

# **Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Master of Arts (M.A.)

## **Psychobiologische Einflussfaktoren der affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität**

Eine Anwendung der Dual Mode Theorie  
bei inaktiven Erwachsenen

Eberhard Karls Universität Tübingen  
Institut für Sportwissenschaft  
Arbeitsbereich Bildungs- und Gesundheitsforschung im Sport

---

### **Vorgelegt bei**

Erstprüfer: Prof. Dr. Gorden Sudeck  
Zweitprüfer: Prof. Dr. Ansgar Thiel

---

### **Vorgelegt von**

Katja Dierkes  
Tübingen, 05.09.2019

Adresse: Lorettoplatz 14, 72072 Tübingen  
E-Mail-Adresse: [katja.dierkes@student.uni-tuebingen.de](mailto:katja.dierkes@student.uni-tuebingen.de)  
Studiengang: Sportwissenschaft mit Profil Gesundheitsförderung  
Matrikelnummer: 3768268

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>Anhangsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Theoretischer Hintergrund</b> .....	<b>5</b>
2.1 Unmittelbare affektive Reaktion auf sportliche Aktivität.....	5
2.1.1 <i>Sportliche Aktivität und Intensitätsbereiche</i> .....	5
2.1.2 <i>Transdisziplinäres Rahmenmodell</i> .....	12
2.1.3 <i>Konzeptionelle Verortung affektiver Reaktionen</i> .....	14
2.1.4 <i>Ein erster Forschungsüberblick</i> .....	19
2.2 Die Dual Mode Theorie als psychobiologischer Erklärungsansatz.....	23
2.2.1 <i>Neurobiologische Grundlagen affektiver Informationsverarbeitung</i> .....	24
2.2.2 <i>Annahme zweier prinzipieller Wirkpfade</i> .....	26
2.2.3 <i>Ein psychobiologisches Dosis-Wirkungsmodell</i> .....	28
2.3 Empirischer Forschungsstand und Ableitung der Fragestellungen.....	32
<b>3 Empirischer Teil</b> .....	<b>38</b>
3.1 Methodisches Vorgehen.....	38
3.1.1 <i>Studiendesign und Stichprobe</i> .....	39
3.1.2 <i>Erhebungsverfahren und Untersuchungseinheiten</i> .....	43
3.1.3 <i>Untersuchungsdurchführung</i> .....	49
3.1.4 <i>Empirische Vorhersagen</i> .....	52
3.1.5 <i>Statistische Datenanalyse und Hypothesen</i> .....	53
3.2 Ergebnisse.....	58
3.2.1 <i>Deskriptive Statistik</i> .....	58
3.2.2 <i>Hauptergebnisse</i> .....	60
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>70</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>82</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>98</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>111</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Begriffliche Unterscheidung von Aktivitätsdomänen (Gerber & Fuchs, 2018, S. 6).....	6
Abbildung 2	Das Drei-Phasen-Modell physiologischer Trainingsintensitäten (modifiziert nach Binder et al., 2008, S. 727; in Anlehnung an Ekkekakis et al., 2005).....	11
Abbildung 3	Transdisziplinäres Rahmenmodell zu individuellen Unterschieden in der Veränderung des Sportverhaltens (Bryan et al., 2011, S. 21) .....	12
Abbildung 4	Schematische Abgrenzung affektbezogener Konstrukte (modifiziert nach Ekkekakis, 2013, S. 40) .....	17
Abbildung 5	a: Anatomische Lage der Amygdala im medialen Temporallappen (Goschke & Dreisbach, 2011, S. 136); b: Modell der emotionalen Informationsverarbeitung (LeDoux, 1996, S. 164).....	25
Abbildung 6	Zwei prinzipielle Wirkpfade für affektive Reaktionen auf sportbezogene interozeptive Reize (Ekkekakis & Acevedo, 2006, S. 100) .....	27
Abbildung 7	Umgekehrtes U- bzw. J-Modell (durchgezogene Linie) der Beziehung zwischen Belastungsintensität und affektiver Reaktion (Ekkekakis et al., 2005, S. 478) .....	28
Abbildung 8	Psychobiologisches Dosis-Wirkungs-Modell der affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität (Ekkekakis et al., 2005, S. 490) .....	30
Abbildung 9	Erwartete Verläufe affektiver Reaktionen in Anlehnung an die Dual Mode Theorie (Schlicht & Reicherz, 2012, S. 23) .....	31
Abbildung 10	Exemplarischer Verlauf der affektiven Valenz (a; Ekkekakis et al., 2004, S. 153) und Aktivierung im Stufentest (b; Sheppard & Parfitt, 2008b, S. 124).....	33
Abbildung 11	Stilisierte Darstellung affektiver Reaktionen in den drei Intensitätsbereichen der Dual Mode Theorie (Brand & Kanning, 2019, S. 5; modifiziert nach Parfitt & Hughes, 2009, S. 36).....	34
Abbildung 12	Ablaufplan der iReAct-Studie (vgl. Thiel et al., im Review).....	40
Abbildung 13	Trainingsmodalitäten der iReAct-Studie.....	41
Abbildung 14	Schematische Einordnung der iReAct-Trainingsmodalitäten in die Drei-Intensitätsdomänen-Typologie (modifiziert nach Binder et al., 2008, S. 727) .....	42
Abbildung 15	In-situ-Befragungen .....	45
Abbildung 16	Untersuchungseinheiten (UE).....	49

Abbildung 17	Einfluss der Wahrnehmung interozeptiver Reize ( $WIR_w$ ) auf die Ausprägung der affektiven Valenz (Feeling Scale) in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs.....	66
Abbildung 18	Einfluss der wahrgenommenen Kompetenz ( $WK_w$ ) auf die Ausprägung der affektiven Valenz (Feeling Scale) in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs.....	67
Abbildung 19	Einfluss der Umgebungsbedingungen ( $UMG_w$ ) auf die Ausprägung der affektiven Valenz (Feeling Scale) in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs.....	68
Abbildung 20	Einfluss der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max, w}$ ) auf die Ausprägung der affektiven Valenz (Feeling Scale) in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs.....	69

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersichtsplan der Variablenenerhebung im Referenztest.....	48
Tabelle 2	Übersichtsplan der Variablenenerhebung in den Trainingsbelastungen (MICT und HIIT) .....	48
Tabelle 3	Beanspruchungsparameter in den drei Intensitätsbereichen (Mittelwert, Range) im Vergleich zu Referenzwerten (R) nach Binder et al. (2008) und Norton et al. (2010) .....	59
Tabelle 4	Deskriptive Statistiken zur Variabilität der Erhebungsmerkmale auf der Between-Person-Ebene und Within-Person-Ebene .....	60
Tabelle 5	Bivariate Analyse fester Effekte der Beanspruchungsparameter auf die affektive Reaktion.....	62
Tabelle 6	Multivariate Analyse fester Effekte ausgewählter Beanspruchungsparameter auf die affektive Reaktion .....	62
Tabelle 7	Unterschiedsprüfung der standardisierten Regressionskoeffizienten.....	63
Tabelle 8	Deskriptive Statistiken der affektiven Valenz (FS) in den drei Intensitätsbereichen .....	64
Tabelle 9	Deskriptive Statistiken zur Variabilität der affektiven Valenz (FS) auf der Between-Person-Ebene und Within-Person-Ebene in Abhängigkeit der Belastungsintensität .....	65

