

**Aus der**  
**Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie Tübingen**  
**Abteilung Psychiatrie und Psychotherapie**  
**im Kindes- und Jugendalter**  
**Ärztlicher Direktor : Professor Dr. G. Klosinski**

**Über das Verhalten der Herzfrequenzvariabilität  
bei Kindern und Jugendlichen  
mit vegetativer Dystonie**

**Inaugural – Dissertation**  
**zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin**  
**der Medizinischen Fakultät**  
**der Eberhard – Karls – Universität**  
**zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Timo Lesnik**

**aus**

**Stuttgart**

**2008**

Dekan : Professor Dr.I.B.Autenrieth  
1. Berichterstatter : Professor Dr.G.Klosinski  
2. Berichterstatter : Professor Dr.M.Hofbeck

Befiehl dem HERRN deine Wege,  
denn ER wird´s wohlmachen...

Die Bibel. Psalm 37; 5

## **W I D M U N G**

Aus tiefster Dankbarkeit und Liebe  
meinem Herrn und Erlöser, meinem besten Freund und Vater  
Jesus Christus

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>Seite 11</b>
1.1	„Was ist vegetative Dystonie?“ – ein Streifzug durch die Geschichte der psychovegetativen Erkrankungen.....	Seite 11
1.2	Vegetative Dystonie im Erwachsenenalter.....	Seite 15
1.3	Vegetative Dystonie im Kindes- und Jugendalter.....	Seite 15
1.4	Einreihung der vegetativen Dystonie in die deskriptive Systematik der psychogenen und psychosomatischen Erkrankungen.....	Seite 18
1.5	Ätiologie der vegetativen Dystonie.....	Seite 19
1.6	Die Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HRV) – Spiegel des vegetativen Nervensystems (VNS).....	Seite 20
1.7	HRV-Parameter und ihre Bedeutung.....	Seite 21
1.8	Bedeutung der HRV-Analyse in der Psychiatrie.....	Seite 24
1.9	Untersuchungen zur Herzfrequenzvariabilität im Kindes- und Jugendalter.....	Seite 26
1.10	Motivation und Ziel der Arbeit (Fragestellung).....	Seite 27
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODIK.....</b>	<b>Seite 28</b>
2.1	Beschreibung des Patientenkollektivs.....	Seite 28
2.2	Systematik der Datenerhebung.....	Seite 29
	<i>2.2.1 Formulierung einer Definition zum Begriff „vegetative Dystonie“ (1.Schritt).....</i>	<i>Seite 29</i>
	<i>2.2.2 Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien für Fall- und Kontrollgruppe (2.Schritt).....</i>	<i>Seite 31</i>

---

2.2.3	<i>Vorauswahl des Patientenkollektivs anhand der Langzeit-EKG-Befundakten der kinder-kardiologischen Ambulanz (3.Schritt).....</i>	Seite 34
2.2.4	<i>Prüfung des Patientenkollektivs aus der Vorauswahl auf endgültige Eignung für die Studie (4.Schritt).....</i>	Seite 35
2.2.5	<i>Vergabe der Studiencodes (5.Schritt).....</i>	Seite 35
2.2.6	<i>Auswertung der Langzeit-EKGs (6.Schritt).....</i>	Seite 36
2.3	<b>EKG-Auswertung.....</b>	Seite 36
2.3.1	<i>Allgemeines.....</i>	Seite 36
2.3.2	<i>Zum Programm HRV-Analyzer.....</i>	Seite 36
2.3.3	<i>Zu den Langzeit-EKGs.....</i>	Seite 36
2.3.4	<i>Vorgang der EKG-Auswertung.....</i>	Seite 37
2.4	<b>Statistische Analyse.....</b>	Seite 44
2.5	<b>Kritik der Methodik.....</b>	Seite 44
2.5.1	<i>Auswahl des Patientenkollektivs.....</i>	Seite 44
2.5.2	<i>Schwierigkeiten bei der EKG-Auswertung.....</i>	Seite 44
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>Seite 46</b>
3.1	<b>Zusammensetzung von Fall- und Kontrollgruppe.....</b>	Seite 46
3.1.1	<i>Patientenzahl und Geschlechterverteilung.....</i>	Seite 46
3.1.2	<i>Durchschnittsalter in den Gruppen.....</i>	Seite 48
3.1.3	<i>Gruppenzusammensetzung nach Alter (mit Durchschnittsalter).....</i>	Seite 48
3.1.4	<i>Gruppenkennziffer.....</i>	Seite 50
3.2	<b>Allgemeines zur beschreibenden Darstellung und statistischen Auswertung der Messergebnisse.....</b>	Seite 50
3.3	<b>Beschreibende Darstellung und Betrachtung der Messergebnisse.....</b>	Seite 50
3.3.1	<i>Ergebnisse: Vergleich gemeinsame Fallgruppe versus gemeinsame Kontrollgruppe.....</i>	Seite 51

---

3.3.2	<i>Ergebnisse: Vergleich Jungen versus Mädchen.....</i>	Seite 53
3.3.3	<i>Ergebnisse: Altersgruppe 3-6 Jahre.....</i>	Seite 55
3.3.4	<i>Ergebnisse: Altersgruppe 7-9 Jahre.....</i>	Seite 57
3.3.5	<i>Ergebnisse: Altersgruppe 10-12 Jahre.....</i>	Seite 59
3.3.6	<i>Ergebnisse: Altersgruppe 13-16 Jahre.....</i>	Seite 61
3.3.7	<i>Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse.....</i>	Seite 62
3.4	Statistische Auswertung der Messergebnisse.....	Seite 65
3.4.1	<i>Allgemeines zur statistischen Auswertung.....</i>	Seite 65
3.4.2	<i>Statistischer Gesamtvergleich Fall- und Kontrollgruppe (FG<sup>gem</sup> vs. KG<sup>gem</sup>).....</i>	Seite 67
3.4.3	<i>Statistischer Vergleich zwischen Jungen und Mädchen....</i>	Seite 69
3.4.4	<i>Statistischer Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 3-6 Jahre.....</i>	Seite 71
3.4.5	<i>Statistischer Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 7-9 Jahre.....</i>	Seite 73
3.4.6	<i>Statistischer Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 10-12 Jahre.....</i>	Seite 75
3.4.7	<i>Statistischer Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 13-16 Jahre.....</i>	Seite 77
3.5	Betrachtung der Symptome und ihrer Häufigkeiten in den Altersgruppen.....	Seite 79
<b>4</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>Seite 82</b>
4.1	Die Parameter der Herzfrequenzvariabilität als geeignetes Mittel zur Darstellung des autonomen Nervensystems.....	Seite 82
4.2	Gruppenbildung und ihre Zusammensetzung.....	Seite 83
4.3	Auswertung des EKG.....	Seite 84
4.4	Diskussion der beschreibenden Darstellung.....	Seite 85
4.5	Diskussion der statistischen Analyse.....	Seite 88
4.6	Diskussion der Symptommhäufigkeiten und ihrer Bedeutung.....	Seite 92

---

4.7	Kritische Betrachtung der Symptome als Repräsentanten der vegetativen Dystonie.....	Seite 92
4.8	Beantwortung der Fragestellung.....	Seite 94
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>Seite 95</b>
<b>6</b>	<b>TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>Seite 98</b>
6.1	Abbildungsverzeichnis.....	Seite 98
6.2	Tabellenverzeichnis.....	Seite 99
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>Seite 102</b>

---

## **Verwendete Abkürzungen**

ADHD	<i>englisch:</i> attention-deficit/ hyperactivity disorder = Aufmerksamkeitsdefizityndrom
ADS	Aufmerksamkeitsdefizityndrom
bzw.	beziehungsweise
CV	Variationskoeffizient (Parameter der Herzfrequenzvariabilität)
d.h.	das heißt
DSM	Diagnostisches und statistisches Manual psychischer Störungen (DSM-III = dritte Auflage)
ECG	<i>englisch:</i> electrocardiography = Elektrokardiographie
EEG	Elektroenzephalographie
EKG	Elektrokardiographie
FG	Fallgruppe
FG <sup>gem</sup>	gemeinsame Fallgruppe
GIT	Gastrointestinaltrakt
h	<i>englisch:</i> hour = Stunde
HF	High Frequency (Parameter der Herzfrequenzvariabilität)
Hz	Hertz (Frequenzeinheit)
HRV	<i>englisch:</i> heart rate variability = Herzfrequenzvariabilität
KG	Kontrollgruppe
KG <sup>gem</sup>	gemeinsame Kontrollgruppe
LF	Low Frequency (Parameter der Herzfrequenzvariabilität)
Lj.	Lebensjahr
MEANHR	<i>englisch:</i> mean heart rate = mittlere Herzfrequenz
MEANRR	<i>englisch:</i> mean RR = mittlerer RR-Abstand
MF	Mid Frequency (Parameter der Herzfrequenzvariabilität)
ms	Millisekunden
ms <sup>2</sup>	Quadratmillisekunden
n	natürliche Zahlen (1, 2, 3, ... n)
n.Chr.	nach Christus

REM	<i>englisch:</i> rapid eye movement (Schlafphase)
RMSSD	Rout Mean Square of Successive Difference (Parameter der Herzfrequenzvariabilität)
SD	<i>englisch:</i> shape of distribution (Parameter der Herzfrequenzvariabilität)
SDRR	<i>englisch:</i> standard deviation of RR = Standardabweichung der RR-Abstände
syn.	synonym
V.a.	Verdacht auf
VNS	vegetatives Nervensystem
vs.	<i>lateinisch:</i> versus = gegen

---

## 1 EINLEITUNG

### **1.1 „Was ist vegetative Dystonie?“ – ein Streifzug durch die Geschichte der psychovegetativen Erkrankungen**

Psychisch bedingte Erkrankungen, die sich in körperlichen Symptomen äußern, sind seit jeher in der Menschheitsgeschichte bekannt und sind sogar in unserer heutigen stark wissenschaftlich geprägten Medizin oft nur unbefriedigend erforscht.

Die Geschichte zeigt, dass – trotz vieler Versuche, diese Erkrankungen fassbar zu machen – keine weltweit einheitliche Meinung oder Begriffsentwicklung entstehen konnte.

Wolfgang Sattler gibt in seinem Buch „Vegetative Dystonie – Gesundheitsstörung ohne Befund“ (1992) einen Umriss über die Begriffsentwicklung der psychovegetativen Erkrankungen. Seine Ausführungen beginnen schon sehr früh mit der Antike, wo sich bereits in der Literatur des zweiten Jahrhunderts nach Christus erste Beschreibungen von körperlichen Symptomen im Zusammenhang mit psychischer Unausgeglichenheit finden. So stößt man in Schriften von Galen von Pergamon (130-201 n.Chr.) auf ein Krankheitsbild, das, verbunden mit Furcht und Traurigkeit, besonders durch Beschwerden im Oberbauch, Blähungen und saures Aufstoßen (Symptome des Vegetativums) gekennzeichnet ist, bei dem aber daneben auch solche körperlichen Beschwerden beschrieben sind, wie sie bei der vegetativen Dystonie vorkommen. Der mutmaßliche Zusammenhang zwischen Körper und Geist ist also keineswegs eine neue Beobachtung. Die zu seiner Zeit verbreitete Säftelehre bot die Grundlage für Galens Erklärungsansätze zur Ursache dieses Krankheitsbildes. Er vermutete, eine Überschwemmung des Körpers mit schwarzer Galle sei für diese Störungen verantwortlich. Galen sah die Milz als Ort der Produktion dieser schwarzen Galle. Da auch schon damals die anatomische Lage der Milz im linken Oberbauch (Hypochondrium) bekannt war,

gab er der Erkrankung als einer Unterform der Melancholie (μέλανος =schwarz, χολή =Galle) den Namen Morbus hypochondricus (Hypochondrie).

In der zweiten Hälfte des 17.Jahrhunderts wurde die Melancholie eher als eine Art Zustand angesehen und verlor zunehmend ihre Stellung als eigenständige Erkrankung. Die Hypochondrie dagegen schien sich immer mehr zu einem eigenständigen Krankheitsbild zu entwickeln, für das vegetative Störungen und seelische Auffälligkeiten wie Traurigkeit und Zerstreutheit typisch waren. Obwohl die Hypochondrie als nervöses Leiden erkannt wurde, sah man ihre Ursache jedoch weiterhin in der schwarzen Galle.

Auf eindrückliche Weise schrieb der englische Arzt Thomas Sydenham im Jahre 1681 der Hypochondrie einen chamäleonartigen Charakter zu. Er hielt sie für ein Krankheitsbild, das andere organische Erkrankungen nachahmen würde. Anders als seine Zeitgenossen lag für Sydenham aber die Ursache in einer „Verwirrung des an die Nervensubstanz gebundenen Lebensgeistes“ (Thomas Sydenham, 17.Jahrhundert), des Spiritus naturalis.

Während des 19.Jahrhunderts verlor dann auch der Begriff Hypochondrie endgültig seine ursprüngliche Bedeutung und wurde bald nur noch, wie im heutigen Sinne auch, als krankhafte Furcht vor Krankheit gebraucht.

Was man zu Zeiten Sydenhams unter Hypochondrie verstand, fand nun seinen Ausdruck in dem von Miller-Beard (1868) und Kraepelin (1899) geprägten Begriff der Neurasthenie. Übersetzt man diesen Begriff nach seiner griechischen Herkunft, so sieht man, dass die Vorstellungen Sydenhams von einer „Verwirrung der Nervensubstanz“ weiterlebten: neuro + asthenos = Nervenschwäche.

Michael Ermann beschreibt in seinem Buch „Die Persönlichkeit bei psychovegetativen Störungen“ (1987) Sigmund Freuds Versuche einer Ordnung der Begrifflichkeit. Darin bezeichnete Freud erstmals 1898 die Neurasthenie zusammen mit der Angstneurose auch als aktualneurotische Störung, um sie so den Psychoneurosen gegenüberzustellen. Der Begriff „Aktualneurose“ sollte hervorheben, dass die Ursachen der Störung nicht wie bei den Psychoneurosen (Zwangsneurosen und Hysterie) in der frühen Kindheit (infantile Sexualkonflikte), sondern im aktuellen Erleben (gestörtes aktuelles

---

Sexualleben) zu finden sind. Freud sah die Hintergründe der Aktualneurosen als rein somatisch an. Er vertrat die Vorstellung, dass die Symptombildung durch einen „toxischen Sexualmechanismus“ (1925) im Gehirn bewirkt würde und im Gegensatz zur Psychoneurose intrapsychische Verarbeitungsprozesse eine geringere Rolle spielen. Doch musste auch Freud nach einigen Jahren sich selbst eingestehen, dass sein Konzept „die erste rohe Schematisierung an einem weit komplizierteren Sachverhalt“ (Freud, 1925) war und er revidierte schließlich seine früheren Ansätze.

In der späteren psychoanalytischen Literatur des 20. Jahrhunderts rückten die Aktualneurosen dann in ein neues Licht der Betrachtung. Die Betrachtung der psychischen Symptomatik gewann sowohl bei der Angstneurose als auch bei der Neurasthenie zunehmend an Bedeutung, wobei die Angstneurose schon sehr früh den Psychoneurosen zugeordnet wurde. Aber auch die Neurasthenie, bei der bisher immer die psychovegetative Symptomatik im Vordergrund stand, entging nicht dieser Betrachtung. So beschäftigte sich bereits 1927 Reich mit den seelischen Hintergründen der Neurasthenie. Durch das immer größer werdende Interesse an der psychodynamischen Klärung psychovegetativer Störungen wurde das Konzept der somatischen Ätiologie nach Freud vollkommen verdrängt.

Wie man sieht, ist zu dieser Zeit durch die Vielzahl an Meinungen eine unglaubliche Begriffsverwirrung entstanden, weshalb dann Wichmann 1934 den Versuch unternahm, mit einem ganz neuen Begriff etwas Ordnung in das Chaos zu bringen, nämlich mit dem Begriff der „vegetativen Dystonie“. Er wollte diesen Begriff für die mehr körperlich begründeten vegetativen Störungen etablieren, um sie so deutlich von der Neurasthenie abzugrenzen.

Bis in die Gegenwart hinein wurde versucht, das bunte Bild der vegetativen Dystonie durch immer wieder neue Namen zu präzisieren. Keiner der Namensgeber war zufrieden mit den Namen der anderen Kollegen, und jeder von ihnen wollte versuchen, den Charakter dieses psychovegetativen Syndroms mit eigenen Begriffskreationen ausreichend zu beschreiben. Wichmanns Versuch, eine Art begriffliche Revolution zu beleben, schien somit gescheitert.

Heute werden die Begriffe vegetative Dystonie und Neurasthenie synonym verwendet (Sattler, 1992). In der Wissenschaft der westlichen Welt werden sie jedoch als veraltet angesehen und deshalb auch im wissenschaftlichen Kontext kaum mehr gebraucht. Lediglich in Russland und den Staaten der ehemaligen UdSSR arbeitet man heute noch in der wissenschaftlichen Forschung mit dem Begriff vegetative Dystonie (Briazgunov, 1970; Vein et al., 1991; Murashko, 2001).

Trotz all dieser Kritik hat sich der Begriff der vegetativen Dystonie im deutschen Sprachraum in Teilen der Ärzteschaft und unter Patienten gehalten und er wird von praktischen Ärzten nicht selten benützt. So findet man manchmal auf den Überweisungsscheinen oder in den ambulanten Akten der Kliniken die vegetative Dystonie wieder. Bernhard und Lamprecht (1990) bezeichnen die vegetative Dystonie im Blick auf die Medizin der westlichen Welt sogar als „deutsches Unikum“, sie sehen in ihr aber eher eine Symptombeschreibung als eine Diagnose.

In der Literatur werden als Alternative die verschiedensten Begriffe vorgeschlagen wie zum Beispiel „psychovegetatives Allgemeinsyndrom“ (Delius, 1966), „psychovegetative Störung“ (Ermann, 1987 und Jores, 1973) oder ganz unverbindlich „essentielles funktionelles Syndrom“ (von Uexküll, 1986).

Betrachtet man die Geschichte der vegetativen Dystonie, so spiegelt sich in ihr zweifelsohne der Hang zum mechanistischen Menschenbild in der Medizin wieder, in dem körperliche Beschwerden als Ausdruck einer Schädigung organischer Körperstrukturen verstanden werden. Sind solche Schädigungen nicht nachweisbar, wird auch heute immer noch oft von Einbildung gesprochen und somit die Existenz dieser Beschwerden angezweifelt. Das führt dazu, dass so mancher Patient in Krankenhäusern und in der ambulanten Krankenbetreuung auf taube Ohren stößt und seine Beschwerden nicht ernst genommen werden.

---

### **1.2 Vegetative Dystonie im Erwachsenenalter**

Aktuelle Forschungsansätze zur vegetativen Dystonie sind nicht besonders häufig. Jedoch sollten in diesem Zusammenhang zumindest 2 neuere Studien erwähnt werden, die sich mit der vegetativen Dystonie im Erwachsenenalter beschäftigen. Murashko (2001) untersuchte beispielsweise die Herzfrequenzvariabilität (HRV) bei Patienten mit Symptomen der vegetativen Dystonie. Dabei unterscheidet er Patienten mit paroxysmalem und permanentem Auftreten der Symptome. Er fand bei allen eine erniedrigte HRV, wobei diese Erniedrigung bei Patienten mit paroxysmaler Symptomatik hochsignifikant war. Eine andere Untersuchung von Bombane et al. (1997) kommt aus Brasilien. Dort wurden 40 Patienten untersucht, bei denen durch Allgemeinärzte die Diagnose vegetative Dystonie gestellt wurde. Durch einen standardisierten Fragebogen konnten 92,5% dieser Patienten nach DSM-III in psychiatrische Kategorien wie Angst, histrionische Symptome, Hypochondrie oder Depression eingeordnet werden. Bei einer Kontrollgruppe aus Gesunden war dies nur in 37,5% der Fälle möglich.

### **1.3 Vegetative Dystonie im Kindes- und Jugendalter**

Beobachtungen des Pädiatrischen Institutes der Universität Moskau (Briazgunov, 1970) zeigen bei Kindern vor allem im pubertären und präpubertären Alter eine besonders hohe Anfälligkeit des vegetativen Nervensystems für Störungen durch exogene (Infektionen, Vitaminmangel) oder endogene (psychische) Belastungen. Das vegetative Nervensystem unterliegt einer Feinregulation zur Anpassung an umweltbedingte und psychische Veränderungen. Ist diese Feinregulation gestört, so resultiert beim Kind wie beim Erwachsenen eine Anpassungsschwäche und letztendlich eine vegetative Labilität, die in körperlichen Symptomen zum Ausdruck kommt, Symptome der vegetativen Dystonie. Im Kindesalter äußert sich diese in ihrer häufigsten Form als Herz-Kreislauf-Syndrom mit Schwindelgefühlen, Pulsinstabilität, Schwankungen des Blutdrucks, Herzstolpern, Akrozyanose und Herzklopfen (Briazgunov, 1970). Die vegetativen Symptome können sich bis zur Ohnmacht und synkopalen Zuständen aufbauen. Neben migräneähnlichen Kopfschmerzen

sind aber auch Symptome des Magen-Darm-Traktes (GIT) als Symptome der vegetativen Dystonie bei Kindern häufig. Sie gehen einher mit Schmerzen im Magenbereich (oft Fehldiagnose Appendizitis), Appetitlosigkeit und Blähungen. Im Grunde ist das Spektrum der Symptome bei Kindern von dem der Erwachsenen nicht zu unterscheiden. Allerdings sind die Symptommhäufigkeiten bei Kindern besonders Herz- und GIT-lastig (Briazgunov, 1970). Auffallend ist, dass auch bei anderen psychischen Störungen im Kindesalter wie zum Beispiel der Schulphobie dieselben gastrointestinalen Beschwerden beobachtet werden können wie bei der vegetativen Dystonie.

Zur wissenschaftlichen Betrachtung des Themas der vegetativen Dystonie im Kindesalter widmen sich Untersuchungen des russischsprachigen Raumes ganz unterschiedlichen Fragestellungen im Zusammenhang mit der vegetativen Dystonie. In einer Untersuchung an über 600 Kindern im Alter von 12 bis 15 Jahren entdeckte und definierte Antonova (2003) anhand standardisierter Fragebögen Risikofaktoren für die Erkrankung an Symptomen der vegetativen Dystonie. Besonders hervorgehoben wurden dabei die Einflüsse sozial belastender Umstände. Auch Zusammenhänge von vegetativer Dystonie und familiärer kardiovaskulärer Belastung wurden untersucht (Oteva et al., 2000). Oteva untersuchte Kinder, die an Symptomen der vegetativen Dystonie leiden und deren Väter schon vor dem 50. Lebensjahr an einem kardiovaskulären Ereignis erkrankt waren. Kinder mit vegetativer Dystonie und positiver Familienanamnese zeigten höhere Triglycerid-, Cholesterin- und Apolipoprotein B-Werte im Vergleich zu den Kindern ohne vegetative Dystonie und positiver Familienanamnese.

Genauere neuere Erkenntnisse zu Therapieoptionen und deren Erfolge bei Kindern mit vegetativer Dystonie findet man in der Literatur nur punktuell. Im Sanatorium von Tschajemto/ Tomsk beispielweise werden jährlich etwa 400-700 Kinder behandelt, von denen etwa 80% an vegetativer Dystonie leiden. Diese Gegebenheiten bilden gute Voraussetzungen für die Durchführung einer Therapiestudie. Fink et al. (2001) untersuchte dort 87 Kinder im Alter von 5-14 Jahren, die nach der Klassifikation von Vejn et al. an Symptomen der vegetativen Dystonie litten. Die Diagnose wurde mittels Fragebogen gestellt.

Bei den Kindern wurde eine Balneotherapie mit 36-37°C (Grad Celsius) temperiertem Mineralquellwasser durchgeführt. Die kranken Kinder, die an vegetativer Dystonie litten, wurden in zwei therapeutische Gruppen eingeteilt und mit einer Kontrollgruppe aus gesunden Kindern verglichen. Als objektive Vergleichsparameter galten Atemfrequenz, Pulsfrequenz, Blutdruck und zur Objektivierung subjektiv angegebener Beschwerden ein Punktenotensystem. Die Balneotherapie wurde in der ersten Gruppe täglich und in der zweiten Gruppe alle zwei Tage mit jeweils einer Dauer von 8-10 Minuten durchgeführt. Das Ergebnis der Studie ergab, dass eine Behandlung mit dem Mineralbad alle zwei Tage vorteilhafter gegenüber der täglichen Therapie war, die sogar zu einer zusätzlichen negativen Belastung des vegetativen Nervensystems führte. In der zweiten Gruppe wurde in diesem Zusammenhang eine Senkung des Blutdrucks und der Herzfrequenz bemerkt, was von den Autoren als positive Wirkung auf den Anspannungszustand der peripheren Gefäße gewertet wurde. Auch das subjektive Befinden besserte sich deutlich.

