

Aus der Medizinischen Klinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. Georg Ertl

**Führt Hands-on Kathetertraining an Virtual-Reality Simulatoren zu
physischer und psychischer Stressreduktion?**

Eine stratifiziert-randomisierte Studie

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von
Christoph Tönissen
aus
Würzburg
Würzburg, Oktober 2013



Referent: Prof. Dr. Wolfram Voelker

Korreferent: PD Dr. Ralf Kickuth

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 14.10.2014

Der Promovend ist Arzt.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	
1 Einleitung	1
2 Fragestellung und Hypothesen	4
3 Theorie zur Thematik	5
3.1 Stress	5
3.1.1 Definition von Stress	5
3.1.2 Stressmessung	8
3.2 Simulation	19
3.2.1 Aufbau von Simulationskursen	19
4 Methodik.....	21
4.1 Simulationssysteme	21
4.1.1 Virtual-Reality Simulatoren	21
4.1.2 Mechanische Trainingsmodule	24
4.1.3 Pulsatiles Herzmodell (CoroSim)	25
4.2 Studiendesign	27
4.3 Rekrutierung der Studienteilnehmer.....	29
4.4 Einteilung der Studiengruppen.....	30
4.5 Evaluationsphase	32
4.5.1 Evaluationsablauf	32
4.5.2 Evaluation der Untersucherqualität.....	35
4.5.3 Evaluation des physischen und psychischen Stresses.....	37
4.6 Training	40
4.6.1 Ablauf des VR-Simulationstrainings.....	40
4.6.2 Ablauf des theoretischen Ausbildungsprogramms.....	43
4.6.3 Ablauf des „Basic Skill“-Trainings	43
5 Statistische Auswertung.....	45
5.1 Änderungen der Stressparameter im Vergleich zur Präevaluation.....	45
5.2 Änderung der Stressparameter innerhalb einer Evaluation.....	47

6	Ergebnisse	52
6.1	Ergebnisse der Präevaluation:	52
6.2	Änderungen der Stressparameter im Vergleich zur Präevaluation (Simulations- vs. Kontrollgruppe)	62
6.3	Änderung der Stressparameter innerhalb einer Evaluation (Simulations- vs. Kontrollgruppe).....	69
7	Diskussion.....	72
7.1	Einleitung und Ziel der Arbeit	72
7.2	Patientenkollektiv	75
7.3	Diskussion der Ergebnisse aus der Präevaluation	75
7.4	Diskussion der Haupthypothese.....	78
7.4.1	Interpretation der physischen Stressmessung.....	78
7.4.2	Interpretation der psychischen Stressmessung:	80
7.5	Interpretation der Nebenhypothesen	84
7.5.1	2. Hypothese:.....	84
7.5.2	3. Hypothese:.....	86
7.6	Literaturdiskussion.	88
8	Limitationen der Studie.....	93
9	Zukunftsperspektiven	94
10	Zusammenfassung	95
11	Literaturverzeichnis	96
12	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	103
13	Anhang.....	107
14	Danksagung	
15	Lebenslauf.....	

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Analysis of Variance
DGK	Deutsche Gesellschaft für Kardiologie
EKG	Elektrokardiogramm
HKL	Herzkatheterlabor
HNN-Achse	Hypophysen Nebennierenrinden-Achse
HRV	Heart Rate Variability (Herzfrequenzvariabilität)
NA	Negativer Affekt
PA	Positiver Affekt
PANAS	Positive Affect, Negative Affect
PCI	Percutaneous Coronary Intervention (perkutane Koronarintervention)
SNN-Achse	Sympathikus Nebennierenmark-Achse
VR	Virtual-Reality

1 Einleitung

Der aktuelle Bericht über die Leistungszahlen der Herzkatheterlabore der Bundesrepublik Deutschland stellt einen exponentiellen Anstieg der Eingriffe seit der ersten Veröffentlichung im Jahr 1985 dar. Danach wurden im Jahr 2008 in über 550 Herzkatheterlaboren insgesamt 845.172 diagnostische Herzkatheteruntersuchungen und 303.832 perkutane Koronarinterventionen (PCI) deutschlandweit durchgeführt (F. van Buuren 2010; Horstkotte et al. 2011; Gleichmann U 1985). Die Zahlen verdeutlichen, dass die Gewährleistung eines flächendeckend gleichbleibenden Qualitätsstandards durch ein effektives Aus- und Weiterbildungscurriculum essentiell ist.

In der Vergangenheit erfolgte die Ausbildung in der interventionellen Kardiologie nach dem sog. *apprenticeship model*. Bei diesem klassischen Ausbildungskonzept werden Anfänger direkt am Patienten durch einen erfahrenen interventionellen Kardiologen angelernt (Ball et al. 2008; Dawson et al. 2000; Gould und Reekers 2008). Bei dieser Ausbildungsform nimmt zunächst der Schüler die Funktion des Beobachters ein, während der Lehrer die einzelnen Handlungsabfolgen des Eingriffs erklärt und zeigt. Anschließend wird der Schüler Schritt für Schritt zur selbständigen Tätigkeit hingeführt. Ein Vorteil dieses Lernmodells ist es, dass von Anfang an unter realen Bedingungen gelernt wird. Ein Nachteil ist jedoch der relativ hohe zeitliche Aufwand dieser Lernform. Lerninhalte sind stark von dem gerade verfügbaren Patientenspektrum abhängig, so dass für Spezialeingriffe und selten auftretende Komplikationen nur unzureichende oder überhaupt keine Weiterbildungsmöglichkeit bestehen. In diesen Fällen kann es zum unerwünschten „learning by doing“ Effekt kommen, bei dem der angehende interventionelle Kardiologe bestimmte Eingriffe durchführt, ohne hierfür im Vorfeld ein dezidiertes Training erhalten zu haben (Vozenilek et al. 2004).

Letztlich führt dies zu erhöhten Komplikations- und erniedrigten Erfolgsquoten und damit zu einer nicht akzeptablen Lernkurve (Voelker et al. 2011).

Seit den 1990er Jahren wurde dem bisher gängigen *apprenticeship model* ein weiteres Ausbildungskonzept an die Seite gestellt, bei dem das Training Simulator-basiert erfolgt. Die ersten Prototypen von VR-Simulatoren für die Kardiologie kamen seitdem auf den Markt. In Analogie zu den Flugsimulatoren, die in der Luftfahrt schon seit Jahrzehnten für die Pilotenausbildung genutzt werden, ist es seit der Entwicklung der ersten „kardiologischen Virtual-Reality-“ (VR-) Simulatoren möglich, komplette Eingriffe unter realen Bedingungen zu trainieren, ohne dass Patienten dabei gefährdet werden. Inzwischen haben mehrere Hersteller verschiedene katheterbasierte VR-Systeme auf den Markt gebracht und das Training an Simulatoren hat in vielen Ausbildungszentren weltweit Einzug gehalten. Das Angebot reicht hier von einfachen und schnell zu installierenden Systemen bis hin zu umfangreichen Full-Scale Simulatoren. Im Jahr 2010 hat die Arbeitsgruppe Interventionelle Kardiologie (AGIK) der DGK ein Curriculum bzw. Qualitätskriterien herausgegeben, die strukturelle und inhaltlichen Vorgaben für interventionelles Simulationstraining vorgeben (www.agikintervention.de). Zunehmend häufiger werden Simulationskurse speziell für die interventionelle Kardiologie angeboten. Durch Simulationstraining können Lernprozesse individuell der Geschwindigkeit bzw. dem Lernfortschritt des Auszubildenden angepasst werden. Auch der Umgang mit seltenen Komplikationen und das dazugehörige Komplikations-Management kann hiermit konsequent trainiert werden. Inzwischen halten Experten das Simulationstraining für eine Grundvoraussetzung für eine umfassende Weiterbildung zum interventionellen Kardiologen (Gallagher und Cates 2004; Ziv et al. 2006; Klein 2000; Fox K. 08/2011). Im Gegensatz jedoch zur minimal-invasiven Chirurgie und Endoskopie, bei der ein eindeutiger Nutzen des simulationsbasierten Trainings durch randomisierte Studien belegt werden konnte (Grantcharov et al. 2004; Aggarwal et al. 2007; Ahlberg et al. 2007; Gurusamy K 2008; Munz et al. 2007; Wahidi et al. 2010; Ritter et al. 2006; Seymour et al. 2002; van Dongen et al. 2008; Ferlitsch et al. 2002; Colt et al. 2001, 2001; Cohen et al. 2006), wurden entsprechende Studien für den Bereich

„Kathetersimulation“ bisher nicht durchgeführt. Die Implementierung von Simulationskursen im Ausbildungscurriculum der interventionellen Kardiologie ist allerdings nur dann gerechtfertigt, wenn, im Sinne von Evidence-Based-Medicine, ein eindeutiger Nutzen für VR-Simulationstraining in der interventionellen Kardiologie nachweisbar ist.

Deshalb wurde im interdisziplinären Trainings- und Simulationszentrum (INTUS) an der Universität Würzburg eine stratifizierte und randomisierte Studie mit dem Thema „Evaluation von Simulationstraining“, durchgeführt. Hierbei wurde VR-Simulationstraining auf zwei wesentliche Aspekte hin untersucht:

- 1.) Effekt von VR-Simulationstraining auf die Untersucherqualität (manuellen Fertigkeiten). (siehe Dissertation von Nils Petri)
- 2.) Effekt von VR-Simulationstraining auf den physischen bzw. psychischen Stress des Untersuchers. (Thema der vorliegenden Arbeit)

Hierzu wurde Simulationstraining und konventionell theoretische Übungsformen miteinander verglichen. In vorausgegangenen Studien konnte gezeigt werden, dass Simulationstraining die psychomotorischen Fähigkeiten von angehenden interventionellen Kardiologen verbessert (Lipner RS 2010; Rabih A. Chaer 2006). Es wurde spekuliert, dass dies durch eine Reduktion der physischen und psychischen Stressantwort bedingt ist (Müller MP 2009).

2 Fragestellung und Hypothesen

In dieser Arbeit sollte überprüft werden, welchen Einfluss VR-Simulationstraining auf physischen bzw. psychischen Stress hat. Dabei wurde der folgenden konkreten Fragestellung nachgegangen:

- **„Kann VR-Simulationstraining einen Beitrag zur Reduktion des physischen bzw. psychischen Stressniveaus des Untersuchers während einer Intervention im Herzkatheterlabor leisten?“**

Hierzu wurden eine Haupthypothese und zwei Nebenhypothesen formuliert, die den Effekt von Simulationstraining auf physischen bzw. psychischen Stress überprüfen.

- (1) VR-Simulationstraining führt zu stärkerer Stressreduktion als ein theoretisches Ausbildungsprogramm. (Haupthypothese)
($H_0: S = T$, $H_1: S > T$)*
- (2) Das Übungsprogramm, bestehend aus Theorie und anschließendem Simulationstraining, führt zu einer stärkeren Stressreduktion als ein ausschließliches theoretisches Ausbildungsprogramm. (Nebenhypothese)
($H_0: K = T$, $H_1: K > T$)*
- (3) Ein Übungsprogramm, bestehend aus zunächst Theorie und anschließendem Simulationstraining, führt zu stärkerer Stressreduktion als ausschließliches Simulationstraining. (Nebenhypothese)
($H_0: K = S$, $H_1: K > S$)*

Mit Hilfe der Nebenhypothesen sollte überprüft werden, ob mögliche Einzeleffekte von Simulationstraining oder Theorie, die in der Testung der Haupthypothese zu erkennen sein würden, auch als Kombinationseffekt auftreten.

H_0 : Nullhypothese

H_1 : Alternativhypothese

K: Kombinationstraining

S: Simulationstraining

T: Theoretisches Training

3 Theorie zur Thematik

3.1 Stress

3.1.1 Definition von Stress

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert Stress als ein Ungleichgewicht zwischen Anforderungen und den auf eine Person einwirkenden Druck auf der einen Seite und deren Wissen und Fähigkeiten zur Bewältigung dieser Anforderungen auf der anderen Seite. Ob eine Situation von einem Individuum als Stress erlebt wird, hängt zum einen von der Situation selbst ab, wird jedoch zusätzlich maßgeblich dadurch bestimmt, wie die betroffene Person sie wahrnimmt, diese emotional und kognitiv verarbeitet, welche Bewältigungsstrategien ihr zur Verfügung stehen und letztendlich, wie sie die Bewältigung der Situation abschließend bewertet (S. Leka 2004).

Der Endokrinologe Hans Selye war der Erste, der den Begriff „Stress“ dazu benutzte, vielfältige physische und psychische Reaktionen des Organismus als Antwort auf aversiv einwirkende Umweltbedingungen- bzw. -einflüsse in einem Wort zusammenzufassen (Selye 1956). Er leitete dabei den Begriff aus der physikalischen Werkstoffkunde ab, bei der Stress Ausdruck von Zug oder Druck auf ein Material bedeutet. Sein allgemeines Stressmodell beschrieb die unspezifische Reaktion des Organismus auf verschiedene intrinsische (Krankheit, Schmerz) oder extrinsische Stressoren (Umwelteinflüsse). Die auf den Organismus einwirkenden Stressoren stören dessen Gleichgewicht. Die in der Folge ablaufende Stressreaktion dient der Homöostase, also der Wiederherstellung des Gleichgewichts und Wohlbefindens. Sie wird dabei durch die individuelle Bewertung der Anforderungen der Situation und der vorhandenen Ressourcen im Umgang mit dem Stressor modifiziert. Selye prägte zudem die Begriffe Disstress und Eustress und beschrieb damit zwei Komponenten von Stress. Zum einen negativer Stress, der dem Organismus

schadet (Disstress), und zum anderen positiver Stress, der es dem Organismus ermöglicht, bis zu einem bestimmten Grad leistungsfähig zu sein (Selye 1975).

Durch das transaktionale Stressmodell nach Lazarus et al. (1984) erhielt die Stressforschung dann erstmalig ein Konzept, welches die zwei wesentlichen Prozesse beinhaltet, die bei der Reaktion eines Individuums auf potentielle Stressoren eine Rolle spielen (Lazarus R.S. und Folkman S. 1984):

- Kognitive Bewertung einer Stresssituation (*cognitive appraisal*)
- Bewältigung einer Stresssituation (*coping*)

Das Modell wird als transaktional bezeichnet, da ein Bewertungsprozess zwischen Stressor und Stressreaktion zwischengeschaltet ist. Die kognitive Bewertung wird weiter unterteilt in sog. „primary appraisal“ und „secondary appraisal“. Während der Phase des primary appraisal findet zunächst eine Bewertung der Situation hinsichtlich der physischen und psychischen Relevanz für die eigene Person statt. Im nächsten Schritt (secondary appraisal) überprüft die Person, ob eigene Fähigkeiten zur Bewältigung der Situation zur Verfügung stehen und entsprechend den Anforderungen genügen (Bewertung der Ressourcen). Nach diesem Modell tritt bei einem Individuum also immer dann Stress auf, wenn die Beherrschung der Situation als unsicher eingeschätzt wird und daher negative Konsequenzen erwartet werden (Schwarzer R. 2005). Allgemein werden als Stressoren verschiedene Variablen bezeichnet, die das psychische und physische Gleichgewicht gefährden. Hierzu zählen traumatische Ereignisse (Krieg und Terrorismus), kritische Lebensereignisse (Tod eines Angehörigen, Scheidung) oder anhaltende und immer wiederkehrende alltägliche Belastungen. Aus arbeitspsychologischer Sicht stellt sich vor allem eine Situation am Arbeitsplatz als Stressor dar, bei der Anforderungen an eine Person hoch sind und die Nutzung der gegebenen Fähigkeiten gefordert ist (Karasek und Theorell 1990). Für Chirurgen oder interventionelle Kardiologen kann dies zum Beispiel eine erstmalig in eigener Verantwortung durchgeführte Operation oder Intervention am Patienten sein. Die Bewertung des Stressors und die darauf folgende Stressreaktion kann

dabei interindividuell sehr unterschiedlich sein und ist abhängig von genetischer, physischer, psychischer und sozio-kultureller Prädisposition eines Individuums (Krohne 2002).

Neben der psychischen Stressempfindung läuft parallel die physiologische Stressreaktion des Organismus ab. Diese lässt sich in zwei Hauptachsen unterteilen. Zum einen die Sympathikus-Nebennierenmark-Achse (SNN-Achse), deren Hauptfunktion es ist, über eine Katecholaminausschüttung für eine kurzfristige Aktivierung des Organismus zu sorgen. Die zweite Achse ist die Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HNN-Achse), die durch die Freisetzung des Stresshormons Cortisol längerfristig die Bereitstellung von Energie für den Organismus gewährleisten soll.

Kurzfristige Stressreaktion	Langfristige Stressreaktion
SNN-Achse (Katecholamine: Adrenalin, Noradrenalin)	HNN-Achse (Cortisol)

Tab. 3.1: Physiologische Stresskomponenten

Ebenso wie kognitiver Stress bei verschiedenen Personen durch verschiedene Stressoren provoziert werden kann und auf unterschiedliche Art und Weise verlaufen kann, so ist auch die Reaktionsstärke, mit der die beiden physischen Stress-Achsen ablaufen, individuell unterschiedlich.

Die unterschiedlichen Komponenten von Stress ermöglichen somit eine Stressmessung auf verschiedenen Ebenen. In der Stressdiagnostik kommen gegenwärtig Cortisolwerte aus Speichel- oder Blutproben sowie die Messung der Herzfrequenzvariabilität (HRV) zum Einsatz (Yang Y 2001; Detling et al. 2006; Morales et al. 2012). Auf psychologischer bzw. subjektiver Ebene wird Stress mit Hilfe von Fragebögen und Tests erfasst (z.B. PANAS-Fragebogen) (Franke GH. 2007; Smith et al. 2001; Smith et al. 1998; Ramirez et al. 1996). Auf Grund der bereits beschriebenen individuellen Unterschiede hinsichtlich der Stressreaktionsstärke, sollten anstatt des Vergleichs direkter Absolutwerte die Veränderungen der Parameter im Verlauf gemessen werden. Dabei ist es

ratsam, zunächst die Ausgangsstresswerte (Baseline-Stress) eines jeden Studienteilnehmers zu bestimmen.

3.1.2 Stressmessung

3.1.2.1 Cortisol

Cortisol ist neben den Katecholaminen ein wichtiges Stresshormon. Das Hormon gehört zu der Klasse der Steroidhormone und wird in der Zona fasciculata der Nebennierenrinde gebildet. Die Bildung des Hormons unterliegt dem Regelkreis der HHN-Achse und wird durch die Ausschüttung von Corticotropin (CRH) im Hypothalamus und Adrenocorticotropin (ACTH) in der Hypophyse gesteuert. Die Ausschüttung von Cortisol erfolgt pulsatil mit einer Periodenlänge von ca. 95 bis 180 Minuten (Holaday et al. 1977). Diese ultradiane Rhythmik wird durch den zirkadianen Rhythmus überlagert. Ein starker Anstieg des Hormons erfolgt morgens direkt vor dem Erwachen, der dann während des Tages kontinuierlich abfällt, jedoch durch Anstiege unterbrochen wird, die mit der Einnahme von Mahlzeiten assoziiert sind. Das Vorliegen der zirkadianen Rhythmik ist bei der Planung und Durchführung von Untersuchungen zu beachten. Um die stressbedingte Aktivierung der HHN-Achse zu untersuchen, eignet sich beim Menschen die Ermittlung der Kortisolkonzentration im Verlauf der Stressaufgabe. Vorausgesetzt der Stressor ist ausreichend stark, um die Aktivierung der HHN-Achse zu induzieren, resultiert dies in einem, mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung verbundenen, Cortisolanstieg (Törnhaage 2009).

Durch Cortisol wird der erhöhte Energiebedarf des Körpers während einer Stressreaktion sichergestellt. Es kommt zur Bereitstellung von Energie durch eine Hyperglykämie, Proteine und Fette werden abgebaut und Entzündungsreaktionen werden unterdrückt (siehe Abb. 3.1).

Seit 1983 besteht die Möglichkeit, den Cortisolspiegel im Speichel nicht-invasiv zu bestimmen (Inder et al. 2012). Vorteile dieser Bestimmungsmethode liegen in der leichten Handhabung, Sammlung und Speicherung der Proben in sog. Salivetten, die im Kühlfach bis zur weiteren Auswertung erfolgen kann. Bei den Salivetten handelt es sich um Wattestifte, die eingespeichelt werden und anschließend in einem Probenröhrchen verwahrt werden. Die gemessene Konzentration von Cortisol im Speichel spiegelt dabei den freien Anteil von Cortisol im Blut wieder (Riad-Fahmy et al. 1980). Die Arbeitsgruppe um Kirschbaum et al. hat auf der Basis von 700 Probanden tageszeitabhängige Referenzwerte für Speichelcortisol herausgegeben, 07.00 – 09.00 Uhr: $14,32 \pm 9,1$ ng/ml, 15.00 – 18.00 Uhr: $4,5 \pm 3,5$ ng/ml, ab 20.00 Uhr: $1,96 \pm 1,7$ ng/ml (Kirschbaum und Hellhammer 1989).

Die Bestimmung von Speichelcortisol wurde bereits in verschiedenen Studien zur Quantifizierung von Stress bei Medizinern genutzt (Detling et al. 2006; Wetzel et al. 2011; Arora et al. 2011)). In den drei beispielhaft genannten Studien wurde der Parameter Speichelcortisol dazu genutzt, physischen Stress von Medizinern während der Arbeit zu quantifizieren. Detling et al. nutzte die Speichelcortisolmessung dazu, physischen Stress bei interventionellen Kardiologen im Herzkatheterlabor während einer Intervention zu bestimmen.

3.1.2.2 Herzfrequenzvariabilität (HRV)

Eine wesentliche Rolle während einer Stressreaktion spielt auch das autonome Nervensystem (Sympathikus und Parasympathikus). Über die Sinnesorgane gelangen die Stressor-Informationen an das Großhirn und das limbische System. Daraufhin kommt es zu einer unmittelbaren Aktivierung des Sympathico-Adreno-Medullären Systems (Aubert et al. 2003). In Folge dieser Erhöhung des Sympathikotonus werden Katecholamine (Adrenalin und Noradrenalin) ausgeschüttet und verschiedene physiologische Reaktionen eingeleitet. Hierzu zählen unter anderem die Erhöhung der Herzfrequenz und des Blutdrucks (Abb. 3.1). Antagonistisch als „Stressbremse“ wirkt hierzu der

Parasympathikus, der über den Nervus vagus Acetylcholin-vermittelt eine Absenkung des physischen Stressniveaus herbeiführt.

Durch den Einfluss des autonomen Nervensystems auf die Herzfrequenz und den Herzrhythmus ist es möglich, aus der Herzfrequenzvariabilität den Grad der Aktivierung von Sympathikus und Parasympathikus abzuleiten. Denn die Herzfrequenz schlägt nicht mit der Regelmäßigkeit eines Metronoms, sondern unterliegt Schwankungen. Diese Variabilität der Herzfrequenz ist physiologisch und zeigt an, dass das Herz in der Lage ist, sich beispielsweise an physische oder psychische Stresssituationen anzupassen (Rajendra Acharya et al. 2006). Die RR-Abstände unterscheiden sich bei Gesunden im Milli-Sekundenbereich. Das Muster dieser RR-Abstandsunterschiede wird durch eine Oszillation (Schwingung), wie die eines Pendels, beschrieben, die sich in regelmäßigen Abständen periodisch wiederholt (Abb.3.2).

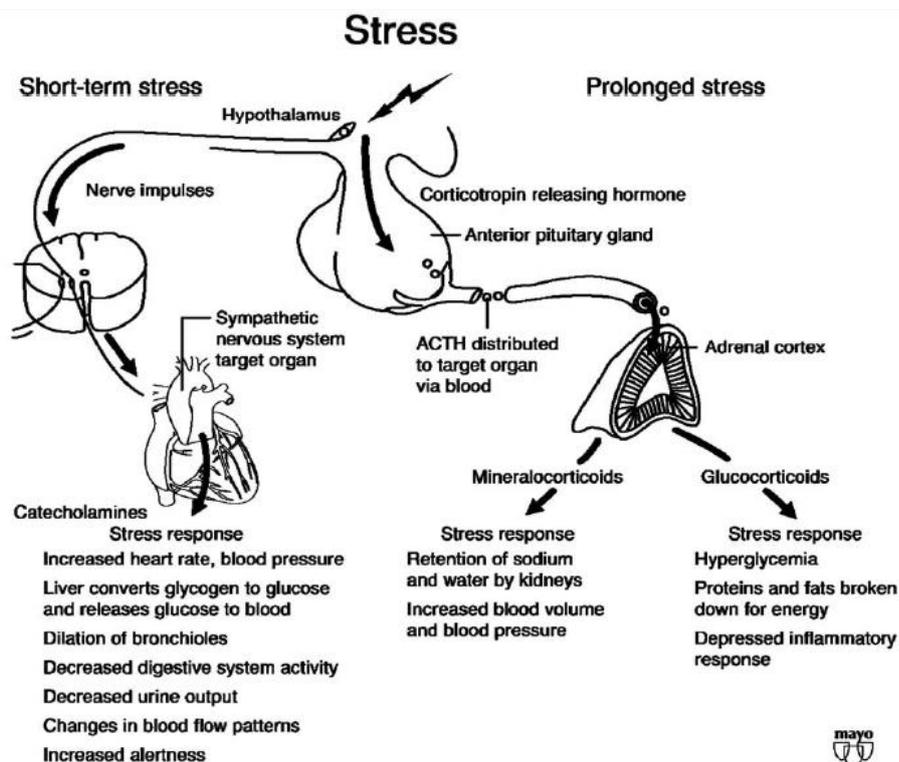


Abb. 3.1: Stressreaktion (aus Detling et al. 2006)

Da Veränderungen dieser Periodik durch das autonome Nervensystem und über den Sinusknoten gesteuert werden, kann man im Umkehrschluss durch die Ermittlung der Herzfrequenzvariabilität eine Aussage über die Sympathikus- bzw. Parasympathikusaktivität treffen (Vanderlei et al. 2009).

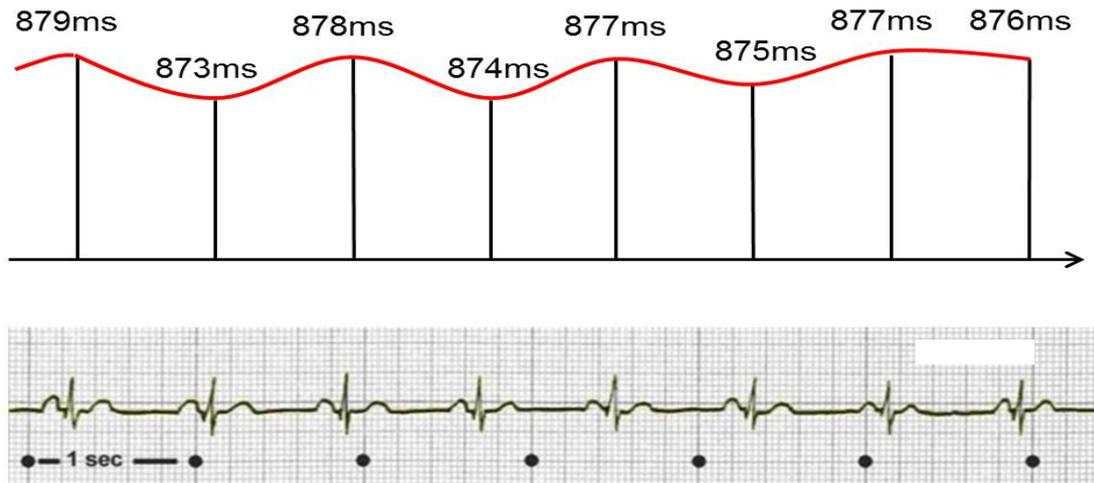


Abb. 3.2 Oszillation der Herzfrequenz

Um die Variabilität zu erfassen, wird der RR-Abstand mit einer Abtastrate von 4000Hz gemessen (Eller-Berndl 2010).

Zur Quantifizierung der HRV-Messung stehen verschiedene Ansätze zur Verfügung. Hier eignet sich insbesondere die Zeitbereichsanalyse mit ihren statistischen Parametern dazu, größere Datensätze aus Studien auszuwerten und miteinander zu vergleichen. Diese Analyse betrachtet die Veränderungen der Herzfrequenz über die Zeit bzw. die Intervalle zwischen aufeinanderfolgenden Herzzyklen. Neben einfach zu bestimmenden Variablen wie der minimalen, mittleren und maximalen Herzfrequenz enthält die Zeitbereichsanalyse grundsätzlich zwei weitere Kategorien von statistischen Parametern. Bei der ersten Kategorie handelt es sich um Variablen, die direkt von den RR-Intervallen selbst abgeleitet werden. Die zweite Kategorie enthält Variablen, die aus der Differenz von angrenzenden RR-Intervallen berechnet werden. Parameter der ersten Kategorie sind SDNN, SDANN und SDNNi. Zu

den Parametern der zweiten Kategorie zählen RMSSD und pNN50 (Sztajzel 2004)

SDNN ist dabei die Standardabweichung aller RR-Intervalle (NN-Intervalle) in Millisekunden und spiegelt die Variabilität der Herzfrequenz während der gesamten HRV-Messung wieder. Davon abgeleitet sind SDANN (Standardabweichung der Mittelwerte von NN-Intervallen in fünf Minuten Abschnitten einer gesamten Messung) und SDNNi (Mittelwert der Standardabweichung über eine 24-Stunden Messung). Diese Standardabweichungen werden allgemein dazu herangezogen, um längerfristige Veränderungen des autonomen Nervensystems zu erkennen, beispielsweise eine zirkadiane Rhythmik mit ihren Veränderungen zwischen Tag und Nacht (Vanderlei et al. 2009).

In der zweiten Kategorie finden sich hingegen Parameter, die kurzfristige HRV-Veränderungen registrieren und weniger von Tag- bzw. Nacht-Variationen abhängig sind. Beim RMSSD handelt es sich um den Mittelwert der Quadratwurzel aus der Differenz der RR-Abstände. Der pNN50 stellt wiederum den Prozentsatz der RR-Intervalle in einer Messung mit NN-Intervallen dar, die mindestens um 50ms vom vorausgehenden Intervall abweichen. Beide Parameter reflektieren Werte, die für unmittelbare Veränderungen des Vagotonus bzw. Parasympathikus stehen. Der pNN50 beschreibt Veränderungen der Parasympathikusaktivität. Je höher der prozentuale Anteil von NN-Intervallen, die sich jeweils gegenüber dem vorherigen RR-Intervall um 50ms unterscheiden, desto höher ist die Parasympathikusaktivität und desto niedriger das physische Stresslevel (Pumprla et al. 2002).

Parameter	Einheit	Definition
SDNN	ms	Standardabweichung aller NN-Intervalle
SDANN	ms	Standardabweichung der Mittelwerte der NN-Intervalle in allen 5-Minuten-Abschnitten der gesamten Aufzeichnung
SDNNi	ms	Mittelwert der Standardabweichung einer 24-Stunden Messung (SDNN Index)
RMSSD	ms	Mittelwert der Quadratwurzel aufeinanderfolgender RR-Intervall Differenzen
pNN50	%	Prozentualer Anteil aufeinanderfolgender NN-Intervalle, die sich um mehr als 50 ms unterscheiden

Tab. 3.2: HRV-Parameter

Die Bestimmung der Herzfrequenzvariabilität ist somit neben der Cortisolbestimmung eine weitere etablierte Methode der nicht-invasiven physischen Stressmessung (Morales et al. 2012; Shaikh al arab et al. 2012; Ohmura et al. 2012; Kalsaria et al. 2012). Da sowohl die Herzfrequenz als auch der pNN50 durch Faktoren wie z.B. Trainingszustand, Aktivität des autonomen Nervensystems und Einnahme von kreislaufrelevanten Medikamenten (z.B. Beta-Blocker) beeinflusst werden, können die HRV-Parameter individuell unterschiedliche Werte annehmen.

