Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III

Universitätsklinik Ulm

Ärztlicher Direktor:

Professor Dr. phil. Dr. med. Manfred Spitzer

Der Einfluss emotionaler, kognitiver und körperlicher Beanspruchung auf die Herzrate bei Jugendlichen: Eine Laborstudie

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Maria Wagner (geb. Zobries)

geboren in Cottbus

2012

Amtierender Dekan:	Prof. Dr. rer. nat. Thomas Wirth
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Thomas Kammer
2. Berichterstatter:	PD Dr. med. Sigurd Süßmuth
Tag der Promotion:	16.05.2013

Die Widmung wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis **III**

1 Einleitung **1**
1.1 Lernen mit Herz . . . 1
1.2 Ambulantes Assessment . . . 2
1.3 Herzrate . . . 4
1.4 Messung der Aktivität . . . 5
1.5 Additional Heart Rate . . . 5
1.6 Herzratenvariabilität . . . 6
1.7 Fragestellung . . . 8

2 Material und Methoden **10**
2.1 Versuchspersonen . . . 10
2.2 Materialien . . . 12
2.2.1 Filme . . . 12
2.2.2 Konzentrationsaufgabe . . . 13
2.2.3 Herzelektroden . . . 13
2.2.4 Bewegungssensoren . . . 13
2.2.5 Freiburger Monitoring System und das Variportmessgerät . . . 14
2.2.6 Laufband . . . 16
2.2.7 Fragebögen . . . 17
2.2.8 Anleitungen . . . 19
2.3 Studienaufbau und Versuchsablauf . . . 20
2.4 Datenverarbeitung . . . 26
2.5 Statistische Auswertung . . . 28

3 Ergebnisse **30**
3.1 Auswertung des Fragebogen zur Bewertung des momentanen Gefühlzustandes - VGZ 30
3.2 Auswertung des Fragebogens zur erlebten psychischen Beanspruchung - KAB . . . 33
3.3 Herzrate . . . 35
3.4 Additional Heart Rate . . . 39
3.5 HRV . . . 41

4 Diskussion **45**
4.1 Emotionsinduktion . . . 45
4.2 Ergebnisdiskussion der körperlichen Aktivität . . . 48
4.3 Ergebnisdiskussion der mentalen Belastung . . . 50
4.4 Ergebnisdiskussion der emotionalen Belastung . . . 51

4.5 Ergebnisdiskussion bei Kombination von körperlicher, mentaler und emotionaler Belastung 53
4.6 Schlussbewertung 55

5 Zusammenfassung **57**

6 Literaturverzeichnis **59**

Abkürzungsverzeichnis

AHR	Additional Heart Rate	Synonym: emotionale Herzrate (EMO_HR)
APA	American Psychological Association	
EDA	Elektrodermale Aktivität	
EG	Ereignisgruppe	
EKG	Elektrokardiogramm	
EMO_HR	emotionale Herzrate	Synonym: Additional Heart Rate (AHR)
FMS	Freiburger Monitoring System	
HR	Herzrate	
KAB	Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung	
MQSD	mittleres Quadrat sukzessiver Differenzen	
VGZ		Fragebogen zur Bewertung des momentanen Gefühlzustandes
VP	Versuchsperson	
ZNL	Zentrum für Neurowissenschaften und Lernen	Ort der Durchführung der Untersuchungen

1 Einleitung

Nach der Dekade des Gehirns, welche George W. Bush am 17. Juli 1990 in seiner Rede vor dem amerikanischem Kongress für die Jahre 1990 bis 2000 erklärte, um die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf den Wert der Hirnforschung zu lenken (Busch 1990), befinden wir uns nun in der Dekade des Verhaltens, welche zahlreiche amerikanische Fachgesellschaften für die Jahre 2000 bis 2010 proklamierten (Tyler 1999). Das Fundament hierzu legte die American Psychological Association (APA) bereits 1998 (McCarty 1998): In diesen zehn Jahren solle die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf die Bedeutung der Verhaltens- und Sozialwissenschaften gelenkt werden und die Forschung in diesem Bereich verstärkt werden. Im Kern geht es darum, eine Brücke zwischen der Forschung in der Verhaltens- und Sozialwissenschaft auf der einen Seite und der praktischen Anwendung der daraus gewonnenen Erkenntnisse auf der anderen Seite zu bauen, um eine Verbesserung in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit und Erziehung zu bewirken (Tyler 1999). Ein Bereich dieser Verhaltensforschung ist das ambulante Assessment, welches mit Hilfe von Selbstberichten und Aufzeichnung physiologischer Daten auf portable Computer die Probanden in ihrem normalen Tagesablauf begleitet. So können z.B. die Belastung und Beanspruchung im Rahmen der Arbeitspsychologie und Stressforschung gemessen werden (DeBock et al. 2010). Im Medizinischen Kontext können Epilepsieanfälle mit Hilfe eines elektronischen Tagebuches nachvollzogen werden (Fischer 2010) oder psychische Erkrankungen, wie Depressionen oder die Borderline-Persönlichkeitsstörung untersucht werden (Ben-Zeev et al. 2009; Ebner-Priemer et al. 2006). Auch in der Interozeptions- und Emotionsforschung hat das ambulante Assessment seinen Stellenwert (Fleeson u. Wilt 2010).

Alle Personen- und Funktionsbezeichnungen in dieser Doktorarbeit gelten für Frauen und Männer in gleicher Weise, außer wenn explizit die jeweilige männliche oder weibliche Form verwendet wird.

1.1 Lernen mit Herz

Deutschland - das Land der Dichter und Denker! Deutschland - das Land der Forscher und Entwickler! PISA - die Ernüchterung?

Als im Jahr 2000 die ersten Ergebnisse der ersten PISA-Studie bekannt wurden, herrschte Entrüstung in unserem Land. Deutschland noch unter dem Mittelfeld (Stanat et al. 2002)!

Eltern, Lehrer, Schüler – alle wollten wissen, warum unsere Schulen so schlecht abschnitten. Auch in der Forschung interessierte man sich vermehrt für das Thema. An der Gewinnung neuer Erkenntnisse beteiligte sich das Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen in Ulm, welches versucht, die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf diesem Gebiet in den Lehreinrichtungen voranzutreiben. Hier untersuchte Manske 2007 mit Hilfe von EKGs, wie sehr Schüler in der Schule emotional beteiligt und damit wie aufmerksam sie sind. Dabei war es notwendig die

Bewegung mit Hilfe von Bewegungssensoren zu messen und damit Veränderungen der Herzrate (HR, Synonym: Herzfrequenz) aufgrund von körperlicher Aktivität herausrechnen zu können.

Motivationsforscher gehen davon aus, dass die Inhalte des Unterrichts besser in den Köpfen unserer Schüler bleiben, wenn sie mit Emotionen verknüpft sind (Steidl et al. 2011). Positive Stimmung erleichtert das Abrufen positiver Gedächtnisinhalte, während negative Inhalte besser in negativer Stimmung abgerufen werden können (Edlinger u. Hascher 2008). So bringt positive Stimmung sowohl Vorteile als auch Nachteile mit sich. Es kommt zu einer positiveren Wahrnehmung von sich selbst und auch der Umwelt, die Ideenfindung wird erleichtert und die Denkgeschwindigkeit nimmt zu. Jedoch werden Informationen oberflächlicher bearbeitet und die Risikobereitschaft erhöht sich. Wie kann das nun in der Praxis umgesetzt werden? Zum einen wird versucht, Problemstellungen zu finden, mit denen sich die Schüler identifizieren können. Positive Emotionen, wie der Stolz auf die geschaffte Aufgabe sollen der Aufrechterhaltung der Motivation dienen und die Kritikfähigkeit steigern. Dagegen führt negative Stimmung durch die Konzentration auf das eigene Gefühl eher zu Leistungseinbußen. Durch Auswahl geeigneter Lernmedien, welche die Emotionen der Lernenden ansprechen, kann deren Leistung erheblich gesteigert werden (Edlinger u. Hascher 2008).

1.2 Ambulantes Assessment

Ambulantes Monitoring ist die „Überwachung von frei beweglichen Personen unter Alltagsbedingungen“ (Fahrenberg u. Myrtek 2000). Es ist eine Gruppe von Methoden, die zur ambulanten Erfassung physischer, psychischer und behavioraler Merkmale von Patienten benutzt werden. Dazu gehören nach Fahrenberg et al. 2007 u.a.

- Selbstberichte über Aktivitäten, Situation-/Setting-Merkmale, Befinden, Symptome, ...
- psychometrische Testergebnisse unter Feldbedingungen
- Verhaltensbeobachtungen und -messungen
- Selbst- und Fremdwahrnehmungsdaten
- verhaltensrelevante Umweltbedingungen
- kardiovaskuläre u.a. physiologische Messwerte in kontinuierlicher Registrierung außerhalb von Labor und Klinik
- medizinische Parameter als Selbst-Messung
- körperliche Aktivität und Bewegungsmuster in hoher zeitlicher Auflösung

Der Begriff „Monitoring“ kennzeichnet dabei das Ziel steuernd einzugreifen, falls der gewünschte Verlauf nicht eintritt. Deswegen wird der Begriff des Ambulanten Monitoring überwiegend mit medizinischen Fragestellungen in Zusammenhang gebracht.

Eine häufige Untersuchung der Medizin ist das 24-Stunden-Monitoring des Blutdrucks. Parati und Mancia zeigten 2006, dass ca. 10 % aller Probanden zwar in der ärztlichen Praxis aber nicht im Alltag einen erhöhten Blutdruck hatten und deswegen unnötiger Weise Medikamente einnahmen

(so genannte Weißkittel-Hypertonie). Weiterhin zeigen 10 % aller Hypertoniker erhöhte Blutdruckwerte im Alltag, jedoch nicht beim Arzt. Dies ist nur ein Beispiel dafür, wie zweifelhaft Messungen im Labor sein können.

Nun ist zu überlegen, ob solche Fehler nicht auch bei Labormessungen in der Psychologie auftreten können. Dafür wurde der Begriff „Ambulantes Assessment“ eingeführt, um nicht nur den medizinischen Bereich abdecken zu können. „Ambulantes Assessment ist die Verwendung spezieller feldtauglicher, heute meist elektronischer Geräte und Computer-unterstützter Erhebungsmethoden, um Selbstberichtdaten, Verhaltensbeobachtungesdaten, psychometrische Verhaltensmaße, physiologische Messwerte sowie situative und Setting-Bedingungen im Alltag der Untersuchten zu erfassen (Fahrenberg et al. 2007).“

Erste Studien zum ambulanten Assessment machten in den frühen 1980er Jahren Pawlik und Busse (1982) in Deutschland. Die Entwicklung vollzog sich dann parallel in den USA und in Europa. Das Ambulante Assessment zog in die Persönlichkeits- sowie Stress und Copingforschung ein (Perrez u. Reicherts 1989) und wurde im Folgenden mit physiologischen Messungen synchronisiert (Myrtek et al. 1996b).

Auch in der Psychologie gibt es Studien, die den Unterschied zwischen Labor und Feld eindrucksvoll belegen können. Buse und Pawlik beschäftigten sich 1984 mit der transsituative Konsistenz von Persönlichkeitseigenschaften und die Wechselwirkungen von Personen- und Situationsmerkmalen. Bis dahin herrschte die Meinung, gewonnen aus Fragebogenstudien, dass Personen mit unterschiedlichen Eigenschaften verschiedene Situationen mit gleicher Wahrscheinlichkeit durchlaufen. Die Studie stattete Personen mit portablen Mikrocomputern aus um ihren Tagesablauf zu dokumentieren. Sie belegt, dass es große Unterschiede in der Häufigkeit gab, mit der sich die Probanden in Settings unterschiedlichen Typs aufhielten.

Der Vorteil dieser Methodik liegt auf der Hand: Fragebögen, das dominierende Instrumentarium in der Psychologie, können lediglich die subjektive (mentale) Repräsentation von Erleben und Verhalten erfragen, jedoch ist man mit ihnen nicht in der Lage, objektiv auf Verhalten zu schließen (Tourangeau u. Rasinski 1988). Weiterhin können Fragebögen Erleben und Verhalten nur retrospektiv erfassen. Diese Angaben sind nur begrenzt auf die Wirklichkeit zu übertragen (Wilson u. Ross 2004). Häufig sind die mittels Fragebögen gewonnenen Daten durch kognitive Schemata und soziale Stereotypen, durch formale Antwort-Tendenzen und soziale Erwünschtheit sowie durch Retrospektionseffekte, formale Urteilsheuristiken u.a. mehr verzerrt, so dass es zu multiplen systematischen Fehlern bei deren Verwendung kommt (Fahrenberg et al. 2007; Stone u. Broderick 2007). 2009 verglich Anestis et al. die Angaben zur Affektlabilität von 131 Bulämiepatientinnen, welche zum einen retrospektiv und zum anderen unmittelbar erhoben wurden. Auch hier erwies sich das ambulante Assessment als die bessere Methode, die Affekte in den jeweiligen Situationen zu beschreiben. Im gleichen Jahr fassten Ebner-Priemer und Trull die Vorteile des Ambulanten Assessment zusammen.

Ambulantes Assessment ...

1. ... minimiert Verzerrungen durch falsche Erinnerung.

2. ... erhöht die Generalisierbarkeit von Studien.
3. ... dient der Erforschung intrapersonaler Prozesse.
4. ... bezieht sich auf multimodale Daten (psychologisch, physiologisch, behavioral).
5. ... dient der Erforschung Kontext-spezifischer Beziehungen.
6. ... ermöglicht umgehendes Feedback.

Diese Vorteile wurden auch in den Studien ausgenutzt, die Manske 2007 für das Zentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL) in Ulm durchführte. Hierbei wurden Schüler verschiedener Schulformen hinsichtlich ihrer Bewegungsaktivität im Tagesverlauf beobachtet. Das Ergebnis war, dass sich Gymnasiasten durchschnittlich nur zu 4 % der Tageszeit bewegten (etwa 38 Minuten), während die Haupt- und Realschüler je auf 11 % Bewegung kamen. Den Rest der Tageszeit verbrachten die Schüler in statischen Positionen, sitzend, stehend oder liegend. Probanden, welche sich am Versuchstag mehr bewegten, fühlten sich weniger belastet. Weiterhin hatte die Ausübung eines sportlichen oder kreativen Hobbys positive Wirkung auf das Befinden der Jugendlichen. Schüler, die ein Hobby neben der Schule ausübten, hatten neben einer besseren Schuleinstellung auch bessere Schulnoten und weniger negatives Befinden. Manske wies darauf hin, dass es interessant wäre, die Wirkung verschiedener Lehrmethoden auf die Schüler zu erforschen.

Um der Forschung in diesem Bereich auf eine solidere Basis zu stellen, ist die Erforschung der Grundlagen unter Laborbedingungen notwendig. Im Labor können Störvariablen eliminiert bzw. systematisch variiert werden, die Einfluss auf die abhängigen Variablen haben. So können die Ergebnisse von Feldversuchen besser interpretiert werden.

1.3 Herzrate

Die HR ist der Rhythmus des Herzen und wird in Schlägen pro Minute gemessen. Das gesunde Herz schlägt in Ruhe zwischen 50- bis 80-mal in der Minute. Die HR ist eine Variable zur Objektivierung der Beanspruchung. Sie ist sensitiv für alle physischen und psychischen Belastungen, denen ein Subjekt ausgesetzt wird (Myrtek 1980). Die Messung erfolgt im EKG. Variiert wird die HR durch das autonome Nervensystem, welches in Sympathikus und Parasympathikus unterteilt wird. Während der Sympathikus bei Stress verschiedener Art aktiviert wird, ist der Parasympathikus in Ruhe aktiv. Das Herz wird vom autonomen Nervensystem über den Sinusknoten als primären Schrittmacher innerviert. Der Sympathikus beschleunigt den Herzschlag, der Parasympathikus senkt ihn. Eine schnellere HR bedeutet, dass das Intervall zwischen den Herzschlägen immer kürzer wird. Dabei arbeiten Parasympathikus und Sympathikus antagonistisch: ein schnellerer Herzschlag kann entweder durch Erhöhung der sympathischen Aktivität oder durch Verringerung der parasympathischen Aktivität entstehen. Dieses Phänomen wird als akzentuierter Antagonismus bezeichnet. Der Sympathikus arbeitet am Herzen mit dem Neurotransmitter Noradrenalin und braucht mit 4 Sekunden für den Peak und 20 Sekunden für den Rückgang auf die Baseline im Vergleich zum Parasympathikus lange. Dieser wird durch Acetylcholin vermittelt und braucht 0,5 Sekunden für den Peak und 1 Sekunde für den Rückgang auf die Baseline (Levy

u. Martin 1979). Dieser Unterschied wird für die Auswertung der HRV genutzt. Beim Einatmen verursacht eine Abnahme des parasympathischen Einfluss ein Anstieg der HR. Beim Ausatmen verhält sich die HR umgekehrt. Dieser Einfluss wird als respiratorische Sinusarrythmie bezeichnet (Berntson et al. 1993) und ist der Hauptbestandteil der HRV (Berntson et al. 1997). Die HR wird von der physischen Aktivität, der Thermoregulation, der Atmung, den Emotionen sowie der kognitiven Beanspruchung beeinflusst.

1.4 Messung der Aktivität

Die Bewegungsaktivität kann mit Hilfe verschiedener Methoden gemessen werden. Eine Variante der Messung der Bewegungsaktivität sind Accelerometer, die mit Hilfe Schwerkraft-geeichter Lage-Sensoren die Körperlage bestimmen (Myrtek et al. 1988; Anastasiades u. Johnston 1990). Vorteil der Accelerometrie ist es, dass sie für viele Situationen eingesetzt werden kann, da die Sensoren an verschiedenen Körperregionen befestigt werden können. So können sowohl einfache Bewegungsmuster wie Stehen, Laufen und Sitzen detektiert werden, aber auch komplexere Bewegungen wie der Tremor von Parkinsonpatienten. Es werden Schwellen festgelegt, die theoretisch erwartete Werte markieren. Bei 2 Sensoren, einen vertikal an der Brust und einen Sensor sagittal am Oberschenkel, kann man die Werte 1/0 beim Stehen, 1/-1 beim Sitzen und 0/-1 beim Liegen auf dem Rücken erwarten (Myrtek et al. 2001). Voraussetzungen für zufriedenstellende Messergebnisse sind zum einen, dass die Eichung der Sensoren stabil sein muss und zum zweiten, das die Sensoren bei allen Probanden identisch angebracht werden müssen. Grenzen werden dort erreicht, wo es um die Unterscheidung zwischen dem hoch und runter steigen einer Treppe geht: die erhaltenden Signale sind sehr ähnlich, die Arbeitsbelastung ist beim Hochsteigen jedoch viel größer.

1.5 Additional Heart Rate

Die heutigen Arbeitsbedingungen werden immer weniger durch körperliche Arbeit charakterisiert; einen vermehrten Stellenwert nimmt die mentale Arbeit ein. Ebenfalls wird die emotionale Beanspruchung am Arbeitsplatz immer höher. Die HR ist einer der am besten etablierten Messwerte für emotionale Belastung. Problematisch wird es, wenn neben der emotionalen Belastung auch eine körperliche Aktivität ausgeführt wird, da beides zur Erhöhung der HR führt. Die Lösung ist die AHR: aus der HR und der Bewegungsaktivität lässt sich die Herzratenerhöhung bestimmen, welche nicht durch körperliche Ursachen (hauptsächlich dynamische und statische Muskelarbeit, aber auch thermoregulatorische Effekte) verursacht wird. Dies beinhaltet sowohl die emotionale als auch die mentale Aktivität des Individuums (Blix et al. 1974; Turner et al. 1988; Wilhelm u. Roth 1996). Sie wird auch emotional bedingte Herzratenerhöhung genannt. Selbst wenn die Probanden nur sitzen, hat die Berechnung der AHR bessere Ergebnisse geliefert, als die alleinige Verwendung der HR von der Baseline aus (Turner u. Carroll 1985; Carroll et al. 1986; Delistraty et al. 1991). Vor allem im ambulanten Assessment ist es wichtig, die AHR zu berechnen, da die Bewegungen der Probanden nicht standardisiert werden können.

Wilhelm und Roth verglichen 1998 die HR, die AHR und das Atemminutenvolumen bei Patienten mit Flugangst und gesunden Probanden. Sie setzten die Probanden drei unterschiedlichen Situationen aus: a) Verlassen eines Krankenhauses, b) Einsteigen in ein Flugzeug und c) ein Flug. Weder die HR, noch das Atemminutenvolumen unterschied sich in den 3 Situationen signifikant. Die AHR zeigte keinen signifikanten Unterschied beim Verlassen des Krankenhauses jedoch wurde der Unterschied zwischen den beiden Gruppen beim Einsteigen in ein Flugzeug signifikant. Hier reflektiert der Anstieg der AHR die erhöhte subjektive Angst der Phobiker. Myrtek et al. zeigten 2005 an einer Studie an 50 weiblichen Studentinnen, dass nicht die physiologische Aktivierung zu einen angegebenen Emotion führt, sondern vielmehr kognitive Schemata und persönliche Eigenschaften Ursachen sind, um einen Moment als emotional bedeutsam einzustufen. 2007 untersuchten Prill und Fahrenberg das ambulante Monitoring des Blutdrucks an 40 normotensiven Studenten. Sie nutzen die AHR um Momente vermehrter Emotionen zu detektieren. Die AHR einer Probandengruppe im Kino war größer, als die AHR der Probandengruppe in der Bibliothek. Auch Ebner-Primer et al. nutzten 2007 in ihren Studien zur Borderline-Persönlichkeitsstörung die AHR. Ihre Studien unterstützen die Hypothese, dass bei dieser psychiatrischen Erkrankung eine Störung der Affektregulation vorliegt.

1.6 Herzratenvariabilität

Die HRV bezeichnet die Eigenschaft der HR sich auch beim gesunden Herzen ständig belastungsabhängig geringfügig zu ändern. Die HRV ist ein Maß für das Zusammenspiel zwischen Sympathikus und Parasympathikus. Der Sympathikus senkt die HRV, der Parasympathikus erhöht sie. Ein flexibles autonomes Nervensystem kann sich schnell an stressige Zustände anpassen. Bei Beschleunigung der HR nimmt deren Variabilität ab. Nach Hottenrott (2002) ist die HRV ein Maß für die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Organismus an innere und äußere Faktoren. Die HRV ist ein sehr sensitiver und spezifischer Indikator, der bei deutlicher Abnahme auf mentale Beanspruchung, bei moderater Abnahme auf Ermüdung und bei Zunahme auf Entspannung und Erholung hinweist.

Für ihre Berechnung wird der Abstand zwischen einer und der nächsten R-Zacke im EKG benötigt.

Die Variabilität der HR hat verschiedene Ursachen:

1. pathologische Herzrhythmusstörungen
2. physiologische Sinusarrhythmie: Ein Beispiel dafür ist die respiratorisch bedingte Sinusarrythmie. Hierbei wird beim Einatmen der Abstand zwischen den R-Zacken kleiner, beim Ausatmen größer. Neben der respiratorisch bedingten Variabilität spielen auch vasomotorische, thermoregulatorische und phasische Regulation über die Barorezeptoren eine Rolle.

Das Mittlere Quadrat sukzessiver Differenzen (MQSD) ist ein Maß zur statistischen Beschreibung der HRV. Die Berechnung des MQSD erfolgt über die Berechnung der Differenz der Momentanfrequenzen (Puls pro min) von zwei aufeinander folgenden R-Zacken im EKG. Diese Differenzen

werden im Folgenden quadriert. Der MQSD ist dann die Wurzel aus dem Mittel der aufaddierten Differenzen (Myrtek et al. 2001).

$$MQSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=2,\ldots,n}(HR_i - HR_{i-1})^2}{n-1}}$$

Die Forschung zur HRV konzentriert sich auf drei Bereiche (Janik et al. 2009) :

1. Klinischer Bereich: Durch Analyse der HRV als Parameter der Funktion des vegetativen Nervensystems lassen sich Krankheiten diagnostizieren, die Auswirkungen auf den Herzschlag haben. Zum einen können diese Erkrankungen direkt das autonome Nervensystem schädigen wie z.B. diabetische Neuropathie, zum anderen haben sie indirekt Auswirkungen auf das autonome Nervensystem durch eine andauernd erhöhte Stoffwechselbeanspruchung, wie z.B. die koronare Herzerkrankung (Hottenrott u. Hoos 2009). Andere Erkrankungen, die Auswirkungen auf die HRV haben, sind psychiatrische Erkrankungen, Asphyxie bei Neugeborenen (Ekert u. Kohler 1974) und Asthma (Lehrer et al. 2006). Neben der Diagnostik hat die HRV einen Stellenwert in der Risikostratifizierung und Gesundheitsprognose des Patienten. Sie diente als Risikomarker bei Herzerkrankungen ebenso wie als prädiktiver Wert für den plötzlichen Herztod nach Herzinfarkt (Kleiger et al. 1987).

2. Sportmedizin und rehabilitative Medizin: Die HRV ist ein sensibler Marker der Individualisierung und Feinabstimmung von Trainingsbelastungen. So kann sie sowohl bei (gesunden) Leistungssportlern, als auch bei Patienten im rehabilitativen Kontext zur Objektivierung und Verbesserung der Leistung angewandt werden. Nach Hottenrott und Hoos 2009 mindert regelmäßiger ausdauerorientierter Sport die HR in Ruhe und unter Belastung und verbessert so die Prognose bei gesunden Menschen ebenso wie bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Banzer et al. belegten 2009 in einer Studie an Weltklasse-Tennisspielern, dass die HRV als Überlastungsindikator nutzbar ist. Doch auch zur Evaluation rehabilitativer Methoden wird die HRV genutzt. Bei Moorbädern, u.a. in der Rehabilitationsmedizin zur Behandlung von Schmerzen eingesetzt, verringert sich die parasympathische Aktivität wesentlich, was für Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen kritisch sein kann (Janik et al. 2009).

3. Stressmedizin und Psychophysiologie: Beim HRV-Biofeedback wird besonderer Wert auf die Synchronisation von Atmung und HR gelegt. Emotionale Reaktion der Freude gehen mit einer messbaren Synchronisation von Herz und Atmung einher (Tiller 1996), während bei Stress, Ärger oder Angst vermehrt Stresshormone ausgeschüttet werden. Das HRV-Biofeedback ist Bestandteil der Verhaltenstherapie in Pilotstudien bei Asthma, Hypertonie, Angststörungen und Depressionen (Mück-Weymann 2005), wird aber auch in betrieblichen Gesundheitsförderung zur Verbesserung des Entspannungs- und Konzentrationspotenzials der Mitarbeiter eingesetzt (Löllgen et al. 2009).