### **1.4 Einreihung der vegetativen Dystonie in die deskriptive Systematik der psychogenen und psychosomatischen Erkrankungen**

Um nicht ganz den Überblick über die psychogenen und psychosomatischen Erkrankungen zu verlieren, hilft die deskriptive Systematik von Ermann und Studt (1987).

Wie aus folgender Übersicht ersichtlich, werden die psychosomatischen Erkrankungen zunächst in drei große Gruppen A bis C eingeteilt:

**Tabelle 1:** Deskriptive Systematik der psychogenen und psychosomatischen Erkrankungen nach Ermann und Studt (1987)

<b>A. Erlebnisreaktionen</b>		
1. <i>Psychosoziale Konfliktreaktionen und Anpassungsstörungen</i>		
2. <i>Somatopsychische Störungen</i>		
<b>B. Neurotische Störungen</b>		
1. <i>Symptomneurosen :</i>		
Seelische Störungen	Verhaltensstörungen	Körperliche Störungen: - <b>Psychovegetative Störungen (siehe Tabelle 2 unten)</b> - <b>Konversionsneurosen</b>
2. <i>Persönlichkeitsstörungen</i>		
<b>C. Psychosomatische Organerkrankungen</b>		

Ebenfalls von Ermann (1987) werden die psychovegetativen Störungen nach ihrer klinischen Erscheinung wie in Tabelle 2 eingeteilt:

**Tabelle 2:** Deskriptive Systematik der psychovegetativen Störungen  
(nach Ermann, 1987)

<b>Psychovegetative Störungen</b>	
<p><i>Allgemeinsyndrome</i></p> <p>Kurze Beschreibung: Hier stehen wechselnde funktionelle Beschwerden (siehe nebenan „funktionelle Syndrome“) neben vegetativen Beeinträchtigungen wie Müdigkeit, Schlafstörungen und Nervosität. Sie werden auch als multiforme psychovegetative Syndrome bezeichnet und meint diejenigen Störungen, die landläufig unter dem Begriff „vegetative Dystonie“ oder „Neurasthenie“ bekannt sind.</p>	<p><i>Funktionelle Syndrome</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organsyndrome (Organneurosen)</li> <li>- Vegetative Syndrome (vegetative Neurosen)</li> </ul> <p>Kurze Beschreibung: Bei diesen Syndromen beziehen sich die Leitsymptome entweder auf ein Organ oder ein Organsystem. Für diese Syndrome haben sich Begriffe etabliert, die das Leitsymptom betonen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Herzneurose</li> <li>- Magenneurose</li> <li>- Psychogener Kopfschmerz</li> <li>- Psychogene Schlafstörungen</li> </ul>

### **1.5 Ätiologie der vegetativen Dystonie**

Psychovegetative Beschwerden sind gerade heute in unserer westlichen Industriegesellschaft keine Seltenheit. Kaum jemand in unserer Umgebung kennt nicht die körperlichen Reaktionen auf Stress oder in Zeiten starker psychischer Belastung und kaum jemand wird diesen Zusammenhang leugnen oder bestreiten.

Obwohl diese Beschwerden an Häufigkeit eher zu- denn abnehmen, wissen wir doch erschreckend wenig darüber, welche verschiedenen Faktoren zusammenkommen müssen, bevor solche körperlichen Symptome entstehen.

Viele ganz unterschiedliche Faktoren scheinen dafür verantwortlich zu sein.

Sicherlich spielen Veranlagung oder genetische Disposition eine Rolle (Ermann, 1987). Empirisch harte Fakten gibt es dazu jedoch noch keine. Durch manche Zwillingsstudien lässt sich lediglich eine Tendenz erkennen. Beispielsweise zitiert Ermann (1987) Untersuchungen von Schempank sowie von Heiner und Blitzer. Schempank wies 1974 einen Anlagefaktor bei der Neurosenentstehung nach, er musste allerdings aufgrund seiner Ergebnisse eine erbliche Disposition für die Entstehung spezieller psychovegetativer Syndrome als fragwürdig einstufen. Die Beobachtung von Heiner und Blitzer beschreiben das Auftreten von 2-3-tägigen Attacken eines psychovegetativen Syndroms in 5 Generationen einer Familie.

Als weitere wichtige Ursachen werden auch soziale Faktoren (familiäre Spannungen, überfordernde soziale Erwartungen, Existenzängste) und Umweltfaktoren (Krieg, Naturkatastrophen, Lärm) angenommen (Thöma, 1959; Nitschkoff et al., 1967; Preuss, 1995). In einer Studie von 1995 (Zazimko) wurden Patienten mit vegetativer Dystonie untersucht, die zur Zeit der Tschernobyl-Katastrophe ionisierender Strahlung von einer Gesamtenergiedosis von 0,1-1,0 Grey ausgesetzt waren. Es zeigten sich in etwa 40% der Fälle in Ruhe und in etwa 56% der Fälle unter einer festgelegten körperlichen Belastung eine vagal betonte Dysfunktion des vegetativen kardiovaskulären Systems. Eine klare Korrelation zwischen vegetativer Dysfunktion und Energiedosis konnte allerdings nicht verifiziert werden.

### **1.6 Die Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HRV) – Spiegel des vegetativen Nervensystems (VNS)**

Hält man sich die große Gruppe der psychovegetativen Störungen vor Augen, so liegt es nahe zu fragen, ob man das Vegetativum nicht auf irgendeine Weise messbar machen kann, um so mehr von pathologischen Veränderungen bei diesen Erkrankungen zu erfahren. Viele Versuche wurden daher unternommen, dieser Frage nachzugehen. Es wurden dabei Untersuchungstechniken ganz unterschiedlicher Art entwickelt. Diese Untersuchungsmöglichkeiten reichen – wie es Reclin in einem Artikel der Zeitschrift Klinische Neurophysiologie von

---

1998 zusammenfasst – von Nervenbiopsien, szintigraphischen und computertomographischen Messungen (Computertomographie der Nebennieren, MIBG-Szintigramm des Herzens, Magen- und Ösophagusfunktionsszintigraphie), direkt mikrographischen Untersuchungen autonomer Nerven, Messungen kortikal evozierter Potentiale (nach Stimulation des Ösophagus) bis hin zu Herzfrequenz- und Blutdruckanalysen. Aus dieser Vielzahl von Techniken hat für die Klärung psychophysiologischer Fragestellungen vor allem die Untersuchung der Herzfrequenz (Anzahl der Herzschläge pro Minute) an Bedeutung gewonnen. Die Beurteilung des autonomen Nervensystems alleine aufgrund der Herzfrequenz ist jedoch mit großer Vorsicht zu genießen, da intrinsische und humorale Faktoren des Körpers auf eine unüberschaubare Art und Weise die Herzfrequenz beeinflussen. Aus diesem Grund hat man nach Methoden gesucht, mit denen es möglich ist das Verhalten der Herzfrequenz in seiner zeitlichen Variabilität zu untersuchen, da diese überwiegend unter dem Einfluss der Anteile des autonomen Nervensystems stehen. Das autonome Nervensystem wiederum erhält Afferenzen aus dem limbischen System. So soll das Herz wie ein Spiegel des autonomen Nervensystems und das autonome Nervensystem wie ein Spiegel der Seele wirken. Mit der computerisierten Erfassung der Herzfrequenzvariabilität konnten Parameter definiert und das autonome Nervensystem auf eine unkomplizierte Weise greifbarer gemacht werden.

### **1.7 HRV-Parameter und ihre Bedeutung**

Bei der EKG-Analyse können mit Hilfe eines speziellen Computerprogrammes die im folgenden beschriebenen Parameter der Herzfrequenzvariabilität quantitativ erfasst werden. Die Grundlage für diese Erfassung sind die zeitlichen Abstände von einem Herzschlag zum nächsten, die sogenannten R-R-Abstände.

**Tabelle 3:** Definitionen der Parameter der Herzfrequenzvariabilität

Parameter	Einheit	Erläuterungen
MEANRR	ms	Mittlerer RR-Abstand (Abstand zweier aufeinander folgender R-Zacken)
MEANHR	1/min	Mittlere Herzfrequenz (HF) in Schlägen pro Minute
SDRR	ms	Standardabweichung der R-R-Abstände
RMSSD	ms	<p>Der „Root Mean Square of Successive Differences“ wird nach folgender Formel berechnet:</p> $RMSSD = \sqrt{\frac{\sum [(R_i - R_{i+1}) - (R - R_i)]^2}{n}}$ <p>(R-R<sub>i</sub>=Dauer des i-ten R-R-Intervalls, n=Anzahl der R-R-Intervalle)  In Worten: Bei der Berechnung des RMSSD werden die Differenzen der zeitlichen Längen zweier aufeinanderfolgender R-R-Intervalle quadriert, alle quadrierten Differenzen eines EKG-Abschnittes aufsummiert, davon die Wurzel gezogen und anschließend durch die Anzahl der R-R-Intervalle geteilt.  Der RMSSD stellt somit den Mittelwert der RR-Zeitintervalldifferenzen dar und ist ein Maß der unmittelbar schnellen Veränderung der R-R-Abstände.</p>
CV	%	Variationskoeffizient $CV = SDRR/MEANRR$
LFPOWSUM	ms <sup>2</sup>	Low Frequency Power Summation
MFPOWSUM	ms <sup>2</sup>	Mid Frequency Power Summation
HFPOWSUM	ms <sup>2</sup>	High Frequency Power Summation
		<p>Erklärung zu den Power-Spektren (LF, MF, HF):  Die Variabilität der Herzschlagfolge wird nach hohen (HF= 0,15-0,5Hz), mittleren (MF= 0,05-0,15Hz) und niedrigen Frequenzen (LF= 0,01-0,05Hz) eingeteilt. Die Aufspaltung in die verschiedenen Frequenzbänder geschieht mit Hilfe der Spektralanalyse. Sie bedient sich eines mathematischen Hilfsmittels, der Fast Fourier Transformation, zur Signalverarbeitung.  Grundlage für die Errechnung der Leistung (Power) für jeden Frequenzbereich bilden die R-R-Abstände. Hierbei wird der Zeitabstand zwischen zwei Schlägen quadriert und alle so errechneten Werte eines Frequenzbandes aufsummiert. So erhält man LFPOWSUM, MFPOWSUM und HFPOWSUM. Alle 3 addiert ergibt die Gesamtleistung (total power).</p>
LF_NORM MF_NORM HF_NORM	%	<p>NORM steht für Normalisation, d.h.:</p> $LF \text{ oder } HF\_NORM = \frac{(LF \text{ oder } HF (ms^2) \times 100)}{(total \text{ power } (ms^2) - LF (ms^2))}$
SD1, SD2	ms	Shape of distribution in Poinaré plot – Streumaß

---

Die in Tabelle 3 aufgeführten HRV-Parameter unterstehen weitgehend ausschließlich dem Einfluss des autonomen Nervensystems (Rechlin, 1998), beziehungsweise seiner Anteile Sympathikus und Parasympathikus.

Der Variationskoeffizient CV, das RMSSD und besonders die HF-Power hängen direkt von der kardialen parasympathischen Aktivität ab. Außerdem führt eine parasympathische Aktivierung zu höheren Werten der Parameter SDRR, SD1 und SD2. Die LF-Power ist dagegen von der Aktivität der Vasomotoren (Sympathikus) und die MF-Power von den Barorezeptoreinflüssen abhängig. Aus diesen Beobachtungen kann man deshalb schließen, dass der Parasympathikus eher Frequenzen bis 0,5 Hz beeinflusst, während der Sympathikus auf Frequenzen unterhalb 0,15 Hz Einfluss nimmt. Die LF ist somit ein sympathikusspezifischer Parameter.

Die HRV-Parameter sind nicht abhängig vom Geschlecht, sie weisen allerdings eine lineare Regression mit dem Alter auf (Rechlin, 1998). Die logarithmierten Parameter sind normalverteilt.

In den folgenden Ausführungen werden die Powerspektren und normalisierten Werte der High-, Low- und Mid- Frequency gemeinsam als HF, LF und MF bezeichnet und betrachtet, da es zwischen dem Powerspektrum und der Normalisation keinen quantitativen Unterschied gibt. Die Normalisation ist lediglich ein prozentualer Wert.

### **Erläuterungen zum Streumaß SD (Shape of Distribution) und Poincaré plot:**

Der Poincaré plot kommt dadurch zustande, indem die aufeinanderfolgenden RR-Intervalle in einem 2-dimensionalen Koordinatensystem zueinander in Beziehung gesetzt werden. Dabei erhält die Ordinate die Werte für  $RR_{i+1}$  und die Abszisse die Werte für  $RR_i$ . Beim Eintragen der Werte entsteht eine Punktwolke, deren größte Ausdehnung der Länge nach mit SD2 und die Ausdehnung orthogonal darauf als Ausdehnung der Breite mit SD1 bezeichnet wird.

**Bemerkung zur MF:** Die Mid- Frequency gilt bisher noch in der Praxis als unklarer Repräsentant des Parasympathikus. Außerdem soll sie unter dem Einfluss der Barorezeptoren stehen. Wegen dieser unklaren Bedeutung wird die MF in dieser Studie weitgehend vernachlässigt.

**Zusammenfassung:**

**parasympathikusspezifisch:** SDRR, CV, RMSSD, HF, SD1, SD2

**sympathikusspezifisch:** LF, MEANHR

### **1.8 Bedeutung der HRV-Analyse in der Psychiatrie**

Schon seit einigen Jahren ist die HRV-Analyse ein Bestandteil der neurologischen Routinediagnostik. Sie macht es beispielsweise möglich, standardisierte Kriterien für das Vorliegen einer autonomen Neuropathie zu definieren oder, allgemein gesagt, im Rahmen der Diagnostik einen Einblick in das autonome Nervensystem zu bekommen. Aber nicht nur die Neurologie hat sich die computerisierte Erfassung autonom kontrollierter kardialer Parameter zunutze gemacht, sondern auch in der Psychiatrie gewinnt die HRV-Analyse zunehmend an Bedeutung. Dies ist nicht verwunderlich, zumal es doch eine ganze Reihe psychiatrischer Erkrankungen gibt, die mit vegetativen Symptomen einhergehen. Zu nennen sind hierbei ganz besonders die Gruppe der affektiven Erkrankungen einschließlich der Angst-, Panik- und Zwangsstörungen, aber auch bei posttraumatischen Störungen und bei schizophrenen Psychosen lassen sich solche Symptome beobachten (Rechlin, 1998). Bei der endogenen Depression zum Beispiel haben Patienten oft neben Appetit- und Schlafstörungen auch leibliche Missempfindungen wie Brust-, Herz- und Bauchschmerzen, vermehrtes Schwitzen oder Verstopfungen. Erwähnenswert sind ebenfalls die autonomen Funktionsstörungen beim malignen neuroleptischen Syndrom, die nicht selten lebensbedrohlich werden können. Daneben rufen viele in der Psychiatrie eingesetzten Medikamente vegetative Symptome hervor. Ganz eindrücklich zeigt sich dies bei der Behandlung mit trizyklischen Antidepressiva oder Neuroleptika, bei denen viele

Patienten über Mundtrockenheit, Obstipation oder Tachykardie als Folge anticholinergischer Effekte klagen.

Nach diesem kleinen Exkurs wird sicher deutlich, warum der Wunsch der Psychiatrie so groß ist herauszufinden, ob und inwieweit die HRV-Analyse die bisherigen diagnostischen Möglichkeiten bereichern oder zur Quantifizierung vegetativer Nebenwirkungen bei der Psychopharmakotherapie dienlich sein kann.

Aus diesem Grund hat man in mehreren Studien bei den verschiedensten psychiatrischen Erkrankungen die Parameter der Herzfrequenzvariabilität untersucht.

Dabei fanden sich beispielsweise in einer Untersuchung von Rechlin (1994) bei Patienten mit rezidivierenden depressiven Episoden eine signifikant erhöhte Herzrate, signifikant erniedrigte RMSSD-Werte sowie einen signifikant erniedrigten HF-Wert als Ausdruck einer erniedrigten parasympathischen Aktivität. Zum selben Ergebnis kommt eine von Rechlin (1998) zitierte Studie von Dalack und Rose, die 4 Jahre vor seiner eigenen Studie durchgeführt wurde und in der die Autoren einen Zusammenhang zwischen dieser erniedrigten parasympathischen Aktivität und dem erhöhten kardiovaskulären Risiko depressiver Patienten vermuteten, da bekanntermaßen dem Parasympathikus eine kardioprotektive Funktion zugeschrieben wird.

Weiterhin fokussierte sich die Aufmerksamkeit in der Erwachsenenpsychiatrie auf Untersuchungen der Herzfrequenzvariabilität (HRV) bei Panik- und Angststörungen, psychosozialen Belastungssituationen, posttraumatischen Anpassungsstörungen sowie bei bestimmter Medikation. So wurde bei an Panikattacken leidenden Patienten (Friedmann und Thayer, 1998; Klein et al., 1995), bei Patienten in sozialer Isolation (Horsten et al., 1999) und auch bei Menschen nach einem traumatischen Erlebnis (Cohen et al., 1997 und 1998) eine verminderte HRV beschrieben.

Unter Therapie mit Antidepressiva (Amitriptyllin, Doxepin) und Neuroleptika (Clozapin) fand Rechlin bei mehreren Untersuchungen seiner eigenen Arbeitsgruppe eine massive Erniedrigung der Herzfrequenzvariabilität (Rechlin, 1994; Rechlin, 1998).

## **1.9 Untersuchungen zur Herzfrequenzvariabilität im Kindes- und Jugendalter**

Umfassende Ergebnisse zur Herzfrequenzvariabilität (HRV) kinder- und jugendpsychiatrischer Patienten sind bisher bedauerlicherweise kaum vorhanden. Mezzacappa (1997) untersuchte als einer der Wenigen Kinder und Jugendliche mit Angststörungen und dissozialen Störungen auf Veränderungen der Herzfrequenzvariabilität. Dabei konnte er eine erhöhte sympathische Aktivierung bei den Patienten mit Angststörung und eine blockierte parasympathische Aktivierung bei Kinder mit antisozialem Verhalten nachweisen. Borger et al. (1999) wiederum führte Untersuchungen bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom (ADS) durch und fand dabei eine erhöhte 0,1Hz-Komponente der HRV.

Die genaue Erforschung der Herzfrequenzvariabilität kinder- und jugendpsychiatrischer Patienten wird derzeit von der Arbeitsgruppe um Barth aus der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie der Universität Tübingen weiter vorangetrieben. Erste Ergebnisse dieser Forschungsgruppe (Barth et al., 2001) zeigten Hinweise auf eine Blockierung des Parasympathikus bei Kindern mit Psychose unter Medikation mit Taxilan (Wirkstoff: Perazin, niedrig potentes Neuroleptikum) sowie eine Stimulierung des Parasympathikus bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom (ADS, englisch: ADHD = attention-deficit/hyperactivity disorder). Die Blockierung des Parasympathikus zeigte sich dabei in einer Einschränkung aller HRV-Parameter bei erhöhter Herzfrequenz, die Stimulation dagegen kam durch eine Erhöhung aller HRV-Parameter bei unveränderter Herzfrequenz und unveränderter sympathikusspezifischer LF (Low Frequency = HRV-Parameter, nähere Erklärungen zu den Parametern der Herzfrequenzvariabilität siehe 1.7).

Die Tübinger Kinder- und Jugendpsychiater konnten somit weitere Hinweise für „diagnosespezifische Muster des Tonus von Sympathikus und Parasympathikus“ (Barth et al., 2001) finden, was die Grundlage bildet für weitere diagnosebezogene Untersuchungen zur HRV wie beispielsweise die vorliegende Studie über die vegetativen Dystonie.

### **1.10 Motivation und Ziel der Arbeit (Fragestellung)**

Ziel der Arbeit ist es, mit Hilfe der HRV-Analyse herauszufinden, ob das Krankheitsbild der vegetativen Dystonie als organisch abgrenzbares psychovegetatives Syndrom angesehen werden kann. Es wurde deshalb untersucht, ob die Diagnose der vegetativen Dystonie mit einer veränderten Aktivität des Sympathikus und bzw. oder des Parasympathikus einhergeht.

In der vorliegenden Arbeit wird also der Versuch Wichmanns wieder aufgegriffen, durch den Begriff vegetative Dystonie eine Abgrenzung zu den rein psychodynamisch begründeten Syndromen zu schaffen. Zu Zeiten Wichmanns wie auch bis heute galt diese Abgrenzung als umstritten, da sich bisher kein organisches Korrelat finden ließ, obwohl der Begriff selbst dies suggeriert: „Vegetative Dystonie“ bedeutet übersetzt eine gestörte Balance („Dystonie“) des vegetativen Nervensystems („vegetative“), beziehungsweise – genauer gesagt – seiner Anteile Sympathikus und Parasympathikus.

Die Untersuchung der Herzfrequenzvariabilität bietet die Möglichkeit sowohl Sympathikus als auch Parasympathikus zu untersuchen und scheint die wohl derzeit geeignetste Methode zur Klärung der Frage nach einer möglichen organischen Abgrenzbarkeit zu sein.

Die Parameter der HRV stellen jedoch ein komplexes Maß dar, auf das sich unterschiedlichste Einflussgrößen (Alter, psychische Erkrankungen) auswirken und es stellt sich somit zurecht die Frage nach der tatsächlichen Eignung dieser Methode. In der Vergangenheit wurden schon in der Erwachsenenpsychiatrie mehrere Studien mit ganz unterschiedlichen Ergebnissen durchgeführt, wobei die HRV-Analyse in einigen Fällen als nützliches Instrument zur Bearbeitung psychiatrischer Fragestellungen entdeckt wurde, in anderen Fällen jedoch diese Eignung angezweifelt werden musste.

Die Klärung dieser Frage war ebenfalls das Ziel dieser Arbeit.

Die genaue Fragestellung der vorliegenden Arbeit lautet:

„Lässt sich die Diagnose der vegetativen Dystonie mit Hilfe der HRV-Analyse als psychovegetative Störung abgrenzen und ist die HRV-Analyse ein geeignetes Mittel dazu“.

## **2 MATERIAL UND METHODIK**

### **2.1 Beschreibung des Patientenkollektivs**

Das Versuchspersonenkollektiv wurde aus all denjenigen Patienten gewonnen, bei denen in den Jahren 1994 bis 2003 in der kinder-kardiologischen Ambulanz des Universitätsklinikums Tübingen ein 24h-Langzeit-EKG abgeleitet wurde.

Dieses Kollektiv bildete eine Fall- und eine Kontrollgruppe. Dabei wurden in die beiden Gruppen Kinder und Jugendliche im Alter von 3 bis 16 Jahren nach strengen Kriterien eingeschlossen.

Die Fallgruppe bildeten jene Kinder und Jugendliche, die zum Zeitpunkt der Langzeit-EKG Untersuchung per definitionem an Symptomen der vegetativen Dystonie litten. Eine genaue Definition zum Begriff der vegetativen Dystonie ließ sich anhand von Literaturstellen definieren (siehe 2.2.1).

In die Kontrollgruppe dagegen wurden Patienten ohne Symptome der vegetativen Dystonie eingeschlossen (siehe 2.2.1).

---

## **2.2 Systematik der Datenerhebung**

### **2.2.1 Formulierung einer Definition zum Begriff „vegetative Dystonie“**

#### **(1.Schritt):**

Anhand der vorhandenen Literatur ließ sich definieren, was unter dem Begriff „vegetative Dystonie“ landläufig zu verstehen ist.