3.1.2.3 PANAS

Um die psychische Komponente von Stress messen zu können, hat Watson et al. den sog. PANAS-Fragebogen entwickelt (Watson et al. 1988; Schwarzer und Weber 2002; Franke GH. 2007). Hintergrund dieses Fragebogens ist das von Russel et al. entworfene Circumplex- (Kreis-) Modell zur Beschreibung subjektiven Befindens (Russell 1980). Dieses Modell beruht darauf, dass sich das Befinden durch die zwei Grunddimensionen „Valenz“ und „Aktiviertheit“,

beschreiben lässt (Abele-Brehm 1986; Russell 1980). Die Valenz steht hierbei für das Ausmaß des Wohlbefindens (engl.: pleasantness vs. unpleasantness) und die Aktiviertheit für den Grad der Erregung oder Aktivierung (engl. engagement vs disengagement). Zum besseren Verständnis dieser beiden Begriffe dienen die folgenden Wortpaare (Mehrabian 1974; Hamm 1993):

Valenz: unzufrieden - zufrieden, unglücklich - glücklich, genervt - erfreut, verzweifelt - hoffnungsvoll, schwermütig - ausgeglichen, gelangweilt - entspannt.

Aktiviertheit: träge - rasend, unerregt - erregt, lahm - zappelig, schläfrig - hellwach, ruhig - aufgeregt, entspannt - stimuliert

Jedes Befinden lässt sich also durch die Kombination von einer bestimmten Valenz und einem bestimmten Grad an Aktivierung beschreiben. So ist „gutes“ oder „schlechtes“ Wohlbefinden kombinierbar mit einem hohen oder niedrigen Ausmaß an Aktivierung. Beispielhaft für „gutes“ Befinden mit hoher Aktivierung wäre ein Zustand, der durch Begeisterung und überschäumende Freude charakterisiert ist, bzw. für „gutes“ Befinden mit niedriger Aktivierung ein Zustand völliger Entspannung und Ausgeglichenheit. Gegenteilige Beispiele für „schlechtes“ Befinden mit hoher oder niedriger Aktivierung wären Zorn und Deprimiertheit.

Dieses Modell ermöglicht es somit, unterschiedliche Befindlichkeiten durch die Bestimmung von Valenz und Aktivierung zweidimensional in einer Ebene abzubilden. Russell et al. konnte zudem zeigen, dass sich diese Ebene kreisförmig in Form des Circumplex-Modells (siehe Abb. 3.3) darstellen lässt (Russell 1980).



Abb. 3.3: Circumplex-Modell nach Russell (deutsche Übersetzung)

Die horizontale Achse in diesem Modell repräsentiert die Valenz und die vertikale Achse die Aktiviertheit. Folglich stehen in den beiden linken Quadranten die negativen („schlechten“) Valenzen und in den beiden rechten Quadranten die positiven („guten“) Valenzen. Zudem zeigen die beiden oberen Quadranten Zustände hoher Aktivierung und die beiden unteren Quadranten Zustände niedriger Aktivierung.

Watson und Tellegen haben nun basierend auf diesem Modell zwei weitere Dimensionen zur Beschreibung des Befindens eingeführt, den positiven und negativen Affekt, in dem sie die beiden Hauptachsen des Circumplex-Modells jeweils um 45° rotiert haben (sog. VARIMAX-Rotation) (Watson et al. 1988).

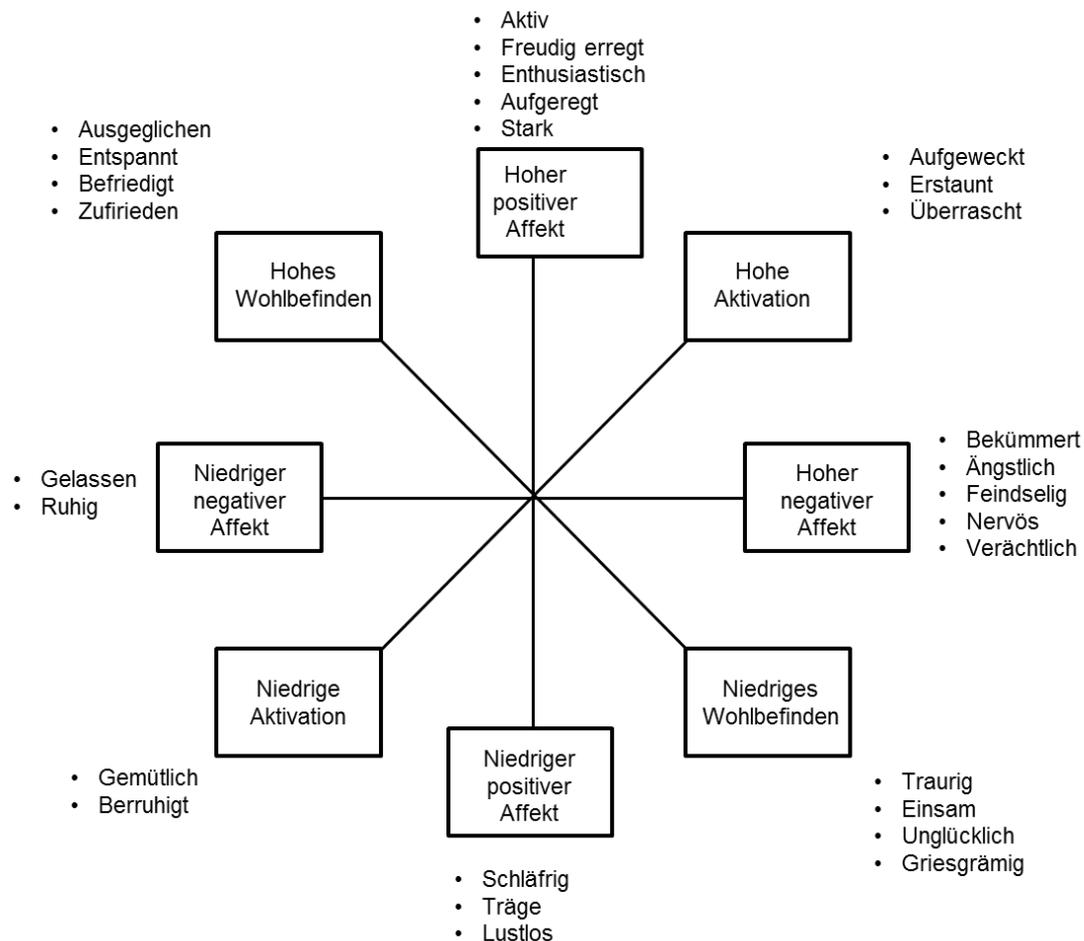


Abb. 3.4: Rotiertes Circumplex-Modell nach Watson und Tellegen

Die Valenzachse verläuft in diesem Modell von links oben (Hohes Wohlbefinden = Pleasentness) nach rechts unten (Niedriges Wohlbefinden = Unpleasentness) und die Aktivierungsachse von rechts oben (Hohe Aktivierung = Engagement) nach links unten (Niedrige Aktivierung = Disengagement). Die Befindensdimensionen negativer Affekt und positiver Affekt verlaufen in den Hauptachsen (NA=horizontale Achse, PA vertikale Achse). Will man das von Watson und Tellegen entwickelte Modell in das von Russell überführen, so muss man neben einer Derotation von 45° auch die Polung der Valenzachse beachten, die in dem Modell von Russell von links nach rechts, bei Watson und Tellegen jedoch von rechts nach links verläuft, und somit zunächst gespiegelt werden muss. Auf der Basis dieses veränderten Circumplex-Modells haben Watson und Tellegen einen Fragebogen namens PANAS (**P**ositiver **A**ffekt,

Negativer Affekt) entwickelt, in dem kurze Wörter für die Befindensdimensionen PA und NA stehen. Nach der deutschen Übersetzung von Krohne et al. sind die beiden Dimensionen wie folgt definiert und operationalisiert (Krohne 1996).

Der Positive Affekt (PA) beschreibt das Ausmaß, in dem eine Person enthusiastisch, aktiv und aufmerksam ist. Hoher PA ist durch Energie, Konzentration und freudiges Engagement gekennzeichnet, niedriger PA durch Lethargie und Traurigkeit.

- Items zur Operationalisierung sind hier: angeregt, begeistert, freudig erregt, aktiv, interessiert, stark, aufmerksam, entschlossen, wach, stolz.

Der Negative Affekt (NA) kennzeichnet das Ausmaß negativen Angespanntseins: Hoher NA ist ein Gefühlszustand, der sich durch Gereiztheit, Nervosität oder Angst beschreiben lässt, während tiefer NA Ruhe und Ausgeglichenheit beinhaltet.

- Items zur Operationalisierung sind hier: ängstlich, verärgert, durcheinander, gereizt, nervös, erschrocken, feindselig, bekümmert, beschämt, schuldig.

Wie aus Abb. 3.4 ersichtlich, handelt es sich beim PA und NA nicht um unipolare, sondern um bipolare Dimensionen, die jeweils wiederum für sich genommen positive und negative Befindlichkeiten zum Ausdruck bringen können. Dieser Bipolarität wird Rechnung getragen, wenn man im Falle von PA von „positiver Aktiviertheit“ (Energie, freudiges Engagement) vs. „negativer Inaktiviertheit“ (Lethargie, Traurigkeit) spricht und den NA mit den gegenteiligen Begriffen „Negative Aktiviertheit“ (Gereiztheit, Nervosität, Angst) und „positive Inaktiviertheit“ (Ruhe, Ausgeglichenheit) beschreibt (Schallberger et al. 1999).

Die Psychologin Hannelore Weber hält in diesem Zusammenhang fest, dass zur Erfassung spezifischer stressbezogener Emotionen vor allem Verfahren

dienlich sind, die negative Emotionen detektieren. Ihrer Meinung nach wird emotionaler Stress vor allem durch Items wie beispielsweise „bekümmert“ oder „verärgert“ operationalisiert (Schwarzer und Weber 2002). Diese Aussage macht deutlich, dass hinsichtlich der Messung des psychischen Stresses dem negativen PANAS eine besondere Bedeutung zukommt (Watson et al. 1988). Ein hoher negativer Affekt steht dementsprechend für einen erhöhten, ein niedriger negativer Affekt für erniedrigten psychischen Stress. Zur Verdeutlichung kann hier auch die Betrachtung des Circumplex-Modells hilfreich sein, bzw. die Begriffe, die mit dem negativen Affekt verknüpft sind. Der positive PANAS misst hingegen eher den Grad oder das Ausmaß einer enthusiastischen bzw. energiereichen emotionalen Stimmungslage. In Analogie zum negativen PANAS entsprechen ein hoher positiver Affekt einer enthusiastischen Stimmungslage und ein niedriger positiver Affekt einer lethargischen Stimmungslage. In der vorliegenden Studie wurde die von Krohne et al. im Jahr 1996 herausgegebene deutsche Version des PANAS Fragebogens angewendet (Krohne 1996). In diesem Inventar werden 20 Adjektive vorgegeben, wobei jeweils zehn Adjektive den PA und weitere zehn Adjektive den NA messen. Auf einer Antwortskala wird dann erfragt, in wieweit das vorliegende Adjektiv das eigene aktuelle Befinden der ausfüllenden Person beschreibt. Die folgenden Antwortmöglichkeiten sind hier möglich:

- ganz wenig oder gar nicht
- ein bisschen
- einigermaßen
- erheblich
- äußerst

Die Ausprägung einer Person auf PA und NA ergibt sich aus der Bildung des Summenwertes oder des Mittelwertes über die jeweils zehn Items pro Skala. Die Werte werden dabei jeweils einzeln für PA und NA berechnet.

Im Anhang ist der ausgegebene PANAS-Fragebogen in Abb. 10.2 dargestellt.

3.2 Simulation

3.2.1 Aufbau von Simulationskursen

Bedingt durch die Entwicklung von VR-Simulatoren für die interventionelle Kardiologie, wird in speziellen Ausbildungszentren zunehmend ein sog. „Hands-on“ Kathetertraining für Auszubildende angeboten. Die Bezeichnung „Hands-on“ steht dabei für den besonders praxisorientierten Aufbau, der durch den Einsatz von Simulatoren möglich gemacht wird. Hier können Anfänger losgelöst vom stressigen Arbeitsalltag in konstruktiver Atmosphäre eine systematische und fundierte Ausbildung erhalten, ohne dabei einen Patienten zu gefährden.

Für diese Simulationskurse hat die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie inzwischen Qualitätskriterien erarbeitet.

Das Trainingskonzept besteht dabei in der Regel aus verschiedenen Bausteinen:

Praktisches Training an Simulatoren und Modellen
Theoretische Grundlagen, Prozedurenablauf
Praktische Materialschulung
Falldemonstration und -diskussion
Theoretische und praktische Lernerfolgskontrolle unter Supervision

Tab. 3.3: *Qualitätskriterien und Inhalte (QI) für DGK-Simulationskurse in der interventionellen Kardiologie, aus (DGK 2010)*

Es wird empfohlen, den theoretischen Kursanteil maximal bei 30% zu halten. Während der praktischen Trainingseinheiten sollten neben der VR-Simulation auch andere Übungssysteme (z.B. mechanische und pulsatile Modelle) kombiniert eingesetzt werden. Die Gruppengröße, mit der an einem Simulator unterrichtet wird, entspricht idealerweise einem Instruktor-Schüler Verhältnis von 1:3. Als Instruktor empfiehlt sich ein erfahrener interventioneller Kardiologe, der durch das Training führt und die Handhabung der unterschiedlichen

Katheter vermittelt. Grundsätzliche Lerninhalte können Themen wie „Einführung in die Koronarangiographie“ (Level 1), „Basis in der Ausbildung der interventionellen Koronartherapie“ (Level 2), „Spezielle Fragestellungen an die PCI“ (Level 3) und „Notfallmanagement im HKL“ sein. Die Kursstundenzahl beträgt für die Intensivkurse üblicherweise acht bis zwölf Stunden.

4 Methodik

4.1 Simulationssysteme

4.1.1 Virtual-Reality Simulatoren

Für die VR-Simulationstrainingseinheiten wurden in der Studie drei der insgesamt fünf für die interventionelle Kardiologie zur Verfügung stehenden Systeme genutzt.

Hierzu zählten:

- der CathLab-VR von der Firma CAE
- der Vist-C von der Firma Mentice
- der Angio Mentor Express von der Firma Symbionix

Nicht zum Einsatz kamen der CATHI Simulator (Cathi GmbH), sowie das SimSuite System (MSC).

Alle drei Geräte ermöglichen die Simulation von Kathetereingriffen in Echtzeit. Anhand von simulierten Fällen kann die Durchführung einer PCI trainiert werden. Kritische manuelle Fertigkeiten, wie beispielsweise die Manipulation des Führungskatheters, Bewegungen des Drahtes, sowie die Ballondilatation und Stentimplantation können so dezidiert erlernt werden. Die hierzu benötigten Bilddatensätze zur Darstellung der korrekten Gefäßanatomie werden aus echten Angiographieaufnahmen von Patienten rekonstruiert. Auf jeweils zwei Computermonitoren werden die entsprechenden Röntgenbilder abgebildet, die mittels virtueller Röntgenanlage (C-Bogen) vom Nutzer angefertigt werden können.



Abb. 4.1: Der CathLab-VR der Firma CAE

Für die Bedienung des C-Bogens bzw. der Anfertigung der Bildaufnahmen stehen dem Auszubildenden wie im echten Herzkatheterlabor ein Fußpedal zur Durchleuchtung und Akquirierung von Filmaufnahmen sowie eine Steuerkonsole mit Joysticks zur manuellen Einstellung der optimalen Bildprojektion zur Verfügung. Zusätzlich werden während der Simulation Vitalparameter wie Herzfrequenz, arterieller Blutdruck und die Sauerstoffsättigung des virtuellen Patienten angezeigt. Des Weiteren werden Informationen bezüglich der Durchleuchtungszeit, der Untersuchungsdauer und des Kontrastmittelverbrauchs angegeben.



Abb. 4.2: Der Vist-C der Firma Mentice

Während der Simulation muss der Auszubildende realistische Materialien, wie Führungsdraht, Ballon oder Stent bedienen. Beim Vist-C kommen hierbei Originalkatheter zum Einsatz, wohingegen beim CathLab-VR und dem AngioMentor Express Spezialkatheter des jeweiligen Herstellers Anwendung finden. Zusätzlich werden spezielle Kontrastmittelspritzen genutzt, die anstatt von Kontrastmittel ausschließlich Luft enthalten. Als Insufflator-Spritze stehen handelsübliche Systeme im Original zur Verfügung. Die Zug-, Schub-, und Drehbewegungen des jeweils eingeführten Instrumentes werden mittels sog. Strain-Sensoren erfasst und im simulierten Röntgenbild in Echtzeit reproduziert. Durch einen speziellen „forced-feedback“ Mechanismus (Kraftrückkopplung) wird ein fühlbarer Widerstand bei der Passage einer Stenose bzw. Hindernis erzeugt. Analog zum Entscheidungsprozess in der Realität werden dem Untersucher in einem Auswahlmü unterschiedliche Führungskatheter, Drähte, sowie Stent- und Ballongrößen angeboten, die der Untersucher per Mausklick auswählen kann.



Abb. 4.3: Der Angio Mentor Express der Firma Symbionix

Alle drei Simulatoren verfügen zudem über einen sog. „Rendering“ Modus, der es ermöglicht, eine 3-D Darstellung der Gefäßanatomie zu erhalten. Dies hilft dem Auszubildenden beim räumlichen Verständnis der komplexen dreidimensionalen Gefäßgeometrie, die im gewöhnlichen Angiographiebild nur 2-dimensional dargestellt ist. Bei den in Abb. 4.2 und 4.3 dargestellten Systemen Vist-C und AngioMentor Express handelt es sich um verkleinerte Versionen, die neben den „full-size“ Versionen zusätzlich von dem jeweiligen Hersteller angeboten werden. Diese sind im Vergleich zu den großen Simulatorenausführungen leichter transportfähig und daher schneller einsatzbereit.

4.1.2 Mechanische Trainingsmodule

Mechanische Modelle bieten insbesondere Anfängern der interventionellen Kardiologie die Möglichkeit, ein besseres Verständnis für die komplexe Gefäßanatomie zu erhalten. Zudem können die Grundtechniken und

Basisfertigkeiten des Katheters praktisch geübt werden. Dies beinhaltet, die Handhabung der bei einer PCI eingesetzten Materialien zu vertiefen und insbesondere zu lernen, Bewegungen von Führungsdraht und -katheter durch direkte Beobachtung besser einzuschätzen.

Beispielhaft sind im Folgenden drei mechanische Trainingsmodule aufgelistet, die auch während der Studie im Rahmen des Basic Skill Trainings zum Einsatz kamen:

- Nanto Trainer
- Bifurkations-Trainer
- Elastrat

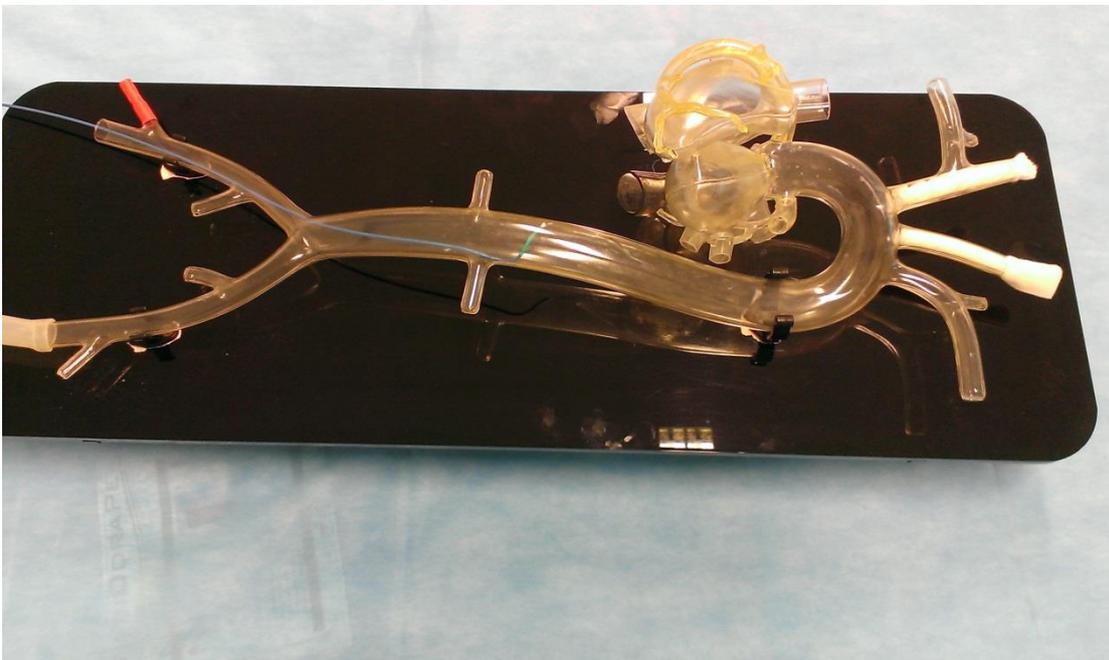


Abb. 4.4: Mechanisches Trainingsmodell

4.1.3 Pulsatiles Herzmodell (CoroSim)

Das pulsatile Herzmodell CoroSim (Abb. 4.5 und 4.6) von der Firma Mecora aus Aachen wurde in der Studie zur Evaluation von VR-Simulation genutzt. Dieses mechanische Modell wurde speziell für die direkte Simulation von Interventionen im Herzkatheterlabor entwickelt. Es besteht aus Silikon und

bildet den Gefäßverlauf von den Aa. femorales communes, über die Aorta abdominalis und thoracalis bis hin zum Herzen mit den Koronargefäßen maßstabgetreu nach. Das Gefäßsystem ist in ein Kreislaufsystem mit einer pulsatilen Pumpe und einem Ausgleichsbehälter eingebunden. Die Pumpe baut stoßweise vor dem Silikonherz Druck auf. Dieser Druckaufbau erfolgt „systolisch“, da sich das Herz nur passiv mitbewegt und sich nicht aktiv kontrahieren kann. Hinter der Klappe strömt die Flüssigkeit weiter in den Aortenbulbus und in die hieraus abgehenden Koronararterien. Diese werden im Gegensatz zur Wirklichkeit „systolisch“ durchströmt. Der venöse Rückfluss aus den Koronarvenen ist nicht realisiert und wurde durch ein Ableitungssystem ersetzt. Das Modell ermöglicht unter realen Bedingungen den kompletten Einsatz der Original-Katheter und -Drähte, den Einsatz von Kontrastmittel und das Arbeiten unter Röntgendurchleuchtung.

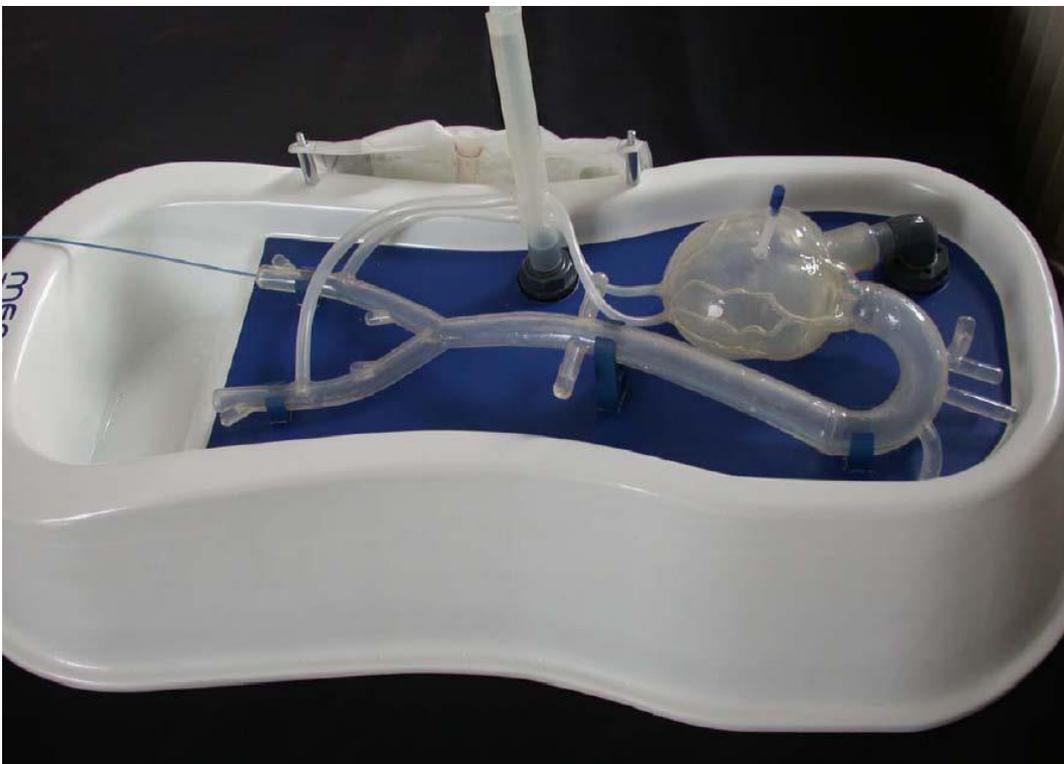


Abb. 4.5: Darstellung des Evaluationssystems CoroSim (Mecora, Aachen)



Abb. 4.6: Darstellung einer Stenose im CoroSim unter Durchleuchtung (Mecora, Aachen)

4.2 Studiendesign

Bei der Studie handelte es sich um eine randomisierte und kontrollierte Studie. Die Studie erfolgte an fünf aufeinander folgenden Tagen. Sie setzte sich im Wesentlichen aus zwei Bestandteilen zusammen:

- 1.) Evaluationsphase (Kap. 4.5)
- 2.) Trainingsphase (Kap. 4.6)

Die Evaluation wurde an einem pulsatilem Herzmodell unter realen Bedingungen im Herzkatheterlabor durchgeführt. Insgesamt fanden drei Evaluationen statt. Am ersten Studientag erfolgte eine Präevaluation, anhand derer die Probanden durch ein stratifiziertes und randomisiertes Verfahren in zwei unterschiedliche Studiengruppen aufgeteilt wurden. Außerdem wurde der Basisstresslevel (Baseline-Stress) der Probanden bestimmt. Die zwei weiteren Evaluationen folgten jeweils auf eine Trainingsphase. Das Training bestand in der Simulationsgruppe S zunächst aus Übungseinheiten an VR-Simulatoren,

worauf in der nächsten Einheit ein „Basic Skill“ Training folgte. Die Kontrollgruppe K hingegen begann zunächst mit einer theoretischen Ausbildung, an das sich im weiteren Verlauf der Studie ein Training an den VR-Simulatoren anschloss. Eine Gesamtübersicht des Studiendesigns gibt die Abb. 4.7.

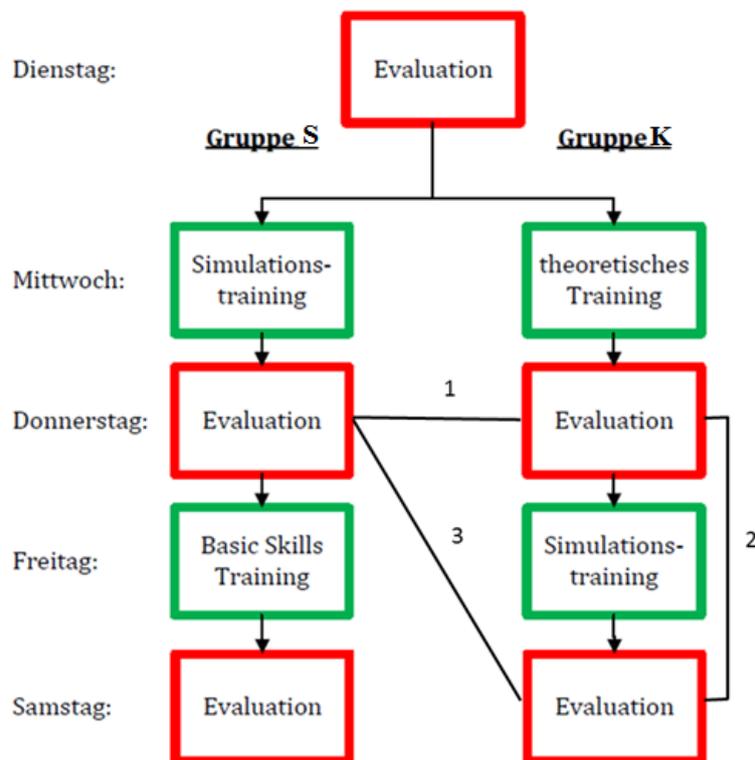


Abb. 4.7: Studiendesign

Dieser Studienaufbau ermöglichte die Überprüfung der Hypothesen 1-3 (siehe Kap. 2: Fragestellung und Hypothesen):

- (1) VR-Simulationstraining führt zu stärkerer Stressreduktion als ein theoretisches Ausbildungsprogramm. (Haupthypothese)
($H_0: S = T$, $H_1: S > T$)

(2) Das Kombinationstraining, bestehend aus zunächst Theorie und anschließender Simulation, führt zu einer stärkeren Stressreduktion als ein ausschließliches theoretisches Ausbildungsprogramm.

(Nebenhypothese)

($H_0: K = T$, $H_1: K > T$)

(3) Ein Kombinationstraining, bestehend aus zunächst Theorie und anschließender Simulation, führt zu stärkerer Stressreduktion als ausschließliches Simulationstraining. (Nebenhypothese)

($H_0: K = S$, $H_1: K > S$)

Während das Simulationstraining der Studiengruppe K am zweiten Trainingstag für die weitere Hypothesentestung von Bedeutung war (siehe Nebenhypothesen), hatte das Basic-Skill Training hingegen in der Auswertung keine Relevanz.

4.3 Rekrutierung der Studienteilnehmer

Für die Rekrutierung der Studiengruppe wurden über die „Arbeitsgemeinschaft Interventioneller Kardiologen“ (AGIK) deutschlandweit mehr als 400 kardiologische Abteilungen mit Herzkatheterlaboren angeschrieben. Als Einschlusskriterien für die Studie galten, dass die Probanden mehr als 50 diagnostische Katheter eigenständig durchgeführt hatten, niemals zuvor als Erstuntersucher eine Intervention absolvierten und bislang noch keinen Zugang zu einem Simulationstraining hatten. Des Weiteren sollten die Probanden ausreichende theoretische Kenntnisse über den Ablauf einer kathetergestützten Koronarintervention besitzen, um sich somit an der Grenze zur eigenständig bewerkstelligten Intervention zu befinden.

Die Teilnahme an der Studie war freiwillig, Übernachtungskosten und Verköstigung wurden vom Studienzentrum gestellt. Jeder Studienteilnehmer wurde vor Beginn der Studie über den genauen Ablauf der Studie mittels

Informationsschreiben zum Studiendesign explizit in Kenntnis gesetzt. Insgesamt meldeten sich 18 Probanden zur Studie an. Alle Probanden sind zu jedem der fünf Studientage erschienen. Im Vorfeld der Studie gaben die Studienteilnehmer ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der Studie incl. der anonymen Nutzung und Veröffentlichung ihrer Daten.

4.4 Einteilung der Studiengruppen

Zur Erkennung von Unterschieden bezüglich des Effektes zwischen verschiedenen Trainingskonzepten wurde die Stichprobe (n = 18 Probanden) in zwei Gruppen aufgeteilt:

Gruppe S: Simulationstraining + Basic-Skill Training

Gruppe K: Theoretisches Training + Simulationstraining

Die Aufteilung hierzu erfolgte nach dem Verfahren der stratifizierten Randomisierung. Dies bedeutet, dass vor der Randomisierung zunächst eine Stratifizierung der Stichprobe stattfand. Bei der Stratifizierung wurde eine Schichtung der Stichprobe vorgenommen. Es wurden verschiedene Stichprobenblöcke gebildet, in die anhand von Schichtungskriterien (sog. Strata) die Probanden aufgeteilt wurden. Grundlage für die Schichtung in dieser Studie stellte die Erhebung eines „Fähigkeiten-Scores“ dar, der während der Evaluation des ersten Studientages erhoben wurde. Die einzelnen Kriterien für diesen Score sind in Kap. 4.5.2 aufgeführt. Alle beinhalteten Kriterien wurden gleich gewichtet und summiert. Mittels des Scores wurde eine Rangliste in absteigender Leistung von den Probanden erstellt. Da z.T. die Probanden die gleiche Punktzahl erhielten, belegten einige von ihnen den gleichen Rang. Somit wurden bei 18 Probanden nur 12 Ränge vergeben, wobei Rang 1 die beste Leistung und Rang 12 die schlechteste Leistung repräsentierte. Anschließend wurden die Probanden folgendermaßen in drei unterschiedliche Schichtungsblöcke eingeteilt.