## Anhangsverzeichnis

Anhang 1	Ein- und Ausschlusskriterien der iReAct-Studie.....	98
Anhang 2	Affektive Valenz (Feeling Scale, FS) .....	99
Anhang 3	Aktivierung (Felt Arousal Scale, FAS) .....	100
Anhang 4	Rating of Perceived Exertion Scale (RPE-Skala).....	101
Anhang 5	Screenshots der iReAct-Smartphone-Befragungen.....	102
Anhang 6	Ablaufplan der Befragung bei REF .....	104
Anhang 7	Ablaufplan der Befragung bei MICT .....	105
Anhang 8	Ablaufplan der Befragung bei HIIT .....	106
Anhang 9	Graphische Ausreißer-Diagnose ( $HF_{max}$ ) mittels Boxplots.....	107
Anhang 10	Multivariate Analyse unter Einschluss von $HF_{max, w}$ , $RPE_w$ und $LA_w$ .....	107
Anhang 11	Gesamtübersicht der zentralen Studienergebnisse.....	108
Anhang 12	Bivariate und Multivariate Analyse fester Effekte der sozial-kognitiven Faktoren auf die affektive Valenz.....	110

## Abkürzungsverzeichnis

b	Unstandardisierter Regressionskoeffizient
BL	Baseline
BMI	Body-Mass-Index
$d_{\text{korr}}$	Korrigierte Effektstärke
DMT	Dual Mode Theorie
EEA	Environment of Evolutionary Adaptedness
FAS	Felt Arousal Scale
FS	Feeling Scale
FU1	Erstes Follow-up
FU2	Zweites Follow-up
H	Heavy
$HF_{\text{max}}$	Maximale Herzfrequenz
HFR	Herzfrequenzreserve
HIIT	Hochintensives Intervalltraining (High-intensity interval training)
HIIT1	Belastungsintervalle des HIIT
ICC	Intraklassen-Korrelationskoeffizient
Int	Intensität
iReAct	Individual response to physical activity - A transdisciplinary approach
ITL	Interaktion mit den Trainingsleitenden
IQA	Interquartilsabstand
LA	Laktatwert
LAd	Delta-Laktatwert
LOCF	Last observation carried forward
LT1	Erste Laktatschwelle
LT2	Zweite Laktatschwelle
M	Moderate
MET	Metabolisches Äquivalent
MICT	Moderat-intensives Dauertraining (Moderate-intensity continuous training)
MICT1	Hauptteil von MICT
MLSS	Maximales Laktat-Steady-State
n	Anzahl Untersuchungseinheiten
N	Anzahl Probanden
NOCB	Next observation carried backward
REF1	Hauptteil der Referenzbelastung
RPE	Rating of Perceived Exertion
RPE-C	Rating of Perceived Exertion - Category Scale [0-26]
RPE-CR	Rating of Perceived Exertion - Category Ratio Scale [0-10]
S	Severe
$\beta$	Standardisierter Regressionskoeffizient
UE	Untersuchungseinheiten
UMG	Umgebungsbedingungen
$VO_2$	Sauerstoffaufnahme
$VO_{2\text{max}}$	Maximale Sauerstoffaufnahme
VT1	Erste ventilatorische Schwelle
VT2	Zweite ventilatorische Schwelle
WIR	Wahrnehmung interozeptiver Reize
WK	Wahrgenommene Kompetenz
$\bar{x}$	Arithmetisches Mittel

## 1 Einleitung

Positive Effekte von körperlich-sportlicher Aktivität auf die physische und psychische Gesundheit (vgl. u.a. Miller et al., 2016; Warburton, Nicol & Bredin, 2006) sowie auf die Lebenserwartung (vgl. bspw. Reimers, Knapp & Reimers, 2012; Wen et al., 2011) sind gut dokumentiert. Bereits einzelne Aktivitätseinheiten (*acute exercise*) können zu einer Verbesserung des emotionalen Wohlbefindens (vgl. Liao, Shonkoff & Dunton, 2015) sowie kognitiver Funktionen (vgl. Chang, Labban, Gapin & Etnier, 2012) führen. Demgegenüber ist körperliche Inaktivität mit einem geringeren Maß an Lebensqualität sowie einem erhöhten Risiko für zahlreiche nichtübertragbare Krankheiten wie Krebs, Diabetes oder kardiovaskuläre Erkrankungen assoziiert (vgl. Lee et al., 2012; WHO, 2018), welche in der europäischen Region für mindestens 86% aller Todesfälle und 77% der Krankheitslast verantwortlich sind (vgl. WHO, 2012). Schätzungen zufolge beläuft sich die Zahl jährlicher Todesfälle infolge von Bewegungsmangel weltweit auf über 5.3 Millionen – Tendenz steigend (vgl. Lee et al., 2012). Damit zählt körperliche Inaktivität zu den führenden Risikofaktoren für einen vorzeitigen Tod (vgl. WHO, 2018). Trotz dieser empirischen Klarheit ist ein Viertel der Erwachsenen weltweit nicht ausreichend körperlich aktiv (vgl. ebd.). In Deutschland erfüllen überdies nur 43% der Frauen und 48% der Männer die nationalen Bewegungsempfehlungen für gesundheitsförderliche aerobe körperliche Aktivität (vgl. Pfeifer et al., 2016). Diese umfassen mindestens 150 Minuten pro Woche aerobe körperliche Aktivität mit moderater Intensität oder mindestens 75 Minuten pro Woche mit hoher Intensität, respektive eine entsprechende Kombination beider Intensitätsformen. Dabei soll die Gesamtaktivität in mindestens 10-minütigen einzelnen Einheiten über den Tag sowie die Woche verteilt erreicht werden (vgl. ebd.). Darüber hinaus treibt laut einer aktuellen Studie von Hoebel und Kollegen (2017) über ein Drittel der Erwachsenen in Deutschland überhaupt keinen Sport.<sup>1</sup> In besonderem Maße besorgniserregend erscheinen diese Zahlen in Anbetracht der Tatsache, dass vermehrt empirische Hinweise für die Unterschätzung der Prävalenz körperlich-sportlicher Inaktivität auf Basis von Selbstberichten vorliegen (vgl. bspw. Tudor-Locke, Brashear, Johnson & Katzmarzyk, 2010). Des Weiteren wurde bei Personen, die ein Bewegungsprogramm beginnen, eine Drop-out-Quote von 50% innerhalb der ersten Monate festgestellt (vgl. Dishman & Buckworth, 1997; Matsumoto & Takenaka, 2004).

Angesichts dieser Befundlage kommt aus einer Public-Health-Perspektive der Identifizierung von Determinanten der Aufnahme und Aufrechterhaltung körperlich-sportlicher Aktivität eine besondere Bedeutung zu. Hierbei lag in der wissenschaftlichen Praxis bis zuletzt der Fokus auf kognitiv-rationalen Theorien; affektive Aspekte wurden hingegen lange vernachlässigt (vgl. Ekkekakis, 2017). Als essenziell für die Motivation zum Sporttreiben wird

---

<sup>1</sup> Sportliche Inaktivität wurde hier definiert als keine Sportpartizipation innerhalb der letzten drei Monate (vgl. Hoebel et al., 2017).

in kognitiven Ansätzen die Bedeutung angestrebter Endzustände (Verhalten oder Ziele) betont, wohingegen situative Faktoren (z.B. affektive Reaktionen auf die Sportaktivität) weitestgehend unberücksichtigt bleiben (vgl. Brand & Cheval, 2019). Im Zuge neuer Erkenntnisse wird zunehmend Kritik an dieser einseitigen Betrachtung geübt. So werden seit zehn bis 20 Jahren nun auch affektive Zugänge in der Sportpartizipationsforschung vertreten (vgl. Lee, Emerson & Williams, 2016), deren Ausgangspunkt zumeist hedonistische Theorien (vgl. Kahneman, 1999; Young, 1952) darstellen. Als grundlegendes motivationales Prinzip gilt hier das Streben von Menschen nach Tätigkeiten, welche mit angenehmen Empfindungen (positive affektive Reaktionen) einhergehen und die gleichzeitige Vermeidung solcher, die mit unangenehmen Empfindungen (negative affektive Reaktionen) verbunden sind (vgl. ebd.). Mit dieser Annahme konform gehend wurde belegt, dass die affektiven Reaktionen auf körperlich-sportliche Aktivität einen Prädiktor für zukünftiges Bewegungsverhalten darstellen (vgl. Rhodes & Kates, 2015; Williams, Dunsiger, Jennings & Marcus, 2012). In Anbetracht dessen fanden affektive Reaktionen in jüngster Zeit – erstmals in der Geschichte der Bewegungsempfehlungen – in den Richtlinien des *American College of Sports Medicine* (vgl. ACSM, 2011) als sekundärer Parameter der Belastungssteuerung während sportlicher Aktivität Berücksichtigung.

