gruppe* ($F(1,22)=0.2, p. 65$)

SD2 verzeichnete eine Zunahme über die Zeit in beiden Gruppen ($F1, 22)=11.9, p< .01$) (siehe Abbildung 27). Der Faktor *Gruppe* erreichte für SD2 das Signifikanzniveau nicht ($F(1,22)<0.1, p=.86$).

Tabelle 10: SD1 der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|-----------------------|--------------|---------|----------------|----|
| T1 | Poincare-Plot: SD1 | 0 | 50,9591 | 20,41285 | 10 |
| | | 1 | 44,8266 | 11,12756 | 12 |
| | | Total | 47,6141 | 15,91247 | 22 |
| T2 | Poincare-Plot: SD1 | 0 | 46,1511 | 17,20335 | 10 |
| | | 1 | 56,9851 | 22,31643 | 12 |
| | | Total | 52,0605 | 20,4498 | 22 |

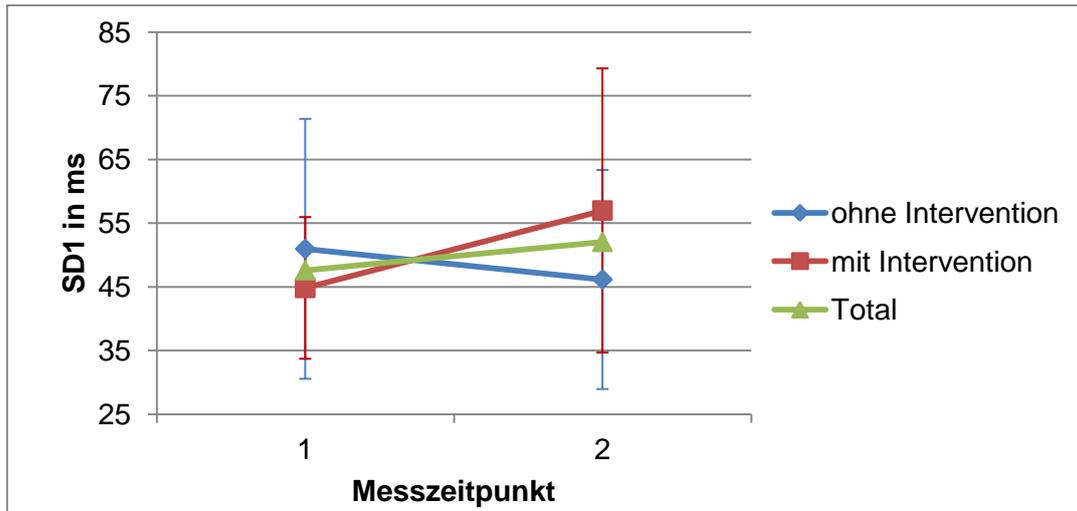


Abbildung 26: Änderung SD1 von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

Tabelle 11: SD2 der Gruppen zu T1 und T2

| Zeitpunkt | Parameter | Intervention | Mean | Std. Deviation | N |
|-----------|-----------------------|--------------|----------|----------------|----|
| T1 | Poincare-Plot: SD2 | 0 | 84,8337 | 24,20731 | 10 |
| | | 1 | 84,1202 | 15,61945 | 12 |
| | | Total | 84,4445 | 19,46959 | 22 |
| T2 | Poincare-Plot: SD2 | 0 | 106,4639 | 31,53357 | 10 |
| | | 1 | 109,236 | 20,35351 | 12 |
| | | Total | 107,9759 | 25,39978 | 22 |

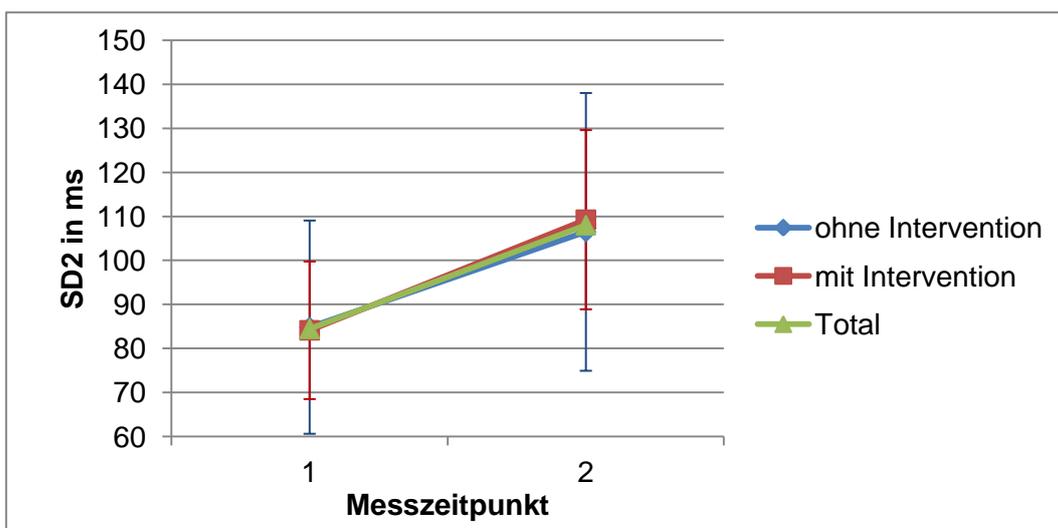


Abbildung 27: Änderung SD2 von T1 zu T2 innerhalb der Gruppen

5. Diskussion

Die Erfassung der HRV ermöglicht die mengenmäßige Darstellung der parasympathischen und sympathischen Modulation der Herzfrequenz. Die Ermittlung der HRV über die Ableitung des Elektrokardiogramms ist eine nicht-invasive und kostengünstige Untersuchungsmethode (Sammito et al., 2014). Das Verhalten der HRV unter Stress kann Aufschluss über die Balance des ANS geben (Nixdorff, 2009). Im Zusammenhang mit verschiedensten Erkrankungen, wie Depressionen und KHK wurde eine pathologische HRV nachgewiesen. Die parasympathische Modulation ist hier im Vergleich zu einem Gesunden herabgesetzt, die Sympathikusaktivität hingegen ist erhöht (Eller-Berndl, 2010; Löllgen, 1999; Sammito et al.; 2014, Hottenrott, 2009). In den Kapiteln 2.1.2. bis 2.1.5. dieser Arbeit wird diese Thematik näher erläutert. Bei einer niedrigen HRV ist eine Dysbalance von Parasympathikus und Sympathikus zu beobachten (Hottenrott, 2007). Die HRV spiegelt die Anpassungsfähigkeit des Organismus an seine Umwelt wieder. In der Wissenschaft wird nach Methoden gesucht, Patienten zu einer besseren Anpassung und damit, zu einer Verbesserung der HRV zu verhelfen (Köllner & Broda, 2005); [1]. Da die HRV auch vorsorglich genutzt werden kann, um die Belastbarkeit und das Stressmanagement einer Person zu ermitteln, ist es sinnvoll auf diesem Gebiet weiter zu forschen (Sammito et al., 2014).

5.1. Interpretation der Ergebnisse

Der Zustand *Stress* wirkt sich auf die Herzratenvariabilität aus. Wie bereits in dem Kapitel 2.3. Stress und HRV beschrieben, deutet eine niedrige Herzratenvariabilität auf eine erhöhte Stressbelastung hin.

Diese Studie hat sich zur Aufgabe gemacht folgende Hypothesen zu beweisen:

Hypothese 1.: *Präoperativer Stress ist über die HRV messbar.*

Hypothese 2.: *Der präoperative Stress kann durch Anschauen eines Aufklärungsfilmes (Intervention) reduziert werden. Diese Stressreduktion ist über die HRV messbar.*

Um dies zu belegen wurden die Patienten aus den Kliniken HNO Tübingen, Kinder- und Jugendmedizin Tübingen und MKG Böblingen in Interventionsgruppe und Kontrollgruppe eingeteilt sowie die Herzratenvariabilität mittels HRV-Parameter vor einem operativen Eingriff zu zwei Zeitpunkten mittels 2-Kanal-EKG ermittelt.

Die erste Messung erfolgte 14 Tage bis einen Tag vor dem geplanten Eingriff (T1). Die zweite Messung erfolgte unmittelbar vor der Narkoseeinleitung (T2). Nach der Operation (T3) fand keine EKG Aufzeichnung statt. In dem Kapitel Material und Methode wird dies genauer erläutert.