Block 1: Probanden mit den Rangnummern: 1, 2, 2, 2, 2, 3

Block 2: Probanden mit den Rangnummern: 4, 5, 6, 6, 6, 7

Block 3: Probanden mit den Rangnummern: 8, 8, 9, 10, 11, 12

Im Anschluss an diese Stratifizierung erfolgte die Randomisierung. Hierzu wurden aus jedem der drei Blöcke jeweils drei Probanden den Gruppen S oder K nach dem Zufallsprinzip zugelost. Dadurch ergaben sich folgende Gruppenkonstellationen:

Gruppe S: 1, 2, 2, 4, 6, 6, 8, 10, 11

Gruppe K: 2, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12

Die im Folgenden aufgeführte Darstellung dieser stratifizierten Randomisierung veranschaulicht noch einmal das angewendete Verfahren (Abb. 4.8).

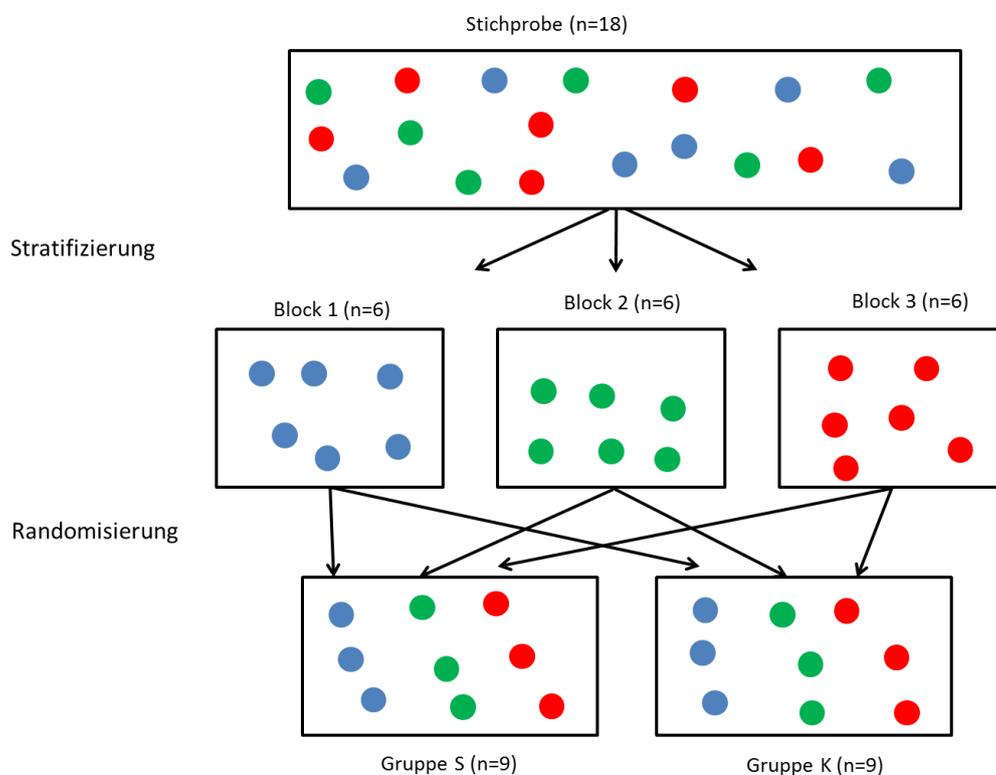


Abb. 4.8: Stratifizierte Randomisierung

Mittels Stratifizierung wurden somit Blöcke gebildet, die jeweils in Bezug auf den „Fähigkeiten-Score“ in sich homogen waren, jedoch untereinander maximale Differenzen aufweisen konnten. Bei der anschließenden Randomisierung hinsichtlich der Untersucherqualität wurden zwei gleich starke Baseline-Gruppen gebildet. Im Allgemeinen ermöglicht dieses Randomisierungsverfahren, dass auch schon bei einer kleinen Stichprobe Unterschiede zwischen zwei Gruppen, erkennbar werden (Kang et al. 2008).

4.5 Evaluationsphase

4.5.1 Evaluationsablauf

Die Datenerhebung lief an allen drei Evaluationstagen nach dem gleichen Schema ab. Eine Übersicht über den Ablauf gibt die Abb. 4.9. Der Zeitplan der Evaluation war für alle drei Evaluationstage identisch, d.h., jeder Proband bekam für alle drei Evaluationen einen festen zeitlichen Termin zugewiesen. Dies garantierte, dass die Zeiträume zwischen den Evaluationen für jeden Probanden gleich blieben und insbesondere die Cortisolproben, vor dem Hintergrund der zirkadianen Rhythmik des Hormons (siehe Kap. 3.1.2.1), immer zur gleichen Tageszeit von einem Probanden abgegeben wurden. Somit war es möglich, die Werte für Cortisol und die der anderen Parameter als relative Veränderungen mit Bezug auf die Präevaluation darzustellen. Die in Kap. 4.4 geschilderte Randomisierung hatte unmittelbare Folgen für die Auswertung der gemessenen Cortisolspiegel in der Evaluationsphase. Die zufällige Gruppeneinteilung führte dazu, dass acht der neun Probanden aus Gruppe S in der ersten Evaluationshälfte von 08.00 – 12.30 Uhr evaluiert wurden. Grundsätzlich waren in Gruppe S im Vergleich zu Gruppe K höhere Cortisolwerte zu erwarten (siehe Kap. 6.1 und 7.3).

Im Weiteren wird die Erhebung der einzelnen Daten hinsichtlich der Überprüfung der Untersucherqualität bzw. Stressmessung im zeitlichen Evaluationskontext geschildert.

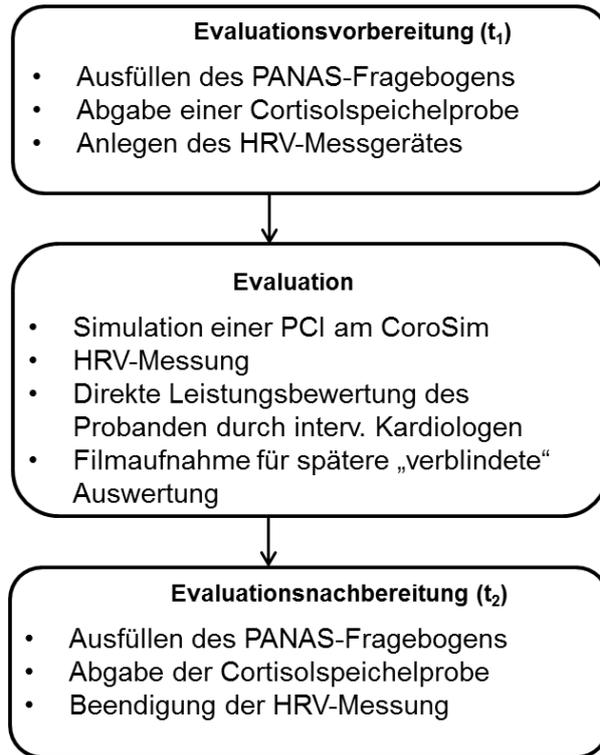


Abb. 4.9: Evaluationsablauf

In der Evaluationsvorbereitung bereitete man die Probanden im Vorbereitungsraum zunächst auf die eigentliche Evaluation im Herzkatheterlabor vor. In dieser Phase wurden die Probanden gebeten, den PANAS Fragebogen (t_1) auszufüllen und eine Cortisolspichelprobe (t_1) abzugeben. Diese beiden Parameter repräsentierten also den Stress, mit dem ein Proband in die Evaluation hineinging. Des Weiteren wurde den Probanden das HRV-Messgerät angelegt.

Im Anschluss an die Vorbereitung wurden die Probanden einzeln in das Herzkatheterlabor geführt. Hier erhielten sie zunächst eine Belehrung über die einzuhaltende Strahlenschutzhygiene im Umgang mit der Röntgenanlage. Zudem bat man die Probanden darum, eine Röntgenschürze, einen Schilddrüsenschutz und eine Strahlenschutzbrille anzulegen. Anschließend erklärte ein erfahrener interventioneller Kardiologe, der der gesamten Evaluation beiwohnte und ggf. assistierte, die zu bearbeitende Tagesaufgabe.

Für jeden der drei Evaluationstage gab es unterschiedliche Aufgaben. Dabei ging es immer darum, eine PCI eigenverantwortlich durchzuführen.

Bei den Evaluationsaufgaben handelte es sich um hochgradige Stenosen in den großen Abgängen der Koronargefäße (LAD= *left anterior descending**, RCX= *ramus circumflexus**, RCA= *right coronary artery**).

Folgende Stenosen wurden im Vorfeld für die Studie ausgewählt:

- Präevaluation (E1): LAD-Stenose*
- Postevaluation (E2): RCA-Stenose*
- Postevaluation (E3): RCX-Stenose*

Der Schwierigkeitsgrad der zu absolvierenden Aufgaben war dabei so gewählt, dass Leistungsunterschiede zwischen den Probanden deutlich werden konnten.

Alle drei Evaluationstage fanden unter realitätsnahen Bedingungen im Herzkatheterlabor statt. Hier wurde für die Simulation einer PCI das pulsatile Herzmodell „CoroSim“ (siehe Kap. 4.1.3) verwendet. Jeder Proband bekam vor Beginn der Evaluation eine Einweisung in die Bedienung der Röntgenanlage und des Untersuchungstisches und den Hinweis, dass man ihm in dieser Hinsicht auch gerne behilflich sei. Diese Maßnahme wurde ergriffen, um zu verhindern, dass Leistungsunterschiede der Probanden auf Grund von Unkenntnis der Bedienung der Katheter-Anlage zustande kamen. Für die selbständige Durchführung der PCI hatte jeder Proband insgesamt 25 Minuten Zeit, innerhalb derer eine Stenose zunächst dilatiert und im Anschluss mit einem Stent versorgt werden musste. Bei Überschreitung der vorgegebenen Bearbeitungszeit, wurde die Simulation abgebrochen. Während der Evaluation erfolgte die kontinuierliche Messung der Herzfrequenzvariabilität sowie eine Videoaufzeichnung der Intervention.

Nach Beendigung der Intervention (Evaluationsnachbereitung) wurde die Herzfrequenzvariabilitätsmessung und die Videoaufzeichnung gestoppt und der Proband gebeten, noch einmal eine Cortisolspichelprobe (t_2) abzugeben und einen PANAS-Fragebogen (t_2) auszufüllen.

Die HRV-Messung, t_2 -Cortisol und t_2 -PANAS waren somit durch den Stress eines Probanden während der Evaluation beeinflusst. Für die Auswertung der Studie war somit insbesondere die Bestimmung der drei Parameter zu diesem Messzeitpunkt von Bedeutung, da trainingsbedingte Veränderungen des Stresslevels nach Möglichkeit zu diesem Zeitpunkt erfasst werden sollten.

4.5.2 Evaluation der Untersucherqualität

Die Beurteilung „Untersucherqualität“ wurde an zwei verschiedenen Auswertungspunkten innerhalb der Studie vorgenommen. Jedoch wurde in beiden Fällen hierfür der gleiche standardisierte Bewertungsbogen verwendet. Zum einen wurde eine erste Bewertung durch den anwesenden erfahrenen interventionellen Kardiologen unmittelbar im Anschluss einer Probandenevaluation vorgenommen. Damit es jedoch hier nicht bereits schon zu einer Beeinflussung des Probanden kam, wurde dieser Beurteilungsbogen erst im Anschluss an die Evaluation und in Abwesenheit des Probanden durchgeführt. Insgesamt gab es drei interventionelle Kardiologen, die sich mit der Betreuung der Probanden während der simulierten Intervention abwechselten. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser direkten Bewertung wurde nach dem ersten Evaluationstag (Präevaluation) der „Fähigkeiten-Score“ erstellt, mit Hilfe dessen man die in Kap. 4.4. beschriebene stratifizierte Randomisierung vornahm. Eine zweite Bewertung ergab sich aus der Auswertung der angefertigten Videoaufnahmen. Diese Auswertung wurde im Anschluss an die Datenerhebung durch drei weitere, von dem bisherigen Studienverlauf unabhängige, interventionelle Kardiologen, „verblindet“ und anonymisiert, durchgeführt. Für diese Videoanalyse wurden Kameraeinstellungen gewählt, die ausschließlich die Bewegungen der Hände der Probanden aufzeichneten und zum anderen die Durchleuchtungsaufnahmen und -einstellungen festhielten, die mittels C-Bogens der Röntgenanlage von den Probanden erstellt wurden.

Die Evaluationskriterien des standardisierten Bewertungsbogens sind in Tab. 4.2 zusammengefasst.

<p>Darstellung der Stenose:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einstellung der „culprit lesion“ in zwei Ebenen
<p>Führungskatheter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Backup • Positionierung des Katheters in koaxialer Lage • Risikobewusste Katheterbewegungen
<p>Koronardraht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Präparation der Drahtspitze • Manipulation und Steuerung der Drahtspitze durch die Stenose • Vorschiebekräfte • Endposition des Drahtes • Ballon- und Stentwechsel ohne Positionsänderung des Führungsdrahtes
<p>Ballon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Druck und Dauer während der Dilatation (komplette Expansion) • Ballonauswahl • Ballonplatzierung • Handhabung des Insufflators
<p>Stent:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stentauswahl • Stentplatzierung • Handhabung des Insufflators

(Die einzelnen Variablen des Bewertungsbogens wurden nach einer Punkteskala von 1 bis 5 bewertet: 5 = höchste Punktzahl, 1 = niedrigste Punktzahl)

Tab. 4.2: Bewertungskriterien „Untersucherqualität“

Zusätzlich wurden folgende Parameter durch das Assistenzpersonal im Herzkatheterlabor erhoben:

• Strahlendosis (mSv)
• Benötigte Interventionszeit (min)
• Benötigte Menge des Kontrastmittels
• Durchmesser und Länge des Ballons
• Durchmesser und Länge des Stents

Tab. 4.3: Zusätzlich erhobene Parameter während der Evaluation

4.5.3 Evaluation des physischen und psychischen Stresses

Zur Erfassung des Stresslevels der Probanden kamen die bereits in Kap.3.1.2 erwähnten Methoden zur Bestimmung von physischem und psychischem Stress zum Einsatz.

	Stressmessung
physisch	<ul style="list-style-type: none"> • Herzfrequenzvariabilität (HRV) • Cortisolspichelprobe
psychisch	<ul style="list-style-type: none"> • PANAS <ul style="list-style-type: none"> - positiver Affekt (PA) - negativer Affekt (NA)

Tab. 4.4: Stressparameter

4.5.3.1 Cortisolmessung

Zur Gewinnung der Speichelproben wurden die „Salivetten®“ der Firma Sarstedt (Darmstadt, Deutschland) verwendet. Diese Salivetten® bestehen aus einem Plastikröhrchen, indem sich ein handelsübliches Watteröllchen befindet. Die Probanden wurden angewiesen, die Watteröllchen zur Speichelgewinnung für drei Minuten im Mund zu behalten und leicht darauf herum zukauen. Danach wurde das eingespeichelte Watteröllchen wieder in das Plastikröhrchen

zurückgeführt. Nach Beendigung der Studie wurde mittels Zentrifugieren bei 4000 U/min für 5 Minuten der Speichel aus den Watteröllchen gewonnen. Dieser wurde in 2ml-Eppendorf-Caps (Fa. Eppendorf, Hamburg, Deutschland) aliquotiert und bei -80 C° zur weiteren Verwendung eingefroren. Zur Analyse wurden die Proben aufgetaut. Freies Cortisol im Speichel wurde mit Hilfe der LC-Massenspektrometrie (LC-MS) im endokrinologischen Institut Dresden der Technischen Universität Dresden gemessen. Die LC-MS ist eine Kombination aus Flüssigkeitschromatographie (engl.: liquid chromatography) und Massenspektrometrie. Die Flüssigkeitschromatographie dient hierbei zunächst der Auftrennung einzelner Bestandteile im Speichel und die Massenspektrometrie anschließend der präzisen Quantifizierung von Substanzen (z.B. Cortisol). Der Speichel als *mobile Phase* wird unter hohem Druck durch eine *stationäre Phase* gepresst. Hierfür stehen handelsfertige Säulenchromatographen zur Verfügung. Diese enthalten ein Granulat aus Silikagel (Kieselgel) mit einer Partikelgröße von 4 µm. Die mobile Phase wird durch die Lücken des Granulats in der Säule gepumpt. Bedingt durch eine verschiedene Polarität der Substanzen kommt es zu unterschiedlichen Säulendurchlaufzeiten und somit zur Trennung der Substanzen. Anschließend wird das so gewonnene Analyt in die Gasform überführt und ionisiert. Im Massenspektrometer findet dann durch Beschleunigung der Ionen in einem elektrischen Feld die Quantifizierung einer Substanz statt (Gross 2011). Mit Hilfe dieser Methode können organische Substanzen im Nanogramm-Konzentrationsbereich nachgewiesen werden. Somit bietet sich die LC-MS insbesondere für die Bestimmung von Speichelcortisol an, da Speichelcortisol einerseits verglichen mit Serum- oder Urincortisol einfacher zu akquirieren ist, jedoch andererseits die Konzentration von Cortisol im Speichel deutlich geringer als im Serum oder Urin ist (Jönsson BA 2003).

4.5.3.2 HRV-Messung

Für die HRV-Messung wurde das EKG-Gerät medilog® Darwin der Firma Schiller verwendet. Dieses portable Gerät besitzt vier Elektroden, wovon jeweils eine unter dem rechten bzw. linken Schlüsselbein, sowie zwischen dem rechten bzw. linken 5.-6. Intercostalraum in Verlängerung zur Medioclavicularlinie mit Hilfe von Klebeelektroden positioniert wird.

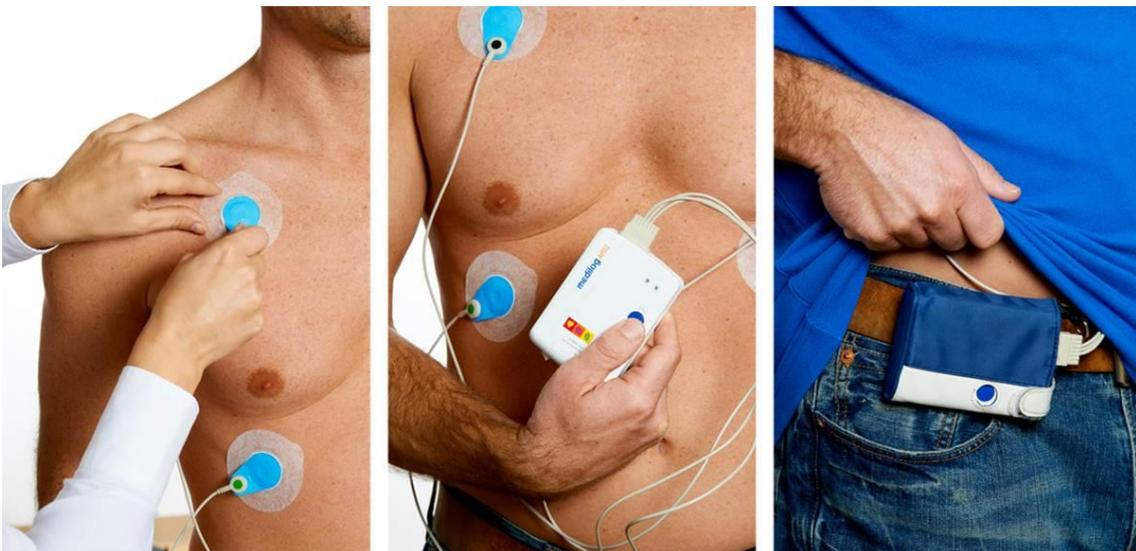


Abb. 4.10: Positionierung der Elektroden des HRV-Messgerätes

Das Gerät ist in der Lage, auf Grund seiner hohen Abtastfrequenz von 4096Hz zeitliche Veränderungen der RR-Abstände präzise zu erkennen, bei gleichzeitiger Reduktion von störendem Rauschen (Schillermed). So kann die Herzfrequenzvariabilität sehr präzise bestimmt werden. Der zuvor beschriebene Parameter pNN50 wurde dabei in dieser Messmethode neben der Herzfrequenz dazu genutzt, Informationen über den Aktivierungsgrad des autonomen Nervensystems eines Probanden zu erhalten. Die Aufzeichnung des EKG's erfolgte kontinuierlich und wurde kurz vor Beginn der Evaluation gestartet und unmittelbar danach gestoppt. Alle Daten wurden auf einer SD-Karte zwischengespeichert und anschließend mit der medilog® Darwin Auswertsoftware ausgewertet.

4.5.3.3 Erhebung des positiven und negativen Affekts (PANAS)

Den Probanden wurde der PANAS-Fragebogen (siehe Abb. 10.2) vor Beginn und nach Beendigung einer Evaluation ausgeteilt. Dabei wurde mit der Frage „Wie fühlen Sie sich gerade in diesem Moment“ konkret nach dem aktuellen Befinden eines Studienteilnehmers gefragt. Zum Ausfüllen des Bogens stand den Probanden der Vorbereitungsraum zur Verfügung, in dem sie den Fragebogen in Ruhe und ohne Beeinflussung durch Dritte beantworten konnten.

Die Auswertung der Fragebögen fand im Anschluss an die Studie statt. Hierzu wurden jeweils getrennt für die Studiengruppen die Punktescores von positivem und negativem Affekt als Mittelwerte für die einzelnen Evaluationstage berechnet.

4.6 Training

4.6.1 Ablauf des VR-Simulationstrainings

Beide Studiengruppen erhielten jeweils ein siebeneinhalb stündiges Training an den VR-Simulatoren CathLab-VR, Vist-C und Angio Mentor Express. Für die Gruppe S fand diese Einheit bereits am ersten Trainingstag, für Gruppe K am zweiten Trainingstag statt. Die Gruppen wurden hierzu jeweils in drei Untergruppen aufgeteilt, so dass sich in jeder Untergruppe drei Probanden befanden. Somit bestand ein Instruktor-Schüler Verhältnis von 3:1. Als Instruktoren standen drei erfahrene Kardiologen zur Verfügung, die jedoch nicht in die Leistungsbewertung der Probanden involviert waren.

Der Aufbau des VR-Simulationstrainings entsprach den aktuellen Leitlinien für Simulationskurse (siehe Kap. 3.2.1). Ziel der Trainingseinheit war es, die wesentlichen Elemente einer korrekt durchgeführten PCI zu erlernen. Dazu gehörte, die Stenose in der richtigen Projektion darzustellen und

herauszuprojezieren, diese mit einem geeigneten Ballonkatheter zu dilatieren und abschließend mit einem Stent zu versorgen. Die drei Simulatoren waren an räumlich voneinander getrennten Trainingsstationen aufgebaut (siehe Abb. 10.1: Raumplan).

Das Training war zeitlich in drei Untereinheiten unterteilt. Jede Trainingseinheit dauerte zweieinhalb Stunden. Im Anschluss an eine Einheit fand ein Stationswechsel statt, so dass am Ende des Simulationstrainings jeder Proband an allen Simulatoren trainiert hatte. Damit war gewährleistet, dass jeder Proband im Laufe des Trainings von den drei Instruktorinnen unterrichtet worden war, um so von den Erfahrungen aller Trainer zu profitieren. Vor der ersten Übung an einem neuen Simulator bekamen die Probanden zunächst eine kurze theoretische Einführung. Der praktische Teil erfolgte unter Berücksichtigung folgender Lernziele:

- Verwendung der richtigen Kathetermaterialien
- Darstellung der Stenose in der optimalen Projektionsebene
- Korrekte Einschätzung der Stenosenlänge und des Stenosedurchmessers
- Einschätzung der Stenosemorphologie und des Verkalkungsgrades
- Richtige Wahl des Führungskatheters
- Korrekte Intubation des Führungskatheters im Koronarostium
- Richtige Wahl der Ballongröße und Stentgröße
- Optimales Vorbiegen des Führungsdrahtes
- Risikobewusstes Vorgehen

Die Trainer waren berechtigt, Probanden während ihrer Übungen am Simulator zu unterbrechen, um Korrekturen vorzunehmen und Ratschläge zur Verbesserung hinsichtlich der Kathetertechnik zu geben. Jeder Proband führte während des Trainings an einer Station zwei vollständige PCI's eigenständig in der Rolle des „Erstuntersuchers“ durch. Die zwei weiteren Probanden einer Trainingsgruppe waren dazu angehalten, dem jeweiligen Erstuntersucher zu assistieren. Somit hatte jeder Studienteilnehmer nach Beendigung der drei Stationen insgesamt mindestens sechs PCI's als Erstuntersucher und weitere

sechs PCI's als Assistent absolviert. Als zu dilatierende Stenosen wurden Gefäßverengungen in der RCA, LAD und RCX gewählt. Folglich konnte jeder Proband zwei PCI's pro Koronargefäß während der 7 ½ stündigen Trainingsphase als Erstuntersucher durchführen. Diese durften sich in den Eigenschaften Stenosenlänge und Stenosedurchmesser unterscheiden, so dass ein Proband nicht die gleiche Übungsaufgabe zu bearbeiten hatte, bei der er zuvor schon assistiert hatte. Hinsichtlich des Schwierigkeitsgrades der zu behandelnden Stenosen war eine Steigerung der Trainingseinheiten 1 bis 3 vorgesehen. Das bedeutet, dass das Training mit einfacheren Gefäßanatomien in der ersten Einheit begann und mit schwierigeren Gefäßverläufen in der letzten Einheit endete. Innerhalb einer Einheit sollte der Schwierigkeitslevel aber möglichst für alle Probanden gleich sein.

Trainings- einheit	Schwierigkeits- Grad	Übungs- aufgaben	Untersuchungsform
Einheit 1	Grad 1	RCA, LAD, RCX	2 PCI's als Erstuntersucher 2 PCI's als Assistent
Einheit 2	Grad 2	RCA, LAD, RCX	2 PCI's als Erstuntersucher 2 PCI's als Assistent
Einheit 3	Grad 3	RCA, LAD, RCX	2 PCI's als Erstuntersucher 2 PCI's als Assistent

Tab. 4.5: Überblick über den Aufbau der einzelnen Trainingseinheiten

4.6.2 Ablauf des theoretischen Ausbildungsprogramms

Die theoretische Wissensvermittlung fand für die Gruppe K am ersten Trainingstag im Rahmen einer 4 ½ Std. Gruppenvorlesung im großen Seminarraum (siehe Abb. 10.1: Raumplan) des Intus statt. Die Vorlesung war unterteilt in drei Themenblöcke mit einer Dauer von 1 ½ Std. pro Block. Die einzelnen Vorträge wurden von Experten in Form von Power-Point Präsentationen gehalten. Dabei wurde zu folgenden Themenbereiche referiert:

1. Materialkunde
2. Technik des Katheterns
3. Risikobewusstes Handeln

Der genaue zeitliche Ablauf kann aus dem „Programmablauf der Studie“ im Anhang der Arbeit entnommen werden (Tab. 10.5).

4.6.3 Ablauf des „Basic Skill“-Trainings

Das 4 ½ stündige Basic Skill Training (Kap. 4.1.2) fand am zweiten Trainingstag statt. Dazu wurde die Gruppe, wie schon beim vorherigen VR-Simulationstraining, in drei gleich große Untergruppen aufgeteilt. Den drei verschiedenen mechanischen Modellen (Nanto-Trainer, Bifurkationstrainer und AngiogramSam) war jeweils ein Trainer zugeteilt. An jedem Modell konnten somit immer drei Probanden unter Anleitung für 1 ½ Std. abwechselnd die Grundtechniken des Katheterns üben (siehe Tab. 4.6).

Führungskatheter
Konfigurationen: Aufbau: Spitze, Torquekontrolle Auswahlkriterien: Aorta, Konfiguration des Koronarabganges, Stenoselokalisierung und –morphologie
Bedeutung der axialen Positionierung
Bedeutung und Einflussfaktoren des Backup
Führungsdraht
Aufbau, Eigenschaften der Spitze: floppy, stiff
Auswahlkriterien: Gefäßabgang, Gefäßanatomie, Stenoselokalisierung und –morphologie
Vorbiegen der Koronardrahtspitze (unterschiedliche Konfigurationen für LAD und RCX)
Handhabung des Koronardrahtes beim Vorschieben durch die Stenose in die Peripherie des Zielgefäßes
Ballonkatheter
Aufbau, Profil
Eigenschaften bzgl. des Diameters: compliant vs non-compliant
Implantationsdruck (Nominaldruck, rated burst pressure)
Dilatationsdauer
Auswahl bzgl. Länge und Diameter
Stent
Auswahl bzgl. Länge und Diameter
Durchführung der Stentimplantation
Techniken des Bifurkationsstenting
Gefahr des Abreißen eines Drahtes

Tab. 4.6: Lerninhalte des Basic-Skill Training

5 Statistische Auswertung

Um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch bereits im Vorfeld der Studie bei den Probanden in unterschiedlicher Ausprägung vorliegende Stressreaktionen zu verhindern, wurden für die Analyse der Stressparameter keine absoluten Zahlenwerte herangezogen. Stattdessen errechnete man aus den Messwiederholungen der Stressparameter für jeden Probanden einzelne Relativwerte, die dann zur Erstellung der deskriptiven Gruppenstatistiken genutzt wurden. Im Folgenden ist das Verfahren bezüglich der Bildung der einzelnen Relativwerte näher erläutert.

5.1 Änderungen der Stressparameter im Vergleich zur Präevaluation

Die Änderungen der Stressparameter aus den beiden Postevaluationen im Vergleich zur Präevaluation (E2-E1) und (E3-E1) wurden berechnet, um den Einfluss des Trainings auf das Stressniveau der Probanden zu untersuchen.

Hierfür werden getrennt für die t_1 - und t_2 -Daten von Cortisol und PANAS, sowie die kontinuierlich gemessenen HRV-Parameter Werte gebildet. Ein negativer Wert steht dabei für einen Abfall bzw. ein positiver Wert für einen Anstieg des Parameters gegenüber der Präevaluation (siehe Tab. 5.1 und Abb. 5.1).

Differenzbildung	Stress-Parameter	Relative Einzelwerte
E2-E1	Cortisol	$E2(t_1)-E1(t_1)$
		$E2(t_2)-E1(t_2)$
	PA	$E2(t_1)-E1(t_1)$
		$E2(t_2)-E1(t_2)$
	NA	$E2(t_1)-E1(t_1)$
		$E2(t_2)-E1(t_2)$
HRV	$E2-E1$	
E3-E1	Cortisol	$E3(t_1)-E1(t_1)$
		$E3(t_2)-E1(t_2)$
	PA	$E3(t_1)-E1(t_1)$
		$E3(t_2)-E1(t_2)$
	NA	$E3(t_1)-E1(t_1)$
		$E3(t_2)-E1(t_2)$
HRV	$E3-E1$	

E: Evaluation; Ziffern 1-3: Tag der Evaluation 1-3; t_1 und t_2 : Zeitpunkt der Parametererhebung (vor oder nach der Evaluation), PA=positiver Affekt; NA=negativer Affekt; HRV: Herzfrequenz, pNN50

Tab. 5.1: Änderung der Stressparameter aus den Postevaluationen 2 und 3 gegenüber der Präevaluation E1.