In der Psychologie wäre es interessant, durch die HRV Rückschlüsse auf die Emotionen der Probanden ziehen zu können. Eine Fragestellung der Praxis ist, wie eine erhöhte HRV bei Schülern, die sich im Unterricht melden, zu interpretieren ist. Ist diese aufgrund der Armbewegung beim

Melden überhaupt verwertbar? Welche Rolle spielen die Emotionen (z.B. Aufregung) der Schüler bei Beantwortung der Frage?

Die HRV wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, auf die während der Aufnahme der Daten geachtet werden sollte (Pfister et al. 2006). Im Kindesalter haben wir einen schnellen Herzrhythmus und somit eine geringe HRV. Im jungen Erwachsenenalter ist die HRV deutlich ausgeprägt um mit fortschreitendem Alter wieder abzunehmen. Somit zeigt die HRV unter Ruhebedingungen einen eingipfligen Altersgang. Die HR ist durch den unterschiedlichen hormonellen Haushalt sowie die anatomischen Größenverhältnisse geschlechtsspezifisch. Hinsichtlich der HRV sind die Studienergebnisse zur Geschlechtsspezifität jedoch uneinheitlich (Brüggemann et al. 1991; Umetani et al. 1998). Ein Sympathikus betonter Rhythmus des Tages wechselt sich mit einer parasympathisch betonter Nachtphase ab. Dieser Rhythmus wird häufig durch körperliche und geistige Aktivitäten überdeckt. Personen die öfters ein Ausdauertraining absolvieren haben eine verminderte Ruhe-HR und eine ausgeprägte HRV (Berbalk 1998). Jegliche Störung des autonomen Nervensystems stört die Analyse des Herzrhythmus stark (Manthei et al. 1996). Das gilt sowohl für akute als auch für chronische Erkrankungen. Lärm, Mikroklima und Luftdruck sowie weitere physikalische Faktoren beeinflussen das Verhalten von HR und HRV.

1.7 Fragestellung

Die Laborstudie misst den physiologischen Parameter HR unter Kombination von definierter körperlicher, kognitiver und emotionaler Belastung. Anschließend berechnen wir, ob sich bei Kombination der verschiedenen Aufgaben die HR annähernd additiv verhält. Wir wollen damit die im Feld auftretenden Einflüsse unter standardisierten Bedingungen erzeugen, deren Auswirkungen untersuchen und so eine Grundlage zur Interpretation im Feld gewonnener Daten geben.

Im Labor wird die körperliche Belastung üblicherweise durch Messung des vermehrten Sauerstoffverbrauchs angegeben (Turner et al. 1988). Das ist im Feld aufgrund von technischen Beschränkungen nicht möglich. Deswegen wollen wir uns bei unserer Laborstudie auch auf die im Feld machbare Messung der Aktivität über Accelerometer beschränken, um eine bessere Übertragbarkeit unserer Ergebnisse auf zukünftige Planung von Feldstudien zu ermöglichen. Die Messung der Aktivität über Accelerometer ist ein Maß für den metabolische Umsatz (Myrtek et al. 2005) und kann damit deren Berechnung mit Hilfe des Sauerstoffverbrauchs ersetzen. Die Studie des ZNL zum Thema „Untersuchung der emotionalen Beanspruchung von Schulkindern während des Schulunterrichts und in der Freizeit“ (Manske 2007) warf die Frage auf, ob die Armbewegung des Meldens eine Erhöhung der HR verursacht und wenn ja, worauf ist diese Erhöhung zurückzuführen (Aufregung, körperliche Aktivität). Deswegen werden wir prüfen, ob die Bewegung der Arme zu einer Änderung der HR führt.

Aus den Daten zur körperlichen Aktivität und der HR können wir die AHR berechnen, welche eine Aussage über den Teil der HR macht, der durch Emotionen und mentale Aktivität verursacht wird. Die Frage ist, wie sich die AHR beim Anschauen verschiedener Film zum Auslösen neutraler, positiver und negativer Emotionen und bei mentaler Belastung verhält. Werden unsere

ausgewählten Filme eine AHR bei den Probanden auslösen und können die Probanden eine Veränderung ihrer Emotionen angeben? Die AHR als Messfaktor für emotionale Erregung erreicht ihre Grenzen, wenn neben der emotionalen Anstrengung mentale Arbeit verrichtet wird, vor allem am Beginn einer Aufgabe (Myrtek et al. 1990). Mentale Arbeit werden wir in unserer Studie durch die Rechenaufgaben induzieren und durch die HRV messen.

Über die Aufzeichnung des EKGs kann die HRV berechnet werden. Es stellt sich uns die Frage, ob aus der HRV zuverlässig auf kognitive und / oder körperliche Belastung zurückgeschlossen werden kann. Interessant ist, ob das Laufen oder die emotionale Beanspruchung die Messungen so stören, dass keine Rückschlüsse auf die mentale oder emotionale Belastung mehr gezogen werden können. Die praktische Relevanz dieser Frage ist zu erkennen, wenn während vermehrter Bewegung im Unterricht (wie z.B. beim Lernen mit Hilfe von Projekten an verschiedenen Stationen im Raum) eine Messung anderer Parameter (z.B. der emotionalen HR oder der HRV) angedacht wird. Ein weiterer Einflussfaktor auf die HRV sind eine Vielzahl von Medikamente, weshalb die Einnahme von Medikamenten in unserem Fragebogen zum Gesundheit- und Freizeitverhalten abgefragt wird.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchspersonen

Beschreibung der Probandengruppe: An der Untersuchung nahmen je 20 Schülerinnen und Schüler im Alter von 14–15 Jahren (25 14-jährige und 15 15-jährige) aus Gymnasien der Stadt Ulm und des angrenzenden Alb-Donau-Kreises teil. Die Körpergröße betrug im Durchschnitt 168 cm mit den Minimalwerten 158 cm bei den Mädchen und 150 cm bei den Jungen sowie den Maximalwerten von 178 cm bei den Mädchen und 185 cm bei den Jungen. Das durchschnittliche Körpergewicht lag bei 56 kg mit den Minimalwerten 39 kg bei den Mädchen und 36 kg bei den Jungen sowie den Maximalwerten von 78 kg bei den Mädchen und 90 kg bei den Jungen. Der BMI betrug in Durchschnitt 19 kg/m^2. Zwei Mädchen hatten Untergewicht und ein Mädchen hatte Übergewicht. Drei der Jungen hatten Untergewicht und ein Junge hatte Übergewicht. Keiner der Probanden nahm Beruhigungstabletten ein. 19 Probanden gaben an Schmerztabletten einzunehmen (16 Probanden: einige Male pro Jahr, zwei Probanden: einige Male im Monat, ein Proband: mehrmals in der Woche). Keiner der Probanden war mit Ritalin therapiert. Als weitere Medikamente gaben zwei Schüler Heuschnupfentabletten täglich, ein Schüler Reisekaugummi einige Male pro Jahr, ein Schüler Hustentabletten einige Male pro Jahr, ein Schüler Antibiotika einige Male pro Jahr, zwei Schüler Tabletten gegen Akne mehrmals in der Woche, ein Schüler Vitamin C einige Male pro Jahr, ein Schüler Globuli einige Male pro Jahr, ein Schüler Paracetamol einige Male pro Jahr und ein Schüler Asthmaspray an. Die Mehrzahl der Probanden macht mehr als drei Mal in der Woche Sport und bewegt sich mehr als einmal in der Woche aktiv fort (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Angaben zur sportlichen Aktivität und zur aktiven Fortbewegung der 40 Jugendlichen im Alter von 14 –15 Jahren

	Nie	Einmal im Monat	Einmal in der Woche	3 mal in der Woche	(fast) täglich
Sport (im Verein oder Selbstorganisiert)	2	2	9	16	11
aktive Fortbewegung (z.B. tägl. Fahrradfahren, längere Strecken zu Fuß gehen, oder ähnliches)	1	4	11	3	21

7,5 % aller Probanden sehen sich als sehr gut, 55 % als gut trainiert, 27,5 % als mittelmäßig und 10 % als wenig trainiert an (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: subjektive Einschätzung der eigenen Fitness von 40 Jugendlichen im Alter von 14 –15 Jahren

	sehr gut	gut	mittelmäßig	wenig	überhaupt nicht
Wie trainiert bist du?	3	22	11	4	0

Ein- und Ausschlusskriterien: Die Probanden mussten gesund sein und mit Hilfsmitteln (Kontaktlinsen, Brille) einen normalen Visus aufweisen. Weitere Voraussetzung war die schriftliche Zustimmung des Jugendlichen sowie dessen Erziehungsberechtigten zur Untersuchung. Außerdem mussten die Probanden der deutschen Sprache mächtig sein. Eine Pflasterallergie war neben akuten und chronischen Erkrankungen ein Ausschlusskriterium.

Vergütung: Als Aufwandsentschädigung gab es für jeden Teilnehmer einen Gutschein einer Drogeriekette im Wert von 15€.

Ansprache

Die Studie wurde ca. 250 Schülern aus Gymnasien der Stadt Ulm und des angrenzenden Alb-Donau-Kreises in der Schule vorgestellt. Die entsprechenden Rektoren und zuständigen Lehrer hatten eingewilligt und waren z.T. bei der Präsentation anwesend. Diese enthielt im Wesentlichen folgende Informationen:

- Vorstellung des durchführenden Institutes sowie der durchführenden Personen
- Informationen zum Ablauf des Versuches und des theoretischen Hintergrundes
- Hinweis auf die Freiwilligkeit der Teilnahme und die Datenschutzrichtlinien
- Hinweis auf die Vergütung durch einen Gutschein der Drogeriekette im Wert von 15 Euro
- Hinweis, bei Interesse die unterschriebene Einwilligungserklärung mit vermerkter Telefonnummer beim Klassenlehrer abzugeben
- Ausgabe der Elterninformation (siehe Anhang A) sowie der Einwilligungserklärungen (siehe Anhang B)
- Möglichkeit zur Klärung offener Fragen

Die Elterninformation enthielt folgende Informationen (siehe Anhang A):

- Vorstellung der Studie mit ihrem Ziel
- Ein- und Ausschlusskriterien für die Probanden
- Ablauf der Untersuchung
- Durchführende Personen
- Hinweise auf die Freiwilligkeit, Erreichbarkeit während der Untersuchung, Versicherung, Schweigepflicht/Datenschutz, Möglichkeit zur weiteren Klärung offener Fragen auf telefonischem Wege

Auf der Einwilligungserklärung (siehe Anhang B) standen Informationen über Inhalt, Vorgehensweise, Risiken und Ziel des Forschungsobjektes sowie Angaben zum Datenschutz. Auf diesem Zettel sollten sowohl die Probanden als auch deren Erziehungsberechtigte zwei Mal unterschreiben.

Die Einwilligungserklärung wurde dann an die die Untersuchung durchführende Person weitergeleitet, welche telefonisch Kontakt zu den Schülern aufnahm.

Ausfälle

Aufgrund von Aufzeichnungsausfällen konnten vereinzelt nur Aufzeichnungen von weniger als 40 Versuchspersonen bei den gemeinsamen Aufgaben und 20 Personen bei der Variation der positiven / negativen Emotion in die Auswertung eingehen. Tabelle 3 zeigt, wie viele Versuchspersonen in die Auswertung mit eingingen, aufgeschlüsselt nach den entsprechenden Aufgaben, die die Versuchspersonen gerade ausführten.

Tabelle 3: Eingang der Daten der 40 Jugendlichen im Alter von 14 –15 Jahren in die Auswertung

EG[a]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N_d	40	40	40	40	40	40	20	20	20	20
N_a	39	39	37	37	38	37	19	20	20	19
EG[a]	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N_d	20	20	20	20	40	40	40	40	40	40
N_a	20	20	20	20	39	39	22	25	30	33

Anmerkungen. Darstellung der in die Auswertung mit eingeflossenen Daten (N_a)in Bezug zu den gemessenen Daten (N_d)

[a] Ereignissgruppen (EG) 1 = Ruhemessung im Sitzen, 2 = Ruhemessung im Stehen, 3 = Neutraler Film_Stehen, 4 = Neutraler Film_ Laufen, 5 = Neutraler Film_Rechnen, 6 = Neutraler Film_Laufen_Rechnen, 7 = Positiver Film_Stehen, 8 = Positiver Film_Laufen, 9 = Positiver Film_Rechnen, 10 = Positiver Film_Laufen_Rechnen, 11 = Negativer Film_Stehen, 12 = Negativer Film_Laufen, 13 = Negativer Film_Rechnen, 14 = Negativer Film_ Laufen_Rechnen, 15 = Langsames Gehen ohne Arme, 16 = Langsames Gehen mit Armen, 17 = Schnelles Gehen ohne Arme, 18 = Schnelles Gehen mit Armen, 19 = Melden, 20 = Gähnen

2.2 Materialien

2.2.1 Filme

Zur Induktion der neutralen / positiven / negativen Stimmung wurden kurze Filmsequenzen genutzt. Alle Filmsequenzen wurden ohne Ton gezeigt, um Störvariablen wie Sprache und Musik zu minimieren. Die Filmsequenzen wurden zwei Mal abgespielt und dauerten somit 2 x 1:32 Minuten = 3:04 Minuten. Folgende Szenen wurden den Probanden gezeigt:

- neutrale Stimmung: Als neutraler Film wurde eine Filmsequenz aus „Hannah and her Sisters" gewählt. Zwei Frauen gehen einkaufen. Der Film wurde von Orion Pictures 1986 produziert.
- positive Stimmung: Als positiver Film wurde eine Filmsequenz aus „An Officer and a Gentleman" gewählt. Zu sehen ist ein Mann, der eine Frau auf ihrer Arbeit trifft, sie küsst und

anschließend aus der Fabrik trägt. Der Film wurde von Lorimar Film Entertainment 1982 produziert.

- negative Stimmung: Als negativer Film wurde eine Filmsequenz aus „My Bodyguard“ gewählt. Ein schmächtiger junger Mann wird von einem kräftigeren Mann angegriffen. Der Film wurde von 20th Century Fox, 1980 produziert.

Die Auswahl dieser Filmsequenzen erfolgte auf Grundlage einer Studie von Hewig et al. aus dem Jahre 2005. Ziel der Studie war die Evaluation von bereits in anderen Studien genutzten Filmen zum Auslösen spezifischer Emotionen sowie das Finden von vergleichbaren neutralen Stimuli aus kommerziellen Filmen. Dabei wurden 20 Filmsequenzen der Länge 29 bis 236 Sekunden anhand von Emotionsskalen in die Rubriken Ärger, Unterhaltsamkeit, Ekel, Angst und Trauer und eine neutrale Gruppe eingestuft. Probanden waren 38 Studenten der Universität Trier, welche in vier Gruppen eingeteilt wurden und auf einem Farbfernseher in einem normalen Klassenraum die Szenen in randomisierter Reihenfolge gezeigt bekamen. Hierbei erhielt die Filmsequenz aus „An Officer and a Gentleman“ hohe Bewertungen in der Rubrik Unterhaltsamkeit (repräsentiert durch die Wörter Freude, Vergnügen, Unterhaltung) und „My Bodyguard“ hohe Bewertungen in der Rubrik Ärger (repräsentiert durch die Wörter Wut und Ärger). Bei „Hannah and her Sister“ gab es annähernd keine Differenz zwischen ausgelösten positiven und negativen Emotionen, was die Einteilung in die neutrale Gruppe begründete.

2.2.2 Konzentrationsaufgabe

Die Rechenaufgabe sah vor, dass der Proband von zufällig ausgewählten Zahlen in dreier-Schritten rückwärts rechnete. Für die Übungsaufgabe wurde die Zahl 112 gewählt, für die weiteren Aufgaben 766, 770, 745 und 751.

2.2.3 Herzelektroden

Die EKG-Elektroden (Kendall, Arbo, EKG-Elektroden H92SG) wurden an folgenden Punkten des Oberkörpers befestigt:

1. schwarz: als Referenzelektrode auf der rechten Thoraxseite
2. rot: fünfter Intercostalraum in der Medioclavicularlinie im Bereich der Herzspitze
3. blau: zwei Finger breit unter der linken Clavicula

Die rote und die blaue Elektrode sind bipolar verschaltet und dienen zur Messung der HR (in Anlehnung an die Vorgaben von Myrtek et al. 2001).

2.2.4 Bewegungssensoren

Es gibt drei Methoden, Bewegung im Labor mit Hilfe technischer Geräte zu messen (Bussmann et al. 2009):

1. **mechanische Zähler:** Messgeräte zum Zählen der Bewegung (z.B. Schrittzähler) messen lediglich die Anzahl, nicht aber die Intensität der Bewegung. Sie liefern Daten, wie lange eine Person aktiv ist, aber nicht wie intensiv diese Aktivität ist. Solche Messgeräte sind preiswert und damit auch für große Studien finanzierbar (Corder et al. 2007).
2. **Aktimetrie**: Aktometer messen die Intensität der Bewegung über die Zeit. Sie machen Aussagen zur Bewegungsintensität, Erscheinungsrate und Dauer von körperlicher Aktivität (Corder et al. 2007).
3. **Accelerometrie**: Accelerometrie misst Bewegungen durch Auswertung eines Signals von einem Bewegungssensor. Accelerometer messen Körperposition (stehend, sitzend, ...) sowie die körperliche Aktivität und Bewegungsmuster (gehend, laufend, ...). Das ist möglich durch piezoelektrische Beschleunigungssensoren. Bei mechanischer Deformation (Kompression oder Scherung) kommt es durch die Beschleunigung zu einer Druckschwankung. Diese führt zu einer Ladungstrennung und damit zu einer abgreifbaren elektrischen Spannung an den Elektroden. Diese Spannung ist messbar und enthält ein DC-Signal zur Beschreibung der Beschleunigung entlang der Gravitationsachse (Körperlage) und ein AC-Signal zur Beschreibung der Beschleunigung entlang der sensitiven Achse (Bewegungsintensität) (Chen u. Bassett, 2005).

Die Geräte unterscheiden sich weiterhin in Sensortyp (mechanischer Sensor, Beschleunigungssensor, Gyrosensor, ...), Anzahl der Sensoren, Ort der Befestigung der Sensoren, Anzahl der Messachsen, Richtung der Messachsen, Datenspeicherung, Datenübertragung, Datenaufbereitung, Datenauswertung, Enddatentyp und der Möglichkeit weitere Signale (elektrodermale Aktivität, HR, Elektromyogramm) zu synchronisieren (Bussmann et al. 2009).

Wir entschieden uns in unserem Experiment für die Verwendung von Accelerometer, da diese Bestandteil des Freiburger Monitoring System (FMS) sind und so deren Daten direkt in die Berechnung der AHR eingehen konnten. Unsere Accelerometer befestigten wir an folgenden Stellen:

1. 3D-Accelerometer im unteren Drittel des Sternums
2. 1D-Acellerometer mittig längs an der Außenseite von rechtem und linkem Oberarm
3. 1D-Acellerometer mittig längs an der Außenseite von rechtem und linkem Oberschenkel

Die Daten der Bewegung wurden zeitlich parallel zu den anderen aufgenommen Daten wie dem EKG aufgenommen und anschließend synchron ausgewertet. Leider konnte aus Softwaretechnischen Gründen nur der 3D-Accelerometer am Sternum und der 1D-Accelerometer am linken Oberschenkel mit in die Berechnung eingehen.

2.2.5 Freiburger Monitoring System und das Variportmessgerät

Das FMS ist ein System zum ambulanten Monitoring. Grundlage ist das nahezu additive Verhalten der HR bei Mehrfachbelastung (Myrtek u. Spital 1986), wie es Abbildung 1 zeigt: die Kombination von 2 Stressoren führt zu einer fast additiven Erhöhung der HR als die von den einzelnen Stressoren hervorgerufene Erhöhung. Wenn aus der HR die energetische Beanspruchung (z.B. das Laufen

auf dem Laufband) herausgerechnet werden kann, bleibt die emotionale/mentale Beanspruchung (Kopfrechnen/Film anschauen) übrig.

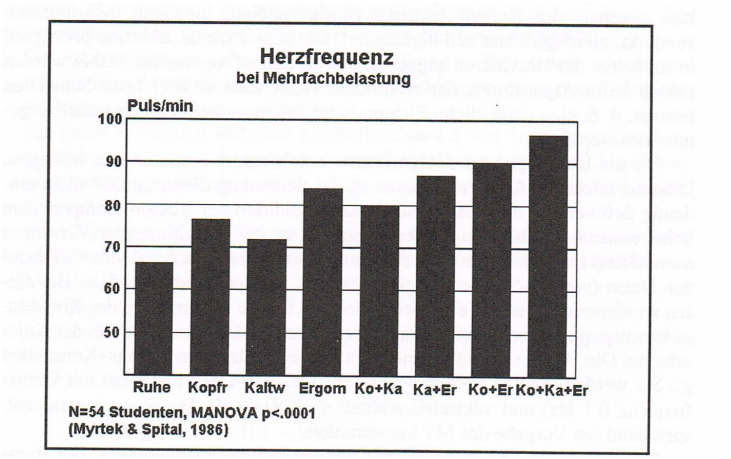


Abbildung 1: Herzrate in Ruhe, beim Kopfrechnen (Kopfr), bei einem Kalt-Wasser-Test (Kaltw; Hand in Eiswasser getaucht), bei leichter Belastung mit dem Fahrradergometer (Ergom) sowie bei den Kombinationen der genannten Belastungen; Adaptiert aus *Myrtek und Spital (1986).*

Mit dem FMS können gleichzeitig physiologische, psychologische und behaviorale Daten aufgezeichnet werden. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die verschiedenen Komponenten der Beanspruchung (emotionale, mentale, energetische) getrennt zu erfassen. Weiterhin ermöglicht das FMS eine umfassende Biosignalanalyse sowie die Segmentierung des Datensatzes anhand der behavioralen Daten und weiterer Codierungen. Folgende Beanspruchungskomponenten können erfasst werden:

Gesamtbeanspruchung: Die HR ist die Summe aller physischen und psychischen Beanspruchungen (Fahrenberg et al. 1979; Mytrek 1980). Sie kann auf dem Elektrokardiogramm (EKG) als Abstand von R-Zacke zu R-Zacke ausgelesen werden.

Energetische Beanspruchung: Mit dem FMS wird die energetische Belastung durch die Aufzeichnung der Bewegungsaktivität gemessen. Standardmäßig benutzt das FMS Beschleunigungsaufnehmer am Rumpf und am Oberschenkel.

Emotionale Beanspruchung: Das Kernstück des FMS ist die Messung der emotionalen HR. Dafür wird eine On-line-Analyse der HR (mit Hilfe eines EKGs) und der körperlichen Aktivität (mit Hilfe von zwei Accelerometern) vorgenommen. Anschließend werden beide Parameter miteinander in Beziehung gesetzt, um die Herzratenerhöhung zu berechnen, welche nicht durch körperliche Aktivität ausgelöst ist. Diese wird als AHR zu bezeichnet (Myrtek et al. 1988; Fahrenberg u. Myrtek 2000). Parallel dazu füllen die Probanden Fragebögen zu ihrem momentanen Befinden aus, welche im Nachhinein mit den aufgezeichneten Parametern in Beziehung gesetzt werden. Aufgezeichnet und gespeichert wird lediglich die ST-Strecke vom Datenaufzeichungsgerät Vitaport-2. Zusätzlich werden mit Hilfe von Accelerometern drei Achsen am Sternum und eine Achse oberhalb der Kniescheibe ausgewertet, um die Körperposition im Raum und die Bewegungsaktivität zu registrieren.

Die Verwendung der AHR als Maß für die mentale und emotionale Belastung kann nach Wilhelm und Roth (1998) der Verwendung der Atemminutenvolumen vorgezogen werden, weshalb wir uns dafür entschieden, diese Variante der Messung zu verwenden.

Mentale Beanspruchung: Als Maß für die mentale Beanspruchung wird das MQSD als Parameter der HRV angewandt. Bei zunehmender Beanspruchung nimmt die HRV ab (Wilson 1988).

Erfassung von Körperposition und Bewegung: Das FMS kann mit Hilfe von vier Bewegungssensoren elf Situation erfassen. Diese Sensoren sind ein 3D-Accelerometer am Sternum der die Richtungen sagittal, lateral und vertikal detektieren kann und ein Sensor sagittal am Oberschenkel befestigt. So können folgende Situationen erfasst werden:

1. Liegen, flach auf dem Rücken
2. Liegen, linke Seite
3. Liegen, rechte Seite
4. Sitzen, aufrecht
5. Sitzen, vorgebeugt
6. Sitzen, zurückgelehnt
7. Stehen
8. Gehen
9. Treppe, hinauf
10. Treppe, herab
11. Fahrradfahren

Varioport: Die Aufzeichnung der Daten erfolgte mit einem Varioportmessgerät der Firma Becker Meditec, Karlsruhe. Das Varioportmessgerät ermöglicht die Messung verschiedener physiologischer Parameter. Wir nutzen den Variport um die HR und die Bewegungsaktivität zu messen und on-line auszuwerten. Das Messgerät wurde in einer Tasche getragen, die mit Hilfe von Gurten über der rechten Brust befestigt wurde (siehe Abbildung 2).

2.2.6 Laufband

Tryon fand 1991 heraus, dass sehr hohe Korrelationen zwischen der Sauerstoffaufnahme, als Maß für die energetische Belastung und der Bewegungsaktivität am Laufbandergometer bestehen.

Für die Induktion der gleichmäßigen Bewegung wurde das Laufband „Skyline 058 N1“ der Firma Schmidt Sportsworld verwandt. Wir benutzten zwei Geschwindigkeitsstufen des Laufbandes: während der Filme wurde eine Geschwindigkeit von zwei Kilometer pro Stunde eingestellt um eine moderate Belastung zu induzieren (spazieren gehen). Am Ende des Versuches wurde mit fünf Kilometer pro Stunde ein langsames Joggen nachgestellt um einen Vergleich zu haben, welche Parameter sich im Vergleich zur ersten Geschwindigkeit ändern.