Die Interventionsgruppe sah vor der Narkoseeinleitung einen Aufklärungsfilm, welcher für die Studie, die dieser Arbeit zugrunde liegt, konzipiert wurde. Die Kontrollgruppe sah keinen Film.

5.1.1. Betrachtung der Kontrollgruppe

Bei der Kontrollgruppe war die mittlere Herzrate zum Zeitpunkt T2 tendenziell höher als zum Zeitpunkt T1 bei einer tendenziellen Verringerung der Herzratenvariabilität. Dies zeigt sich in einer Verringerung der High Frequency sowie RMSSD und einer tendenziellen Verringerung von NN50 und SD1. Des Weiteren zeigte sich eine Zunahme der Werte SDNN, LF, SD2 und VC von Zeitpunkt T1 zu Zeitpunkt T2.

Die **High Frequency Power Sum** (HF) wird nur über den Parasympathikus moduliert. Die raschen Regulationsvorgänge werden allein vom Parasympathikus ermöglicht. Der Parasympathikus dominiert die Anpassung des Herzschlages. Ein geringer Vagotonus zeigt eine unsensible Anpassung der Herzrate und eine niedrige HRV (Friedman & Thayer, 1998). Dieser Wert war zum Zeitpunkt T1 bei HF 920 ms² und sank zum Zeitpunkt T2 auf HF 877 ms².

Die **Low Frequency Power Sum** (LF) wird sowohl von Parasympathikus als auch von Sympathikus beeinflusst. Zum Zeitpunkt T1 war dieser Wert bei LF 697 ms² und stieg auf LF 1012 ms² zum Zeitpunkt T2 an. Da die Low

Frequency Power Sum bei der Kontrollgruppe von Zeitpunkt T1 zu T2 zunahm, die High Frequency aber tendenziell an Wert abnahm, kann angenommen werden, dass die Balance zwischen Parasympathikus und Sympathikus in dieser Gruppe nicht mehr gegeben war und der Sympathikus zum Zeitpunkt T2 überwog. Der Parameter **SD1**, welcher die spontane Variabilität der HRV widerspiegelt, zeigte bei der Kontrollgruppe von T1 zu T2 eine tendenzielle Abnahme. Das Gleiche gilt für den Wert **NN50**, welcher die Anzahl der benachbarten RR-Intervalle mehr als 50 ms voneinander abweichend darstellt. Der Parameter **RMSSD**, welcher die Parasympathikusaktivität widerspiegelt, verzeichnete bei der Kontrollgruppe eine tendenzielle Abnahme von T1 zu T2.

Die Abnahme der Parameter HF, RMSSD und tendenzielle Abnahme von SD1 und NN50 über die Zeit und die Zunahme des Parameters LF über die Zeit lassen auf eine Einschränkung des Wohlbefindens und eine weniger gute Anpassungsfähigkeit der Kontrollgruppe zu T2 schließen.

5.1.2. Betrachtung der Interventionsgruppe

Bei der Interventionsgruppe zeigte sich bei nahezu gleichbleibender Herzfrequenz (Herzrate) eine Erhöhung der Herzratenvariabilität nach der Intervention.

Die Erhöhung der HRV über die Zeitpunkte T1 und T2 lässt auf ein geringes Stressempfinden und einer geringeren Belastung zum Zeitpunkt T2 schließen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies äußerte sich in einer Erhöhung der High Frequency Power Sum, sowie RMSSD und einer tendenziellen Erhöhung von NN50 und SD1 von T1 zu T2.

Die **High Frequency Power Sum** wird wie oben erwähnt über den Parasympathikus moduliert. Dieser Wert war zum Zeitpunkt T1 bei HF 963 ms² und stieg zum Zeitpunkt T2 auf HF 1673 ms² an. Die Anpassungsfähigkeit der Kinder vor der Narkose war besser. Über das Sehen des Aufklärungsfilmes war demnach ein Erfolg zu verzeichnen. Das Wohlbefinden und das Vertrauen der Kinder der Interventionsgruppe stiegen durch den Einfluss des Filmes an.

Auch die **Low Frequency Power Sum** zeigte eine Zunahme von T1 zu T2. Diese drückt die Balance zwischen Parasympathikus und Sympathikus aus. Da ebenfalls die High Frequency Power Sum an Wert zunahm, was einen Anstieg der Parasympathikusaktivität anzeigt, kann davon ausgegangen werden, dass sich Sympathikus und Parasympathikus bei den Kindern der Interventionsgruppe zum Zeitpunkt T2 in Balance befanden. Dies lässt auf ein besseres Wohlbefinden der Kinder der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe schließen.

Die **RMSSD** drückt aus wie stark sich die Herzfrequenz von einem zum anderen Herzschlag ändert. Die RMSSD steht für die schnellen (hochfrequenten) Schwankungen der Herzfrequenz. Dieser Wert zeigt somit die schnellen Impulse des Vagus (Curic et al., 2007/2008; Eller-Berndl, 2010). Dieser Wert stieg bei der Interventionsgruppe von knapp 40 ms bei T1 auf 50 ms bei T2. Dieser Anstieg steht für ein besseres Wohlbefinden, Entspannungsgrad und Erholungsfähigkeit des Organismus zum Zeitpunkt T2 im Vergleich zur Kontrollgruppe (Curic, et al. 2007/2008). Diese Erhöhung von RMSSD über Zeitpunkt T1 zu T2 lässt auf ein besseres Wohlbefinden der Interventionsgruppe zum Zeitpunkt T2 schließen.

SD1 des Poincarè-Plot ist definiert als die Breite der Punktwolke. Die Nonlineare Analyse (Poincarè-Plot) bietet die Möglichkeit der mehrdimensionalen Punktwolkendarstellung. Dies dient der Visualisierung. Unter Verwendung dieser Technik können drei Indizes berechnet werden. Diese sind die Standardabweichung der momentanen RR-Intervall-Variabilität (**SD1**), die die Nebenachse der Ellipse darstellt; die Standardabweichung von der langfristigen RR-Intervall-Variabilität (**SD2**), welche die Hauptachse der Ellipse bezeichnet; und das Achsenverhältnis (**SD1/SD2**) (Lee et al. 2004). Die tendenzielle Zunahme von SD1 und Zunahme von SD2 über die Zeit zeigt eine Zunahme der spontanen und der langfristigen Variabilität der HRV.

Die Anzahl der benachbarten RR-Intervalle, welche mehr als 50 ms voneinander abweichen, stiegen tendenziell in der Anzahl von T1 zu T2 an. Der Parameter **NN50** nahm somit mit einem Wert von 26 ms auf etwa 30 ms zu. Der

Zeitraum von 50 ms ist die übliche Periodendauer, die in der HRV-Analyse betrachtet wird. Einige wenige Studien betrachten auch einen Zeitraum von 10ms [10].

5.1.3. Betrachtung der Interventions- und Kontrollgruppe im Vergleich

Die mittlere Herzrate zeigte **vor der Intervention** in beiden Gruppen keine Unterschiede. **Nach der Intervention** aber war die Herzrate bei der Interventionsgruppe tendenziell weniger stark erhöht als bei der Kontrollgruppe. Das bedeutet, dass die Gruppe ohne Film einer höheren Belastung ausgesetzt war im Vergleich zur Interventionsgruppe zum Zeitpunkt T2.

Zwischen Interventions- und Kontrollgruppe zeigten sich **vor der Intervention** in den betrachteten HRV-Parametern kaum Unterschiede. Zum Zeitpunkt T2, **nach der Intervention**, verzeichnete die **High Frequency Power Sum** und **RMSSD** bei der Interventionsgruppe signifikant erhöhte Werte im Vergleich zur Kontrollgruppe. Der Parameter **RMSSD** war bei den Kindern mit Film marginal signifikant erhöht. In der Kontrollgruppe nahmen die Werte der Parameter **RMSSD** und **HF** von T1 zu T2 tendenziell ab. Die Werte der **NN50**, Indikator für Spontanvariabilität, und **SD1**, Indikator für Kurzzeitvariabilität, stiegen tendenziell von T1 zu T2 in der Interventionsgruppe an. In der Kontrollgruppe hingegen fallen die Werte für diese Parameter tendenziell.