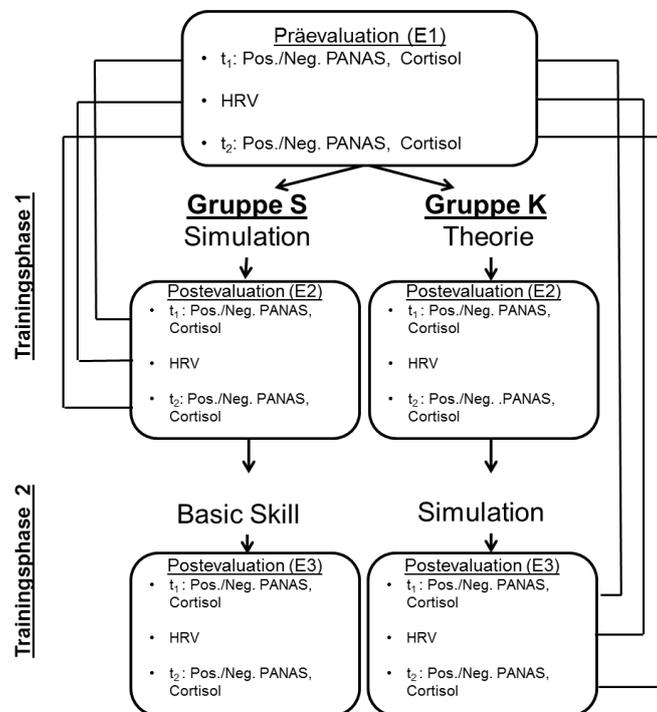


Abb. 5.1: Vergleich der Werte der Postevaluationen E2 und E3 mit der Präevaluation E1 für die einzelnen Stressparameter (Vereinfachend ist in der Abbildung nur die Bildung der Werte E2 für Gruppe S und E3 für Gruppe K gezeigt)

5.2 Änderung der Stressparameter innerhalb einer Evaluation

Diese Auswertung bezieht sich auf die Frage, wie sich die t_1 - und t_2 -Werte zueinander innerhalb einer Evaluationsstufe verändern. So kann man zusätzlich auch Veränderungen des Stresses innerhalb einer Evaluationsebene erkennen. Für diesen Vergleich stand für die physische Stressmessung der Parameter Cortisol und für die psychische Stressmessung der PANAS zur Verfügung. Ein negativer Wert steht dabei für einen Abfall des Parameters bzw. ein positiver Wert für einen Anstieg des Parameters während der Evaluation (siehe Tab. 5.2 und Abb. 5.2).

Differenzbildung	Stress-Parameter	Relative Einzelwerte
E1: t_2-t_1	Cortisol	$E1(t_2)-E1(t_1)$
	PA	$E1(t_2)-E1(t_1)$
	NA	$E1(t_2)-E1(t_1)$
E2: t_2-t_1	Cortisol	$E2(t_2)-E2(t_1)$
	PA	$E2(t_2)-E2(t_1)$
	NA	$E2(t_2)-E2(t_1)$
E3: t_2-t_1	Cortisol	$E3(t_2)-E3(t_1)$
	PA	$E3(t_2)-E3(t_1)$
	NA	$E3(t_2)-E3(t_1)$

E: Evaluation; Ziffern 1-3: Tag der Evaluation 1-3; t_2 und t_1 : Zeitpunkt der Parametererhebung (vor oder nach der Evaluation), PA=positiver Affekt; NA=negativer Affekt

Tab. 5.2: Änderung der Parameter Cortisol, PA und NA innerhalb einer Evaluationsebene.

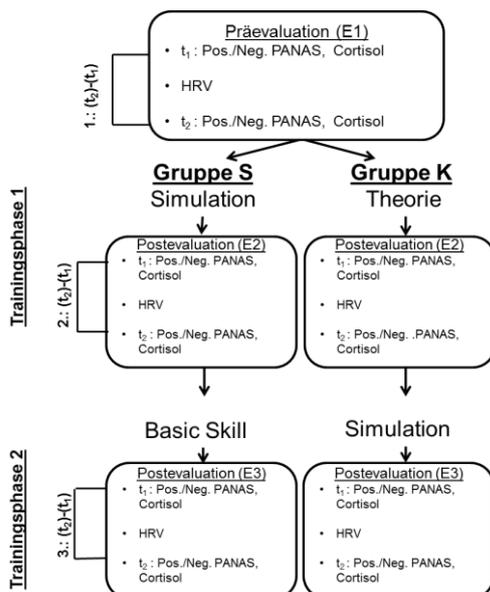


Abb. 5.2: Vergleich der Werte innerhalb einer Evaluationsebene (Vereinfachend nur für Gruppe S dargestellt).

Für die Hypothesenüberprüfung wurden die Änderungen der Stressparameter folgendermaßen miteinander verglichen (siehe Abb. 5.3 - 5.5)

(1) VR-Simulationstraining führt zu stärkerer Stressreduktion als ein theoretisches Ausbildungsprogramm (Haupthypothese).

($H_0: S = T$, $H_1: S > T$)

Ausbildungsstufe A1; Simulationstraining der Gruppe S vs. theoretische Ausbildung der Gruppe K; Gr. S: E2 vs. Gr. K: E2.

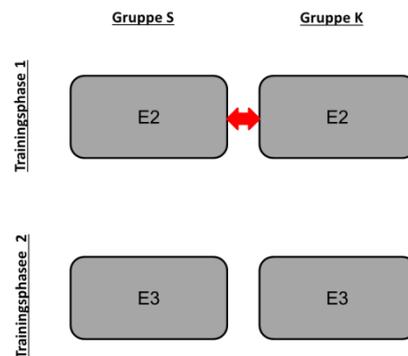


Abb.: 5.3: Haupthypothese

(2) Das Kombinationstraining, bestehend aus zunächst Theorie und anschließender Simulation, führt zu einer stärkeren Stressreduktion als ein ausschließliches theoretisches Ausbildungsprogramm. (Nebenhypothese)

($H_0: K = T$, $H_1: K > T$)

Theoretische Ausbildung der Gruppe K vs. Kombinationstraining bestehend aus Theorie und Simulation der Gruppe S, Gr. K: E2 vs. Gr. S: E3.

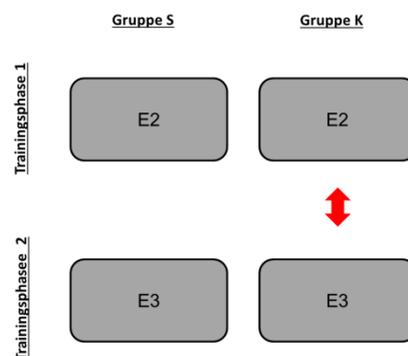


Abb. 5.4: Nebenhypothese 1

(3) Ein Kombinationstraining, bestehend aus Theorie und anschließender Simulation, führt zu stärkerer Stressreduktion als ausschließliches Simulationstraining. (Nebenhypothese)

($H_0: K = S$, $H_1: K > S$)

Simulationstraining der Gruppe S vs. Kombinationstraining (Theorie + Simulation) der Gruppe K, Gr. S: E2 vs. Gr. K: E3.

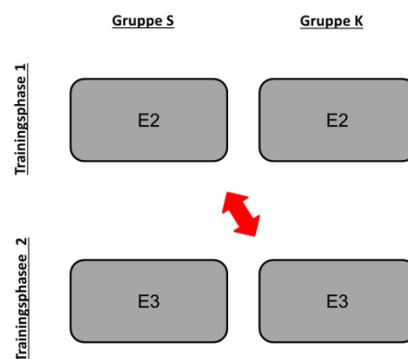


Abb. 5.5: Nebenhypothese 2

Alle Daten wurden mit dem Statistikprogramm STATISTIKA 10 (StatSoft Inc. Tulsa, Oklahoma, USA) ausgewertet. Für die Signifikanzanalyse wurden abhängig von den einzelnen Testbedingungen unterschiedliche Testverfahren angewendet.

Für die Analyse der Präevaluation wurde zunächst das gesamte Studienkollektiv betrachtet, da zu diesem Zeitpunkt noch keine Randomisierung stattgefunden hatte. Hier konnte überprüft werden, inwieweit die Stressparameter in der Lage sind, Veränderungen des Stresslevels im Studienkollektiv zu registrieren. Außerdem konnte überprüft werden, ob die im Rahmen der Evaluation simulierte Intervention bei den Probanden überhaupt eine Stressreaktion auslöste. Hierzu wurden die t_1 - und t_2 -Werte der Parameter Cortisol und PANAS (PA, NA) mit Hilfe eines t-Tests für abhängige Stichproben (bei normalverteilten Daten) und eines Wilcoxon Tests (bei nicht-normalverteilten Daten) angewendet. Zusätzlich wurde zur Überprüfung des Randomisierungseffektes mit der Fragestellung, ob die beiden Gruppen in

Bezug auf den Faktor Stress gleich „stark“ waren, ein Zwischengruppenvergleich durchgeführt. Dazu wurden die Parameter Cortisol und PANAS (PA, NA) einer mehrfaktoriellen ANOVA (Analysis of Variance) unterzogen. Hierbei wurden zwei Faktoren unterschieden.

- (1) Faktor: „Studiengruppe“ (Gruppe S, Gruppe K)
- (2) Faktor: „Zeitpunkt“ (t_1 - und t_2 - Messung eines Parameters)

Die mehrfaktorielle ANOVA prüfte dabei Wechselwirkungs- und Haupteffekte auf signifikante Effekte:

- (1) Wechselwirkungseffekt: „Studiengruppe“ x „Zeitpunkt“
- (2) Haupteffekt: „Studiengruppe“
- (3) Haupteffekt: „Zeitpunkt“

Zeigte die ANOVA für einen Parameter einen signifikanten Effekt, wurde der ANOVA zur Korrektur des Signifikanzniveaus ein Post-hoc Test (Tukey-HSD) angeschlossen.

Für die einfaktoriell (kontinuierlich) gemessenen HRV-Parameter kamen hier ein t-Test für unabhängige Stichproben (bei normalverteilten Daten) und ein Mann-Whitney U Test (bei nicht normalverteilten Daten) zum Einsatz.

Für die Hypothesentestungen wurde eine ANOVA mit Messwiederholung angewendet. Dabei wurden zwei Faktoren unterschieden:

- (1) Faktor: „Studiengruppe“ (Gruppe S, Gruppe K)
- (2) Faktor: „Zeit“ (Messwiederholung)

Die ANOVA mit Messwiederholung prüfte dabei Wechselwirkungs- und Haupteffekte auf signifikante Effekte:

- (1) Wechselwirkungseffekt: „Studiengruppe“ x „Zeit“
- (2) Haupteffekt: „Studiengruppe“
- (3) Haupteffekt: „Zeit“

Lag ein signifikanter Effekt in der ANOVA vor, wurde im Anschluss ein Post-hoc Test (Tukey-HSD Test) zur Korrektur des Signifikanzniveaus durchgeführt.

In allen Testungen lag das Signifikanzniveau definitionsgemäß bei $\alpha = 0,05$ d.h. es war auf eine maximal zulässige Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% festgesetzt.

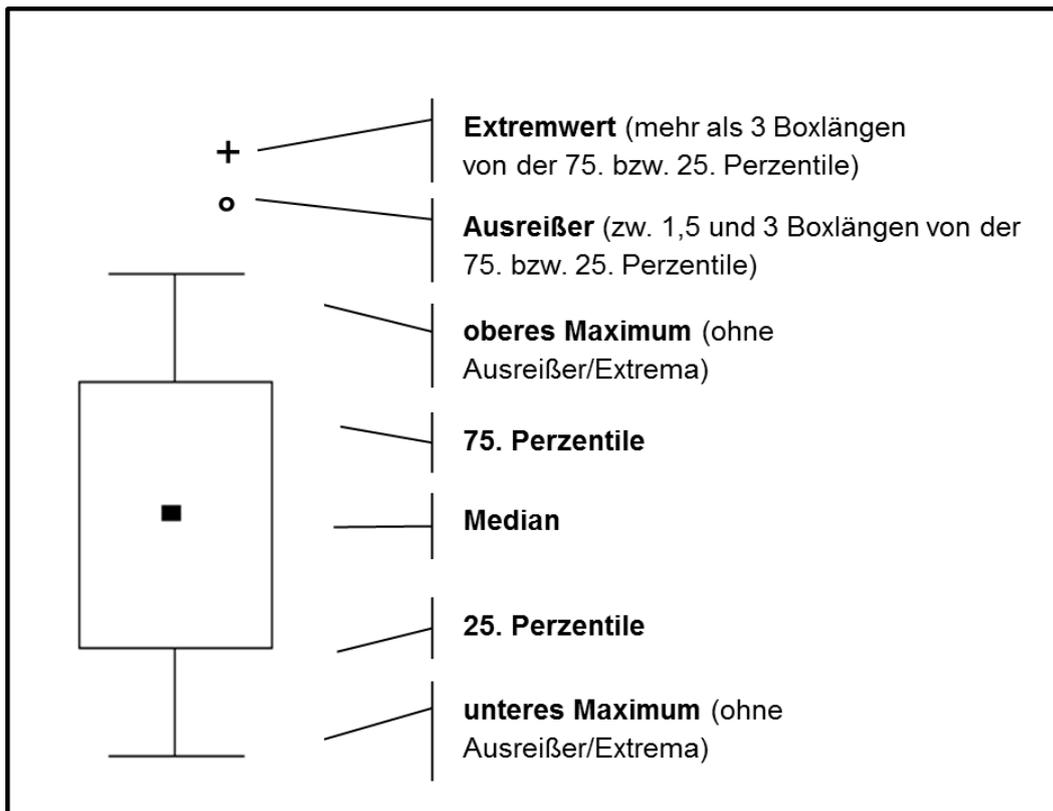


Abb. 5.6: Aufbau eines Box-Whisker Diagramms

Zur grafischen Darstellung wurden Box- und Whisker Diagramme verwendet. Die Box befindet sich im Bereich der Werte von der 25. bis zur 75. Perzentile und die Whisker zeigen die Maximal- und Minimalwerte an. Als Punkt in der Box stellt sich der Median dar. Die im Ergebnisteil zur Präevaluation abgebildeten Tabellen zeigen absolute Mittelwerte und Standardabweichungen. In den weiteren Ergebniskapiteln zu den Hypothesentestungen sind dann relative Mittelwerte und Standardabweichungen angegeben. Die dazugehörigen Absolutwerte aus den Evaluationen E2 und E3 befinden sich im Anhang dieser Arbeit. Alle Ergebnisse sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

6 Ergebnisse

6.1 Ergebnisse der Präevaluation:

Die Präevaluation wurde für die Bestimmung des individuellen Ausgangsstresslevels (Baseline-Stress) während der Intervention genutzt. Im Folgenden sind die Ergebnisse der einzelnen Stressparameter für das gesamte Studienkollektiv sowie für die Untergruppen als absolute Zahlenwerte dargestellt.

Alle Ergebnisse der Messung des Speichelcortisol sind in Tab. 6.1 zusammengefasst.

	t ₁ -Cortisol [ng/ml]			t ₂ -Cortisol [ng/ml]		
	Fälle ¹	Mittelwert	Stdabw.	Fälle ¹	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	8	4,04	±3,24	9	4,06	±3,28
Gruppe K	8	0,64	±0,41	7	1,75	±1,38
Gesamt	16	2,34	±2,84	16	3,05	±2,81

(¹Verminderte Fallzahl bedingt durch fehlerhafte Proben: small sample volume)

Tab. 6.1: Cortisolresultate der Präevaluation

Hinsichtlich des Parameters Cortisol ergab sich kein signifikanter Unterschied für das gesamte Studienkollektiv zwischen t₁- und t₂-Cortisol ($p = 0,11^a$). In Abb. 6.1 sind die Cortisolspiegel der Gesamtgruppe für die t₁- und t₂-Messung graphisch dargestellt.

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

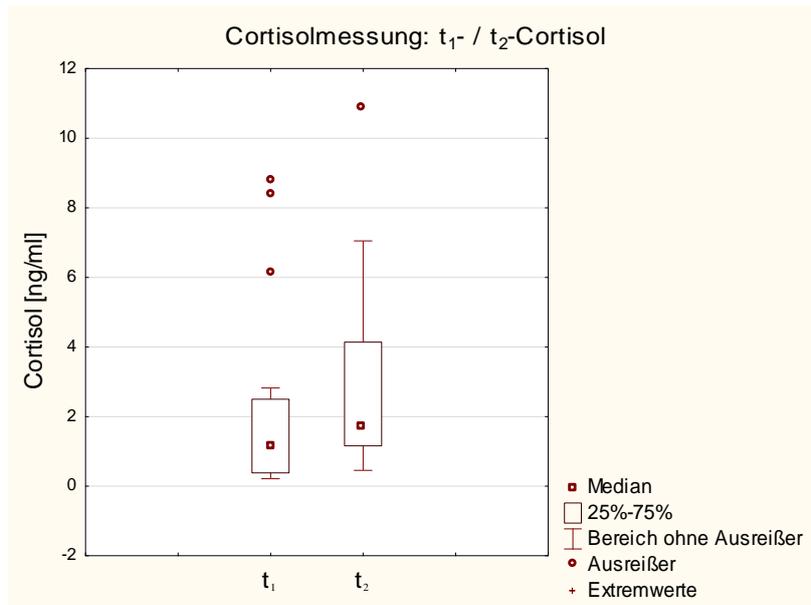


Abb. 6.1: t_1 - und t_2 -Cortisol für das gesamte Studienkollektiv

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

Die ANOVA^b für Cortisol zeigte hinsichtlich ihrer Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeitpunkt) keine Signifikanz ($p = 0,51$), jedoch wurde der Haupteffekt „Studiengruppe“ als signifikant getestet ($F_{(1, 13)} = 6,39$; $p = 0,03$). Der daraufhin durchgeführte Post-hoc^c Test ergab unter Korrektur des Signifikanzniveaus einen nicht-signifikanten p-Wert von 0,08 für t_1 -Cortisol. Die Abb. 6.2 und 6.3 geben die Gruppenunterschiede für die t_1 -Messung und t_2 -Messung wider.

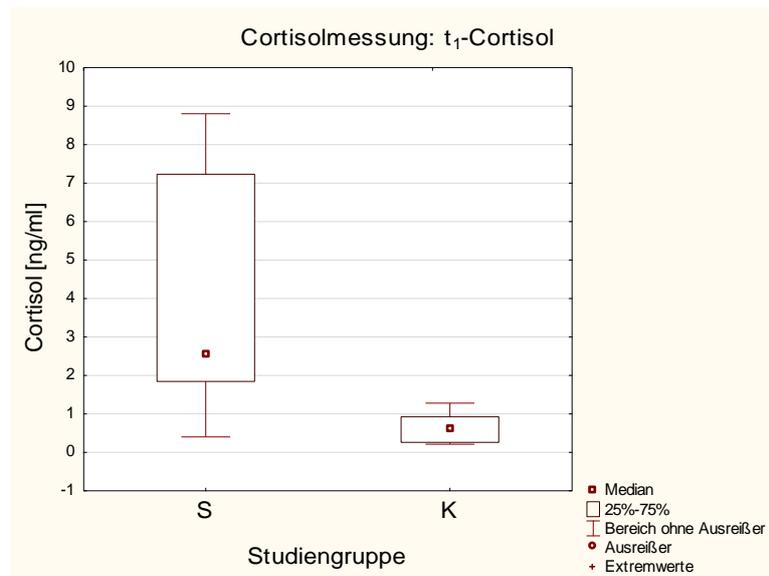


Abb. 6.2: Vergleich von t_1 -Cortisol der Studiengruppen S und K

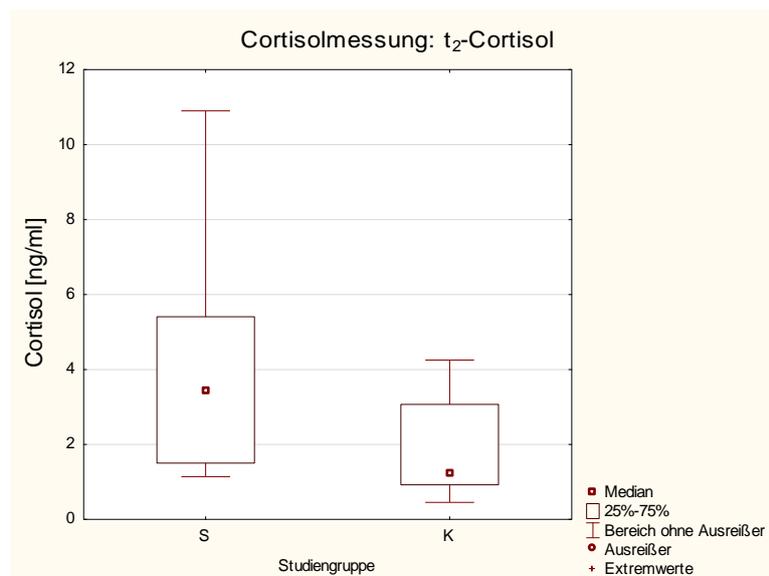


Abb. 6.3: Vergleich von t_2 -Cortisol der Studiengruppen S und K

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

Die Ergebnisse der HRV-Messung (Herzfrequenz und pNN50) sind in Tab. 6.2 aufgeführt.

	Herzfrequenz [Schläge/Minute]			pNN50 [%]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	103,67	±12,75	9	3,03	±2,36
Gruppe K	9	108,35	±16,00	9	3,85	±5,10
Gesamt	18	106,01	±14,24	18	3,44	±3,88

Tab. 6.3: HRV-Ergebnisse der Präevaluation

Die Abb. 6.4 und 6.5 veranschaulichen die statistische Streuung der Werte um den Median für die Stressparameter Herzfrequenz und pNN50 des gesamten Studienkollektivs.

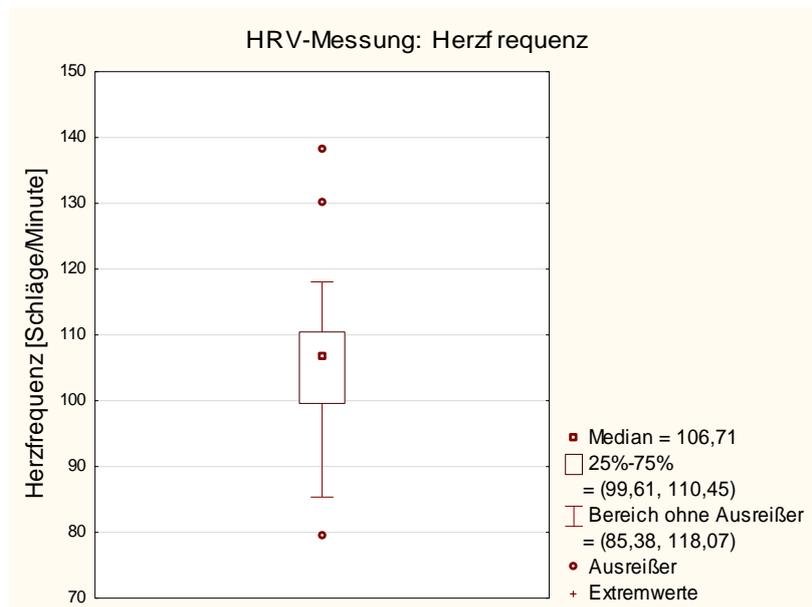


Abb. 6.4: Herzfrequenz für das gesamte Studienkollektiv

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

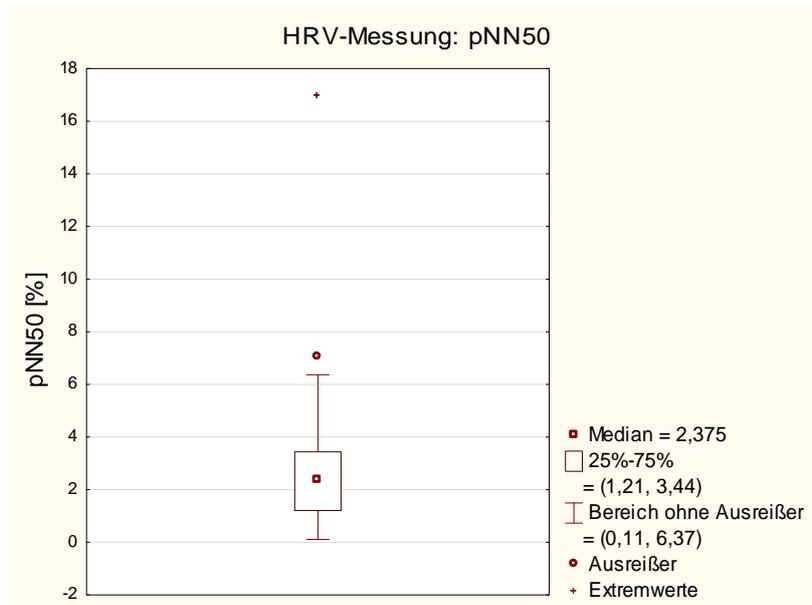


Abb. 6.4: pNN50 für das gesamte Studienkollektiv

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

Hinsichtlich des Zwischengruppenvergleichs ergaben sich keine signifikanten Unterschiede für den Parameter Herzfrequenz ($p = 0,50^d$) und den Parameter pNN50 ($p = 0,86^e$). Die Abb. 6.6 und 6.7 zeigen die jeweilige statistische Streuung der Werte um den Median der beiden Gruppen für die Parameter Herzfrequenz und pNN50.

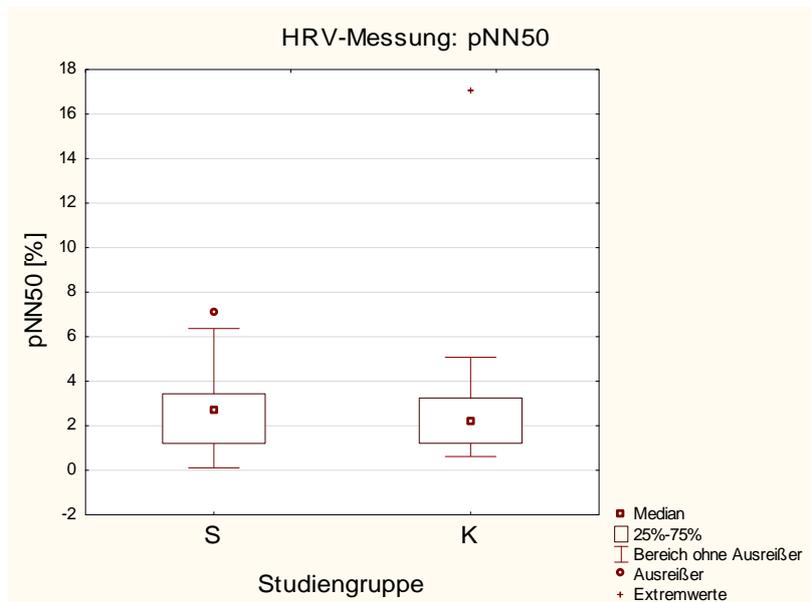
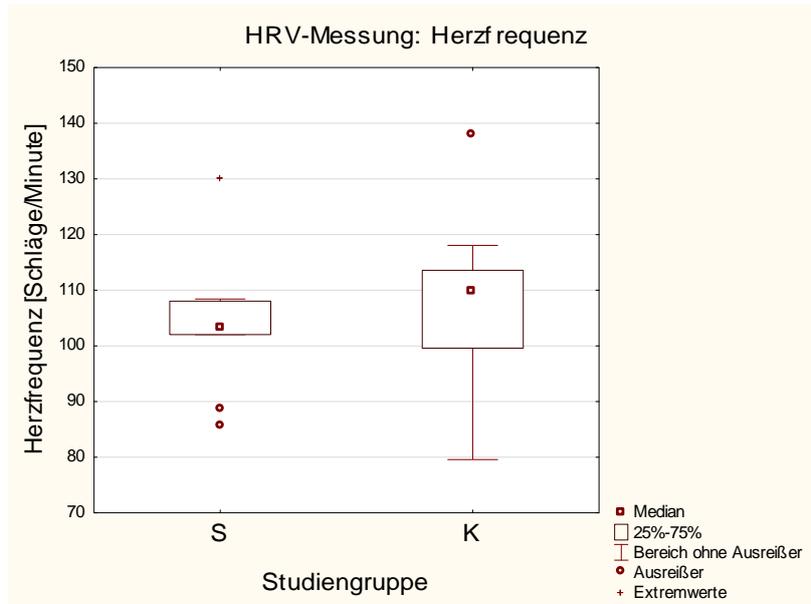


Abb. 6.6 und 6.7: Vergleich der Herzfrequenz und des pNN50 für die Studiengruppen S und K

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

In der Tab. 6.3 sind die Ergebnisse des positiven PANAS (PA) zusammengefasst.

	t ₁ -PA [PANAS-Score]			t ₂ -PA [PANAS-Score]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	32,44	±4,10	9	35,44	±5,92
Gruppe K	9	35,78	±4,97	9	34,33	±5,98
Gesamt	18	34,11	±4,74	18	34,89	±5,80

Tab. 6.3: Ergebnisse des positiven PANAS (PA) der Präevaluation

In Bezug auf das gesamte Studienkollektiv ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen t₁- und t₂-PA ($p = 0,54^a$). Die Abb. 6.8 gibt die statistische Streuung der Werte um den Median aus der t₁- und t₂-Messung wider.

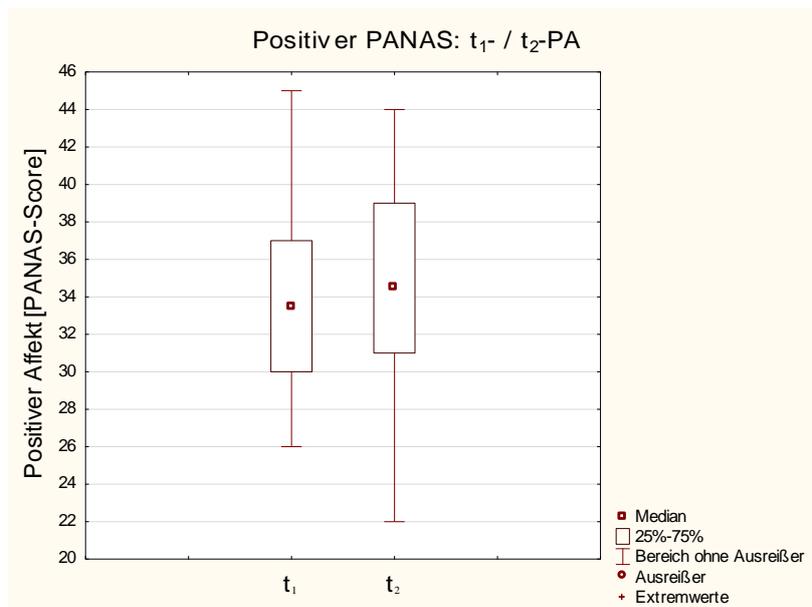


Abb. 6.8: t₁- und t₂-PA für das gesamte Studienkollektiv

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

Die ANOVA^b für den Zwischengruppenvergleich des Parameters PA blieb für die Testung der Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeitpunkt) ohne signifikanten Effekt ($p = 0,07$). Auch die einzelnen Haupteffekte blieben ohne Signifikanz (Studiengruppe, Zeitpunkt: $p > 0,51$). Die Abb. 6.9 und 6.10 zeigt die statistische Streuung der Werte um den Median jeweils für t_1 - und t_2 -PA im Vergleich.