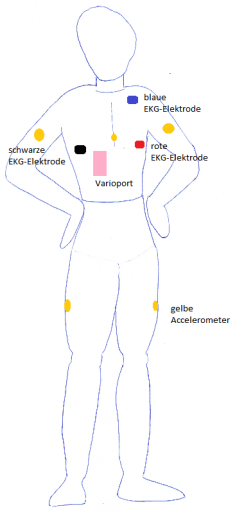
a)  b) 

Abbildung 2: a) Schülerin mit kompletter Verkabelung und b) Schematische Abbildung von der Position der Elektroden (blau = blaue Elektrokardiogrammelektrode, rot = rote Elektrokardiogrammelektrode, schwarz = schwarze Elektrokardiogrammelektrode, rosa = Variport, gelb = Accelerometer)

2.2.7 Fragebögen

VGZ

Der Fragebogen wurde 2007 von Feist und Stephan zur Bewertung des momentanen Gefühlzustandes entwickelt (siehe Anhang C). Er erfasst emotionales Erleben in fünf Dimensionen (siehe Tabelle 4):

1. negatives Gefühl mit den Items gedrückt, unzufrieden, unwohl
2. positives Gefühl mit den Items fröhlich, gut, glücklich
3. Interesse mit den Items fasziniert, interessiert, desinteressiert
4. Erregung mit den Items ruhig, nervös, unruhig
5. Wachheit mit den Items müde, schläfrig, wach

Die Items werden von den Probanden auf einer Ordinalskala von 0 = *gar nicht* bis 4 = *sehr* nach dem ersten Anschauen des neutralen bzw. des positiven/negativen Filmausschnittes bewertet. Folgende Items müssen für die Berechnungen der Mittelwerte umcodiert werden (0 = 4, 1 = 3, 2 = 2, 3 = 1, 4 = 0): desinteressiert, ruhig, müde und schläfrig. Der Proband kann in jeder Skala summiert einen Punktwert von maximal 12 erreichen. Dabei bedeuten 12 Punkte:

1. ein sehr negatives Gefühl bei Skala 1
2. ein sehr positives Gefühl bei Skala 2
3. ein sehr hohes Interesse bei Skala 3
4. ein sehr hohes Maß an Erregung bei Skala 4

5. ein sehr wacher Zustand bei Skala 5

Tabelle 4: Anordnung der Items im Fragebogen zur Bewertung des momentanen Gefühlzustandes (VGZ) entwickelt von Feist und Stephan 2007. Dargestellt sind die 15 Adjektive mit ihrer vierstufigen Bewertungsskala sowie die für den Befragten nicht einsehbare Bewertung der Items 0 bis 4

		gar nicht				sehr
1.	gedrückt	0	1	2	3	4
2.	fröhlich	0	1	2	3	4
3.	fasziniert	0	1	2	3	4
4.	ruhig	0	1	2	3	4
5.	müde	0	1	2	3	4
6.	unzufrieden	0	1	2	3	4
7.	gut	0	1	2	3	4
8.	interessiert	0	1	2	3	4
9.	nervös	0	1	2	3	4
10.	schläfrig	0	1	2	3	4
11.	unwohl	0	1	2	3	4
12.	glücklich	0	1	2	3	4
13.	desinteressiert	0	1	2	3	4
14.	unruhig	0	1	2	3	4
15.	wach	0	1	2	3	4

KAB

Der verwendete Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB) wurde 1993 von Müller und Basler entwickelt (siehe Anhang D). Er korreliert mit der aktuell wahrgenommenen und erwarteten psychischen Beanspruchung in naher Zukunft. Der große Vorteil dieses Fragebogens ist die kurze Ausfülldauer von etwa einer halben Minute. Deswegen eignet er sich gut für die Verlaufsdiagnostik innerhalb kurzer Retestintervalle. So kann die Veränderung subjektiv erlebter Beanspruchung innerhalb kurzer Zeiträume aufgezeichnet werden.

Der Proband wird aufgefordert seinen momentanen Gefühlszustand in sechs Dimensionen von gegensätzlichen positiven und negativen Adjektiven einzuordnen (Jetzt fühle ich mich: *angespannt / gelassen, beklommen / gelöst, unbekümmert / besorgt, unruhig / entspannt, skeptisch / vertrauensvoll, behaglich / unwohl*). Dabei steht ihm eine sechsstufige Bewertungsskala zur Verfügung (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Bewertung der aktuellen psychischen Beanspruchung im Kurzfragebogen (KAB) entwickelt von Müller und Basler 1993. Dargestellt sind die sechs Gegensatzpaare der Adjektive mit der sechsstufigen Bewertungsskala sowie die für den Befragten nicht einsehbare Bewertung der Items 1 bis 6

„Jetzt fühle ich mich...“							
	sehr	ziemlich	eher	eher	ziemlich	sehr	
angespannt	6	5	4	3	2	1	gelassen
gelöst	1	2	3	4	5	6	beklommen
besorgt	6	5	4	3	2	1	unbekümmert
entspannt	1	2	3	4	5	6	unruhig
skeptisch	6	5	4	3	2	1	vertrauensvoll
behaglich	1	2	3	4	5	6	unwohl

Der Durchschnitt der sechs angekreuzten Felder aus Tabelle 4 ergibt das Maß der aktuell wahrgenommenen und in naher Zukunft erwarteten psychischen Beanspruchung.

Fragebogen über Gesundheit und Freizeitverhalten

Der von uns zusammengestellte Fragebogen soll Informationen über die Gesundheit und das Freizeitverhalten des Jugendlichen festhalten (siehe Anhang E). Er ist aufgeteilt in verschiedene Abschnitte:

1. Angaben zur Person: Geschlecht und Alter
2. Allgemeiner Gesundheitszustand und Krankheiten: Körpergröße, Körpergewicht, Einnahme von Medikamenten in den letzten zwölf Monaten (Beruhigungstabletten, Schmerztabletten, Ritalin, andere Tabletten) in einer Skala *nie, einige Male pro Jahr, einige Male pro Monat, mehrmals in der Woche*
3. Freizeit: Ausübung der Tätigkeiten Sport und aktive Fortbewegung *nie, einmal im Monat, einmal in der Woche, 3 Mal in der Woche* oder *(fast) täglich*
4. Selbsteinschätzung der körperlichen Fitness: *sehr gut, gut, mittelmäßig, wenig, überhaupt nicht trainiert*

2.2.8 Anleitungen

Anleitung zum allgemeinen Vorgehen (siehe Anhang F) Diese Anleitung enthielt die Information, dass Jungen und Mädchen im Alter von 14 - 15 Jahren an der Untersuchung teilnehmen können, sowie alle weiteren Ein- und Ausschlusskriterien. Weiterhin wurde ein grober Ablaufplan für die Untersuchung gezeigt und der Hinweis auf den am Ende zu erhaltenden Drogerie Müller-Gutschein gegeben. Zusätzlich war der Hinweis auf das jederzeit und ohne Angabe von Gründen mögliche Abbrechen hier zu finden.

Anleitung für das Schauen der Filme (siehe Anhang G) Diese Anleitung enthielt die Information, dass dem Probanden zwei Filme gezeigt werden, welche dieser sich konzentriert und

ohne unnötige Bewegungen und Kommentare anschauen soll. Am Ende des Films soll sich der Proband gedanklich noch ein wenig mit dem Film beschäftigen. Am Beginn des Films soll der Proband die M1-Taste des Varioports einmal drücken, am Ende des Films zweimal.

Anleitung für das Laufen auf dem Laufband (siehe Anhang H) Diese Anleitung erklärte die verschiedenen Bewegungsarten, welche jeweils drei bis vier Minuten durchzuführen waren. Der Proband sollte dabei außer beim Wunsch nach Abbruch des Versuches nicht sprechen.

Anleitung für die Rechenaufgabe (siehe Anhang I) Diese Anleitung erklärte das Prinzip der Rechenaufgabe erst theoretisch, dann an einem Beispiel. Dabei sollten keine Pausen gemacht werden, bis vom Versuchsleiter das Ende erklärt wurde.

2.3 Studienaufbau und Versuchsablauf

Allgemeines

Der folgende Studienaufbau wurde der Ethikkommission der Universität Ulm unter der Nummer 120/07 vorgelegt (am 06.06.2007) und bewilligt (am 03.07.2007).

Das Projekt wurde geleitet von Herrn Dr. Thomas Kammer, Professor an der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III der Universitätsklinik Ulm. Mitarbeiter am Projekt waren neben mir Frau Dr. Katrin Hille als Forschungsleiterin des ZNL (Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen), Frau Dr. Judith Streb als wissenschaftliche Mitarbeiterin des ZNL, sowie Frau Susanne Hafner als Medizinstudentin der Universität Ulm.

Die Untersuchungen wurden am ZNL durchgeführt: Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen, Beim Alten Fritz 2, 89075 Ulm.

Aufgaben und deren Reihenfolge

Untersucht wurden je 20 Schülerinnen und Schüler. Diese hatten folgende Aufgaben zu bewältigen:

1. Schauen des Films + Stehen: Anschauen der Filmsequenz beim Stehen auf dem Laufband mit fixierten Armen
2. Schauen des Films + Laufen auf dem Laufband: Laufen auf dem Laufband mit einer Geschwindigkeit von zwei Kilometer pro Stunde und fixierten Armen, währenddessen Anschauen der Filmsequenz
3. Schauen des Films + Rechnen: Vorgabe eine Startzahl für die Rechenaufgabe und Start der Rechnung, während des Rechnens Anschauen der Filmsequenz
4. Schauen des Films + Laufen auf dem Laufband + Rechnen: Laufen auf dem Laufband mit einer Geschwindigkeit von zwei Kilometer pro Stunde und fixierten Armen, gleichzeitig Vorgabe der Startzahl für die Rechnung, während des Rechnens und des Laufens Anschauen der Filmsequenz

Jeweils 10 weiblich und 10 männliche Probanden schauten den Film, welcher positive Emotionen auslösen sollte, die anderen Teilnehmer der Untersuchung schauten den Film, welcher die negativen Emotionen auslösen sollte (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Zuteilung der Emotionen zu den 40 Versuchspersonennummern

	positive Emotion	negative Emotion
weiblich	VP 1-10	VP 11-20
männlich	VP 21-30	VP 31-40

Anmerkungen. VP = Versuchsperson

Um Reihenfolgeeffekten vorzubeugen wurde eine Permutation der Aufgaben vorgenommen. Aus den 24 möglichen Permutationen (siehe Tabelle 7) wurden zufällig je 10 Permutationen für den positiven und den negativen Film ausgewählt (siehe Tabelle 8 und 9).

Tabelle 7: mögliche Permutationen der kognitiven, emotionalen und körperlichen Beanspruchungen

mögliche Permutationen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Film + Stehen	1	4	3	2	1	2	3	4	1	4	2	3
Film + Laufen	2	1	4	3	4	1	2	3	3	1	4	2
Film + Rechnen	3	2	1	4	3	4	1	2	2	3	1	4
Film + Laufen + Rechnen	4	3	2	1	2	3	4	1	4	2	3	1
mögliche Permutationen	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Film + Stehen	1	3	2	4	1	2	4	3	1	3	4	2
Film + Laufen	4	1	3	2	3	1	2	4	2	1	3	4
Film + Rechnen	2	4	1	3	4	3	1	2	4	2	1	3
Film + Laufen + Rechnen	3	2	4	1	2	4	3	1	3	4	2	1

Tabelle 8: verwendete Permutationen für den positiven Film zur Auslösung von emotionaler Beanspruchung

	positiver Film + Stehen	positiver Film + Laufen	positiver Film + Rechnen	positiver Film + Laufen + Rechnen
VP 1 (w) und VP 21 (m)	1	2	3	4
VP 2 (w) und VP 22 (m)	4	1	2	3
VP 3 (w) und VP 23 (m)	3	4	1	2
VP 4 (w) und VP 24 (m)	2	3	4	1
VP 5 (w) und VP 25 (m)	1	4	3	2
VP 6 (w) und VP 26 (m)	2	1	4	3
VP 7 (w) und VP 27 (m)	3	2	1	4
VP 8 (w) und VP 28 (m)	4	3	2	1
VP 9 (w) und VP 29 (m)	1	3	2	4
VP 10 (w) und VP 30 (m)	4	1	3	2

Anmerkungen. VP = Versuchsperson

Tabelle 9: verwendete Permutationen für den negativen Film zur Auslösung von emotionaler Beanspruchung

	negativer Film + Stehen	negativer Film + Laufen	negativer Film + Rechnen	negativer Film + Laufen + Rechnen
VP 11 (w) und VP 31 (m)	2	4	1	3
VP 12 (w) und VP 32 (m)	3	2	4	1
VP 13 (w) und VP 33 (m)	1	4	2	3
VP 14 (w) und VP 34 (m)	3	1	4	2
VP 15 (w) und VP 35 (m)	2	3	1	4
VP 16 (w) und VP 36 (m)	4	2	3	1
VP 17 (w) und VP 37 (m)	1	3	4	2
VP 18 (w) und VP 38 (m)	2	1	3	4
VP 19 (w) und VP 39 (m)	4	2	1	3
VP 20 (w) und VP 40 (m)	3	4	2	1

Anmerkungen. VP = Versuchsperson

Als Baselinemessung wurden zu Beginn des Versuches eine dreiminütige Ruhemessung im Sitzen sowie im Stehen durchgeführt. Außerdem wurde vor der Permutation mit dem entsprechend emotionsauslösenden Film eine Messung mit einem Film durchgeführt, der keine Emotionen auslösen sollte (im Folgenden „neutraler Film“ genannt).

Jeweils nach dem ersten Schauen eines Filmes wurde der VGZ zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes vorgelegt. Nach jedem Schauen eines Filmes wurde der KAB zur Messung der aktuellen Beanspruchung vorgelegt.

Nach den beiden Filmaufgaben folgten zusätzliche Messungen um den Einfluss der Armbewegung besser bewerten zu können.

1. fünf Mal Melden nach Aufforderung
2. fünf Mal Gähnen nach Aufforderung
3. Langsames Gehen (zwei Kilometer pro Stunde) ohne Arme für drei Minuten
4. Langsames Gehen (zwei Kilometer pro Stunde) mit Armen für drei Minuten
5. Schnelles Gehen (fünf Kilometer pro Stunde) ohne Arme für drei Minuten
6. Schnelles Gehen (fünf Kilometer pro Stunde) mit Armen für drei Minuten

Auch bei diesen Aufgaben wurde wieder permutiert: o.g. Reihenfolge 1. bis 6. galt für alle ungeraden Versuchspersonennummern, für alle geraden Versuchspersonennummern wurde bei 3. und 5. die Arme entsprechend der normalen Laufbewegung mitgenommen; dementsprechend waren bei 4. und 6. die Arme fixiert.

Durchführung

Vorbereitung

Die Schüler kamen in den Untersuchungsraum, welcher sich im ZNL befand. Nach der Begrüßung der Probanden gab es für diese die Möglichkeit sich bequeme sportliche Kleidung anzuziehen. Die Anleitungen sowie das entsprechende Versuchspersonenprotokoll wurden bereitgelegt. Anschließend wurden alle Elektroden präpariert (Hautleitwertelektroden, EKG-Elektroden, Bewegungssensoren) und die technischen Geräte (Computer, Laufband) eingeschaltet. Zusammen mit dem Probanden wurde geklärt, dass die schriftliche Einverständniserklärung vorliegt und alle Ein- bzw. Ausschlusskriterien erfüllt sind. Anschließend wurde die "Anleitung zum Allgemeinen Vorgehen" vorgelegt. Hier wurde der Hinweis gegeben, dass der Proband die Untersuchung jederzeit und ohne Angabe von Gründen abbrechen kann. Der Proband bekam den "Fragebogen über Gesundheit und Freizeit" zum Ausfüllen vorgelegt. Anschließend wurden die EKG-Elektroden und die Bewegungssensoren platziert.

Danach wurde der Varioport gestartet. Die Messung begann mit einer Ruhemessung drei Minuten im Sitzen (Ereignisgruppe 1, im Folgendem EG 1), es folgte eine Ruhemessung drei Minuten im Stehen mit fixierten Armen (EG 2). Anschließend begannen drei Übungsrunden:

1. Übung Laufband: Die "Anleitung für das Laufen aus dem Laufband" wurde vorgelegt und dann wurde das Gehen und Laufen auf dem Laufband jeweils mit und ohne fixierten Armen geübt. So konnten sich die Jugendlichen an die Geschwindigkeiten und das Tragen der Elektroden bei Bewegung gewöhnen.
2. Übung Rechnen: Die "Anleitung für die Rechenaufgabe" wurde vorgelegt und dann das Rechnen mit dem Startwert 112 geübt, bis der Proband das Prinzip sicher verstanden hatte. Das vorzeitige Kennenlernen der Aufgabe diente der Gewöhnung und Klärung des Vorgehens. So versuchten wir zu verhindern, dass mögliche Fragen während des Experimentalteils auftraten und so die Messergebnis verfälschten.
3. Übung Film: Die "Anleitung für das Schauen der Filme" wurde vorgelegt.

Anschließend hatte der Proband die Möglichkeit Fragen zu klären. Anschließend begann der eigentliche Versuch.

1. Teil: neutrale Emotion

1. Anschauen des neutralen Films für 3:04 Minuten auf dem Laufband stehend (EG 3)
2. Pause: 30 Sekunden Stehen, währenddessen Ausfüllen von KAB und VGZ
3. Anschauen des neutralen Films für 3:04 Minuten auf dem Laufband gehend (Geschwindigkeit: zwei Kilometer pro Stunde), Arme fixiert (EG 4)
4. Pause: 30 Sekunden Stehen, währenddessen Ausfüllen von KAB
5. Anschauen des neutralen Films für 3:04 Minuten auf dem Laufband stehend und lösen der Rechnung (EG 5)
6. Pause: 30 Sekunden Stehen, währenddessen Ausfüllen von KAB
7. Anschauen des neutralen Films für 3:04 Minuten auf dem Laufband gehend, Arme fixiert und lösen der Rechnung (EG 6)

8. Pause: 30 Sekunden Stehen, währenddessen Ausfüllen von KAB

Die Teile 1., 3., 5., 7. wurden permutiert um Reihenfolgeeffekte zu minimieren. Dieselbe Permutation wird im 2. Teil der Untersuchung verwendet, in dem entweder der Film zum Auslösen der positiven Emotion oder der Film, zum Auslösen der negativen Emotion gezeigt wurde. So hofften wir die Stimmungen besser voneinander abgrenzen zu können. Die Pausen dienten dazu, das Niveau des Ruhepulses wieder zu erreichen.

2. Teil: positive / negative Emotion

1. Anschauen des positiven / negativen Films für 3:04 Minuten auf dem Laufband stehend (EG 7 / EG 11)
2. Pause: 30 Sekunden Stehen, währenddessen Ausfüllen von KAB und VGZ
3. Anschauen des positiven / negativen Films für 3:04 Minuten auf dem Laufband gehend (Geschwindigkeit: zwei Kilometer pro Stunde), Arme fixiert (EG 8 / EG 12)
4. Pause: 30 Sekunden Stehen, währenddessen Ausfüllen von KAB
5. Anschauen des positiven / negativen Films für 3:04 Minuten auf dem Laufband stehend und lösen der Rechnung (EG 9 / EG 13)
6. Pause: 30 Sekunden Stehen, währenddessen Ausfüllen von KAB
7. Anschauen des positiven / negativen Films für 3:04 Minuten auf dem Laufband gehend, Arme fixiert und lösen der Rechnung (EG10 / EG 14)
8. Pause: 30 Sekunden Stehen, währenddessen Ausfüllen von KAB

weitere Messungen

Nach den beiden Filmaufgaben folgten zusätzliche Messungen:

1. Fünf Mal Melden nach Aufforderung (EG 19)
2. Fünf Mal Gähnen nach Aufforderung (EG 20)
3. Langsames Gehen (zwei Kilometer pro Stunde) ohne Arme für drei Minuten (EG 15)
4. Langsames Gehen (zwei Kilometer pro Stunde) mit Armen für drei Minuten (EG 16)
5. Schnelles Gehen (fünf Kilometer pro Stunde) ohne Arme für drei Minuten (EG 17)
6. Schnelles Gehen (fünf Kilometer pro Stunde) mit Armen für drei Minuten (EG 18)

Dokumentation

Die Ergebnisse wurden im Versuchspersonenprotokoll dokumentiert (siehe Tabelle 10).

Abschluss

Anschließend wurden die Elektroden abgenommen. Jetzt konnten wiederum Fragen vom Jugendlichen und dessen Erziehungsberechtigten geklärt werden.

Die Untersuchung dauerte von der Begrüßung bis zur Verabschiedung der Probanden etwa 1 Stunde und 20 Minuten.

Tabelle 10: Versuchspersonenprotokoll, Permutationen am Beispiel von VP 21

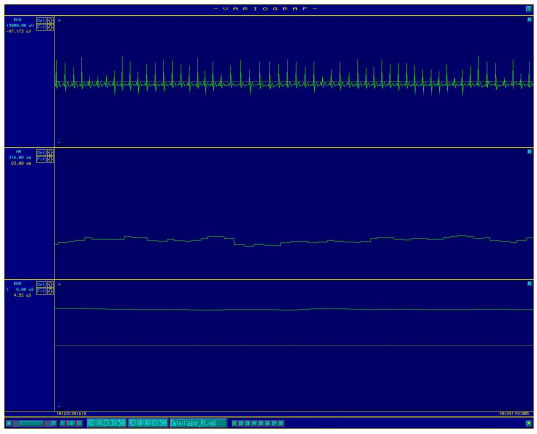
Arme	Bewegung	Film	Rechnen	Dauer (min)	Zeit (Hand)	Zeit (Vario)	Rechnung Start	Rechnung Ende	Kodierung	
										Impedanzmessung
F	S			03:00					M	Ruhemessung im Sitzen
F	0			03:00					M	Ruhemessung im Stehen
F+B	2+5									Übung Laufband
F	0									Übung Rechnen
										Anleitung Film geben
F	0	0		03:04					M	Stehen_Neutraler Film
				00:30						VGZ
										KAB
F	2	0		03:04					M	Laufen_Neutraler Film
				00:30						KAB
F	0	0	x	03:04					M	Rechnen_Neutraler Film
				00:30						KAB
F	2	0	x	03:04					M	Laufen_Rechnen_Neutraler Film
				00:30						KAB
F	0	P		03:04					M	Stehen_Positiver Film
				00:30						VGZ
										KAB
F	2	P		03:04					M	Laufen_Positiver Film
				00:30						KAB
F	0	P	x	03:04					M	Rechnen_Positiver Film
				00:30						KAB
F	2	P	x	03:04					M	Laufen_Rechnen_Positiver Film
				00:30						KAB
M	S			01:00					M	5 x Melden
G	S			01:00					M	5 x Gähnen
F	2			03:00					M	langsames Gehen ohne Arme
				00:30						Pause
B	2			03:00					M	langsames Gehen mit Armen
				00:30						Pause
F	5			03:00					M	schnelles Gehen ohne Arme
				00:30						Pause
B	5			03:00					M	schnelles Gehen mit Armen

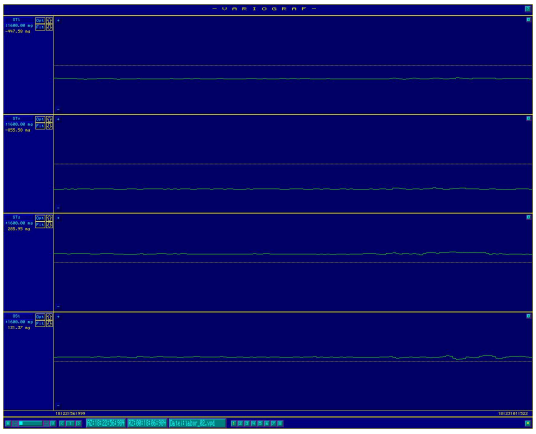
Anmerkungen. VP = Versuchsperson, Armbewegung (F = festgehalten, M = Melden, G = Gähnen, B = Mitnehmen der Arme beim Gehen), Bewegung (S = Sitzen, 0 = Stehen, 2 = langsames Gehen , 5 = schnelles Gehen), Filme (0 = neutraler Film, P = positiver Film), VGZ = Fragebogen zur Bewertung des momentanen Gefühlzustandes, KAB = Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung,

2.4 Datenverarbeitung

Die Aufzeichnung der Daten erfolgte mit der Vitagraph-Software der Firma Becker Meditec (siehe Abbildung 3). Die aufgezeichneten Daten wurden mit einem Speichermedium auf einen Computer übertragen. Dort wurden die Daten mit dem Programm vario474 geöffnet und gespeichert. Die Biosignalanlysen erfolgten mit dem Programm BIO 29/30, einem Teil der Auswertung mit dem FMS (siehe Abbildung 4). Die Auswertung der Daten der Bewegung, der HRV und der HR erfolgte im 25-Sekunden-Zeitfenster. Die Berechnung der emotionalen HR im Ein-Minuten-Zeitfenster wurde mit einem SAS-Makro von Friedrich Foerster aus Freiburg durchgeführt.