Die Zunahme der genannten Parameter (RMSSD, HF) in der Interventionsgruppe von T1 zu T2 sprechen für eine höhere HRV zum Zeitpunkt T2 im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies lässt darauf schließen, dass die Interventionsgruppe eine geringere Stressreaktion gezeigt hat, als die Kontrollgruppe mit einer vergleichsweise niedrigeren High Frequency Power Sum und RMSSD. Diese Parameter unterliegen der Modulation des Parasympathikus, welcher in Ruhe aktiv ist. Die Belastbarkeit und das Wohlbefinden der Interventionsgruppe waren zum Zeitpunkt T2 höher im

Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies lässt sich auf die positive Wirkung des Aufklärungsfilms zurückführen.

5.1.4. Betrachtung der Gesamtgruppe

Eine tendenzielle Erhöhung der Herzrate über die Zeit zeigte sich bei beiden Gruppen, wenn auch bei der Interventionsgruppe geringfügiger, was wiederum auf den Film zurückzuführen ist. Dieser Anstieg der Herzrate ist als normal einzustufen, da sich die Kinder, sowohl von Interventions- als auch von Kontrollgruppe, zum Zeitpunkt T2 vor der Narkoseeinleitung in einem Ausnahmezustand befanden. Es zeigte sich bei der Gesamtgruppe eine Zunahme der Werte SDNN, LF, VC und SD2 über die Zeit.

5.2. Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Da die HRV durch verschiedenste Faktoren beeinflusst werden kann, müssen auch schädliche Einflussgrößen in der Studie ausgeschlossen werden. Durch die Ein- und Ausschlusskriterien wurde eine Vielzahl von Faktoren limitiert.

Aus verschiedenen Studien geht hervor, dass Kinder mit häufigen Krankenhausaufenthalten und dort gesammelten negativen Erfahrungen in der Phase unmittelbar vor Operationen und bei der Trennung von den Eltern ängstlicher und weniger kooperativ sind als Kinder ohne diese vorhandenen Eindrücke (Schweitzer, 1989; Lohaus & Ball, 2006; Zutter & Frei, 2011). Dies würde die HRV beeinflussen und die Ergebnisse verfälschen und zählte demnach als Ausschlusskriterium. Eine Medikamentenzugabe vor der OP musste ausgeschlossen werden, denn auch diese hätte das Ergebnis verfälscht. Die medikamentöse Therapie vor der Operation wurde in der Studie abgelehnt. Medikamente beeinflussen die HRV, indem sie auf die Abläufe im ANS einwirken (Sammito et al., 2014; Rechlin 1998; Löllgen, 1999). Kinder mit Krankheiten und daraus folgenden Krankenhauserfahrungen wurden aus der Studie ausgeschlossen. Krankheiten beeinflussen die HRV (Eller-Berndl, 2010). Diese Thematik wird in Kapitel 2.1.3. genauer erläutert.

Das Alter und das Geschlecht haben Einfluss auf die HRV. Mit dem Alter nimmt die HRV ab (Hottenrott, 2008, Braune, 1998). Das Geschlecht beeinflusst die HRV, indem zu Beginn der Menstruation Frauen eine vergleichsweise niedrigere HRV bis zum Alter von 30 Jahren haben (Brook et al., 2009; Eller-Berndl, 2010). Zu dieser Thematik wird wieder auf Kapitel 2.1.3. verwiesen. Die Geschlechterverteilung innerhalb der Interventionsgruppe war nicht ausgeglichen. Die weiblichen Teilnehmer überwogen.

Insgesamt ist es als problematisch zu betrachten, dass an der Studie weibliche und männliche Probanden teilgenommen haben, da einige der weiblichen Probanden im Alter zwischen 10 und 16 Jahren bereits in der pubertären Phase gewesen sein könnten und die Menstruation eingesetzt hat. Dies könnte die Ergebnisse der Studie beeinflusst haben.

Die Kinder der gesamten Studie befanden sich in einem Alter von 6 bis 16 Jahren. Die Altersverteilung der Studienteilnehmer war innerhalb der Gruppen nicht ausgeglichen. Da die HRV bis zum jungen Erwachsenenalter zunächst ansteigt (Sammito et al., 2014), kann die breite Altersverteilung der Studienteilnehmer möglichen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben und zu Verzerrungen geführt haben. Die Eingrenzung auf ein bestimmtes Alter der Probanden war, aufgrund der dadurch resultierenden zu geringen Probandenanzahl pro Gruppe, nicht möglich. Eine weitere statistische Auswertung der HRV-Parameter mit Aufteilung der Probanden in Alter und Geschlecht war bei dieser geringen Fallzahl von 24 Studienteilnehmern nicht sinnvoll.

Es handelt sich um eine Pilotstudie und es wurde demnach in einer kleinen Gruppe von Studienteilnehmern eine Vorstudie durchgeführt. Um die Belastbarkeit der Ergebnisse zu prüfen, sollte eine umfassendere Erhebung durchgeführt werden. Die Effektivität dieser Forschungsmethode ist durch diese Studie nicht belegt. Die Hypothesen sollten nochmals durch Studien an erheblich größeren Patientenkollektiven, mit möglichst altersgleichen Probanden und mit einer gleichmäßigen Aufteilung der weiblichen und

männlichen Teilnehmer, unter Berücksichtigung des Parameters Pubertät, nachgetestet werden.

Des Weiteren ist es problematisch, dass die Operationen in verschiedenen Einrichtungen stattfanden und demnach die Räumlichkeiten unterschiedlich waren, was Einfluss auf das Stressausmaß der Kinder gehabt haben könnte.

Die HRV unterliegt einem zirkadianen Rhythmus (Eller-Berndl, 2010; Sammito et al., 2014). In den Nachtstunden überwiegt der Parasympathikus und in den Tagesstunden der Sympathikus. Das bedeutet eine vergleichsweise höhere HRV in der Nacht (Sammito et al., 2014). Die Messungen erfolgten Vormittags, jedoch nicht zu der gleichen Uhrzeit. Dies könnte die Messergebnisse beeinflusst haben.

Die Kinder der Interventionsgruppe zeigten, nachdem sie den Film sahen, zwar höhere HRV-Parameter und damit eine bessere Anpassungsfähigkeit als die Kontrollgruppe. Dennoch lässt sich aufgrund dieser geringen Studienteilnehmerzahl und Einzelstudie nicht eindeutig belegen, dass dies auf den Aufklärungsfilm zurückzuführen ist. Um dies eindeutig nachzuweisen, hätte neben dem Aufklärungsfilm in der Interventionsgruppe in einer weiteren Gruppe ein Film ohne Lerneffekt gezeigt werden müssen.

Es konnten nicht alle Einflussfaktoren auf die HRV in der Studie ausgeschlossen werden. Dazu zählen beispielweise Stress innerhalb der Familie oder Schule und damit mentale Anspannung der Kinder (Hottenrott, 2007; Löllgen 1999). Dieser Faktor hatte vielleicht Auswirkung auf die Ergebnisse einiger Probanden, konnte aber innerhalb der Studie nicht aufgedeckt werden.

Auch Fitnesszustand oder Körperfettgehalt der Studienteilnehmer haben eventuell die HRV-Werte beeinflusst (Hottenrott, 2007). Es ist allerdings sehr schwierig, Probanden mit ähnlichem Fitnesszustand auszuwählen.

Die Untersuchung der Parameter, welche überwiegend über den Sympathikus moduliert werden, wie die Ultra Low Frequency, hätten die Ergebnisse der Studie unterstützen können (Sammito et al., 2014). Diese

Dissertationsergebnisse haben gezeigt, dass die HRV der Interventionsgruppe stieg, die der Kontrollgruppe hingegen vergleichsweise fiel. Bei der Kontrollgruppe lässt sich aufgrund der höheren LF-Werte und erniedrigten HF-Werte zum Zeitpunkt T2 vermuten, dass der Sympathikus bei dieser Gruppe zum Zeitpunkt T2 überwog. Um dies eindeutig zu belegen, ist es nötig weitere Parameter zu betrachten. Beispielsweise zeigt die Total Power die Balance zwischen Parasympathikus und Sympathikus an. Die Ultra Low Frequency ist überwiegend Sympathikus vermittelt. Dieser Parameter hätte neben der Low Frequency Aufschluss über die Sympathikusaktivität geben können. Diese weiterführende Untersuchung könnte hilfreich sein, da eine Erhöhung der ULF die Ergebnisse dieser Studie unterstützen könnte.