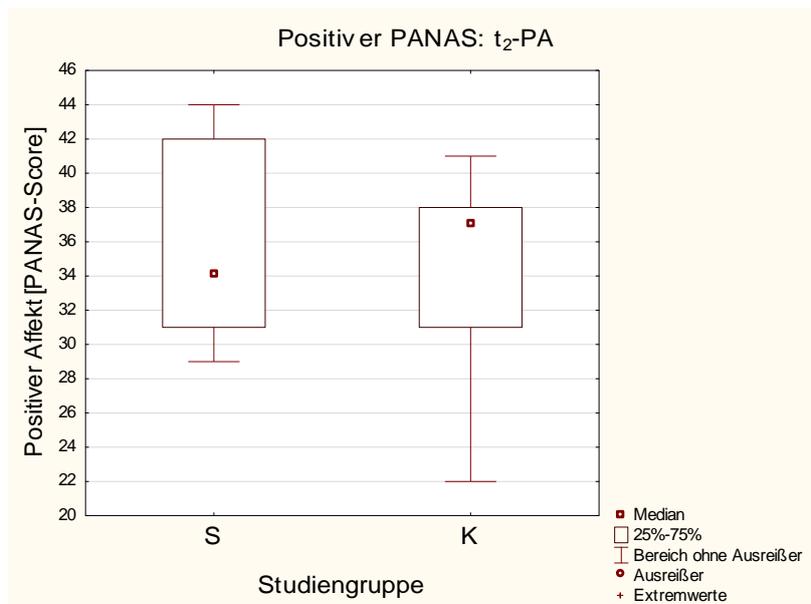
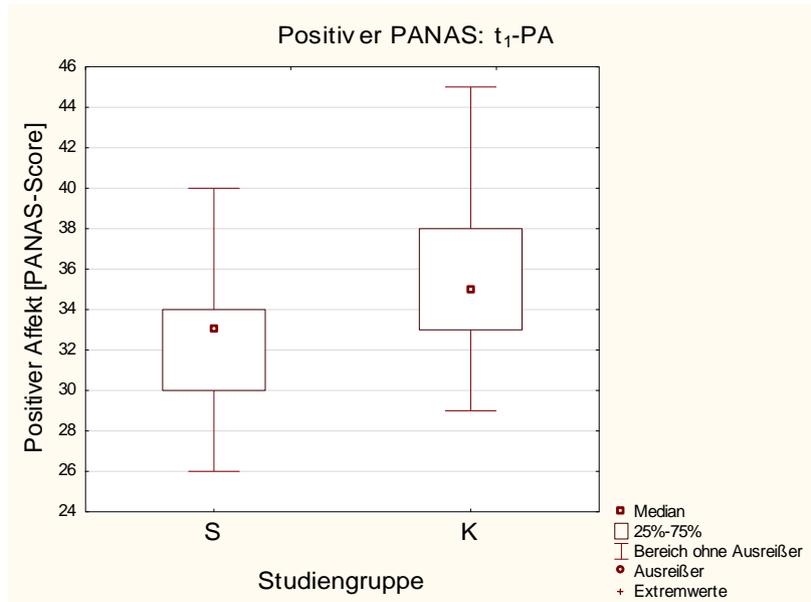


Abb. 6.9 und 6.10: Vergleich von t_1 - und t_2 -PA zwischen den Studiengruppen S und K

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

In Tab. 6.4 sind die Ergebnisse des negativen Affektes (NA) dargestellt.

	t ₁ -NA [PANAS-Score]			t ₂ -NA [PANAS-Score]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	16,22	±2,82	9	18,00	±3,12
Gruppe K	9	14,00	±3,87	9	15,33	±3,28
Gesamt	18	15,11	±3,48	18	16,67	±3,40

Tab. 6.4: Ergebnisse des negativen PANAS (NA) der Präevaluation

Für den Parameter NA zeigte sich in der Testung des gesamten Studienkollektivs ein signifikanter Unterschied zwischen dem t₁- und t₂-NA Wert ($p = 0,05^a$). In Abb. 6.11 wird dieser signifikante Unterschied graphisch veranschaulicht.

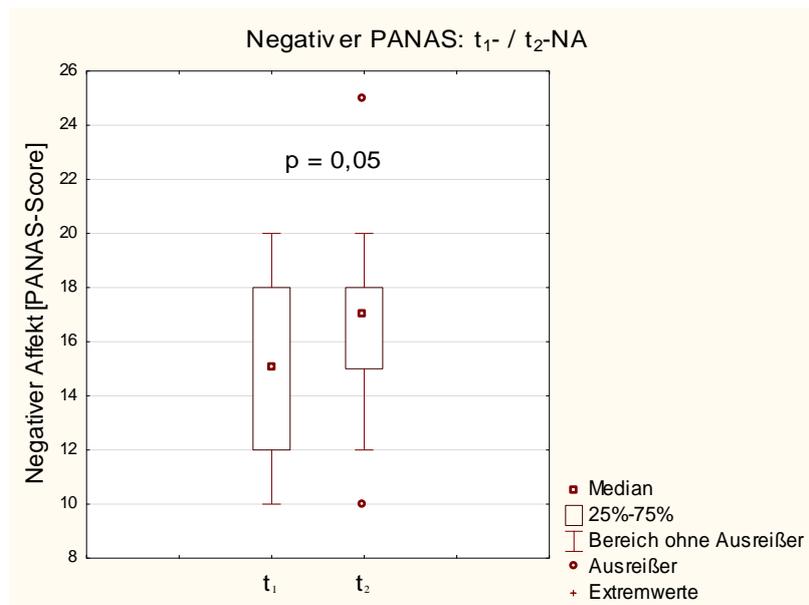


Abb. 6.11: t₁- und t₂-NA für das gesamte Studienkollektiv

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

Die ANOVA^a des Zwischengruppenvergleichs ergab keinen signifikanten Effekt für die Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeitpunkt: $p = 0,77$). Der Haupteffekt „Studiengruppe“ wurde nicht signifikant ($p = 0,09$), der Haupteffekt „Zeitpunkt“ wurde hingegen signifikant getestet ($F_{(1, 16)} = 4,42$; $p = 0,05$). Der im Anschluss durchgeführte Post-hoc Test konnte die Signifikanz für den Haupteffekt „Zeitpunkt“ jedoch nicht bestätigen. In Abb. 6.12 und 6.13 ist die Streuung der Werte um den Median für die t_1 - und t_2 -Messung dargestellt.

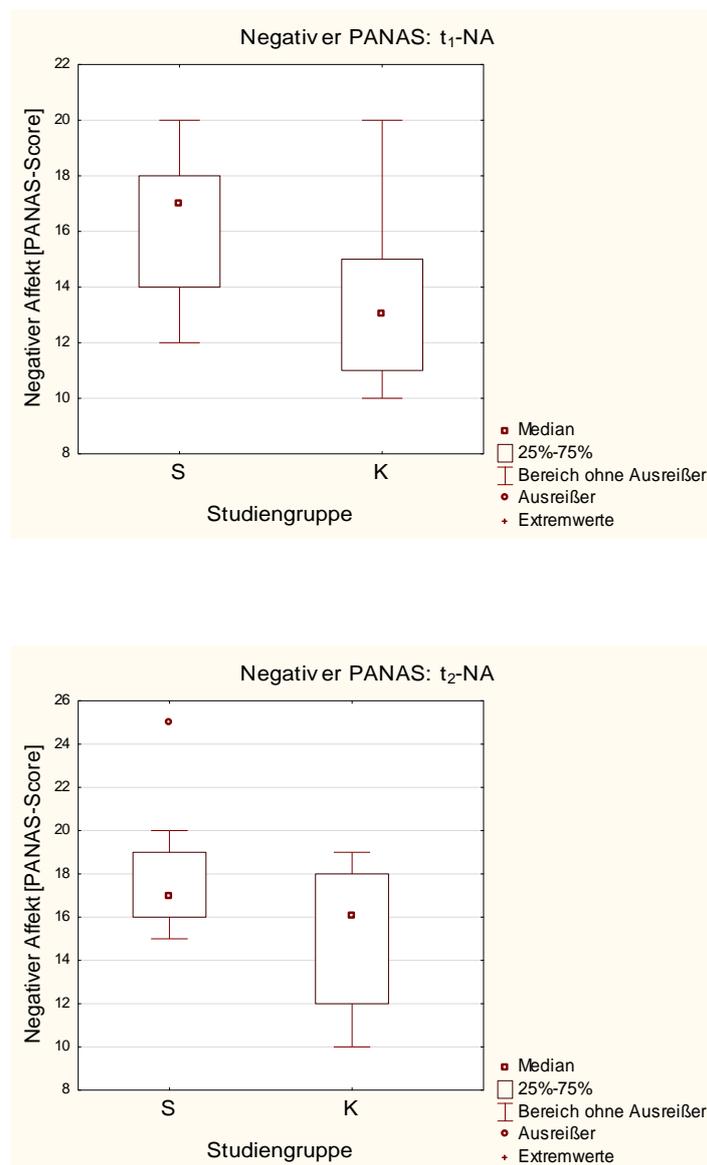


Abb. 6.12 und 6.13: Vergleich von t_1 - und t_2 -NA zwischen den Studiengruppen S und K

^at-Test für abhängige Stichproben

^bMehrfaktorielle ANOVA (Studiengruppe x Zeitpunkt)

^cPost-hoc Test (Tukey-HSD)

^dt-Test für unabhängige Stichproben

^eMann-Whitney U Test

6.2 Änderungen der Stressparameter im Vergleich zur Präevaluation (Simulations- vs. Kontrollgruppe)

Die Absolutwerte der Evaluationen E2 und E3 finden sich im Anhang dieser Arbeit (siehe Tab. 10.1-3).

In Tab. 6.5 sind die Ergebnisse für den Stressparameter Cortisol dargestellt.

E2-E1: Cortisol [ng/ml]

	t ₁ -Cortisol (E2-E1)			t ₂ -Cortisol (E2-E1)		
	Fälle ¹	Mittelwert	Stdabw.	Fälle ¹	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	8	-0,58	±1,59	9	-0,28	±2,74
Gruppe K	8	0,48	±0,80	7	-0,43	±0,81

E3-E1: Cortisol [ng/ml]

	t ₁ -Cortisol (E3-E1)			t ₂ -Cortisol (E3-E1)		
	Fälle ¹	Mittelwert	Stdabw.	Fälle ¹	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	8	0,26	±3,33	9	-0,66	±2,31
Gruppe K	8	0,59	±0,70	7	-0,80	±1,45

⁽¹⁾ Verminderte Fallzahl bedingt durch fehlerhafte Proben: small sample volume)

Tab. 6.5: Relative Ergebnisse für Cortisol aus E2-E1 und E3-E1.

In der ANOVA^a ergaben sich keine signifikanten Effekte für den Parameter t₁-Cortisol, sowohl hinsichtlich der Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeit: $p = 0,54$) als auch für die einzelnen Haupteffekte (Studiengruppe, Zeit: $p > 0,37$). Ebenso waren für den Parameter t₂-Cortisol die Zweifach-Interaktion und die Haupteffekte ohne Signifikanz ($p > 0,46$). In Abb. 6.14 und 6.15 sind jeweils für die Gruppen die Ergebnisse für t₁- und t₂-Cortisol graphisch abgebildet.

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

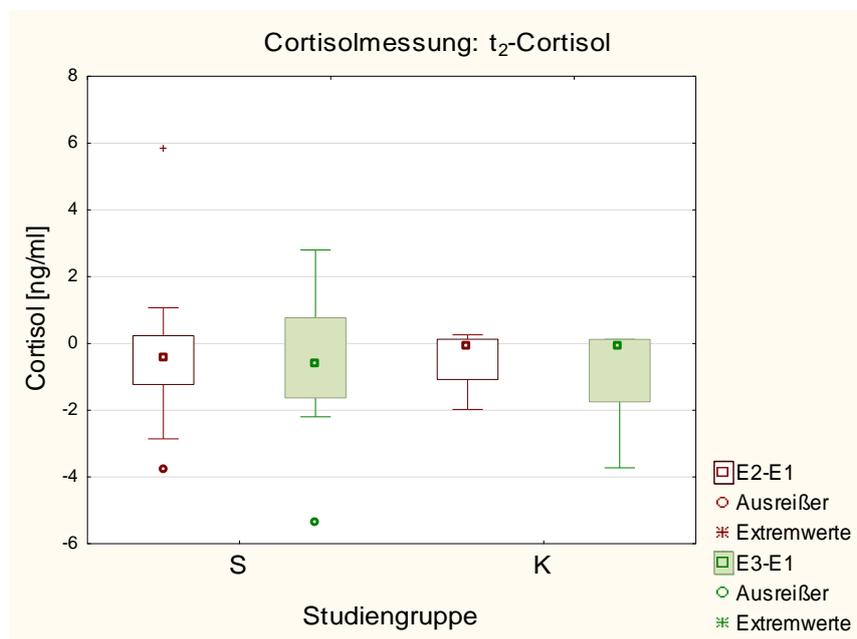
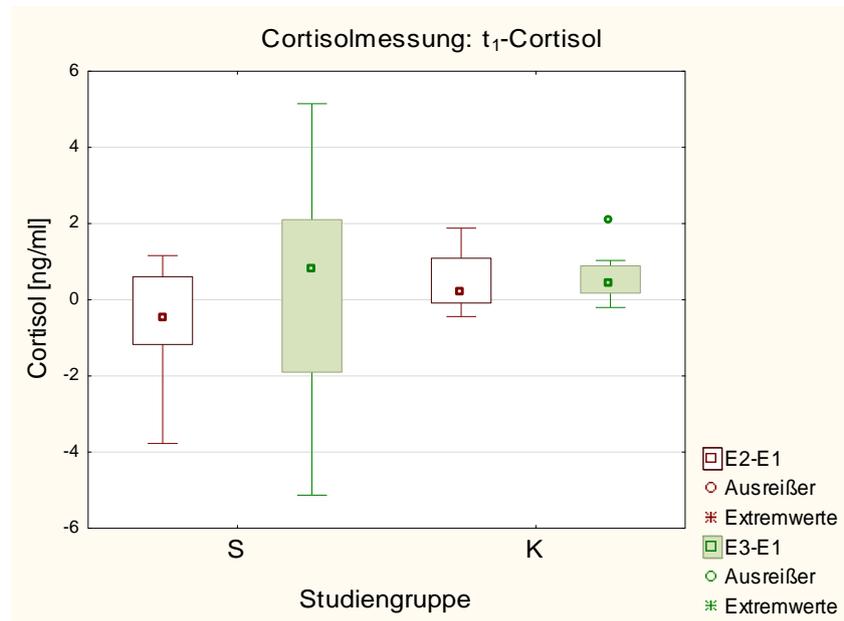


Abb. 6.14 und 6.15: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für t_1 - und t_2 -Cortisol zwischen den Gruppen

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

In Tab. 6.6 sind die Ergebnisse aus der HRV-Messung dargestellt.

E2-E1: Herzfrequenz: [Schläge/min]; pNN50: [%]

	Herzfrequenz (E2-E1)			pNN50 (E2-E1)		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	-3,83	±10,88	9	1,55	±4,30
Gruppe K	9	-1,21	±10,59	9	-0,58	±2,47

E3-E1: Herzfrequenz: [Schläge/min]; pNN50: [%]

	Herzfrequenz (E3-E1)			pNN50 (E3-E1)		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	-1,39	±12,63	9	1,76	±8,06
Gruppe K	9	-6,68	±12,40	9	1,25	±3,51

Tab. 6.6: Relative Ergebnisse für Herzfrequenz und pNN50 aus E2-E1 und E3-E1

Hinsichtlich der gemessenen Herzfrequenz zeigte die ANOVA^a für die Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeit) keine signifikanten Effekte auf ($p = 0,15$). Die Haupteffekte für sich wurden ebenfalls nicht signifikant getestet. (Studiengruppe, Zeit: $p > 0,57$). Auch die Analyse des pNN50 wies keine signifikanten Ergebnisse auf. Weder die Zweifach-Interaktion noch die Haupteffekte für sich erzielten signifikante Unterschiede ($p = 0,40$). Die Abb. 6.16 und 6.17 zeigen die Streuung der Werte um den Median für Herzfrequenz und pNN50 in den beiden Gruppen.

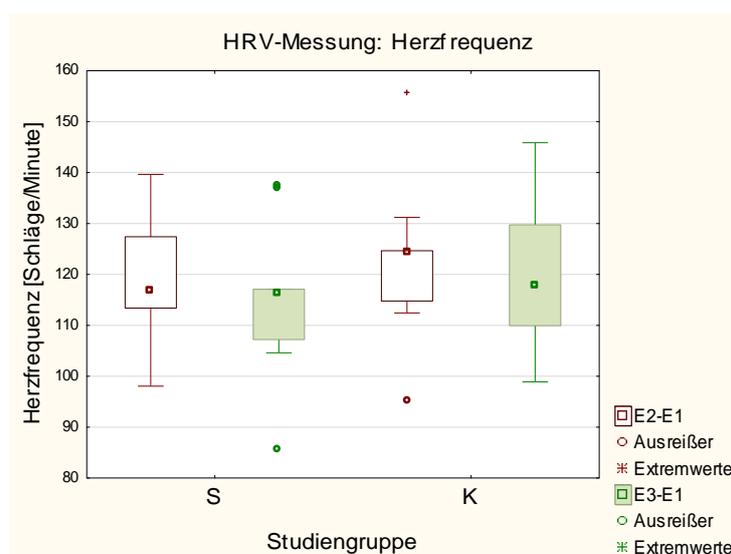


Abb. 6.16: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für den Parameter Herzfrequenz zwischen den Gruppen

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

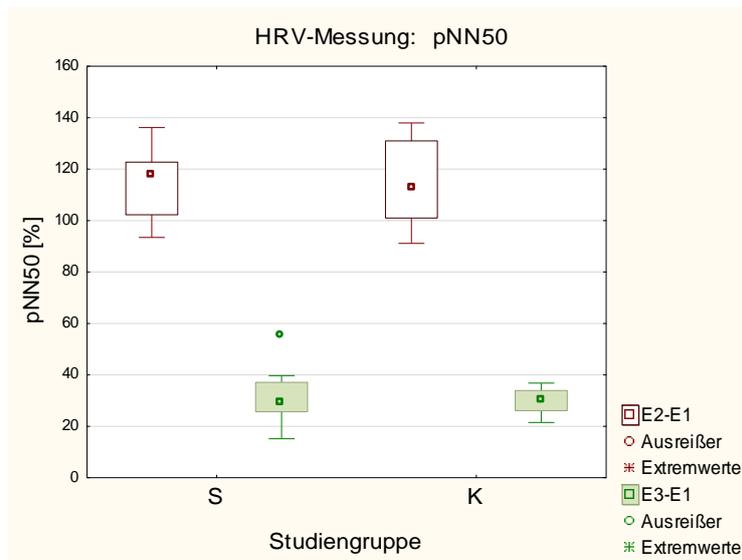


Abb. 6.17: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für den Parameter pNN50 zwischen den Gruppen

In Tab. 6.7 sind die Ergebnisse des positiven PANAS (PA) zusammengefasst.

E2-E1: Positiver PANAS [PANAS-Score]

	t ₁ -PA (E2-E1)			t ₂ -PA (E2-E1)		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	-2,56	±3,32	9	-2,56	±7,13
Gruppe K	9	-2,22	±4,55	9	-1,78	±8,23

E3-E1: Positiver PANAS [PANAS-Score]

	t ₁ -PA (E3-E1)			t ₂ -PA (E3-E1)		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	-4,11	±4,73	9	-3,11	±8,18
Gruppe K	9	-3,33	±6,12	9	1,78	±6,12

Tab. 6.7: Relative Ergebnisse des PA für E2-E1 und E3-E1

Für den Parameter positiver PANAS (PA) wies die ANOVA^a für den t₁-PA in der Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeit) keinen signifikanten Effekt auf ($p = 0,84$). Auch die Haupteffekte für sich waren nicht signifikant

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

(Studiengruppe, Zeit: $p > 0,23$). Ebenso blieben für den t_2 -PA die Zweifach-Interaktion, sowie die einzelnen Haupteffekte ohne Signifikanz ($p > 0,13$). In den Abb. 6.18 und 6.19 ist die Streuung der Werte um den Median für die Parameter t_1 - und t_2 -PA in den beiden Gruppen zu erkennen.

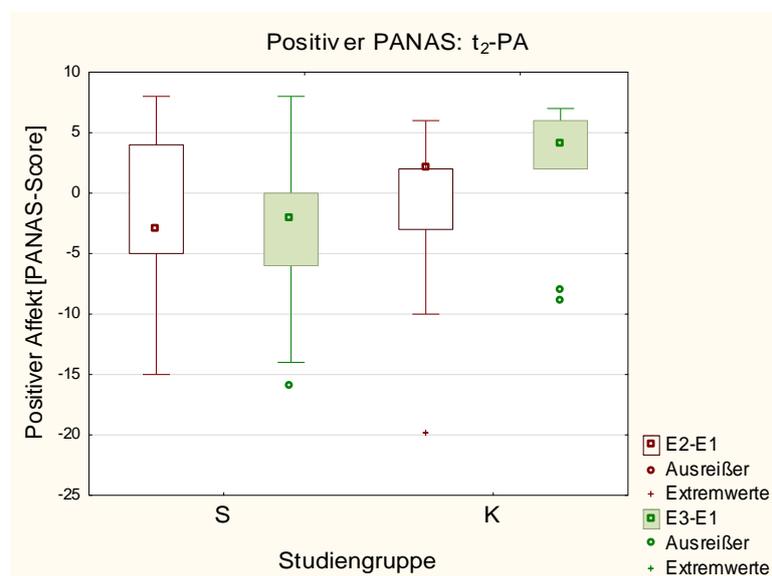
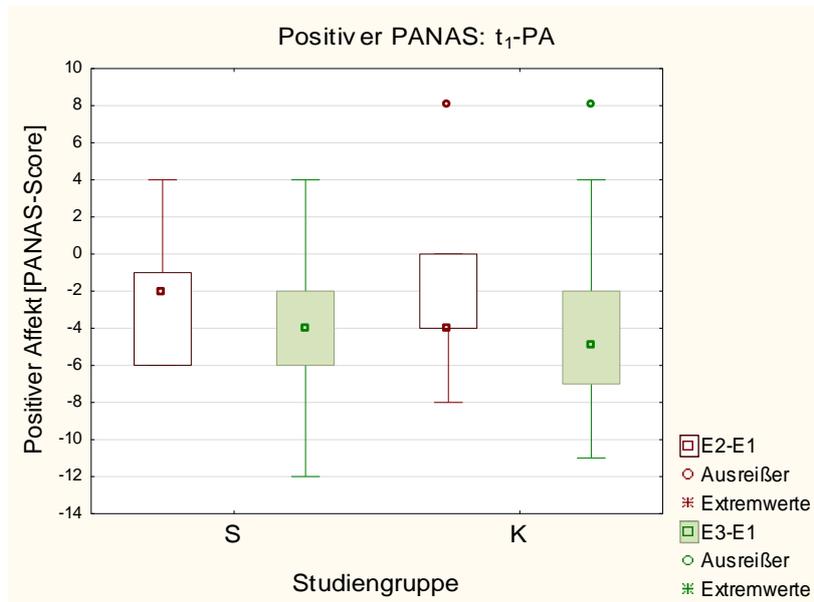


Abb. 6.18 und 6.19: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für die Parameter t_1 - und t_2 -PA zwischen den Gruppen

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

In Tab. 6.8 werden die Ergebnisse für den negativen PANAS (NA) zusammengefasst.

E2-E1: Negativer PANAS [PANAS-Score]

	t ₁ -NA (E2-E1)			t ₂ -NA (E2-E1)		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	-1,11	±4,34	9	-4,89	±1,96
Gruppe K	9	0,22	±1,99	9	2,22	±3,67

E3-E1: Negativer PANAS [PANAS-Score]

	t ₁ -NA (E3-E1)			t ₂ -NA (E3-E1)		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	-3,89	±2,42	9	-6,67	±2,87
Gruppe K	9	-1,78	±3,23	9	-4,11	±2,76

Tab. 6.8: Relative Ergebnisse des NA für E2-E1 und E3-E1

Hinsichtlich des negativen PANAS zeigte die ANOVA^a für den Parameter t₁-NA keinen signifikanten Effekt für die Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeit: $p = 0,60$). Dennoch erwies sich der Haupteffekt „Zeit“ als signifikant ($F_{(1,16)} = 10,84$; $p = 0,004$). Der der ANOVA angeschlossene Post-hoc Test^b bestätigte einen signifikanten Unterschied zwischen E3-E1 der Gruppe S (Basic Skill Training) und E2-E1 der Gruppe K (theoretisches Training) ($p = 0,05$). In Abb. 6.20 wird dieses signifikante Ergebnis deutlich.

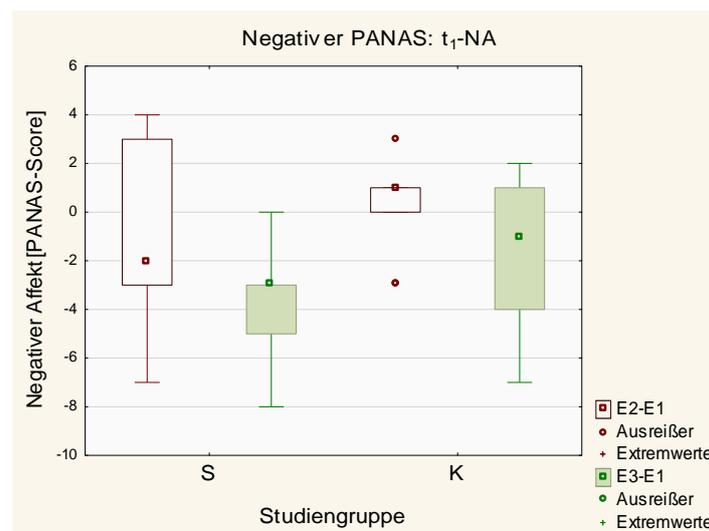


Abb. 6.20: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für die Parameter t₁-NA zwischen den Gruppen

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

In der ANOVA^a für den Parameter t_2 -NA ergab sich ein signifikanter Effekt für die Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeit: $F_{(1, 16)} = 5,58$; $p = 0,03$). Auch der Haupteffekt „Studiengruppe“ für sich ($F_{(1,16)} = 25,57$; $p = 0,00012$) und der einzelne Haupteffekt „Zeit“ ($F_{(1,16)} = 17,70$; $p = 0,00067$) wurden signifikant getestet. Der im Folgenden durchgeführte Post-hoc Test bestätigte mehrere signifikante Ergebnisse. Zum einen zeigte sich ein signifikanter Unterschied im Zwischengruppenvergleich E2-E1 der Gruppe S (Simulationstraining) und E2-E1 der Gruppe K (theoretisches Training) ($p = 0,0002$). Des Weiteren wurde der Vergleich des Zeitreiheneffektes von E2-E1 der Gruppe K (theoretisches Training) und E3-E1 der Gruppe K (Simulationstraining) signifikant getestet ($p = 0,0015$). Zudem erwies sich der Zwischengruppenvergleich E3-E1 der Gruppe S (Simulationstraining) und E2-E1 der Gruppe K (theoretisches Training) als signifikant ($p = 0,0002$). In Abb. 6.21 sind die signifikanten Unterschiede erkennbar.

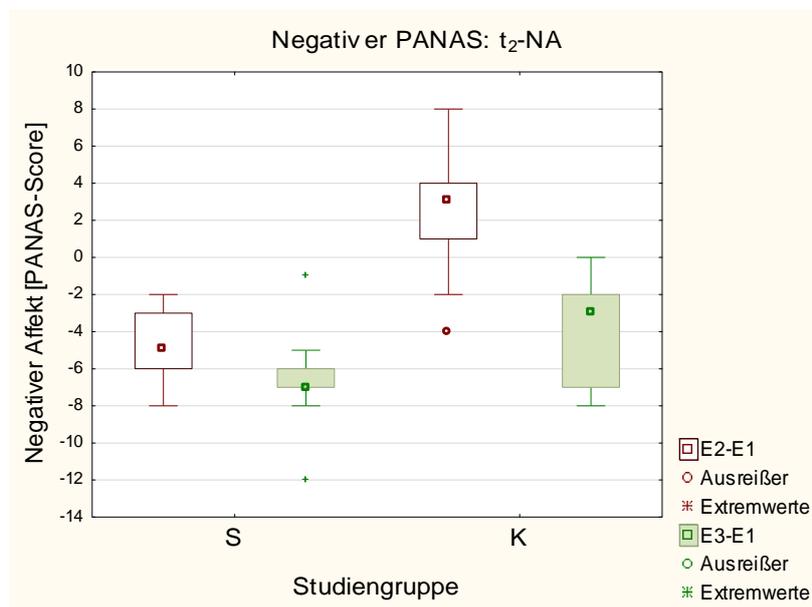


Abb. 6.21: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für die Parameter t_2 -NA zwischen den Gruppen

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

6.3 Änderung der Stressparameter innerhalb einer Evaluation (Simulations- vs. Kontrollgruppe)

Die Absolutwerte der Evaluationen E2 und E3 finden sich im Anhang dieser Arbeit (siehe Tab. 10.1-3)

In Tab. 6.9 sind die Ergebnisse für den Stressparameter Cortisol zusammengefasst.

Cortisol [ng/ml]						
	Gruppe S			Gruppe K		
	Fälle ¹	Mittelwert	Stdabw.	Fälle ¹	Mittelwert	Stdabw.
Cortisol (E1: t_2-t_1)	8	0,34	$\pm 2,57$	7	1,06	$\pm 1,24$
Cortisol (E2: t_2-t_1)	8	0,72	$\pm 2,33$	9	0,22	$\pm 0,58$
Cortisol (E3: t_2-t_1)	9	-0,48	$\pm 1,54$	9	-0,26	$\pm 0,75$

(¹ Verminderte Fallzahl bedingt durch fehlerhafte Proben: small sample volume)

Tab. 6.9: Relative Ergebnisse von Cortisol für E1, E2 und E3: t_2-t_1

Hinsichtlich des Parameters Cortisol erbrachte die ANOVA^a keinen signifikanten Effekt für die Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeit: $p = 0,61$). Auch die Haupteffekte für sich wiesen keine Signifikanz auf (Studiengruppe, Zeit: $p > 0,86$). Die Abb. 6.22 zeigt die Streuung der Werte um den Median für den Parameter Cortisol in den beiden Gruppen.

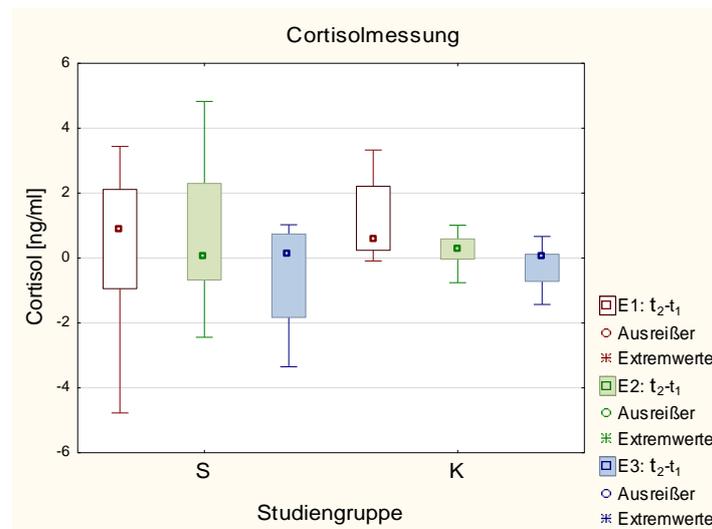


Abb. 6.22: Relative Ergebnisse von Cortisol für E1, E2 und E3: t_2-t_1

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

In Tab. 6.10 sind die Ergebnisse für den positiven PANAS (PA) zusammengefasst.

Positiver PANAS [PANAS-Score]						
	Gruppe S			Gruppe K		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
PA (E1: t_2-t_1)	9	3,00	$\pm 4,03$	9	-1,44	$\pm 5,70$
PA (E2: t_2-t_1)	9	3,00	$\pm 6,69$	9	-1,00	$\pm 5,00$
PA (E3: t_2-t_1)	9	4,00	$\pm 4,87$	9	3,67	$\pm 3,28$

Tab. 6.10: Relative Ergebnisse des PA für E1, E2 und E3: t_2-t_1

Hinsichtlich des Parameters PA zeigte die ANOVA^a keinen signifikanten Effekt für die Zweifach-Interaktion (Studiengruppe x Zeit: $p = 0,41$). Auch die Haupteffekte für sich wiesen keine Signifikanz auf (Studiengruppe, Zeit $> 0,05$). Die Abb. 6.23 bildet die Streuung der Werte um den Median für den Parameter PA in den Gruppen ab.