Laut Literatur versteht man unter dem Begriff „vegetative Dystonie“ eine Erkrankung oder ein Syndrom, die bzw. das durch nachfolgend aufgeführte Symptome oder durch die Kombination derselben ohne bisher nachweislich zu erkennende kardiale, neurologische oder sonstige klinisch-pathologisch fassbare Ursache gekennzeichnet ist:

**Symptombeschreibung nach Thöma** (aus „Vegetative Dystonie - die Allerweltserkrankung“, 1959) :

Herzbeschwerden:

- Herzstechen
- Herzklopfen, auch bei geringer körperlicher Belastung eintretend
- Herzjagen (syn.Herzrasen), auch bei Aufregung, nicht bzw. seltener bei körperlicher Anstrengung
- Engegefühl in der Brust
- Herzklopfen mit oder ohne Angstgefühl
- Druck unter dem Brustbein
- schneidender Herzschmerz

Kreislaufbeschwerden:

- Schwindel
- Sehstörungen

Weitere Symptome:

- Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Verdauungsbeschwerden mit Übelkeit, Brechgefühl, Schwitzen (meist nachts)

---

**Symptombeschreibung nach Sattler** (aus „Vegetative Dystonie-Gesundheitsstörungen ohne Befund“, 1992):

Organbezogene Beschwerden:

- Kopfschmerzen
- Sehstörungen
- Beklemmungsgefühl in der Brust
- Herzsensationen (Herzstiche, Herzstolpern, Herzrasen)
- Kreislaufbeschwerden, Synkope
- Übelkeit
- Erbrechen
- Magen- Darm- Beschwerden

Allgemeinsymptome:

- Schwindel
- Gefühl drohender Ohnmacht
- Schweißausbrüche

Bemerkung: selten kommen die Allgemeinsymptome oder organbezogene Symptome isoliert vor. Das Auftreten vieler Symptome wird auch als Vollbild der vegetativen Dystonie bezeichnet. Aufgrund der Vielfalt der Symptome sind im Laufe der Zeit mehrere unterschiedliche Begriffe entstanden, die durch ihre Begrifflichkeit das ein oder andere Symptom betonen, so z.B. Herzneurose, Vasoneurose, Kreislaufdystonie, Neurasthenie, psychovegetatives Syndrom, vegetatives Psychosyndrom, essentielle funktionelle Störung (Thöma S.11-13).

---

**Symptombeschreibung nach *Ermann*** (aus „Die Persönlichkeit bei psychovegetativen Störungen“, 1987):

Allgemeine Beschwerden:

- Allgemeine körperliche Beeinträchtigungen wie Müdigkeit, Schlafstörungen und Nervosität wechseln sich mit funktionellen Organbeschwerden rasch ab. Bezeichnet als sogenanntes Vollbild der vegetativen Dystonie.

Funktionelle Beschwerden:

- Kopfschmerzen
- Herzbeschwerden: Missempfindungen und Druckgefühl in der Brust, Stenokardien, Herzstechen, Herzstolpern, Herzrasen, Herzklopfen
- Kreislaufbeschwerden: Schwindel, Schwarzwerden vor Augen, Ohnmacht, Synkope, Erröten, Blässe, Kühle an Händen und Füßen
- Atembeschwerden: Atemnot
- Beschwerden im Bauch: Übelkeit, Erbrechen, Völlegefühl, Druckgefühle besonders in der Magengegend, Aufstoßen, Sodbrennen
- Muskel- und Gelenkbeschwerden, Urogenitalbeschwerden

### **2.2.2 Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien für Fall- und Kontrollgruppe (2.Schritt):**

Die Festlegung der Kriterienliste erfolgte im Vorfeld vorläufig durch Brainstorming und wurde dann beim Durcharbeiten der Akten (siehe 3.und 4. Schritt, 2.2.3 und 2.2.4) durch dort aufgeführte Diagnosen unter Beratung mit der kinderkardiologischen Abteilung der Kinderklinik Tübingen ergänzt. Die folgenden Abbildungen geben die vollständigen Kriterienlisten wieder, wie sie nach Betrachtung der Krankenakten festgelegt wurden.

**Tabelle 4:** Allgemeine gemeinsame Ausschlusskriterien für Fall- und Kontrollgruppe

<b>ALLGEMEINE AUSSCHLUSSKRITERIEN für Fall- und Kontrollgruppe</b>
<p>Alle Kinder mit Diagnosen, die auf eine strukturelle oder das kardiale Reizleitungssystem beeinflussende Erkrankung des Herzens hinwiesen, wurden nicht in die Studie aufgenommen.</p> <p>Dazu gehörten Kinder mit folgenden Diagnosen, die auch in den Krankenakten zu finden waren :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ASD = Vorhofseptumdefekt (störender Einfluss auf Erregungsleitungssystem bei Ausbreitung über die Vorhöfe), (A)VSD = (Atrio-)ventrikulärer Septumdefekt, Atrioventrikulärer Kanal</li> <li>2. Sämtliche Vitien, wenn deutlich ausgeprägt</li> <li>3. Aortenisthmusstenose (ISTA)</li> <li>4. Mitralklappenprolaps (MKP)</li> <li>5. Kardiomyopathien (DCM, HOCM)</li> <li>6. Perikarditis, auch Z.n. Perikarditis</li> <li>7. Fallot-Tetralogie (TOF)</li> <li>8. Transposition der großen Arterien (TGA), meist in Akte OP-Verfahren vermerkt: Senning/Switch</li> <li>9. Kinder mit Medikamenten, die auf das Reizleitungssystem wirken</li> <li>10. Long QT-Syndrom</li> <li>11. Zustand nach Reanimation</li> <li>12. Intrakardiale Tumoren</li> <li>13. Myokarditis</li> <li>14. Sick Sinus Syndrome (SSS)</li> <li>15. WPW-Syndrom (Wolff-Parkinson-White-Syndrom)</li> <li>16. Systemischer Lupus erythematodes (SLE)</li> <li>17. Lungenfehlbildungen</li> <li>18. Alle Reizleitungsstörungen (Blockbilder: Atrioventrikulärer Block, Sinuatrialer Block)</li> <li>19. Morbus Down</li> <li>20. Marfan-Syndrom</li> <li>21. Infekt oder Verdacht auf Infekt</li> <li>22. Durchgehende Ersatzrhythmen (z.B. AV-Rhythmus)</li> <li>23. Supraventrikuläre Tachykardie (SVT), permanente Sinustachykardie</li> <li>24. DORV (double outlet right ventricle)</li> <li>25. Schrittmacher (SM, pacemaker)</li> <li>26. TAC (Truncus arteriosus communis)</li> <li>27. Rastelli-OP bei AVSD, TGA</li> <li>28. Ventrikuläre Tachykardie (VTAC)</li> </ol> <p>Bemerkung:</p> <p>Ausschlusskriterium nur für die Kontrollgruppe: Alle Diagnosen der Fallgruppe</p>

**Tabelle 5: Einschlusskriterien für die Fallgruppe**

<b>EINSCHLUSSKRITERIEN der Fallgruppe</b>
<p>Es wurden Kinder in die Fallgruppe eingeschlossen mit ausschließlich folgenden klinischen Symptomen der vegetativen Dystonie (siehe Definition 2.2.1) und ohne nachweislich kardiale, neurologische und HNO-pathologische Ursachen oder Befunde in der ambulanten Akte und im Langzeit-EKG-Befund:</p> <p>Kreislaufsymptome:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Synkopale Anfälle, Ohnmachtsgefühle, vermehrte Kollapszustände</li> <li>2. Rezidivierender Schwindel aus Ruhe oder nach körperlicher Belastung, Schwindelattacken</li> <li>3. Blässe bei oder ohne Belastung, Blässeattacken</li> <li>4. Vigilanzstörung unklarer Genese mit oder ohne Blässe</li> <li>5. Schwarzwerden vor Augen</li> </ol> <p>Kardiale Symptome:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Brustschmerzen bei V.a. paroxysmaler Tachykardie (ohne Befund)</li> <li>7. Unspezifische Thoraxschmerzen</li> <li>8. V.a. paroxysmale Tachykardie oder supraventrikuläre Tachykardie im Rahmen einer typischen Anamnese: Herzklopfen ohne typischen Langzeit-EKG-Befund</li> <li>9. Herzstechen (meist auch nach seelischer Belastung in der Anamnese)</li> <li>10. Herzschmerzen</li> <li>11. Palpitationen</li> <li>12. Stenokardien, pektanginöse Beschwerden, Engegefühle in der Brust, retrosternale Schmerzen</li> <li>13. Präkardiale Schmerzen abhängig oder unabhängig von Belastung</li> <li>14. Attacken von starkem Herzklopfen</li> <li>15. Subjektives Gefühl von Herzrasen, Pulsrasen</li> <li>16. Nächtliches Erwachen wegen Herzklopfen mit Schwindel</li> </ol> <p>Andere Symptome der vegetativen Dystonie: in der Anamnese erwähnte Symptome, zusätzlich zu den oben aufgeführten Herz- und Kreislaufsymptomen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>17. Vermehrtes Schwitzen</li> <li>18. Kopfschmerzen</li> <li>19. Bauchschmerzen</li> <li>20. Übelkeit</li> <li>21. Sehstörungen</li> </ol> <p>Bemerkungen: In manchen Akten auch familiäre, schulische (usw.) Belastungssituationen beschrieben.</p>

**Tabelle 6:** Einschlusskriterien für die Kontrollgruppe

<b>EINSCHLUSSKRITERIEN der Kontrollgruppe</b>
<p>Kinder mit folgenden Diagnosen bzw. Langzeit-EKG-Befunden wurden in die Kontrollgruppe aufgenommen. Sie gelten für die Studie per definitionem als Kontrollen geeignet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aortenstenose, Pulmonalstenose, Aorteninsuffizienz (AI), Trikuspidalinsuffizienz (TI), wenn gering ausgeprägt (diese Diagnosen kamen nur ganz vereinzelt vor)</li> <li>2. Extrasystolen bzw. Extrasystolie (VES/SVES) ohne anamnestische Symptome wie Herzstolpern</li> <li>3. Sinusarrhythmie als altersentsprechender Befund</li> <li>4. Respiratorische Arrhythmie</li> <li>5. Belastungsabhängige Sinustachykardie (=normal), dazu zählt auch die Tachykardie bei Infekt (in den meisten Fällen war der Infekt zum Zeitpunkt der EKG Aufnahme schon vorüber)</li> <li>6. V.a. supraventrikuläre Tachykardie oder paroxysmale Tachykardie, wenn Verdacht nicht bestätigt, also Normalbefund, ohne anamnestische Symptome wie Herzrasen, Herzjagen usw.</li> <li>7. Symptome der vegetativen Dystonie, wenn seit mehr als einem Jahr nicht mehr beobachtet und EKG-Normalbefund</li> <li>8. Alle unter 1.-7. aufgeführten Diagnosen bei denen zusätzlich im Befund ein Wechsel zwischen SR und AV-Rhythmus vermerkt ist (nach Rücksprache mit Kinderkardiologie Normalbefund)</li> </ol>

### **2.2.3 Vorauswahl des Patientenkollektivs anhand der Langzeit-EKG-Befundakten der kinder-kardiologischen Ambulanz (3.Schritt):**

Nach vorläufiger Festlegung einer Ein- und Ausschlusskriterienliste wurden im dritten Schritt sämtliche Befundakten der Langzeit-EKG-Untersuchungen aus der kinder-kardiologischen Ambulanz der Universität Tübingen durchgesehen, um mögliche Kandidaten für die Studie unter Berücksichtigung der Kriterien zu erfassen. In den Langzeit-EKG-Befundakten waren nicht nur die Ergebnisse der EKG-Befundung aufgeführt, sondern auch vorbekannte Diagnosen und besondere wegweisende Symptome, die zur Durchführung des Langzeit-EKGs veranlasst hatten. Diejenigen Diagnosen und Befunde, die in der vorläufig durch Brainstorming verfassten Kriterienliste nicht aufgeführt waren, wurden in Absprache mit der Kinderkardiologie auf die Bedeutung als Ein- oder Ausschlusskriterium überprüft und der jeweiligen Aus- bzw. Einschlusskriterienliste nachträglich hinzugefügt. So wurden solche Kinder und Jugendliche nicht in die Studie aufgenommen, bei denen strukturelle oder das

Erregungsleitungssystem betreffende Herzerkrankungen oder das Herz beeinflussende Grundleiden bekannt waren.

Die erfassten Daten wurden in eine Excel-Tabelle eingetragen. Hierbei wurden Name und Geburtsdatum des Patienten, Datum der EKG-Aufzeichnung, die Diagnosen- und Befundliste sowie der gesamte EKG-Befund in Stichworten dokumentiert.

#### **2.2.4 Prüfung des Patientenkollektives aus der Vorauswahl auf endgültige Eignung für die Studie (4.Schritt):**

Der vierte Schritt beinhaltete das Aufsuchen und Durchsehen der ambulanten Akten aller im vorigen dritten Schritt gewonnener Patienten, um ihre Eignung nochmals anhand der dort verzeichneten Diagnosen, Symptome und Anamnesen zu überprüfen und so sicherzustellen. Beim Durcharbeiten der Akten wurden ebenfalls die Diagnosen, Symptome und Anamnesen der Patienten in Stichworten der Excel-Tabelle hinzugefügt. Diejenigen Kinder, die laut ambulanter Akte die Einschlusskriterien nicht erfüllten, wurden nachträglich aus dem Kollektiv gestrichen.

#### **2.2.5 Vergabe der Studiencodes (5.Schritt):**

Jedes am Ende von Schritt 4 übriggebliebene Kind erhielt einen individuellen 6-stelligen Studiencode, in den folgende Charakteristika eingingen.

**Tabelle 7:** Zusammensetzung des Studiencodes

<b>Charakteristikum</b>	Zugehörigkeit zur Fall (FG) - oder Kontrollgruppe (KG)	Geschlecht	Alter (bestehend aus 2 Ziffern)	Nummer innerhalb der Altersgruppe
<b>Ziffer</b>	FG=1 KG=2	Männlich=1 Weiblich=2	03,04,05...16 (von 3 bis 16 Jahren)	01,02,03...n
<b>Beispiel</b> Studiencode: 210805	2	1	08	05

### **2.2.6 Auswertung der Langzeit-EKGs (6.Schritt)**

Im sechsten Schritt erfolgte die Auswertung der aufgezeichneten Langzeit-EKGs mit Hilfe des EKG-Analyseprogrammes HRV-Analyze.

Die Langzeit-EKGs waren auf sogenannten MO-Speichermedien der Firma Sony elektronisch gesichert und mussten vor der eigentlichen Auswertung in ein für das Analyseprogramm zugängliches Format konvertiert werden.

Das genaue Vorgehen bei der Auswertung sowie Grundlegendes zu den dabei erhaltenen Messdaten wird im folgenden Kapitel 2.3 ausführlich erläutert.

## **2.3 EKG-Auswertung**

### **2.3.1 Allgemeines**

Die Auswertung der Langzeit-EKGs wurde, wie auch oben erwähnt, mit Hilfe des EKG-Analyseprogrammes HRV-Analyzer durchgeführt. Das Programm diente der Erfassung verschiedener HRV-Parameter aus den aufgezeichneten Langzeit-EKGs.

### **2.3.2 Zum Programm HRV-Analyzer**

Das Programm HRV-Analyzer/ECG-Analyzer (Softwareentwicklung durch Herrn Matthias Nickola) wurde dazu konzipiert, aus einem definierten EKG-Abschnitt die erwähnten HRV-Parameter zu erfassen. Es bedient sich dabei der Analyse der Abstände zwischen zwei R-Zacken.

### **2.3.3 Zu den Langzeit-EKGs**

Die Ableitung und Aufzeichnung der Langzeit-EKGs erfolgte mit Hilfe des Aufzeichnungsgerätes KARDIOLIGHT 8.2p der Firma MEDSET.

Zur Auswertung stand dadurch die Ableitung II nach Einthoven zur Verfügung.

### **2.3.4 Vorgang der EKG-Auswertung**

#### **1) Festlegen eines definierten EKG-Abschnittes**

Um die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Messungen zu gewährleisten, wurde ein 2¼ Stunden langer Zeitabschnitt aus den aufgezeichneten 24 Stunden definiert, aus dem wiederum der zur eigentlichen Auswertung benötigte 512 Sekunden lange EKG-Abschnitt gewonnen wurde.

Bei der Festlegung des groben zeitlichen Abschnittes von 2¼ Stunden waren dabei die Überlegungen maßgebend, dass zur Auswertung ein EKG-Abschnitt benötigt wird, der am wenigsten von individueller körperlicher Aktivität (beispielsweise Sport oder Spielen) oder von externen momentanen Einflüssen der Umgebung (beispielsweise Weinen oder Streit mit Altersgenossen oder Eltern) beeinflusst wird. Einen solchen Abschnitt ohne die eben genannten kaum relativierbaren Ereignisse des Tages lässt sich nur in der Zeit des Schlafes finden.

Deshalb wurde ein Zeitabschnitt zwischen 00.30 Uhr und 02.45 Uhr in der Nacht festgelegt, in dem davon auszugehen ist, dass sich die gemessenen Kinder in der Schlafphase befinden.

Beim Ausschuchen des 512 Sekunden langen EKG-Abschnittes für die Auswertung mit dem ECG-Analyzer wurden ebenfalls wichtige Gesichtspunkte berücksichtigt. Der zu analysierende Abschnitt sollte nicht in einer REM-Schlafphase liegen, da sich hier die Einflüsse von Träumen auf die vegetativen Funktionen wiederum in einer nicht relativierbaren Weise ungünstig auf die Auswertung auswirken könnten. In den REM-Schlafphasen findet man im EKG meist eine gesteigerte Herzfrequenz und auch eine vertikale Abweichung der horizontalen EKG-Linie, was auf eine vermehrte Bewegung des Patienten hinweist. Diese zwar relativ unspezifischen Zeichen waren somit ein unverzichtbarer Bestandteil bei der Auswahl eines geeigneten Abschnittes. So wurden besonders Abschnitte mit optisch niedrigeren Frequenzen als Korrelat einer non-REM-Schlafphase ausgesucht.

## 2) Beispiele geeigneter und ungeeigneter EKG-Abschnitte

Im folgenden einige Beispiele für die oben genannten beim Ausschuchen des endgültigen Abschnittes zu berücksichtigenden EKG-Morphologien:

### Abbildung 1: EKG-Analyse - Beispiel 1 für ungeeigneten EKG-Abschnitt

**Aufnahmezeitpunkt:** am Tag, 16.33 Uhr

**Charakteristikum des Abschnittes:** man sieht ein sehr unruhiges EKG mit hoher Frequenz und vertikalen Abweichungen der EKG-Linie

**Interpretation:** für einen Abschnitt am Tag typisches EKG-Bild, sehr unruhig, hohe Frequenzen bei Aktivität, horizontale Abweichungen der EKG-Linie, ungeeignet für eine Auswertung

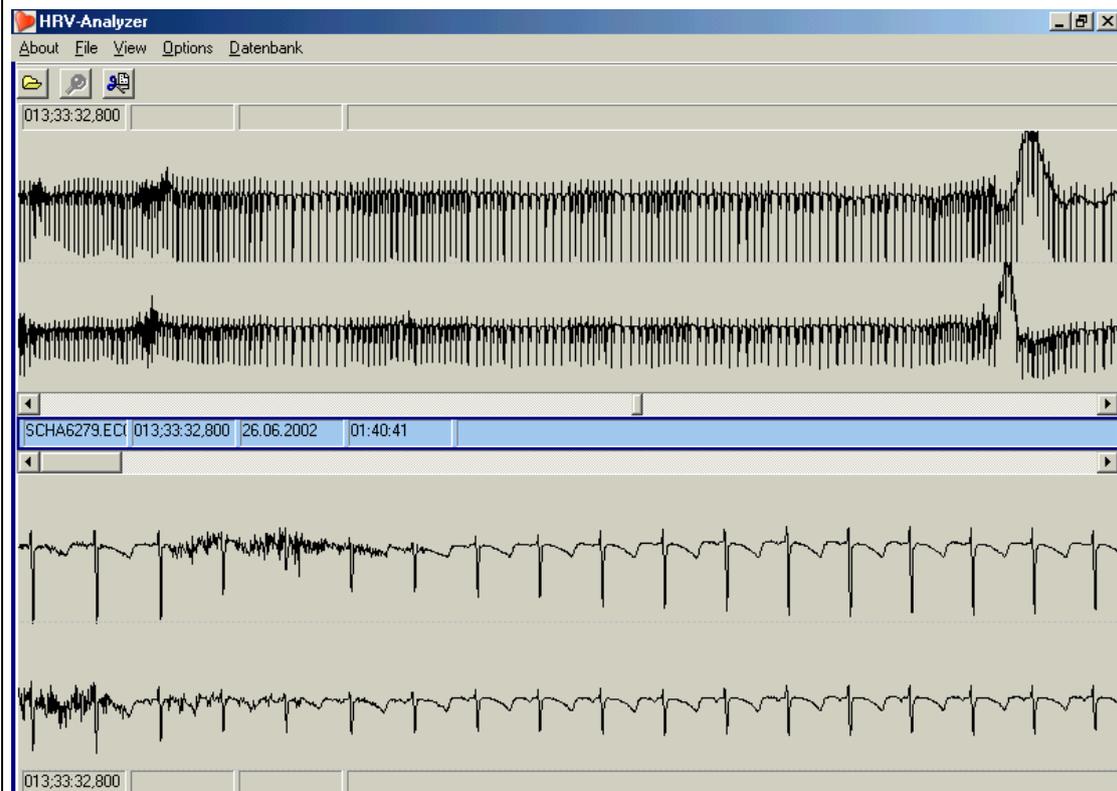


**Abbildung 2:** EKG-Analyse - Beispiel 2 für ungeeigneten EKG-Abschnitt

**Zeitpunkt der Aufnahme:** nachts, 01.40 Uhr

**Charakteristikum des Abschnittes:** man sieht ein deutlich unruhiges EKG mit abschnittsweise starken Schwankungen der Herzfrequenz mit deutlicher Tendenz zu hohen Frequenzen sowie eine stellenweise nach vertikal abweichende EKG-Linie

**Interpretation:** sehr wahrscheinlich REM-Schlafphase, für die Analyse nicht geeignet



**Abbildung 3:** EKG-Analyse - Beispiel für einen geeigneten EKG-Abschnitt

**Aufnahmezeitpunkt:** nachts, 01.32 Uhr

**Charakteristikum des Abschnittes:** man sieht ein ruhiges regelmäßig erscheinendes EKG ohne vertikale Abweichungen der EKG-Linie, niedrige Frequenz

**Interpretation:** am wahrscheinlichsten non-REM-Tiefschlafphase, geeignet für die Analyse



Bemerkung zu den Abbildungen 1 bis 3:

Diese 3 Abbildungen stammen vom selben Patienten. So sind daraus auch die tageszeitlichen intraindividuellen Unterschiede in der EKG-Morphologie ersichtlich. Dieser Patient wird auch für die Darstellung der exemplarischen Auswertung unter **3)** verwendet.

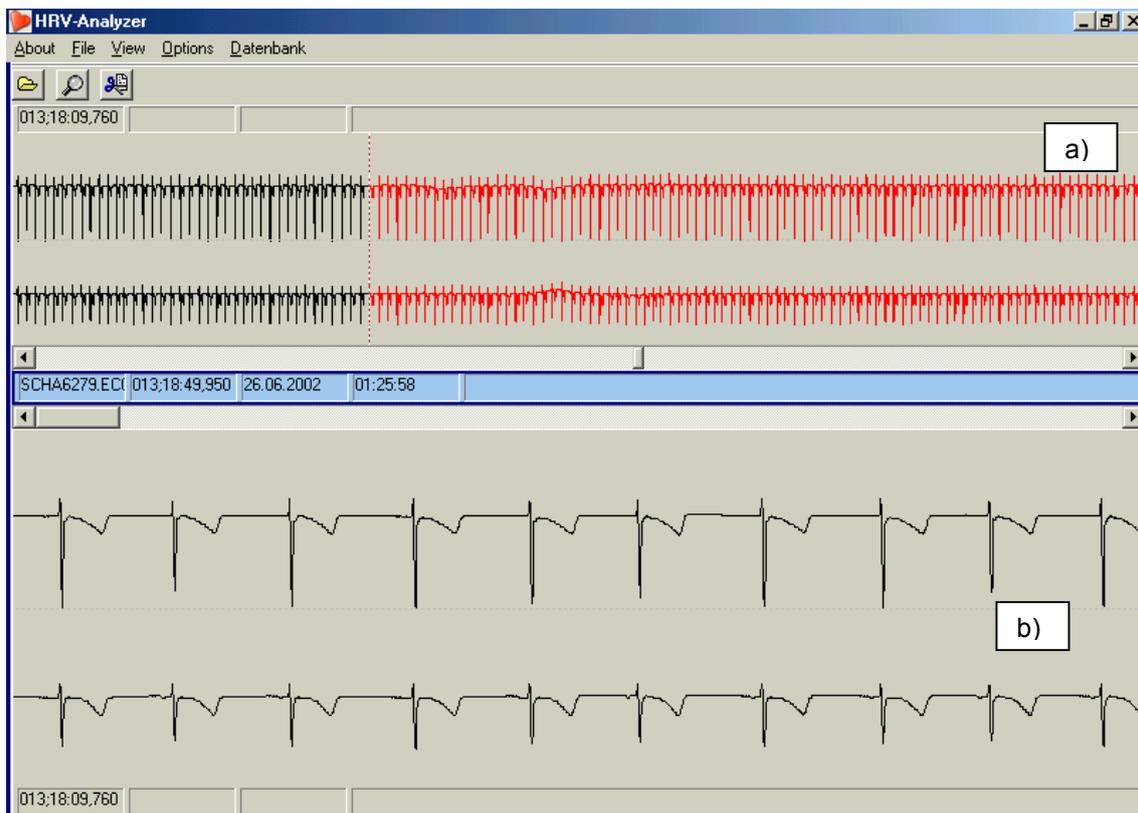
### 3) Exemplarische Auswertung

Die Auswertung des 512 Sekunden langen EKG-Abschnittes wurde vom Programm ECG-Analyzer selbständig durchgeführt.