5.3. Stress vor einem operativen Eingriff, Prävention und Intervention

Ein operativer Eingriff stellt für den Menschen einen Angst- und Stressfaktor dar. „Die gezielt zugelassene Verletzung bedeutet für den Menschen [...] eine psychische Ausnahmesituation, in der oft Angst und Stress eine wesentliche Rolle spielen“ (Sauer, 2014, S. 3). Laut statistischem Bundesamt lag die Anzahl der chirurgischen Eingriffe in Deutschland im Jahr 2013 bei 15,8 Millionen [12]. Diese hohe Anzahl an Operationen macht das enorme Potential und die Notwendigkeit der Forschung auf dem Gebiet der Vorbereitung der Patienten auf einen operativen Eingriff deutlich. Stress und die dadurch hervorgerufenen Auswirkungen auf den Organismus sind nachteilig für den Heilungsverlauf. Um medizinisch erfolgreich zu sein und eine optimale Heilung des Patienten zu erzielen, ist es notwendig dem präoperativen Stress entgegenzuwirken (Sauer, 2014).

Einige Forschungsergebnisse, wie verstärktes Tumorwachstum und Metastasierung durch Operationsstress, zeigen die Notwendigkeit Stress im Zusammenhang mit chirurgischen Eingriffen durch geeignete Methoden zu reduzieren (Geelhaar et al., 1985). Es „konnte [...] nachgewiesen werden, dass

erhöhte Stressbelastung des Patienten mit vermehrtem Angst- und Schmerzerleben, mit der Möglichkeit präoperativer Komplikationen, einer schlechteren postoperativen Erholung, und damit einem eventuell verlängerten Klinikaufenthalt sowie einer insgesamt ungünstigen Rehabilitation verbunden ist“ (Krohne et al., 1989, S. 3). In einer Studie von Langer et al. (1975) wurden bei 60 Patienten mit verschiedensten Eingriffen, z.B. einer Gallenblasenentfernung, Interventionen vor einer Operation durchgeführt, die den Patienten auf die Operation vorbereiten sollten. Es hat sich gezeigt, dass die Patienten, die ein kognitives Stressbewältigungstraining erhalten haben, eine deutlich geringere Zustandsangst vor dem Eingriff zeigten. Die Patienten sollten das bevorstehende Ereignis optimistisch Neubewerten. Die Patienten bekamen positive Beispiele, die als Konsequenz hervorgingen, dass sie sich für die bevorstehende Operation entschieden haben, z.B. Besserung des Gesundheitszustandes. Dann sollten die Patienten an etwas Positives denken, das ihrer individuellen Situation entspricht. Sobald die Patienten sich schlecht fühlten aufgrund der unangenehmen Aspekte des chirurgischen Eingriffs sollten sie an die herausgearbeiteten positiven Konsequenzen denken. Die Patienten benötigten weniger Schmerzmittel und Analgetika als Patienten ohne Intervention und wurden nach der Operation von den Krankenschwestern als weniger gestresst eingestuft (Langer et al., 1975).

Zahlreiche andere Studien haben durch präoperative Intervention gezeigt, dass eine Stressreduktion oder zumindest positive Effekte des mentalen Zustandes möglich sind. Schwartz-Barcott et al. (1994) untersuchte die Patienten-Krankenpfleger-Interaktion mit einer Studienzahl von 28 Männern und 63 Frauen vor einer Cholezystektomie. Es zeigte sich eine niedrigere postoperative Zustandsangst jener Patienten, die von einem Krankenpfleger über den gesamten Behandlungsprozess begleitet und mit der nötigen Information rund um die Operation versorgt wurden. Die Patienten mit Routinebehandlung, ohne zusätzliche Informationen, haben diese positiven Effekte nicht gezeigt (Schwartz-Barcott et al., 1994). Eine Studie an Patienten mit bevorstehender Cholezystektomie von Lithner & Zilling (2000) aus Schweden untersuchte die Notwendigkeit der prä- und postoperativen Informationen für Patienten. Die

Patienten wurden angehalten bei der Aufnahme und bei der Entlassung einen Fragebogen auszufüllen. Das Ergebnis dieser Studie hat gezeigt, dass Patienten mehr Informationen verlangen. Dies bezog sich vor allem auf die Themen Schmerzen und postoperative Symptome (Lithner & Zilling, 2000). Johnson et al. (1978) zeigte in zwei verschiedenen Studien eine verbesserte Erholungsrate der Patienten, geringeres Schmerzempfinden und einen niedrigeren negativen emotionalen Zustand durch präoperative Interventionen, wie sensorische Informationen und Kontrolltechniken (Krohne et al., 1989).

Es besteht von Seiten des Patienten Informationsbedarf und Studien haben gezeigt, dass verschiedene Interventionsmaßnahmen Erfolg im Umgang mit der Operation und dem postoperativen Zustand des Patienten verzeichnen (Langer et al., 1975; Schwartz-Barcott et al., 1994; Lithner & Zilling, 2000).

Gerade bei Kindern ist die psychische Vorbereitung auf die Narkose und die Operation von großer Bedeutung, da Kindern noch keine ausreichenden Stressbewältigungsstrategien zur Verfügung stehen (Rensing et al., 2006; Schweitzer, 1989). Ohne diese Vorbereitung kann es zu Traumata und Verhaltensstörungen kommen. Seit vielen Jahren haben sich über Untersuchungen bei Kindern gehäuft Verhaltensstörungen nach Krankenhausaufenthalt, Narkosen und Operationen gezeigt. Es ist eine psychische Betreuung anzuraten und von einer medikamentösen präoperativen Behandlung abzuraten (Schweitzer, 1989). Kinder sollten das Recht haben über ihre Krankheit und Behandlungsmethode aufgeklärt zu werden. Es sollte nach Wegen gesucht werden, vor allem jüngeren Kindern, deren Fassungsvermögen noch eingeschränkt ist, diese notwendigen Informationen zu übermitteln (Rushforth, 1999). Kinder brauchen ein Vertrauensverhältnis zum ärztlichen Personal, ihnen sollte die Angst vor dem Eingriff genommen werden und die Motivation zur Mitarbeit sollte angeregt werden. Nur so wird ein Abwehrverhalten vermieden. (Lohaus & Ball, 2006).

5.4. Die Herzratenvariabilität als Nachweis für Stress

Die Herzratenvariabilität lässt einen Blick in das autonome Nervensystem zu. Dies wurde im Kapitel 2.1.2 „Physiologie der HRV“ im Detail beschrieben.

Durch die Messung der HRV und die Betrachtung der parasympathischen Anteile lassen sich belastende Zustände darstellen (von Borell, 2000). Eine hohe HRV in Ruhe bedeutet eine anpassungsfähige Emotionsregulation, Selbstregulation und besseren Selbstwert (Albus & Köllner, 2011). Somit lässt sich mit der HRV-Messung eine Aussage über den Zustand und die Belastung des Patienten treffen. Die Ergebnisse dieser Arbeit sprechen für diesen Zusammenhang. Lässt die HRV-Regulation nach, können Stresssituationen nicht mehr ausreichend ausgeglichen und reguliert werden (Nixdorff, 2009). Das Kapitel 2.3. „Stress und HRV“ gibt einen Einblick in das Thema.

5.5. Reduktion von Operationsstress – Der Aufklärungsfilm

In der Literatur finden sich unterschiedliche Meinungen bezüglich des Einflusses einer Intervention auf das Stresserleben des Patienten. Zum einen gilt die Auffassung, dass der präoperative Stress kaum von der subjektiven Betrachtung des Patienten abhängt (Vögele, 1992). Andererseits wird die Meinung vertreten, der junge Patient soll möglichst früh mit der fremden Umgebung Krankenhaus vertraut gemacht werden. Diese Vorbereitung des Kindes sollte bereits durch die Eltern und Ärzte geschehen, indem die Kinder beispielsweise mit arzt-spezifischen Utensilien spielen dürfen. Weitere Möglichkeiten wären der Besuch der Station vor dem Operationstag oder das Vorspielen eines Aufklärungsfilms (Rügheimer & Pasch, 1986). Dadurch kann ein erhöhter Angstzustand vermieden werden und eine damit einhergehende Behandlungsverweigerung, Aggressivität und mögliche Verhaltensstörung (Watson & Visram, 2003).