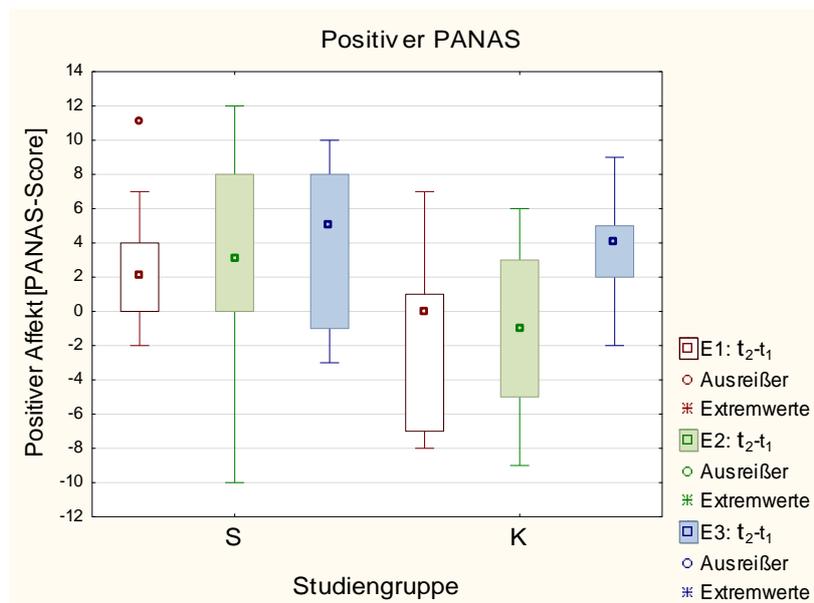


Abb. 6.23: Relative Ergebnisse von PA für E1, E2 und E3: t_2-t_1

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

In Tab. 6.11 sind die Ergebnisse des negativen PANAS (NA) zusammengefasst.

Negativer PANAS [PANAS-Score]						
	Gruppe S			Gruppe K		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
NA (E1: t_2-t_1)	9	1,11	$\pm 3,10$	9	1,33	$\pm 3,28$
NA (E2: t_2-t_1)	9	-2,00	$\pm 4,30$	9	3,33	$\pm 5,20$
NA (E3: t_2-t_1)	9	-1,00	$\pm 2,35$	9	-1,00	$\pm 1,87$

Tab. 6.11: Relative Ergebnisse des NA für E1, E2 und E3: t_2-t_1

In der ANOVA wurde für den Parameter NA in der Zweifach-Interaktion ein signifikanter Effekt nachgewiesen (Studiengruppe x Zeit: $F_{(2,32)} = 4,41$; $p = 0,02$). Die Haupteffekte für sich wiesen keine Signifikanz auf ($p = 0,09$). Der Post-hoc Test konnte hier einen signifikanten Unterschied für den Vergleich von E2 der Gruppe S (Simulationstraining) und E2 der Gruppe K (theoretisches Training) bestätigen ($p = 0,03$). Dieses signifikante Ergebnis wird in Abb. 6.24 noch einmal graphisch verdeutlicht.

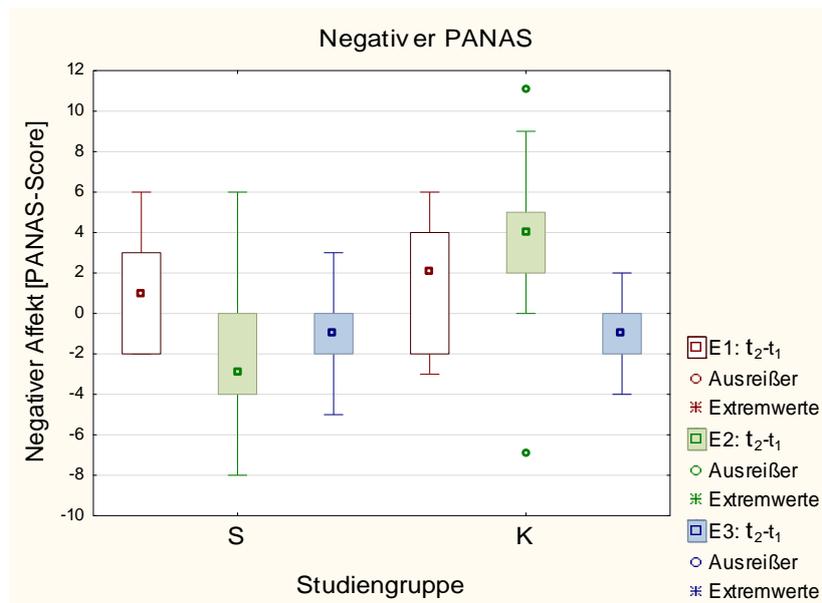


Abb. 6.24: Relative Ergebnisse von NA für E1, E2 und E3: t_2-t_1

^a ANOVA mit Messwiederholung

^b Post-hoc Test (Tukey-HSD)

7 Diskussion

7.1 Einleitung und Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit war es, VR-Simulationstraining hinsichtlich des potentiellen Nutzens für die Ausbildung in der interventionellen Kardiologie zu evaluieren. Dabei ging es bei der vorliegenden Arbeit speziell um die Frage, inwieweit Simulationstraining zu einer Stressreduktion bei Anfängern während einer Katheterintervention beitragen kann. Zu diesem Zweck wurde der Effekt unterschiedlicher Übungseinheiten auf physische und psychische Indikatoren von Stress während einer Katheterprozedur gemessen. Diese Übungseinheiten beinhalteten entweder Simulationstraining oder ein theoretisches Ausbildungsprogramm. Die erste Evaluation wurde dazu genutzt, das Basisstressniveau und die Ausgangsstresswerte der erhobenen Parameter eines jeden Probanden während der simulierten Intervention am pulsatilem Herzmodell (CoroSim) zu erfassen. Im Anschluss an diese Präevaluation erfolgte dann die randomisierte Gruppeneinteilung. Bei den zwei nachfolgenden Postevaluationen wurde überprüft, ob und wie sich die Stressparameter bei den Probanden der beiden Gruppen nach Simulationstraining bzw. theoretischem Ausbildungsprogramm veränderten.

Die im Rahmen unserer Studie eingesetzten Parameter (Herzfrequenzvariabilität, Speichelcortisol und PANAS) wurden bereits mehrfach zur Messung von Stress bei medizinischen Eingriffen eingesetzt. Eine Übersichtsarbeit zu diesen Studien bietet das Review von Arora et al., in dem insgesamt 660 Artikel zu dem Thema „effects of intra-operative stress on surgical performance“ zitiert werden. Das Review stellt dabei fest, dass Herzfrequenzvariabilität, Speichelcortisol und psychische Stressinventare zur Quantifizierung des Stressprofils bei Chirurgen geeignet sind (Arora et al. 2010).

Eine Vielzahl der hier zitierten Arbeiten zeigen, dass insbesondere laparoskopische Operationen hohe kognitive und motorische Anforderungen an den Untersucher stellen und das Potenzial besitzen, psychischen und physischen Stress hervorzurufen. Beispielsweise fand die Arbeitsgruppe um Hassan et al. in einer Studie bei 24 angehenden Allgemeinchirurgen heraus, dass mit steigendem Anforderungsgrad eines laparoskopischen Eingriffs und gleichzeitig nicht ausreichenden Bewältigungsstrategien (coping strategies) der psychische Stress des Untersuchers ansteigt und die Behandlungsqualität abnimmt. Hierbei wurde die Leistung der Probanden mit einem Fehlerscore bewertet und psychischer Stress mittels des SVF-78 Inventars¹ erhoben (Hassan et al. 2006).

In einer Arbeit von Böhm et al. konnte bei Allgemeinchirurgen gezeigt werden, dass die Herzfrequenzvariabilität bei einer laparoskopischen Operation abnimmt, was als Indikator für einen physischen Stress zu werten ist (Böhm et al. 2001).

Im Gegensatz hierzu gibt es nur wenige Studien, die den Untersucher-assoziierten Stress bei interventionellen Eingriffen in der Kardiologie untersucht haben. Eine erste Studie wurde bereits im Jahr 1983 veröffentlicht, in der bei insgesamt 10 interventionellen Kardiologen im Alter von 29-44 Jahren die Herzfrequenz während einer Untersuchung im Herzkatheterlabor gemessen wurde. Es zeigte sich, dass die mittleren und maximalen Herzfrequenzen der Probanden bei der Herzkatheterprozedur signifikant höher lagen als während der Stationsarbeit (Peters und Chadda 1983).

Zum Einfluss von Simulationstraining auf die Untersucher-assoziierte Stressbelastung bei der Durchführung medizinischer Prozeduren gibt es nur wenige Studien: So konnten Müller et al. belegen, dass schon ein eintägiges Training an einem *full-scale* Simulator zu einer relevanten Reduktion der Stressantwort bei sog. *Crew Resource Management* (CRM) -Training in der

¹Stressverarbeitungsbogen nach Janke et al. (Janke W et al. 2002)

Intensivmedizin führt. Die Studie bestand aus einem sechstägigen Simulationskurs, an dem insgesamt 32 Intensivmediziner teilnahmen. Physischer Stress wurde dabei durch Bestimmung von Cortisol und alpha-Amylase im Speichel bestimmt. Es zeigte sich, dass es nach einem Tag Training zu einem Abfall der physischen Stressreduktion während der Evaluation in 10-minütigen Test-Szenarios kam, welcher sich in einem signifikanten Abfall der gemessenen Stresshormone im Speichel widerspiegelte (Müller MP 2009).

In einer weiteren Arbeit wurde bei 20 chirurgischen Anfängern untersucht, ob Simulationstraining in Kombination mit einem mentalen Training Stress reduzieren und Leistungsfähigkeit steigern kann. Stress wurde mittels Fragebogen, Speichelcortisol und eine Herzfrequenzmessung quantifiziert. Nach Bestimmung des Basisstresslevels in einer Ausgangsevaluation wurden die Studienteilnehmer in eine sog. „Mental Practice“-Gruppe bzw. „Kontrollgruppe“ randomisiert. Im Gegensatz zur Kontrollgruppe erhielt die Mental Practice Gruppe ein psychisches Stressbewältigungstraining. Beide Gruppen erhielten zudem einen fünf-tägigen VR-Simulationskurs zum Thema „laparoskopische Cholezystektomie“. Bei der Mental Practice-Gruppe fiel nach dem Training der subjektive Parameter „psychischer Stress“ sowie die beiden objektiven Parameter Herzfrequenz und Speichelcortisol signifikant stärker ab als in der Kontrollgruppe. Gleichzeitig wies die Studie eine signifikant negative Korrelation zwischen Stress und der Untersucherqualität auf (Arora et al. 2011).

Inwieweit Simulationstraining auch zu einer Stressreduktion beim Untersucher während einer Intervention im Herzkatheterlabor führen kann, wurde bisher noch nicht untersucht.

7.2 Probandenkollektiv

Als Einschlusskriterium in unserer Studie war gefordert, dass die Probanden in ihrer bisherigen Ausbildung nicht mehr als 50 diagnostische Katheter und keine eigenständig absolvierte Intervention durchgeführt hatten. Die Personen des gewählten Probandenkollektivs waren somit als Anfänger im Bereich der interventionellen Kardiologie zu betrachten. Dieses Kollektiv ist die wichtigste Zielgruppe von Simulationskursen und VR-Simulationssystemen, denn vergangene Studien haben gezeigt, dass besonders Anfänger von Simulationstraining profitieren (Grantcharov et al. 2004; Taffinder et al. 1998; Gallagher et al. 1999; Ahlberg et al. 2007).

7.3 Diskussion der Ergebnisse aus der Präevaluation

Die Präevaluation sollte überprüfen, inwieweit die eigenständige Durchführung einer Intervention bei den Studienteilnehmern eine Stressreaktion auslösen kann. Da eine Randomisierung in die beiden Studiengruppen zu diesem Zeitpunkt noch nicht stattgefunden hatte, wurde hierfür das Gesamtkollektiv betrachtet. Die HRV-Messungen zeigten, dass der physische Stresslevel der Probanden erhöht war. Die durchschnittliche Herzfrequenz des Studienkollektivs betrug über die Dauer der Intervention im Mittel 106 Schläge/Minute (siehe Abb. 6.4). Die durchschnittliche maximale Herzfrequenz lag bei 120 Schlägen/Minute, wobei einige der Probanden in den ein-minütigen Messintervallen punktuell Höchstwerte von 200 Schlägen/Minute und noch darüber hinaus aufwiesen (siehe Tab 10.1). Die bei den Probanden gemessenen Frequenzen liegen damit in den von Peters et al. beschriebenen Frequenzbereichen bei interventionellen Kardiologen während einer realen Intervention (Peters und Chadda 1983). Die dabei z.T. extrem hohen Frequenzwerte einiger Probanden unserer Studie reichen sogar an einen

Bereich heran, der auch für Formel-1 Rennfahrer während eines Autorennens bestimmt wurde (Schwabberger 1987). Auch die Messung der Herzfrequenzvariabilität dokumentierte den Stress-Effekt, der durch die „Prüfungssituation“ induziert wurde. Der pNN50 betrug im Mittel 3,44% (siehe Abb. 6.5) und liegt damit deutlich unter dem von Mück-Weymann et al. ermittelten Referenzwert von 12,3 %. (Mück-Weymann 2001). Der niedrige pNN50 Wert bringt zum Ausdruck, dass der vagale Einfluss auf das Herz, bedingt durch eine verminderte parasymphatische Aktivität, während der Intervention bei den Probanden verringert war. Dagegen konnte der erhöhte Stress-Level mit Hilfe der Cortisol-Spiegelbestimmung nicht nachgewiesen werden (siehe Abb. 6.1). Dies könnte dadurch erklärt werden, dass der Parameter Speichelcortisol nicht sensitiv genug ist, um kurzfristige Stresseffekte zu detektieren (Alobid et al. 2011). Insgesamt lagen die Cortisolspiegel aller Probanden innerhalb der tageszeitabhängigen physiologischen Referenzbereiche (Kirschbaum und Hellhammer 1989). Hingegen konnte auch mit dem PANAS gezeigt werden, dass die Evaluationssituation bei den Probanden eine signifikante Stressreduktion auslöste. Zu Beginn der Präevaluation (t_1) lag der Wert für den negativen PANAS für das Gesamtkollektiv im Mittel bei 15,11 ($\pm 3,48$) Punkten. Nach der Präevaluation (t_2) ist der negative PANAS auf 16,67 ($\pm 3,40$) Punkte angestiegen. Die gemessenen Werte liegen damit in einem Bereich, die sowohl Watson et al. als auch Crawford et al. beschrieben, als sie untersuchten, inwieweit der PANAS in der Lage ist, Stress zu erfassen. Watson et al. bat hierfür 101 Studenten PANAS-Fragebögen bezüglich ihrer Stress- bzw. Stimmungslage auszufüllen. Der negative PANAS lag dabei in seinem Kollektiv bei 14,8 ($\pm 5,40$) Punkte. Dabei ergab sich, dass eine hohe positive Korrelation zwischen dem negativen PANAS und dem Stressaufkommen der Probanden bestand (Watson et al. 1988). Crawford et al. konnte darüber hinaus zeigen, dass dies nicht nur für ein Studentenkollektiv gilt, sondern auch auf eine größere Population übertragbar ist (Crawford JR 2004).

Der negative Affekt als Ausdruck für psychischen Stress nahm durch die Evaluationssituation signifikant zu ($p = 0,04$), der positive Affekt zeigte dagegen

keine signifikante Veränderung (siehe Abb.6.11) (siehe Kap. 3.1.2.3). Der negative PANAS ist vor allem als eine Zunahme der „negativen Aktiviertheit“ zu werten. Somit ist der NA auch in unserer Studie wie bereits in der Literatur beschrieben dem positiven PANAS überlegen, psychischen Stress zu detektieren (Schwarzer und Weber 2002). Das Ergebnis der Präevaluation macht nicht nur deutlich, dass die Probanden unmittelbar nach der Intervention durchschnittlich emotional gestresster waren als vor der Intervention, sondern bestätigt zudem, dass mit dem negativen PANAS ein Instrument zur Verfügung stand, welches tatsächlich in der Lage war, einen Anstieg des psychischen Stresses zu detektieren. Aus der kombinierten Betrachtung der physischen und psychischen Stressparameter kann geschlossen werden, dass die simulierte Intervention am CoroSim erheblichen Stress bei den Studienteilnehmern auslöste. Bereits die Studie von Müller et al. zeigte anhand der Evaluierung eines full-scale Simulators, dass Auszubildende während des Simulationstrainings nicht zwischen Realität und Simulation unterscheiden und deshalb auch hier eine Stresserhöhung beobachtet werden kann (Müller MP 2009). Dieser Umstand war auch in unserer Studie eine wichtige Voraussetzung, um eine potenzielle Stressreduktion durch VR-Simulationstraining bzw. theoretisches Training messen zu können, denn es war schon allein aus medizin-ethischer Sicht nicht vertretbar, die Evaluierung an echten Patienten durchzuführen.

Kernaussagen:

Anhand der Parameter Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität und negativer PANAS zeigte sich, dass in der Prä-Evaluationsphase ein erheblicher Anstieg des physischen bzw. psychischen Stressniveaus beim Studienkollektiv erreicht werden konnte. So fand sich eine deutlich erhöhte mittlere Herzfrequenz von 106+-14 Schläge/min. und eine reduzierte Herzfrequenzvariabilität als Hinweis auf eine verminderte parasympathische Aktivität (pNN50: 3,44 ± 3,88%). Auch die Ergebnisse des negativen PANAS (t_2 -NA: 16,67 ±3,40 Pkt.) sprechen für ein deutliches psychisches Stressniveau des Studienkollektivs während der Präevaluation.

7.4 Diskussion der Haupthypothese

1. Hypothese:

„VR-Simulationstraining führt zu stärkerer Stressreduktion als theoretisches Training.“

7.4.1 Interpretation der physischen Stressmessung

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden Effekte des Simulationstrainings und des theoretischen Trainings auf die Postevaluation E2 im Zwischengruppenvergleich untersucht. Für die physischen Stressparameter Cortisol, Herzfrequenz und pNN50 waren nach Trainingsphase 1 keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen nachzuweisen.

Für den Parameter t_1 -Cortisol (E2-E1), der den physischen Stress kurz vor Beginn einer Evaluation abbildet, zeigte sich, dass es in der Simulationsgruppe zu einem Abfall des Cortisolspiegels (-0,58 ng/ml) kam, wohingegen in der Kontrollgruppe ein Anstieg (+0,58 ng/ml) zu verzeichnen war (Abb.6.14).

Das t_2 -Cortisol und die Herzfrequenz, als Indikatoren des physischen Stresses während der Evaluation, deuteten tendenziell für beide Gruppen auf eine Reduktion des Stresslevels hin. Hier kam es sowohl für Gruppe S als auch für Gruppe K zu einem nicht-signifikanten Abfall des t_2 -Cortisols (Gr. S: -0,28 ng/ml; Gr. K: -0,43 ng/ml) und der mittleren Herzfrequenz (Gr. S: -3,83 Schläge/min.; Gr. K: -1,21 Schläge/min.), die allerdings immer noch im tachykarden Bereich lag (Abb. 6.15 und 6.16, siehe Tab.: 10.2). Lediglich für den pNN50 ergaben sich tendenzielle Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Im Gegensatz zur Gruppe K, wo der pNN50 Wert um 0,58 % abfiel, stieg dieser in der Gruppe S um 1,55 % an (Abb. 6.17), beide Veränderungen waren allerdings statistisch nicht signifikant. Die Auswertung des relativen

Cortisolwertes aus dem direkten Vergleich des t_1 - und t_2 -Cortisols innerhalb der Postevaluation E2 ergab für Gruppe S und K einen leichten, jedoch ebenfalls nicht signifikanten Cortisolanstieg von +0,72 ng/ml bzw. +0,22 ng/ml (Abb. 6.22).

Inwieweit ein einmalig absolviertes praktisches Simulationstraining zu einer Reduktion des physischen Stresslevels führen kann, muss in Folgestudien untersucht werden.

In der Zusammenschau der Parameter t_2 -Cortisol, Herzfrequenz und pNN50 ergibt sich das Bild, dass bei beiden Gruppen der physische Stresslevel während der Evaluation tendenziell abgesunken ist. Hierfür könnte es verschiedene Gründe geben: Es zeigte sich, dass Simulationstraining in der Lage ist, das physische Stressniveau schon nach der ersten Trainingsphase, wenn auch nicht signifikant, abzusenken. In der bereits erwähnten Studie von Arora et al., die die Effekte von VR-Simulationstraining in Kombination mit mentalem Training untersuchte, konnte gezeigt werden, dass es nach einem fünftägigen Training an einem laparoskopischen VR-Simulator zu einem signifikanten Abfall des Cortisolspiegels und der Herzfrequenz bei chirurgischen Assistenzärzten während der Evaluation am LapMentor kam (Arora et al. 2011). Dieser Effekt konnte jedoch in unserer Studie, die den Kurzeiteffekt von Simulationstraining evaluierte, nicht festgestellt werden.

Ein weiterer Faktor, der ebenso in beiden Gruppen zu einer Reduktion des physischen Stresses beigetragen haben kann, beruht auf der Tatsache, dass bereits in der zweiten Evaluation der Evaluationsablauf für jeden der Probanden bekannt war. Die persönliche Ungewissheit vor dem, was auf einen Proband während der Evaluation zukommt, kann in der Präevaluation als zusätzlicher Stressor gewirkt haben, jedoch schon in der Postevaluation weniger relevant gewesen sein. Ein „Gewöhnungsprozess“ könnte hier also zu einem ersten Abfall des Stresslevels beigetragen haben.

Dass jedoch auch in der Postevaluation die Intervention weiterhin eine erhöhte physische Belastung für die Probanden darstellte, zeigte der in beiden Gruppen

hohe, tendenziell ansteigende Cortisolspiegel während der Postevaluation E2 (Gr. A: +0,72 ng/ml; Gr. B: +0,22 ng/ml).

Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse muss die Hypothese 1 hinsichtlich des physischen Stresses verworfen werden.

7.4.2 Interpretation der psychischen Stressmessung:

Bezogen auf die Veränderung des psychischen Stresslevels wies der t_1 -NA keinen signifikanten Unterschied des negativen Affekts zwischen den beiden Gruppen auf. Der t_2 -NA zeigte jedoch für den negativen Affekt eine Verstärkung des bereits in der t_1 -NA Messung sich andeutenden Effekts. Während für die Gruppe S der t_2 -NA um -4,89 Punkte abfiel, stieg in Gruppe K dieser Wert um +2,22 Punkte an. Dieser statistische Unterschied resultierte in einem signifikanten Effekt in der durchgeführten ANOVA ($p = 0,0002$). Damit hat sich die Gruppe mit Simulationstraining in Richtung des Pols „positive Inaktiviertheit“ bewegt und im Gegensatz hierzu die Gruppe mit theoretischem Training weiter dem Pol „negative Aktiviertheit“ angenähert.

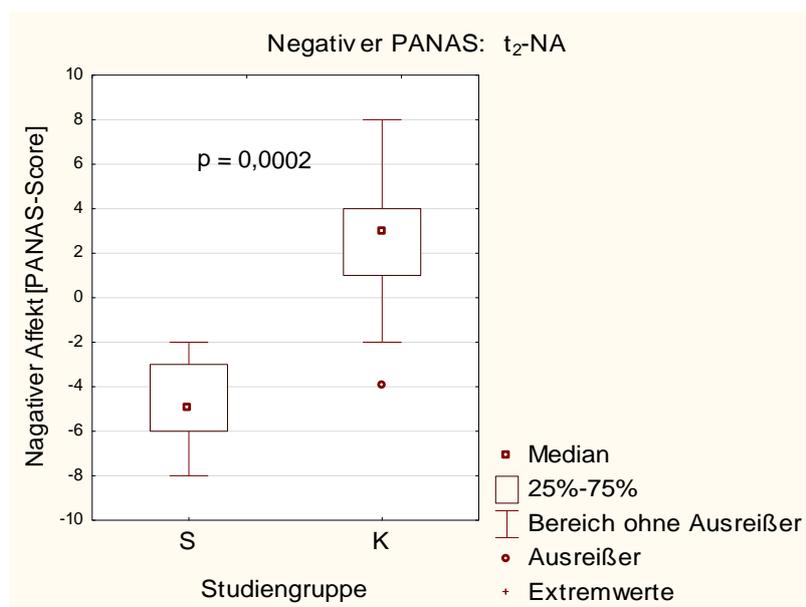


Abb. 7.1: Signifikanter Unterschied zwischen Gruppe S und K für den t_2 -NA (E2-E1): $p = 0,0002$

Somit zeigten die Gruppen ein konträr zueinander stehendes Verhalten bezüglich der Veränderung des psychischen Stresslevels.

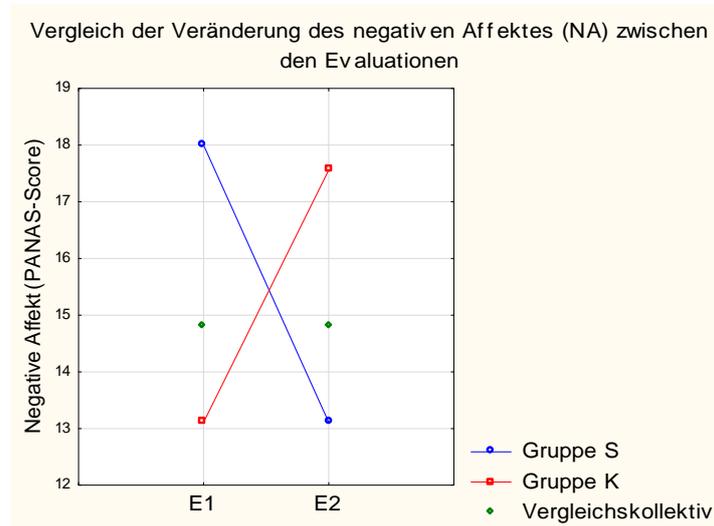


Abb. 7.2: Vergleich der absoluten Mittelwerte bezüglich der Veränderung des negativen Affektes (NA) zwischen den Studiengruppen (Vergleichskollektiv: Studienkollektiv von Watson et al.)

Darüber hinaus zeigte der direkte Vergleich des t_1 - und t_2 -Wertes innerhalb der Postevaluation E2 ebenfalls einen Abfall des negativen Affektes um -2,00 Punkte in Gruppe S und einen Anstieg um +3,33 Punkte in Gruppe K.

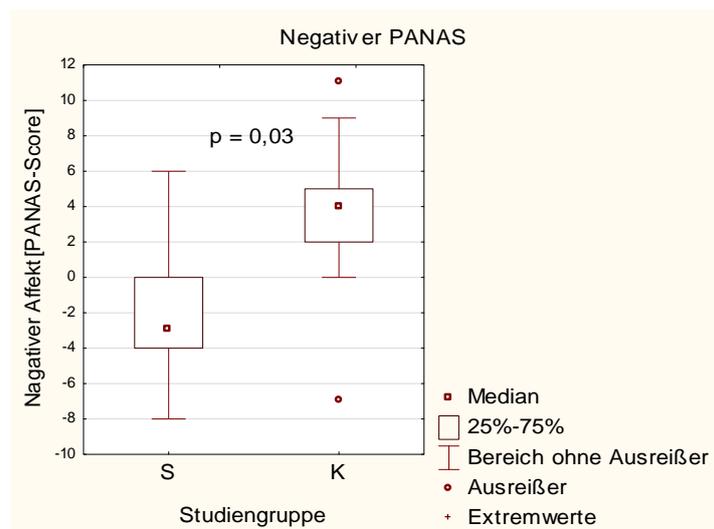


Abb. 7.3: Signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen S und K für den negativen Affekt NA (E2: t_2 , t_1)

Dies bedeutete, dass die Probanden signifikant weniger psychischen Stress nach Simulationstraining hatten als die Probanden nach theoretischem Training ($p = 0,03$). Auch hier haben sich somit die Gruppen den unterschiedlichen Polen des negativen Affekts angenähert und als Resultat sich signifikant voneinander entfernt.

Die Ergebnisse des negativen PANAS lassen die Interpretation zu, dass das Simulationstraining das psychische Stressniveau während der Evaluation vermindert. Dabei hatte möglicherweise das intensive praktische Interventionstraining am Simulator dazu geführt, dass die Probanden der Gruppe S nicht nur mit vermindertem psychischen Stresslevel in die Postevaluation hineingingen, sondern darüber hinaus auch im Verlauf der Evaluation ihren psychischen Stress weiter signifikant gegenüber den Probanden der Gruppe K reduzieren konnten. Dies führte letztendlich zu einem signifikant niedrigeren negativen Affekt am Ende der Simulation. Im Gegensatz dazu scheint das theoretische Training für sich die Nervosität und den psychischen Stress der Probanden zu erhöhen, wenn es darum geht, das theoretisch erworbene Wissen auch praktisch anzuwenden. Interessant in diesem Zusammenhang ist hier auch der Vergleich des physischen und psychischen Stresses der Kontrollgruppe. Obwohl für den physischen Stress in der Tendenz ein Abfall der Stressparameter in der Postevaluation zu verzeichnen war, gaben die Probanden im Anschluss ein verstärktes subjektives Stressempfinden an. Eine Erklärung für dieses unterschiedliche Verhalten von physischem und psychischem Stress könnte möglicherweise sein, dass es einerseits auf Grund des „Gewöhnungseffekts“ zu einer Absenkung des physischen Stresses bei den Probanden kam und andererseits der subjektive Eindruck, während der Evaluation die erlernte Theorie nicht entsprechend in die Praxis umsetzen zu können, Unzufriedenheit bei den Probanden auslöste und als Konsequenz einen erhöhten emotionalen Stress zur Folge hatte.

Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse aus der Auswertung der physischen Stressparameter darf die Hypothese 1 hinsichtlich des psychischen Stress angenommen werden.

Kernaussagen:

Auf Grund der Ergebnisse aus der physischen Stressmessung muss die Hypothese 1 („VR-Simulationstraining führt zu stärkerer Stressreduktion als theoretisches Training.“) verworfen werden. Alle gemessenen Parameter zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe mit Simulationstraining und der Gruppe mit theoretischem Training. Simulationstraining führte hier nicht zu einer stärkeren physischen Stressreduktion als theoretisches Training.

Hinsichtlich des psychischen Stress konnte unsere Studie zeigen, dass die Hypothese 1 angenommen werden darf. Der t_2 -NA, der durch den psychischen Stress während der Evaluation beeinflusst wird, zeigte einen signifikanten Abfall des negativen Affekts in der Gruppe mit Simulationstraining und einen Anstieg des negativen Affekts in der Gruppe mit theoretischem Training. Somit führte Simulationstraining zu einer signifikanten Stressreduktion ($p = 0,0002$).

7.5 Interpretation der Nebenhypothesen

7.5.1 2. Hypothese:

„Das Kombinationstraining, bestehend aus zunächst Theorie und anschließender Simulation, führt zu einer stärkeren Stressreduktion als ausschließliches theoretisches Training.“

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde im Zeitreihenvergleich die Postevaluation nach theoretischem Training E2 mit der Postevaluation nach Kombinationstraining E3 innerhalb der Gruppe K verglichen. Es zeigte sich, dass die Ergebnisse dieses internen Gruppenvergleichs die Erkenntnisse aus der Haupthypothesentestung stützen. Es ergab sich ein signifikanter Unterschied für den t_2 -NA mit einem Abfall des negativen Affekts nach dem Simulationstraining ($p = 0,0015$).