Wir befestigten fünf Accelerometer am Probanden, von denen jedoch nur zwei in die Auswertung einfließen konnten. Das waren der 3D-Accelerometer am Sternum, welcher die drei Richtungen vertikal, sagittal und lateral detektierte und ein 1D-Accelerometer am linken Oberschenkel. Die Sensoren an den Armen und am rechten Oberschenkel konnten aus Software technischen Gründe nicht in die Berechnung mit einbezogen werden.

a) 

b) 

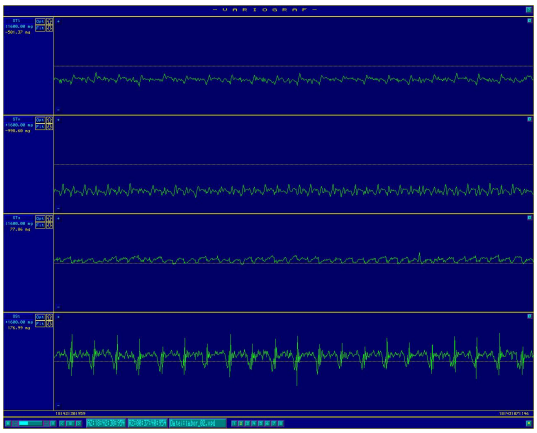
c) 

Abbildung 3: Bildschirmfotos der Variograf-Sofware

Anmerkungen.

a) Bildschirmfoto Programm Variograf, Ausschnitt aus Versuchsperson (VP)-Nummer 1, Zeitausschnitt 10:23:38 bis 10:24:14 Uhr, oben: Elektrokardiogramm (EKG), Mitte: Herzrate, unten: Hautleitwert (EDA)

b) Bildschirmfoto Programm Variograf, Ausschnitt aus VP-Nummer 2, Zeitausschnitt 18:22:56 bis 18:23:01 Uhr (VP steht ruhig), oben: Sternum lateral, Mitte oben: Sternum vertikal, Mitte unten: Sternum sagittal, unten: Oberschenkel links

c) Bildschirmfoto Programm Variograf, Ausschnitt aus VP-Nummer 2, Zeitausschnitt 18:42:30 bis 18:43:07 Uhr (VP läuft auf dem Laufband), oben: Sternum lateral, Mitte oben: Sternum vertikal, Mitte unten: Sternum sagittal, unten: Oberschenkel links

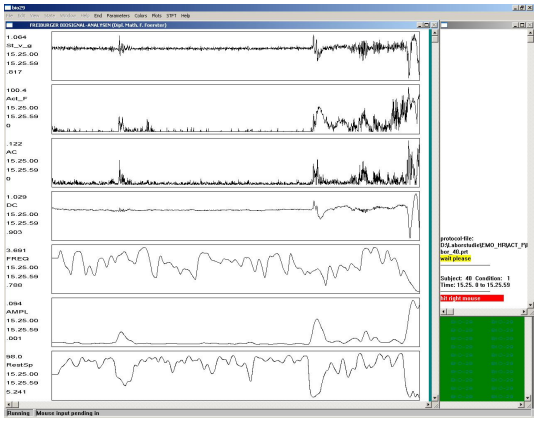
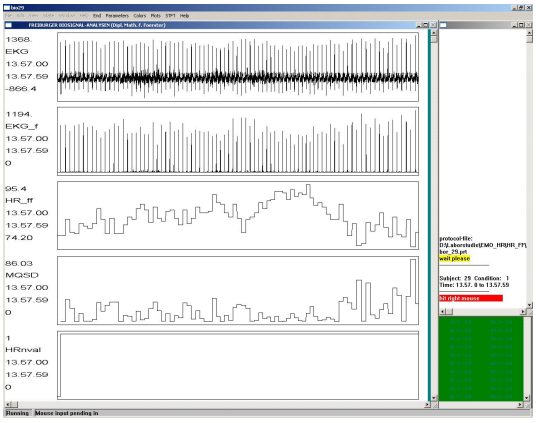
a)  b) 

Abbildung 4: Bildschirmfotos des Programms BIO 29/30

Anmerkungen.
a) Bildschirmfoto Programm Bio29/30, Versuchsperson-Nr. 40, Zeitausschnitt: 15:25:00 bis 15:25:59, Berechnung des Bewegungsparameters (ACT_F)
b) Bildschirmfoto Programm Bio29/30, VP-Nr. 29, Zeitausschnitt: 13:57:00 bis 13:57:59, Berechnung der Herzrate (HR_FF) und der Herzratenvariabilität (MQSD)

2.5 Statistische Auswertung

Folgende drei Parameter wurden pro Versuchsperson und EG aus den Messdaten zur weiteren statistischen Analyse ausgelesen:

1. hr_ff = Herzrate (Schläge pro Minute)
2. mqsd = HRV (Einheiten pro Minute)
3. emo_hr = emotionale Herzrate (Einheiten pro Minute)

Die emotionale HR wurde im Ein-Minuten-Zeitfenster; die HR und der MQSD im 25-Sekunden-Zeitfenster ausgewertet. Zunächst wurden für die drei physiologischen Parameter Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Die geringe Versuchspersonenanzahl (N=40) schränkte unsere Auswahl an möglichen statistischen Test ein.

Wir berechneten Varianzanalysen mit Messwiederholungen bzw. für unabhängige Gruppen für jede Variable und danach Korrelationen. Da jeweils eine Zielvariable vorlag, berechneten wir univariate Varianzanalyse, welche nach der englischen Bezeichnung *analysis of variance* als ANOVA bezeichnet werden. Da wir jeweils den Einfluss einer Einflussvariable untersuchten, handelte es sich dabei um einfaktorielle Varianzanalysen. Mit den Varianzanalysen untersuchten wir, ob sich die Erwartungswerte der Zufallsvariablen in den verschiedenen Gruppen unterschieden. Wir testeten, ob die Varianz zwischen den Gruppen größer ist als jene innerhalb der Gruppen. Ab $p < .05$ wurde von Signifikanz gesprochen. Wenn wir einen signifikanten Unterschied herausfanden, nahmen wir an, dass unsere gewählte Einflussvariable Auswirkung auf unsere Zielgröße hatte.

Bei der HR und der AHR wurde ein t-Test für verbundene Stichproben durchgeführt. Die HR der durch Addition vorhergesagten Werte wurde mit den tatsächlich gemessenen Werten verglichen.

Hierbei handelte es sich um einen Einstichproben-t-Test, der anhand des Mittelwertes einer Stichprobe überprüft, ob der Erwartungswert einer Grundgesamtheit gleich dem vorgegebenen Wert ist. Voraussetzung für die Verwendung des Einstichproben-t-Test war, dass die Zufallsvariablen unabhängig voneinander und, entweder normalverteielt ($n < 30$) oder bei $n > 30$ beliebig verteilt, sind. Der t-Test im Rahmen der Berechnung der AHR wurde für die Berechnung der paarweisen Kontraste der Mittelwerte der verschiedenen Aktivitäten angewandt.

Die angekreuzten Werte des VGZ-Fragebogen wurden in den fünf Dimensionen negatives Gefühl, positives Gefühl, Interesse, Erregung und Wachheit summiert. Anschließend wurde der Durchschnitt über alle Versuchspersonen ermittelt. Dieser wurde in Korrelation mit den anderen gemessenen Werten gesetzt, um einen Zusammenhang zwischen subjektivem Gefühl der Probanden und physiologischer Reaktion überprüfen zu können. Gleiche Zielsetzung hatten die berechneten Korrelationen aus den Daten des KAB-Fragebogen. Die erhobenen Daten des Fragebogens über Gesundheit und Freizeitverhalten wurden deskriptiv analysiert. Aus Körpergröße und Körpergewicht wurde der BMI berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Auswertung des Fragebogen zur Bewertung des momentanen Gefühlzustandes - VGZ

Zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes füllten unsere Probanden den VGZ nach dem erstmaligen Anschauen einer Filmsequenz aus. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind Tabelle 11a zu entnehmen. Wir verglichen die verschiedenen Items des VGZ zuerst zwischen neutralem und positivem Film. Die Varianzanalyse mit wiederholten Messungen ergab für die Innerhalb-Subjekteffekte neutraler Film versus positiver Film (Tabelle 11b) kein signifikantes Ergebnis im Vergleich der positiven Gefühle, der negativen Gefühle, des Interesses und der Wachheit. Der Vergleich der Erregung ergab ein signifikantes geringeres Ergebnis beim positiven Film ($F[1, 18] = 6.99, p < .05$). Weiterhin verglichen wir die Items des VGZ in einer Varianzanalyse mit wiederholten Messungen für die Innerhalb-Subjekteffekt neutraler und negativer Film (Tabelle 11c). Hier erhielten wir bei den Items Erregung, Interesse und Wachheit keinen signifikanten Unterschied. Das positive Gefühl nahm signifikant ab ($F[1, 18] = 9.24, p < .01$) und das negative Gefühl nahm signifikant zu ($F[1, 18] = 5.90, p < .05$).

Tabelle 11: Bewertung des momentanen Gefühlzustandes von 40 Jugendlichen unter emotionaler, körperlicher und kognitiver Belastung

a)

Film	N	M negGef	SD negGef	M posGef	SD posGef	M Interesse
1	39	1.28	1.41	7.26	2.27	8.10
2	20	1.40	1.23	7.25	2.87	7.50
3	19	2.26	1.94	6.63	2.56	8.00
		SD Interesse	M Erregung	SD Erregung	M Wachheit	SD Wachheit
1	39	2.79	2.85	2.19	8.95	2.91
2	20	2.87	2.00	1.97	8.60	2.84
3	19	1.83	3.53	2.34	8.74	2.38

b)

Item	sig	
	F	p
negGef	$F(1, 18) = 0.02$	.89
posGef	$F(1, 18) = 2.28$	.15
Interesse	$F(1, 18) = 0.28$	.60
Erregung	$F(1, 18) = 6.99$	$< .05$
Wachheit	$F(1, 18) = 0.27$	.61

c)

Item	sig	
	F	p
negGef	$F(1, 18) = 5.90$	$< .05$
posGef	$F(1, 18) = 9.24$	$< .01$
Interesse	$F(1, 18) = 0.16$	.69
Erregung	$F(1, 18) = 2.87$	.11
Wachheit	$F(1, 18) = 0.21$	.65

Anmerkungen. Tabelle a) zeigt Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für den Fragebogen zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes (VGZ) für die drei Filme (1 = neutral, 2 = positiv, 3 = negativ) gemittelt über alle Versuchspersonen; Tabelle b) zeigt Varianzanalysen der wiederholten Messungen (unvariate Hypothesetests für Innerhalb-Subjekteffekte) der Items des VGZ über Film 1 und Film 2; Tabelle c) zeigt Varianzanalysen der wiederholten Messungen (unvariate Hypothesetests für Innerhalb-Subjekteffekte) der Items des VGZ über Film 1 und Film 3; $p < .05$.

Die Werte aus dem VGZ-Fragebogen wurden mit den Ergebnissen des KAB-Fragebogens und mit

den physiologischen Daten korreliert. Es zeigten sich die folgenden signifikanten Zusammenhänge (Tabelle 12):

Vergleich Film 1 (neutral) und Film 2 (positiv): Beim positiven Film stellt sich heraus, dass, umso höher das negative Gefühl angegeben desto geringer der MQSD war ($r = -.28, p < .05$). Weiterhin nimmt mit dem subjektiv höheren negativen Gefühl auch die Beanspruchung zu ($r = .33, p < .05$) und das Interesse ab ($r = -.33, p < .01$). Dagegen nimmt die Beanspruchung ab, umso höher das positive Gefühl angegeben wird ($r = -.48, p < .001$). Beim positiven Gefühl wächst das Interesse mit Anstieg der angenehmen Emotion ($r = .67, p < .001$). Positives und negatives Gefühl sind umgekehrt korreliert ($r = -.31, p < .05$). In entgegengesetzte Richtung korreliert das Interesse mit der Beanspruchung ($r = -.56, p < .001$). Bei zunehmender Erregung nimmt die Aktivität zu ($r = .28, p < .05$).

Vergleich Film 1 (positiv) und Film 3 (negativ): Je höher das negative Gefühl beim negativen Film ist, umso höher ist auch die Beanspruchung, die die Versuchspersonen angeben ($r = .25, p = .05$). Umgekehrt verhält es sich mit den Korrelation zwischen positivem Gefühl und Beanspruchung ($r = -.48, p < .001$), sowie zwischen Interesse und Beanspruchung ($r = -.45, p < .001$). Jungen geben an wacher zu sein als Mädchen ($r = .28, p = .05$). Umso wacher die Probanden sich fühlen, desto höher ist auch der MQSD ($r = .26, p < .05$) und desto geringer ist die subjektiv gefühlte Beanspruchung ($r = -.47, p < .001$) bei der Untersuchung. Das Interesse ist umso höher, je besser das positive Gefühl bewertet wird ($r = .50, p < .001$). Die Erregung ist umso höher, je höher das negative Gefühl ist ($r = .41, p < .01$) und je geringer das positive Gefühl eingeschätzt wird ($r = -.30, p < .05$). Die Wachheit korreliert direkt mit dem positiven Gefühl ($r = .34, p < .01$) und mit dem Interesse ($r = .44, p < .001$) sowie negativ mit dem negativen Gefühl ($r = -.26, p < .05$).

Tabelle 12: Zusammenhänge verschiedener Items zur Einschätzung des momentanen Gefühlzustandes von 40 Jugendlichen unter emotionaler, körperlicher und kognitiver Belastung und verschiedenen physiologischen Kenngrößen

		sex	Film	ACT	HR	MQSD	Beanspruchung
negGef	r	.012	.08	−.06	.02	−.28	.33
Film 1 vs. 2	p	.94	.61	.65	.86	< .05	< .05
posGef	r	−.21	.20	.19	.18	.02	−.48
Film 1 vs. 2	p	.14	.17	.11	.14	.87	< .001
Interesse	r	−.22	−.04	.19	.21	.12	−.56
Film 1 vs. 2	p	.13	.78	.10	.08	.31	< .001
Erregung	r	−.11	−.15	.28	.21	−.11	.02
Film 1 vs. 2	p	.47	.31	< .05	.09	.36	.89
Wachheit	r	−.16	−.04	< .01	−.13	.08	−.00
Film 1 vs. 2	p	.26	.77	1.00	.28	.52	.98
negGef	r	.089	.26	.14	.03	−.14	.25
Film 1 vs. 3	p	.54	.07	.25	.78	.26	.05
posGef	r	.27	−.26	.07	−.00	−.04	−.48
Film 1 vs. 3	p	.05	.06	.56	.97	.76	< .001
Interesse	r	.21	−.11	.11	.10	.06	−.45
Film 1 vs. 3	p	.15	.42	.34	.42	.64	< .001
Erregung	r	−.051	.18	−.11	.10	.01	.21
Film 1 vs. 3	p	.72	.21	.33	.38	.91	.08
Wachheit	r	.28	−.08	.10	−.09	.26	−.47
Film 1 vs. 3	p	.049	.55	.42	.43	< .05	< .001

		posGef	Interesse	Erregung	Wachheit
negGef	r	−.31	−.33	.07	.01
Film 1 vs. 2	p	< .05	< .05	.59	.93
posGef	r		.67	.22	.11
Film 1 vs. 2	p		< .001	.08	.40
Interesse	r			.23	.17
Film 1 vs. 2	p			.07	.18
Erregung	r				.15
Film 1 vs. 2	p				.24
negGef	r	−.21	−.11	.41	−.26
Film 1 vs. 3	p	.11	.41	< .01	< .05
posGef	r		.50	−.30	.34
Film 1 vs. 3	p		< .001	< .05	< .01
Interesse	r			−.17	.44
Film 1 vs. 3	p			.17	< .001
Erregung	r				−.11
Film 1 vs. 3	p				.36

Anmerkungen. Die Tabelle zeigt die Korrelationen zwischen den Items des Fragebogens zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes (VGZ) (positives Gefühl (posGef), negatives Gefühl (negGef), Interesse, Erregung und Wachheit) und dem Geschlecht (sex 1 = weiblich, sex 2 = männlich), dem gezeigten Film (1 = neutrale, 2 = positiv, 3 = negativ), der Aktivität (ACT), der Herzrate (HR), der Herzratenvariabilität (MQSD) und der psychischen Beanspruchung (gemessen durch den Fragebogen zur Bewertung der momentanen psychischen Beanspruchung (KAB)) zum einen im Vergleich von neutralem und positiven Film (1 versus 2) zum anderen im Vergleich von neutralem und negativen Film (1 versus 3); $p < .05$.

3.2 Auswertung des Fragebogens zur erlebten psychischen Beanspruchung - KAB

Der KAB misst die subjektiv erlebte psychische Beanspruchung unserer Probanden und wurde ihnen nach jedem Ereignis vorgelegt. Dabei ergibt sich die jeweils höchste gefühlte Beanspruchung in der Kombination Film + Rechnen + Laufen. Betrachtet man allein diese Kombination ist die gefühlte Beanspruchung beim neutralen Film größer als beim negativen Film, welche wiederum größer ist als beim positiven Film (Tabelle 13a). Fasst man die Aktivitäten unabhängig vom gezeigten Film zusammen, stellt ebenfalls die Kombination aus drei Aufgaben den höchsten Anspruch für die Probanden (Tabelle 13b). Fast man die Filme unabhängig der Aktivitäten zusammen ergibt sich die höchste Beanspruchung beim negativen Film und wird gefolgt vom neutralen Film (Tabelle 13c). Die Varianzanalyse für wiederholte Messungen der verschiedenen Aktivitäten ergibt für die Innerhalb-Subjektvariablen Stehen, Laufen, Rechnen, und Laufen gemeinsam mit Rechnen ein signifikantes Ergebnis ($F[3, 114] = 17.23, p < .001$). Bei den Kontrastvariablen ergeben sich für den Vergleich Stehen und Rechnen ($F[1, 38] = 17.72, p < .001$), Stehen und Laufen + Rechnen ($F[1, 38] = 16.01, p < .001$), Laufen und Rechnen ($F[1, 38] = 25.90, p < .001$), Laufen und Rechnen + Laufen ($F[1, 38] = 24.79, p < .001$) signifikante Ergebnisse (Tabelle 13d). Die Varianzanalysen für die Filme ergeben nur im Vergleich von neutralem und positiven Film einen signifikanten Unterschied in der Beanspruchung ($F[1, 19] = 4.16, p = .06$) (Tabelle 13e).

Die Werte aus dem KAB-Fragebogen wurden mit den Ergebnissen des VGZ-Fragebogens und mit den physiologischen Daten korreliert. Es zeigten sich die folgenden signifikanten Zusammenhänge (Tabelle 14):

Vergleich Film 1 (neutral) und Film 2 (positiv): Beim positiven Film stellt sich heraus, dass bei hoher subjektiver Beanspruchung, die Angaben zum negativen Gefühl hoch ($r = .33, p < .05$) und die Angaben zum positiven Gefühl ($r = -.48, p < .001$) und dem Interesse ($r = -.56, p < .001$) gering sind.

Vergleich Film 1 (neutral) und Film 3 (negativ): Beim positiven Film stellt sich heraus, dass die Mädchen sich mehr beansprucht fühlen als die Jungen. Je höher das negative Gefühl beim negativen Film ist, umso höher ist auch die Beanspruchung, welche die Versuchspersonen angeben ($r = .25, p < .05$). Umgekehrt verhält es sich mit den Korrelation zwischen positivem Gefühl und Beanspruchung ($r = -.48, p < .001$), zwischen Interesse und Beanspruchung ($r = -.45, p < .001$) sowie zwischen Wachheit und Beanspruchung ($r = -.47, p < .001$). Umso beanspruchter sich die Probanden fühlen, desto geringer ist ihr MQSD ($r = -.31, p < .01$).

Tabelle 13: subjektive Beanspruchung von 40 Jugendlichen unter emotionaler, körperlicher und kognitiver Belastung

a)

	Beanspruchung	
EG	M	SD
3	2.22	0.68
4	2.11	0.59
5	2.65	0.77
6	2.69	0.77
7	2.10	0.77
8	2.16	0.71
9	2.46	1.03
10	2.37	0.89
11	2.42	0.82
12	2.21	0.61
13	2.49	0.70
14	2.58	0.85

b)

	Beanspruchung	
Aktivität	M	SD
1	2.24	0.74
2	2.15	0.62
3	2.56	0.82
4	2.58	0.82

c)

	Beanspruchung	
Film	M	SD
1	2.41	0.75
2	2.27	0.85
3	2.42	0.75

d)

	sig	
Aktivität	F	p
1 – 4[a]	$F(3, 114) = 17.23$	$< .001$
1 vs. 2 [b]	$F(1, 38) = 1.84$	.18
1 vs. 3 [b]	$F(1, 38) = 17.72$	$< .001$
1 vs. 4 [b]	$F(1, 38) = 16.01$	$< .001$
2 vs. 3 [b]	$F(1, 38) = 25.90$	$< .001$
2 vs. 4 [b]	$F(1, 38) = 24.79$	$< .001$
3 vs. 4 [b]	$F(1, 38) = 0.00$	.95

e)

	sig	
Film	F	p
1 vs. 2[a]	$F(1, 19) = 4.16$	.05
1 vs. 3[a]	$F(1, 18) = 0.44$	.52
2 vs. 3[a]	$F(1, 37) = 0.50$	.48

Anmerkungen. Tabelle a zeigt Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für die psychische Beanspruchung nach entsprechenden Ereignissgruppen (EG 3 = Neutraler Film_Stehen, 4 = Neutraler Film_ Laufen, 5 = Neutraler Film_Rechnen, 6 = Neutraler Film_Laufen_Rechnen, 7 = Positiver Film_Stehen, 8 = Positiver Film_Laufen, 9 = Positiver Film_Rechnen, 10 = Positiver Film_Laufen_Rechnen, 11 = Negativer Film_Stehen, 12 = Negativer Film_Laufen, 13 = Negativer Film_Rechnen, 14 = Negativer Film_ Laufen_Rechnen) über alle Versuchspersonen; Tabelle b zeigt m und s für Aktivitäten 1 = Stehen, 2 = Laufen, 3 = Rechnen, 4 = Laufen und Rechnen gemittelt über die 3 Filme; Tabelle c zeigt m und s für die 3 Filme (1 = neutral, 2 = positiv, 3 = negativ) gemittelt über Stehen, Laufen, Rechnen, Laufen und Rechnen; Tabelle d zeigt Varianzanalysen für die Beanspruchung über die jeweiligen Aktivitäten [a]wiederholte Messungen, univariate Hypothesentests für Innerhalb-Subjektvariablen und [b]wiederholte Messungen, Kontrastanalyse; Tabelle e zeigt Varianzanalysen für die Beanspruchung über die Filme; $p < .05$.

Tabelle 14: Zusammenhang der subjektiven Beanspruchung von 40 Jugendlichen unter emotionaler, körperlicher und kognitiver Belastung und verschiedenen physiologischen Kenngrößen

		sex	Film	ACT	HR	MQSD	negGef	posGef
Beanspruchung	r	.19	−.12	−.20	−.13	−.22	.33	−.48
neutral vs. positiv	p	.15	.40	.08	.27	.05	< .01	< .001
Beanspruchung	r	−.27	.05	.12	.14	−.31	.25	−.48
neutral vs. negativ	p	< .05	.74	.27	.20	< .01	< .05	< .001

		Interesse	Erregung	Wachheit
Beanspruchung	r	−.56	.02	−.00
neutral vs. positiv	p	< .001	.89	.98
Beanspruchung	r	−.45	.21	−.47
neutral vs. negativ	p	< .001	.08	< .001

Anmerkungen. Die Tabelle zeigt die Korrelationen zwischen der subjektiv gefühlten psychischen Beanspruchung, gemessen mit Hilfe des Fragebogens zur subjektiv erlebten psychischen Beanspruchung (KAB) und dem Geschlecht (sex 1 = weiblich, sex 2 = männlich), dem gezeigten Film (neutral versus positiv und neutral versus negativ), der Aktivität (ACT), der Herzrate (HR), der Herzratenvariabilität (MQSD) und den Items des Fragebogens zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes (VGZ) (negatives Gefühl [negGef], positives Gefühl [posGef], Interesse, Erregung, Wachheit); $p < .05$.

3.3 Herzrate

Die HR ist am höchsten bei der schnellen Bewegung auf dem Laufband (5 Kilometer pro Stunde) mit fixierten Armen (EG 17) und am geringsten bei der Ruhemessung im Sitzen (EG 1) (Tabelle 15a). Sowohl der Vergleich von neutralem Film und positiven Film (EG 3 versus EG 7) ($F[1, 16] = 0.69, p = .42$) als auch der Vergleich von neutralem Film und negativen Film (EG 3 versus EG 11) ($F[1, 18] = 0.38, p = .55$) unter Ruhebedingungen ergibt keine signifikanten Unterschiede in der HR. Signifikante Ergebnisse bei den Varianzanalysen von Innerhalb-Subjekteffekten (Sitzen / Stehen in Ruhe bzw. Stehen / Laufen / Rechnen / Laufen + Rechnen) ergibt der Vergleich der Ruhemessung im Sitzen (EG 1) mit der Ruhemessung im Stehen (EG 2) ($F[1, 38] = 181.09, p < .001$) sowie der Vergleich der verschiedenen Aktivitäten bei allen Filmen (neutral: $F[3, 105] = 89.99, p < .001$; positiv: $F[3, 54] = 40.26, p < .001$; negativ: $F[3, 57] = 69.08, p < .001$). Signifikante Unterschiede der HR entstehen bei der Varianzanalyse mit Kontrastvariablen zwischen jeder Kombination aus neutralem Film und Stehen (EG 3), neutralem Film und Laufen (EG 4), neutralem Film und Rechnen (EG 5) und neutralem Film mit Laufen und Rechnen (EG 6). Betrachtet man die Kombinationen mit dem positiven Film werden fast alle Kontraste zwischen positivem Film und Stehen (EG 7), positivem Film und Laufen (EG 8), positivem Film und Rechnen (EG 9) sowie positivem Film mit Laufen und Rechnen (EG 10) signifikant. Einzige Ausnahme bildet der Vergleich von positivem Film und Laufen (EG 8) versus positivem Film und Rechnen (EG 9) ($F[1, 18] = 1.11, p = .31$). Beim Berechnen der Varianzanlysen für die Kontrastvariablen für den negativen Film (negativer Film und Stehen (EG 11), negativer Film und Laufen (EG 12), negativer Film und Rechnen (EG 13), negativer Film mit Rechnen und Laufen (EG 14)) wird jede Kombination der Ereignisgruppen signifikant. Die F- und p-Werte dieser Vari-

anzanalysen sind in Tabelle 15b zu finden. Weiterhin untersuchten wir, ob die Armbewegung einen Einfluss auf die HR habe. Bei der Untersuchung von langsames Gehen + fixierten Armen (EG 15) versus langsames Gehen + Armbewegung (EG 16) findet sich ebenso kein signifikanter Unterschied ($F[1, 16] = 2.42, p = .14$) wie bei der Untersuchung schnelles Gehen + fixierte Arme (EG 17) versus schnelles Gehen + Armbewegung (EG 18) ($F[1, 16] = 0.36, p = .56$). Signifikante Unterschiede der HR ergeben sich im Vergleich von langsamem Gehen (EG 15 und 16) versus schnellem Gehen (EG 17 und 18). Auch hier lassen sich die genauen Werte aus Tabelle 15b entnehmen.