Ein altersgerechter Film, welcher in dieser Studie zum Einsatz kam, bietet sich an, um Kinder präoperativ zu unterstützen. Ziel des Filmes war es, den Ablauf des Eingriffstages in kindgerechten Worten zu zeigen, um der natürlichen Angst

der *kleinen Patienten* vorzubeugen. Der genaue Ablauf des Films wird in dem Kapitel Material und Methode erläutert.

5.6. Schlussfolgerung der Arbeit

Die Ergebnisse dieser Dissertation haben gezeigt, dass die Möglichkeit besteht durch nicht-invasive Maßnahmen, wie einen Aufklärungsfilm, das Stressausmaß vor einem operativen Eingriff zu verringern. In den Ergebnissen lassen sich deutliche Unterschiede in ausgewählten Parametern der HRV von Kontrollgruppe und Interventionsgruppe zum Zeitpunkt T2 erkennen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen die Möglichkeit auf, dass Hypothese 2 zutreffen könnte: *Der präoperative Stress kann durch Anschauen eines Aufklärungsfilmes (Intervention) reduziert werden. Diese Stressreduktion ist über die HRV messbar.* Bei den Kindern mit Film erhöhten sich zum Zeitpunkt T2 die Parameter, die für eine höhere HRV stehen (*RMSSD und HF*) im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies steht für eine bessere Anpassungsfähigkeit und eine Stressreduktion zum Zeitpunkt T2 im Vergleich zur Kontrollgruppe. Gleichzeitig gibt dies Hinweise darauf, dass die erste Hypothese zutreffen könnte: *Präoperativer Stress ist über die HRV messbar.* In der Interventionsgruppe zeigt sich eine Stressreduktion zum Zeitpunkt T2. Dies wird über die Unterschiede in den HRV-Parametern (Anstieg von HF und RMSSD) von T1 zu T2 im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich. Es zeigt sich indirekt über die Stressreduktion, dass die HRV als qualitativ-vergleichendes Messinstrument für Stress geeignet sein könnte. Aufgrund des kleinen Patientenkollektivs von 24 Kindern, der breiten Altersverteilung, der Geschlechterverteilung der Kinder, der unterschiedlichen Räumlichkeiten der operativen Eingriffe und den eventuellen externen und internen Einflüssen, die auf die HRV der Kinder einwirkten, ist die Aussagekraft dieser Studienergebnisse jedoch deutlich eingeschränkt. Die in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Ergebnisse sind erste Anhaltspunkte darauf, dass Hypothese 1 und 2 zutreffen könnten, sollten aber, um im engeren Sinne hypothesenprüfend nachgewiesen zu werden, an deutlich größeren

Patientenkollektiven überprüft werden. Ideal wäre eine Überprüfung der Studie unter Ausschluss der oben genannten Einflüsse auf die HRV. Da die HRV von zahlreichen exogenen und endogenen Faktoren beeinflusst wird, ist eine Einzelmessung bei einer Person nicht ausreichend. Es werden Wiederholungsmessungen benötigt, um eine Aussage treffen zu können, ob die HRV-Parameter reduziert oder erhöht sind. Die HRV ist bei jedem Menschen unterschiedlich. Es fehlen alters- und geschlechterspezifische Referenzwerte. Daher ist es sinnvoll die HRV als ein Hilfsmittel zu sehen, welches neben weiteren Untersuchungen wie Anamnese, körperliche Untersuchung und psychologische Fragebögen, mehr Aufschluss über den Gesundheitszustand und eventuellen Stressbelastung liefern kann (Sammito et al.,2014). Über eine Belastungsmessung mittels der HRV zusammen mit der Erhebung weiterer Parameter (psychologische Tests) könnte es in Zukunft möglich sein, therapiebedürftige Patienten von Patienten ohne Therapiebedarf zu unterscheiden. Die HRV kann in vielen verschiedenen Bereichen Verwendung finden, da diese die Fähigkeit der ständigen Anpassung des Herzens beschreibt. Die HRV bleibt immer dann erniedrigt, wenn der Körper sich der Stressbelastung nicht entsprechend anpassen kann. Eine Besserung des Krankheitszustandes (Erhöhung der parasympathischen Aktivität) eines Patienten ließe sich über einen vergleichsweise höheren HRV-Wert messen (Sammito et al, 2014), [1].

Kinder und auch Erwachsene sollen in Zukunft entsprechend auf einen Eingriff vorbereitet werden. Es wird möglich, Kinder vor negativen Erfahrungen zu schützen, indem sie ausreichend aufgeklärt werden. Die HRV kann Aufschluss über die Belastung des Körpers geben. „Von den HRV-Parametern eignen sich für die Erfassung der akuten physischen Belastung neben den Parametern der Gesamtvariabilität wie SDNN oder Total Power insbesondere die Parameter RMSSD, LF-Power und HF-Power sowie nichtlineare Indizes“ (Sammito et al, 2014). Es ist möglich über die Erfassung der Parameter der HRV etwas über das Wohlbefinden des Patienten und genaueres über das Zusammenspiel des vegetativen Nervensystems und dessen Zielorgan Herz zu erfahren. Das wird im HRV-Bild sichtbar gemacht. Der Betrachter ist in der Lage über die

Parameter der Herzratenvariabilität Funktionalität und Störungen dieses Systems zu erkennen. Die HRV lässt sich als „Indikator für psychophysische Zustände des Organismus und als Indikator für Einschränkungen einer Adaptations- und Anpassungsfähigkeit für biopsychosoziale Fragestellungen einsetzen“ (Böckelmann & Sammito, 2013, S.33).

Speziell die High Frequency der HRV ist in dieser Studie von großer Bedeutung. Diese wird durch den Parasympathikus moduliert. Veränderungen der parasympathischen Aktivität lassen eine Aussage über die Anpassungsfähigkeit eines Individuums an Stresssituationen zu (Hottenrot, 2008). Die höheren Werte der High Frequency der *Kinder mit Film* zeigen, dass diese wahrscheinlich in Bezug auf Wohlbefinden und Belastbarkeit den *Kindern ohne Film* überlegen waren. Die erhöhte HRV der Interventionsgruppe zum Zeitpunkt T2 im Vergleich zur Kontrollgruppe gibt Hinweise darauf, dass sich die Anpassungsfähigkeit dieser Gruppe verbessert hat und in dieser Gruppe die Stressreaktion reduziert wurde. Die Interventionsgruppe lernte wahrscheinlich über den Film besser mit dem Stress umzugehen als die Kontrollgruppe, die diesem Einflussfaktor nicht ausgesetzt war. Die HRV der Kontrollgruppe blieb vergleichsweise niedrig und der Stresszustand relativ zur Interventionsgruppe hoch. Es war eine höhere körperliche Anpassung notwendig. Angesichts der bereits erwähnten Datenlage ist die Aussagekraft der aufgeführten Ergebnisse eingeschränkt und liefert lediglich Anhaltspunkte darauf, dass die aufgestellten Hypothesen 1 und 2 zutreffen könnten:

Hypothese 1: *Präoperativer Stress ist über die HRV messbar.*

Hypothese 2: *Der präoperative Stress kann durch Anschauen eines Aufklärungsfilmes (Intervention) reduziert werden. Diese Stressreduktion ist über die HRV messbar.*

6. Zusammenfassung

Stress ist ein Zustand, der vor operativen Eingriffen nicht vermieden werden kann. Es ist aber sinnvoll diesen zu reduzieren und den Patienten bestmöglich auf den Eingriff vorzubereiten. Besonders bei Kindern sollten traumatische Erlebnisse mit dem Gesundheitswesen vermieden werden, da diese mit wiederholten Krankenhausaufenthalten und negativen Erlebnissen in Krankenhäusern einen Bezug zwischen ihrer Krankheit und diesem Ort herstellen und diesen möglicherweise ein Leben lang damit verknüpfen. Die Studie, die dieser Arbeit zugrunde liegt, hat sich zur Aufgabe gemacht eine Strategie zu entwickeln, die den Patienten auf einen solchen Eingriff vorbereitet, das Stressniveau verringert und eine negative emotionale und psychische Verbindung mit medizinischen Einrichtungen verhindert.