#### Schritt 1:

Im ersten Schritt der Auswertung wird ein geeigneter EKG-Abschnitt wie in a) der Abbildung 4 markiert. Der Computer markiert dabei ab dem mit der „Maus“ gesetzten Markierungspunkt einen Abschnitt mit der Länge 512 Sekunden (rote Markierung in a)).

**Abbildung 4:** Computerisierte Auswertung des geeigneten EKG-Abschnittes  
– erster Schritt



**Legende:** **a)** Übersicht über einen EKG-Abschnitt von etwa 2-minütiger Länge aus der Gesamtaufzeichnung über 24 Stunden; **b)** vergrößerter Ausschnitt aus dem Abschnitt in a)

**Schritt 2:**

Im 2.Schritt registriert dann der Computer selbst die R-Zacken. Dabei werden die R-Zacken mit einem roten Balken, wie in der unteren Abbildung 5 bei b) dargestellt, markiert.

**Abbildung 5:** Computerisierte Auswertung des geeigneten EKG-Abschnittes – zweiter Schritt



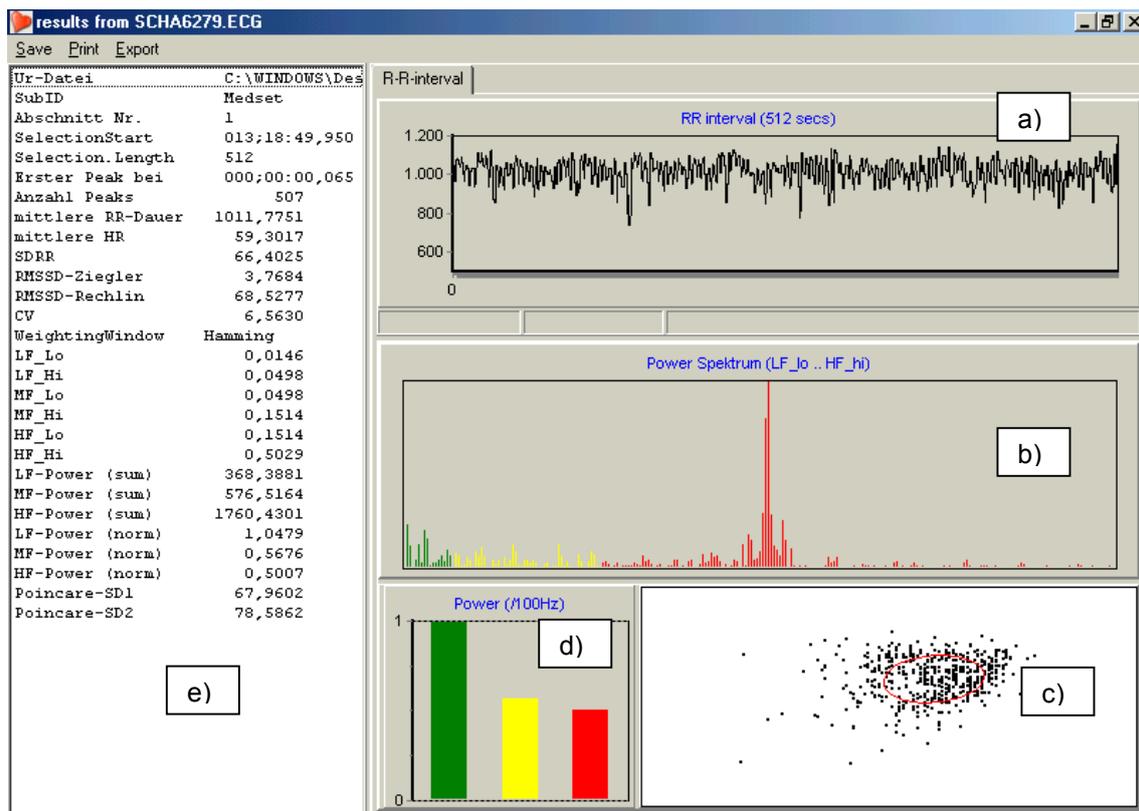
**Legende:** a) Darstellung über die durchschnittliche Herzfrequenz zu jedem Zeitpunkt des im 1. Schritt markierten EKG-Abschnittes (512 sec);

b) Vergrößerter Ausschnitt aus dem markierten EKG-Abschnitt von 512 sec mit detektierten (markierten) R-Zacken; c) Kurve der Steigungen als Detektionsregulator. Sie gibt die Steigung zu jedem Punkt im EKG an. Detektiert werden nur diejenigen R-Zacken, deren Steigungsausschlag einen Schnittpunkt mit der veränderbaren grün gestrichelten horizontalen Geraden haben; d) Zeitpunkte der R-Zacken innerhalb der 512 sec.

**Schritt 3:**

Im 3. Schritt berechnet der Computer selbst aus dem markierten EKG-Abschnitt die für die spätere statistische Auswertung nötigen HRV-Parameter, sowie Herzfrequenz und mittleren RR-Abstand.

**Abbildung 6:** Computerisierte Auswertung des geeigneten EKG-Abschnittes – dritter Schritt



**Legende:** a) graphische Darstellung der RR-Intervalle; b) graphische Darstellung der Spektralen Power LF, MF und HF; c) Poincaré plot; d) Graphische Darstellung der spectral power; e) Auflistung der vom Computer automatisch berechneten Zahlenwerte aller HRV-Parameter

Die so erhaltenen Messwerte eines jeden Probanden wurden dann zusammen mit der EXCEL-Datei in eine JMP-Datei des Statistikprogrammes JMP kopiert.

## **2.4 Statistische Analyse**

Die statistische Analyse erfolgte mit dem Analyseprogramm JMP IN 5.1. Als Testverfahren wurden der Mann-Whitney u-Test und der Student-t-Test verwendet.

## **2.5 Kritik der Methodik**

### **2.5.1 Auswahl des Patientenkollektives**

Bei der vorliegenden Studie wurde der Versuch gemacht, durch eine doppelte Prüfung die Eignung eines Patienten für die Studie sicherzustellen, indem neben den Langzeit-EKG-Befundakten zusätzlich noch die ambulanten Akten durchgearbeitet wurden. Trotz der retrospektiven Durchführung konnte deshalb davon ausgegangen werden, dass die Eignung durch Abwesenheit der Ausschlusskriterien mit hoher Wahrscheinlichkeit sichergestellt war.

Von 40 Patienten waren jedoch keine ambulanten Akten auffindbar oder angelegt, sodass von dieser Anzahl alleine die Langzeit-EKG-Befunde mit den darauf verzeichneten Diagnosen zur Eignungsprüfung ausreichen mussten.

### **2.5.2 Schwierigkeiten bei der EKG-Auswertung**

Wie schon oben erwähnt war für die Auswertung – um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten – ein EKG-Abschnitt notwendig, der möglichst in der non-REM-Tiefschlafphase lag. Die Möglichkeiten einen solchen Abschnitt zu finden waren äußerst schwierig und es konnte dabei nur mit den oben genannten Methoden (Herzfrequenz und Abweichungen der horizontalen EKG-Linie) gearbeitet werden, da zur Bearbeitung der Fragestellung nur die Aufzeichnungen des 24-Stunden-Langzeit-EKGs zur Verfügung standen. Idealerweise sollte neben der EKG-Aufnahme simultan die Aufnahme eines EEG erfolgen, damit man eindeutig REM-Phasen von non-REM-Phasen unterscheiden kann. Bei zukünftigen prospektiv durchgeführten Studien zur Herzfrequenzvariabilität bei vegetativer Dystonie sollte dieser Aspekt berücksichtigt werden.

Durch den Charakter der Retrospektivität konnte dieser Aspekt jedoch nicht berücksichtigt werden, da eben eine solche doppelte Simultanaufnahme von EKG und EEG nicht vorhanden war. Es war deshalb nötig auf andere Methoden der Unterscheidung der Schlafphasen (Herzfrequenz und Abweichungen der horizontalen EKG-Linie) zurückzugreifen.

### **3 ERGEBNISSE**

#### **3.1 Zusammensetzung von Fall- und Kontrollgruppe**

##### **3.1.1 Patientenzahl und Geschlechterverteilung**

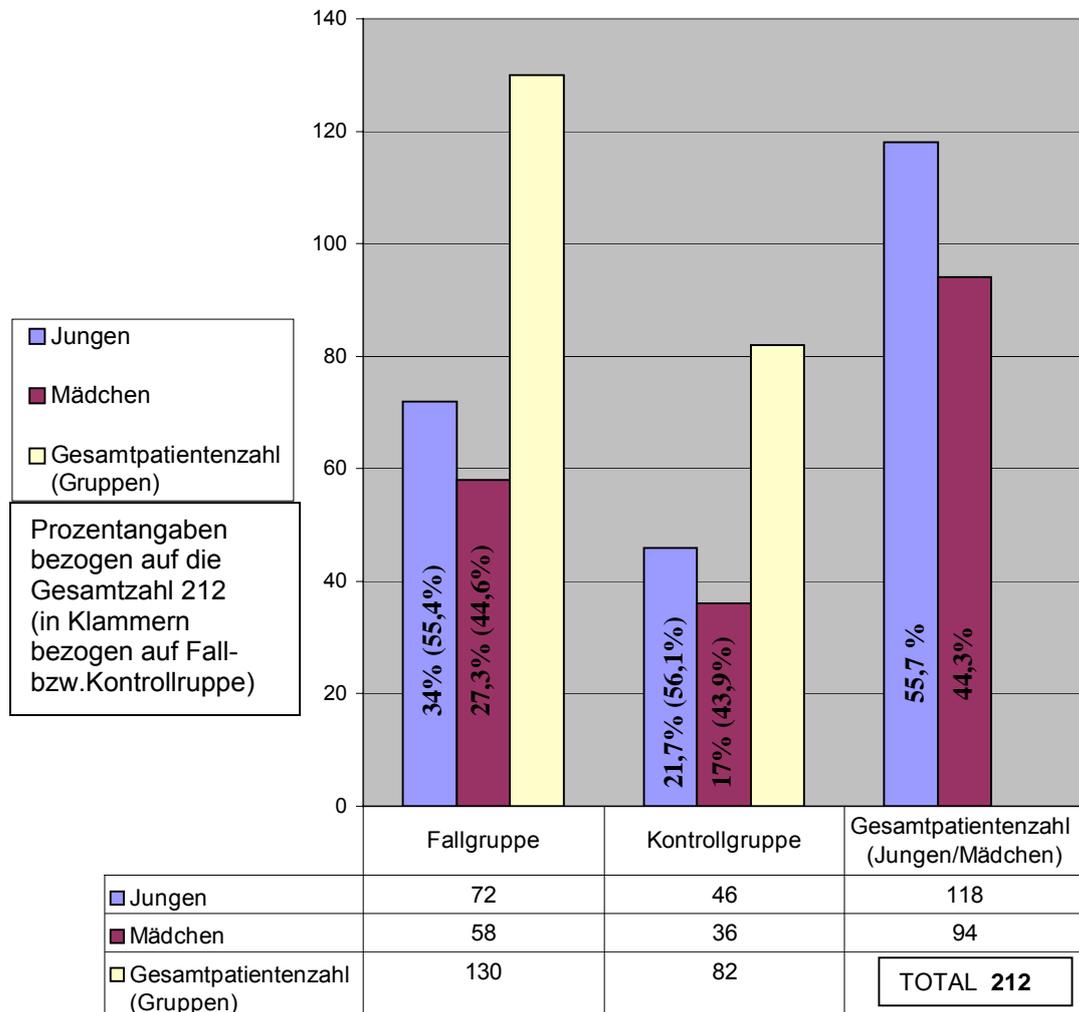
Insgesamt wurden in die Studie 212 Kinder eingeschlossen. Die Anzahl an männlichen und weiblichen Probanden in gemeinsamer Fall- und Kontrollgruppe sowie die prozentuellen Verhältnisse sind aus nachstehender Graphik ersichtlich.

Allgemeine Erläuterungen zur Begrifflichkeit:

Die Bezeichnung „*gemeinsam*“ soll verdeutlichen, dass alle Kinder der altersbezogenen Gruppen in einer gemeinsamen, umfassenden Gruppe zusammengefasst sind. Mit anderen Worten befinden sich in der gemeinsamen Fallgruppe die Fallgruppenkinder aller Altersgruppen und analog dazu in der gemeinsamen Kontrollgruppe die Kontrollgruppenkinder aller Altersgruppen (FG<sup>gem</sup> mit 130 Kindern, KG<sup>gem</sup> mit 82 Kindern).

Auf die Wichtigkeit der Bildung altersbezogener Gruppen wird in den nächsten Abschnitten genauer eingegangen.

**Abbildung 7:** Graphische Darstellung: Geschlechterverteilung und Patientenzahlen in gemeinsamer Fall- und Kontrollgruppe



Wie aus Abbildung 7 hervorgeht ist in gemeinsamer Fall- und Kontrollgruppe das Verhältnis von Jungen zu Mädchen annähernd gleich, nämlich in der Fallgruppe 1,24 : 1 und in der Kontrollgruppe 1,28 : 1 (siehe auch Prozentangaben in Klammern).

### 3.1.2 Durchschnittsalter in den Gruppen

Nachstehend sind die Altersverteilungen in gemeinsamer Fall- und Kontrollgruppe sowie unter Mädchen und Jungen aufgeführt.

**Tabelle 8:** Altersverteilung der Gruppen

	<b>Gemeinsame Fallgruppe (FG<sup>gem</sup>)</b>	<b>Gemeinsame Kontrollgruppe (KG<sup>gem</sup>)</b>	<b>Jungen</b>	<b>Mädchen</b>
<b>Durchschnittsalter</b> (in Jahren)	9,4	8,5	9,0	9,2
<b>Standardabweichung Alter</b> (in Jahren)	3,0	3,2	3,1	3,2
<b>Altersbereich</b> (in Jahren)	3-16	4-16	3-16	3-16

### 3.1.3 Gruppenzusammensetzung nach Alter (mit Durchschnittsalter)

Zur besseren statistischen Auswertung bei den vorhandenen Fallzahlen wurde nicht jeder Jahrgang einzeln untersucht, sondern 3-4 Jahrgänge zu einer Altersgruppe zusammengefasst, wie es die nachfolgende Tabelle 9 zeigt. Dadurch konnten sowohl die in manchen Jahrgängen vorhandenen niedrigen Fallzahlen als auch die Vergleichbarkeit hinsichtlich des Alters (lineare Progression der HRV-Parameter mit dem Alter; Rechlin, 1998) berücksichtigt werden.

**Tabelle 9:** Patientenzahl und Durchschnittsalter in den Altersgruppen

<b>Alter</b> [ in Jahren]	<b>Fallgruppe</b> [Anzahl]	<b>Fallgruppe</b> <b>gruppiert</b> [Anzahl] ( ) = Durch- schnittsalter	<b>Kontrollgruppe</b> [Anzahl]	<b>Kontrollgruppe</b> <b>gruppiert</b> [Anzahl] ( ) = Durch- schnittsalter
<b>3</b>	4	23 (4,6 Jahre)	0	28 (5,2 Jahre)
<b>4</b>	4		5	
<b>5</b>	10		12	
<b>6</b>	5		11	
<b>7</b>	9	46 (8,2 Jahre)	6	23 (8,0 Jahre)
<b>8</b>	15		11	
<b>9</b>	22		6	
<b>10</b>	9	38 (11,1 Jahre)	8	18 (10,7 Jahre)
<b>11</b>	15		7	
<b>12</b>	14		3	
<b>13</b>	12	23 (13,8 Jahre)	4	13 (14 Jahre)
<b>14</b>	5		6	
<b>15</b>	4		2	
<b>16</b>	2		1	
<b>Total</b>	130		82	

### 3.1.4 Gruppenkennziffer

Die statistische Auswertung durch das Statistikprogramm wird wesentlich erleichtert, wenn man den jeweiligen Gruppen eine Kennziffer zuordnet.

In den folgenden Tabellen sind diese Kennziffern mit aufgeführt.

Die Gruppenkennziffern wurden wie folgt festgelegt:

**Tabelle 10:** Zuordnung der Gruppenkennziffern zu den Altersgruppen

FG <sup>gem</sup>	KG <sup>gem</sup>	Jungen	Mädchen	3.-6.Lj		7.-9.Lj		10.-12.Lj		13.-16.Lj	
				FG	KG	FG	KG	FG	KG	FG	KG
1	2	01	02	11	21	12	22	13	23	14	24

**Legende:** FG<sup>gem</sup>= gemeinsame Fallgruppe; KG<sup>gem</sup>= gemeinsame Kontrollgruppe; FG= Fallgruppe; KG= Kontrollgruppe

## **3.2 Allgemeines zur beschreibenden Darstellung und statistischen**

### **Auswertung der Messergebnisse**

Um der Altersabhängigkeit der HRV-Parameter (Rechlin, 1998) Rechnung zu tragen, scheint – wie oben erwähnt – eine nach dem Alter getrennte beschreibende und statistische Betrachtung besonders sinnvoll (Einteilung in Altersgruppen, siehe 3.1.3). Der Vollständigkeit halber und aus Interesse jedoch veranlassten mich besonders die ähnlichen Durchschnittsalter und Standardabweichungen von gemeinsamer Fall - und Kontrollgruppe (siehe 3.1.2, FG<sup>gem</sup> und KG<sup>gem</sup>) einen statistischen Vergleich der beiden großen Gruppen durchzuführen (siehe 3.4 Statistische Auswertung der Messergebnisse).

### **3.3 Beschreibende Darstellung und Betrachtung der Messergebnisse**

Die genauen Ergebnisse werden im folgenden in tabellarischer Form und in Worten beschreibend dargestellt. Es wird dabei der Frage nachgegangen, um wieviel Prozent ausgehend vom Kontrollgruppenmittelwert ein HRV-Parameter-Mittelwert der Fallgruppe höher oder niedriger ist als der Kontrollgruppenmittelwert.

### 3.3.1 Ergebnisse: Vergleich gemeinsame Fallgruppe versus gemeinsame Kontrollgruppe

**Tabelle 11:** Ergebnisse (beschreibend): Vergleich gemeinsame Fallgruppe versus gemeinsame Kontrollgruppe

HRV-Parameter	1=Fall 2=Kontroll	Patientenzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Differenz der Mittelwerte (MD)	Relative Ab- /Zunahme des Parameters der FG gegenüber der KG  MD: MW (Kontroll]) (wenn x100, dann in %)
MEANRR	1	130	878,425	140,103	-13,875	-0,0155
	2	82	892,300	140,400	-13,875	
MEANHR	1	130	70,146	11,926	1,295	0,0188
	2	82	68,851	10,547	1,295	
SDRR	1	130	69,898	38,169	-18,629	-0,2104
	2	82	88,527	50,509	-18,629	
RMSSD_Z	1	130	3,598	2,593	-1,209	-0,2515
	2	82	4,807	3,556	-1,209	
RMSSD_R	1	130	67,299	46,973	-20,509	-0,2336
	2	82	87,808	63,692	-20,509	
CV	1	130	7,733	3,602	-1,973	-0,2033
	2	82	9,706	4,983	-1,973	
LFPOWSUM	1	130	490,446	504,074	-86,005	-0,1492
	2	82	576,451	453,575	-86,005	
MFPOWSUM	1	130	753,252	787,858	-529,578	-0,4128
	2	82	1282,830	1421,980	-529,578	
HFPOWSUM	1	130	2586,682	3699,759	-1980,872	-0,4337
	2	82	4567,554	5835,676	-1980,872	
LF_NORM	1	130	1,395	1,434	-0,245	-0,1494
	2	82	1,640	1,290	-0,245	
MF_NORM	1	130	0,742	0,776	-0,521	-0,4125
	2	82	1,263	1,400	-0,521	
HF_NORM	1	130	0,736	1,052	-0,563	-0,4334
	2	82	1,299	1,660	-0,563	
SD1	1	130	66,179	38,631	-18,971	-0,2228
	2	82	85,150	53,880	-18,971	
SD2	1	130	82,524	37,393	-16,674	-0,1681
	2	82	99,198	47,156	-16,674	

**Bemerkungen zur Tabelle:**

Im Gesamtvergleich der beiden Gruppen gemeinsame Fall- und Kontrollgruppe zeigen sich mit Ausnahme des MEANRR und der MEANHR bei sonst allen Werten Unterschiede. Besonders deutlich sind diese in der parasympathikusspezifischen HF und in der MF mit einer Erniedrigung der Fallgruppenwerte von 43,34% (HF) beziehungsweise 41,25% (MF). Weitere weniger stark (nicht über 25 %) erniedrigte Fallgruppenwerte finden sich bei allen anderen Parametern.

### 3.3.2 Ergebnisse: Vergleich Jungen versus Mädchen

**Tabelle 12:** Ergebnisse (beschreibend): Vergleich Jungen versus Mädchen

HRV-Parameter	01= Jungen/ 02= Mädchen	Patientenzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Differenz der Mittelwerte (MD)	Relative Ab- /Zunahme des Parameters der FG gegenüber der KG  MD: MW (Kontroll]) (wenn x100, dann in %)
MEANRR	01	118	888,886	141,559	11,49	0,0131
	02	94	877,396	138,618	11,49	
MEANHR	01	118	69,188	10,923	-1,031	-0,0147
	02	94	70,219	12,016	-1,031	
SDRR	01	118	78,072	45,252	2,184	0,0288
	02	94	75,888	43,029	2,184	
RMSSD_Z	01	118	4,075	3,110	0,022	0,0054
	02	94	4,053	2,994	0,022	
RMSSD_R	01	118	74,701	55,227	-1,197	0,0158
	02	94	75,898	54,619	-1,197	
CV	01	118	8,566	4,356	0,158	0,0188
	02	94	8,408	4,224	0,158	
LFPOWSUM	01	118	560,370	522,349	82,675	0,1731
	02	94	477,695	434,195	82,675	
MFPOWSUM	01	118	1029,680	1227,917	161,461	0,186
	02	94	868,219	928,549	161,461	
HFPOWSUM	01	118	3249,278	4543,849	-233,629	-0,0671
	02	94	3482,907	4976,336	-233,629	
LF_NORM	01	118	1,594	1,486	0,235	0,173
	02	94	1,359	1,235	0,235	
MF_NORM	01	118	1,014	1,209	0,159	0,186
	02	94	0,855	0,914	0,159	
HF_NORM	01	118	0,924	1,292	-0,067	-0,0676
	02	94	0,991	1,415	-0,067	
SD1	01	118	73,663	46,506	0,33	0,0045
	02	94	73,333	45,520	0,33	
SD2	01	118	90,675	43,783	3,838	0,0442
	2	94	86,837	40,082	3,838	

**Bemerkungen zur Tabelle:**

Die Tabelle zeigt bei fast allen HRV-Werten kaum Mittelwertsunterschiede zwischen der Gruppe der Jungen und der Gruppe der Mädchen. Die LF ist bei den Jungen um 17,3% stärker ausgeprägt als bei den Mädchen, die MF um 18,6 %. Alle anderen Wertunterschiede belaufen sich auf unter 7%.