In diesem Zusammenhang liegt ein oftmals übersehenes Paradoxon vor: Einerseits wird angenommen, dass sich die meisten Menschen durch sportliche Aktivität besser fühlen, andererseits sind die meisten Menschen sportlich inaktiv (vgl. Backhouse, Ekkekakis, Biddle, Foskett & Williams, 2007). In Abgrenzung zur allgegenwärtigen Medienbotschaft „exercise feels good“ zeigen individuumsbezogene Analysen, dass die Assoziation zwischen sportlicher Aktivität und affektiver Reaktion durchaus komplexer ist (vgl. Emerson & Williams, 2015). So belegt eine in den letzten Jahren zunehmende Zahl an Studien, dass eine substanzielle interindividuelle Variabilität der unmittelbaren affektiven Reaktionen besteht und sich viele Menschen – und gerade körperlich Inaktive – während und/oder nach einer Sportaktivität eher unwohl fühlen (vgl. Ekkekakis, Parfitt & Petruzzello, 2011) und nicht gerne trainieren (vgl. Lee et al., 2016). Darüber hinaus wurden unlängst Hinweise dafür gefunden, dass auch innerhalb einer Person eine nicht zu vernachlässigende Heterogenität affektiver Reaktionen besteht. Unter Berücksichtigung mehrerer Aktivitätseinheiten konnte eine intraindividuelle Variabilität affektiver Reaktionen sowohl unter Labor- (vgl. Unick et al., 2015) als auch unter Alltagsbedingungen (vgl. Jeckel & Sudeck, 2018) festgestellt werden. Vor diesem Hintergrund nimmt die Bestimmung und Quantifizierung personaler sowie situativer Bedingungsfaktoren der befindensregulativen Effekte sportlicher Aktivität eine Schlüsselfunktion innerhalb des sogenannten „Exercise-Affect-Adherence Pathway“ ein (vgl. Lee et al., 2016): „From a practical standpoint, if the factors that contribute to variability in affective response are identified, this could spur the development of individually tailored interventions, thus optimizing the exercise experience“ (Ekkekakis et al., 2011, S. 657).

Intra- und interindividuelle Unterschiede der affektiven Reaktion auf Sportaktivitäten sollten folglich nicht als zufällige Fehler behandelt, sondern anhand individuumsbezogener Analysen einer systematischen Betrachtung unterzogen werden (vgl. Backhouse et al., 2007). Als Rahmenorientierung bietet sich hier der als „*Big Picture of Individual Differences in Physical Activity Behavior Change*“ bezeichnete transdisziplinäre Ansatz von Bryan und Kollegen (2011) an, welchem die Annahme einer situativen Variation verschiedener Einflussfaktoren auf das Bewegungsverhalten zugrunde liegt. Die Autoren postulieren unter anderem eine Dependenz zwischen affektiven und physiologischen Reaktionen, die im Zusammenhang mit einer Sportaktivität hervorgerufen werden (vgl. ebd.).

Ein Erklärungsansatz, welcher hierbei in den letzten Jahren verstärkt herangezogen wurde, ist die *Dual Mode Theorie* (DMT; vgl. Ekkekakis, 2003). Dieser zufolge wird der Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität und affektiven Reaktionen durch die Belastungsintensität moderiert. Unterstützende Evidenz hierfür liefert eine Meta-Analyse von Oliveira, Deslandes und Santos (2015), die eine Abhängigkeit der affektiven Reaktion von der Trainingsintensität aufzeigt. Innerhalb dieser Dosis-Wirkungs-Beziehung postuliert die DMT einen Einfluss sozial-kognitiver Faktoren (z.B. Kompetenzwahrnehmung) sowie interozeptiver Reize (z.B. Anstieg der Körpertemperatur oder Herzfrequenz). Die Berücksichtigung sowohl psychologischer als auch physiologischer Aspekte stellt eine Besonderheit dieses Modells dar. Trotz der Fortschritte in den letzten 35 Jahren wurden körperliche und sportliche Aktivität in der wissenschaftlichen Literatur bislang kaum aus einer psychobiologischen Perspektive betrachtet (vgl. Acevedo & Ekkekakis, 2006). Vielmehr herrscht(e) ein dualistisches Verständnis von Körper und Geist mit einem sich im Zuge der kognitiven Wende (vgl. Miller, 2003) in der allgemeinen Psychologie herausgebildeten Primat des Geistes („*ontovaluational dualism*“; vgl. Leder, 1990) vor. „*This disposition is puzzling, especially when the object is physical activity. Exercise and sport inherently involve the body and mainly center around the physical nature of the body*“ lautet ein kritisches Statement von Acevedo und Ekkekakis (2006, S. 2) zur Dominanz des Dualismus in der sportpsychologischen Forschung. Im Gegensatz hierzu geht die Biologische Psychologie (bzw. synonym Biopsychologie) von einer wechselseitigen Beziehung zwischen Psyche und Physis aus. Demnach bilden einerseits körperliche Prozesse die Basis für psychische Prozesse und andererseits beeinflussen psychische Zustände und Vorgänge biologische Strukturen und Funktionen (vgl. bspw. Birbaumer & Schmidt, 2010). Die These, dass der Geist bzw. die Psyche immer im Bezug zum gesamten Körper steht und beide wiederum eingebettet in die restliche Umwelt sind (zweifache Einbettung), gewinnt in den Humanwissenschaften unter dem Konzept des *Embodiment* in den vergangenen Jahren zunehmend an Popularität (vgl. Tschacher & Storch, 2017) und geht mit der Forderung einer Betrachtung körperlicher Aktivität unter biopsychosozialen Gesichtspunkten einher:

We can continue with our ‚boxology‘ and draw boxes and arrows and ignore the body in which these boxes must reside. Or we can utilize the ever-expanding knowledge base, including the physiological along with the psychological and the social, and undoubtedly gain a far greater understanding of human behavior. (Petruzzello, 2001, S. 266)

Ausgehend von diesem transdisziplinären Verständnis soll in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, welche Assoziation zwischen sportlicher Aktivität und affektivem Befinden besteht. Hierbei werden schwerpunktmäßig psychobiologische Aspekte betrachtet, wobei auch soziale Komponenten einfließen. Darüber hinaus soll in Anlehnung an die von Ekkekakis (2003) aufgestellte DMT geprüft werden, ob die affektive Reaktion auf sportliche Aktivität durch die Trainingsintensität beeinflusst wird. Problematisch in der sportpsychologischen Forschung ist, dass oftmals infolge eines sogenannten Selbstselektions-Bias überwiegend sportlich aktive Versuchspersonen an Studien teilnehmen. Allerdings ist vor dem hier aufgezeigten Hintergrund gerade die Zielgruppe der Inaktiven von besonderer Relevanz. Daher sollen in der vorliegenden Arbeit zentrale Thesen der DMT spezifisch für Erwachsene, welche die Empfehlungen für gesundheitsförderliche körperlich-sportliche Aktivität nicht erfüllen, auf den Prüfstand gestellt werden. Dies erfolgt im Rahmen des interdisziplinär angelegten Forschungsprojekts „Individual response to physical activity - A transdisciplinary approach (iReAct)“ (vgl. Thiel et al., im Review). In Anbetracht der Tatsache, dass sportliche Aktivitäten bei verschiedenen Individuen zu unterschiedlichen Reaktionen führen, ist das Hauptziel dieses Promotionsverbundes individuelle Reaktionen auf sportliche Aktivität aus einer holistischen biopsychosozialen Perspektive unter Berücksichtigung sowohl inter- als auch intraindividuelle Unterschiede zu untersuchen. Im Zuge dessen werden sowohl epigenetische, physiologische, motivationale, affektive, biographische als auch körperbildbezogene Aspekte betrachtet, wobei die vorliegende Arbeit an der Schnittstelle zwischen unmittelbaren affektiven und physiologischen Reaktionen angesiedelt ist und ausschließlich hierfür relevante Aspekte näher beleuchtet wird.