Die Herzratenvariabilität ermöglicht einen Blick in das autonome Nervensystem und dessen Funktionalität. Die Erfassung der HRV über das EKG und die Analyse über den HRV-Analyzer stellt eine nicht-invasive Methode dar, um die Funktion des vegetativen Nervensystems darzustellen. Es ist möglich, unter Betrachtung der einzelnen Parameter, die Aktivität von Sympathikus und Parasympathikus zu ermitteln. Der HRV-Analyzer bedient sich dabei der Analyse der Abstände zwischen den R-Zacken im abgeleiteten EKG und ermittelt daraus die verschiedenen Parameter. Die Betrachtung der parasympathischen Anteile der HRV gibt Aufschluss über die Belastbarkeit und das Stressausmaß des Körpers. Das Ziel dieser Arbeit war es, mittels der Herzratenvariabilität den präoperativen Stress und dessen mögliche Reduktion, über einen Aufklärungsfilm, nachzuweisen. In die vorliegenden Untersuchungen der Pilotstudie gingen 24 Kinder und Jugendliche im Alter von sechs bis 16 Jahren ein mit geplanten operativen Eingriffen in unterschiedlichen Bereichen (Kinderchirurgie, HNO, KFO/zahnärztliche Eingriffe). Es wurden nur Patienten für die Studie ausgewählt, welche die Einschlusskriterien erfüllten und keine der Ausschlusskriterien aufwiesen. Zu den Ausschlusskriterien zählten unter anderem Medikamenteneinnahme oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen, da diese die HRV beeinflussen können und somit keinen eindeutigen Rückschluss auf

den zu untersuchenden Einfluss der bevorstehenden Operation zugelassen hätten. Die Studienteilnehmer wurden in eine Interventions- und in eine Kontrollgruppe gegliedert. Die Interventionsgruppe sah vor der Narkoseeinleitung einen Aufklärungsfilm. Zu zwei Zeitpunkten wurde ein EKG aufgezeichnet (T1,T2). Die EKGs wurden im HRV-Analyzer bearbeitet, R-Zacken korrigiert und die Parameter der HRV ermittelt. Die Werte der Interventions- und Kontrollgruppe wurden statistisch ausgewertet und miteinander verglichen. Eine signifikante Interaktion von *Messzeitpunkt x Gruppe* ergab sich bei den parasympathikusspezifischen Parametern *RMSSD* und *High Frequency*. Nach dem Sehen des Aufklärungsfilmes konnte in der Interventionsgruppe eine Erhöhung der HRV festgestellt werden. Dies war bei der Kontrollgruppe nicht zu beobachten. Die ermittelten parasympathikusspezifischen Parameter der *Gruppe mit Film* nahmen über die Messzeitpunkte T1 (vor der Intervention) und T2 (nach der Intervention) im Vergleich zur Kontrollgruppe zu. Die beobachteten Veränderungen der HRV-Parameter (*RMSSD*, *High Frequency*) deuten auf eine bessere Anpassungsfähigkeit der Interventionsgruppe an die Stresssituation (Stressreduktion) hin. Diese Beobachtungen sind wahrscheinlich auf den Aufklärungsfilm zurückzuführen und könnten ein Merkmal für ein besseres Wohlbefinden und Vertrauen der Kinder der Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe sein. Die Vorbereitung von Kindern auf eine Operation über einen Aufklärungsfilm scheint somit sinnvoll zu sein.

Da sich diese Arbeit auf eine Pilotstudie stützt und in die Auswertung letztendlich nur 24 Probanden eingegangen sind, ist die Aussagekraft der Studienergebnisse eingeschränkt. Zusätzlich sind Faktoren, wie beispielsweise die breite Altersverteilung und das Geschlecht der Kinder, sowie die Tageszeit und die unterschiedlichen Einrichtungen in denen die Operationen durchgeführt wurden, als problematisch zu sehen, da diese die Herzratenvariabilität beeinflussen können. Die gewonnen Ergebnisse liefern demnach Hinweise und sollten an erheblich größeren Patientenkollektiven unter Ausschluss der oben genannten Faktoren überprüft werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen die Sensibilität des autonomen Nervensystems und zeigen, dass eine Vielzahl von Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen, um Vergleiche zwischen Patienten ziehen zu können und damit die HRV als Messinstrument anwenden zu können. Zur Vereinfachung könnte in Zukunft, über das Erstellen einer dynamischen und stetig wachsenden Datenbank mit spezifischen Richt- und Grenzwerten der HRV-Parameter, die HRV als ein Hilfsmittel im Klinikalltag genutzt werden, um Informationen über die Belastbarkeit und Interventionsbedürftigkeit eines Patienten zu erhalten.

7. Literaturverzeichnis

- Agelink, M. et al. (2003). Beeinflusst Akupunktur die autonom kardiale Regulation bei Patienten mit leicht depressiven Episoden oder Angststörungen? *Fortschr Neurol Psychiat* (71) S. 141-149.
- Albus, C., & Köllner, V. (2011). *Psychotherapie im Dialog- Psychokardiologie*. Stuttgart: Thieme.
- Aumüller, G. et al. (2007). *Duale Reihe Anatomie*. Thieme. Stuttgart
- Billman, G. E. (2011). Heart Rate Variability – A Historical Perspective. *Front Physiol.* (2 (86)).
- Blaeser-Kiel, G. (2000). Herz und Psyche. Ein verkannter prognostischer Marker. *Dtsch Arztebl* (97 (11)). A-680 / B-556 / C-524 S.680.
- Böckelmann, I. P., & Sammito, S. D. (2013). Messung psychischer Belastungen mit der Herzratenvariabilität- ein Ausblick. 9.Bundesweiter Betriebsärztetag. Osnabrück. S. 1-51.
- Braune, P. D. (1998). Physiologische Einflussgrößen der Herzratenvariabilität. *Klinische Neurophysiologie* (29) S.168-172.
- Brockmann, C. et al. (2009). *Antike Medizin im Schnittpunkt mit Geistes- und Naturwissenschaften*. Walter de Gruyter GmbH&Co. Berlin.
- Brook L.H. et al. (2009). Heart rate variability in bipolar mania and schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research* (44 (3)) S.168-176.
- Camm, A.J. et al. (1996). Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *European Heart Journal* (17) S. 354-381.
- Christ, K. (2002). *Die Geschichte der Römischen Kaiserzeit*. Beck, C.H. München.
- Cordes, J. et al. (2012). Psychopharmakotherapie bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen. *Der Internist* (53 (11)), S. 1304-1314.
- Curic, A. et al. (2007/2008). Untersuchung zur Herzratenvariabilität unter Stress- und Entspannungs- Bedingung. Institut für experimentelle Psychologie. Universität Regensburg.
- Eimer, M., & Lindner, S. (2004). *Herzfrequenzvariabilität-eine neue Methode der Fitnessprüfung*. Grin Verlag für akademische Texte. Bayreuth.
- Eller-Berndl, D. (2010). *Herzratenvariabilität*. Verlagshaus der Ärzte.Wien
- Fleming, P. (1997). *A Short History of Cardiology*. Editions Rodopi B.V. Amsterdam- Atlanta.

- Freedland, K. E., & Carney, R. M. (2009). Depression and heart rate variability in patients with coronary heart disease. *Cleveland Clinic Journal of Medicine* (76(2)) S.13-17.
- Friedman, B. H., & Thayer, J. F. (1998). Autonomic Balance revisited, Panic Anxiety and Heart Rate Variability. *Journal of Psychosomatic Research* (44(1)) S. 133-151.
- Gawłowska, J. (2009). History of Cardiology, Norman J. "Jeff" Holter (1914–1983). *Cardiology Journal* (16(4)) S. 386-387.
- Geelhaar, D. G. et al. (1985). Einfluß von Operation und Narkose auf Wachstum und Metastasierung solider Tumoren bei Ratten. *Chirurgisches Forum '85 für experimentelle und klinische Forschung München*. Springer. Berlin Heidelberg S. 117-121.
- Gibbs, D. (1971). *The Physician's Pulse Watch*. Cambridge Journals Medical History S. 187-190.
- Hapke, U. et al. (2013). Chronischer Stress bei Erwachsenen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt*. (56(5-6)) S. 749-754.
- Heckmann, C. (2001). Zur Frage der klinischen Bedeutung des Puls-Atem-Quotienten (QP/A). *Der Merkustab* (1) S. 13-24.
- Hoppe, S. D. (2014). Eine Untersuchung zur kardiovaskulären Stressantwort bei depressiven Patienten mit Koronarer Herzerkrankung. *Medizinische Disserationschrift, Universität Heidelberg*.
- Hottenrott, K. (2009). 4. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* (60(1)) S. 17-30.
- Hottenrott, K. (2007). *Training with the Heart Rate Monitor*. Meyer & Meyer Verlag. Oxford.
- Jeschke, D., & Zeilberger K. (2004). Altern und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt* (101(12)) S. 795.
- Kapfhammer, H.-P. (2011). The Relationship between Depression, Anxiety and Heart Disease- A Psychosomatic Challenge. *Psychiatria Danubina* (23(4)) S. 412-424.
- Kauffeld, S. (2011). *Physiologisches Stressmodell*. Springer Verlag. Heidelberg. Arbeits-, Organisations-, und Personalpsychologie S. 229ff.
- Köllner, V., & Broda, M. (2005). *Praktische Verhaltensmedizin*. Thieme. Stuttgart.
- Kotiniemi, L. H. et al. (1997). Behavioural changes in children following day-case surgery: a 4-week follow-up of 551 children. *Anaesthesia, Journal of Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland* (52(10)) S.970-976.