### 3.3.3 Ergebnisse: Altersgruppe 3-6 Jahre

**Tabelle 13:** Ergebnisse (beschreibend): Altersgruppe 3-6 Jahre

HRV-Parameter	11=Fall 21=Kontroll	Patientenzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Differenz der Mittelwerte (MD)	Relative Ab- /Zunahme des Parameters der FG gegenüber der KG  MD: MW (Kontroll]) (wenn x100, dann in %)
MEANRR	11	23	807,727	114,492	-58,748	-0,0678
	21	28	866,475	116,060	-58,748	
MEANHR	11	23	75,829	11,559	5,371	0,0762
	21	28	70,458	9,472	5,371	
SDRR	11	23	71,798	38,865	-28,300	-0,2827
	21	28	100,098	55,029	-28,300	
RMSSD_Z	11	23	3,723	2,556	-1,880	-0,3355
	21	28	5,603	3,616	-1,880	
RMSSD_R	11	23	71,883	47,663	-31,594	-0,3053
	21	28	103,478	64,736	-31,594	
CV	11	23	8,509	3,873	-2,679	-0,2394
	21	28	11,189	5,480	-2,679	
LFPOWSUM	11	23	444,688	434,477	-168,361	-0,2745
	21	28	613,050	546,010	-168,361	
MFPOWSUM	11	23	811,417	862,239	-828,206	-0,5051
	21	28	1639,623	1896,929	-828,206	
HFPOWSUM	11	23	2942,480	2803,354	-2506,571	-0,4600
	21	28	5449,052	5254,066	-2506,571	
LF_NORM	11	23	1,265	1,236	-0,479	-0,2747
	21	28	1,744	1,553	-0,479	
MF_NORM	11	23	0,799	0,849	-0,815	-0,5050
	21	28	1,614	1,868	-0,815	
HF_NORM	11	23	0,837	0,797	-0,713	-0,4600
	21	28	1,550	1,494	-0,713	
SD1	11	23	69,131	39,374	-28,924	-0,2950
	21	28	98,054	56,376	-28,924	
SD2	11	23	81,830	37,382	-26,175	-0,2423
	21	28	108,005	54,011	-26,175	

**Bemerkungen zur Tabelle:**

Bei nahezu allen HRV-Parametern findet sich unabhängig von Parasympathikus und Sympathikus eine gegenüber der Kontrollgruppe bestehende Erniedrigung der Fallgruppenwerte. Die sympathikusspezifische LFPOWSUM ist dabei mit 27,45% geringer erniedrigt als die parasympathikusspezifische HFPOWSUM mit 46%. Alle anderen parasympathikusspezifischen Parameter der Fallgruppe zeigen ebenfalls deutlich erniedrigte Mittelwerte: SDRR 28,27%, RMSSD-Z 33,55 %, RMSSD-R 30,53%, CV 23,94 % und MFPOWSUM 50,51%. Die Mittelwerte des MEANRR und der MEANHR sind mit einer Erniedrigung von 6,78% (MEANRR) beziehungsweise einer Erhöhung von 7,62% (MEANHR) im Vergleich zur Kontrollgruppe nur unwesentlich verändert.

Bei der Betrachtung der Standardabweichungen ist mit Ausnahme des MEANRR und der MEANHR bei allen Parametern eine starke Streuung der Werte zu verzeichnen. Die Werte der Standardabweichungen sind in vielen Fällen fast oder mehr als halb so groß (SDRR; RMSSD; CV ,SD1; SD2) wie die Mittelwerte, manchmal erreichen sie sogar Werte, die im Bereich der Mittelwerte (LF-low frequency; HF-high frequency) oder höher (MF-mid frequency) als diese liegen. Daraus ergeben sich sehr große Überlappungsbereiche.

### 3.3.4 Ergebnisse: Altersgruppe 7-9 Jahre

**Tabelle 14:** Ergebnisse (beschreibend): Altersgruppe 7-9 Jahre

HRV-Parameter	12=Fall 22=Kontroll	Patientenzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Differenz der Mittelwerte (MD)	Relative Ab- /Zunahme des Parameters der FG gegenüber der KG  MD: MW (Kontroll]) (wenn x100, dann in %)
MEANRR	12	46	868,260	149,792	-1,945	-0,0022
	22	23	870,205	146,613	-1,945	
MEANHR	12	46	71,331	13,477	0,593	0,0083
	22	23	70,738	11,378	0,593	
SDRR	12	46	73,587	41,185	-4,905	-0,0624
	22	23	78,492	42,814	-4,905	
RMSSD_Z	12	46	3,833	2,834	-0,231	-0,0524
	22	23	4,065	3,132	-0,231	
RMSSD_R	12	46	71,954	51,790	-2,216	-0,0299
	22	23	74,170	54,920	-2,216	
CV	12	46	8,144	3,695	-0,605	-0,0692
	22	23	8,749	3,982	-0,605	
LFPOWSUM	12	46	569,379	648,054	11,257	0,0202
	22	23	558,122	455,662	11,257	
MFPOWSUM	12	46	793,726	752,390	-253,167	-0,2418
	22	23	1046,894	879,052	-253,167	
HFPOWSUM	12	46	2980,359	4774,858	-462,799	-0,1344
	22	23	3443,158	4712,856	-462,799	
LF_NORM	12	46	1,620	1,843	0,032	0,0202
	22	23	1,588	1,296	0,032	
MF_NORM	12	46	0,782	0,741	-0,249	-0,2415
	22	23	1,031	0,866	-0,249	
HF_NORM	12	46	0,848	1,358	-0,132	-0,1348
	22	23	0,979	1,341	-0,132	
SD1	12	46	69,094	42,548	-4,245	-0,0578
	22	23	73,339	46,006	-4,245	
SD2	12	46	85,647	40,564	-5,177	-0,0570
	22	23	90,824	40,130	-5,177	

**Bemerkungen zur Tabelle:**

In dieser Altersgruppe sind bis auf eine geringfügige Erniedrigung der HF (high frequency) und MF (mid frequency) der Fallgruppe (HFPOWSUM um 13,44%, MFPOWSUM 24,18%) kaum wesentliche Unterschiede zwischen Fall- und Kontrollgruppe zu erkennen. Die Erniedrigungen der anderen Werte der Fallgruppe sind alle nicht größer als 7% im Vergleich zu den Kontrollen. Bei der mittleren Herzfrequenz MEANHR und dem mittleren RR-Abstand MEANRR liegen die Unterschiede sogar unter 1%. Die sympathikusspezifische LF ist in der Fallgruppe leicht erhöht statt erniedrigt.

Die Standardabweichungen sind wie in der vorigen Altersgruppe (3-6 Jahre) sehr groß. Bei manchen Parametern erreichen diese sogar Werte, die in der Nähe des Mittelwertes (MF-mid frequency in Fall- und Kontrollgruppe, LF-low frequency in der Kontrollgruppe) liegen oder sogar größer sind als der Mittelwert (HF-high frequency von Fall- und Kontrollgruppe, LF-low frequency der Fallgruppe). Bei dem MEANRR und der MEANHR sind die Streuungen nicht so groß. Die anderen Standardabweichungen liegen dagegen meist in der Größenordnung des halben Mittelwertes.

Die Überlappungsbereiche sind deshalb sehr ausgeprägt.

### 3.3.5 Ergebnisse: Altersgruppe 10-12 Jahre

**Tabelle 15:** Ergebnisse (beschreibend): Altersgruppe 10-12 Jahre

HRV-Parameter	13=Fall 23=Kontroll	Patientenzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Differenz der Mittelwerte (MD)	Relative Ab- /Zunahme des Parameters der FG gegenüber der KG  MD: MW (Kontroll]) (wenn x100, dann in %)
MEANRR	13	38	912,810	137,223	-20,545	-0,0220
	23	18	933,354	110,529	-20,545	
MEANHR	13	38	67,119	9,674	1,960	0,0300
	23	18	65,159	7,890	1,960	
SDRR	13	38	65,944	30,814	-40,185	-0,3786
	23	18	106,129	54,173	-40,185	
RMSSD_Z	13	38	3,355	2,161	-2,417	-0,4187
	23	18	5,772	4,207	-2,417	
RMSSD_R	13	38	61,422	37,823	-44,049	-0,4176
	23	18	105,471	76,727	-44,049	
CV	13	38	7,088	2,855	-4,121	-0,3677
	23	18	11,208	5,171	-4,121	
LFPOWSUM	13	38	447,151	361,957	-333,224	-0,4270
	23	18	780,374	284,541	-333,224	
MFPOWSUM	13	38	674,624	576,562	-898,505	-0,5712
	23	18	1573,129	1355,994	-898,505	
HFPOWSUM	13	38	1935,856	2332,306	-4868,622	-0,7155
	23	18	6804,478	8499,338	-4868,622	
LF_NORM	13	38	1,272	1,030	-0,948	-0,4270
	23	18	2,220	0,809	-0,948	
MF_NORM	13	38	0,664	0,568	-0,885	-0,5713
	23	18	1,549	1,335	-0,885	
HF_NORM	13	38	0,551	0,663	-1,385	-0,7158
	23	18	1,935	2,418	-1,385	
SD1	13	38	62,405	31,765	-36,684	-0,3702
	23	18	99,089	63,313	-36,684	
SD2	13	38	79,731	29,929	-38,891	-0,3279
	23	18	118,622	45,681	-38,891	

**Bemerkungen zur Tabelle:**

In dieser Gruppe findet sich ein ähnliches Muster wie in der ersten Altersgruppe (3-6 Jahre). Alle Mittelwerte der HRV-Parameter in der Fallgruppe zeigen mit Ausnahme des MEANRR und MEANHR eine deutliche Erniedrigung unabhängig von einer sympathischen oder parasympathischen Beeinflussung bei sehr hohen Standardabweichungen.

Die Werte sind im Bereich zwischen 32% und 72% gegenüber der Kontrollgruppe erniedrigt. Die sympathikusspezifische LF ist auch hier mit 42,7% im Vergleich zur parasympathischen HF mit 71,55% zwar deutlich, aber doch geringfügiger erniedrigt.

Die Standardabweichungen erreichen ebenfalls wieder teilweise Werte, die im Bereich der Mittelwerte (MF-mid frequency in Fall- und Kontrollgruppe, LF-low frequency der Fallgruppe) oder oberhalb der Mittelwerte (HF-high frequency in beiden Gruppen Fälle und Kontrollen) liegen.

Die Standardabweichungen der anderen Werte sind bis auf die niedrigen Standardabweichungen des MEANRR und der MEANHR alle entweder beinahe gleich groß wie oder etwas größer als der halbe Mittelwert.

### 3.3.6 Ergebnisse: Altersgruppe 13-16 Jahre

**Tabelle 16:** Ergebnisse (beschreibend): Altersgruppe 13-16 Jahre

HRV-Parameter	14=Fall 24=Kontroll	Patientenzahl	Mittelwert (MW)	Standard- abweichung	Differenz der Mittelwerte (MD)	Relative Ab- /Zunahme des Parameters der FG gegenüber der KG  MD: MW (Kontroll]) (wenn x100, dann in %)
MEANRR	14	23	912,645	125,363	-17,522	-0,0188
	24	13	930,167	198,648	-17,522	
MEANHR	14	23	67,090	10,449	-0,074	-0,0011
	24	13	67,165	13,678	-0,074	
SDRR	14	23	67,152	43,571	10,168	0,1784
	24	13	56,984	28,996	10,168	
RMSSD_Z	14	23	3,402	2,886	0,333	0,1085
	24	13	3,069	2,376	0,333	
RMSSD_R	14	23	63,117	51,271	9,385	0,1746
	24	13	53,733	37,788	9,385	
CV	14	23	7,198	4,177	1,075	0,1755
	24	13	6,123	2,987	1,075	
LFPOWSUM	14	23	449,871	448,965	202,174	0,8162
	24	13	247,697	198,276	202,174	
MFPOWSUM	14	23	744,047	1077,730	214,217	0,4043
	24	13	529,830	621,680	214,217	
HFPOWSUM	14	23	2518,809	3927,814	957,830	0,6136
	24	13	1560,979	1779,637	957,830	
LF_NORM	14	23	1,280	1,277	0,575	0,8156
	24	13	0,705	0,564	0,575	
MF_NORM	14	23	0,733	1,061	0,211	0,4042
	24	13	0,522	0,612	0,211	
HF_NORM	14	23	0,716	1,117	0,272	0,6126
	24	13	0,444	0,506	0,272	
SD1	14	23	63,631	41,739	4,682	0,0794
	24	13	58,949	34,559	4,682	
SD2	14	23	81,585	43,518	13,435	0,1971
	24	13	68,150	24,729	13,435	

**Bemerkungen zur Tabelle:**

Ein vom bisher Beobachteten abweichendes Muster findet man in dieser Altersgruppe. Hier sind alle HRV-Mittelwerte der Fallgruppe gegenüber der Kontrollgruppe deutlich erhöht: SDRR 17,84%, RMSSD\_Z 10,85%, RMSSD\_R 17,46%, CV 17,55%, LFPOWSUM 81,62%, MFPOWSUM 40,43%, HFPOWSUM 61,36%, SD1 7,94%, SD2 19,71% (prozentuale Unterschiede der NORM-Werte der Frequenzbänder sind nahezu identisch mit den Unterschieden der Powerspektren). Unterschiede in der Herzfrequenz MEANHR (in Fallgruppe um 1,8% erniedrigt) und dem mittleren RR-Abstand MEANRR (in Fallgruppe um 0,1% erniedrigt) gibt es praktisch keine.

Auch in dieser Gruppe liegen die Standardabweichungen in manchen Fällen im Bereich des Mittelwertes (LF-low frequency in beiden Gruppen, RMSSD) oder über dem Mittelwert (MF-mid frequency und HF-high frequency beider Gruppen) oder erreichen Werte, die von der Größenordnung etwa denen eines halben Mittelwertes entsprechen oder etwas darüber liegen (SDRR, CV, SD1, SD2).

**3.3.7 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse****Übersicht über die relativen Unterschiede aller HRV-Parameter zwischen Fall- und Kontrollgruppe:**

Die in der Tabelle aufgeführten Zahlen geben wieder, um wieviel Prozent ausgehend von den Mittelwerten der Kontrollgruppe (=100%) die Mittelwerte der Fallgruppen größer (ohne Vorzeichen) oder kleiner (negatives Vorzeichen) im Vergleich zu denen der Kontrollgruppe sind. Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenstellung aller prozentualer Unterschiede.

Die Frage, inwiefern diese Unterschiede (Erniedrigungen und Erhöhungen) relevant bzw. signifikant sind, wird im Abschnitt mit den statistischen Auswertungen geklärt ( siehe 3.4).

**Tabelle 17:** Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

	<b>FG<sup>gem</sup>/ KG<sup>gem</sup></b>	<b>Jungen/ Mädchen</b>	<b>3-6 Jahre</b>	<b>7-9Jahre</b>	<b>10-12 Jahre</b>	<b>13-16 Jahre</b>
<b>MEANRR</b>	-0,0155	0,0131	-0,0678	-0,0022	-0,0220	-0,0188
<b>MEANHR</b>	0,0188	-0,0147	0,0762	0,0083	0,0300	-0,0011
<b>SDRR</b>	-0,2104	0,0288	-0,2827	-0,0624	-0,3786	0,1784
<b>RMSSD_Z</b>	-0,2515	0,0054	-0,3355	-0,0524	-0,4187	0,1085
<b>RMSSD_R</b>	-0,2336	0,0158	-0,3053	-0,0299	-0,4176	0,1746
<b>CV</b>	-0,2033	0,0188	-0,2394	-0,0692	-0,3677	0,1755
<b>LFPOWSUM</b>	-0,1492	0,1731	-0,2745	0,0202	-0,4270	0,8162
<b>MFPOWSUM</b>	-0,4128	0,186	-0,5051	-0,2418	-0,5712	0,4043
<b>HFPOWSUM</b>	-0,4337	-0,0671	-0,4600	-0,1344	-0,7155	0,6136
<b>LF_NORM</b>	-0,1494	0,173	-0,2747	0,0202	-0,4270	0,8156
<b>MF_NORM</b>	-0,4125	0,186	-0,5050	-0,2415	-0,5713	0,4042
<b>HF_NORM</b>	-0,4334	-0,0676	-0,4600	-0,1348	-0,7158	0,6126
<b>SD1</b>	-0,2228	0,0045	-0,2950	-0,0578	-0,3702	0,0794
<b>SD2</b>	-0,1681	0,0442	-0,2423	-0,0570	-0,3279	0,1971

Erläuterungen zur Berechnung der aufgeführten Werte:

- 1) Differenz der Mittelwerte (MD) = Mittelwert Fallgruppe – Mittelwert Kontrollgruppe
- 2) MD / Mittelwert Kontroll x 100 = prozentuale Abweichung der Fallgruppenwerte von den Kontrollgruppenwerten
- 3) Vorzeichen: positiv = kein Vorzeichen = erhöhte Werte, negativ = erniedrigte Werte

**Zusammenfassende Beschreibung:**

Bis auf die Altersgruppe 13-16 Jahre lassen sich in allen Altersgruppen mit Ausnahme der leicht erhöhten LF (low frequency) der 7-9-jährigen Erniedrigungen aller HRV-Parameter der Fallgruppe beobachten. Diese Erniedrigungen betreffen, wenngleich auch in unterschiedlichem Ausmaß, neben den parasympathikusspezifischen auch die sympathikusspezifischen Parameter. Das Ausmaß der Unterschiede ist von Gruppe zu Gruppe different. So findet man in den Altersgruppen 3-6 Jahre und 10-12 Jahre Erniedrigungen der Werte im Bereich zwischen etwa 23% und 51% (3-6 Jahre) beziehungsweise 32% und 71% (10-12 Jahre), bei den 7-9-jährigen dagegen nur zwischen ca. 2% und 25%. Bei den 7-9-jährigen findet man dabei sogar als einzige Gruppe eine leicht erhöhte LF bei sonst erniedrigten parasympathischen Werten. Die Gruppe der 13-16-jährigen bietet sogar Erhöhungen aller HRV-Parameter im Vergleich zur Kontrollgruppe von 7%-81%.

Eine deutliche Streuung der Werte ist in allen Gruppen an den extrem hohen Standardabweichungen zu erkennen.

Vergleicht man die Geschlechter und setzt man die Werte der Jungen in Bezug zu den Werten der Mädchen (Werte der Mädchen entsprechen somit dem Bezugspunkt von 100%), so weichen die Werte der Jungen nur um bis etwa 19% nach oben (d.h. erhöht) und nur bis etwa 7% nach unten (d.h. erniedrigt) ab.

Die Unterschiede im Vergleich zwischen gemeinsamer Fallgruppe und gemeinsamer Kontrollgruppe zeigen sich besonders in einer Erniedrigung der HF (high frequency) und MF (mid frequency) in der Fallgruppe gegenüber der Kontrollgruppe.

---

### **3.4 Statistische Auswertung der Messergebnisse**

#### **3.4.1 Allgemeines zur statistischen Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogrammes JMP IN 5.1. Das Programm ermöglicht die Analyse und den Vergleich von Daten anhand einer Vielzahl unterschiedlicher statistischer Tests. In dieser Untersuchung bildeten der Student-t-Test für unverbundene Stichproben bei ungleichen Varianzen sowie der Mann-Whitney u-Test (syn. Wilcoxon two-group-test) die Grundlage für die statistische Analyse. Sie ermöglichen einen statistischen Vergleich zweier Gruppen bei niedrigen Fallzahlen.

Bei der Auswertung wurden einerseits Fall- und Kontrollgruppe in den verschiedenen Altersgruppen (3.4.4 – 3.4.7) miteinander verglichen. Andererseits wurden, um einen Gesamtvergleich (3.4.2) zu erstellen, die Kinder aller Fallgruppen zu einer gemeinsamen Fallgruppe ( $FG^{gem}$ ) und die Kinder aller Kontrollgruppen ( $KG^{gem}$ ) zu einer gemeinsamen Kontrollgruppe zusammengefasst und beide Gruppen miteinander verglichen. Der Gesamtvergleich wurde trotz Hinweise in der Literatur zur Altersabhängigkeit der HRV-Parameter durchgeführt, da sich in  $FG^{gem}$  und  $KG^{gem}$  nahezu gleiche Durchschnittsalter bildeten (siehe 3.1.2). Der Vergleich zwischen einer Gruppe bestehend aus den Jungen aller Altersgruppen und einer anderen bestehend aus den Mädchen aller Altersgruppen war ebenfalls Gegenstand der Untersuchung.

#### **Erläuterungen zum Mann-Whitney u-Test**

Der Mann-Whitney u-Test ist ein Test, der eingesetzt wird, wenn bei zwei unverbundenen Stichproben die Verteilung der Stichproben unbekannt ist (Harms, 1998). In dieser Studie wurden mit diesem Test die unlogarithmierten Rohdaten statistisch miteinander verglichen.

**Erläuterungen zum Student-t-Test**

Um den Student-t-Test anwenden zu können, sollten die Messwerte normalverteilt sein (Harms, 1998). Aus vorausgegangenen Untersuchungen ist bekannt, dass die logarithmierten Herzfrequenzparameter einer Normalverteilung folgen (Rechlin, 1998). Deshalb wurden die gemessenen Messwerte logarithmiert ( $\log_{10}$ ) und die logarithmierten Daten mit dem t-Test analysiert.

### 3.4.2 Statistischer Gesamtvergleich Fall- und Kontrollgruppe (FG<sup>gem</sup> vs. KG<sup>gem</sup>)

**Tabelle 18:** Vergleich gemeinsame Fall- und Kontrollgruppe mit dem u-Test

<b>FG<sup>gem</sup> vs. KG<sup>gem</sup></b> Mann-Whitney u-Test				
<b>HRV-Parameter</b>	<b>Fallgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>Kontrollgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5% -Niveau
MEANRR	878,425 (140,103)	892,300 (140,400)	0,8066	Nein
MEANHR	70,1456 (11,9260)	68,8515 (10,5471)	0,8066	Nein
SDRR	69,8981 (38,1689)	88,5267 (50,5090)	0,0156	Ja
RMSSD_Z	3,59772 (2,59289)	4,80670 (3,55552)	0,0308	Ja
RMSSD_R	67,2993 (46,9731)	87,8082 (63,6916)	0,0343	Ja
CV	7,73254 (3,60222)	9,70559 (4,98315)	0,0092	Ja
LFPOWSUM	490,446 (504,074)	576,451 (453,575)	0,0596	Nein
MFPOWSUM	753,25 (787,86)	1282,83 (1421,98)	0,0124	Ja
HFPOWSUM	2586,68 (3699,76)	4567,55 (5835,68)	0,0192	Ja
LF_NORM	1,39505 (1,43381)	1,63968 (1,29017)	0,0596	Nein
MF_NORM	0,74166 (0,77574)	1,26309 (1,40010)	0,0124	Ja
HF_NORM	0,73577 (1,05238)	1,29922 (1,65993)	0,0192	Ja
SD1	66,1789 (38,6308)	85,1496 (53,8799)	0,0304	Ja
SD2	82,5235 (37,3928)	99,1979 (47,1555)	0,0170	Ja

**Tabelle 19:** Vergleich gemeinsame Fall- und Kontrollgruppe mit dem t-Test

<b>FG<sup>gem</sup> vs. KG<sup>gem</sup></b> Student-t-Test				
<b>HRV-Parameter</b> (logarithmiert, log <sub>10</sub> )	<b>Fallgruppe</b> Mittelwerte (Standardab- weichungen)	<b>Kontrollgruppe</b> Mittelwerte (Standardab- weichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5%- Niveau
log(MEANRR)	2,93805 (0,071109)	2,94533 (0,067232)	0,4539	Nein
log(MEANHR)	1,84010 (0,071109)	1,83282 (0,067232)	0,4539	Nein
Log(SDRR)	1,78215 (0,238077)	1,87823 (0,248148)	0,0059	Ja
log(RMSSD_Z)	0,441612 (0,332695)	0,552556 (0,354235)	0,0243	Ja
log(RMSSD_R)	1,72369 (0,314473)	1,82383 (0,338558)	0,0326	Ja
log(CV)	0,844098 (0,198268)	0,932897 (0,218120)	0,0032	Ja
log(LFPOWSUM)	2,52204 (0,390907)	2,62403 (0,362049)	0,0544	Nein
Log(MFPOWSUM)	2,65742 (0,471069)	2,85876 (0,483203)	0,0033	Ja
log(HFPOWSUM)	3,07002 (0,601027)	3,28184 (0,637415)	0,0171	Ja
log(LF_NORM)	-0,02396 (0,390907)	0,07802 (0,362049)	0,0544	Nein
log(MF_NORM)	-0,34931 (0,471069)	-0,14798 (0,483203)	0,0033	Ja
log(HF_NORM)	-0,47598 (0,601027)	-0,26416 (0,637415)	0,0171	Ja
log(SD1)	1,75337 (0,243518)	1,84453 (0,277701)	0,0158	Ja
log(SD2)	1,87426 (0,194301)	1,95071 (0,199871)	0,0068	Ja

**Bemerkungen zu den Ergebnissen:**

Beim statistischen Gesamtvergleich lassen sich mit den beiden Testverfahren u- und t-Test in der Fallgruppe signifikant erniedrigte Werte der parasympathischen Anteile der Herzfrequenzvariabilität (SDRR, RMSSD, CV, HF, SD1 und SD2) erkennen. Die sympathikusspezifische LF ist dagegen wie auch die Parameter MEANHR und MEANRR nicht signifikant verändert.