Zur Bearbeitung der allgemeinen Problemstellungen folgt auf diese Einleitung zunächst eine Erläuterung des theoretischen Hintergrundes (Kapitel 2). Hierbei werden Aspekte der unmittelbaren affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität dargelegt (Kapitel 2.1), die Dual Mode Theorie als ein psychobiologischer Erklärungsansatz dieser Dependenz eingeführt (Kapitel 2.2), der aktuelle Stand der Forschung skizziert und Fragestellungen abgeleitet (Kapitel 2.3). Daraufhin soll im empirischen Teil dieser Arbeit (Kapitel 3) eine Darstellung des methodischen Vorgehens (Kapitel 3.1) und der daraus resultierenden Ergebnisse (Kapitel 3.2) vorgenommen werden. Abschließend erfolgen eine kritische Reflexion der Ergebnisse auf Grundlage des dargelegten theoretischen Bezugsrahmens sowie eine Ableitung von praktischen Implikationen und Perspektiven für zukünftige Forschungsvorhaben (Kapitel 4).

## 2 Theoretischer Hintergrund

Dieses Kapitel widmet sich zunächst den theoretischen Grundlagen der unmittelbaren affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität (Kapitel 2.1). Darauf aufbauend wird die Dual Mode Theorie von Ekkekakis (2003) als ein psychobiologischer Erklärungsansatz für die befindensförderliche Wirkung sportlicher Aktivität eingeführt (Kapitel 2.2). Abschließend sollen auf Basis einer Synopse des empirischen Forschungsstandes Fragestellungen für die vorliegende Arbeit abgeleitet werden (Kapitel 2.3).

### 2.1 Unmittelbare affektive Reaktion auf sportliche Aktivität

Der folgende Abschnitt dient der Bestimmung und Verortung der beiden Hauptkonstrukte dieser Arbeit: Sportliche Aktivität inklusive dazugehöriger Intensitätsbereiche einerseits (Kapitel 2.1.1) und die affektive Reaktion andererseits (Kapitel 2.1.3), wobei als Rahmenorientierung das transdisziplinäre Modell von Bryan et al. (2011) herangezogen wird (Kapitel 2.1.2). Zuletzt soll eine zusammenfassende Darstellung der empirischen Befundlage unmittelbarer affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität vorgenommen werden (Kapitel 2.1.4).

#### 2.1.1 Sportliche Aktivität und Intensitätsbereiche

Das erste Hauptkonstrukt der vorliegenden Arbeit ist die *sportliche Aktivität* (bzw. synonym *Sportaktivität*), welche an dieser Stelle bestimmt und differenziert betrachtet werden soll. Hierbei erfolgt in Anlehnung an die Terminologie von Gerber und Fuchs (2018) eine Abgrenzung von den verwandten Konstrukten der *körperlichen Aktivität* sowie der *Bewegungsaktivität* (vgl. Abbildung 1).

*Körperliche Aktivität* (engl. *physical activity*) ist ein sehr weit gefasstes Konstrukt und wird definiert als jegliche durch die Skelettmuskulatur hervorgebrachte körperliche Bewegung, die den Energieverbrauch über den Grundumsatz anhebt (Caspersen, Powell & Christenson, 1985). Diese stark physiologisch ausgerichtete Bestimmung entspricht einem motiv- und funktionsungebundenen, übergreifenden Konzept von Bewegung, welches neben sportlichen Tätigkeiten (z.B. Fußball oder Schwimmen) auch diverse Alltagsaktivitäten verschiedenster Kontexte (z.B. Beruf, Freizeit, Haushalt und Transport) einschließt (vgl. Fuchs, 2003; Fuchs & Schlicht, 2012). Unter den Oberbegriff der körperlichen Aktivität lassen sich demnach Alltags- bzw. Bewegungsaktivität einerseits sowie Sportaktivität andererseits als spezifische Teilmengen einordnen (vgl. Gerber & Fuchs, 2018; Abbildung 1).

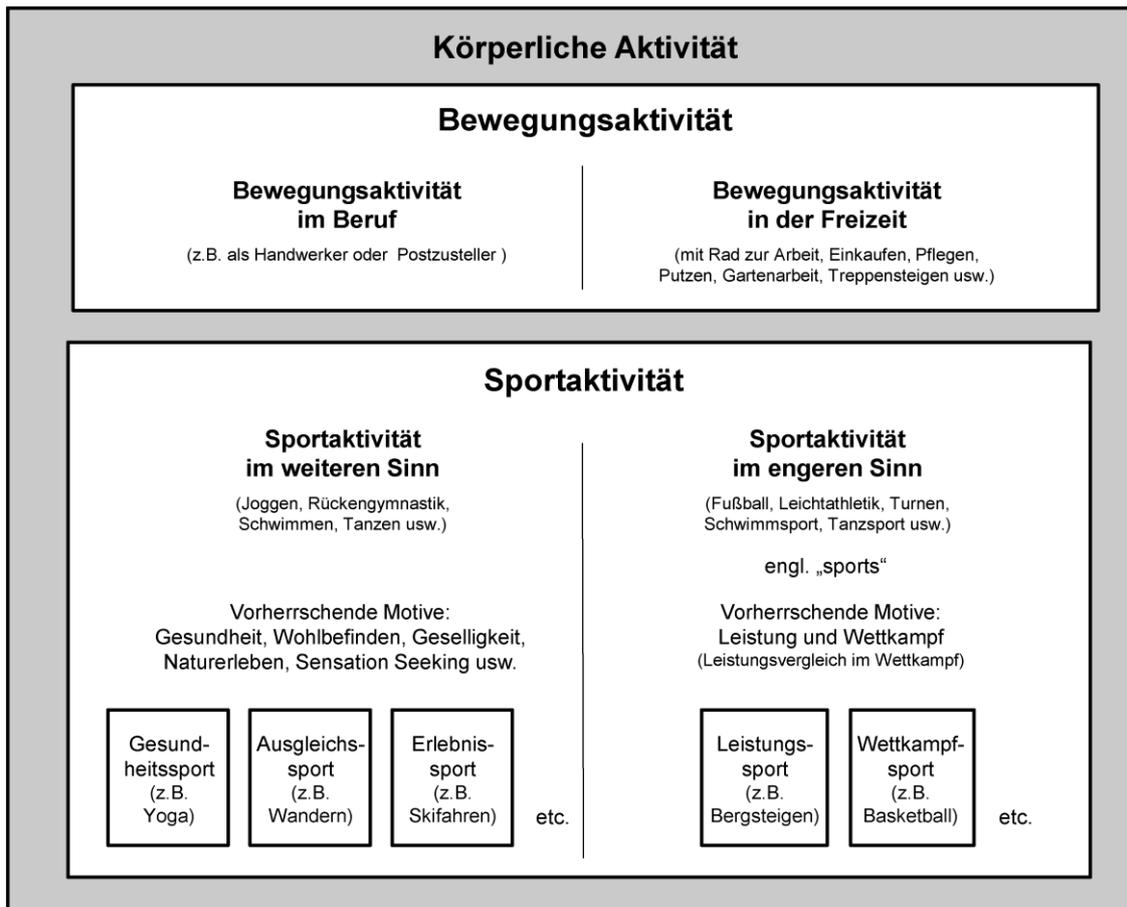


Abbildung 1. Begriffliche Unterscheidung von Aktivitätsdomänen (Gerber & Fuchs, 2018, S. 6)

*Bewegungsaktivität* umfasst alle körperlichen Aktivitäten, die der Verrichtung von Alltagsaufgaben dienen (vgl. Gerber & Fuchs, 2018). Dabei lassen sich freizeitbezogene (z.B. Gartenarbeit, Einkaufen oder Treppensteigen) von berufs- bzw. arbeitsweltbezogenen Bewegungsaktivitäten (z.B. Kurierdienste und handwerkliche Tätigkeiten) unterscheiden (vgl. ebd.). Williams (1997, S. 23) verwendet für diese häufig unbewusst im Alltag ablaufenden Tätigkeiten den Begriff der „unstrukturierten Aktivität“. Mehrheitlich zeichnen sich diese durch niedrige Intensitäten bei dafür längerer Dauer aus (vgl. ebd.).