Tabelle 15: Herzrate von 40 Jugendlichen unter emotionaler, körperlicher und kognitiver Belastung

a)

EG	M	SD	EG	M	SD
1	81.95	12.88	11	92.41	14.77
2	93.37	13.09	12	100.46	15.65
3	90.30	13.58	13	97.38	14.28
4	100.33	13.52	14	105.37	15.47
5	97.37	14.06	15	98.00	14.23
6	105.70	14.09	16	97.54	14.50
7	91.54	9.24	17	115.07	16.39
8	96.28	11.53	18	113.32	18.32
9	97.17	11.96	19	86.19	14.20
10	103.92	11.05	20	84.06	12.87

b)

	sig	
EG	F	p
1 vs. 2 [a]	$F(1, 38) = 181.09$	$< .001$
3 vs. 7, 11 [a]	$F(1, 35) = 0.00$	.96
3 vs. 7 [a]	$F(1, 16) = 0.69$	.42
3 vs. 11 [a]	$F(1, 18) = 0.38$	.55
3,4,5,6 [a]	$F(3, 105) = 89.99$	$< .001$
3 vs. 4 [b]	$F(1, 35) = 140.44$	$< .001$
3 vs. 5 [b]	$F(1, 35) = 57.86$	$< .001$
3 vs. 6 [b]	$F(1, 35) = 188.04$	$< .001$
4 vs. 5 [b]	$F(1, 35) = 6.84$	.01
4 vs. 6 [b]	$F(1, 35) = 76.57$	$< .001$
5 vs. 6 [b]	$F(1, 35) = 65.17$	$< .001$
7, 8, 9, 10 [a]	$F(3, 54) = 40.26$	$< .001$
7 vs. 8 [b]	$F(1, 18) = 28.04$	$< .001$
7 vs. 9 [b]	$F(1, 18) = 40.95$	$< .001$
7 vs. 10 [b]	$F(1, 18) = 67.17$	$< .001$
8 vs. 9 [b]	$F(1, 18) = 1.11$	.31
8 vs. 10 [b]	$F(1, 18) = 57.75$	$< .001$
9 vs. 10 [b]	$F(1, 18) = 25.45$	$< .001$

	sig	
EG	F	p
11, 12, 13, 14 [a]	$F(3, 57) = 69.08$	$< .001$
11 vs. 12 [b]	$F(1, 19) = 72.25$	$< .001$
11 vs. 13 [b]	$F(1, 19) = 28.34$	$< .001$
11 vs. 14 [b]	$F(1, 19) = 114.19$	$< .001$
12 vs. 13 [b]	$F(1, 19) = 12.35$	$< .01$
12 vs. 14 [b]	$F(1, 19) = 61.39$	$< .001$
13 vs. 14 [b]	$F(1, 19) = 86.86$	$< .001$
15, 16, 17, 18 [a]	$F(3, 48) = 175.25$	$< .001$
15 vs. 16[b]	$F(1, 16) = 2.42$	.14
15 vs. 17 [b]	$F(1, 16) = 229.03$	$< .001$
15 vs. 18 [b]	$F(1, 16) = 167.98$	$< .001$
16 vs. 17 [b]	$F(1, 16) = 243.18$	$< .001$
16 vs.18 [b]	$F(1, 16) = 264.92$	$< .001$
17 vs. 18 [b]	$F(1, 16) = 0.36$	.56

Anmerkungen. Tabelle a zeigt Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für die Herzrate während den verschiedenen Aufgaben (Ereignisgruppe (EG) 1 = Ruhemessung im Sitzen, 2 = Ruhemessung im Stehen, 3 = Neutraler Film_Stehen, 4 = Neutraler Film_ Laufen, 5 = Neutraler Film_Rechnen, 6 = Neutraler Film_Laufen_Rechnen, 7 = Positiver Film_Stehen, 8 = Positiver Film_Laufen, 9 = Positiver Film_Rechnen, 10 = Positiver Film_Laufen_Rechnen, 11 = Negativer Film_Stehen, 12 = Negativer Film_Laufen, 13 = Negativer Film_Rechnen, 14 = Negativer Film_ Laufen_Rechnen, 15 = Langsames Gehen ohne Arme, 16 = Langsames Gehen mit Armen, 17 = Schnelles Gehen ohne Arme, 18 = Schnelles Gehen mit Armen, 19 = Melden, 20 = Gähnen) über alle Versuchspersonen (VPs); Tabelle b zeigt Varianzanalysen für die Herzrate ([a]wiederholte Messungen, unvariate Hypothesentests für Innerhalb-Subjektvariablen und [b]wiederholte Messungen, Kontrastanalyse) zwischen den jeweiligen Ereignissgruppen; $p < .05$.

Weiterhin führten wir einen t-Test für verbundene Stichproben durch. Wir verglichen die HR, der durch Addition vorhergesagten Werte mit den tatsächlich gemessenen Werten. Der Vergleich

Stehen plus (Laufen minus Stehen) plus (Rechnen minus Stehen) ist gleich (Laufen plus Rechnen) oder anders ausgedrückt: EG3 + (EG4 - EG3) + (EG5 – EG3) = EG6 brachte folgendes Ergebnis: $t - Wert(df = 36) = -1.28; p = .21$ sowie eine Korrelation $r = 0.94; p < .001$. Weiteres dazu ist Tabelle 16 zu entnehmen.

Tabelle 16: Herzrate von 40 Jugendlichen unter emotionaler, körperlicher und kognitiver Belastung im Vergleich zwischen Berechnung und Messung

	M	N	SD	Standardfehler des Mittelwertes
Film_Laufen_Rechnen m	105.84	37	14.16	2.33
Film_Laufen_Rechnen b	106.89	37	13.60	2.24

Anmerkungen. Die Tabelle zeigt Mittelwert (M), Versuchspersonenanzahl (N), Standardabweichung (SD) und Standardfehler des Mittelwertes der Herzraten, welche zum einen durch Berechnung der Dreifachkombination (Film_Laufen_Rechnen b) herauskommt und zum anderen welche tatsächlich gemessen wurden (Film_Laufen_Rechnen m).

Die HR wurde mit den Ergebnissen des VGZ- und KAB-Fragebogens und mit den anderen physiologischen Daten korreliert. Es zeigten sich die folgenden signifikanten Zusammenhänge (Tabelle 17):

Vergleich Film 1 (neutral) und Film 2 (positiv): Die HR der Mädchen (sex = 1) ist höher als die der Jungen (sex = 2) ($r = -.30, p < .05$). Beim positiven Film steigt mit Erhöhung der Aktivität auch die HR an ($r = .31, p < .05$).

Vergleich Film 1 (neutral) und Film 3 (negativ): Auch beim negativen Film ist die HR der Mädchen höher als die der Jungen ($r = -.27, p < .05$). Umso höher der MQSD ist, umso geringer ist die HR ($r = -.32, p < .01$).

Tabelle 17: Zusammenhang der Herzrate von 40 Jugendlichen unter emotionaler, körperlicher und kognitiver Belastung und verschiedenen physiologischen Kenngrößen

		sex	Film	ACT	MQSD	negGef	posGef	Interesse
HR	r	−.30	−.10	.31	−.11	.02	.18	.21
neutral vs. positiv	p	< .05	.47	< .01	.33	.86	.14	.08
HR	r	−.27	−.03	−.05	−.32	.03	.00	.10
neutral vs. negativ	p	< .05	.83	.67	< .01	.78	.97	.45

		Erregung	Wachheit	Beanspruchung
HR	r	.21	−.13	−.13
neutral vs. positiv	p	.09	.28	.27
HR	r	.10	−.10	.14
neutral vs. negativ	p	.38	.43	.20

Anmerkungen. Die Tabelle zeigt die Korrelationen zwischen der Herzrate (HR) und dem Geschlecht, dem gezeigten Film (neutral versus positiv und neutral versus negativ), der Aktivität (ACT), der Herzratenvariabilität (MQSD), den Items des Fragebogens zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes (VGZ) (negatives Gefühl (negGef), positives Gefühl (posGef), Interesse, Erregung, Wachheit) und der psychischen Beanspruchung gemessen mit Hilfe des Fragebogens zu Bewertung des psychischen Beanspruchung (KAB); $p < .05$.

3.4 Additional Heart Rate

Es wurden die Mittelwerte der AHR über alle Versuchspersonen beim neutralen (N = 39), beim positiven (N = 19) und beim negativen Film (N = 20) gebildet (Tabelle 18). Hierbei zeigte sich, dass die AHR beim neutralen Film am höchsten ist (M AHR neutral = 4.54 bzw. 4.28). Die unterschiedlichen Werte kommen durch unterschiedliche Versuchspersonenanzahlen zustande. Sowohl beim positiven als auch beim negativen Film ist die AHR geringer. (M AHR positiv = 3.31 und M AHR negativ = 2.72). Nur der Unterschied zwischen dem neutralen Film und dem negativen Film wird signifikant ($F(1, 19) = 10.10; p < .01$). Anschließend wurden die Mittelwerte der einzelnen Ereignisgruppen berechnet, um zu prüfen, ob ein einzelner Wert die hohe AHR im neutralen Film verursacht. Dies ist nicht der Fall. Die AHR ist bei fast jeder EG des neutralen Films verglichen mit der EG des emotionsauslösendem Film und gleicher Aufgabe beim neutralen Film höher oder gleich als beim emotionsauslösendem Film (Tabelle 19). Einzige Ausnahme bildet der Vergleich zwischen EG 4 (neutraler Film + Laufen) und EG 12 (negativer Film + Laufen). Jedoch wird dieser Unterschied nicht signifikant ($F(1, 19) = 0.04; p = .84$).

Tabelle 18: Additional Heart Rate von 40 Jugendlichen unter emotionaler Belastung

M			sig	
neutral	positiv	negativ	F	p
4.54	3.31		F (1,18) = 2.34	.14
4.28		2.72	F (1,19) = 10.10	<.01

Anmerkungen. Die Tabelle zeigt Mittelwerte (M) der Additional Heart Rate für den neutralen, positiven und negativen Film sowie Varianzanlysen für den Vergleich neutraler Film versus positiver Film sowie neutraler Film versus negativer Film über die Versuchspersonen die den positiven Film sahen (N=19) und über die Versuchspersonen die den negativen Film sahen (N=20); $p < .05$.

Tabelle 19: Additional Heart Rate von 40 Jugendlichen unter emotionaler Belastung in Abhängigkeit von der Kombination mit kognitiver und körperlicher Belastung

verglichene Ereignisgruppen	sig	
	F	p
EG 3 (5.83) vs. EG 7 (5.83)	F (1,16) = 0.02	.88
EG 4 (0.67) vs. EG 8 (0.53)	F (1,17) = 0.74	.40
EG 5 (9.15) vs. EG 9 (7.19)	F (1,18) = 2.18	.16
EG 6 (1.97) vs. EG 10 (0.00)	F (1,17) = 5.46	<.05
EG 3 (5.83) vs. EG 11 (2.44)	F (1,19) = 13.74	<.01
EG 4 (0.67) vs. EG 12 (1.04)	F (1,19) = 0.04	.84
EG 5 (9.15) vs. EG 13 (5.69)	F (1,19) = 1.81	.19
EG 6 (1.97) vs. EG 14 (1.71)	F (1,18) = 0.44	.51

Anmerkungen. Die Tabelle zeigt Varianzanalysen für die Additional Heart Rate über alle Versuchspersonen für den Vergleich der Filme (neutral versus positiv, neutral versus negativ) mit der gleichen gestellten Aufgabe: Ereignisgruppen (EG) 3 = Neutraler Film_Stehen, 4 = Neutraler Film_ Laufen, 5 = Neutraler Film_Rechnen, 6 = Neutraler Film_Laufen_Rechnen, 7 = Positiver Film_Stehen, 8 = Positiver Film_Laufen, 9 = Positiver Film_Rechnen, 10 = Positiver Film_Laufen_Rechnen, 11 = Negativer Film_Stehen, 12 = Negativer Film_Laufen, 13 = Negativer Film_Rechnen, 14 = Negativer Film_ Laufen_Rechnen. In Klammern hinter den Ereignisgruppen stehen die entsprechenden Mittelwerte; $p < .05$.

Die Mittelwerte der AHR über alle Filme sind 5.05 beim Stehen, 0.67 beim Laufen, 7.69 beim Rechnen und 1.38 bei der Kombination aus Laufen + Rechnen. Die ANOVA mit dem Messwiederholungsfaktor Aktivität (1= Stehen, 2=Laufen, 3=Rechnen und 4=Laufen und Rechnen) über die Mittelwerte aller Filme wird signifikant ($F(3, 110) = 16.90; p < .001$). Bei Berechnung der paarweisen Kontraste im t-Test werden die Kombinationen Stehen und Laufen ($T(94) = 4.37; p < .01$), Stehen und Laufen + Rechnen ($T(147) = -2.65; p < .01$), Laufen und Rechnen ($T(94) = -7.02; p < .001$) sowie Rechnen und Laufen + Rechnen ($T(94) = 6.32; p < .001$) signifikant (Tabelle 20).

Die AHR wurde mit den Ergebnissen des VGZ- und KAB-Fragebogens und mit den anderen physiologischen Daten korreliert. Es zeigten sich die folgenden signifikanten Zusammenhänge (Tabelle 21):

Die AHR nimmt zu, wenn die Aktivität der Probanden abnimmt ($r = -.07; p < .05$). Ebenso nimmt das MQSD bei steigender AHR ab ($r = -.069; p < .05$). Bei zunehmender HR, steigt auch der Anteil der AHR ($r = .06; p < .001$). Die emotionale HR ist negativ korreliert mit dem negativen Gefühl ($r = -.069; p < .05$) und mit der Erregung ($r = -.07; p < .05$).

Tabelle 20: Additional Heart Rate von 40 Jugendlichen unter emotionaler, kognitiver und körperlicher Belastung

a)

Aktivität	M
1	5.04
2	0.67
3	7.69
4	1.38

b)

	sig	
Aktivität	F	p
1, 2, 3, 4	$F(3, 110) = 16.90$	$< .001$

c)

	sig	
Aktivität	T	p
1 vs. 2	$T(94) = 4.37$	$< .01$
1 vs. 3	$T(147) = -2.65$	.11
1 vs. 4	$T(147) = 3.67$	$< .01$
2 vs. 3	$T(94) = -7.02$	$< .001$
2 vs. 4	$T(147) = -0.70$	1.00
3 vs. 4	$T(94) = 6.32$	$< .001$

Anmerkungen. Tabelle a) zeigt die Mittelwerte für die Aktivitäten 1 = Stehen, 2 = Laufen, 3 = Rechnen und 4 = Laufen und Rechnen über alle Filme; Tabelle b) zeigt die ANOVA mit Messwiederholungsfaktor Aktivität über den Mittelwert aller Filme; Tabelle c) zeigt die T-Teste der paarweisen Kontraste über die jeweilig ausgewählten Aktivitäten; $p < .05$

Tabelle 21: Zusammenhang der Additional Heart Rate von 40 Jugendlichen unter emotionaler, körperlicher oder kognitiver Belastung und verschiedenen physiologischen Parametern

		sex	ACT	HR	MQSD	negGef	posGef	Interesse
AHR	r	$-.00$	$-.19$	.06	$-.06$	$-.07$	.03	.03
	p	1.00	$< .001$	$< .001$	$< .001$	$<.05$	.34	.21

		Erregung	Wachheit	Beanspruchung
AHR	r	$-.07$	$-.01$	$-.03$
	p	$< .05$	.82	.28

Anmerkungen. Die Tabelle zeigt die Korrelationen zwischen der Additional Heart Rate (AHR) und dem Geschlecht (sex 1 = weiblich, sex 2 = männlich), der Aktivität (ACT), der Herzrate (HR), der Herzratenvariabilität (MQSD), den Items des Fragebogens zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes (VGZ) (negatives Gefühl (negGef), positives Gefühl (posGef), Interesse, Erregung, Wachheit) und der psychischen Beanspruchung gemessen mit Hilfe des Fragebogens zu Bewertung des psychischen Beanspruchung (KAB); $p < .05$.

3.5 HRV

Der MQSD als Maß für die Konzentration war bei uns am höchsten zu Beginn der Messung und am Ende der Messungen: Ruhemessung im Sitzen (EG 1) und beim Gähnen (EG 20). Die geringsten Werte für den MQSD finden sich beim positiven Film allein (EG 7) und in Verbindung mit dem Laufen (EG 8). Vergleicht man die einzelnen Ereignisgruppen mit Hilfe von Varianzanalysen wird der Vergleich von neutralem Film + Stehen (EG 3), neutralem Film + Rechnen (EG 5) und neutralem Film + Laufen + Rechnen (EG 6) signifikant ($F[2, 70] = 10.66, p < .001$). Der Kontrast

aus neutralem Film + Stehen und neutralem Film + Rechnen wird ebenso signifikant ($F[1, 35] = 15.53, p < .001$) wie der Kontrast aus neutralem Film + Rechnen und neutralem Film + Laufen + Rechnen ($F[1, 35] = 12.50, p < .01$). Auch beim positiven Film ergibt sich ein signifikantes Ergebnis beim Vergleich der Ereignisgruppen Film + Stehen (EG 7), Film + Rechnen (EG9) und Film + Laufen + Rechnen (EG10) ($F[2, 36] = 5.78, p < .01$). Hier wird der Kontrast aus Film + Stehen und Film + Rechnen ($F[1, 18] = 9.44, p < .01$) signifikant. Beim negativen Film ergibt sich kein signifikantes Ergebnis beim Vergleich der Ereignisgruppen Film + Stehen (EG 11), Film + Rechnen (EG13) und Film + Laufen + Rechnen (EG14) ($F[2, 38] = 1.46, p = .24$). Hier wird lediglich der Kontrast Film + Stehen (EG 11) und Film + Rechnen (EG 13) signifikant ($F[1, 19] = 13.47, p < .01$). Genauere Werte zu Mittelwerten, Standardabweichungen und Varianzanalysen zeigt Tabelle 22.

Tabelle 22: Herzratenvariabilität von 40 Jugendlichen unter emotionaler, kognitiver und körperlicher Belastung

a)

EG	M	SD	EG	M	SD
1	26.45	20.91	11	13.58	11.00
2	13.40	8.65	12	18.57	18.08
3	13.37	9.71	13	20.32	13.14
4	15.26	18.21	14	19.61	25.52
5	19.52	14.56	15	13.24	14.48
6	13.84	10.00	16	11.63	13.58
7	9.62	6.29	17	12.96	16.69
8	9.05	5.25	18	17.20	38.99
9	17.74	13.42	19	22.85	18.60
10	13.16	6.85	20	28.90	23.25

b)

	sig	
EG	F	p
3, 5, 6 [a]	$F(2, 70) = 10.66$	$< .001$
3 vs. 5 [b]	$F(1, 35) = 15.53$	$< .001$
3 vs. 6 [b]	$F(1, 35) = 0.03$	.87
5 vs. 6 [b]	$F(1, 35) = 12.50$	$< .01$
7, 9, 10 [a]	$F(2, 36) = 5.78$	$< .01$
7 vs. 9 [b]	$F(1, 18) = 9.44$	$< .01$
7 vs. 10 [b]	$F(1, 18) = 4.30$	.05
9 vs. 10 [b]	$F(1, 18) = 2.84$	.11

	sig	
EG	F	p
11, 13, 14 [a]	$F(2, 38) = 1.46$	.24
11 vs. 13 [b]	$F(1, 19) = 13.47$	$< .01$
11 vs. 14 [b]	$F(1, 19) = 1.29$	.27
13 vs. 14 [b]	$F(1, 19) = 0.02$	.89

Anmerkungen. Die Tabelle a) zeigt Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Herzratenvariabilität aller Ereignisgruppen (EG 1 = Ruhemessung im Sitzen, EG 2 = Ruhemessung im Stehen, EG 3 = Neutraler Film_Stehen, 4 = Neutraler Film_ Laufen, 5 = Neutraler Film_Rechnen, 6 = Neutraler Film_Laufen_Rechnen, 7 = Positiver Film_Stehen, 8 = Positiver Film_Laufen, 9 = Positiver Film_Rechnen, 10 = Positiver Film_Laufen_Rechnen, 11 = Negativer Film_Stehen, 12 = Negativer Film_Laufen, 13 = Negativer Film_Rechnen, 14 = Negativer Film_ Laufen_Rechnen, 15 = Langsames Gehen ohne Arme, 16 = Langsames Gehen mit Armen, 17 = Schnelles Gehen ohne Arme, 18 = Schnelles Gehen mit Armen, 19 = Melden, 20 = Gähnen). Die Tabelle b) zeigt Varianzanalysen für die Herzratenvariabilität (gemessen als MQSD) ([a] Varianzanalyse Wiederholte Messungen; Unvariate Hypothesetests für Innerhalb-Subjekteffekte und [b]Varianzanalyse Wiederholte Messungen; Kontrastvariablen) über alle Versuchspersonen für den Vergleich der Ereignisgruppen für den neutralen, positiven und negativen Film getrennt; $p < .05$.

Die HRV wurde mit den Ergebnissen des VGZ- und KAB-Fragebogens und mit den anderen physiologischen Daten korreliert. Es zeigten sich die folgenden signifikanten Zusammenhänge (Tabelle 23):

Vergleich Film 1 (neutral) und Film 2 (positiv): Die HRV nimmt zu, wenn negatives Gefühl ($r = -.28, p < .05$) abnimmt.

Vergleich Film 1 (neutral) und Film 3 (negativ): Die HRV nimmt mit steigender HR ab ($r = -.32, p < .01$). Ebenso verhält sie sich mit zunehmender Beanspruchung ($r = -.31, p < .01$). Wachheit und MQSD sind positiv korreliert ($r = .26, p < .05$).

Tabelle 23: Zusammenhang der Herzratenvariabilität von 40 Jugendlichen unter emotionaler, kognitiver und körperlicher Belastung und verschiedenen physiologischen Parametern

		sex[a]	Film	ACT[b]	HR[c]	negGef[e]	posGef[f]	Interesse
MQSD[d]	r	.07	−.02	.18	−.11	−.28	.02	.12
neutral vs. positiv	p	.62	.90	.10	.33	< .05	.87	.31
MQSD[d]	r	−.01	.03	−.05	−.32	−.14	−.04	.06
neutral vs. negativ	p	.91	.81	.66	< .01	.26	.76	.64

		Erregung	Wachheit	Beanspruchung
MQSD[d]	r	−.11	.08	−.22
neutral vs. positiv	p	.36	.52	.05
MQSD[d]	r	.01	.26	−.31
neutral vs. negativ	p	.91	< .05	< .01

Anmerkungen. Die Tabelle zeigt die Korrelationen zwischen der Herzratenvariabilität (gemessen als MQSD) und dem Geschlecht (sex 1 = weiblich, sex 2 = männlich), dem gezeigten Film (neutral versus positiv und neutral versus negativ), der Aktivität (ACT), der Herzrate, den Items des Fragebogens zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes (VGZ) (negatives Gefühl [negGef], positives Gefühl [posGef], Interesse, Erregung, Wachheit) und der psychischen Beanspruchung gemessen mit Hilfe des Fragebogens zu Bewertung des psychischen Beanspruchung (KAB); $p < .05$.

4 Diskussion

Die Diskussion gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Abschnitt wird auf die verschiedenen Methoden der Emotionsinduktion eingegangen. Es wird erläutert, warum wir Filme zu Emotionsinduktion genutzt haben und welche Schlussfolgerungen aus unseren Ergebnissen gezogen werden können. Im zweiten Teil wird der Einfluss der drei unabhängigen Größen körperliche, kognitive und emotionale Belastung sowie deren Kombination auf die Parameter subjektiv wahrgenommene Beanspruchung, HR, HRV und AHR betrachtet und mögliche Gründe für die gefundenen Ergebnisse gesucht.

4.1 Emotionsinduktion

Prill und Fahrenberg untersuchten in ihrer Studie von 2007 die Variabilität des Blutdrucks in Abhängigkeit vom Vorhandensein emotionaler Stressoren. Diese detektierten sie über die Messung einer AHR. Während der Zeiten, in denen es keine Erhöhung der AHR gab, betrug diese durchschnittlich 0.3 Einheiten mit einer Standardabweichung von 1.0 Einheiten. War eine Erhöhung der AHR zu sehen, handelte es sich hierbei um Werte von 13.4 Einheiten mit einer Standardabweichung von 2.7 Einheiten. Eine Studie von Myrtek et al. 2005 erhielt ähnliche Werte beim Abfragen von den Emotionen Freude, Ärger und Angst. Hierbei zeigte sich bei Freude Werte um 9.7 Einheiten/min; bei Ärger Werte um 11.5 Einheiten/min und bei Angst Werte um 12.5 Einheiten/min. In unserer Studie ergaben sich für die AHR des negativen Films Werte um 2.7 Einheiten, beim positiven Film Werte um 3.3 Einheiten und beim neutralen Film Werte um 4.4 Einheiten. An diesen Zahlen sieht man, dass verglichen mit keiner Emotion während allen Filmen Emotionen vorhanden waren im Vergleich zu den durchschnittlichen 0.3 Einheiten in Zeiten ohne Emotionen aus der Studie von Prill und Fahrenberg 2007. Jedoch sind diese induzierten Emotionen sehr gering, nämlich selbst beim neutralen Film grade einmal ca. halb so groß wie bei den erreichten Werten der anderen Studien.

Eine Ursache für unsere geringe AHR beim Anschauen der Filme könnte sein, dass die Jugendlichen resilent gegenüber den emotionalen Ereignissen der Filmszenen waren. Schüler, die viel Fernsehen haben eine signifikant geringere AHR während sie fernsehen im Vergleich zu denen, die wenig fernsehen (Myrtek et al. 1996a; Myrtek u. Scharff 2000). Für die Studie wurden männliche Schüler (N = 100 11-jährige und N = 100 15-jährige) über 23 Stunden mit dem FMS an einem normalen Schultag überwacht. Es erfolgte eine Einteilung in die Gruppen Viel- und Wenigfernseher. Die Schüler, die viel fernsahen (im Durchschnitt 2,9 Stunden bei den 11jährigen und 3,3 Stunden bei den 15jährigen), hatten eine signifikant geringere AHR während sie fernsahen im Vergleich zu denen, die weniger fernsahen (im Durchschnitt 0,8 Stunden bei den 11jährigen und 1,1 Stunden bei den 15jährigen). Es wurde diskutiert, ob die Schüler mit dem hohen Fernsehkonsum aufgrund des oft emotional geladenen TV-Programms emotional abgestumpft waren. Tendenziell waren die jüngeren Schüler vom Fernsehen emotional stärker beansprucht als die älteren. In unsere Studie waren die Schüler 14 und 15 Jahre und somit eher vergleichbar mit den älteren Schülern der erwähnten Studie. Mit Anstieg des Fernsehkonsums nahm die emotionale Reaktion ab. Die Vielseher waren in der Schule stärker beansprucht als die Wenigseher, sowohl emotional als auch mental. Das stimmte auch

mit der subjektiven Einschätzung überein, bei der sich die älteren Vielseher am stärksten aufgeregt wahr nahmen und die Schule am unangenehmsten bewerteten. Ähnliche Ergebnisse erhielt man bei Untersuchungen mit männlichen Studenten (Myrtek et al. 1996b).