Krohne, H.W. et al. (1989). Streß bei medizinischen Eingriffen, Kritischer Überblick über verschiedene Interventionsansätze. Zeitschrift für Medizinische Psychologie (7(1)) S. 3-39.

Langendorff, O. (1891). Physiologische Graphik. Ein Leitfaden der in der Physiologie gebräuchlichen Registriermethoden. Deuticke Verlag. Leipzig, Wien.

Langer, E.J. et al (1975). Reduction of psychological stress in surgical patients. Journal of Experimental Social Psychology. (11(2)) S.155–165.

Latsch, J. et al. (2004). Friluftsliv und Herzfrequenzvariabilität, Ein diagnostischer Parameter zur Messung regenerativer Aspekte des vegetativen Nervensystems im Einsatz in Norwegen. Bewegungstherapie und Gesundheitssport (20) S. 189-191.

Lazarus, R.S. & Launier, R. (1981): Stressbezogene Transaktion zwischen Person und Umwelt. In: J.R. Nitsch (Hrsg.): Stress - Theorien, Untersuchungen, Maßnahmen. Bern: Huber. S. 213-259.

Lee, M. S. et al. (2004). Effects of the Korean Traditional Herbal Remedy on Heart rate Variability, Linear and Nonlinear Analysis. Int. J. Neurosci. (115(3)) S. 393-403.

Lithner, M., & Zilling, T. (2000). Pre- and postoperative information needs. Patient Educ. Couns. (40(1)) S. 29–37.

Lohaus, A., & Ball, J. (2006). Gesundheit und Krankheit aus der Sicht von Kindern. Hogrefe Verlag. Göttingen.

Löllgen, H. (1999). Neue Methoden in der kardialen Funktionsdiagnostik, Herzfrequenzvariabilität. Deutsches Ärzteblatt (96) S. 45-48.

Machotta, A. (2014). Begleitpersonen während der Narkoseeinleitung von Kindern. Pro und Kontra. Der Anaesthesist. (63(4)) S. 326-330.

M.Carney, R. et al. (2001). Clinical Investigation and Reports, Depression, Heart Rate Variability, and Acute Myocardial Infarction. Circulation (104) S. 2024-2028.

Matz, K. et al. (2010). Stress in der Kindheit sensitiviert für Stress im Erwachsenenalter. Zeitschrift für klinische Psychologie und Psychotherapie (39 (1)) S. 45-55.

Mummert, T. (2014). Änderung der Sympathikusaktivität mittels Osteopathie und deren Auswirkung auf eine akute Stressbelastung. Bachelor of Science. Dresden International University.

Nixdorff, U. (2009). Check-Up-Medizin. Prävention von Krankheiten - Evidenzbasierte Empfehlungen für die Praxis. Thieme Verlag.

- O'Connor, M. F. et al. (2002). Autonomic and emotion regulation in bereavement and depression. *Journal of Psychosomatic Research* (52(4)) S. 183-185.
- Pizzinato, E. (2011). Reiki-Behandlung und Herzratenvariabilität (HRV) - eine Anwendungsbeobachtung. Dissertationsschrift. Interuniversitäres Kolleg Graz/Seggau.
- Priewe, J., & Tümmers, D. (2007). *Das Erste. Kompendium Vorklinik*. Springer Medizin Verlag. Heidelberg.
- Rechlin, T. (1998). *Autonome Funktionen*. Springer. Wien. *Neurophysiologische Untersuchungen in der Psychiatrie* S. 191-222.
- Rechlin, T. (1995). Die Bedeutung von Herzfrequenzanalysen bei psychiatrischen Fragestellungen. Thieme Verlag. Stuttgart. *Fortschr. Neurol. Psychiat.* (63) S. 106-120.
- Rensing, L. et al. (2006). *Mensch im Stress, Psyche, Körper, Moleküle*. Elsevier. München.
- Rügheimer, E., & Pasch, T. (1986). Vorbereitung des Patienten zu Anästhesie und Operation, Risikoerfassung, optimierende Therapie, Prämedikation. 3. Internationales Erlanger Anästhesie-Symposium. Springer Verlag. Pasch & Rügheimer, Hrsg.
- Rushforth, H. (1999). Practitioner Review, Communicating with Hospitalised Children, Review and Application of Research Pertaining to Children's Understanding of Health and Illness. *Journal of Child Psychol. Psych.* (40) S. 683-691.
- Russo, L. (2005). *Die vergessene Revolution oder die Wiedergeburt des antiken Wissens*. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. S. 163-194.
- Sammito, S. et al (2014). Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft. (002/042-S2k)-Leitlinie. S.1-33.
- Sauer, H. (2014). *Der angstfreie Operationssaal*. Springer Verlag. Berlin Heidelberg.
- Schmidt, L. R. (1982). Psychologische Vorbereitung auf belastende medizinische Maßnahmen, die bei Bewußtsein erfolgen. *Medizinische Psychologie. Forschung für Klinik und Praxis*. Springer Verlag. Berlin Heidelberg. S. 201-235.
- Schwartz-Barcott, D. et al (1994). Client-nurse interaction, Testing for its impact in preoperative instruction. *International Journal of Nursing Studies* (31(1)) S. 23-35.

Schweitzer, D. (1989). Psychologische Vorbereitung des Kindes auf Narkose und Operation. Kinderanästhesie Symposium. Springer Verlag. Kretz, Eyrich Hrsg. S. 25.

Seiffge-Krenke, I., & Lohaus, A. (2007). Stress und Stressbewältigung im Kindes- und Jugendalter. Hogrefe Verlag. Göttingen.

Sredniawa, B. et al (1999). The assessment and clinical significance of heart rate variability. Pol Merkur Lekarski. (7 (42)) S.283-8

Staehele, H. J., & Koch, M. J. (1996). Kinder- und Jugendzahnheilkunde. Deutscher Ärzte Verlag. Köln.

Rajendra Acharya, U. et al. (2006). Heart rate variability, a review. Med. Biol. Comput. (44 (12)) S.1031-1051.

Tolksdorf, D. (1985). Der präoperative Streß. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.

von Borell, E. (2000). Mechanismen der Bewältigung von Stress. Arch. Tierz. Dummerstorf (43 (5)) S. 441-450.

von Knorre, G.H. (2002). 100 Jahre klinische Elektrokardiographie. Herzschrittmachertherapie und Elektrophysiologie (13(2)) S.110-116.

Vögele, C. (1992). Perioperativer Stress. Springer Verlag. Berlin-Heidelberg.

Watson, A. T. & Visram, A. (2003). Children's preoperative Anxiety and postoperative Behaviour. Paediatric Anesthesia (13) S. 188-204.

Wiltse, L. L. & Pait, T. G. (01. 09 1998). Herophilus of Alexandria (325-255 B. C.). The father of anatomy. Spine Phila Pa 1976 (23(17)) S. 1904-1914.

Zech, N. et al. (2015). Kommunikation mit Kindern. Praktische Strategien und Hilfsmittel für den anästhesiologischen Alltag. Der Anaesthesist. (64 (3)).S197-207

Zimmermann, P. (2001). Narkoseeinleitung bei Kindern in Anwesenheit ihrer Eltern: Prospektive Studie zur Untersuchung von Angstverhalten und Angstübertragung von Eltern und Kind am Operationstag. Dissertation. Institut für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin. Heidelberg.