Davon abzugrenzen sind „strukturierte körperliche Aktivitäten“ (Williams, 1997, S. 23), welche durch einen bewussten Einsatz von Bewegung zu charakterisieren sind (vgl. ebd.; Fuchs, 2003). Hierfür findet der Begriff *sportliche Aktivität* oder *Sportaktivität* Verwendung, als übergreifende Bezeichnung für eine Klasse von Verhaltensweisen auf Basis unterschiedlichster personaler, sozialer sowie gesundheitlicher Motive (Leistung, Geselligkeit, Wohlbefinden etc.). Diese Aktivitätsdomäne lässt sich – der Terminologie von Gerber und Fuchs (2018) folgend – weiter differenzieren in Sportaktivität im engeren und weiteren Sinne. *Sportaktivität im engeren Sinne* entspricht dem traditionellen Verständnis von „Sport“ mit den folgenden grundlegenden Merkmalen: Vollzug in standardisierten Räumen, Einbin-

dung in ein festes Regelwerk sowie Leistung und Wettkampf als vorherrschende Motive (Fuchs & Schlicht, 2012, S. 3). Darunter fallen insbesondere die klassischen Sportarten wie beispielsweise Fußball, Leichtathletik oder Turnen (vgl. Fuchs, Klaperski, Gerber & Seelig, 2015). Aufgrund neuer Sinngelungen wie Ausgleich, Erlebnis, Geselligkeit oder Gesundheit wird diese traditionelle Charakterisierung von Sport – mit „Leistungsvergleich im Wettkampf“ als konstituierendes Merkmal – dem heutigen Verständnis sportlicher Aktivität nicht mehr umfassend gerecht (Fuchs & Schlicht, 2012, S. 4). Diese gesellschaftliche Entwicklung macht eine terminologische Ergänzung um *Sportaktivität im weiteren Sinne* notwendig. Darunter fassen Gerber und Fuchs (2018) verschiedene Formen des Gesundheits-, Ausgleichs- sowie Erlebnissports (Yoga, Nordic Walking, Wandern, Skifahren etc.). Sportliche Aktivität wird hier als Überbegriff sowohl für bestimmte Arten des organisierten (Vereins-) Sports (z.B. Tanzen) als auch selbst-initiierten Aktivitäten (z.B. Joggen) verwandt, welche auf strukturierte und wiederholte Weise in der Freizeit durchgeführt werden (vgl. Fuchs, 2003; Fuchs et al., 2015). Im angloamerikanischen Sprachraum existiert hierfür der Begriff *exercise*, welcher definiert wird als „physical activity that is planned, structured, repetitive, and purposive in the sense that improvement or maintenance of one or more components of physical fitness is an objective“ (Caspersen et al., 1985, S. 128). Eine Erweiterung dieser Definition um Gesundheit (*health*) als zusätzliches Ziel hat sich unter Sport- und Gesundheitswissenschaftlern weitestgehend etabliert (vgl. bspw. Sallis & Owen, 1999).

Für die vorliegende Arbeit ist vorrangig ebendiese letzte Kategorie der *sportlichen Aktivität (im weiteren Sinne)* relevant. Zu beachten gilt, dass keine allgemeingültige Definition vorliegt und die Übergänge zu verwandten Domänen teilweise fließend sind. Trotzdem wird in Anlehnung an die bisherigen Ausführungen folgende Arbeitsdefinition für die weitere Berücksichtigung des Konstrukts zugrunde gelegt:

*Sportliche Aktivität* stellt eine geplante, strukturierte und wiederholte körperliche Aktivität dar, welche den typischen Bewegungsinszenierungen des Sports folgt, ohne vordergründig Leistungsaspekte, sondern vor allem Motive wie Gesundheit, Wohlbefinden und Ausgleich zu beinhalten. Es handelt sich somit erstens um eine Präzisierung des Globalkonzepts körperliche Aktivität, zweitens eine Erweiterung des traditionellen Sportbegriffs (Sportaktivität im engeren Sinne) sowie drittens eine Abgrenzung von berufs- und freizeitbezogener Bewegungsaktivität.

Prinzipiell gilt es bei der Betrachtung sportlicher Aktivität zwischen quantitativen und qualitativen Charakteristika zu unterscheiden (vgl. Strath et al., 2013; Wagner, Woll, Singer & Bös, 2007). Die *qualitative Ebene* umfasst erstens den Typ (eine bestimmte Sportart) bzw. die Domäne (z.B. Ausdauertraining), zweitens die motivationale Ausrichtung (z.B. Leistungsorientierung) bzw. den Zweck (z.B. Gesundheitssport) sowie drittens den situativen

Kontext (z.B. Vereinssport in einer Mannschaft oder Einzeltraining im Fitnessstudio) der Sportaktivität (vgl. Caspersen et al., 1985; Wagner et al., 2007). Auf *quantitativer Ebene* liegen Merkmale der Belastungsdosierung: Häufigkeit bzw. Frequenz, Umfang, Dauer, Intensität und Dosis der sportlichen Aktivität. Dabei beschreibt die *Häufigkeit* die Anzahl der Aktivitätseinheiten innerhalb eines bestimmten Zeitraums (pro Tag, Woche oder Monat). *Umfang* und *Dauer* werden häufig synonym verwendet, lassen sich aber folgendermaßen differenzieren. Während die *Dauer* den Zeitraum der Aktivitätsausübung definiert (zeitlicher Umfang), kann sich der *Umfang* auch auf andere Parameter (z.B. die zurückgelegte Strecke im Ausdauertraining oder die Summe der bewegten Lasten im Krafttraining) beziehen. Die *Intensität* gilt als Maß der Anstrengung und beschreibt die Stärke des einwirkenden Reizes. Schließlich bildet die *Dosis* das Produkt aus Dauer und Intensität der Aktivität (vgl. Strath et al., 2013; Wagner et al., 2007).

Innerhalb der quantitativen Merkmale wird insbesondere der Intensität eine elementare Bedeutung für die Belastungssteuerung sowie Erzielung von Anpassungen beigemessen. In den *Richtlinien für Belastungstests und Trainingssteuerung des American College of Sports Medicine (ACSM)* wird sie als die zentrale Variable hervorgehoben (vgl. ACSM, 2018). Dabei kann die Belastungsintensität als absolute oder relative Größe betrachtet werden (vgl. bspw. Howley, 2001). Die absolute Intensität stellt die tatsächliche Rate des Energieverbrauchs dar, welche sich über die Sauerstoffaufnahme ( $\text{VO}_2$ ) oder das metabolische Äquivalent (MET; Sauerstoffverbrauch in Ruhe  $\approx 3,5 \text{ ml/kg/min}$ ) bestimmen lässt. Allerdings hat sich gezeigt, dass Personen in Abhängigkeit von Faktoren wie Fitness, Geschlecht und Alter sehr unterschiedlich auf Training bei absoluter Intensität reagieren (vgl. ACSM, 2018). Aufgrund dieser interindividuellen Unterschiede wird empfohlen auf relative Maße zurückzugreifen. Diese werden als Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $\%\text{VO}_{2\text{max}}$ ), der maximalen Herzfrequenz ( $\%\text{HF}_{\text{max}}$  bzw.  $\%\text{HR}_{\text{max}}$ ) oder der Herzfrequenzreserve ( $\%\text{HFR}$ ) beziehungsweise in Anlehnung an zugrundeliegende metabolische Prozesse angegeben (vgl. ACSM, 2018; Howley, 2001). Neben diesen objektiven Beanspruchungsparametern kann die Intensität auch in Anlehnung an das subjektive Anstrengungsempfinden (*Rating of Perceived Exertion*, RPE) erfasst werden (vgl. ebd.; McLaren et al., 2018). Die populärste Skala hierfür ist die RPE-Skala nach Borg (vgl. Borg, 1998). Bei der ursprünglichen Version (Borg, 1970) handelt es sich um eine 15-stufige Ratingskala (*Category Scale, RPE-C*) von 6 („no exertion at all“) bis 20 („maximal exertion“). Daneben wird häufig die daraus von Borg (1982) entwickelte CR-10-Skala (*Category Ratio Scale, RPE-CR*) herangezogen, welche anhand von 12 Stufen den Wertebereich von 0 bis 10 (Zwischenstufe bei 0.5) abdeckt.