Es gibt vielfältige Möglichkeiten Emotionen zu induzieren (Sokolowski 1992). Die Gabe von Psychopharmaka (z.B. Epinephrin) kann zum Spüren einer Emotion führen. Ebenso können Emotionen durch Mimik (z.B. Levenson et al. 1991), Gestik und Körperhaltung einer Person verursacht und beim Gegenüber ausgelöst werden, was praktische Anwendung auf dem Gebiet der Rhetorik findet. Die Aufforderung zum Erinnern an emotionale Situationen (z.B. Williams u. Voon 1999) und die Velten-Technik sind Möglichkeiten durch Kognition und Erleben Emotionen hervorzurufen. Bei der Velten-Technik lesen die Versuchspersonen erst leise, dann laut ca. 60 selbstbezogene Aussagen, welche entweder alle positiv oder alle negativ sind. Die Probanden setzen sich dann in eine Stimmung, die mit den Aussagen assoziiert werden. Als letzten Punkt gibt es noch Situations-Reize, wie die Darbietung von Filmen, Musik, Märchen oder Witzen, das erhalten von Geschenken oder emotionalisierende Interaktionspartner, die Emotionen auslösen können. Am effektivsten sind Filme oder Geschichten zur Emotionsinduktion, sowohl zur Induktion von positiven und negativen Stimmungen (Mecklenbräuker u. Hager 1986).

In unserem Experiment war es wichtig, dass ein gleichzeitiges Belasten mit emotionalen, kognitiven und mentalen Faktoren möglich war. So kamen wir aus rein praktischen Gründen auf die Auswahl von Filmen zur Induktion von emotionaler Belastung. Neben dem Anschauen von Filmen war ein gleichzeitiges Kopfrechnen und das Laufen auf dem Laufband möglich. Wir trafen die Auswahl unserer Filmausschnitte auf Grundlage einer Studie von Hewig et al. aus dem Jahre 2005. Der Sinn dieser Studie war die Evaluation von bereits in anderen Studien genutzten Filmen zum Auslösen spezifischer Emotionen sowie das Finden von vergleichbaren neutralen Stimuli aus kommerziellen Filmen. Hierbei erhielt die Filmsequenz aus „An Officer and a Gentleman“ hohe Bewertungen in der Rubrik Unterhaltsamkeit (repräsentiert durch die Wörter Freude, Vergnügen, Unterhaltung) und „My Bodyguard“ hohe Bewertungen in der Rubrik Ärger (repräsentiert durch die Wörter Wut und Ärger). Bei „Hannah and her Sister“ gab es annähernd keine Differenz zwischen ausgelösten positiven und negativen Emotionen, was die Einteilung in die neutrale Gruppe begründete. Diese Filmsequenzen benutzten wir zum Auslösen der Emotionen in unserer Untersuchung. Wir wiederholten die Sequenzen drei Mal um eine länger andauernde Konfrontation mit dem emotionsauslösenden Reiz zu ermöglichen. Wir erwarteten, dass die AHR des neutralen Films am geringsten werden würde. Die AHR ist bei unserem Versuchsaufbau jedoch beim neutralen Film am höchsten und beim negativen Film am geringsten. Der Unterschied der AHR zwischen neutralem und negativen Film wird signifikant, der zwischen neutralem und positiven Film nicht. Sowohl beim positiven als auch beim negativen Film ergibt sich in unserem Versuchsaufbau kein Reihenfolgeeffekt. Jedoch sind wie bereits oben geschildert unsere AHR-Veränderungen so gering, dass die Unterschiede der AHR zwischen positiven, negativen und neutralem Film schwierig zu verwerten sind.

Ein gutes Induktionsverfahren muss unabhängig von anderen Umgebungsfaktoren sein. Wichtig ist es, dass vorhergehende Ereignisse weniger eindrucksvoll sind, als die durch den Film hervorge-

rufenen Emotionen. Die AHR kann unter Laborbedingungen emotionale und mental anstrengende Zustände detektieren. In unserem Versuch ist wahrscheinlich die Aufregung der Schüler am Beginn der Untersuchung groß. Nach dem ersten Durchgang mit dem neutralen Film beruhigten sich die Schüler, da sie nun wussten, was auf sie zukommt. Die Emotionen, welche durch den negativen und positiven Film ausgelöst wurden, waren nicht so groß, wie die Aufregung der Schüler zu Beginn des Experimentes. Somit ist die höchste AHR beim neutralen Film als Reihenfolgeeffekt zu werten. Für uns ist das der wahrscheinlichste Grund für die höchste AHR beim neutralen Film. Um diese Vermutung zu bestätigen sollte eine Untersuchung durchgeführt werden, in der auch der neutrale Film mit in die Permutation einbezogen wird. Kommt man hier zu dem Ergebnis, dass die AHR immer am Beginn am höchsten ist, egal welcher emotionsauslösende Film gezeigt wird, könnte unsere Vermutung bestätigt werden.

Problematisch ist die ökologische Validität unserer Untersuchungsmethode zu sehen. Kurze Filmsequenzen können wohl kaum die komplexe Interaktion verschiedenster Wirkfaktoren nachbilden, welche unter Feldbedingungen zu emotionalen Reaktionen führen. Wir verlängerten die Einwirkung des emotionsauslösenden Reiz, indem wir über ca. 3 Minuten die Filmsequenz wiederholt zeigten. Zu überlegen ist, ob das mehrmalige aneinanderreihen der Filmsequenz bei den Schülern zu Langeweile geführt hat und so unsere Ergebnisse beeinflusst. Dies hätte jedoch in gleicher Weise auf den neutralen, positiven, negativen Film Einfluss gehabt, so dass dieser Effekt vernachlässigbar erscheint. In unserem Experiment erfuhren wir, wie schwierig es ist eine neutrale Kontrollstimmung zu erzeugen. Wir wählten dafür einen Szene, in denen zwei Frauen einkaufen gehen. Die Frage ist, ob das wiederholte Anschauen einer solchen Szene nicht über die Langeweile auch zu Wut oder Ärger führen und so unsere Ergebnisse verzerren kann. Da der neutrale Film jeweils vor dem positiven oder negativen Film gezeigt wurde, ergibt sich aber ein gleicher Ausgangswert der Grundemotion.

Ein methodisches Problem bei psychologischer Messung ist, dass die Ergebnisse durch aktive Hypothesenbildung der Probanden verfälscht werden können (Orne 1962). Die Personen befinden sich in den Untersuchungssituationen in sozialen Situationen und stellen sich Fragen wie zum Beispiel, „Was ist der Sinn dieser Untersuchung“ oder „Was wollen die Versuchsleiter jetzt von mir hören“? Die Versuchspersonen möchten gern in einem guten Licht erscheinen und den Erwartungen des Versuchsleiters gerecht werden. Diese „Demand Characteristics“ (Orne 1962) gefährden die ökologische Validität des psychologischen Experiments. Da diese Verfälschung der Ergebnisse vor allem bei verbalen Angaben und mimischem Ausdruck entstehen können, versuchten wir diese Messungen zu minimieren und vor allem nichtreaktive Messungen zu verwenden. Weiterhin versuchten wir durch vorherige Aufklärung der Probanden über das Ziel der Messung solche Fehler zu reduzieren. Trotzdem kann davon ausgegangen werden, dass beim Ausfüllen der Fragebögen eine Tendenz dazu bestand, sozial verträgliche Angaben zu machen.

4.2 Ergebnisdiskussion der körperlichen Aktivität

HR Die HR ist am geringsten bei der Ruhemessung im Sitzen. Es ergibt sich ein signifikanter Unterschied zur Ruhemessung im Stehen. Am höchsten ist die HR bei der schnellen Bewegung auf dem Laufband (5 Kilometer pro Stunde) mit fixierten Armen. Es ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen der Messung mit fixierten Armen und mit mitgenommenen Armen, sowohl beim langsamen als auch beim schnellen Laufen.

Die kontinuierliche Erfassung der Bewegungsaktivität mit Hilfe von Accelerometern ist zuverlässiger als Selbstberichte (Baumeister et al. 2007, Fahrenberg et al. 2007). Dabei messen Accelerometer nicht nur die Intensität der Aktivität, sondern auch Körperposition (sitzend, stehend, liegend, ...) und Bewegungsmuster (gehend, laufend, ...). Das Accelerometer kann die Beschleunigung in einer oder bei fortgeschrittenerer Technik in drei Raumachsen messen. Dabei ist es wichtig, wo die Accelerometer befestigt sind. Ein am Handgelenk angebrachtes Accelerometer wird die metabolisch wesentliche Gesamtaktivität (z.B. Gehen, Treppensteigen, Rennen) schlechter erfassen als ein Accelerometer am Sternum oder am Oberschenkel (Myrtek et al. 1988). Ein dreiachsiges Accelerometer kann unter Berücksichtigung von Geschlecht, Alter, Gewicht und Größe eine mittlere bis hohe Übereinstimmung mit Messwerten der Sauerstoffaufnahme und der HR erreichen (Freedson u. Miller 2000). Die von uns verwendeten Sensoren hatten eine AC-Komponente als Maß der Bewegungsaktivität und eine DC-Komponente die die Lage des Sensors relativ zur Gravitationsachse und somit die Körperposition anzeigte. Foerster und Fahrenberg (2000) schlugen folgende Sensorpositionen vor: Sternum in vertikaler (z), sagittaler (x) und transversaler (y) Richtung sowie frontal auf den rechten und linken Oberschenkel. Diese 5 Sensoren ermöglichen die Detektion 13 unterschiedlicher Körperposition und Aktivitäten (3,2 % wurden falsch klassifiziert). 2 Sensoren (z-Richtung des Sternums und x-Richtung des rechten Oberschenkels) genügen, um zwischen sitzen, stehen, liegen und Bewegung zu unterscheiden. Eine zuverlässige Angabe der Körperposition und der häufigsten Bewegungsformen ist mit drei Achsen (sagittal und vertikal am Sternum und eine Achse sagittal am Oberschenkel) möglich. Wir haben zusätzlich zu den vom FMS-Protokoll vorgesehenen Achsen (3-D-Sternum und 1-D sagittal am linken Oberschenkel) weitere Sensoren sagittal am linken Oberschenkel und je einen Sensor sagittal am rechten und linken Oberarm angebracht. Leider war uns die Auswertung dieser aufgenommenen Daten aus softwaretechnischen Gründen nicht möglich. In unsere Auswertung sind lediglich die im FMS vorhergesehenen Sensoren eingegangen. In unserer Studie haben wir u.a. untersucht, ob es Vorteile bringt die Arme in die Analyse der Bewegung (z.B. beim Melden der Schüler) mit einzubeziehen. Die Armbewegung selbst hat keinen Einfluss auf die HR. Unter Umständen wäre die Detektion der Armbewegung trotzdem eine Hilfe bei der Auswertung von Daten aus Erhebungen in Schulen. Die Unterscheidung zwischen einer emotionalen Regung des Schülers, weil er grade mit seinem Nachbarn redet und einer emotionalen Regung, weil er sich meldet und somit aufgeregt ist bei der Beantwortung der gestellten Frage, ist mit Hilfe der Auswertung der Armbewegung sicherlich erleichtert.

Bei allen Filmen kommt es übereinstimmend zu einer signifikanten Erhöhung der HR beim langsamen Laufen gegenüber der Messung lediglich im Stehen. Dies bestätigt bisherige Erkenntnisse, bei denen vermehrte körperliche Aktivität zu einer erhöhten HR führt (Myrtek u. Spital 1986). Im Ver-

gleich der Herzraten von langsamem (2 Kilometer pro Stunde) und schnellem Gehen (5 Kilometer pro Stunde) erhielten wir signifikant höhere Herzraten bei schnellerer Bewegung. HR und Aktivität sind positiv korreliert. Diese Ergebnisse könnten praktische Implikation finden, wenn Schüler zum Beantworten einer Frage oder zur Begrüßung des Lehrers aufstehen müssen. Hierbei wäre es interessant unterscheiden zu können, ob die körperliche Aktivität oder die Aufregung Ursache der Herzratenerhöhung sind und dies quantitativ unterscheiden zu können.

Beim neutralen und beim negativen Film fiel auf, dass stets die HR aus Film + Laufen signifikant höher war als Film + Rechnen. Somit hat die körperliche Aktivität einen größeren Einfluss auf die HR als die mentale Aktivität.

AHR Die AHR ist signifikant höher beim Stehen und beim Rechnen ohne körperliche Aktivität als beim Laufen auf dem Laufband. Die AHR und die Aktivität korrelieren in unserer Studie negativ miteinander. Die Probanden haben in allen Aufgaben ohne Bewegung auf dem Laufband eine hohe AHR, während die AHR bei jeder Aufgabe mit Bewegung gering ist.

Die AHR detektiert mentale und emotionale Anspannung. Somit sind zwei Erklärungen für unsere Ergebnisse denkbar. Zum einen könnte die körperliche Aktivität die Probanden entspannt haben, so dass die mentale und emotionale Anstrengung nicht mehr ins Gewicht fiel. Zum anderen wäre es möglich, dass das Laufen auf dem Laufband unsere Messung gestört hat. Myrtek et al. zeigte 1996b in seinen Experimenten zur Validation der emotionalen, mentalen und körperlichen Arbeitsanforderungen im Feld bereits folgendes: In dem Laborexperiment wurde 48 männlichen Studenten in permutierter Abfolge drei 30-minütige Filmausschnitte gezeigt: ein heiterer Film, ein erotischer Film und ein neutraler Film. Zum einen konnten die Probanden in einem Sessel sitzend sich dem Film anschauen, zum anderen mussten sie leichte Ergometerarbeit (2 Minuten Leertreten und 2 Minuten Belastung mit 10 Watt) verrichten. Die Erregung nahm beim erotischen Film im Vergleich zum heiteren Film signifikant zu, was sich in der Zunahme der AHR und der HR zeigte. Unter der körperlichen Belastung stieg die HR an, während die absoluten Werte der AHR sehr viel geringer waren, als unter Ruhebedingungen. Doch auch hier ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen AHR des erotischen Films im Vergleich zum heiteren Film. So ist denkbar, dass bei uns die Bewegung auf dem Laufband mit einer Geschwindigkeit von 2 km/h eine Messung der AHR unmöglich gemacht hat. Das sollte bei Felduntersuchungen, bei dehnen die Probanden zwischenzeitlich in Bewegung sind, Beachtung finden.

KAB Der KAB gibt Auskunft über die vom Individuum wahrgenommene und erwartete psychische Beanspruchung. Dabei ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen der subjektiv erlebten psychischen Beanspruchung beim Laufen (Gehen auf dem Laufband mit 2 Kilometer pro Stunde) und beim Stehen. Weder Laufen noch Stehen werden als psychisch belastend wahrgenommen.

4.3 Ergebnisdiskussion der mentalen Belastung

KAB Die im KAB angegebene subjektive psychische Belastung des Individuums ist signifikant höher, wenn gerechnet wird als bei den Aufgaben ohne Rechnen. Dies entspricht unseren Erwartungen. Mentale Aktivität wird von den Probanden als anstrengend empfunden.

HR Unabhängig vom gezeigten Film erhöhte die Rechenaufgabe immer die HR signifikant. Da die HR sowohl bei emotionaler, kognitiver und physischer Belastung ansteigt, kann nicht der Rückschluss auf die Ursache einer Herzratenerhöhung bei Kombination der Aufgaben geschlossen werden.

HRV In unserer Studie wird die HRV maximal, wenn der Film (neutral / positiv / negativ) zusammen mit dem Rechnen ohne das Laufen angeschaut wird. Dabei wird der Unterschied zur EG Film + Stehen immer signifikant. Die HRV ist ein Maß für die Anpassungsfähigkeit des Organismus an Belastungen (Hottenrott 2002). Sowohl körperliche, vor allem aber emotionale und mentale Aufgaben stellen Belastungen dar, welche über die Aktivierung des Sympathikus zu einem Anstieg der HR und somit zu einer Abnahme der HRV führen. Bei Entspannung führt die Aktivierung des Parasympathikus zu einem Abfall der HR während die HRV wieder zunimmt. Die HRV ein weit verbreiteter Faktor zur Messung der mentalen Arbeitsbelastung (Meshkati 1988; Wilson 1988). Bei zunehmender Schwierigkeit gestellter Aufgaben und somit größerer Aufmerksamkeit nimmt die HRV ab. Deswegen wird die HRV häufig für die Messung der objektiven Aufgabenschwierigkeit eingesetzt (Mulder 1986, 1992). Die HRV wird als ein objektives Maß interindividueller Unterschiede in der Regulation von Emotionen angesehen. Menschen mit eingeschränkter HRV werden durch größere emotionale Belastungen eher überfordert. Eine hohe HRV wird als ein Zeichen für effektive Coping-Strategie (Fabes u. Eisenberg 1997) und gute Regulation der eigenen Emotionen (Fabes et al. 1994) angesehen. Eine reduzierte HRV hingegen wird mit emotionaler Dysregulation, wie Angstzustände (Friedman u. Thayer, 1998) und Depression (Siepmann et al. 2005) und mit intensiver Belastung des Herz-Kreislauf-Systems (körperliche Anstrengung, Krankheit) in Zusammenhang gebracht. Curic et al. 2008 konnten in ihrer Studie an 28 weiblichen Studentinin nachweisen, dass die HRV während der Ruhebedingung größer ist als während Stress und kleiner als während der Entspannung. Als Stressfaktor diente eine Anagrammaufgabe. Der Stress wurde dadurch induziert, dass den Versuchspersonen vermittelt wurde, dass 90 % der Personen ihrer Altersklasse und ihres Bildungsstandes in der Lage sind, die Wortliste in dieser Zeit erfolgreich zu bearbeiten. Tatsächlich waren 2/3 der Anagramme nicht lösbar. Unser Ergebnis widerspricht der Aussage von Curic et al. ebenso wie den Aussagen anderer Wissenschaftler, die zu dem Schluss kamen, dass Stress eine Verringerung der HRV auslöst (Czyzewska et al. 1983). Eine Erklärung könnte sein, dass sich unsere Probanden durch die von uns gestellte Aufgabe im Flow befanden. Flow ist ein sich konzentrieren ohne eben dieses erzwingen zu wollen. Dabei befindet sich die Person in einem Bereich zwischen Überforderung (Angst) und Unterforderung (Langeweile). Es besteht Harmonie zwischen limbischen System (Emotionssteuerung) und Kortex (Bewusstsein und Verstand) (Findeisen 2006). Dieser Zustand lässt sich quantitativ über die Messung der HRV erfassen

(Mück-Weymann 2007). Im Flow sind Herzschlag, Atmung und Blutdruck optimal synchronisiert, so dass die HRV sehr hoch ist. Ein Flow-Zustand ist wie folgt definiert:

1. Zielklarheit (Burzik 2006): Die Aktivität hat unmittelbare Rückmeldungen und die Tätigkeit ist das Ziel. Das Rechnen diente für unsere Schüler keinem anderen Zweck als dem Rechnen und das Ende war klar definiert mit dem Ende der Filmszene, welche gleichzeitig gezeigt wurde.
2. Fähigkeit der Konzentration auf das was wir tun (Burzik 2006): Durch die Umgebungsbedingungen war die Konzentration auf die Aufgabe ermöglicht.
3. Ausgewogenes Verhältnis zwischen Anforderung und Fähigkeit (Burzik 2006): Die Rechenaufgabe von bestimmten Zahlen im Bereich zwischen 100 und 1000 in 3er Schritten rückwärts zu rechnen, hat die volle Konzentration der Schüler gefordert, aber sie nicht überfordert.
4. Gefühl der Kontrolle über die Aktivität (Csikszentmihalyi 1993)
5. Mühelosigkeit
6. Verändertes Gefühl für Zeitabläufe
7. Verschmelzen von Handlung und Bewusstsein (Burzik 2006)

Die Punkte 1.-3. sind die Voraussetzungen für den Flow-Zustand und waren bei unserem Experiment alle gegeben. Die folgenden Punkte 4. - 7. sind subjektive Erlebnisse beim Flow, die vorkommen können aber nicht müssen (Burzik 2006). So könnte ein Flow-Zustand eine Möglichkeit darstellen unsere Ergebnisse, der Erhöhung der HRV durch das Rechnen zu erklären.

AHR Die AHR bei der kognitiven Belastung durch die Rechenaufgabe war nicht signifikant höher als die AHR nur beim Stehen. Das widerspricht unseren Annahmen, da die AHR als Maß für die mentale und emotionale Anstrengung angesehen wird. Vielleicht war die Aufgabe für die Schüler zu leicht, was allerdings gegen die von den Schülern im KAB angegebene hohe subjektive psychische Beanspruchung bei den Rechenaufgaben spricht.

4.4 Ergebnisdiskussion der emotionalen Belastung

KAB Laut der Auswertung des KAB-Fragebogens fühlten sich unsere Probanden beim negativen und beim neutralen Film signifikant mehr psychisch beansprucht als beim positiven Film. Die angegebene Beanspruchung beim neutralen Film kann auf einen Reihenfolgeeffekt zurückgeführt werden, da dieser Film immer am Anfang der Untersuchung gezeigt wurde, wo die Probanden noch ungewiss dessen waren, was auf sie zukommen würde. Um diesen Effekt zu vermeiden, sollte bei nachfolgenden Studien der neutrale Film mit in die Permutation einbezogen werden. Die psychische Beanspruchung beim negativen Film könnte daran liegen, dass die Probanden sich mit der gezeigten Situation (ein Schüler wird von einem anderen schikaniert) mehr identifizieren konnten, während der Reiz beim positiven Film (ein Mann kommt in eine Fabrik und umarmt seine Geliebte) zu wenig aufregend für die Schüler gewesen sein dürfte. In der bisherigen Forschung gelang es besser negative

Emotionen, wie Ärger, Ekel oder Traurigkeit, als positive Emotionen zu induzieren (Westermann et al. 1996). Die Mädchen fühlten sich durch den negativen Film mehr beansprucht. Das könnte daran liegen, dass die Mädchen mit den Jungen mehr mitfühlen. Dies belegte auch Auyeung et al. 2009 in einer Empathie-Studie.

VGZ Der VGZ diente der Messung des momentanen Gefühlzustandes nach erstmaligen anschauen der positiven, negativen und neutralen Films. Dabei erhielten wir signifikante Veränderungen der Erregung, welche beim positiven Film geringer angegeben wurde als beim neutralen Film. Außerdem erhielten wir beim negativen Film eine signifikante Abnahme des positiven Gefühls und eine signifikante Zunahme des negativen Gefühls. Es besteht eine negative Korrelation zwischen negativen Gefühl und der AHR. Die Versuchspersonen fühlten sich also umso schlechter, je höher die AHR was (vor allem am Anfang der Untersuchung).

HR Die HR ergab keinen signifikanten Unterschied im Vergleich von neutralem versus negativen und im Vergleich von neutralem versus positiven Film unter Ruhebedingungen. Das bedeutet, dass die Filme unsere Probanden emotional nicht erreicht haben. Myrtek und Scharff führten 2000 eine Studie an 200 11- und 15-jährigen Schülern zur körperlich-emotionalen Auswirkungen von Fernsehen durch. Die Schüler trugen für 23 Stunden ein Varioport-Gerät mit sich, welches die HR und die Bewegungsaktivität aufzeichnete. Alle 15 Minuten sollten die Schüler ihr momentanes Befinden und Verhalten eingeben. Ein Ergebnis war, dass die emotionale Beanspruchung der Schüler in ihrer Freizeit im Vergleich zu anderen Situationen des Alltags (z.B. Schule) sehr hoch war. Dabei wurde ein großer Teil der Freizeit mit Fernsehen verbracht. Mit steigendem Konsum und bei den älteren Kindern war die emotionale Beanspruchung weniger stark. In unserer Untersuchung haben die Filme, welche die Emotionen auslösen sollten, nicht zu einer Erhöhung der HR geführt. Diese Ergebnisse decken sich zum Teil mit den Ergebnissen aus dem VGZ und dem KAB. Die Probanden gaben auch im KAB an, den positiven Film nicht als subjektiv beanspruchend zu empfinden. Das kann daran liegen, dass die gezeigte Liebesszene (ein Mann, der eine Frau auf ihrer Arbeit trifft, sie küsst und anschließend aus der Fabrik trägt) keinen Bezug zu den Schülern hatte und sie damit emotional nicht angesprochen hat. Die Beanspruchung war bei uns im neutralen Film ähnlich hoch wie im negativen Film. Nimmt man einmal an, dass die Schüler sich im neutralen Film beansprucht fühlten aufgrund der ungewohnten Testsituation, kann man vermuten, dass die Beanspruchung durch den negativen Film tatsächlich durch den Film kam. Im VGZ führte der negative Film zwar zu subjektiv geringerem positiven Gefühl und erhöhten negativen Gefühl, doch muss angenommen werden, dass die durch den Film ausgelöste subjektive Emotion nicht ausreicht, um auch die HR zu verändern. Beim positiven Film decken sich die Angaben der Probanden, kein positives Gefühl vermehrt gespürt zu haben mit dem Ergebnis, dass der Film keine Erhöhung der HR auslöst. Die Erregung (getestet durch die Adjektive: ruhig, nervös, unruhig) führt zu einem signifikant höherem Wert beim neutralen Film verglichen mit dem positiven Film. Das ist wohl darauf zurückzuführen, dass die Jugendlichen am Anfang der Untersuchung durch die ungewohnte Situation aufgeregt waren. Hier ist im ambulanten Monitoring darauf zu achten, genügend Zeit

zum Gewöhnen an die Situation und die Geräte einzuplanen.

AHR Die AHR ist beim neutralen Film nicht signifikant höher als beim positiven Film und signifikant höher als beim negativen Film. Myrtek und Spital (1986) konnten nachweisen, dass die Effekte der drei Belastungen (Kopfrechnen, Cold Pressor Test, Ergometer 25 Watt) weitgehend additiv sind. Darauf aufbauend wurde ein Algorithmus entwickelt, der die körperliche Bewegungsaktivität als wichtigste Ursache von Herzratenerhöhungen im Alltag herausrechnet (Myrtek et al. 1988). Das Ergebnis dieses EMO-Algorithmus ist die AHR als Marker für emotionale Erregung. Myrtek und Brügner führten 1996c eine Laborstudie mit männlichen Studenten durch. Diese mussten sich einen erotischen Film und Comedy anschauen, jeweils einmal unter Ruhebedingungen und einmal unter variierter leichter sportlicher Aktivität. Die AHR war beim Anschauen eines Erotikfilms signifikant höher als bei der Comedy. Eine weitere ambulante Studie unter Zugführern kam zu dem Ergebnis, das die AHR für Start und Stopp des Zuges höher war, als zwischen den Geschwindigkeiten 0 und 200 Kilometer pro Stunde (Myrtek et al. 1994). Als Erklärung dafür wurde das erhöhte Risiko für Unfälle während der Ein- und Ausfahrt aus dem Bahnhof gesehen. In unserer Studie verursachte die Aufregung der Schüler zu Beginn der Messung eine hohe AHR. Im Laufe der Messung sank die Aufregung durch die besser vertraute Situation und somit auch die AHR. Die Filme konnten nicht so eine starke AHR auslösen, wie die Aufregung am Beginn der Messung.