### 3.4.3 Statistischer Vergleich zwischen Jungen und Mädchen

**Tabelle 20:** Vergleich zwischen Jungen und Mädchen mit dem u-Test

<b>Jungen vs. Mädchen</b> Mann-Whitney u-Test				
<b>HRV-Parameter</b>	<b>Jungen</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>Mädchen</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5% -Niveau
MEANRR	888,886 (141,559)	877,396 (138,618)	0,7387	Nein
MEANHR	69,1876 (10,9230)	70,2192 (12,0157)	0,7387	Nein
SDRR	78,0721 (45,2524)	75,8876 (43,0290)	0,8826	Nein
RMSSD_Z	4,07493 (3,10961)	4,05331 (2,99350)	0,8243	Nein
RMSSD_R	74,7031 (55,2274)	75,8982 (54,6187)	0,6908	Nein
CV	8,56573 (4,35615)	8,40778 (4,22425)	0,9865	Nein
LFPOWSUM	560,370 (522,349)	477,695 (434,195)	0,2869	Nein
MFPOWSUM	1029,68 (1227,92)	868,22 (928,55)	0,4309	Nein
HFPOWSUM	3249,28 (4543,85)	3482,91 (4976,34)	0,4813	Nein
LF_NORM	1,59394 (1,48579)	1,35878 (1,23504)	0,2869	Nein
MF_NORM	1,01384 (1,20903)	0,85486 (0,91426)	0,4309	Nein
HF_NORM	0,924239 (1,29247)	0,990694 (1,41549)	0,4813	Nein
SD1	73,6628 (46,5058)	73,3332 (45,5201)	0,8191	Nein
SD2	90,6750 (43,7834)	86,8365 (40,0815)	0,1742	Nein

**Tabelle 21:** Vergleich zwischen Jungen und Mädchen mit dem t-Test

<b>Jungen vs. Mädchen</b> Student-t-Test				
<b>HRV-Parameter</b> (logarithmiert, log <sub>10</sub> )	<b>Jungen</b> Mittelwerte (Standardab- weichungen)	<b>Mädchen</b> Mittelwerte (Standardab- weichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5%- Niveau
log(MEANRR)	2,94347 (0,068550)	2,93760 (0,071050)	0,5445	Nein
log(MEANHR)	1,83468 (0,068550)	1,84055 (0,071050)	0,5445	Nein
log(SDRR)	1,82525 (0,242530)	1,81185 (0,251282)	0,6957	Nein
log(RMSSD_Z)	0,483321 (0,344440)	0,486034 (0,346726)	0,9548	Nein
log(RMSSD_R)	1,75685 (0,328813)	1,76941 (0,326068)	0,7816	Nein
log(CV)	0,881784 (0,209668)	0,874254 (0,211874)	0,7965	Nein
log(LFPOWSUM)	2,59321 (0,374017)	2,52167 (0,391001)	0,1788	Nein
log(MFPOWSUM)	2,76835 (0,468217)	2,69380 (0,504135)	0,2711	Nein
log(HFPOWSUM)	3,13069 (0,625528)	3,17865 (0,620999)	0,5783	Nein
log(LF_NORM)	0,04721 (0,374017)	-0,02434 (0,391001)	0,1788	Nein
log(MF_NORM)	-0,23839 (0,468217)	-0,31293 (0,504135)	0,2711	Nein
log(HF_NORM)	-0,41532 (0,625528)	-0,36735 (0,620999)	0,5783	Nein
log(SD1)	1,78848 (0,260986)	1,78882 (0,261199)	0,9925	nein
log(SD2)	1,91232 (0,196765)	1,89316 (0,203486)	0,4902	Nein

**Bemerkungen zu den Ergebnissen:**

Die beiden angewandten Testverfahren geben keine signifikanten Unterschiede der HRV-Parameter zwischen Jungen und Mädchen an. Dies deckt sich mit den Hinweisen aus der Fachliteratur zur Geschlechterunabhängigkeit.

### 3.4.4 Statistischer Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 3-6 Jahre

**Tabelle 22:** Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe  
3-6 Jahre mit dem u-Test

<b>FG vs. KG 3.-6. Lebensjahr</b> Mann-Whitney u-Test				
<b>HRV-Parameter</b>	<b>Fallgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>Kontrollgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5%- Niveau
MEANRR	807,727 (114,492)	866,475 (116,060)	0,1585	Nein
MEANHR	75,8295 (11,5590)	70,4585 (9,4722)	0,1585	Nein
SDRR	71,798 (38,8655)	100,098 (55,0288)	0,0867	Nein
RMSSD_Z	3,72327 (2,55640)	5,60278 (3,61648)	0,1015	Nein
RMSSD_R	71,883 (47,6626)	103,478 (64,7364)	0,1229	Nein
CV	8,5094 (3,87338)	11,1888 (5,48026)	0,1323	Nein
LFPOWSUM	444,688 (434,477)	613,050 (546,010)	0,2221	Nein
MFPOWSUM	811,42 (862,24)	1639,62 (1896,93)	0,1476	Nein
HFPOWSUM	2942,48 (2803,35)	5449,05 (5254,07)	0,1184	Nein
LF_NORM	1,26489 (1,23584)	1,74379 (1,55310)	0,2221	Nein
MF_NORM	0,79893 (0,84897)	1,61440 (1,86775)	0,1476	Nein
HF_NORM	0,83697 (0,79740)	1,54995 (1,49449)	0,1184	Nein
SD1	69,1306 (39,3742)	98,0544 (56,3763)	0,0976	Nein
SD2	81,830 (37,3817)	108,005 (54,0113)	0,1184	Nein

**Tabelle 23:** Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe  
3-6 Jahre mit dem t-Test

FG vs. KG 3.-6. Lebensjahr Student-t-Test				
HRV-Parameter (logarithmiert, log <sub>10</sub> )	Fallgruppe Mittelwerte (Standardab- weichungen)	Kontrollgruppe Mittelwerte (Standardab- weichungen)	p-Wert	Signifikanz auf dem 5%- Niveau
log(MEANRR)	2,90290 (0,063777)	2,93399 (0,058306)	0,0785	Nein
log(MEANHR)	1,87525 (0,063777)	1,84416 (0,058306)	0,0785	Nein
log(SDRR)	1,77710 (0,290626)	1,93100 (0,257552)	0,0539	Nein
log(RMSSD_Z)	0,440698 (0,380970)	0,640545 (0,329467)	0,0540	Nein
log(RMSSD_R)	1,73955 (0,358239)	1,91735 (0,310516)	0,0679	Nein
log(CV)	0,874199 (0,242418)	0,997008 (0,218733)	0,0665	Nein
log(LFPOWSUM)	2,45086 (0,454789)	2,62607 (0,388114)	0,1511	Nein
log(MFPOWSUM)	2,58653 (0,645657)	2,90683 (0,549476)	0,0663	Nein
log(HFPOWSUM)	3,13169 (0,702156)	3,45332 (0,561356)	0,0825	Nein
log(LF_NORM)	-0,09514 (0,454789)	0,08006 (0,388114)	0,1511	Nein
log(MF_NORM)	-0,42020 (0,645657)	-0,09990 (0,549476)	0,0663	Nein
log(HF_NORM)	-0,41432 (0,702156)	-0,09268 (0,561356)	0,0825	Nein
log(SD1)	1,76327 (0,276107)	1,91183 (0,277351)	0,0625	Nein
log(SD2)	1,85916 (0,235426)	1,98172 (0,217255)	0,0618	Nein

**Bemerkungen zu den Ergebnissen:**

Ein vermeintlich signifikanter Unterschied wie aus dem statistische Gesamtvergleich lässt sich in dieser Altersgruppe nicht finden.

### 3.4.5 Statistischer Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 7- 9 Jahre

**Tabelle 24:** Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe  
7-9 Jahre mit dem u-Test

<b>FG vs. KG 7.-9. Lebensjahr</b> Mann-Whitney u-Test				
<b>HRV-Parameter</b>	<b>Fallgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>Kontrollgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5% -Niveau
MEANRR	868,260 (149,792)	870,205 (146,613)	0,7746	Nein
MEANHR	71,3312 (13,4767)	70,7381 (11,3777)	0,7746	Nein
SDRR	73,5872 (41,1853)	78,4922 (42,8143)	0,6978	Nein
RMSSD_Z	3,83334 (2,83434)	4,06458 (3,13198)	0,8536	Nein
RMSSD_R	71,9538 (51,7899)	74,1698 (54,9204)	0,9239	Nein
CV	8,14391 (3,69493)	8,74862 (3,98163)	0,6978	Nein
LFPOWSUM	569,379 (648,054)	558,122 (455,662)	0,6241	Nein
MFPOWSUM	793,73 (752,390)	1046,89 (879,052)	0,2008	Nein
HFPOWSUM	2980,36 (4774,86)	3443,16 (4712,86)	0,9037	Nein
LF_NORM	1,61957 (1,84335)	1,58755 (1,29610)	0,6241	Nein
MF_NORM	0,78151 (0,740815)	1,03079 (0,865528)	0,2008	Nein
HF_NORM	0,847747 (1,35818)	0,979387 (1,34055)	0,9037	Nein
SD1	69,0942 (42,5475)	73,3394 (46,0058)	0,8436	Nein
SD2	85,6466 (40,5643)	90,8235 (40,1303)	0,5973	Nein

**Tabelle 25:** Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe  
7-9 Jahre mit dem t-Test

<b>FG vs. KG 7.-9. Lebensjahr</b> Student-t-Test				
<b>HRV-Parameter</b> (logarithmiert, log <sub>10</sub> )	<b>Fallgruppe</b> Mittelwerte (Standardab- weichungen)	<b>Kontrollgruppe</b> Mittelwerte (Standardab- weichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5%- Niveau
log(MEANRR)	2,93197 (0,078252)	2,93397 (0,071066)	0,9154	Nein
log(MEANHR)	1,84618 (0,078252)	1,84418 (0,071066)	0,9154	Nein
log(SDRR)	1,80520 (0,236054)	1,83488 (0,234208)	0,6230	Nein
log(RMSSD_Z)	0,462888 (0,351083)	0,483117 (0,350748)	0,8224	Nein
log(RMSSD_R)	1,74651 (0,331477)	1,75400 (0,338480)	0,9308	Nein
log(CV)	0,873230 (0,180393)	0,900910 (0,192451)	0,5684	Nein
log(LFPOWSUM)	2,57217 (0,394495)	2,61469 (0,358440)	0,6555	Nein
log(MFPOWSUM)	2,71517 (0,410575)	2,84046 (0,446897)	0,2661	Nein
log(HFPOWSUM)	3,12462 (0,620100)	3,16253 (0,642355)	0,8163	Nein
log(LF_NORM)	0,026172 (0,394495)	0,068692 (0,358440)	0,6555	Nein
log(MF_NORM)	-0,29156 (0,410575)	-0,16627 (0,446897)	0,2661	Nein
log(HF_NORM)	-0,42138 (0,620100)	-0,38348 (0,642355)	0,8163	Nein
log(SD1)	1,76509 (0,260470)	1,78763 (0,266165)	0,7400	Nein
log(SD2)	1,88928 (0,196029)	1,91942 (0,187241)	0,5380	Nein

**Bemerkungen zu den Ergebnissen:**

Auch bei den 7-9-jährigen Kindern lassen sich wie auch in der Altersgruppe der 3-6-jährigen keine Signifikanzen erkennen.

### 3.4.6 Statistischer Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 10-12 Jahre

**Tabelle 26:** Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe  
10-12 Jahre mit dem u-Test

<b>FG vs. KG 10.-12. Lebensjahr</b> Mann-Whitney u-Test				
<b>HRV-Parameter</b>	<b>Fallgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>Kontrollgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5% -Niveau
MEANRR	912,810 (137,223)	933,354 (110,529)	0,4666	Nein
MEANHR	67,1194 (9,67396)	65,1593 (7,89026)	0,4666	Nein
SDRR	65,944 (30,8139)	106,129 (54,1731)	0,0020	Ja
RMSSD_Z	3,35497 (2,16091)	5,77172 (4,20685)	0,0289	Ja
RMSSD_R	61,422 (37,8235)	105,471 (76,7266)	0,0242	Ja
CV	7,0876 (2,85470)	11,2082 (5,17072)	0,0008	Ja
LFPOWSUM	447,151 (361,957)	780,374 (284,541)	<0,0001	Ja
MFPOWSUM	674,62 (576,56)	1573,13 (1355,99)	0,0092	Ja
HFPOWSUM	1935,86 (2332,31)	6804,48 (8499,34)	0,0107	Ja
LF_NORM	1,27190 (1,02957)	2,21973 (0,80936)	<0,0001	Ja
MF_NORM	0,66425 (0,56769)	1,54893 (1,33513)	0,0092	Ja
HF_NORM	0,55064 (0,66341)	1,93550 (2,41759)	0,0107	Ja
SD1	62,4054 (31,7647)	99,0890 (63,3138)	0,0253	Ja
SD2	79,731 (29,9289)	118,622 (45,6811)	0,0011	Ja

**Tabelle 27:** Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe  
10-12 Jahre mit dem t-Test

FG vs. KG 10.-12. Lebensjahr Student-t-Test				
HRV-Parameter (logarithmiert, log <sub>10</sub> )	Fallgruppe Mittelwerte (Standardab- weichungen)	Kontrollgruppe Mittelwerte (Standardab- weichungen)	p-Wert	Signifikanz auf dem 5%- Niveau
log(MEANRR)	2,95578 (0,063631)	2,96713 (0,051982)	0,4826	Nein
log(MEANHR)	1,82237 (0,063631)	1,81102 (0,051982)	0,4826	Nein
log(SDRR)	1,77582 (0,196308)	1,97579 (0,212310)	0,0020	Ja
Log(RMSSD_Z)	0,438782 (0,286423)	0,646719 (0,342344)	0,0335	Ja
Log(RMSSD_R)	1,71162 (0,267086)	1,91087 (0,336918)	0,0362	Ja
log(CV)	0,82004 (0,161567)	1,00865 (0,191480)	0,0011	Ja
log(LFPOWSUM)	2,53326 (0,334423)	2,86262 (0,170701)	<0,0001	Ja
Log(MFPOWSUM)	2,67831 (0,387686)	3,04599 (0,371592)	0,0017	Ja
log(HFPOWSUM)	3,01622 (0,507183)	3,45772 (0,666288)	0,0193	Ja
Log(LF_NORM)	-0,01275 (0,334423)	0,31662 (0,170701)	<0,0001	Ja
Log(MF_NORM)	-0,32843 (0,387686)	0,03926 (0,371592)	0,0017	Ja
Log(HF_NORM)	-0,52978 (0,507183)	-0,08828 (0,666288)	0,0193	Ja
log(SD1)	1,74474 (0,211219)	1,91523 (0,276195)	0,0284	Ja
log(SD2)	1,87302 (0,159606)	2,04478 (0,163304)	0,0008	Ja

### Bemerkungen zu den Ergebnissen:

Im Vergleich zu den vorigen beiden Altersgruppen zeigen sich in der Altersgruppe der 10-12 Jahre alten Kinder differente Ergebnisse. Alle Parameter mit Ausnahme der MEANRR und MEANHR sind in der Fallgruppe signifikant erniedrigt unabhängig von Sympathikus oder Parasympathikus.

### 3.4.7 Statistischer Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 13-16 Jahre

**Tabelle 28:** Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe  
13-16 Jahre mit dem u-Test

<b>FG vs. KG 13.-16. Lebensjahr</b> Mann-Whitney u-Test				
<b>HRV-Parameter</b>	<b>Fallgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>Kontrollgruppe</b> Mittelwerte (Standardabweichungen)	<b>p-Wert</b>	<b>Signifikanz</b> auf dem 5% -Niveau
MEANRR	912,645 (125,363)	930,167 (198,648)	0,8692	Nein
MEANHR	67,0901 (10,4490)	67,1645 (13,6783)	0,8692	Nein
SDRR	67,1524 (43,5713)	56,9841 (28,9965)	0,7171	Nein
RMSSD_Z	3,40200 (2,88560)	3,06891 (2,37614)	0,6213	Nein
RMSSD_R	63,1171 (51,2705)	53,7326 (37,7880)	0,7419	Nein
CV	7,19849 (4,17741)	6,12341 (2,98693)	0,4892	Nein
LFPOWSUM	449,871 (448,965)	247,697 (198,276)	0,1769	Nein
MFPOWSUM	744,047 (1077,73)	529,830 (621,68)	0,7419	Nein
HFPOWSUM	2518,81 (3927,81)	1560,98 (1779,64)	0,9213	Nein
LF_NORM	1,27963 (1,27706)	0,70456 (0,56399)	0,1769	Nein
MF_NORM	0,732600 (1,06115)	0,521679 (0,61212)	0,7419	Nein
HF_NORM	0,716461 (1,11724)	0,444012 (0,50621)	0,9213	Nein
SD1	63,6313 (41,7389)	58,9489 (34,5585)	0,7171	Nein
SD2	81,5853 (43,5176)	68,1504 (24,7286)	0,6213	Nein

**Tabelle 29:** Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe  
13-16 Jahre mit dem t-Test

FG vs. KG 13.-16. Lebensjahr Student-t-Test				
HRV-Parameter (logarithmiert, log <sub>10</sub> )	Fallgruppe Mittelwerte (Standardab- weichungen)	Kontrollgruppe Mittelwerte (Standardab- weichungen)	p-Wert	Signifikanz auf dem 5%- Niveau
log(MEANRR)	2,95608 (0,063207)	2,95965 (0,091061)	0,9018	Nein
log(MEANHR)	1,82207 (0,063207)	1,81851 (0,091061)	0,9018	Nein
log(SDRR)	1,75156 (0,258687)	1,70616 (0,213366)	0,5750	Nein
log(RMSSD_Z)	0,404647 (0,333769)	0,355514 (0,358504)	0,6893	Nein
log(RMSSD_R)	1,68212 (0,321572)	1,62543 (0,319587)	0,6144	Nein
Log(CV)	0,795481 (0,234685)	0,746509 (0,189346)	0,5004	Nein
log(LFPOWSUM)	2,47440 (0,411850)	2,30579 (0,271582)	0,1494	Nein
Log(MFPOWSUM)	2,57830 (0,516907)	2,52832 (0,397531)	0,7481	Nein
log(HFPOWSUM)	2,98807 (0,619470)	2,88006 (0,575257)	0,6031	Nein
log(LF_NORM)	-0,07160 (0,411850)	-0,24021 (0,271582)	0,1494	Nein
log(MF_NORM)	-0,42844 (0,516907)	-0,47841 (0,397531)	0,7481	Nein
log(HF_NORM)	-0,55793 (0,619470)	-0,66595 (0,575257)	0,6031	Nein
log(SD1)	1,73429 (0,238289)	1,70235 (0,251691)	0,7126	Nein
log(SD2)	1,86135 (0,208837)	1,80900 (0,149159)	0,3900	Nein

**Bemerkungen zu den Ergebnissen:**

In der letzten untersuchten Altersgruppe der 13-16-jährigen Kinder- und Jugendlichen finden sich wieder dieselben Ergebnisse ohne Signifikanz wie in den Gruppen der 3-6- und 7-9-jährigen.

### **3.5 Betrachtung der Symptome und ihrer Häufigkeiten in den Altersgruppen**

Wie bereits in den vorangegangenen Ausführungen beschrieben, sind die Symptome der vegetativen Dystonie sehr unterschiedlich und vielfältig. Aus dieser Heterogenität und Vielfalt heraus scheint es deshalb besonders sinnvoll, die unterschiedlichen Symptome und ihre Häufigkeit in den Altersgruppen der Fallgruppe (Vegetative-Dystonie-Gruppe) einmal genauer unter die Lupe zu nehmen.

Dabei wurden die bei der Datenerhebung stichwortartig zusammengetragenen Symptome der Fallgruppe aus den ambulanten Akten und Langzeit-EKG-Befunden herausgesucht, nach ihrer Häufigkeit sortiert und tabellarisch zusammengefasst (siehe unten Tabelle 31). In den Akten und Befunden waren zur Umschreibung und Benennung der Symptomatik eine Reihe verschiedener Termini und Begriffe aufgeführt, die zur Wahrung der Übersicht Kategorien zugeordnet werden konnten (siehe Tabelle 30).

Zusammenfassend war das Ziel dieser ergänzenden Untersuchung einerseits herauszufinden, wie häufig die unterschiedlichen Symptome in den jeweiligen Altersgruppen der Fallgruppe vertreten sind und andererseits die Frage zu klären, ob sich daraus ein bestimmtes Muster ableiten lässt, das einen Zusammenhang zwischen den Symptomen und Messergebnissen aufdeckt.

**Tabelle 30:** Symptomkategorien und dazugehörige Begriffe (gemäß Wortlaut in den Akten und EKG-Befunden)

<b>Kategorie 1</b> Synkope Kollaps Kollaps- zustände	<b>Kategorie 2</b> Schwindel Übelkeit	<b>Kategorie 3</b> Thorakale Schmerzen Herzstechen Brustschmerzen Sternumschmerzen Präkordiale Schmerzen Pektanginöse Schmerzen	<b>Kategorie 4</b> Herzklopfen Herzrasen Pulsrasen Palpitationen
<b>Kategorie 5</b> Blässe Blässeattacken	<b>Kategorie 6</b> Bradykardien	<b>Kategorie 7</b> Kopfweg Kopfschmerzen	<b>Kategorie 8</b> Bauchschmerzen Bauchweg

In der folgenden Tabelle 31 sind die Häufigkeiten der Symptome in den Altersgruppen der Fallgruppe aufgeführt.

Beispiel: das Symptom Kollaps/ Synkope unter Kategorie 1 wurde in der Altersgruppe 3.-6. Lebensjahr 12 mal beobachtet. Die Gesamtanzahl der Symptome stimmt nicht zwangsweise mit der Patientenzahl überein, da pro Individuum oft mehrere Symptome verzeichnet waren. Welche Symptomkombinationen dabei beobachtet werden konnten, ist in Tabelle 32 beschrieben.

**Tabelle 31:** Häufigkeitsverteilung der Symptome in den verschiedenen Altersgruppen

	<b>Kategorien</b>							
<b>Altersgruppe</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>3.- 6.Lj.</b>	12	3	6	3	3	1	1	3
<b>7.- 9.Lj.</b>	20	14	7	10	8	1	5	1
<b>10.-12.Lj.</b>	15	12	11	9	1	0	5	0
<b>13.-16.Lj.</b>	7	6	6	6	0	0	2	0

**Legende:** Lj.= Lebensjahr

Erläuterungen zur Tabelle 31:

In fast allen Altersgruppen ist Kategorie 1 mit ihren Symptomen (Synkope, Kollaps) am deutlichsten vertreten und sie scheint sich in unserer Zählung durch die Häufigkeit von den anderen Symptomen abzuheben. Lediglich bei den 13-16-jährigen ist dieses scheinbare Abheben nicht vorhanden (Kategorie 1: 7 mal, Kategorie 2-4 : jeweils 6 mal). An Schwindel und Übelkeit (Kategorie 2) dagegen scheinen eher die Altersgruppen 7-9 Jahre und 10-12 Jahre zu

leiden. Dasselbe trifft auch für Kategorie 4 (Herzklopfen, Herzrasen, Pulsrasen) zu. Kategorie 3 (Herzstechen, thorakale Schmerzen) hat seinen höchsten Wert in der Altersgruppe 10-12 Jahre, ist aber in den anderen Altersgruppe, wenn auch um die Hälfte niedriger, trotzdem unübersehbar vertreten.

Das Symptom Blässe (Kategorie 5) ist am ehesten bei den 7-9-jährigen zu finden. Die Kategorien 6-8 treten mit einer Häufigkeit von meist kleiner als 5 mal ganz in den Hintergrund.

Die Bedeutung der Symptome selbst, die Interpretation ihrer Häufigkeiten und ihr Verhältnis zu den Messwerten wird im Kapitel 4 DISKUSSION unter 4.6 diskutiert.