Für die Untersuchung der affektiven Reaktion (vgl. Kapitel 2.1.3) auf sportliche Aktivität kommt der Standardisierung der Trainingsintensität eine entscheidende Rolle zu. Da HF- und  $\text{VO}_2$ -abhängige Parameter zu einer Über- bzw. Unterschätzung der Trainingsintensität

führen können<sup>2</sup>, wird zusätzlich empfohlen sich am Schwellenkonzept der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung zu orientieren (vgl. ACSM, 2018; Schlicht & Reicherz, 2012). Weit verbreitet ist das *Laktatbasierte Schwellenmodell nach Mader*, welches die aerobe Schwelle bei 2 mmol/l und die anaerobe Schwelle bei 4 mmol/l fixiert und den Bereich dazwischen als aerob-anaeroben Übergangsbereich definiert (vgl. Mader et al., 1976). Es lassen sich demnach drei Phasen der Energiebereitstellung unterscheiden, welche jeweils unterschiedliche Trainingsintensitätszonen (*moderate, heavy* und *severe*)<sup>3</sup> repräsentieren (vgl. Abbildung 2). Zwar erstrecken sich diese über einen relativ großen Belastungsbereich, grundsätzlich liegen deren unterschiedlichen Ausprägungen jedoch dieselben spezifische Stoffwechselforgänge zugrunde (vgl. Skinner & Mc Lellan, 1980; Vogt et al., 2005), welche nachfolgend knapp skizziert werden.

### *Trainingsintensitätsbereiche*

Die erste Energiegewinnungsphase reicht von Belastungsbeginn bis zur aeroben Schwelle (*aerobic threshold*), auch als erste Laktatschwelle (*first lactate threshold*, LT1) oder erste ventilatorische Schwelle (*first ventilatory threshold*, VT1) bezeichnet (vgl. Binder et al., 2008; Abbildung 2).<sup>4</sup> In dieser Phase sind Sauerstoffverbrauch und Sauerstoffaufnahme im Gleichgewicht und es kommt zu keinem messbaren Anstieg der Laktatkonzentration im Kapillarblut gegenüber dem Ruhewert (Laktatwert (LA) < 2 mmol/l; vgl. Schlicht & Reicherz, 2012). Die Energiebereitstellung ist überwiegend aerob mit einem hohen Anteil von langsamen oxidativen Typ-1-Muskelfasern und freien Fettsäuren als metabolischem Substrat (vgl. Skinner & Mc Lellan, 1980; Vogt et al., 2005). Die maximale Trainingskapazität liegt im Bereich von 60-70% der  $HF_{max}$  bzw. 45-55% der  $VO_{2max}$  oder HFR. Die Trainierenden empfinden die Belastung auf der RPE-Skala als „leicht“ bis „etwas anstrengend“ mit Skalenwerten von 11-13 auf der RPE-C bzw. 3-4 auf der RPE-CR (vgl. Norton, Norton & Sadgrove, 2010).<sup>5</sup> Diese erste Phase reflektiert den *moderate*-Intensitätsbereich mit gemäßigten sportlichen Aktivitäten (z.B. langsamer Dauerlauf), bei denen Reden ohne Unterbrechung möglich ist (vgl. Ekkekakis, Hall & Petruzzello, 2005; Vogt et al., 2005).

Die zweite Energiegewinnungsphase (aerob-anaerober Übergangsbereich) umfasst den Bereich ab dem ersten Anstieg der Blutlaktatkonzentration (LT1; LA = 2 mmol/l) bis zur höchstmöglichen Belastungsintensität, bei welcher der Gleichgewichtszustand zwischen

---

<sup>2</sup> Beispielsweise nutzen bei 70% der  $HF_{max}$  manche Individuen ausschließlich den aeroben Stoffwechsel zur Energiegewinnung, während bei anderen bereits zusätzlich anaerobe Mechanismen benötigt werden (vgl. Katch, Weltman, Sady & Freedson, 1978).

<sup>3</sup> Da eine wörtliche Übersetzung der Intensitätsbereiche nicht mit den im deutschen Sprachgebrauch üblichen Begriffskonventionen übereinstimmt, werden die englischen Originalbezeichnungen genutzt.

<sup>4</sup> Spiroergometrisch lassen sich annähernd dieselben Schwellen wie mittels Laktatdiagnostik bestimmen; die VT1 stimmt i.d.R. mit der LT1 überein (vgl. Kindermann, 2004; Wyatt, 1999).

<sup>5</sup> Angaben für die jeweiligen Bereiche der verschiedenen Beanspruchungsparameter variieren in der Literatur.

Laktatabbau und -bildung gerade noch aufrechterhalten werden kann (*Maximales Laktat-Steady-State (MLSS)*,  $LA = 4 \text{ mmol/l}$ ). Diese Grenze reflektiert die sogenannte anaerobe Schwelle (*anaerobic threshold*), für welche unter anderem die Begrifflichkeiten zweite Laktatschwelle (*second lactate threshold*, LT2) oder zweite ventilatorische Schwelle (*second ventilatory threshold*, VT2) Verwendung finden.<sup>6</sup> Diese zweite Phase wird als *heavy*-Intensitätsbereich bestimmt (vgl. Ekkekakis et al., 2005) und umfasst „anstrengende“ sportliche Aktivitäten (RPE-C: 14-16, RPE-CR: 5-6) bei einer maximalen Trainingskapazität von 70-90% der  $HF_{\max}$  bzw. 55-80% der  $VO_{2\max}$  bzw. HFR (vgl. Binder et al., 2008; Norton et al., 2010). Bei einer zunehmenden Bedeutung des anaeroben Stoffwechsels kommt es hier zu einer Rekrutierung von schnellen oxidativen und glykolytischen Typ-2a-Muskelfasern, zu einem Anstieg des Atemminutenvolumens (VE) und des Sauerstoffäquivalents (=  $VE/VO_2$ ) sowie zu einem Absinken des intrazellulären und des Blut-pH-Wertes, wobei Reden in Form kurzer Sätze weiter möglich ist (vgl. Skinner & Mc Lellan, 1980; Vogt et al., 2005).