4.5 Ergebnisdiskussion bei Kombination von körperlicher, mentaler und emotionaler Belastung

KAB Die größte subjektive Beanspruchung ergab sich jeweils aus der Dreifachkombination von Film anschauen + Rechnen + Laufen auf dem Laufband. Das entspricht unseren Erwartungen ebenso wie den objektiven physiologischen Parametern, wie z.B. der HR.

HR Die HR bei der Dreifachkombination der Aufgaben war immer signifikant höher als die HR bei den einzelnen Aktivitäten. Wir untersuchten in einem t-Test für unabhängige Variablen, ob das additive Modell der HR auch bei uns zutrifft und erhielten eine sehr gute Korrelation von vorhergesagter (= durch Addition errechneten) Werten und den tatsächlich gemessenen Werten.

Die HR, als Maß für die Gesamtbeanspruchung der Individuen, nimmt bei mentaler, körperlicher aber auch emotionaler Belastung zu. Bei zunehmender Schwierigkeit gestellter Aufgaben und somit größerer Aufmerksamkeit erhöht sie sich ebenfalls. Das Modell der Addition der HR besagt, dass diese sich bei Mehrfachbelastung nahezu additiv verhält (Myrtek u. Spital 1986): die Kombination von zwei Stressoren führt zu einer fast additiven Erhöhung der HR als die von den einzelnen Stressoren hervorgerufene Erhöhung. So kann aus der HR die energetische Beanspruchung (z.B. das Laufen auf dem Laufband) herausgerechnet und somit die emotionale/mentale Beanspruchung (Kopfrechnen/Film anschauen) errechnet werden. Auch in unserer Studie bestätigt sich ein fast nahezu additives Verhalten der HR bei der Kombination von mentaler, physischer und emotionaler Belastung.

HRV Bei ausschließlich emotionaler Belastung ist in unserem Experiment eine Veränderung der HRV nachzuvollziehen. Bezieht man jedoch das Laufen in den Vergleich mit ein, ist festzustellen, dass die signifikante Änderung der HRV bei der emotionalen Belastung ohne dem Laufen beim neutralen und beim negativen Film nicht mehr festgestellt werden kann. Durch körperliche Aktivität nimmt die HR zu und damit die HRV ab. Dabei führt leichte körperliche Aktivität (z.B. Walking) zu einer Verringerung der HRV. Stärkere körperliche Belastung (z.B. schnelles Laufen) lässt das Herz schneller und sehr gleichmäßig schlagen. Somit ist kaum noch eine Variabilität des Herzrhythmus (Hottenrott 2007) zu messen. Untersuchungen von Myrtek et al. (1996b) zeigten in einem Experiment mit 48 männlichen Studenten, dass bei dem Anschauen von drei 30-minütige Filmausschnitten in permutierter Reihenfolge (ein heiterer Film, ein erotischer Film und ein neutraler Film) leichte Ergometerarbeit (zwei Minuten Leertreten und zwei Minuten Belastung mit 10 Watt) die Messung des MQSD als Marker für die größere Beanspruchung bei dem erotischen Film störte. Ebenso wie bei Myrtek et al. 1996b stört auch in unserem Experiment das Laufen die Messung des MQSD. Damit wäre beim ambulanten Monitoring zu beachten, dass der MQSD u.U. nicht auswertbar sein dürfte, wenn sich die Probanden bewegen.

Das Rechnen verursacht sowohl beim positiven, negativen und auch neutralem Film jeweils die höchste HRV. Der Unterschied zu Kombination der Aufgaben wird beim neutralen und negativen Film nicht signifikant, beim positiven Film kommt es zu einer signifikanten Abnahme der HRV. Als Ursache ist auch hier die Störung der Messung durch das Laufen in Erwägung zu ziehen.

Sowohl beim neutralen Film als auch beim positiven und negativen Film wird der Unterschied des MQSD zwischen dem Film und der Kombination aus Film und Rechnen stets signifikant. Myrtek et al. 2005 begleiteten 50 Studentinnen einen Tag und baten sie mit Hilfe akustischer Signale alle 10 bis 20 Minuten um ein Feedback zu ihrem momentanen Gefühlszustand in den Dimensionen kein Gefühl, Freude, Ärger, Angst, Trauer, Überraschung und Ekel. Dabei basierten etwa 40 % aller Signale auf einer wahren Erhöhung der AHR, welche eine emotionale Reaktion des Individuums anzeigt. Die restlichen 60 % waren Signale zu einem Zeitpunkt, an dem es keine Erhöhung der AHR gab. Ausgewertet wurde u.a. das EKG (Elektrokardiogramm) an den Stellen, wo die Probanden negative Gefühle (Ärger, Angst) angaben. Dabei fiel auf, dass es hier eine Steigerung der P-Wellen-Amplitude, als Signal der Sympatikusaktivierung gab aber zum gleichen Zeitpunkt keine Veränderung der HRV, als Signal der vagalen Aktivierung. Daraus schloss die Forschungsgruppe, dass negative Emotionen nur sympathische Ursachen haben.

Wir konnten zeigen, dass unserer Rechenaufgaben die Schüler zwangen, sich zu konzentrieren. Dabei wurde die Konzentration nicht durch die Induktion von Emotionen gestört. Obwohl beim neutralen Film eine hohe emotionale Beanspruchung gemessen (AHR am höchsten) wurde, konnte gleichzeitig noch die Veränderung des MQSD ausgelöst durch die Rechenaufgabe gezeigt werden. Auch beim positiven und negativen Film war die Detektion der Konzentration ohne Probleme möglich. Somit ist der MQSD als Maß der Konzentration der Probanden ein Maß, welches durch Emotionen, wie z.B. die Aufregung der Schüler nicht gestört wird. Möglich wäre es aber auch, dass die Schüler durch die Rechenaufgabe so in ihrem Wahrnehmungsbereich eingeengt waren, dass sie den Film, welchen sie nun auch schon mehrere Male gesehen hatten, gar nicht mehr wahrnahmen.

AHR Beim Rechnen und beim Stehen ist die AHR signifikant höher als bei der Kombination der Aufgaben. Das liegt daran, dass das Laufen die Messung stört. Beim alleinigen Laufen ist die AHR geringer als bei der Kombination, da die emotionale und kognitive Belastung mit eingehen.

Unsere Probanden fühlten sich während der Untersuchung im Durchschnitt eher wach und positiv gestimmt. Sie hatten ein großes Interesse an der Untersuchung. Das negative Gefühl war gering. Subjektiv waren die Probanden nicht erregt. Durch die positive Filmsequenz verbesserte sich das positive Gefühl unserer Probanden nicht. Die Erregung nahm beim positiven Film im Laufe der Untersuchung ab, was durch die objektiven Messungen bestätigt werden konnte. Der negative Film wurde subjektiv als belastend empfunden. Hiernach fühlten sich die Jugendlichen signifikant schlechter, was sich sowohl in den Ergebnissen des abnehmenden positiven Gefühls als auch des zunehmenden negativen Gefühls wiederfinden, jedoch nicht objektiv in einer signifikanten Zu- oder Abnahme der AHR zu erkennen war.

Wahrscheinlich ist der positive Stimulus, der durch den positiven Film ausgelöst wird zu gering, als das Jugendliche, die stärkere Stimuli gewöhnt sind, dadurch eine Veränderung in ihrer Gefühlslage bemerken würden. Dass der Stimulus des negativen Films ausreichte, um eine subjektive Änderung der Stimmung auszulösen, kann daran liegen, dass eine Szene aus dem alltäglichen Leben der Schüler dargestellt wurde (ein stärkerer Junge schikaniert einen schwächeren Jungen). Subjektiv fühlen sich unsere Probanden auch am Anfang der Messung nicht erregt. Da die AHR jedoch zu Beginn der Messung am höchsten war, konnten dieser objektive Parameter eine Aufregung der Probanden vor allem zu Beginn der Messung nachweisen. Die Probanden konnten ihre gemessene emotionale Erregung nicht wahrnehmen. So ist eine Unterscheidung zwischen emotionaler Erregung durch physiologische Veränderungen und Wahrnehmung einer Emotion zu befürworten. Zu diesem Schluss kamen auch Myrtek und Brügner (1996c), welche eine Studie zur Erregung männlicher Probanden beim Anschauen eines erotischen und eines komidantischen Films im Labor durchgeführten. Sie fragten die Erregung ab und untersuchten die Übertragbarkeit auf den Feldversuch. Im Labor fühlten sich die Männer beim Anschauen des erotischen Films signifikant erregter als beim Anschauen des komidantischen Films. Anders jedoch, als die Übertragung dieser Ergebnisse ins Feld vermuten ließ, gab es keinen Unterschied zwischen physiologischen Indikatoren und subjektivem Gefühl (Erregung, Freude) im Vergleich von wahren (mit AHR) und zufälligem Feedback (keine AHR). Die Probanden konnten zwar emotionale Erregung im Labor gut erkennen, jedoch nicht im Feld.

4.6 Schlussbewertung

Unsere Studie befasste sich mit der Veränderung von HR, Aktivität, AHR und MQSD als Maß der HRV bei der Kombination von emotionalen, kognitiven und physischen Belastungen.

praktische Implikationen: Die HR verhält sich bei den verschiedenen Aufgabenkombinationen annähernd additiv. Das zusätzliche Bewegen der Arme führte zu keiner Erhöhung der HR, so dass auf eine zusätzliche Detektion der Armbewegung, wie sie zum Beispiel beim Melden von Schülern vorkommt, verzichtet werden kann. Eine wichtige Erkenntnis für nachfolgende Studien im Feld ist,

dass bereits geringe Bewegungen die Messung des MQSD unmöglich machen. Die Induktion von Emotionen brachte jedoch keine Störung der Messung des MQSD mit sich.

Hinweise für weitere Forschungsarbeit: Bei der Auswertung der Aktivität konnten in unserer Studie nur fünf der sieben angebrachten Sensoren aus softwaretechnischen Gründen ausgewertet werden. Es wäre interessant, ob auch bei der Berechnung der Aktivität das Einbeziehen der Armbewegung keine Veränderung bringt. Die AHR war zu Beginn der Untersuchung sehr hoch. Das kann an der ungewohnten Testsituation gelegen haben. Es sollte den Probanden am Anfang sehr viel Zeit und Erklärung gegeben werden, um sie an die Situation zu gewöhnen. Falls möglich, sollte der Versuch so geplant werden, dass die ersten Messdaten nicht mit in die Auswertung eingehen und so die Aufregung der Probanden die Messergebnisse nicht verfälschen. Die Auswertung der HRV erbrachte den Effekt, dass die Gesamtbeanspruchung des Individuums abnimmt, wenn zusätzlich gerechnet wird. Dies widersprach dem subjektiven Gefühl der Probanden ebenso wie den bisherigen Erkenntnissen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass sich unsere Probanden im Flow befanden, während sie die Aufgabe lösten. Diese Hypothese könnte in einer weiteren Forschungsarbeit untersucht werden.

Verbesserungen der Methode: Die AHR war beim neutralen Film, der stets an erster Stelle gezeigt wurde am höchsten. Nachfolgende Studien sollten darauf achten, den neutralen Film mit in die Permutation mit einzubeziehen, so das dieser Reihenfolgeeffekt vermieden wird.

5 Zusammenfassung

Hintergrund und Zielstellung: Ambulantes Monitoring nutzt elektronische Geräte, um physiologische Parameter, Selbstberichte und Verhaltensweisen von Probanden im Tagesverlauf zu beobachten. Bekannte Beispiele aus der Medizin sind die Messung des 24h-Blutdrucks und die Aufzeichnung eines Langzeitelektrokardiogramms. Hintergrund ist, dass es dazu kommen kann, dass Patienten im Labor (z.B. der medizinischen Praxis) andere Messwerte zeigen, als in ihrem normalen Tagesablauf. Ziel unserer Studie war es, Schüler besser in ihrem normalen Umfeld Schule monitoren zu können. Dazu haben wir folgende verschiedene Fragestellungen im Labor bearbeitet, um die Interpretation zukünftiger im Feld gewonnener Daten zu erleichtern:

1. Ist eine Emotionsinduktion im Labor mit Filmen möglich? Wie verhält sich die Additional Heart Rate (AHR) beim Anschauen von unterschiedlichen Filmen. Können die Probanden selbst eine Veränderung ihrer Emotion angeben?
2. Verhält sich die Herzrate bei Bewältigung verschiedener Aufgaben (kognitiv, körperlich und emotional) annähernd additiv?
3. Hat eine Armbewegung (z.B. Melden in der Schule) Einfluss auf die Herzrate? Ist es somit sinnvoll die Armbewegung in die Berechnung der Aktivität mit einzubeziehen?
4. Beeinflusst kognitive Aktivität die Herzratenvariabilität (HRV) und kann dieser Einfluss auch noch bei gleichzeitiger körperlicher Aktivität oder Induktion von Emotionen detektiert werden?

Material und Methoden: An der Untersuchung nahmen je 20 Gymnasiasten und Gymnasiastinnen im Alter von 14-15 Jahren teil. Diese füllten einen Fragebogen über ihre Gesundheit und ihr Freizeitverhalten aus. Sie schauten sich jeweils einen neutralen (alle 40) und einen positiven (20 Probanden) oder negativen (20 Probanden) Film anschauen (erste Messung). Es folgten eine zweite, dritte und vierte Messung in der jeweils das Anschauen des Films mit einer der Aufgaben a) langsames Gehen auf einem Laufband, b) Lösen einer Rechenaufgabe oder c) langsames Gehen auf einem Laufband und Lösen einer Rechenaufgabe kombiniert wurde. Zwischen den Filmsequenzen füllten die Jugendlichen den VGZ (Fragebogen zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes) und/oder den KAB (Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung) aus. Während des gesamten Versuchs wurden mit Hilfe eines Elektrokardiogramms, Bewegungssensoren und dem FMS (Freiburger Monitoring System) die Herzrate, die Aktivität, die AHR und das MQSD (Mittleres Quadrat sukzessiver Differenzen) als Maß der HRV mit einem Varioportmessgerät aufgezeichnet. Pro Person dauerte die Versuchsdurchführung etwa 1 Stunde und 20 Minuten.

Ergebnisse und Diskussion:

1. Die AHR war beim neutralen Film am höchsten. Auch beim positiven und negativen Film konnte eine AHR ausgelöst werden, welche jedoch wesentlich geringer war, als beim neutralen Film. Es besteht die Vermutung, dass die Aufregung der Probanden zu Beginn unserer Messung so groß war, dass die Emotionen, welche durch den Film ausgelöst werden sollten,

überdeckt wurden. Das könnte in einer weiteren Studie geklärt werden, die den neutralen Film mit in die Permutation mit einbezieht.

2. Die Herzrate verhält sich bei Bewältigung der verschiedenen Aufgaben (Film anschauen, Rechnen, Laufen auf dem Laufband) und deren Kombinationen annähernd additiv. So konnten wir die bisherigen Erkenntnisse zum additiven Verhalten bestätigen.

3. Unsere Studie ergab keinen signifikanten Unterschied der Herzrate bei der Bewegung mit fixierten Armen und mit mitgenommenen Armen. Somit kann auf ein zusätzliches Einbeziehen der Arme in die Berechnung der Herzrate verzichtet werden. Genauere Ergebnisse dazu könnten gewonnen werden, wenn aus unseren erhobenen Daten die Aktivität direkt mit und ohne Armbewegung berechnet würde. Das war uns aus softwaretechnischen Gründen nicht möglich.

4. Der MQSD ist bei uns beim Anschauen des Films zusammen mit dem Rechnen stets signifikant höher als wenn nur der Film angeschaut wurde. Daraus folgt, dass sich die Gesamtbeanspruchung des Individuum abnimmt, wenn zusätzlich gerechnet wird. Dies widerspricht zum einen dem subjektiven Gefühl der Probanden, als auch bisherigen Studien. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass sich unsere Probanden im Flow befanden, während sie rechneten. Die Messung wird auch signifikant, wenn gleichzeitig eine Emotion induziert wird; sie wird nicht signifikant, wenn gleichzeitig langsam auf dem Laufband gelaufen wird. Die Induktion von Emotionen stört bei dieser Messung also nicht, dagegen kann die Messung bei leichter körperlicher Tätigkeit nicht mehr durchgeführt werden. Darauf sollte in nachfolgenden Studien geachtet werden, wenn es darum geht, die HRV bei Schülern im Alltag zu Messen, da diese sich dort bewegen.

6 Literaturverzeichnis

1. Anastasiades P, Johnston D W: A simple activity measure for use with ambulatory subjects. Psychophysiology 27: 87-93 (1990)
2. Anestis MD, Peterson CB, Bardone-Cone AM, Klein MH, Mitchell JE, Crosby RD, Wonderlich SA, Crow SJ, Le Grang D, Joiner TE: Affective lability and impulsivity in a clinical sample of women with bulimia nervosa: the role of affect in severely dysregulated behavior. International Journal of Eating Disorders 42: 259-266 (2009)
3. Auyeung B, Wheelwright S, Allison C, Atkinson M, Samarawickrema N, Baron-Cohen S: The Children's Empathy Quotient and Systemizing Quotient: Sex Differences in Typical Development and in Autism Spectrum Conditions. Journal of Autism and Developmental Disorders 39: 1509-1521 (2009)
4. Banzer W, Thiel C, Rosenhagen A, Vogt L: Novel treatment (new drug/intervention; established drug/procedure in new situation) Tennis ranking related to exercise capacity. BMJ Case Reports 2009: 112-140 (2009)
5. Baumeister RF, Vohs KD, Funder DC: Psychology as the science of self-reports and finger movements: Whatever happened to actual behavior? Perspectives on Psychological Science 2: 396-403 (2007)
6. Ben-Zeev D, Young MA, Madsen JW: Retrospective recall of allect in clinically depressed individuals and controls. Cognition & Emotion 23: 1021-1040 (2009)
7. Berbalk A: Herzfrequenzvariabilität – ein neuer Parameter zur Belastbarkeitsdiagnostik im Leistungssport? In: Engelhardt M, Franz B, Neumann G, Pfützner A (Hrsg) Triathlon und Sportwissenschaft, Bd 13, Hamburg, S. 79-98 (1998)
8. Berntson GG, Cacioppo JT, Quigley KS: Respiratory sinus arrhythmia: Autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. Psychophysiology 30: 183-196 (1993)
9. Berntson GG, Bigger JT, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M, Nagaraja HN, Porges SW, Saul JP, Stone PH, van der Molen MW: Heart rate variability: origns, methods, and interpretive caveats. Psychophysiology 34: 623-648 (1997)
10. Blix AS, Stromme SB, Ursin H: Additional heart rate – An indicator of psychological activation. Aerospace Medicine 45: 1219-1222 (1974)

11. Brüggemann T, Andersen D, Völler H, Ziss W, Schröder R: Herzfrequenzvariabilität im Langzeit-EKG bei Normalpersonen. Zeitschrift für Kardiologie 80: 48 (1991)
12. Burzik A: Üben im Flow. Eine ganzheitliche, körperorientierte Übemethode. In: Mahlert U (Hrsg) Handbuch Üben, Berlin Breitkopf & Härtel, S. 265-286 (2006)
13. Busch GW: Presidential Proclamation 6158. 17 Juli 1990; United States Senate and United States House of Representatives. Joint Resolution to designate the decade beginning January 1, 1990 as the 'Decade of the Brain' (HJ. Res. 174/S.J. Res. 173 Public Law 101-58) (1989), http://www.loc.gov/loc/brain/proclaim.html [14.06.2012]
14. Busse L, Pawlik K: Inter-Setting-Korrelationen und Setting-Persönlichkeits-Wechselwirkungen: Ergebnisse einer Felduntersuchung zur Konsistenz von Verhalten und Erleben. Zeitschrift für Sozialpsychologie 15: 44-59 (1984)
15. Bussmann HBJ, Ebner-Priemer U, Fahrenberg J: Ambulatory behavior monitoring: Progress in measurement of activity, posture, and specific motion patterns in daily life. European Psychologist 14: 142-152 (2009)
16. Carroll D, Turner JR, Hellawell JC: Heart rate and oxygen consumption during active psychological challenge: the effects of level of difficulty. Psychophysiology 23: 174-181 (1986)
17. Chen K, Bassett DR: The technology of accelerometry-based activity monitors: Current and future. Medicine and Science in Sports and Exercise 37: 490-500 (2005)
18. Corder K, Brage S, Ekelund U: Accelerometers and pedometers: Methodology and clinical application. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care 10: 597-603 (2007)
19. Csikszentmihalyi M: Das Flow-Erlebnis – Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen. 8. Auflage, Stuttgart Klett-Cotta, S. 69-75 (1993)
20. Curic A, Männer H, Meisser S, Morawetz F: Untersuchung zur Herzratenvariabilität unter Stress- und Entspannungs-Bedingungen. Empirische Erhebung zu Bereich der Medien- und Gesundheitspsychologie, Universität Regensburg (2008) http://www-cgi.uni-regensburg.de/Fakultaeten/Psychologie/Lukesch/downloads/forschung/Berichte/pwp_ws_2007_herzratenvariabilitaet.pdf [14.06.2010]

21. Czyzewska E, Kiczka K, Polinko P: Veränderungen der Herzarrythmie bei Bahnabschnittsdispatchern während des Treffens komplizierter und riskanter Entscheidungen. Arbeitsmedizin Sozialmedizin Präventivmedizin 18: 121-124 (1983)
22. DeBock F, Menze J, Becker S, Litaker D, Fischer J, Seidel I: Combining Accelerometry and Heart Rate for Assessing Preschoolers' Physical Activity. Medicine & Science in Sports & Exercise 42: 2237-2243 (2010)
23. Delistraty DA, Greene WA, Carlberg KA, Raver KK: Use of graded exercise to evaluate physiological hyperreactivity to mental stress. Medicine & Science in Sports & Exercise 23**:** 476-481 (1991)
24. Ebner-Priemer UW, Kuo J, Welch SS, Thielgen T, Witte S, Bohus M, Linehan MM: A valance-dependent group-specific recall bias of retrospective self-reports: A study of borderline personality disorder in everyday life. Journal of Nervous and Mental Disease 194: 774-779 (2006)
25. Ebner-Priemer UW, Welch SS, Grossman P, Reisch T, Linehan MM, Bohus M: Psychophysiological ambulatory assessment of affective dysregulation in Borderline Personality Disorder. Psychiatry Research 150: 265-275 (2007)
26. Ebner-Priemer UW, Trull TJ: Ecological Momentary Assessment of mood disorders and mood dysregulation. Psychological Assessment 21: 463-475 (2009)
27. Edlinger H, Hascher T: Von der Stimmung- zur Unterrichtsforschung: Überlegungen zur Wirkung von Emotionen auf schulisches Lernen und Leisten. Unterrichtswissenschaft 36: 55-70 (2008)
28. Ekert WD, Kohler B: Cardiorespiratory studies in cerebral disease. Monatsschrift Kinderheilkunde 122: 643-644 (1974)
29. Fabes RA, Eisenberg N, Karbon M, Troyer D, Switzer G: The Relations of Children's Emotion Regulation to Their Vicarious Emotional Responses and Comforting Behaviors. Child Development 65: 1678-1693 (1994)
30. Fabes RA, Eisenberg N: Regulatory control and adults' stress-related responses to daily life events. Journal of personality and social psychology 73: 1107-1117 (1997)
31. Fahrenberg J, Walschburger P, Foerster F, Myrtek M, Müller W: Psychophysiologische Aktivierungsforschung. Ein Beitrag zu den Grundlagen

der multivariaten Emotions- und Stress-Theorie. München Minerva, S. 156-158 (1979)

32. Fahrenberg J, Myrtek M: Ambulantes Monitoring und Assessment. In: Rösler F (Hrsg) Enzyklopädie der Psychologie, Serie Biologische Psychologie, Bd 1: Grundlagen und Methoden der Psychophysiologie, Göttingen Hogrefe, S. 657-796 (2000)
33. Fahrenberg J, Myrtek M, Pawlik K, Perrez M: Ambulantes Assessment – Verhalten im Alltagskontext erfassen. Eine verhaltenswissenschaftliche Herausforderung an die Psychologie. Psychologische Rundschau: 12-23 (2007)
34. Feist A, Stephan E: Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung des Gefühlzustandes (VGZ). Fachgruppe Psychologie, Universität zu Köln (2007) http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2007/952/pdf/VGZ.pdf [15.06.2012]
35. Findeisen (2006): http://www.caduceus.de/texte/qualitaeten_herz_psychotherapie_2006-11.pdf [28.05.2012]
36. Fischer RS: Tracking epilepsy with an electronic diary. Acta Paediatrica 99: 516-518 (2010)
37. Fleeson W, Wilt J: The Relevance of Big Five Trait Content in Behavior to Subjective Authenticity: Do High Levels of Within-Person Behavioral Variability Undermine or Enable Authenticity Achievement? Journal of Personality 78: 1353-1382 (2010)
38. Foerster F, Fahrenberg J: Motion pattern and posture: Correctly assessed by calibrated accelerometers. Behavior Research Methods, Instruments & Computers 32: 450-457 (2000)
39. Freedson PS, Miller K: Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. Research Quarterly for Exercise and Sport 71: 21-29 (2000)
40. Friedman BH, Thayer JF: Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability. Journal of Psychosomatic Reasaerch 44: 133-151 (1998)
41. Hewig J, Hagemann D, Seifert J, Gollwitzer M, Naumann E, Bartussek D: A recised film set for induction of basic emotions. Cognition & Emotion 19: 1095-1109 (2005)