**Tabelle 32:** Symptomkombinationen und ihre Häufigkeiten

<b>Symptomkombination</b>	<b>Häufigkeit</b> bezogen auf die gesamte Fallgruppe
Schwindel und Blässe	4
Schwindel und Synkope	7
Schwindel und thorakale Schmerzen	1
Schwindel und Herzrasen	5
Schwindel und Kopfweg	6
Schwindel und Bauchschmerzen	2
Herzrasen und Herzstechen	6
Herzrasen und Kopfweg	3
Herzrasen und Blässe	2
Synkope und präkordiale Schmerzen	3
Synkope und Kopfweg	4
Synkope und Bauchschmerzen	1
Synkope und Blässe	2
Blässe und Bauchschmerzen	1
Blässe und thorakale Schmerzen	1
Blässe und Bradykardie	1

## 4 DISKUSSION

### **4.1 Die Parameter der Herzfrequenzvariabilität als geeignetes Mittel zur Darstellung des autonomen Nervensystems**

Die Erfassung der Parameter der Herzfrequenzvariabilität gilt derzeit als beste Methode zur quantitativen Darstellung des Erregungszustandes des autonomen Nervensystems (Murashko, 2001). Sie ermöglichen eine getrennte Betrachtung der beiden Anteile des autonomen Nervensystems Sympathikus und Parasympathikus. Allerdings stehen bis heute im klinischen Alltag besonders die Herzfrequenz und der Blutdruck zur Beurteilung des autonomen kardiovaskulären Systems bei (psycho)physiologischen Untersuchungen im Mittelpunkt. Mit diesen beiden ist aber eine differenzierte Betrachtung des autonomen Nervensystems in wissenschaftlichen Studien kaum möglich (Rechlin, 1998), da Blutdruck und Herzfrequenz von kaum überschaubaren intrinsischen und humoralen Faktoren beeinflusst werden. So wurden schon in den 80er Jahren Parameter definiert, die die Herzfrequenz in ihrer zeitlichen Variabilität wiedergeben. Diese Variabilität wird überwiegend nur durch das autonome Nervensystem alleine erzeugt und klammert sozusagen die anderen störenden humoralen Einfüsse aus. Sowohl Herzfrequenz und Blutdruck auf der einen als auch die Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HRV-Parameter) auf der anderen Seite werden durch multiple äußere und innere Faktoren wie Medikamente, situative Faktoren, Lebensalter oder psychische Erkrankungen beeinflusst. Bei der wissenschaftlichen Untersuchung einer psychischen Erkrankung ist es somit wünschenswert, den Einfluss der anderen Faktoren möglichst gering zu halten. Durch den Charakter der HRV-Parameter können, wie oben beschrieben, die intrinsischen und die nicht direkt vom vegetativen Nervensystem regulierten humoralen Faktoren vernachlässigt werden. Es bleibt nun noch die anderen situativen und medikamentösen Faktoren zu beachten. In der vorliegenden Studie wurde dies durch Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien gewährleistet. Kinder mit besonderen das kardiovaskuläre System beeinflussenden Medikamenten wurden nicht eingeschlossen. Situative

---

Faktoren wurden durch die Wahl des zu untersuchenden EKG-Abschnittes aus einem nächtlichen EKG-Abschnitt gemindert.

#### **4.2 Gruppenbildung und ihre Zusammensetzung**

In der vorliegenden Studie wurden mehrere verschiedene Gruppenvergleiche angestrebt. Neben dem Gesamtvergleich der gemeinsamen Fallgruppe mit der gemeinsamen Kontrollgruppe und dem Vergleich zwischen Jungen und Mädchen wurde auf den Vergleich nach Altersgruppen besonderen Wert gelegt. Die Grundlage für die Aufteilung der gemeinsamen Fallgruppe und der gemeinsamen Kontrollgruppe in Altersgruppen bot die Literatur (Rechlin, 1998). Es ist bekannt, dass die Parameter der Herzfrequenzvariabilität einer Altersabhängigkeit unterliegen (Rechlin, 1998). Rechlin (1998) beschreibt in einem Artikel der Zeitschrift „Klinische Neurophysiologie“ die lineare Regression dieser Parameter mit dem Alter. Auf der anderen Seite sind die HRV-Parameter nach Angaben in der Literatur geschlechtsunabhängig (Rechlin, 1998). Zur Überprüfung und Bestätigung der Geschlechtsunabhängigkeit führte ich einen Geschlechtervergleich durch. Aufgrund der niedrigen Fallzahlen in den einzelnen Altersgruppen wurde der Geschlechtervergleich ohne Berücksichtigung des Alters durchgeführt. Das Durchschnittsalter differierte bei den beiden Geschlechtern kaum (Altersdifferenz: 0,2 Jahre).

In der Literatur finden sich keinerlei Hinweise, aus denen man eine sinnvolle Einteilung in Altersgruppen ableiten könnte. So musste die Unterteilung der Gesamtgruppe nach dem Alter relativ willkürlich gewählt werden. Am sinnvollsten schien es, 3-4 Jahrgänge in einer Altersgruppe zusammenzufassen, da sich beim Vergleich einzelner Jahrgänge zu kleine Fallzahlen ergeben hätten. Das Durchschnittsalter der Fallgruppen lag in allen Altersgruppen sehr nahe bei dem der dazu gehörenden Kontrollgruppen (Altersdifferenzen von 0,2 bis 0,6 Jahren, siehe Tabelle 9: Patientenzahl und Durchschnittsalter in den Altersgruppen).

Auch beim Gesamtvergleich fand man diese geringen Unterschiede im Durchschnittsalter von Fall- und Kontrollgruppe (Altersdifferenz: 0,9 Jahre). Der

Gesamtvergleich ohne Berücksichtigung des Alters wurde zur Vollständigkeit durchgeführt und er ergab interessante Ergebnisse (siehe Diskussion 4.4).

### **4.3 Auswertung des EKG**

Bei der Wahl eines für die computerisierte Auswertung geeigneten EKG-Abschnittes spielten einige wichtige Überlegungen eine Rolle.

Diese Studie basiert auf bereits vorhandene Daten in Form von Langzeit-EKGs und Aktenmaterial. Es ist also eine retrospektive Studie, bei der eben nicht durch eine genaue im Vorfeld angelegte Studienplanung alle Unsicherheitsfaktoren berücksichtigt werden konnten, wie es bei der prospektiven Untersuchung der Fall ist. Eine gute Vergleichbarkeit der EKG-Abschnitte konnte aber trotzdem, im Rahmen der Möglichkeiten, angestrebt werden. Um diese Vergleichbarkeit zu gewährleisten, mussten auch bei der Auswahl des EKG-Abschnittes einige Kriterien berücksichtigt werden.

Die Auswertung eines EKG-Abschnittes aus der Nacht schien sich als das wichtigste Kriterium herauszustellen. Dadurch sollten Einflüsse aus der Umgebung, die sich besonders am Tag auf Sympathikus und Parasympathikus auswirken, gemindert werden. Jede soziale oder psychische Konfliktsituation verändert nämlich unweigerlich das Erregungsmuster des autonomen Nervensystems, sodass EKG-Abschnitte des Tages den Ansprüchen der Studie nicht gerecht werden konnten. Die nächtlichen EKG-Abschnitte bargen jedoch noch eine weitere Schwierigkeit in sich. REM- und non-REM-Schlafphasen besitzen unterschiedliche phasenspezifische autonome Erregungsniveaus (Zhuang, 2005, Fumiharu, 2001). Es wird verständlich, dass Vergleiche zwischen kranken und gesunden Individuen nur anhand Untersuchungen einheitlicher Schlafphasen aussagekräftig sind.

So findet man in den REM-Phasen im Unterschied zu den non-REM-Phasen höhere Herzfrequenzen, was dieses veränderte Erregungsniveau des autonomen Nervensystems anzeigt (Fietze, 2002). Das Ausmaß dieser Erregung ist sicher nicht nur vom Individuum selbst, sondern auch vom in den Träumen Erlebten abhängig. Jeder von uns kennt die Situation, in der man

nachts schweißgebadet erwacht. Um solche Schwankungen in der Erregung zu mindern, war es die Konsequenz aus dem zuvor Durchdachten, nur solche EKG-Abschnitte zur Auswertung zu benutzen, die nicht in einer REM-Phase aufgezeichnet wurden. Eine weitere Schwierigkeit, die sich aus den Überlegungen ergab, war die Frage, wie man genau die REM-Phasen in einem EKG erkennt, damit man ihnen gezielt ausweichen kann. Hier stieß die vorliegende Studie an ihre natürlichen Grenzen. Aus Untersuchungen mit simultaner Messung der elektrischen Herzaktion (EKG) und der Hirnströme (EEG) und aus der klinischen Erfahrung weiß man von einer besonders hohen und unregelmäßigen Herzfrequenz in den REM-Schlafphasen (Fietze, 2002). Alleine dieses Wissen konnte als Kriterium zur Unterscheidung der Schlafphasen dienen. Um keine REM-Schlafphasen-EKG-Abschnitte in die Studie einzuschließen, wurde deshalb der nächtliche 2¼-Stunden-EKG-Abschnitt zwischen 00.30 und 02.45 Uhr nach einem kleineren Abschnitt mit der geeigneten Herzfrequenz abgesucht. Für künftige Untersuchungen zur Herzfrequenzvariabilität bei vegetativer Dystonie ist es sehr empfehlenswert, bei der EKG-Datenerhebung gleichzeitig mit dem EKG eine EEG-Aufzeichnung zur genauen und sicheren Beurteilung des Schlafes durchzuführen.

#### **4.4 Diskussion der beschreibenden Darstellung**

Im Gesamtvergleich zeigen sich die stärksten Erniedrigungen der Fallgruppenwerte gegenüber den Kontrollgruppenwerten besonders in der MF und HF mit etwa 43,33% für die HF und mit 41,28% für die MF. Die sympathikusspezifische LF ist mit 14,92% dagegen weniger stark erniedrigt. Auf ähnliche Muster stößt man auch in allen anderen Altersgruppen mit Ausnahme der 13-16-jährigen. Die prozentuale Erniedrigung der HF und MF (Parasympathikus) in der Fallgruppe ist dabei wie im Gesamtvergleich immer stärker ausgeprägt als die der LF (Sympathikus). Die anderen parasympathikusspezifischen Parameter RMSSD, CV, SDRR, SD1 und SD2 sind dagegen nicht immer so stark erniedrigt wie die LF. Bei der Altersgruppe der 13-16-jährigen findet man auf der anderen Seite ein besonders aus dem

---

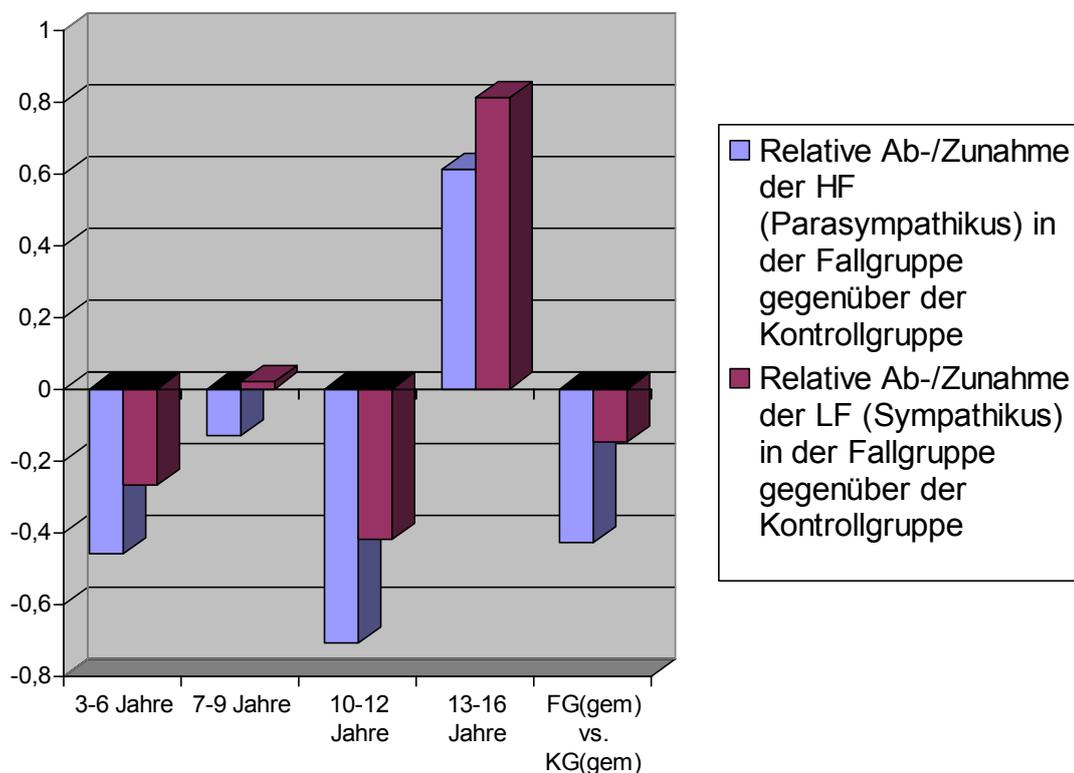
Rahmen fallendes Muster. Hier sind alle Parameter der Fallgruppe gegenüber der Kontrollgruppe erhöht. Am stärksten gegenüber den Kontrollen erhöht ist dabei die sympathikusspezifische LF mit über 80 %. Die parasympathikusspezifischen Parameter sind dagegen nicht in dem Ausmaß erhöht wie die LF; sie sind also niedriger. Es lässt sich besonders in dieser Altersgruppe die Vermutung anstellen, dass im Gegensatz zu den anderen Altersgruppen die Symptome der vegetativen Dystonie vielleicht durch ein anderes vegetatives Erregungsmuster ausgelöst werden und es stellt sich gleichzeitig die Frage, ob sich dies auch in der Art und Häufigkeit der Symptome widerspiegelt. Diese Frage soll in den Abschnitten 4.6 und 4.7 anhand der Untersuchung zu den Symptommhäufigkeiten in den Altersgruppen (siehe auch 3.5) näher diskutiert werden. Eine solche Frage lässt sich auch auf die Gruppe der 7-9-jährigen anwenden, in der es als einzige zu einer leichten Erhöhung der sympathischen LF bei sonst erniedrigten parasympathischen Werten kam.

Im Vergleich Jungen und Mädchen zeigen sich ganz willkürlich Erniedrigungen und Erhöhungen der Fallgruppenwerte, die nur in zwei Fällen zweistellige Prozentwerte ergeben, die aber noch unter 20 % liegen. Dieses Ergebnis bestätigt die Unabhängigkeit der Parameter vom Geschlecht. Die Abweichungen des MEANRR und der MEANHR belaufen sich auffälligerweise in keiner der untersuchten Gruppen auf über 8%.

Bei der allgemeinen Betrachtung der vegetativen Erregungsniveaus aller Fallgruppen im Vergleich zu den Kontrollgruppen fällt auf, dass in den Fallgruppen der Parasympathikus entweder stärker als der Sympathikus erniedrigt oder weniger stark als der Sympathikus erhöht ist. Bezeichnet man die Situation von Sympathikus und Parasympathikus in der Kontrollgruppe als ausgeglichene Balance, so scheint die Balance zwischen den beiden vegetativen Anteilen der Fallgruppe zugunsten des Sympathikus verschoben, was sich im prozentualen Ausmaß einer geringeren Erniedrigung oder stärkeren Erhöhung der LF ausdrückt. Das Säulendiagramm in Abbildung 8 soll diese Tatsache nochmals veranschaulichen: optisch gesehen liegt der Sympathikus (LF) über dem Parasympathikus (HF).

Die spannende Frage nach diesen Beobachtungen ist, ob und inwiefern diese Abweichungen und Unterschiede zwischen Fall- und Kontrollgruppe eine statistische Signifikanz aufweisen. Mit dieser Frage und den Schwierigkeiten bei der Beurteilung einer Signifikanz beschäftigt sich das folgende Kapitel.

**Abbildung 8:** Graphische Darstellung der prozentualen Erhöhungen bzw. Erniedrigungen der Parameter LF und HF der Fallgruppe gegenüber der Kontrollgruppe



Erläuterungen zu Abbildung 8:

Die Abbildung soll die Stärke der jeweiligen Erhöhungen und Erniedrigungen der Fallgruppe gegenüber der Kontrollgruppe anhand des prozentualen Ausmaßes darstellen (siehe auch letzte Spalte „Relative Ab-/Zunahme eines Parameters der Fallgruppe gegenüber der Kontrollgruppe“ in den Tabellen 11 bis 16).

#### **4.5 Diskussion der statistischen Analyse**

##### **Zu den statistischen Testverfahren:**

Zur Auswertung der aus der computerisierten EKG-Bearbeitung erhaltenen HRV-Parameter wurden die beiden statistische Testverfahren Mann-Whitney u-Test und Student-t-Test (kurz: u- und t-Test) angewandt. Der u-Test ermöglichte den Vergleich der nicht normalverteilten Rohdaten; mit dem t-Test dagegen konnte man die logarithmierten normalverteilten Werte analysieren. Durch die Auswahl und Anwendung beider Testverfahren konnte somit gewährleistet werden, dass sich nicht willkürlich eine der beiden Datenzustandsformen, die unlogarithmierte und nicht normalverteilte oder die logarithmierte und normalverteilte Form, in der Studie behauptet. Bei der Betrachtung der p-Werte erkennt man, dass die Werte von u- und t-Test nicht identisch sind, und doch stimmen sie bei der Anzeige einer Signifikanz auf dem 5%-Niveau in allen Gruppen und bei allen Parametern überein (vergleiche die letzten Spalten von u- und t-Test, siehe Tabellen unter 3.4: „Signifikanz auf dem 5%-Niveau“). Allerdings muss man in diesem Zusammenhang ehrlicherweise erwähnen, dass das Programm JMP im Hinblick auf eine Signifikanz auf dem 1%-Niveau differente Ergebnisse zwischen den beiden Testverfahren liefert. Besonders am Gesamtvergleich der  $FG^{gem}$  und der  $KG^{gem}$  wird dies deutlich. Dort finden sich folgende unterschiedliche p-Werte:  $p(SD2)=0,017$  versus  $p(\log SD2)=0,0068$ ;  $p(MF)=0,0124$  versus  $p(\log MF)=0,0033$ ;  $p(SDRR)=0,0156$  versus  $p(\log SDRR)=0,0059$ . Während der t-Tests eine Signifikanz auf dem 1%-Niveau anzeigt, errechnet der u-Test auf diesem Niveau keine signifikanten Unterschiede. Die Konsequenz aus dieser Beobachtung ist die Frage, welches dieser Testverfahren für künftige Untersuchungen das wohl geeignetste ist. Für die alleinige Betrachtung des 5%-Niveaus müssen wir diese Frage für die vorliegende Studie unbeantwortet lassen. Es lässt sich bei der Wahl des Testverfahrens lediglich eine logische Tendenz ableiten. Bei besonders niedrigen Fallzahlen, wie sie sich bei der Unterteilung in Altersgruppen einstellen, wird eine Normalverteilung der Werte immer unwahrscheinlicher je niedriger die Fallzahl ist. So würde man eher bei niedrigen Fallzahlen zur Verwendung des u-Tests neigen.

**Interpretation der Ergebnisse:**

Besonders hervorstechend sind die Ergebnisse des Gesamtvergleichs. Das Statistikprogramm JMP zeigt hier für die Fallgruppe gegenüber der Kontrollgruppe signifikante Erniedrigungen ihrer parasympathikusspezifischen Parameter SDRR, CV, MF, HF, SD1 und 2 an. Die sympathikusspezifische LF und die Herzfrequenz unterscheiden sich dabei in der Fallgruppe nicht signifikant von den Werten der Kontrollen. Dieses Ergebnis weist auch auf die Unabhängigkeit der sympathischen und parasympathischen Anteile bei der Erfassung mittels der Herzfrequenzvariabilität hin. Eine wichtige noch zu diskutierende Frage ist, inwiefern man aus diesen Ergebnissen folgern kann, dass Kinder und Jugendliche mit vegetativer Dystonie ein tatsächlich signifikant erniedrigtes parasympathisches Erregungsniveau besitzen. Dazu müsste man zuerst eine Hypothese und eine Nullhypothese generieren. Da die vorliegende Studie aber eher einen beobachtenden Charakter besitzt, wurde bei Studienbeginn keine Hypothese und keine Nullhypothese aufgestellt. Beim Aufbau der vorliegenden Studie wäre die Formulierung von zwei Hypothesen und Nullhypothesen für Sympathikus und Parasympathikus getrennt in Form einer zweiseitigen Fragestellung nötig gewesen. Die Hypothesen würden dabei wie folgt lauten:

Für den Parasympathikus:

1. Nullhypothese: Das parasympathische Erregungsniveau der Fallgruppe unterscheidet sich nicht von dem der Kontrollgruppe.
2. Hypothese: Das parasympathische Erregungsniveau der Fallgruppe ist höher oder niedriger als das der Kontrollgruppe.

Für den Sympathikus:

3. Nullhypothese: Das sympathische Erregungsniveau der Fallgruppe unterscheidet sich nicht von dem der Kontrollgruppe.
4. Hypothese: Das sympathische Erregungsniveau der Fallgruppe ist höher oder niedriger als das der Kontrollgruppe.

---

Betrachtet man die Untersuchung des Parasympathikus, so wurden sechs HRV-Parameter untersucht, die allesamt das parasympathische Erregungsniveau widerspiegeln. Statistisch gesehen würde man also, um die Hypothese oder Nullhypothese zu untermauern, sechs statistische Tests durchführen. Dabei bewegt man sich unweigerlich in einen Bereich hinein, den der Statistiker als multiples Testen bezeichnet. Beim multiplen Testen kann es zu einem unkontrollierten Anstieg des  $\alpha$ -Fehlers (Nullhypothese wird aufgrund der Stichprobe verworfen, obwohl sie in der Grundgesamtheit zutrifft) kommen. Dieser unkontrollierte Anstieg kann mit Hilfe der sogenannten Bonferroni-Korrektur vermieden werden (Harms, 1998). Durch die Bonferroni-Korrektur steigt jedoch der  $\beta$ -Fehler (Nullhypothese wird aufgrund der Stichprobe nicht verworfen, obwohl sie in der Grundgesamtheit nicht zutrifft) an. Dieser ist wiederum abhängig von verschiedenen Faktoren wie Fallzahl, zufallsbedingte Streuung der Messwerte und der Art der Fragestellung (einseitig oder zweiseitig). Der  $\beta$ -Fehler steigt also bei niedrigen Fallzahlen, starker Streuung der Messwerte und einer zweiseitigen Fragestellung an. Alle diese drei Faktoren sind in der vorliegenden Studie wegen des beschränkten Patientenkollektives nicht zu beeinflussen. Um alle diese auf den  $\beta$ -Fehler ungünstig einwirkenden Faktoren auszugleichen, wäre es nötig, die Fallzahl wesentlich zu steigern. Dies trifft ganz besonders auch auf die Vergleiche in den Altersgruppen zu, da durch die Aufteilung die Fallzahlen sehr klein sind. Wie aus den hohen Standardabweichungen ersichtlich, findet sich außerdem bei den meisten HRV-Parametern eine sehr große Streuung der Messwerte. Bezieht man all diese statistischen Überlegungen mit ein, macht es wenig Sinn von einer statistisch signifikanten Erniedrigung des parasympathischen Erregungsniveaus der Fallgruppe und damit einer signifikant erniedrigten Herzfrequenzvariabilität zu sprechen. Aus diesen Gründen ist es sinnvoller dieser Studie einen beschreibenden Charakter zuzugestehen. Dasselbe gilt auch für die Frage nach dem sympathischen Erregungsniveau. Hier steht weniger das multiple Testen als Problem im Vordergrund, sondern eher die geringe Fallzahl und die hohen Standardabweichungen.

---

Das Ergebnis des Gesamtvergleiches fordert die Durchführung weiterer Untersuchungen in prospektiver Form, bei der alle obengenannten Faktoren in der Studienplanung mitberücksichtigt werden können.

Die Ergebnisse beim Vergleich der Geschlechter sind weniger erstaunend. Die Geschlechtsunabhängigkeit der HRV-Parameter, wie sie aus der Literatur bekannt ist (Rechlin, 1998), spiegelt sich auch in den Ergebnissen bei der statistischen Auswertung wieder. Hierbei ist bei allen untersuchten Parametern kein Unterschied zwischen Jungen und Mädchen erkennbar.

Bei der Betrachtung der Altersgruppen lässt sich in keiner Gruppe das Muster des Gesamtvergleiches reproduzieren. Bis auf die Gruppe der 10-12-jährigen finden sich in allen Altersgruppen bei allen untersuchten Parametern keine signifikanten Unterschiede zwischen Fall- und Kontrollgruppe. Ganz anders verhält sich dagegen die Gruppe der Kinder im 10. bis 12. Lebensjahr. In dieser Untersuchung sind alle Parameter der Fallgruppe mit Ausnahme des mittleren RR-Abstandes (MEANRR) und der mittleren Herzfrequenz (MEANHR) signifikant erniedrigt. Das Erstaunliche dabei liegt in der Betrachtung der Low Frequency, die den niedrigsten p-Wert besitzt ( $p < 0,0001$ ). Es stellt sich hierbei die Frage, ob diese erniedrigte sympathikusspezifische LF zufallsbedingt ist oder ob es bei der vegetativen Dystonie auch altersabhängige Erregungszustände gibt. Für künftige Studien wird deshalb empfohlen das Alter zu berücksichtigen. Außerdem wäre es angebracht anhand der Vielfalt der Symptome bei der vegetativen Dystonie auch die Symptomkonstellation zu berücksichtigen, da es durchaus vorstellbar ist, dass manche Symptomkonstellationen eher mit einem verminderten Erregungsniveau des Parasympathikus und andere mit einem verminderten Erregungsniveau des Sympathikus einhergehen. Eine solche zusätzliche Unterscheidung war in der vorliegenden Studie wegen der zu geringen Fallzahl nicht durchführbar. Es konnte, wie in den folgenden Abschnitten 4.6 und 4.7 erläutert, nur im Nachhinein eine Untersuchung zu den Häufigkeiten der Vegetativen-Dystonie-Symptome und einem vermuteten Zusammenhang zwischen ihnen und den Messergebnissen durchgeführt werden.