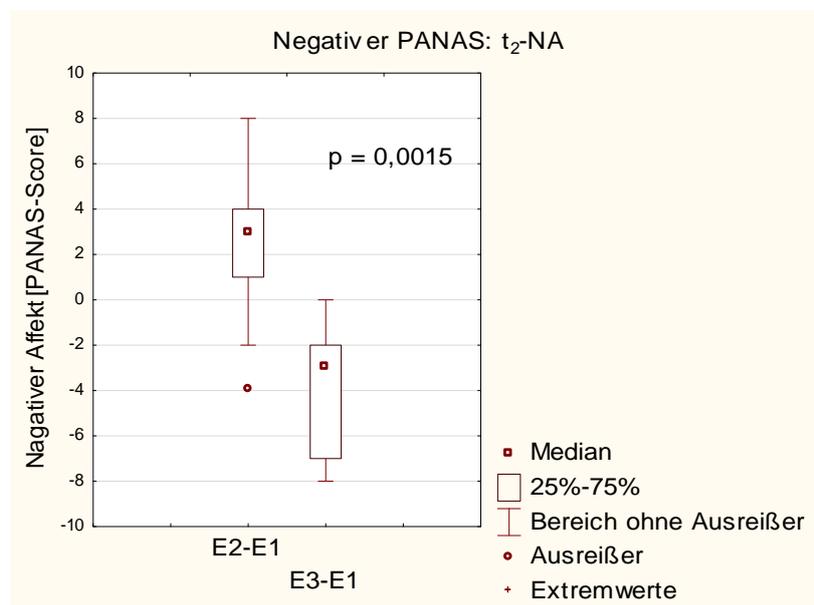


Abb. 7.4: Signifikanter t_2 -NA im Zeitreihenvergleich der Gruppe K ($p = 0,0015$)

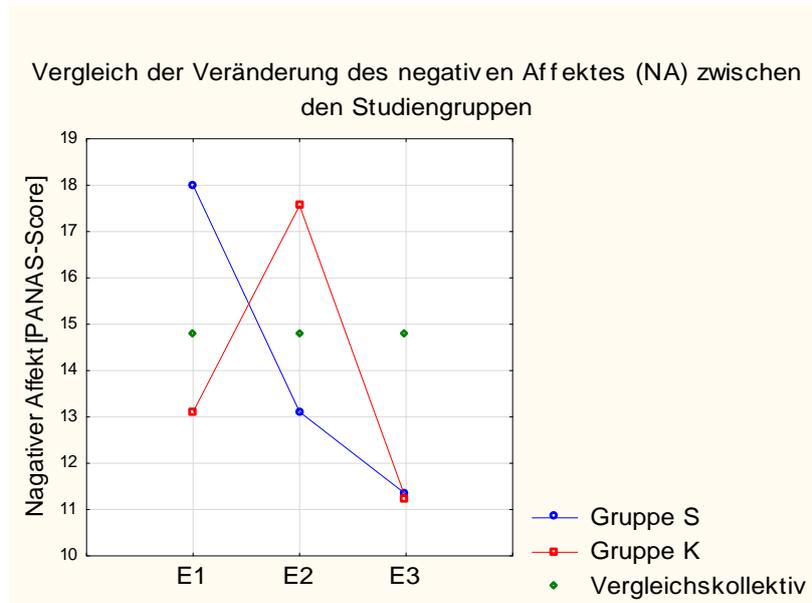


Abb. 7.5: Vergleich der absoluten Mittelwerte bezüglich der Veränderung des negativen Affektes (NA) zwischen den Studiengruppen (Vergleichskollektiv: Studienkollektiv von Watson et al.)

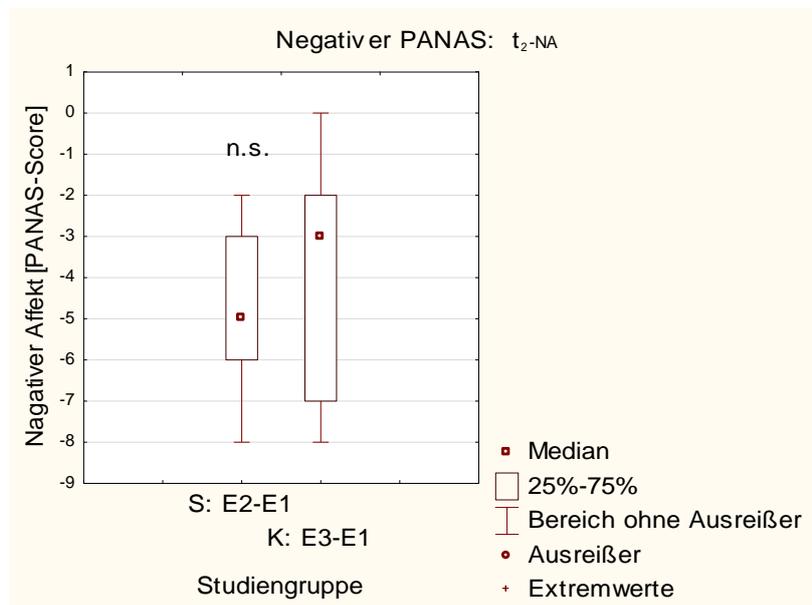
Bezogen auf die Ergebnisse der psychischen Stressmessung kann auf Grund des signifikanten t_2 -NA die Hypothese 2 angenommen werden. Der psychische Stress wurde hier nach erfolgtem Kombinationstraining signifikant stärker reduziert als nach dem theoretischen Training.

7.5.2 3. Hypothese:

„Ein Kombinationstraining, bestehend aus zunächst Theorie und anschließender Simulation, führt zu stärkerer Stressreduktion als ausschließliches Simulationstraining.“

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde im Zwischengruppenvergleich die Evaluation der Gruppe S nach Simulationstraining E2 mit der Evaluation der Gruppe K nach Simulationstraining E3 verglichen.

Die Veränderungen des negativen Affekts zeigten diesmal keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den Gruppen auf. Dies lässt darauf schließen, dass nachdem beide Gruppen Simulationstraining erhalten hatten, sowohl in Gruppe S als auch in Gruppe K der psychische Stress abgesunken ist.



7.6: Nicht signifikanter Unterschied nach Simulationstraining der Gruppe S und Kombinationstraining der Gruppe K

Folglich muss die Hypothese 3 für den psychischen Stress verworfen werden. Das Kombinationstraining hat nicht zu einer stärkeren Stressreduktion als Simulationstraining alleine geführt.

Kernaussagen:

Die Nebenhypothesen bestätigen das bereits in der Haupthypothese formulierte Ergebnis, dass der psychische Stress durch Simulationstraining gesenkt wurde, während theoretisches Training hingegen keinen zusätzlichen Einfluss hierauf hatte.

7.6 Literaturdiskussion.

Für verschiedene medizinische Fachdisziplinen konnte in Studien der Nachweis erbracht werden, dass die hohe Arbeitsbelastung in der Medizin zu verstärktem physischen und psychischen Stress führt (Ramirez et al. 1996; Payne et al. 1984; Johnson et al. 1993). Vor allem Chirurgen und invasive Kardiologen sind hiervon besonders betroffen (Payne und Rick 1986; Beller GA. 2001). Mehrstündige operative Eingriffe und Interventionen, die sowohl eine hohe körperliche Belastung darstellen als auch ein verstärktes Konzentrationsvermögen erforderlich machen, gelten als Auslöser für ein erhöhtes Stresslevel (Bunch et al. 1992). Weiterhin konnte Peters et al. zeigen, dass die durchschnittliche und maximale Herzfrequenz während einer Intervention bei Kardiologen signifikant ansteigt (Peters und Chadda 1983).

Eine weitere Studie, die Stress im Herzkatheterlabor untersuchte, stammt aus dem Jahr 2006. Die Arbeitsgruppe um Detling et al. hatte damals Untersucherstress von interventionellen Kardiologen in Abhängigkeit von der ihnen obliegenden Verantwortung untersucht. Da man davon ausging, dass Aufgaben mit fehlender Eigenkontrolle besonders stressauslösend sind, wurde der Stress des interventionellen Kardiologen in der Rolle des „Ausbilders“ mit dem Stress in der Rolle des „eigenverantwortlichen Erstuntersuchers“ verglichen. Die Studie umfasste neun Studienteilnehmer, von denen jeder sieben Katheterprozeduren durchführen musste. Während drei dieser Eingriffe selbstständig durchgeführt wurden, erfolgten die restlichen vier Prozeduren in „Ausbildungsfunktion“. Der physische Stress wurde mithilfe von Herzfrequenz bzw. Speichelcortisol gemessen und psychischer Stress mittels Fragebogen bestimmt. Im Ergebnis zeigte sich für den physischen Stress kein signifikanter Unterschied zwischen dem Herzkathetereingriff der „eigenverantwortlich“ bzw. in der Rolle des „Ausbilders“ durchgeführt wurde. Jedoch ergab sich ein Unterschied für den psychischen Stress von interventionellen Kardiologen, der signifikant höher war, wenn diese als Ausbilder nicht die direkte Kontrolle über den Eingriff hatten. In einer zusätzlichen Analyse der Daten zeigte sich, dass

weniger erfahrene Untersucher gegenüber interventionellen Kardiologen mit langjähriger Berufserfahrung höhere Messwerte hinsichtlich des physischen und psychischen Stresses hatten (Detling et al. 2006). Ähnliche Ergebnisse fanden sich auch in Studien von Lazarus et al. und Becker et al., die zeigen konnten, dass die Herzfrequenzen von Berufsanfängern im OP signifikant höher lagen als die von erfahrenen Kollegen. Beide Studien postulierten jedoch zunächst, dass die beobachtete Frequenzerhöhung ausschließlich auf den verstärkten physischen Stress zurückzuführen sei. Ihrer Meinung nach waren die Rahmenbedingungen, wie langes Stehen und die Durchführung von anspruchsvollen Aufgaben unter intensivem OP-Licht, der ausschlaggebende Faktor für die Herzfrequenzerhöhung (Becker et al. 1983; Lazarus und Weis 1977). Die Studie von Payne et al. gab dann Hinweise darauf, dass nicht nur physischer Stress ausschlaggebend für eine intraoperative Frequenzerhöhung bei Chirurgen ist, sondern darüber hinaus auch psychischer Stress als Ursache für eine Frequenzerhöhung angenommen werden kann. In dieser Studie bei insgesamt acht Chirurgen kam es zu signifikanten Herzfrequenzerhöhungen an Operationszeitpunkten, die nicht mit zusätzlichen physischen Stressoren assoziiert waren. Die durchschnittlich gemessene Herzfrequenz lag in der Studie bei über 100 Schlägen/Minute (Payne und Rick 1986).

Auch in unserer Studie zeigten sich die physischen und psychischen Stressparameter während der Baseline-Stressmessung erhöht. Die mittlere Herzfrequenz war bei allen untersuchten Probanden deutlich erhöht (Gruppe K: 103 Schläge/min; Gruppe S: 108 Schläge/min). Der fehlende Frequenzabfall trotz stattgehabtem Simulationstraining könnte dadurch bedingt sein, dass es sich bei unserem Kollektiv um Anfänger in der interventionellen Kardiologie handelte, für die die Abschluss-Evaluation ebenfalls noch eine hohe Stressbelastung darstellte.

Die Frage, ob Stress grundsätzlich die Leistung einer Person positiv oder negativ beeinflusst, ist nicht eindeutig geklärt. Der bereits in Kap. 3.1.1 besprochenen Eustress und Distress-Theorie von Selye folgend, besteht Stress in der Tat aus mehreren Komponenten und kann sowohl positive als

auch negative Effekte für sich beanspruchen (Le Fevre et al. 2003). Beispielsweise fand einerseits die Arbeitsgruppe um Smith et al. anhand eines psychischen Stressfragebogens heraus, dass die Performance einer endotrachealen Absaugung mit Höhe des Stresslevels beim Pflegepersonal abfiel (Smith et al. 2001). Andererseits postuliert eine Studie von Schuetz et al., die den Stressreaktionsablauf bei Chirurgen an einem laparoskopischen VR-Simulator untersuchte, dass eine erhöhte Sympathikusaktivität, als Ausdruck von Stress, zu einer besseren Untersucherleistung führen kann (Schuetz et al. 2008). Das von dem Endokrinologen Hans Selye beschriebene Stress-Modell könnte also eine Erklärung dafür sein, warum nach dem Training sich das physische Stresslevel nicht zwischen den Gruppen unterschied, es dennoch aber zu einer signifikanten Separierung der Gruppen hinsichtlich des psychischen Stresses kam. Alle Probanden hatten während der Intervention ein erhöhtes physisches Stressniveau. Dennoch scheint der Stress in den beiden Studiengruppen von den Probanden unterschiedlich wahrgenommen worden zu sein. Möglicherweise hat also die Simulationsgruppe die zweite Evaluation stärker als Eustress und die Kontrollgruppe eher als Disstress empfunden. Der wesentliche Unterschied, weshalb man diesen physischen Stress der Gruppe S als Eustress und der Gruppe K als Disstress auslegen kann, ergibt sich hier aus der gemeinsamen Betrachtung von physischem und psychischem Stress. Denn um die Frage beantworten zu können, inwiefern Simulationstraining und theoretisches Training unterschiedliche Stressreaktionen bei den Studienteilnehmern provozierte, sind interindividuelle Unterschiede der Probanden im Hinblick auf das psychische Stresserleben entscheidend. Folgt man dem eingangs erwähnten transaktionalen Stressmodell nach Lazarus (siehe Kap. 3.1.1) sind die zwei Komponenten aus Bewertung eines Stressors (*cognitive appraisal*) sowie die Bewältigung einer Stresssituation (*coping*) für das Auftreten von Stress bei einem Probanden verantwortlich. Durch das Simulationstraining wurden den Studienteilnehmern Kathetertechniken zur Bewältigung einer Interventionsaufgabe an die Hand gegeben (*coping strategy*), die wiederum dazu beitragen, dass eine Neubewertung des Stressors (*cognitive*

appraisal) erfolgte und somit die Intervention subjektiv als „weniger stressig“ empfunden wurde.

Es ist anzunehmen, dass sich die Probanden durch das praktische Training besser auf die Intervention vorbereitet fühlten, so dass sie selbst mit ihrer Leistung im Vergleich zur Präevaluation zufriedener waren. In der Folge werteten diese die Intervention als weniger psychisch belastend. Somit entspricht der beobachtete erhöhte physische Stress in der Simulationsgruppe dem sog. Eustress. Hingegen ist der Anstieg des psychischen Stresses in der Kontrollgruppe nach theoretischem Training Ausdruck von Distress. Die Probanden waren möglicherweise nach dem Training verunsicherter und unzufrieden darüber, dass sie die erlernte Theorie nicht unmittelbar in die Praxis umsetzen konnten, was zur Folge hatte, dass die zweite im Vergleich zur ersten Intervention als psychisch stressiger bewertet wurde.

Die Aussage, dass die Probanden tatsächlich auf Grund der subjektiven Einschätzung ihrer Leistung weniger oder mehr psychisch gestresst im Vergleich zur Präevaluation waren, wird dadurch erhärtet, dass auch die objektive Bewertung der Untersucherqualität (siehe Dissertation N. Petri) eine signifikante Verbesserung der Simulationsgruppe gegenüber der Theoriegruppe ergab. Diese Erkenntnis wird auch durch die Ergebnisse der Arbeitsgruppe um Hassan et al. gestützt, der für eine Studie am laparoskopischen VR-Simulator einen Zusammenhang zwischen negativem stress-coping und schlechterer Untersucherqualität (Performance) nachweisen konnte (Maschuw et al. 2010; Hassan et al. 2006).

Ebenso stützt die zusätzliche Auswertung der Nebenhypothesen diese Aussage, da auch in Gruppe K der negative PANAS nach dem Simulationstraining im Vergleich zum vorherigen theoretischen Training signifikant absank.

Es bleibt die Frage, warum sich keine Veränderungen der Cortisolspiegel zwischen den Gruppen nach dem Training ergaben. Eine Studie der Arbeitsgruppe Alobid et al. aus dem Jahr 2011 postuliert, dass es während

Operationen bei Chirurgen zwar zu einer Erhöhung der Herzfrequenz und des psychischen Stresses kommt, allerdings eine Veränderung von endokrinologischen Markern (z.B. Cortisol) nicht beobachtet werden kann (Alobid et al. 2011). Dies wird damit begründet, dass die SNN-Achse sensitiver und schneller auf Stressveränderungen als die HHN-Achse reagiert (Inder et al. 2012; Törnhaage 2009). Insofern könnten diese Ergebnisse eine Erklärung dafür sein, warum hinsichtlich der Cortisolmessung in unserer Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Studiengruppen festzustellen waren.

Kernaussagen:

Die aktuelle Studie konnte zeigen, dass Simulationstraining den erhöhten physischen Stressparameter „Herzfrequenz“ nicht vermindert, allerdings den psychischen Stressparameter „negativer PANAS“ deutlich reduziert. Die Reduktion des psychischen Stresses wird ermöglicht durch ein durch das Simulationstraining verbessertes „coping“ (Erlernen von neuen Kathetertechniken) und ein daraus resultierendes positiveres „cognitive appraisal“ (Neubewertung des Stressors).

Somit kann Simulationstraining einen Beitrag dazu leisten, den untersucherabhängigen Stress bei angehenden interventionellen Kardiologen zu reduzieren.

8 Limitationen der Studie

(1) **Geringe Stichprobengröße:**

Bedingt durch die Vorgaben der Einschlusskriterien, stand nur eine begrenzte Auswahl an potenziellen Probanden für die Studie zur Verfügung. Auch aufgrund des aufwendigen und kostenintensiven Studiendesigns und der Tatsache, dass ein Herzkatheterlabor außerhalb des normalen Klinikbetriebs für die Studie zur Verfügung stehen musste, hatte zur Folge, dass die Teilnehmerzahl beschränkt werden musste.

(2) **Fehlendes Ausgangsstresslevel:**

Aus zeitlichen Gründen erfolgte bei keinem der Probanden eine Messung der Stressparameter in einer Ruhephase, was die Interpretation der Messwerte erschwerte.

(3) **Eingeschränkt verwertbare stratifizierte Randomisierung:**

Die stratifizierte Randomisierung erfolgte nicht unter Berücksichtigung des individuellen Ausgangsstresslevels der Probanden, sondern auf der Basis ihrer kathetertechnischen Fertigkeiten.

(4) **Fehlerhafte Speichelcortisolproben:**

Manche Probanden waren während der Studie nicht in der Lage, eine ausreichende Speichelmenge abzugeben, was die Aussagekraft der entsprechenden Cortisolproben einschränkte.

9 Zukunftsperspektiven

Diese Studie konnte erstmalig zeigen, dass Simulationstraining den bei einer PCI auftretenden psychischen Stress bei angehenden interventionellen Kardiologen reduziert.

Ziel zukünftiger Studien sollte es sein, nicht nur den Kurzzeiteffekt von eintägigem Simulationstraining zu überprüfen, sondern auch die Stressentwicklung in Folge von Langzeittraining mit VR-Simulatoren zu untersuchen. Hierfür müsste die Stressantwort angehender interventioneller Kardiologen während ihrer gesamten Trainingsphase in regelmäßigen Abständen überprüft werden.

Inwieweit ein Zusammenhang zwischen dem individuellen Leistungsfortschritt (Lernkurve) und der jeweiligen Stressantwort besteht, sollte Gegenstand weiterer Studien sein.

Abschließend sollte der Frage nachgegangen werden, inwieweit die beobachtete Stressreduktion während einer Intervention am Simulator auf die Durchführung einer Intervention am Patienten übertragbar ist.

Diese Folgestudien könnten einen Beitrag dazu leisten, zukünftig VR-Simulationstraining als festen Bestandteil in der Ausbildung interventioneller Kardiologen weiter zu implementieren.

10 Zusammenfassung

Angehende interventionelle Kardiologen sind insbesondere während einer perkutanen Koronarintervention hohen psychischen und physischen Belastungen ausgesetzt. Ziel dieser Arbeit war es zu überprüfen, inwieweit Simulationstraining diese Stressantwort reduzieren kann.

Im Rahmen einer stratifiziert randomisierten Studie wurde der Effekt von Virtual-Reality (VR)-Simulationstraining auf physischen bzw. psychischen Stress bei angehenden interventionellen Kardiologen untersucht. Hierzu wurden 18 Studienteilnehmer/Innen rekrutiert, die bisher noch keine Erfahrung in der Durchführung einer perkutanen Koronarintervention aufwiesen. Die Simulationsgruppe (S, n=9) erhielt ein 7 ½ stündiges Interventionstraining an drei VR-Simulatoren: CathLab VR (CAE), Angio Mentor Express (Symbionix), VIST-C (Mentice), die Kontrollgruppe (K, n=9) ein theoretisches Ausbildungsprogramm. Die Prä- und Postevaluation aller Probanden fand an einem pulsatilen Herzmodell im Katheterlabor statt (CoroSim™, Mecora). Hierbei wurde der individuelle Stresslevel jedes Probanden bestimmt. Hierzu wurde zum einen der physische Stress über eine Messung des Speichelcortisols und der Herzfrequenz quantifiziert und zum anderen psychischer Stress mittels des PANAS-Fragebogens bestimmt (PANAS-Score erhoben durch fünf-stufige Likert-Skala).

Zwischen den Studiengruppen fand sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des physischen Stresslevels. Im Hinblick auf das psychische Stressniveau zeigte sich nach dem Training hingegen ein signifikanter Unterschied zwischen den Studiengruppen: Während der negative Affekt in der Kontrollgruppe anstieg, wies die Simulationsgruppe im Vergleich hierzu einen signifikanten Abfall dieses Parameters auf ($F_{(1, 16)}=5,58$ $p=0,03$, ANOVA mit Messwiederholung, Faktoren: Studiengruppe x Messzeitpunkt).

Somit konnte gezeigt werden, dass Simulationstraining bei angehenden interventionellen Kardiologen die psychische Stressantwort während einer Intervention reduziert.

11 Literaturverzeichnis

- Abele-Brehm, A. & Brehm W. (1986): Zur Konzeptualisierung und Messung von Befindlichkeit. In: *Diagnostica* (32), S. 209–228.
- Aggarwal, Rajesh; Ward, Jonnie; Balasundaram, Indran; Sains, Parvinderpal; Athanasiou, Thanos; Darzi, Ara (2007): Proving the effectiveness of virtual reality simulation for training in laparoscopic surgery. In: *Ann. Surg* 246 (5), S. 771–779.
- Ahlberg, Gunnar; Enochsson, Lars; Gallagher, Anthony G.; Hedman, Leif; Hogman, Christian; McClusky, David A. et al. (2007): Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. In: *Am. J. Surg* 193 (6), S. 797–804.
- Alobid, Isam; Pablo, Juan de; Mullol, Joaquim; Centellas, Silvia; Parramon, Gemma; Carrasco, Javier et al. (2011): Increased cardiovascular and anxiety outcomes but not endocrine biomarkers of stress during performance of endoscopic sinus surgery: a pilot study among novice surgeons. In: *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg* 137 (5), S. 487–492.
- Arora, Sonal; Aggarwal, Rajesh; Moran, Aidan; Sirimanna, Pramudith; Crochet, Patrice; Darzi, Ara et al. (2011): Mental practice: effective stress management training for novice surgeons. In: *J. Am. Coll. Surg* 212 (2), S. 225–233.
- Arora, Sonal; Sevdalis, Nick; Nestel, Debra; Woloshynowych, Maria; Darzi, Ara; Kneebone, Roger (2010): The impact of stress on surgical performance: a systematic review of the literature. In: *Surgery* 147 (3), S. 318-30, 330.e1-6.
- Aubert, André E.; Seps, Bert; Beckers, Frank (2003): Heart Rate Variability in Athletes. In: *Sports Medicine* (33 (12)), S. 889–919.
- Ball, Chad G.; Kirkpatrick, Andrew W.; Feliciano, David V.; Reznick, Richard; McSwain, Norman E. (2008): Surgeons and astronauts: so close, yet so far apart. In: *Can J Surg* 51 (4), S. 247–250.
- Becker, W. G.; Ellis, H.; Goldsmith, R.; Kaye, A. M. (1983): Heart rates of surgeons in theatre. In: *Ergonomics* 26 (8), S. 803–807.
- Beller GA. (2001): President's page: cardiologists under stress: the response of the American College of Cardiology. In: *J Am Coll Cardiol.* (37 (4)), S. 1155–1157.
- Böhm, B.; Rötting, N.; Schwenk, W.; Grebe, S.; Mansmann, U. (2001): A prospective randomized trial on heart rate variability of the surgical team during laparoscopic and conventional sigmoid resection. In: *Arch Surg* 136 (3), S. 305–310.
- Bunch, W. H.; Dvonch, V. M.; Storr, C. L.; Baldwin, D. C.; Hughes, P. H. (1992): The stresses of the surgical residency. In: *J. Surg. Res* 53 (3), S. 268–271.
- Cohen, J.; Cohen, S. A.; Vora, K. C.; Xue, X.; Burdick, J. S.; Bank, S. et al. (2006): Multicenter, randomized, controlled trial of virtual-reality. In: *Gastrointestinal endoscopy* 64 (3), S. 361–368.

- Colt, H. G.; Crawford, S. W.; Galbraith, O. 3rd (2001): Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. In: *Chest* 120 (4), S. 1333–1339.
- Crawford JR, Henry J. D. (2004): The positive and negative affect schedule (PANAS): construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample. In: *Br J Clin Psychol.* (43(Pt 3)), S. 245–265.
- Dawson, S. L.; Cotin, S.; Meglan, D.; Shaffer, D. W.; Ferrell, M. A. (2000): Designing a computer-based simulator for interventional cardiology training. In: *Catheter Cardiovasc Interv* 51 (4), S. 522–527.
- Detling, Nicole; Smith, Aynsley; Nishimura, Rick; Keller, Shelly; Martinez, Matthew; Young, William; Holmes, David (2006): Psychophysiologic responses of invasive cardiologists in an academic catheterization laboratory. In: *Am. Heart J* 151 (2), S. 522–528.
- DGK (2010): Qualitätskriterien und Inhalte (QI) für DGK-Simulationskurse in der interventionellen Kardiologie. Online verfügbar unter www.agikintervention.de.
- Eller-Berndl, D. (2010): Herzzratenvariabilität: Verlagshaus der Ärzte. ISBN-10: 3902552689
- F. van Buuren (2010): Bericht über die Leistungszahlen der Herzkatheterlabore in der Bundesrepublik Deutschland. Performance figures of invasive cardiology in Germany 2008 focussing on coronary artery disease. In: *Kardiologe* (4), S. 502–508.
- Ferlitsch, A.; Glauninger, P.; Gupper, A.; Schillinger, M.; Haefner, M.; Gangl A; Schoefl, R. (2002): Evaluation of a virtual endoscopy simulator for training in gastrointestinal endoscopy. In: *Endoscopy* 34 (9), S. 698–702.
- Fox K., Bradbury K. Curran I. (08/2011): Working group report on simulation based learning. British Cardiovascular Society.
- Franke GH., Jagla M. Salewski C. Jäger S. (2007): Psychologisch-diagnostische Verfahren zur Erfassung von Stress und Krankheitsbewältigung im deutschsprachigen Raum. In: *Z Med Psych* (16), S. 41–55.
- Gallagher, A. G.; McClure, N.; McGuigan, J.; Crothers, I.; Browning, J. (1999): Virtual reality training in laparoscopic surgery: a preliminary assessment of minimally invasive surgical trainer virtual reality (MIST VR). In: *Endoscopy* 31 (4), S. 310–313.
- Gallagher, Anthony G.; Cates, Christopher U. (2004): Virtual reality training for the operating room and cardiac catheterisation laboratory. In: *Lancet* 364 (9444), S. 1538–1540.
- Gleichmann U, Mannebach H. Lichtlen P. (1985): Erster Bericht über Struktur und Leistungsfähigkeit der Herzkatheterlabore in der Bundesrepublik Deutschland. Umfrage der Kommission für Klinische Kardiologie der Deutschen Gesellschaft für Herz- und Kreislaufforschung über die Jahre 1979 bis 1981. In: *Z Kardiol* (74), S. 489–493.
- Gould, D. A.; Reekers, J. A. (2008): The role of simulation in training endovascular interventions. In: *Eur J Vasc Endovasc Surg* 35 (6), S. 633–636.

Grantcharov, T. P.; Kristiansen, V. B.; Bendix, J.; Bardram, L.; Rosenberg, J.; Funch-Jensen, P. (2004): Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. In: *Br J Surg* 91 (2), S. 146–150.

Gross, J. H. (2011): *Mass Spectrometry. A Textbook.* 2. Aufl. New York: Springer. ISBN-10: 3642107095

Gurusamy K, Aggarwal R. Palanivelu L. Davidson BR (2008): Systematic review of randomized controlled trials on the effectiveness of virtual reality training for laparoscopic surgery. In: *Br J Surg.* (95 (9)), S. 1088–1097.

Hamm, A. O. & Vaitl D. (1993): Emotionsinduktion durch visuelle Reize: Validierung einer Stimulationsmethode auf drei Reaktionsebenen. In: *Psychologische Rundschau* (44), S. 143–161.

Hassan, I.; Weyers, P.; Maschuw, K.; Dick, B.; Gerdes, B.; Rothmund, M.; Zielke, A. (2006): Negative stress-coping strategies among novices in surgery correlate with poor virtual laparoscopic performance. In: *Br J Surg* 93 (12), S. 1554–1559.

Holaday, J. W.; Martinez, H. M.; Natelson, B. H. (1977): Synchronized ultradian cortisol rhythms in monkeys: persistence during corticotropin infusion. In: *Science* 198 (4312), S. 56–58.

Horstkotte, Dieter; Wiemer, Marcus; van Buuren, Frank (2011): Performance figures of invasive cardiology in Germany 2006 and 2007 focussing on coronary artery disease. In: *Clin Res Cardiol* 100 (3), S. 187–190.

Inder, Warrick J.; Dimeski, Goce; Russell, Anthony (2012): Measurement of salivary cortisol in 2012 - laboratory techniques and clinical indications. In: *Clin. Endocrinol. (Oxf)* 77 (5), S. 645–651.

Janke W, Erdmann G. Kallus KW (2002): Stressverarbeitungsfragebogen SVF mit SVF 120 und SVF 78. *Manual (3., erweiterte Auflage)*. Verlag: Hogrefe, Göttingen

Johnson, J. T.; Wagner, R. L.; Rueger, R. M.; Goepfert, H. (1993): Professional burnout among head and neck surgeons: results of a survey. In: *Head Neck* 15 (6), S. 557–560.

Jönsson BA, Malmberg B. Amilon A. Helene Garde A. Orbaek P. (2003): Determination of cortisol in human saliva using liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. In: *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci.* (784 (1)), S. 63–68.

Kalsaria, Pratik; Li, Hongtao; Waite, Gabi N.; Moga, Margaret M.; Kingsley, Derek J.; Geib, Roy W. (2012): Acute effects of tai chi exercise on cardiac autonomic function in healthy adults with tai chi experience. In: *Biomed Sci Instrum* 48, S. 226–231.

Kang, Minsoo; Ragan, Brian G.; Park, Jae-Hyeon (2008): Issues in outcomes research: an overview of randomization techniques for clinical trials. In: *J Athl Train* 43 (2), S. 215–221.

- Karasek, R.; Theorell, T. (1990): *Healthy work. Stress, Productivity and the Reconstruction of working life*. New York: Basic Books.
- Kirschbaum, C.; Hellhammer, D. H. (1989): Salivary cortisol in psychobiological research: an overview. In: *Neuropsychobiology* 22 (3), S. 150–169.
- Klein, L. W. (2000): Computerized patient simulation to train the next generation of interventional cardiologists: can virtual reality take the place of real life? In: *Catheter Cardiovasc Interv* 51 (4), S. 528.
- Krohne, H. W. Egloff B. Kohlmann C.-W. & Tausch A. (1996): Untersuchung mit einer deutschen Form der Positive and Negative Affect Schedule (PANAS). In: *Diagnostica* 1996 (42), S. 139–156.
- Krohne, H.W (2002): *Stress and Coping Theories*. Universität Mainz.
- Lazarus R.S.; Folkman S. (1984): *Stress, appraisal and coping*. New York: Springer.
- Lazarus, G.; Weis, K. H. (1977): Herzfrequenz von Anaesthesisten unter physischer und psychischer beruflicher Belastung. In: *Anaesthesist* 26 (8), S. 375–380.
- Le Fevre, M.; Matheny J.; Kolt, G.S (2003): Eustress, distress, and interpretation in occupational stress. In: *Journal of Managerial Psychology* (8 (7)), S. 726–744.
- Lipner RS, Messenger JC Kangilaski R. Baim DS Holmes Jr Williams DO King SB 3rd (2010): A technical and cognitive skills evaluation of performance in interventional cardiology procedures using medical simulation. In: *Simul Healthc.* (5 (2)), S. 65–74.
- Maschuw, K.; Hassan, I.; Bartsch, D. K. (2010): Chirurgisches Training am Simulator: "Virtual reality". In: *Chirurg* 81 (1), S. 19–24.
- Mehrabian, A. & Russell J. A. (1974): *An approach to environmental psychology*. In: *Cambridge, MA: MIT Press*.
- Morales, J.; Garcia, V.; García-Massó, X.; Salvá, P.; Escobar, R.; Buscà, B. (2012): The Use of Heart Rate Variability in Assessing Precompetitive Stress in High-Standard Judo Athletes. In: *Int J Sports Med*.
- Mück-Weymann, M. Ch. Mahlke, R. Rauh, R.-D. Bauer (2001): *Herzratenvariabilität*. Institut für Physiologie und Kardiologie, Univ. Erlangen-Nürnberg <http://www.hrv24.de/HRV-Interpretation.htm>
- Müller MP, Hänsel M. Fichtner A. Hardt F. Weber S. Kirschbaum C. Rüder S. Walcher F. Koch T. Eich C. (2009): Excellence in performance and stress reduction during two different full scale simulator training courses: A pilot study. In: *Resuscitation* (80 (8)), S. 919–924.
- Munz, Yaron; Almoudaris, Alex M.; Moorthy, Krishna; Dosis, Aristotelis; Liddle, Alexander D.; Darzi, Ara W. (2007): Curriculum-based solo virtual reality training for laparoscopic intracorporeal knot tying: objective assessment of the transfer of skill from virtual reality to reality. In: *Am. J. Surg* 193 (6), S. 774–783.