Zutter, A. & Frei, F. J. (2011). Unkooperatives Kind bei Narkoseeinleitung. Der Anaesthesist (60 (8)). Springer Verlag. S. 743-750.

8. Internetseiten

- [1] <http://www.hrv24.de/HRV-Einfuehrung.htm>
[Zugriff am 21.07.2014]
- [2] http://www.tugendheim.de/hypertonie/rr_messen/rr_messung.html
[Zugriff am 21.02.2015]
- [3] <http://www.nndb.com/people/146/000085888/>
[Zugriff am 30.05.2015]
- [4] https://de.wikipedia.org/wiki/Willem_Einthoven
[Zugriff am 16.06.2015]
- [5] <http://www.hrv24.de/HRV-Geschichte.htm>
[Zugriff am 27.04.2015]
- [6] http://www.tm-independent.de/Stress/Stress___Korper/stress-physiologie.html
[Zugriff am 02.02.2015]
- [7] <http://www.kausalepsychotherapie.de/ptwpraxis8.html>
[Zugriff am 12.12. 2014]
- [8] <http://www.vivo.colostate.edu/hbooks/pathphys/endocrine/adrenal/gluco.html>
[Zugriff am 15.05.15]
- [9] http://www.inter-uni.net/static/download/publication/komplementaer/p_Ehmann_+PRIUC_2014+_Diss_magn_Wechselfeld.pdf
[Zugriff am 23.02.2015]
- [10] <http://www.emfandhealth.com/HRVThoughtTechnology.pdf>
[Zugriff am 07.05.2015]
- [11] <http://www.biokurs.de/skripten/12/bs12-50.htm>
[Zugriff am 02.11.2014]
- [12] <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/ImFokus/Gesundheit/OperationenDeutschlandEntwicklung.html>
[Zugriff am 14.11.2015]

9. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

9.1. Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| TABELLE 1: HRV-PARAMETER (HECKMANN, 2001; ELLER-BERNDL, 2010; CURIC ET AL. 2007/2008; BÖCKELMANN & SAMMITO, 2013, SAMMITO ET AL, 20014)..... | 18 |
| TABELLE 2: EFFEKTE DER MESSWIEDERHOLUNGS-ANOVAS FÜR DIE EINZELNEN PARAMETER..... | 50 |
| TABELLE 3: RMSSD DER GRUPPEN ZU T1 UND T2..... | 51 |
| TABELLE 4: HIGH FREQUENCY POWER SUM DER GRUPPEN ZU T1 UND T2..... | 53 |
| TABELLE 5: MITTLERE HERZRATE DER GRUPPEN ZU T1 UND T2..... | 54 |
| TABELLE 6: STANDARDABWEICHUNG DER RR-INTERVALLE DER GRUPPEN ZU T1 UND T2..... | 55 |
| TABELLE 7: LOW FREQUENCY POWER SUM DER GRUPPEN ZU T1 UND T2..... | 56 |
| TABELLE 8: VARIATIONSKOEFFIZIENT DER GRUPPEN ZU T1 UND T2.... | 57 |
| TABELLE 9: RR-DIFFERENZEN DER GRUPPEN ZU T1 UND T2 | 58 |
| TABELLE 10: SD1 DER GRUPPEN ZU T1 UND T2..... | 59 |
| TABELLE 11: SD2 DER GRUPPEN ZU T1 UND T2..... | 60 |

9.2. Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| ABBILDUNG 1: BLUTDRUCKMESSVERSUCH [2] | 4 |
| ABBILDUNG 2: WELLENSCHREIBER (LANGENDORFF, 1891)..... | 5 |
| ABBILDUNG 3: HISTORISCHE ZEITSKALA HRV (BILLMANN, 2011) | 7 |
| ABBILDUNG 4: PARASYMPATHIKUS UND SYMPATHIKUS (AUMÜLLER ET AL., 2007)..... | 9 |
| ABBILDUNG 5: RUHE-EKG, ZWEI VERSCHIEDENE FITNESSZUSTÄNDE (HOTTENROTT, 2007) | 11 |
| ABBILDUNG 6: DER STRESSOR UND SEINE AUSWIRKUNG AUF DEN MENSCHLICHEN KÖRPER [6] | 22 |

| | |
|---|----|
| ABBILDUNG 7: ZUSAMMENSPIEL HYPOTHALAMUS, HYPOPHYSE UND NEBENNIERE [7]..... | 24 |
| ABBILDUNG 8: HORMONKASKADE NACH EINWIRKUNG VON STRESSOREN [8] | 25 |
| ABBILDUNG 9: ALTERSVERTEILUNG DER 24 STUDIENTEILNEHMER ZUM ZEITPUNKT DER UNTERSUCHUNG | 37 |
| ABBILDUNG 10: GESCHLECHTERVERTEILUNG DER TEILNEHMENDEN PROBANDEN | 37 |
| ABBILDUNG 11: PROBANDENANZAHL VON INTERVENTIONS- UND KONTROLLGRUPPE..... | 38 |
| ABBILDUNG 12: GESCHLECHTERVERTEILUNG IN INTERVENTIONS- UND KONTROLLGRUPPE..... | 38 |
| ABBILDUNG 13: ALTERSVERTEILUNG IN INTERVENTIONS- UND KONTROLLGRUPPE..... | 39 |
| ABBILDUNG 14: BEISPIEL-COVER EINES AUFKLÄRUNGSFILMES | 42 |
| ABBILDUNG 15: BSP. EKG, AUSWAHL EINES GEEIGNETEN EKG-ABSCHNITTES..... | 46 |
| ABBILDUNG 16: BSP. FÜR EIN NOCH NICHT BEARBEITETES EKG | 47 |
| ABBILDUNG 17: EKG-AUFZEICHNUNG WÄHREND DER KORREKTUR..... | 47 |
| ABBILDUNG 18: DARSTELLUNG NACH VOLLSTÄNDIGER BEARBEITUNG EINES EKG-ABSCHNITTES..... | 48 |
| ABBILDUNG 19: ÄNDERUNG RMSSD VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 52 |
| ABBILDUNG 20: ÄNDERUNG HIGH FREQUENCY POWER SUM VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 53 |
| ABBILDUNG 21: ÄNDERUNG MITTLERE HERZRATE VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 54 |
| ABBILDUNG 22: ÄNDERUNG SDNN VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 55 |
| ABBILDUNG 23: ÄNDERUNG LOW FREQUENCY POWER SUM VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 56 |

| | |
|--|----|
| ABBILDUNG 24: ÄNDERUNG VARIATIONSKOEFFIZIENT VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 57 |
| ABBILDUNG 25: ÄNDERUNG NN50 VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 58 |
| ABBILDUNG 26: ÄNDERUNG SD1 VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 60 |
| ABBILDUNG 27: ÄNDERUNG SD2 VON T1 ZU T2 INNERHALB DER GRUPPEN | 60 |

10. Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Die Arbeit wurde in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie im Kindes- und Jugendalter unter Betreuung von Prof. Dr. med. Michael Günter durchgeführt.

Die Studie, die dieser Dissertation zugrunde liegt, wurde von Dipl. Päd. Sandra Gathmann konzipiert und durchgeführt.

Das Zusammentragen der EKGs und die Auswahl der relevanten HRV-Parameter erfolgte durch mich in Zusammenarbeit mit Dr. med. Gottfried Maria Barth.

Die Auswertung der EKGs und Bearbeitung mit dem Programm HRV-Analyzer erfolgte durch mich.

Die statistische Auswertung erfolgte unter Anleitung von Mitarbeitern der Kinder- und Jugendpsychiatrie Tübingen, die wissenschaftliche Auswertung und Interpretation der Ergebnisse erfolgte durch mich.

Ich versichere, dass diese Dissertationsarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst wurde und keine weiteren als die von mir genannten Quellen verwendet wurden.

Tübingen, den

Jessica Geitel

Danksagung

Ich danke

- meinem Doktorvater Prof. Dr. M. Günter für die freundliche Unterstützung
- Dr. med. G. M. Barth, für die enorme Unterstützung, freundliche Beratung und Motivation
- Dr. A. Conzelmann für die enorme Unterstützung bei den Statistischen Auswertungen
- meinen Großeltern Albert Ulrich Herrmann und Sigrid Herrmann für die Mut machenden Worte
- meinem Arthur Thellmann für jede Unterstützung