---

#### **4.6 Diskussion der Symptommhäufigkeiten und ihrer Bedeutung**

Folgender wichtigen und interessanten Frage konnte durch die Untersuchung und Darstellung der Häufigkeiten der Symptome der vegetativen Dystonie in den verschiedenen Altersgruppen nachgegangen werden:

Können die teils unterschiedlichen Messergebnisse zwischen den Altersgruppen mit einem bestimmten Muster oder einer bestimmten Zusammensetzung von Symptomen näher gedeutet oder verstanden werden?

Besonders die sich von den anderen Altersgruppen abhebenden Beobachtungen erhöhter anstatt erniedrigter Erregungsniveaus von Sympathikus und Parasympathikus in der Fallgruppe der 13-16-jährigen und einer isolierten leichten Erhöhung der sympathischen LF bei den 7-9-jährigen überzeugten mich vom Sinn und der Wichtigkeit einer solchen ergänzenden Untersuchung.

Wie aus Tabelle 31 des Kapitels 3.5 und den Erläuterungen dazu ersichtlich, gibt es zwar Unterschiede unter den Altersgruppen bezüglich der Häufigkeit mancher Symptome, doch lässt sich daraus kein auffälliges Muster erkennen, aus dem man eine Erklärung für die erhöhten vegetativen Erregungsniveaus in der Fallgruppe der 13-16-jährigen (alle Parameter erhöht) und 7-9-jährigen (nur LF erhöht) ableiten könnte. Bei der Betrachtung der Tabelle 31 erhält man lediglich den Eindruck von einer zufälligen Verteilung der Symptome und von einem fehlenden Zusammenhang zwischen Symptommhäufigkeit und den Messergebnissen. Das soll freilich nicht bedeuten, dass es einen Zusammenhang nicht gibt. Es soll damit nur zum Ausdruck kommen, dass man einen solchen Zusammenhang erst durch weitere Studien überhaupt untersuchen kann.

#### **4.7 Kritische Betrachtung der Symptome als Repräsentanten der vegetativen Dystonie**

Nach der genaueren Interpretation der Symptommhäufigkeiten (siehe 4.6) sollten auch die Symptome als solche und ihre Repräsentation im Hinblick auf die vegetative Dystonie kritisch betrachtet werden. Diese kritische Umgangsweise

mit den Symptomen und deren Bedeutung für die vegetative Dystonie soll die Wissenschaftlichkeit der Arbeit unterstützen.

Wie aus der Pädiatrie bekannt, sind die Symptome der Kategorien 1-8, die ja in der vorliegenden Studie als typische Symptome der vegetativen Dystonie vorausgesetzt wurden, keineswegs selten. In häufigen Fällen werden diese Symptome beobachtet, ihnen aber in der Konsequenz keine große Bedeutung und kein hoher Krankheitswert beigemessen, vor allem dann, wenn sie einmalig oder nur in beschränktem Maße auftreten. Besonders gilt dies für die kardialen Symptome wie Herzstechen, thorakale Schmerzen oder Herzrasen, die bekanntermaßen auch als wachstumsbedingte Beschwerden interpretiert werden können. Auch die Symptome Schwindel, Übelkeit, Blässe und Bauchschmerzen sind relativ unspezifisch und müssen nicht zwangsläufig mit der vegetativen Dystonie zusammenhängen.

Trotzdem ist in dieser Studie eine andere Deutung der Symptome als die der Zugehörigkeit zur vegetativen Dystonie nicht gerechtfertigt. Die Beschwerden und Symptome haben das jeweilige Kind in einem besonderen Maß über längere Zeit beeinträchtigt, und zur Abklärung dieser Beschwerden hatte man immerhin die Durchführung eines Langzeit-EKGs veranlasst und mit den Eltern häufige ambulante Termine vereinbart. Dies alles zeugt von einer doch wesentlichen Beeinträchtigung des kindlichen Wohlbefindens, was man in der Art ganz typischerweise bei der vegetativen Dystonie findet und was wohl kaum etwas mit rein wachstumsbedingten Beschwerden zu tun hat. So sind die Symptome – auch der Literatur nach – als typische Symptome der vegetativen Dystonie zu interpretieren.

#### **4.8 Beantwortung der Fragestellung**

Fragestellung (siehe auch 1.8):

„Lässt sich die Diagnose der vegetativen Dystonie mit Hilfe der HRV-Analyse als psychovegetative Störung abgrenzen und ist die HRV-Analyse ein geeignetes Mittel dazu“.

Das Fazit zur Beantwortung der Fragestellung lautet wie folgt:

Die Abgrenzbarkeit der vegetativen Dystonie anhand eines charakteristischen autonomen Erregungsniveaus kann anhand der Beobachtungen in dieser Studie lediglich vermutet werden, sie war statistisch nicht zu sichern. Zur Sicherung dieser Abgrenzbarkeit ist die Durchführung weiterer prospektiver Studien mit genauer Studienplanung notwendig. Die computerisierte Erfassung der Herzfrequenzvariabilität ist auch bei künftigen Untersuchungen das derzeit geeignetste Mittel zur Beurteilung des autonomen Nervensystems. Sie ermöglicht auf eine unkomplizierte Art und Weise die getrennte Betrachtung der beiden autonomen Anteile Sympathikus und Parasympathikus.

## **5 ZUSAMMENFASSUNG**

Das Krankheitsbild der vegetativen Dystonie ist durch eine Vielzahl verschiedenster vegetativer Symptome (Herzrasen, stechende Herzschmerzen, Synkope, Übelkeit, Schwindel, Bauchschmerzen, u.s.w.) gekennzeichnet. Der Begriff „vegetative Dystonie“ hat in den letzten Jahren besonders in der Forschung der westlichen Welt an Interesse eingebüßt. Dies lag insbesondere an der relativ unscharfen Abgrenzbarkeit des Krankheitsbildes zu anderen psychovegetativen Störungen. Trotz dieser Entwicklung hat sich die vegetative Dystonie besonders in der praktischen Medizin gehalten. Ziel dieser Studie war es, dieses Krankheitsbild wissenschaftlich erneut aufzugreifen und es durch die Untersuchung des autonomen Nervensystems mit Hilfe der Herzfrequenzvariabilität auf eine mögliche Abgrenzbarkeit hin zu untersuchen. Die computerisierte Erfassung der Herzfrequenzvariabilität ist die derzeit beste und unkomplizierteste Methode zur Messbarmachung des autonomen Nervensystems. Sie bedient sich der Analyse der Abstände zwischen den R-Zacken im EKG und errechnet daraus verschiedene Parameter, die das Erregungsniveau der Anteile des autonomen Nervensystems anzeigen. So wird durch diese Methode auch eine getrennte Betrachtung von Sympathikus und Parasympathikus möglich.

In der vorliegenden Untersuchung wurde aus einem limitierten Patientenpool eine Fallgruppe und eine Kontrollgruppe zusammengestellt. Die Fallgruppe vereinigte diejenigen Patienten, die nach Angaben aus der Literatur an den Symptomen der vegetativen Dystonie leiden, die Kontrollgruppe dagegen beinhaltete als Vergleichsgruppe Kinder und Jugendliche ohne Symptome. Die Auswahl der Kinder erfolgte nach vorher festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien. Die Grundlage für die Festlegung dieser Kriterien bot die Literatur und logische Schlussfolgerungen aus der Kardiologie. Nach der computerisierten Auswertung der EKGs und Dokumentation der gemessenen HRV-Parameter wurden die Werte der Parameter aus Fall- und Kontrollgruppe beschreibend und statistisch miteinander verglichen. Dabei wurde auch durch Aufteilung der Fall- und Kontrollgruppe in Altersgruppen die aus der Literatur bekannte Altersabhängigkeit berücksichtigt. Im Gesamtvergleich ohne

---

Berücksichtigung des Alters errechnete das Statistikprogramm für die Fallgruppe eine signifikante Erniedrigung aller parasympathikusspezifischen Parameter bei unauffälligem Sympathikus. Das Muster dieses scheinbar unterschiedlichen Erregungsniveaus von Sympathikus und Parasympathikus konnte in den Altersgruppen wie auch erwartungsgemäß im Vergleich der beiden Geschlechter statistisch nicht reproduziert werden. Bei der rein beschreibenden Betrachtung der Mittelwerte kann man allerdings beobachten, dass bei zwar sehr hohen Standardabweichungen die Balance zwischen Sympathikus und Parasympathikus zugunsten des Sympathikus verschoben ist. In den Fällen nämlich, in denen eine Erniedrigung der Fallgruppenwerte zu verzeichnen ist, sind die Werte der parasympathischen Parameter stärker erniedrigt als die der sympathischen Parameter. Bei einer Erhöhung der Fallgruppenwerte gegenüber der Kontrollgruppe, wie es alle Parameter betreffend nur in der Altersgruppe 13-16 Jahre beobachtet wird, scheinen die Parameter eine stärkere Erhöhung des Sympathikus im Vergleich zum Parasympathikus anzuzeigen. Ergänzend wurden auch die unterschiedlichen Symptome der vegetativen Dystonie auf ihre Häufigkeit in den verschiedenen Altersgruppen untersucht, mit dem Ziel, ein eventuell vorhandenes Muster in der Symptomzusammensetzung der Gruppen zu finden, welches die Erhöhung der Parameter in der Altersgruppe der 13- bis 16-jährigen und die isolierte sympathische Erhöhung bei den 7- bis 9-jährigen erklären könnte. Ein solches Muster konnte nicht gefunden werden.

Die vom Computer errechnete statistische Signifikanz ist nur sehr kritisch zu betrachten. Wegen der sehr niedrigen Fallzahlen, der hohen Standardabweichungen und bei multipler Testsituation kann nicht automatisch auf eine signifikante Erniedrigung des Parasympathikus und damit auf eine verminderte HRV geschlossen werden. Die vorliegenden Ergebnisse können daher lediglich als Vermutung eines solchen Zusammenhanges interpretiert werden. Was allerdings aus den Beobachtungen und Ergebnissen dieser Studie folgt ist die Anregung, das Krankheitsbild der vegetativen Dystonie in weiteren Studien mit prospektivem Charakter zu untersuchen, um die Beobachtungen statistisch zu untermauern. Prospektiv angelegte Studien bieten dabei im

Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung den Vorteil, all die kritischen Punkte, die im Verlauf der Ausführungen diskutiert wurden, in der Studienplanung zu berücksichtigen.

---

## 6 TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

### 6.1 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> EKG-Analyse - Beispiel 1 für ungeeigneten EKG-Abschnitt.....	Seite 38
<b>Abbildung 2:</b> EKG-Analyse - Beispiel 2 für ungeeigneten EKG-Abschnitt.....	Seite 39
<b>Abbildung 3:</b> EKG-Analyse - Beispiel für einen geeignete EKG-Abschnitt.....	Seite 40
<b>Abbildung 4:</b> Computerisierte Auswertung des geeigneten EKG-Abschnittes – erster Schritt.....	Seite 41
<b>Abbildung 5:</b> Computerisierte Auswertung des geeigneten EKG-Abschnittes – zweiter Schritt.....	Seite 42
<b>Abbildung 6:</b> Computerisierte Auswertung des geeigneten EKG-Abschnittes – dritter Schritt.....	Seite 43
<b>Abbildung 7:</b> Graphische Darstellung: Geschlechterverteilung und Patientenzahlen in gemeinsamer Fall- und Kontrollgruppe.....	Seite 47
<b>Abbildung 8:</b> Graphische Darstellung der prozentualen Erhöhungen bzw. Erniedrigungen der Parameter LF und HF der Fallgruppe im Vergleich zu Kontrollgruppe.....	Seite 87

---

## **6.2 Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1:</b> Deskriptive Systematik der psychogenen und psychosomatischen Erkrankungen nach Ermann und Studt (1987).....	Seite 18
<b>Tabelle 2:</b> Deskriptive Systematik der psychovegetativen Störungen (nach Ermann).....	Seite 19
<b>Tabelle 3:</b> Definitionen der Parameter der Herzfrequenzvariabilität.....	Seite 22
<b>Tabelle 4:</b> Allgemeine gemeinsame Ausschlusskriterien für Fall- und Kontrollgruppe.....	Seite 32
<b>Tabelle 5:</b> Einschlusskriterien für die Fallgruppe.....	Seite 33
<b>Tabelle 6:</b> Einschlusskriterien für die Kontrollgruppe.....	Seite 34
<b>Tabelle 7:</b> Zusammensetzung des Studiencodes.....	Seite 35
<b>Tabelle 8:</b> Altersverteilung der Gruppen.....	Seite 48
<b>Tabelle 9:</b> Patientenzahl und Durchschnittsalter in den Altersgruppen.....	Seite 49
<b>Tabelle 10:</b> Zuordnung der Gruppenkennziffern zu den Altersgruppen.....	Seite 50

---

<b>Tabelle 11:</b> Ergebnisse (beschreibend): Vergleich gemeinsame Fallgruppe versus gemeinsame Kontrollgruppe.....	Seite 51
<b>Tabelle 12:</b> Ergebnisse (beschreibend): Vergleich Jungen versus Mädchen.....	Seite 53
<b>Tabelle 13:</b> Ergebnisse (beschreibend): Altersgruppe 3-6 Jahre.....	Seite 55
<b>Tabelle 14:</b> Ergebnisse (beschreibend): Altersgruppe 7-9 Jahre.....	Seite 57
<b>Tabelle 15:</b> Ergebnisse (beschreibend): Altersgruppe 10-12 Jahre.....	Seite 59
<b>Tabelle 16:</b> Ergebnisse (beschreibend): Altersgruppe 13-16 Jahre.....	Seite 61
<b>Tabelle 17:</b> Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse.....	Seite 63
<b>Tabelle 18:</b> Vergleich gemeinsame Fall - und Kontrollgruppe mit dem u-Test.....	Seite 67
<b>Tabelle 19:</b> Vergleich gemeinsame Fall - und Kontrollgruppe mit dem t-Test.....	Seite 68
<b>Tabelle 20:</b> Vergleich zwischen Jungen und Mädchen mit dem u-Test.....	Seite 69
<b>Tabelle 21:</b> Vergleich zwischen Jungen und Mädchen mit dem t-Test.....	Seite 70

---

<b>Tabelle 22:</b> Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 3-6 Jahre mit dem u-Test.....	Seite 71
<b>Tabelle 23:</b> Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 3-6 Jahre mit dem t-Test.....	Seite 72
<b>Tabelle 24:</b> Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 7-9 Jahre mit dem u-Test.....	Seite 73
<b>Tabelle 25:</b> Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 7-9 Jahre mit dem t-Test.....	Seite 74
<b>Tabelle 26:</b> Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 10-12 Jahre mit dem u-Test.....	Seite 75
<b>Tabelle 27:</b> Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 10-12 Jahre mit dem t-Test.....	Seite 76
<b>Tabelle 28:</b> Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 13-16 Jahre mit dem u-Test.....	Seite 77
<b>Tabelle 29:</b> Vergleich von Fall- und Kontrollgruppe der Altersgruppe 13-16 Jahre mit dem t-Test.....	Seite 78
<b>Tabelle 30:</b> Symptomkategorien und dazugehörige Begriffe (gemäß Wortlaut in den Akten und EKG-Befunden).....	Seite 79
<b>Tabelle 31:</b> Häufigkeitsverteilung der Symptome in den verschiedenen Altersgruppen.....	Seite 80
<b>Tabelle 32:</b> Symptomkombinationen und ihre Häufigkeiten.....	Seite 81

---

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- Antonova, L.K. (2003)  
Social risk factors and development of the vegetative dystonia syndrome in the  
puberty age children  
Probl Sotsialnoi Gig Zdravookhranennii Istor Med, (6), 7-9
- Barth, G.M., Nickola, M., Horvath, D., Klosinski, G. (2001)  
Analyse der Herzfrequenzvariabilität: Forschungsansätze und erste Ergebnisse  
IX. Wissenschaftliche Tagung Biologische Kinder- und Jugendpsychiatrie,  
Frankfurt 6.-7.12.2001
- Bombada, J.A., Ferraz, M.P., Mari, J.J. (1997)  
Neurovegetative dystonia – psychiatric evaluation of 40 patients diagnosed by  
general physicians in Brazil  
J Psychosom Res., 43 (5), 489-495
- Borger, N. et al. (1999)  
Heart rate variability and sustained attention in ADHD children  
J Abnorm Child Psychol, 27 (1), 25-33
- Briazgunov, I.P. (1970)  
Vegetative dystonia in children  
Med Sestra, 29 (6), 15-19
- Cohen, H., Kotler, M., Matar, M.A., Kaplan, Z., Loewenthal, U., Miodownik, H.,  
Cassuto, Y. (1998)  
Analysis of heart rate variability in posttraumatic stress disorder patients in  
response to a trauma-related reminder  
Biol Psychiatry, 44, 1054-1059
- Cohen, H., Kotler, M., Matar, M.A., Kaplan, Z., Miodownik, H.,  
Cassuto, Y. (1997)  
Power spectral analysis of heart rate variability in posttraumatic stress disorder  
patients  
Biol Psychiatry, 41 (5), 627-629
- Dalack, G.W., Roose, S.P. (1990)  
Perspectives on the relationship between cardiovascular disease and affective  
disorder  
J Clin Psychiatry, 51, 4-9
- Delius, L. (1966)  
Psychovegetative Syndrome  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart  
S.132

Ermann, M. (1987)

Die Persönlichkeit bei psychovegetativen Störungen

Klinische und empirische Ergebnisse

Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Tokyo

S.5, S.12, S.14, S.17 ff, S.29-30

Fietze, I. (2002)

Barorezeptorsensitivität, Herzfrequenzvariabilität und Blutdruckvariabilität bei Patienten mit einem milden-moderaten und schweren obstruktiven Schlafapnoe Syndrom und bei gesunden Probanden

Habilitationsschrift zur Erlangung der Lehrbefähigung für das Fach Innere Medizin

Medizinische Fakultät Charite der Humboldt-Universität zu Berlin

Fink, F.I., Mikhailova I.V., Dovnar A.S., Arestova, L.V. (2001)

Experience in treating children with vegetative dystonia syndrome

Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult, (1), 41-42

Friedman, B.H., Thayer J.F. (1998)

Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability

J Psychosom Res., 44 (1), 133-151

Fumiharu, T., Yoshiharu, Y. (2001)

Decreased fractal component of human heart rate variability during non-REM sleep

Am J Physiol Heart Circ Physiol, 280 (1), 17-21

Harms, V. (1998)

Biomathematik, Statistik und Dokumentation

Harms-Verlag, Kiel-Mönkeberg (7.Auflage)

S.199, S.203

Horsten, M., Ericson, M., Perski, A., Wamala, S.P., Schenck-Gustafson, K., Orth-Gomér, K. (1999)

Psychosocial factors and heart rate variability in healthy women

Psychosom Med, 61(1), 49-57

Jores, A. (1973)

Der Kranke mit psychovegetativen Störungen

Ursache – Klinisches Bild – Behandlung

Vandenhoeck & Ruprecht, Verlag für medizinische Psychologie, Göttingen

Klein, E., Cnaani, E., Harel, T., Braun, S., Ben-Haim, S.A. (1995)

Altered heart rate variability in panic disorder patients

Biol Psychiatry, 37, 18-24

Lamprecht, F., Bernhard, P. (1990)  
Vegetative Dystonie: Symptom oder Diagnose?  
Munch Med Wochenschr, 132,796-799

Mezzacappa, E. et al. (1997)  
Anxiety, Antisocial Behaviour, and Heart Rate Regulation in Adolescent Males  
J Child Psychol Psychiatry, 38 (4), 457-469

Murashko, N.K. (2001)  
Variability of cardiac rhythm and treatment modalities for the vegetative state  
dystonia syndrome  
Lik Sprava, (4), 81-84

Nitschkoff, S., Kriwizkaja, G. (1967)  
Lärmbelastung, akustische Reize und neurovegetative Störungen – eine  
morpho-physiologische Studie  
Edition Leipzig

Niagu, A.I., Zazimko, R.N. (1995)  
The autonomic regulation of the cardiovascular system in subjects with the  
autonomic dystonia syndrome subjected to ionizing radiation exposure as a  
result of the accident at the Chernobyl Atomic Electric Power Station  
Zh Nevropatol Psikhiatr Im S S Korsakova, 95 (4), 32-35

Oteva, E.A., Nikolaeva, A.A., Nikolaev, K. (2000)  
Vegetovascular dysfunction as an integral parameter of high risk for  
cardiovascular diseases development in young subjects  
Ter Arkh, 72 (4), 31-34

Preuss, S. (1995)  
Ökopsychosomatik: Umweltbelastung und psychovegetative Beschwerden  
Roland Asanger Verlag, Heidelberg

Sattler, W. (1992)  
Vegetative Dystonie - Gesundheitsstörung ohne Befund  
Verlag Wolfgang Kastner, Altenholz  
S.12-15, S.21-23

Rechlin, T. (1995)  
Die Bedeutung von Herzfrequenzanalysen bei psychiatrischen Fragestellungen  
Fortschr Neurol Psychiat, 63, 106-120

Rechlin, T. (1998)  
Herzfrequenzvariabilität in der Psychiatrie  
Klin Neurophysiol, 29, 179-185

Rechlin, T., Weis, M., Spitzer, A., Kaschka, W.P. (1994)  
Are affective disorders associated with alterations of heart rate variability?  
J Affect Disord, 32 (4), 271-275

Thöma, K.P. (1959)  
Vegetative Dystonie - die Allerweltskrankheit  
Die nervösen vegetativen Störungen des modernen Menschen  
Lebensweiser Edition-Verlag, Büdingen-Gettenbach  
S.19-24, S.24-27

Uexküll, Th.v. (1986)  
Psychosomatische Medizin  
Urban und Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore  
S.495f

Vein, A.M., Kolosova, O.A., Varakin, I., Tabeeva, G.R. (1991)  
The epidemiology of autonomic disorders – the autonomic dystonia syndrome –  
and its characteristics in cerebrovascular pathology  
Zh Nevropatol Psikhiatr Im S S Korsakova, 91 (11), 11-14

Zhuang, Z., Gao, X., Gao, S. (2005)  
The relationship of HRV to sleep EEG and sleep rhythm  
Int J Neurosci, 115 (3), 315-327

## ***Danksagungen***

Ich danke...

meinem Betreuer Dr.med. G.M. Barth für die freundliche Überlassung des Themas und die geduldige Unterstützung.

der Alfred Teufel-Stiftung in Nagold für die finanzielle Unterstützung bei der Durchführung der Studie.

Herrn Dr.med. Gass (Klinik für Kinderheilkunde und Jugendmedizin der Universität Tübingen, Kinderkardiologie) für die fachliche Beratung.

Herrn Matthias Nickola für die Softwareentwicklung und für die Hilfe bei der Anwendung.

den Medizinisch Technischen Assistentinnen der kinderkardiologischen Ambulanz (Kinderklinik Tübingen) für die freundliche Unterstützung bei der Datenerhebung.

Außerdem gilt mein Dank meinen Eltern Gisela und Martin Lesnik für die finanzielle Unterstützung und besonders meiner lieben Frau Viviane für ihre Geduld und ihre Unterstützung.

---

**Lebenslauf**

**Name** Timo Lesnik

**Geburtsdatum** 07.September 1979

**Geburtsort** Stuttgart

**Eltern** Martin Lesnik, geb.am 11.08.1952  
Gisela Lesnik, geb.Wörz geb.am 19.10.1952

**Schulische Bildung** 1986-1990 Grundschule Stuttgart-Wangen  
1990-1999 Gymnasium Weinstadt  
1999 Abitur

**Zivildienst** 1999-2000 Olgahospital Stuttgart, Kinderneurologie

**Studium** Oktober 2000 Beginn des Studium der Humanmedizin  
an der Eberhardt-Karls-Universität Tübingen  
13.09.2002 Ärztliche Vorprüfung  
28.08.2003 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
12.09.2005 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
24.11.2006 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
27.11.2006 Approbation als Arzt

**Berufliches** Seit Januar 2007 Assistenzarzt in der Kinderklinik  
Schwäbisch Gmünd

**Persönliches** Oktober 2005: Heirat mit Viviane Ishak-Lesnik,  
geb.Ishak in Kairo