- Ohmura, Hajime; Hobo, Seiji; Hiraga, Atsushi; Jones, James H. (2012): Changes in heart rate and heart rate variability during transportation of horses by road and air. In: *Am. J. Vet. Res* 73 (4), S. 515–521.
- Payne, R. L.; Rick, J. T. (1986): Heart rate as an indicator of stress in surgeons and anaesthetists. In: *J Psychosom Res* 30 (4), S. 411–420.
- Payne, R. L.; Rick, J. T.; Smith, G. H.; Cooper, R. G. (1984): Multiple indicators of stress in an 'active' job-cardiothoracic surgery. In: *J Occup Med* 26 (11), S. 805–808.
- Peters, R.; Chadda, K. D. (1983): Changes in cardiac rate and rhythm in physicians performing cardiac catheterization. In: *Cathet Cardiovasc Diagn* 9 (5), S. 533–535.
- Pumprla, Jiri; Howorka, Kinga; Groves, David; Chester, Michael; Nolan, James (2002): Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. In: *Int. J. Cardiol* 84 (1), S. 1–14.
- Rabih A. Chaer, M. Brian G. DeRubertis MD Stephanie C. Lin MD Harry L. Bush MD John K. Karwowski MD Daniel Birk BA Nicholas J. Morrissey MD Peter L. Faries MD James F. McKinsey MD and K. Craig Kent MDD (2006): Simulation improves Resident Performance in Catheter-Based Intervention. In: *Annals of surgery* (244), S. 343–352.
- Rajendra Acharya, U.; Paul Joseph, K.; Kannathal, N.; Lim, Choo Min; Suri, Jasjit S. (2006): Heart rate variability: a review. In: *Med Biol Eng Comput* 44 (12), S. 1031–1051.
- Ramirez, A. J.; Graham, J.; Richards, M. A.; Cull, A.; Gregory, W. M. (1996): Mental health of hospital consultants: the effects of stress and satisfaction at work. In: *Lancet* 347 (9003), S. 724–728.
- Riad-Fahmy, D.; Read, G. F.; Walker, R. F. (1980): Salivary steroid assays for screening endocrine function. In: *Postgrad Med J* 56 Suppl 1, S. 75–78.
- Ritter, E. M.; McClusky, D. 3rd; Gallagher, A. G.; Enochsson, L.; Smith, C. D. (2006): Perceptual, visuospatial, and psychomotor abilities correlate with duration of training required on a virtual-reality flexible endoscopy simulator. In: *American journal of surgery* 192 (3), S. 379–384.
- Russell, J. A. (1980): A circumplex model of affect. In: *Journal of Personality and Social Psychology* (39), S. 1161–1178.
- S. Leka, Griffiths A. Cox T. (2004): Work Organization and Stress. WHO. Genf. Online verfügbar unter http://www.who.int/occupational_health/publications/pwh3rev.pdf.
- Schallberger, U.; Pfister, R.; Venetz, M. (1999): Arbeitsberichte aus dem Projekt "Qualität des Erlebens in Arbeit und Freizeit" Nr. 1. Theoretische Rahmenüberlegungen zum Erlebens-Stichproben-Fragebogen (ESF) und zu den Operationalisierungen. Universität Zürich.
- Schuetz, M.; Gockel, I.; Beardi, J.; Hakman, P.; Dunschede, F.; Moenk, S. et al. (2008): Three different types of surgeon-specific stress reactions identified by

laparoscopic simulation in a virtual scenario. In: *Surg Endosc* 22 (5), S. 1263–1267.

Schwaberg, G. (1987): Heart rate, metabolic and hormonal responses to maximal psycho-emotional and physical stress in motor car racing drivers. In: *Int Arch Occup Environ Health* 59 (6), S. 579–604.

Schwarzer R. (2005): Gesundheitspsychologie. Göttingen: Hogrefe.

Schwarzer, R. Jerusalem M.; Weber, H. (2002): Gesundheitspsychologie von A bis Z. Ein Handwörterbuch. Göttingen: Hogrefe.

Selye, H. (1956): *The Stress of Life*. New York: McGraw-Hill.

Selye, H. (1975): Implications of stress concept. In: *N Y State J Med* 75 (12), S. 2139–2145.

Seymour, N. E.; Gallagher, A. G.; Roman, S. A.; O'Brien, M. K.; Bansal, V. K.; Andersen DK; Satava, R. M. (2002): Virtual reality training improves operating room performance. In: *Annals of surgery* 236 (4), S. 458-63; discussion 463-4.

Shaikh al arab, Abeer; Guédon-Moreau, Laurence; Ducrocq, François; Molenda, Sylvie; Duhem, Stéphane; Salleron, Julia et al. (2012): Temporal analysis of heart rate variability as a predictor of post-traumatic stress disorder in road traffic accidents survivors. In: *J Psychiatr Res* 46 (6), S. 790–796.

Smith, A. M.; Ortiguera, S. A.; Laskowski, E. R.; Hartman, A. D.; Mullenbach, D. M.; Gaines, K. A. et al. (2001): A preliminary analysis of psychophysiological variables and nursing performance in situations of increasing criticality. In: *Mayo Clin. Proc* 76 (3), S. 275–284.

Smith, A. M.; Sim, F. H.; Smith, H. C.; Stuart, M. J.; Laskowski, E. R. (1998): Psychologic, situational, and physiologic variables and on-ice performance of youth hockey goalkeepers. In: *Mayo Clin. Proc* 73 (1), S. 17–27.

Sztajzel, Juan (2004): Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. In: *Swiss Med Wkly* 134 (35-36), S. 514–522.

Taffinder, N.; Sutton, C.; Fishwick, R. J.; McManus, I. C.; Darzi, A. (1998): Validation of virtual reality to teach and assess psychomotor skills in laparoscopic surgery: results from randomised controlled studies using the MIST VR laparoscopic simulator. In: *Stud Health Technol Inform* 50, S. 124–130.

Törnåge, Carl-Johan (2009): Salivary cortisol for assessment of hypothalamic-pituitary-adrenal axis function. In: *Neuroimmunomodulation* 16 (5), S. 284–289.

van Dongen, K. W.; van der Wal WA; Rinke, I. H.; Schijven, M. P.; Broeders, I. A. (2008): Virtual reality training for endoscopic surgery: voluntary or obligatory? In: *Surgical endoscopy* 22 (3), S. 664–667.

Vanderlei, Luiz Carlos Marques; Pastre, Carlos Marcelo; Hoshi, Rosângela Akemi; Carvalho, Tatiana Dias de; Godoy, Moacir Fernandes de (2009): Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. In: *Rev Bras Cir Cardiovasc* 24 (2), S. 205–217.

Voelker, W.; Maier, S.; Lengenfelder, B.; Schöbel, W.; Petersen, J.; Bonz, A.; Ertl G (2011): Qualitätsverbesserung von Koronardiagnostik und -intervention durch "Virtual-Reality" Simulation. In: *Herz* 36 (5), S. 430–435.

Vozenilek, John; Huff, J. Stephen; Reznick, Martin; Gordon, James A. (2004): See one, do one, teach one: advanced technology in medical education. In: *Acad Emerg Med* 11 (11), S. 1149–1154.

Wahidi, M. M.; Silvestri, G. A.; Coakley, R. D.; Ferguson, J. S.; Shepherd, R. W.; Moses L et al. (2010): A Prospective Multicenter Study of Competency Metrics and Educational Interventions in the Learning of Bronchoscopy Among New Pulmonary Fellows. In: *Chest* 137 (5), S. 1040–1049.

Watson, D.; Clark, L. A.; Tellegen, A. (1988): Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. In: *J Pers Soc Psychol* 54 (6), S. 1063–1070.

Wetzel, Cordula M.; George, Akram; Hanna, George B.; Athanasiou, Thanos; Black, Stephen A.; Kneebone, Roger L. et al. (2011): Stress management training for surgeons—a randomized, controlled, intervention study. In: *Ann. Surg* 253 (3), S. 488–494.

Yang Y, Koh D. Ng V. Lee FC Chan G. Dong F. Chia SE (2001): Salivary cortisol levels and work-related stress among emergency department nurses. In: *J Occup Environ Med.* (43 (12)), S. 1011–1018.

Ziv, Amitai; Wolpe, Paul Root; Small, Stephen D.; Glick, Shimon (2006): Simulation-based medical education: an ethical imperative. In: *Simul Healthc* 1 (4), S. 252–256.

12 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabellen:

Tab. 3.1: *Physiologische Stresskomponenten*

Tab. 3.2: *HRV-Parameter*

Tab. 3.3: *Qualitätskriterien und Inhalte (QI) für DGK-Simulationskurse in der interventionellen Kardiologie, aus (DGK 2010)*

Tab. 4.1: *Zusammenfassung der Gruppencharakteristika*

Tab. 4.2: *Bewertungskriterien „Untersucherqualität“*

Tab. 4.3: *Zusätzlich erhobene Parameter während der Evaluation*

Tab. 4.4: *Stressparameter*

Tab. 4.5: *Überblick über den Aufbau der einzelnen Trainingseinheiten*

Tab. 4.6: *Lerninhalte des Basic-Skill Training*

Tab. 5.1: *Bildung der relativen Stressparameter von Evaluation 2 und 3 bezogen auf die Präevaluation E1*

Tab. 5.2: *Änderung der Parameter Cortisol, PA und NA innerhalb einer Evaluationsebene*

Tab. 6.1: *Cortisolergebnisse der Präevaluation*

Tab. 6.2: *HRV-Ergebnisse der Präevaluation*

Tab. 6.3: *Ergebnisse des positiven PANAS (PA) der Präevaluation*

Tab. 6.4: *Ergebnisse des negativen PANAS (NA) der Präevaluation*

Tab. 6.5: *Relative Ergebnisse für Cortisol aus E2-E1 und E3-E1*

Tab. 6.6: *Relative Ergebnisse für Herzfrequenz und pNN50 aus E2-E1 und E3-E1*

Tab. 6.7: *Relative Ergebnisse des PA für E2-E1 und E3-E1*

Tab. 6.8: *Relative Ergebnisse des NA für E2-E1 und E3-E1*

Tab. 6.9: *Relative Ergebnisse von Cortisol für E1, E2 und E3: t_2-t_1*

Tab. 6.10: *Relative Ergebnisse des PA für E1, E2 und E3: t_2-t_1*

Tab. 6.11: *Relative Ergebnisse des NA für E1, E2 und E3: t_2-t_1*

Tab. 10.1: *Absolutwerttabelle der Präevaluation*

Tab. 10.2: Absolutwerttabelle der Postevaluation E2

Tab. 10.3: Absolutwerttabelle der Postevaluation E3

Tab. 10.4: Evaluationszeitplan

Tab. 10.5: Programmablauf der Studie

Tab. 10.6: Standardisierter Bewertungsbogen

Abbildungen:

Abb. 3.1: Stressreaktion (aus Detling et al. 2006)

Abb. 1.2: Oszillation der Herzfrequenz

Abb. 3.3: Circumplex-Modell nach Russell

Abb. 3.4: Rotiertes Circumplex-Modell nach Watson und Tellegen

Abb. 3.5: PANAS-Fragebogen

Abb. 4.1: Der CathLab-VR der Firma CAE

Abb. 4.2 Der Vist-C der Firma Mentice

Abb. 4.3: Der Angio Menotor Express der Firma Symbionix

Abb. 4.4: Mechanisches Trainingsmodell

Abb. 4.5: Darstellung des Evaluationssystems CoroSim

Abb. 4.6: Darstellung einer Stenose im CoroSim unter Durchleuchtung

Abb. 4.7: Studiendesign

Abb. 4.8: Stratifizierte Randomisierung

Abb. 4.9: Evaluationsablauf

Abb. 4.10: Positionierung der Elektroden des HRV-Messgerätes

Abb. 5.1: Vergleich der Werte der Evaluationen E2 und E3 mit der Präevaluation E1 für die einzelnen Stressparameter

Abb. 5.2: Vergleich der Werte innerhalb einer Evaluationsebene

Abb.: 5.3: Haupthypothese

Abb. 5.4: Nebenhypothese 1

Abb. 5.5: Nebenhypothese 2

Abb. 5.6: Aufbau eines Box-Whisker Diagramms

Abb. 6.1: t_1 - und t_2 -Cortisol im Vergleich für das gesamte Studienkollektiv

Abb. 6.2: Vergleich von t_1 -Cortisol der Studiengruppen S und K

Abb. 6.3: Vergleich von t_2 -Cortisol der Studiengruppen S und K

Abb. 6.4 und 6.5: Herzfrequenz und pNN50 für das gesamte Studienkollektiv

Abb. 6.6 und 6.7: Vergleich der Herzfrequenz und des pNN50 für die Studiengruppen S und K

Abb. 6.8: t_1 - und t_2 -PA für das gesamte Studienkollektiv

Abb. 6.9 und 6.10: Vergleich von t_1 - und t_2 -PA zwischen den Studiengruppen S und K

Abb. 6.11: t_1 - und t_2 -NA für das gesamte Studienkollektiv

Abb. 6.12 und 6.13: Vergleich von t_1 - und t_2 -NA zwischen den Studiengruppen S und K

Abb. 6.14 und 6.15: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für t_1 - und t_2 -Cortisol zwischen den Gruppen

Abb. 6.14 und 6.15: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für t_1 - und t_2 -Cortisol zwischen den Gruppen

Abb. 6.16 und 6.17: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für die Parameter Herzfrequenz und pNN50 zwischen den Gruppen

Abb. 6.18 und 6.19: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für die Parameter t_1 - und t_2 -PA zwischen den Gruppen

Abb. 6.20: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für die Parameter t_1 -PA zwischen den Gruppen

Abb. 6.21: Vergleich der relativen Ergebnisse E2-E1 und E3-E1 für die Parameter t_2 -PA zwischen den Gruppen

Abb. 6.22: Relative Ergebnisse von Cortisol für E1, E2 und E3: t_1 - t_2

Abb. 6.23: Relative Ergebnisse von PA für E1, E2 und E3: t_1 - t_2

Abb. 6.24: Relative Ergebnisse von NA für E1, E2 und E3: t_1 - t_2

Abb. 7.1: Signifikanter Unterschied zwischen Gruppe S und K für den t_2 -NA (E2-E1)

Abb. 7.2: Vergleich der Absolutwerte bezüglich der Veränderung des negativen Affektes (NA) zwischen den Studiengruppen

Abb. 7.3: Signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen S und K für den negativen Affekt NA (E2: t_2 , t_1)

7.4: Nicht signifikanter Unterschied nach Simulationstraining der Gruppe S und Kombinationstraining der Gruppe K

Abb. 7.5: Vergleich der Absolutwerte bezüglich der Veränderung des negativen Affektes (NA) zwischen den Studiengruppen

Abb. 7.6: Signifikanter t_2 -NA im Zeitreihenvergleich der Gruppe K

Abb. 10.1: Raumplan

Abb. 10.2: PANAS-Fragebogen

13 Anhang

Absolutwerttabellen:

Präevaluation E1:

	t ₁ -Cortisol [ng/ml]			t ₂ -Cortisol [ng/ml]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	8	4,04	±3,24	9	4,06	±3,28
Gruppe K	8	0,64	±0,41	7	1,75	±1,38
Gesamt	16	2,34	±2,84	16	3,05	±2,81

	Mittlere Herzfrequenz [Schläge/Minute]			pNN50 [%]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	103,67	±12,75	9	3,03	±2,36
Gruppe K	9	108,35	±16,00	9	3,85	±5,10
Gesamt	18	106,01	±14,24	18	3,44	±3,88

	Minimale Herzfrequenz [Schläge/Minute]			Maximale Herzfrequenz [Schläge/Minute]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	87,66	±13,99	9	118,86	±13,24
Gruppe K	9	92,14	±15,99	9	122,25	±16,16
Gesamt	18	89,90	±14,76	18	120,56	±14,43

	t ₁ --PA [PANAS-Score]			t ₂ -PA [PANAS-Score]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	32,44	±4,10	9	35,44	±5,92
Gruppe K	9	35,78	±4,97	9	34,33	±5,98
Gesamt	18	34,11	±4,74	18	34,89	±5,80

	t ₁ -NA [PANAS-Score]			t ₂ -NA [PANAS-Score]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	16,22	±2,82	9	18,00	±3,12
Gruppe K	9	14,00	±3,87	9	15,33	±3,28
Gesamt	18	15,11	±3,48	18	16,67	±3,40

Tab. 10.1: Absolutwerttabelle der Präevaluation E1

Postevaluation E2:

	t ₁ -Cortisol [ng/ml]			t ₂ -Cortisol [ng/ml]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	8	3,46	±3,01	9	3,78	±3,55
Gruppe K	9	1,04	±0,86	9	1,26	±0,55
Gesamt	17	2,18	±2,42	18	2,52	±2,79

	Mittlere Herzfrequenz [Schläge/Minute]			pNN50 [%]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	99,84	±16,44	9	4,58	±5,82
Gruppe K	9	107,15	±17,00	9	3,26	±2,99
Gesamt	18	103,49	±16,65	18	3,92	±4,54

	Minimale Herzfrequenz [Schläge/Minute]			Maximale Herzfrequenz [Schläge/Minute]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	86,24	±14,69	9	114,57	±16,02
Gruppe K	9	90,35	±16,11	9	121,09	±15,80
Gesamt	18	88,29	±15,11	18	117,83	±15,80

	t ₁ -PA [PANAS-Score]			t ₂ -PA [PANAS-Score]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	29,89	±4,23	9	32,89	±6,90
Gruppe K	9	33,56	±7,67	9	32,56	±7,92
Gesamt	18	31,72	±6,29	18	32,72	±7,21

	t ₁ -NA [PANAS-Score]			t ₂ -NA [PANAS-Score]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	15,11	±3,55	9	13,11	±4,04
Gruppe K	9	14,22	±4,35	9	17,56	±5,00
Gesamt	18	14,67	±3,88	18	15,33	±4,97

Tab. 10.2: Absolutwerttabelle der Postevaluation E2

Postevaluation E3:

	t ₁ -Cortisol [ng/ml]			t ₂ -Cortisol [ng/ml]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	3,88	±2,49	9	3,40	±1,86
Gruppe K	9	1,15	±0,81	9	0,89	±0,40
Gesamt	18	2,52	±2,28	18	2,15	±1,84

	Mittlere Herzfrequenz [Schläge/Minute]			pNN50 [%]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	102,28	±12,96	9	4,79	±7,91
Gruppe K	9	101,68	±17,80	9	5,10	±4,44
Gesamt	18	101,98	±15,11	18	4,94	±6,23

	Minimale Herzfrequenz [Schläge/Minute]			Maximale Herzfrequenz [Schläge/Minute]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	86,54	±11,48	9	115,78	±14,49
Gruppe K	9	86,20	±15,96	9	115,15	±17,14
Gesamt	18	86,37	±13,49	18	115,47	±15,40

	t ₁ -PA [PANAS-Score]			t ₂ -PA [PANAS-Score]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	28,33	±4,90	9	32,33	±5,05
Gruppe K	9	32,44	±9,34	9	36,11	±7,11
Gesamt	18	30,39	±7,54	18	34,22	±6,29

	t ₁ -NA [PANAS-Score]			t ₂ -NA [PANAS-Score]		
	Fälle	Mittelwert	Stdabw.	Fälle	Mittelwert	Stdabw.
Gruppe S	9	12,33	±1,80	9	11,33	±1,58
Gruppe K	9	12,22	±1,48	9	11,22	±1,79
Gesamt	18	12,28	±1,60	18	11,28	±1,64

Tab. 10.3: Absolutwerttabelle der Postevaluation E3

Evaluationszeitplan für Dienstag, Donnerstag und Samstag

<u>Teilnehmer</u>	<u>Uhrzeit</u>
Proband 1	07:45
Proband 2	08:15
Proband 3	08:45
Proband 4	09:15
Proband 5	09:45
Proband 6	10:30
Proband 7	11:00
Proband 8	11:30
Proband 9	12:00
Proband 10	12:30
Mittagspause	
Proband 11	13:45
Proband 12	14:15
Proband 13	14:45
Proband 14	15:30
Proband 15	16:00
Proband 16	16:30
Proband 18	17:00
Proband 19	17:30

Tab. 10.4: Evaluationszeitplan

Programmablauf der Studie:

Dienstag:

7.45 -13.15	Evaluation der Teilnehmer am Coro-Sim, jeweils 30 Minuten Evaluation
13.00-13.45	Pause für die Dozenten
13.45-18.00	Evaluation der Teilnehmer am Coro-Sim, jeweils 30 Minuten Evaluation

Mittwoch:

Gruppe S: 8.00-10.30 11.00-13.30	Simulationstraining am CAE, Simbionix und Mentice im INTUS, Foyer und dem Seminarraum 5
Gruppe K: 9.00-10.30 11.00-13.30	Theoretische Wissensvermittlung im Vorlesungsraum des INTUS Lengenfelder Nef
Gruppe S: 13.30-14.30 Gruppe K: 13.30-14-00	Pause für alle in dem Foyer vor dem INTUS
Gruppe S: 14.30-17.30	Simulationstraining am CAE, Simbionix und Mentice im INTUS, Foyer und dem Seminarraum 5
Gruppe K: 14.00-15.30	Theoretische Wissensvermittlung im Vorlesungsraum des INTUS Lengenfelder

Donnerstag:

7.45 -13.15	Evaluation der Teilnehmer am Coro-Sim, jeweils 30 Minuten Evaluation
-------------	--

13.00-13.45	Pause für die Dozenten
13.45-18.00	Evaluation der Teilnehmer am Coro-Sim, jeweils 30 Minuten Evaluation

Freitag:

Gruppe S: 10.00-11.30 12.00-13.30	Basic Skills Training im Vorlesungsraum des INTUS und dem Seminarraum 2
Gruppe K: 9.15-13.15	Simulationstraining am CAE, Simbionix und Mentice im INTUS, Foyer und dem Seminarraum 5
Gruppe S: 13.30-14.30 Gruppe K: 13.15-14.15	Pause für alle in dem Foyer vor dem INTUS
Gruppe S: 14.30-16.00	Basic Skills Training im Vorlesungsraum des INTUS und dem Seminarraum 2
Gruppe K: 14.15-18.15	Simulationstraining am CAE, Simbionix und Mentice im INTUS, Foyer und dem Seminarraum 5

Samstag:

7.45 -13.15	Evaluation der Teilnehmer am Coro-Sim, jeweils 30 Minuten Evaluation
13.00-13.45	Pause für die Dozenten
13.45-18.00	Evaluation der Teilnehmer am Coro-Sim, jeweils 30 Minuten Evaluation

Tab. 10.5: Programmablauf der Studie

Standardisierter Bewertungsbogen:

	5	4	3	2	1
Darstellung der culprit lesion in 2 Ebenen	Optimal		mäßig		unzureichend
Führungskatheter					
Backup	Optimal		mäßig		unzureichend
Positionierung im Ostium in koaxialer Lage	Optimal		mäßig		unzureichend
Risikobewusste Katheterbewegungen	sehr kontrolliert, risikobewußt und sicher		mäßig kontrolliert und risikobewußt		unkontrolliert, sehr gefährliches Vorgehen
Koronardraht					
Präparation der Drahtspitze	Optimal		mäßig		unzureichend
Manipulation/Steuerung des Drahtes durch die Stenose	Optimal		mäßig		unzureichend
Vorschiebekräfte	sehr kontrolliert, risikobewußt und sicher		mäßig kontrolliert und risikobewußt		unkontrolliert, sehr gefährliches Vorgehen

Endposition des Drahtes	Optimal		bedingt adäquat		unzureichend
Ballon/Stent-Wechsel ohne Positionsänderung des Führungsdrahtes (mm)	Optimal		bedingt adäquat		unzureichend
Ballon					
Druck und Dauer bei der Dilatation (komplette Expansion)	Optimal		bedingt adäquat		unzureichend
Ballonauswahl	Optimal		bedingt geeignet		unzureichend
Ballonplatzierung	Optimal		bedingt adäquat		unzureichend
Handhabung des Insufflators	Optimal		bedingt adäquat		unzureichend

Stent				
Stentauswahl	Optimal		bedingt geeignet	unzu- reichend
Stentplatzierung	Optimal		bedingt adäquat	unzu- reichend
Handhabung des Insufflators	Optimal		bedingt adäquat	unzu- reichend

Tab. 10.6: Standardisierter Bewertungsbogen

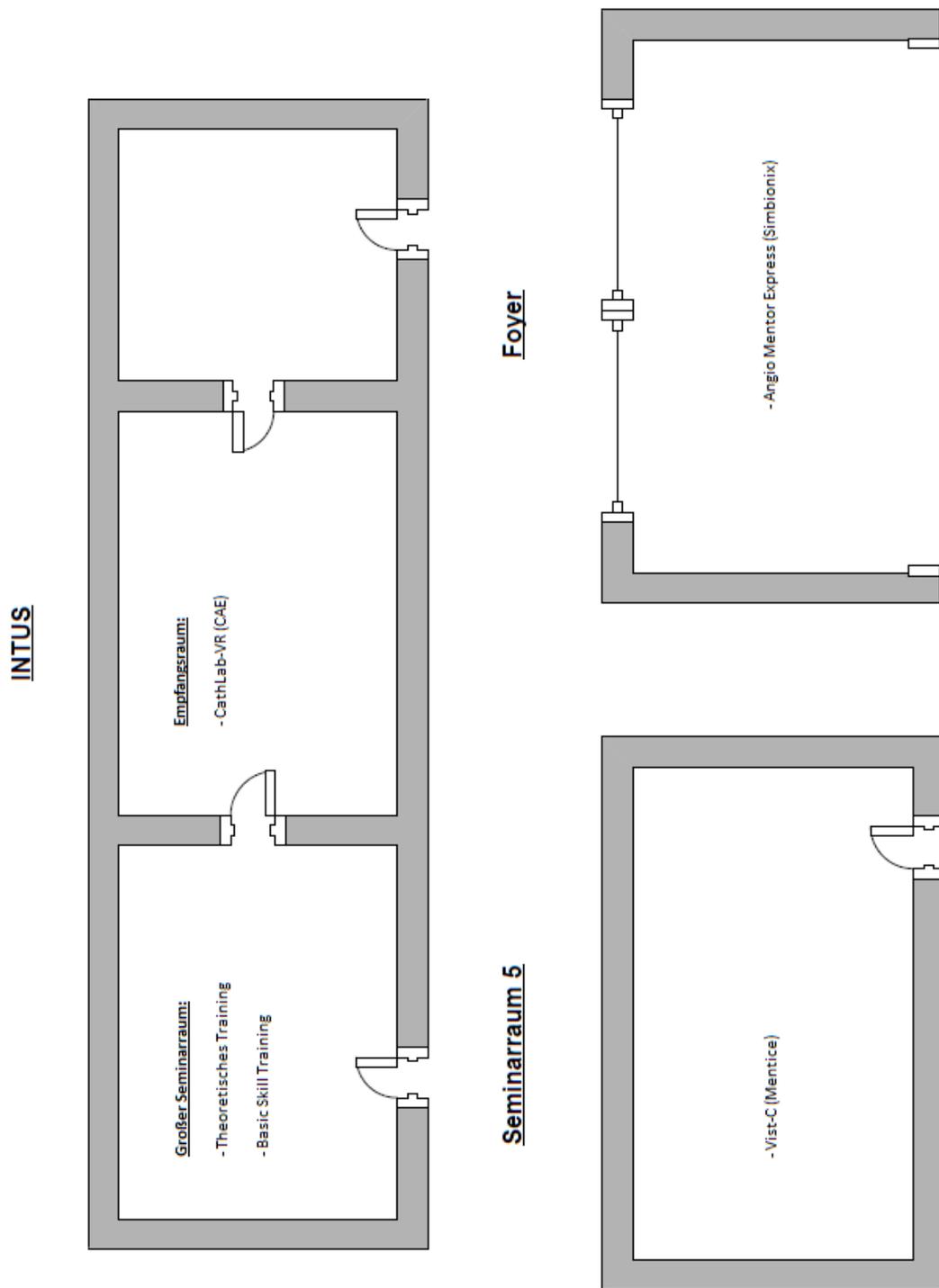


Abb. 10.1: Raumplan

PANAS

Dieser Fragebogen enthält eine Reihe von Wörtern, die unterschiedliche Gefühle und Empfindungen beschreiben. Lesen Sie jedes Wort und tragen dann in die Skala neben jedem Wort die Intensität ein. Sie haben die Möglichkeit, zwischen fünf Abstufungen zu wählen.

	ganz wenig oder gar nicht	ein bisschen	einigermaßen	erheblich	äußerst
aktiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bekümmert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
interessiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
freudig erregt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
verärgert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stark	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
schuldig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
erschrocken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
feindselig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
angeregt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stolz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gereizt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
begeistert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
beschämt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nervös	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
entschlossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
aufmerksam	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
durcheinander	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ängstlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Watson, D., & Clark, L. A. (1988). Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: The PANAS Scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063-1070

Übersetzung: Krohne, H. W., Egloff, B., Kohlmann, C.-W., & Tausch, A. (1996). Untersuchung mit einer deutschen Form der Positive and Negative Affect Schedule (PANAS). *Diagnostica*, 42, 139-156.

Abb. 10.2: PANAS-Fragebogen

14 Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei allen an der Studie teilnehmenden angehenden interventionellen Kardiologen bedanken, die mit viel Begeisterung und ohne zu Zögern sich dazu bereit erklärten, ihr persönliches Stresserleben der Wissenschaft zur Verfügung zu stellen. Ihr tatkräftiger Einsatz war für mich stets Motivation und Ansporn zur Fertigstellung dieser Arbeit.

Danken möchte ich vor allem meinen Eltern und meinen Geschwistern, die mir in meinem bisherigen Leben immer vertrauensvoll zur Seite standen und maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Insbesondere soll dabei die Energie, die mein Bruder Stefan selbstlos aufbrachte, als er mich an einem heißen Sommertag in die Welt der statistischen Auswertung einführte, nicht unerwähnt bleiben. Nina, als interessierte Gesprächspartnerin, danke ich für ein immer offenes Ohr, was in ihrer fortwährenden Diskussions- und Hilfsbereitschaft zum Ausdruck kam.

Nils Petri, Sabine Franzek und Matthias Kroiss möchte ich für die konstruktive Zusammenarbeit danken, was nicht zuletzt darin resultierte, dass mir meine Doktorarbeit Spaß und Freude bereitete.

Ein ganz besonders großer Dank geht an Prof. Dr. Wolfram Voelker, der mir das interessante Thema meiner Doktorarbeit überließ und der mir stets mit wertvollem Rat und Tat von Beginn an vertrauensvoll zur Seite stand.