Die dritte Energiegewinnungsphase repräsentiert den Bereich vom MLSS bis zur maximalen Ausbelastung, sprich Belastungen oberhalb der anaeroben Schwelle ( $LA > 4 \text{ mmol/l}$ ). Charakteristisch für diese Phase ist eine überwiegend anaerobe Energiebereitstellung einhergehend mit der Rekrutierung schneller glykolytischer Typ-2b-Muskelfasern und einem schnellen, überproportionalen Anstieg der Laktatproduktion (bis zur starken Übersäuerung des Blutes = metabolische Azidose), des Atemminutenvolumens (VE) sowie des Kohlendioxidäquivalents (=  $VE/CO_2$ ) (vgl. Skinner & Mc Lellan, 1980; Vogt et al., 2005). Die maximale Trainingskapazität liegt bei  $> 90\%$  der  $HF_{\max}$  bzw.  $> 80\%$  der  $VO_{2\max}$  oder HFR. Die Belastung wird mit Werten  $\geq 17$  auf der RPE-C-Skala bzw.  $\geq 7$  auf der RPE-CR-Skala von den Trainierenden als sehr anstrengend (17 bzw. 7) bis sehr, sehr anstrengend (19/20 bzw. 10) empfunden (vgl. Norton et al., 2010). Reden ist lediglich noch in einzelnen Worten möglich. Letztlich muss die Belastung aufgrund von Ermüdung – in Abhängigkeit der Trainingsintensität – über kurz oder lang abgebrochen werden (vgl. Binder et al., 2008; Vogt et al., 2005). Diese dritte Phase wird als *severe*-Intensitätsbereich definiert (vgl. Ekkekakis et al., 2005) und ist aufgrund einer höheren Laktatproduktion gegenüber der Laktatelimination nur sehr bedingt für Ausdauerbelastungen geeignet (vgl. Anderson & Rhodes, 1989).

---

<sup>6</sup> Die VT2 tritt in der Regel etwas verzögert zur LT2 auf (vgl. Kindermann, 2004).

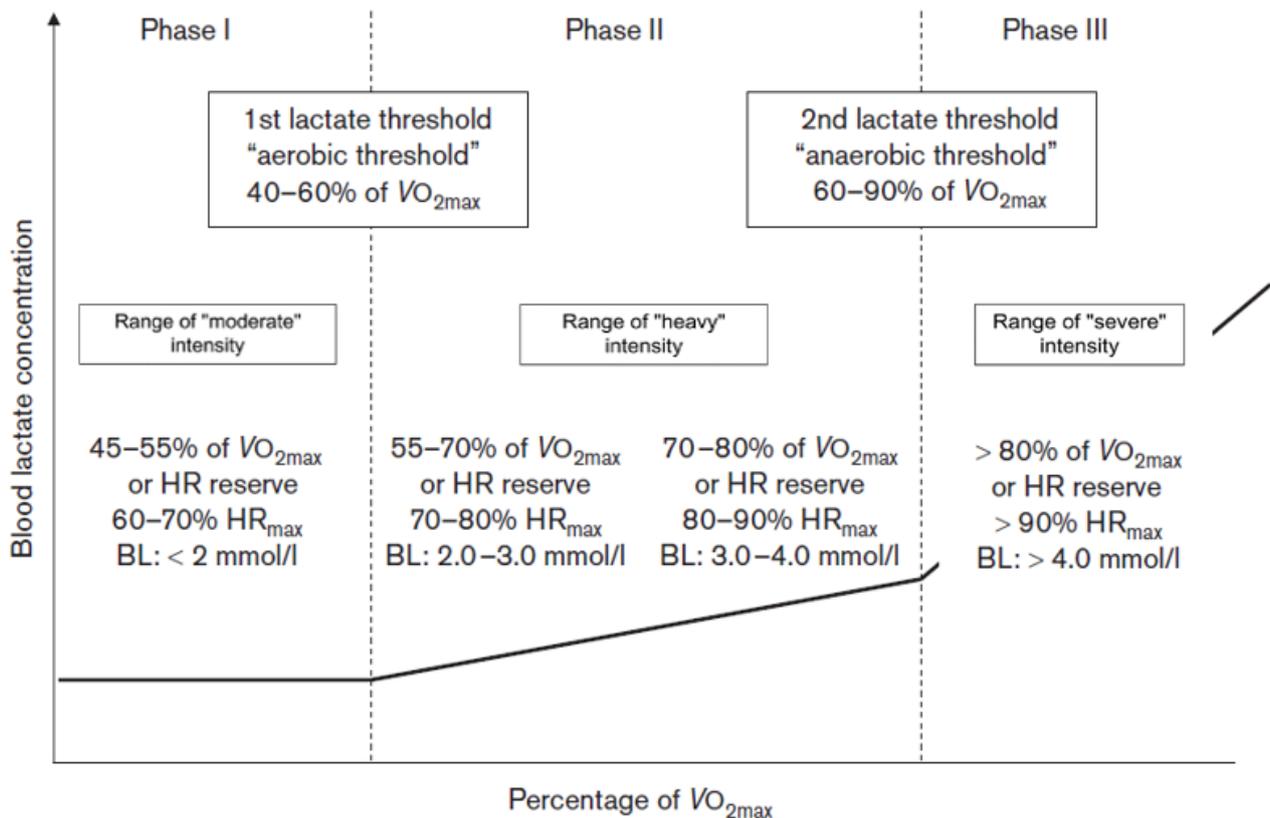


Abbildung 2. Das Drei-Phasen-Modell physiologischer Trainingsintensitäten.  $VO_{2max}$  = maximale Sauerstoffaufnahme, HR reserve = Herzfrequenzreserve,  $HR_{max}$  = maximale Herzfrequenz, BL = Blutlaktat (modifiziert nach Binder et al., 2008, S. 727; in Anlehnung an Ekkekakis et al., 2005)

Die Bestimmung der physiologischen Trainingsintensitätszonen erfolgt auf Basis einer Labor-Leistungsdagnostik mittels eines Ausdauerleistungstest (z.B. auf dem Fahrradergometer) mit regelmäßigem Belastungsanstieg bis zur Erschöpfung (Stufen- oder Rampentest). Zusätzlich kann unterstützend eine Atemgasanalyse (Spiroergometrie) zur exakten Schwellenbestimmung durchgeführt werden (vgl. Vogt et al., 2005). Für die Intensitätssteuerung unter Laborbedingungen wird aufgrund der Vergleichbarkeit von Daten sowie den bisherigen Validierungsgraden der jeweiligen Methoden empfohlen, objektive (HF, Laktat) anstelle subjektiver Beanspruchungsparameter (RPE) als Kriterium heranzuziehen (vgl. ACSM, 2018; Schlicht & Reicherz, 2012). Allerdings erweist es sich in Abhängigkeit vom jeweiligen Forschungsinteresse oftmals als sinnvoll oder gar notwendig, auch das subjektive Belastungsempfinden zu erheben. Dies soll nachfolgend für die Zielstellung der vorliegenden Arbeit – unmittelbare affektive Reaktionen auf sportliche Aktivität zu untersuchen – anhand eines transdisziplinären Rahmenmodells verdeutlicht werden.

## 2.1.2 Transdisziplinäres Rahmenmodell

Mit dem Ziel ein besseres Verständnis über potenzielle Moderatoren des Bewegungsverhaltens – sowohl allgemein auf Ebene der zugrundeliegenden Mechanismen als auch differenzierter auf Ebene der Einzelpersonen – zu erlangen, haben Bryan und Kollegen (2011) ein transdisziplinäres Rahmenmodell zu individuellen Unterschieden in der Veränderung des Bewegungsverhaltens entwickelt. Die Autoren postulieren die Anwendbarkeit ihres Modells auf alle Facetten des globalen Konzepts der körperlichen Aktivität, wobei sich die folgenden Ausführungen speziell auf sportliche Aktivität (vgl. Kapitel 2.1.1) beziehen.<sup>7</sup> Auf empirischen Untersuchungen beruhend geht das Modell von einem komplexen Zusammenspiel psychologischer, physiologischer und genetischer Determinanten sowie der Motivation zum Sporttreiben und dem tatsächlichen Sportverhalten aus. Dabei liegt die Besonderheit dieses Ansatzes in der Berücksichtigung von Faktoren verschiedener disziplinärer Ansätze (u.a. Tiermodelle, menschliche Labormodelle, sozialpsychologische und molekulare Modelle) innerhalb *einer* Einflussebene (vgl. Abbildung 3).<sup>8</sup>