42. Hottenrott K: Grundlagen zur Herzfrequenzvariabilität und Anwendungsmöglichkeiten im Sport. In: Hottenrott K (Hrsg): Herzfrequenzvariabilität im Sport - Prävention, Rehabilitation und Training. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft Bd 129, Hamburg Czwalina Verlag, S. 9-26 (2002)
43. Hottenrott K: Trainingskontrolle mit Herzfrequenz-Messgeräten. Aachen Meyer & Meyer, S. 11-31 (2007)
44. Hottenrott K, Hoos O: Herzfrequenzvariabilität im Sport – Gesicherte und neue Erkenntnisse. In: Hottenrott K, Hoos O, Esperer HD (Hrsg) Herzfrequenzvariabilität: Risikodiagnostik, Stressanalyse, Belastungssteuerung, Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft Bd 192, Hamburg Czwalina Verlag, S. 34-49 (2009)
45. Janik H, Nowack N, Kraft K: Herzratenvariabilität (HRV) – eine Messgröße zur Überwachung der physiologischen Beanspruchung während eines Moorbades in der Rehabilitationsmedizin. In: Hottenrott K, Hoos O, Esperer HD (Hrsg) Herzfrequenzvariabilität: Risikodiagnostik, Stressanalyse, Belastungssteuerung, Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft Bd 192, Hamburg Czwalina Verlag, S. 145-151 (2009)
46. Kleiger R, Miller JP, Bigger JT, Moss AJ: Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute mycardial infarction. American Journal of Cardiology 59: 256-262 (1987)
47. Lehrer P, Vaschillo E, Lu SE, Eckberg D, Vaschillo B, Scardella A, Habib R: Heart rate variability biofeedback: Effects of age on heart rate variability, baroreflex gain, and asthma. Chest 129: 278-284 (2006)
48. Levenson RW, Carstensen LL, Friesen WV, Ekman P: Emotion, physiology and expression in old age. Psychology and Aging 6: 28-35 (1991)
49. Levy MN, Martin PJ: Neural control of the heart. In: Berne RM, Sperelakis N, Geiger SR (Hrsg) Handbook of physiology. Section 2: The cardiovascular system. Vol. 1. The heart, Bethesda American Physiological Society, S. 581-620 (1979)
50. Löllgen D, Mück-Weymann M, Beise R: “Herzratenvariabilitäts-Biofeedback in der betrieblichen Gesundheitsförderung – Eine Pilotstudie”. Forum Stressmedizin 1: 1-11(2009)

51. Manske J: Die Beanspruchung von Schülern während des Schulunterrichts und in der Freizeit unter Berücksichtigung der Bewegungsaktivität: eine psychophysiologische Feldstudie. Med. Dissertation, Universität Ulm (2007)
52. Manthei U, Cammann H, Eckoldt K: Zum Wert der Spektralanalyse von Herzperiodendauern bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Herz und Kreislauf 28: 20-23 (1996)
53. McCarty R: APA Launches Decade of Behavior, Psychological Science Agenda 11 (1998) http://www.decadeofbehavior.org/article-apalaunchesdob_jan98.html [15.06.2012]
54. Mecklenbräuker S, Hager W: Zur experimentellen Variation von Stimmungen: Ein Vergleich einer deutschen Adaptation der selbstbezogenen Velten-Aussagen mit einem Musikverfahren. Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie 33: 71-94 (1986)
55. Meshkati N: Heart rate variability and mental workload assessment. In: Hancock PA, Meshkati N (Hrsg) Human Mental Workload, Amsterdam Elsevier, S. 101-115 (1988)
56. Mück-Weymann M: Depressionen und Herzratenvariabilität: Seelentief zwingt Herzschlag in enge Bahn. Der Hausarzt 3: 64-69 (2005)
57. Mück Weymann M (2007): http://www.herzratenvariabilitaet.de/HRV-Perspektiven.htm [28.05.2012]
58. Mulder G: The concept and measurement of mental effort. In: Hockey GRJ, Gaillard AWK, Coles MGH (Hrsg) Energetics and human information processing, Dordrecht M. Niihoff Publishers, S. 175-188 (1986)
59. Mulder lJM: Measurement and analysis methods of heart rate and respiration for use in applied enviroment. Biological Psychology 24: 205-236 (1992)
60. Müller B, Basler HD: Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB). Manual. Weinheim Beltz Test (1993)
61. Myrtek M: Psychophysiologische Konstitutionsforschung, Ein Beitrag zur Psychosomatik. Göttingen Hogrefe, S. 95-98 (1980)
62. Myrtek M, Spital S: Psychophysiological response patterns to single, double, and triple stressors. Psychophysiology 23: 663-671 (1986)
63. Myrtek M, Brügner G, Fichtler A, König K, Müller W, Foerster F, Höppner V: Detection of emotionally induced ECG changes and their behavioral

correlates: A new method for ambulatory monitoring. European Heart Journal 9: 55-60 (1988)

64. Myrtek M, Dieterle W, Brügner G: Psychophysiological response patterns to variations of the experimental load of a reaction time task. Journal of Psychophysiology 4: 209-220 (1990)
65. Myrtek M, Deutschmann-Janicke E, Strohmaier H, Zimmermann W, Lawerenz S, Brügner G, Müller W: Physical, mental, emotional, and subjective workload components in engine drivers. Ergonomics 37: 1195-1203 (1994)
66. Myrtek M, Brügner G, Scharff C, Müller W: Physiological, behavioral and psychological effects associated with television viewing in schoolboys: an exploratory study. Journal of Early Adolescence 16: 301-323 (1996a)
67. Myrtek M, Brügner G, Müller W: Validation studies of emotional, mental, and physical workload components in the field. In: Fahrenberg J, Myrtek M (Hrsg) Ambulatory Assessment. Computer-Assisted Psychological and Psychophysiological Methods in Monitoring and Field Studies. Seattle Hogrefe & Huber, S. 287-304 (1996b)
68. Myrtek M, Brügner G: Perception of emotions in every life: studies with patients and normals. Biological Psychology 42: 147-164 (1996c)
69. Myrtek M, Scharff C: Fernsehen, Schule und Verhalten. Untersuchungen zur emotionalen Beanspruchung von Schülern. Bern Verlag Hans Huber S. 13, S. 49-50, S. 108-110, S. 142 (2000)
70. Myrtek M, Foerster F, Brügner G: Freiburger Monitoring System (FMS). Ein Daten-Aufnahme- und Auswertungssystem für Untersuchungen im Alltag: Emotionale Beanspruchung, Körperlage, Bewegung, EKG, subjektives Befinden, Verhalten. Peter Lang, Frankfurt/Main, S. 15-33 (2001)
71. Mytek M, Aschenbrenner E, Brügner G: Emotions in everyday life: an ambulatory monitoring study with female students. Biological Psychology 68: 237-255 (2005)
72. Orne MT: On the social psychology of the psychological experiment: With particular reference to demand characteristics and their implications. American Psychologist 17: 776-783 (1962)
73. Parati G, Mancia G: Assessing the white-coat effect: which bold pressure measurement should be considered? Journal of Hypertension 24: 29-31 (2006)

74. Pawlik G, Buse L: Rechnergestützte Verhaltensregistrierung im Feld: Beschreibung und erste psychometrische Überprüfung einer neuen Erhebungsmethode. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostisch Psychologie 3: 101-118 (1982)
75. Perrez M, Reicherts M: Belastungsverarbeitung: Computerunterstützte Selbstbeobachtung im Feld. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie 10: 129-139 (1989)
76. Pfister EA, Rüdiger H, Scheuch K: Herzrhythmusanalyse in der Arbeitsmedizin. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM). Magdeburg Dresden, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2006) http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/002-021_S1_Herzrhythmusanalyse_in_der_Arbeitsmedizin_08-2005_08-2010.pdf [28.05.2012)]
77. Prill T, Fahrenberg J: New methods in ambulatory blood pressure monitoring: Interactive monitoring and detection of posture and movement patterns. Behavior Research Methods 39: 390-398 (2007)
78. Siepmann M, Joraschky P, Rebensburg M, Rittger H, Mösler T, Agelink MW, Mück-Weymann M: Ist die autonome kardiale Regulation bei Patienten mit Depression und Koronarer Herzkrankheit gestört? Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie 34: 277-281 (2005)
79. Sokolowski K: Emotionsinduktion ohne Bewußtheit und Verhaltensänderung ohne Absicht. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 39: 329-344 (1992)
80. Stanat P, Artelt C, Baumert J, Klieme E, Neubrand M, Prenzel M, Schiefele U, Schneider W, Schümer G, Tillmann KJ, Weiß M: PISA 2000: Die Studie im Überblick. Grundlagen, Methoden und Ergebnisse. Berlin Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (2002) http://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/PISA_im_Ueberblick.pdf [15.06.2012]
81. Steidl S, Razik F, Anderson AK: Emotion enhanced retention of cognitive skill learning. Emotion 11: 12-19 (2011)
82. Stone AA, Broderick JE: Real-time data collection for pain: Appraisal and current status. Pain Medicine 8: 85-93 (2007)

83. Tiller WA, McCraty R, Atkinson M: Cardiac coherence: a new, noninvasive measure of autonomic nervous system order. Alternative Therapies In Health And Medicine 2: 52-65 (1996)
84. Tourangeau T, Rasinski KA: Cognitive processes underlying context effects in attitude measurement. Psychological Bulletin 103: 299-314 (1988)
85. Tryon WW: Activity measurement in psychology and medicine. Plenum Press, New York, S. 23-62 (1991)
86. Turner JR, Carroll D: Heart rate and oxygen consumption during mental arithmetic, a video game, and graded exercise: Further evidence of metabolically-exaggerated cardic adjustments. Psychophysiology 22: 261-267 (1985)
87. Turner JR, Carroll D, Hanson J, Sims J: A comparison of additional heart rates during active psychological challenge calculates from upper body and lower body dynamic exercise. Psychophysiology 25: 209-216 (1988)
88. Tyler J: The Decade of Behavior 2000 – 2010. Society for Public Health Education News & Views 25 (1999) http://www.decadeofbehavior.org/article_news&views1.html [13.06.2012]
89. Umetani K, Singer DH, McCraty R, Atkinson M: Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: Relations to age and gender over nine decades. Journal of the American College of Cardiology 31: 593-601 (1998)
90. Westermann R, Spies K, Stahl G, Hesse FW: Relative effectiveness and validity of mood induction procedures: A meta-analysis. European Journal of Social Psychology 26: 557-580 (1996)
91. Wilhelm FH, Roth WT: Ambulatory assessment of clinical anxiety. In: Fahrenberg J, Myrtek M (Hrsg) Ambulatory Assessment: Computer-assisted psychological and psychophysiological methods in monitoring and field studies. Seattle Hogrefe & Huber, S. 317-345 (1996)
92. Wilhelm FH, Roth WT: Using minute ventilation for ambulatory estimation of additional heart rate. Biological Psychology 49: 137-150 (1998)
93. Williams S, Voon YWW: The Effekts of Mood on Managerial Risk Perception: Exploring Affect and Dimensions of Risk. The Journal of Social Psychology 139: 268-287 (1999)

Anhang A - Elterninformation

Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III
Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL)
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer

Laborstudie zum Einfluss körperlicher, emotionaler und kognitiver Beanspruchung auf Herzrate, Hautleitwert und Ohrtemperatur

ELTERNINFORMATION

Sehr geehrte Eltern,
liebe Jugendliche,

das Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen in Ulm führt eine Studie an 15-jährigen Jugendlichen durch, bei der die Veränderung der Herzrate, des Hautleitwertes und der Ohrtemperatur in verschiedenen Situationen (körperlicher, kognitiver und emotionaler Beanspruchung) ermittelt werden sollen. Die körperliche Beanspruchung wird untersucht während die Jugendlichen auf einem Laufband stehen, gehen oder laufen. Die kognitive Beanspruchung wird mit einer Kurzzeitgedächtnisaufgabe am Computer geprüft und die emotionale Beanspruchung wird während des Betrachtens eines lustigen oder traurigen Films untersucht.

Ziel der Studie:
Da wir die Herzrate, den Hautleitwert und die Ohrtemperatur zukünftig außerhalb des Labors (z. B. in der Schule) messen möchten, gilt es, vorher zu klären, auf welche Weise die Aufzeichnung der Messwerte durch Bewegung und körperliche Anstrengung gestört wird. Wir prüfen Möglichkeiten die Fehlerquelle „Bewegung“ zu detektieren, um die uns interessierenden emotionalen und kognitiven Prozesse ambulant, d.h. in der Schule, beobachten zu können.

Wer kann bei der Studie mitmachen?
Jungen und Mädchen im Alter von 15 Jahren, die eine Realschule besuchen. Sie sollten normal sehen können und deutsch sprechen. Jugendliche, die an einer schweren, dauerhaft zu behandelnden Krankheit leiden (z.B. schweres Asthma, Herzfehler, Epilepsien, Diabetes mellitus und ähnliche Erkrankungen) können nicht teilnehmen. Die Versuchsteilnehmer sollten am Untersuchungstag an keiner akuten Erkrankung wie z.B. einer Grippe leiden. Sie sollten keine Pflasterallergie haben.

Wie läuft die Untersuchung ab?
Die Versuchsteilnehmer kommen zum abgesprochenen Termin ins Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen, Beim Alten Fritz 2, Ulm.

Liegt die schriftliche Einverständniserklärung des Teilnehmers und seines Erziehungsberechtigten vor, werden zu Beginn einige persönliche Daten (Gewicht, Größe, sportliche Aktivität, Rauchen, Medikamenteneinnahme) erfasst.

Daraufhin werden folgende Elektroden am Versuchsteilnehmer angebracht (die Messungen greifen nicht in den Körper ein und haben keine Nebenwirkungen):

1. Der Herzschlag wird mit einem Langzeit-EKG aufgezeichnet. Dazu werden drei Elektroden am Oberkörper befestigt.
2. Die Körperbewegung wird mit sieben kleinen Sensoren am Oberkörper, beiden Armen und Beinen aufgezeichnet.
3. Der Hautleitwert wird mit zwei kleinen Elektroden an der Hand gemessen.
4. Die Temperatur beider Ohrmuscheln wird mit zwei kleinen elektronischen Thermometern gemessen.

Sind alle Elektroden platziert, kann die Datenaufzeichnung gestartet werden.

Nun wird der Versuchsteilnehmer gebeten verschiedene Aufgaben einzeln oder gleichzeitig auszuführen (Anschauen eines Filmes, Gehen auf einem Laufband, Bearbeiten einer Kurzzeitgedächtnisaufgabe am Computer). Während der Untersuchung wird zweimal die aktuelle Stimmung mit einem kurzen Fragebogen erfasst.

Am Ende der Erhebung werden alle Elektroden entfernt und die Messwerte gespeichert.

Als „kleines Dankeschön“ erhalten die Teilnehmer einen Bücher-, CD- oder Kinogutschein im Wert von 15 Euro.

Wer führt die Untersuchung durch?
Die Studie wird geleitet von Dr. Thomas Kammer (Prüfarzt) und Dr. Judith Streb. Falls Sie Fragen zu der Studie haben, können Sie sich jederzeit an Dr. Kammer (Tel. 0731/ 500-61544, e-Mail: thomas.kammer@uni-ulm.de) oder Dr. Streb (Tel. 0731 500-62009, email: judith.streb@znl-ulm.de) wenden.

Und hier noch das „Kleingedruckte“:

FREIWILLIGKEIT
Die Teilnahme an diesem Forschungsprojekt ist freiwillig. Die Erziehungsberechtigten erlauben mit ihrer Unterschrift die Teilnahme. Das Einverständnis kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen werden.

ERREICHBARKEIT WÄHREND DER UNTERSUCHUNG:
siehe oben

VERSICHERUNG:
Während der Teilnahme am Forschungsprojekt besteht Versicherungsschutz. Es gelten die allgemeinen Haftungsbedingungen. Einen Schaden, der Ihrer Meinung nach auf das Forschungsprojekt zurückzuführen ist, melden Sie bitte unverzüglich dem Prüfarzt.

SCHWEIGEPFLICHT/DATENSCHUTZ:
Alle Personen, welche Ihr Kind im Rahmen dieses Forschungsprojekts betreuen, unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht und sind dem Datengeheimnis verpflichtet.

Die studienbezogenen Untersuchungsergebnisse werden in einer Datei und in einem Protokollbogen festgehalten sowie in anonymisierter Form in wissenschaftlichen Veröffentlichungen verwendet.

Soweit es zur Kontrolle der korrekten Datenerhebung erforderlich ist, dürfen autorisierte Personen (z.B.: des Auftraggebers, der Universität) Einsicht in die studienrelevanten Teile des Protokollbogens nehmen.

Sofern zur Einsichtnahme autorisierte Personen nicht der obengenannten ärztlichen Schweigepflicht unterliegen, stellen personenbezogene Daten, von denen sie bei der Kontrolle Kenntnis erlangen, Betriebsgeheimnisse dar, die geheim zu halten sind.

Wenn Sie mit einer Teilnahme Ihres Kindes an der Studie einverstanden sind, dann unterschreiben Sie bitte die Einwilligungserklärung. Sollte Ihr Kind in den Kreis der Forschungsteilnehmer aufgenommen werden, melden wir uns bei Ihnen.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. T. Kammer Dr. J. Streb

Anhang B - Einwilligungserklärung des Jugendlichen und der Erziehungsberechtigten

Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III
Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL)
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer

Laborstudie zum Einfluss körperlicher, emotionaler und kognitiver Beanspruchung auf Herzrate, Hautleitwert und Ohrtemperatur

Einwilligungserklärung des Jugendlichen und der Erziehungsberechtigten

Inhalt, Vorgehensweise, Risiken und Ziel des obengenannten Forschungsprojektes sowie die Befugnis zur Einsichtnahme in die erhobenen Daten wurden uns schriftlich erläutert und ausreichend erklärt.

Ich/Wir hatte(n) Gelegenheit Fragen zu stellen und habe(n) hierauf Antwort erhalten.

Ich/Wir hatte(n) ausreichend Zeit, mich/uns für oder gegen die Teilnahme meines/unseres Kindes am Projekt zu entscheiden.

Eine Kopie der Elterninformation und Einwilligungserklärung habe(n) ich/wir erhalten.

Ich/Wir willigen in die Teilnahme unseres Kindes an diesem Forschungsprojekt ein.

.....	.....
(Name des Jugendlichen)	(Unterschrift des Jugendlichen)
.....	.....
Ort, Datum	(Unterschrift der Erziehungsberechtigten)

INFORMATION UND EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG ZUM DATENSCHUTZ

Bei wissenschaftlichen Studien werden persönliche Daten und medizinische Befunde über Ihr Kind erhoben. Die Speicherung, Auswertung und Weitergabe dieser studienbezogenen Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor Teilnahme an der Studie folgende freiwillige Einwilligung voraus:

1. Ich/Wir erkläre(n) mich/uns damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie erhobene Daten/Krankheitsdaten meines/unseres Kindes auf Fragebögen und elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und ohne Namensnennung verarbeitet werden.
2. Außerdem erkläre(n) ich/wir mich/uns damit einverstanden, dass eine autorisierte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Person (z.B.: des Auftraggebers, der Universität) in die erhobenen personenbezogenen Daten meines/unseres Kindes Einsicht nimmt, soweit dies für die Überprüfung des Projektes notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde(n) ich/wir den Arzt von der ärztlichen Schweigepflicht.

	.....
	(Unterschrift des Jugendlichen)
.....	.....
Ort, Datum	(Unterschrift der Erziehungsberechtigten)

Anhang C - Fragebogen zur Bewertung des momentanen Gefühlszustandes

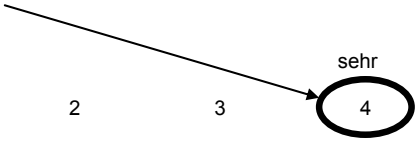
VP-Nr.: **Zeitpunkt (1 oder 2):**

Wie geht es dir jetzt im Moment?

Hier ist eine Reihe von Wörtern, die verschiedene Gefühle beschreiben.

Bitte kreuze bei jedem Wort die Zahl an, die dich im Moment am besten beschreibt.

Beispiel: Wenn du dich sehr wohl fühlst, so **kennzeichne** bitte die Zahl 4



	gar nicht				sehr
wohl	0	1	2	3	4

		gar nicht				sehr
1.	gedrückt	0	1	2	3	4
2.	fröhlich	0	1	2	3	4
3.	fasziniert	0	1	2	3	4
4.	ruhig	0	1	2	3	4
5.	müde	0	1	2	3	4
6.	unzufrieden	0	1	2	3	4
7.	gut	0	1	2	3	4
8.	interessiert	0	1	2	3	4
9.	nervös	0	1	2	3	4
10.	schläfrig	0	1	2	3	4
11.	unwohl	0	1	2	3	4
12.	glücklich	0	1	2	3	4
13.	desinteressiert	0	1	2	3	4
14.	unruhig	0	1	2	3	4
15.	wach	0	1	2	3	4

Anhang D - Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung

„Jetzt fühle ich mich …“							
	sehr	ziemlich	eher	eher	ziemlich	sehr	
angespannt							gelassen
gelöst							beklommen
besorgt							unbekümmert
entspannt							unruhig
skeptisch							vertrauensvoll
behaglich							unwohl

Anhang E - Fragebogen Gesundheit und Freizeitverhalten

VP-Nr.:

_____

Fragebogen: Gesundheit und Freizeitverhalten

Mit diesem Fragebogen möchten wir noch einige Angaben von dir, die mit den Geräten nicht erfasst werden können. Antworte so schnell es geht, ohne lange zu überlegen. Wenn dir etwas unklar ist, kannst du dich gerne an uns wenden. Selbstverständlich werden deine Angaben anonym, d.h. ohne Namensnennung, ausgewertet.

Angaben zu deiner Person

1	Geschlecht	□ weiblich	□ männlich
2	Alter		

Allgemeiner Gesundheitszustand und Krankheiten

3	Körpergröße	____ cm
4	Körpergewicht	____ kg

Wie häufig hast du während der letzten 12 Monate folgende Medikamente eingenommen?					
		Nie	Einige Male pro Jahr	Einige Male pro Monat	Mehrmals in der Woche
5	Beruhigungstabletten	□	□	□	□
6	Schmerztabletten	□	□	□	□
7	Ritalin	□	□	□	□
8		Wenn ja, um wie viel Uhr nimmst du Ritalin?			
9	Andere Tabletten	□	□	□	□
10		Wenn ja, welche?			

Freizeit

Stufe nun bitte ein, wie oft du folgende Tätigkeiten ausübst. Kreuze an.						
		Nie	Einmal im Monat	Einmal in der Woche	3 mal in der Woche	(Fast) täglich
11	Sport (im Verein oder Selbstorganisiert)	□	□	□	□	□
12	aktive Fortbewegung (z.B. tägl. Fahrradfahren, längere Strecken zu Fuß gehen, oder ähnliches)	□	□	□	□	□

Wie schätzt du deine körperliche Fitness ein? Kreuze an!

Sehr gut □	Gut □	Mittelmäßig □	Wenig □	Überhaupt nicht □	…..trainiert.

Anhang F - Anleitung zum allgemeinen Vorgehen

Anleitung zum allgemeinen Vorgehen:

Wer kann bei der Studie mitmachen?
Jungen und Mädchen im Alter von 14-15 Jahren, die ein Gymnasium besuchen. Sie sollten normal sehen können und deutsch sprechen. Jugendliche, die an einer schweren, dauerhaft zu behandelnden Krankheit leiden (z.B. schweres Asthma, Herzfehler, Epilepsien, Diabetes mellitus und ähnliche Erkrankungen) können nicht teilnehmen. Die Versuchsteilnehmer sollten am Untersuchungstag an keiner akuten Erkrankung wie z.B. einer Grippe leiden. Sie sollten keine Pflasterallergie haben.

Wie läuft die Untersuchung ab?
Zu Beginn werden einige persönliche Daten (Gewicht, Größe, sportliche Aktivität, Rauchen, Medikamenteneinnahme) erfasst.

Daraufhin werden folgende Elektroden angebracht (die Messungen greifen nicht in den Körper ein und haben keine Nebenwirkungen):

1. Der Herzschlag wird mit einem Langzeit-EKG aufgezeichnet. Dazu werden drei Elektroden am Oberkörper befestigt.
2. Die Körperbewegung wird mit fünf kleinen Sensoren am Oberkörper, beiden Armen und Beinen aufgezeichnet.
3. Der Hautleitwert wird mit zwei kleinen Elektroden an deiner Hand oder deinem Fuß gemessen.
4. Die Temperatur beider Ohrmuscheln wird mit zwei kleinen elektronischen Thermometern gemessen.

Sind alle Elektroden platziert, kann die Datenaufzeichnung gestartet werden.

Nun wird der Versuchsteilnehmer gebeten verschiedene Aufgaben einzeln oder gleichzeitig auszuführen (Anschauen eines Filmes, Gehen auf einem Laufband, Kopfrechnen). Während der Untersuchung wird zweimal die aktuelle Stimmung mit einem kurzen Fragebogen erfasst.

Am Ende der Erhebung werden alle Elektroden entfernt und die Messwerte gespeichert.

Als „kleines Dankeschön“ erhalten die Teilnehmer einen Drogerie Müller-Gutschein im Wert von 15 Euro.

Du kannst den Versuch jederzeit und ohne Angabe von Gründen abbrechen!!

Anhang G - Anleitung für das Schauen der Filme

Anleitung für das Schauen der Filme:

Auf dem Bildschirm des Computers werden Dir zwei kurze Filme je viermal gezeigt. Bitte schau Dir die Filme konzentriert an. Vermeide unnötige Bewegungen und sprich während des Films nicht mit uns über dessen Inhalte. Auch wenn der Film zu Ende ist, verweile gedanklich noch etwas bei dem Film, solange bis wir dir ein Zeichen geben.

Kurz vor der Präsentation der Filme, drücke bitte auf die M1-Taste des EKG-Aufzeichnungsgerätes. Wenn wir Dir nach dem Film ein Zeichen geben, drücke die M1-Taste bitte zweimal.

Anhang H - Anleitung für das Laufen auf dem Laufband

Anleitung für das Laufen auf dem Laufband:

In diesem Experiment möchten wir verschiedene körperliche Bewegungsmuster untersuchen. Du sollst z.B. schnell auf dem Laufband gehen und dabei die Arme ruhig halten, ruhig stehen oder langsam gehen und die Arme mitbewegen. Jede Anweisung gilt für etwa 3-4 Minuten. Bitte versuche unsere Anweisungen richtig umzusetzen und für die gesamte Dauer auszuführen.

Sprich bitte nicht mit uns während der körperlichen Aufgabe, es sei denn Du fühlst dich nicht wohl und möchtest die Aufgabe abbrechen, das ist natürlich jederzeit möglich.

Anhang I - Anleitung für die Rechenaufgabe

Anleitung für die Rechenaufgabe:

In diesem Experiment wirst Du hin und wieder gebeten eine Kopfrechenaufgabe auszuführen. Dazu nennen wir Dir eine Zahl. Von dieser Zahl ausgehend sollst Du in 3er-Schritten rückwärts rechnen.

Wir geben zum Beispiel die Zahl 112 vor.

Nun rechnest Du im Kopf von 112 an in 3er-Schritten rückwärts, also 112, 109,106, 103, 100, 97, 94, 91, 88, 85, 82, 79, 76, usw.

Versuche bitte, ohne Pausen in einem fort zu rechnen. Rechne so lange bis wir Dir sagen, dass Du aufhören kannst. Nenn uns dann bitte dein aktuelles Ergebnis, so können wir sehen, ob du richtig gerechnet hast und wie weit Du gekommen bist.

Vielen Dank!

Die Danksagung wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.

Der Lebenslauf wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.

Der Lebenslauf wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.