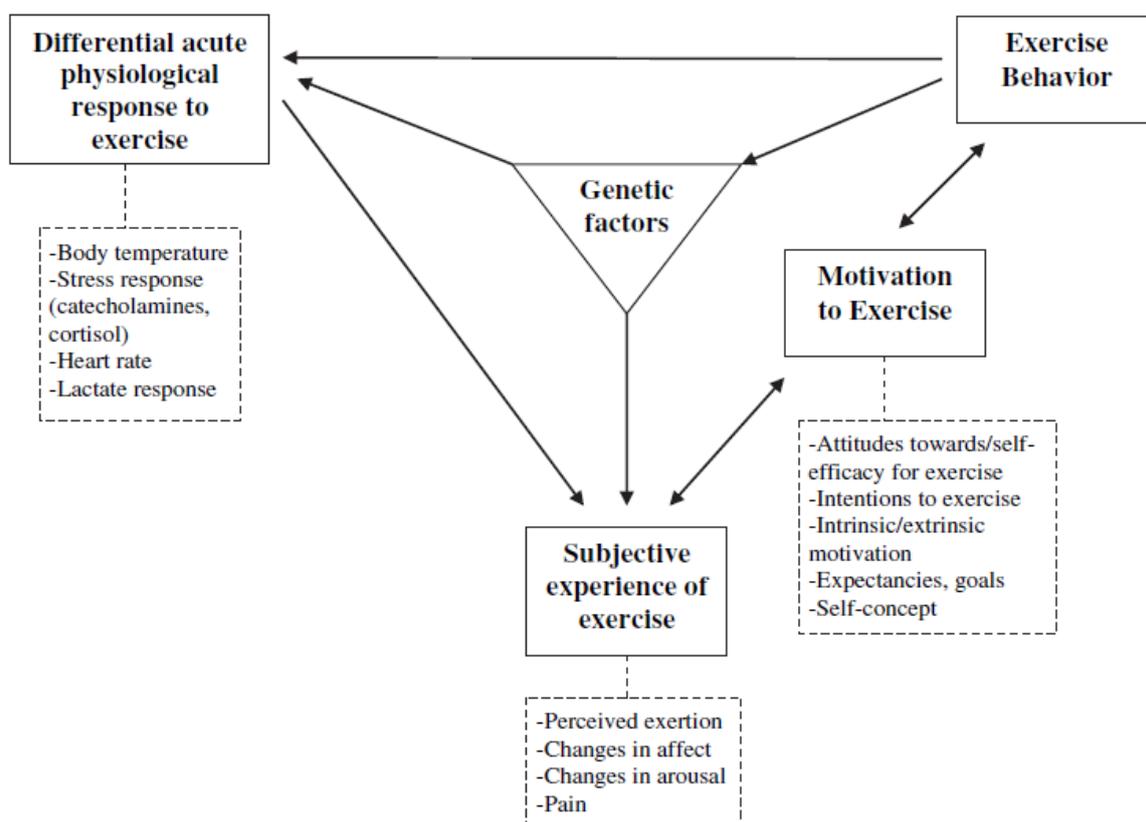


Abbildung 3. Transdisziplinäres Rahmenmodell zu individuellen Unterschieden in der Veränderung des Sportverhaltens (Bryan et al., 2011, S. 21)

<sup>7</sup> Der begrifflichen Einfachheit halber wird nachfolgend von „Sportverhalten“ die Rede sein, wenn „sportliches Aktivitätsverhalten“ gemeint ist.

<sup>8</sup> Im Gegensatz hierzu berücksichtigen bis dato bestehende transdisziplinäre Ansätze vorrangig Faktoren auf verschiedenen Einflussebenen (vgl. bspw. Lytle, 2009).

Genetische Faktoren werden als die zentrale („core“) Modellkomponente betrachtet, welche den (un)mittelbaren Ausgangspunkt für alle anderen Konstrukte darstellt (Bryan et al., 2011, S. 22). Sie (z.B. Gene der Schmerztoleranz) beeinflussen sowohl die differenzielle akute physiologische Reaktion auf eine Sportaktivität (z.B. Anstieg der Herzfrequenz oder des Blutlaktatspiegels) als auch das subjektive Erleben derselben (z.B. affektive Reaktionen oder wahrgenommene Anstrengung). Die mit der sportlichen Aktivität einhergehende akute physiologische Reaktion beeinflusst zudem das subjektive Erleben der Sportaktivität, indem physiologische Veränderungen im Körper psychologisch verarbeitet werden (z.B. wahrgenommener Muskelschmerz infolge eines Laktatanstiegs; genauer vgl. Kapitel 2.2.1). Das subjektive Erleben der Sportaktivität steht wiederum in reziproker Beziehung zur Motivation, Sport zu treiben (vgl. Bryan et al., 2011). So zeigen Studien, dass einerseits die motivationale Ausgangslage einer Person deren affektive Reaktion auf eine Sportaktivität beeinflusst (vgl. u.a. Guerin & Fortier, 2013). Andererseits erhöhen positive affektive Reaktionen die Motivation zum Sporttreiben (vgl. u.a. Schneider & Kwan, 2013) und stellen infolgedessen einen Prädiktor für das zukünftige Sportverhalten dar (vgl. bspw. Ekkekakis et al., 2005). Die Motivation als hierbei verbindende Komponente stellt in Anlehnung an die dem Modell zugrundeliegende *Theory of Planned Behaviour* (vgl. Ajzen, 1991) die proximalste Verhaltensdeterminante dar und bestimmt als solche in hohem Maße das Sportverhalten. Schließlich wirkt das Sportverhalten – als letzter Baustein des zirkulär-dynamischen Modells – (z.T. indirekt) auf die einzelnen Modellkomponenten zurück. Während in der anfänglichen Modellkonzeption lediglich ein Wirkungspfad zur physiologischen Reaktion angenommen wurde (vgl. Bryan, Hutchison, Seals & Allen, 2007), wird nun im Lichte neuer empirischer Erkenntnisse zusätzlich eine bidirektionale Beziehung zwischen dem Sportverhalten und der Motivation sowie eine Einflussnahme des Sportverhaltens auf die Genexpression<sup>9</sup> postuliert (vgl. Bryan et al., 2011).

Das Modell von Bryan et al. (2011) bildet einen umfassenden theoretischen Ausgangspunkt für inter- und transdisziplinäre Ansätze zur Untersuchung potenzieller Zusammenhänge zwischen genetischen, physiologischen, psychologischen, motivationalen und behavioralen Faktoren im Kontext sportlicher Aktivität. Ausgehend hiervon sollen in der vorliegenden Arbeit psychobiologische Einflussfaktoren der unmittelbaren affektiven Reaktion – als Teil des subjektiven Erlebens – betrachtet werden. Hierfür ist es erforderlich, im nächsten Abschnitt das Konstrukt der affektiven Reaktion zunächst konzeptionell einzubetten.

---

<sup>9</sup> Für den Einfluss sportlicher Aktivität auf die epigenetische Regulation (z.B. über die DNA-Methylierung) existieren zunehmend empirische Belege (vgl. Pescatello & Roth, 2011).

### 2.1.3 Konzeptionelle Verortung affektiver Reaktionen

Mit dem insbesondere in den letzten zwei Jahrzehnten in der psychologischen Forschung zu verzeichnenden zunehmendem Interesse an affektiven Phänomenen zur Erklärung menschlichen (Gesundheits-)Verhaltens ergibt sich die Notwendigkeit einer einheitlichen terminologischen Bestimmung der in diesem Zusammenhang relevanten Konstrukte. Affekte, affektive Reaktionen, Emotionen, Stimmungen, Gefühle, Wohlbefinden sowie weitere Begrifflichkeiten werden in der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur uneinheitlich und oftmals undifferenziert oder sogar synonym verwandt. Bereits im Jahre 1990 übte Buck (S. 330) starke Kritik an dem „conceptual and definitional chaos that characterizes this area of research“ mit der Forderung nach einer begrifflich-konzeptuellen Grundlegung emotionsbezogener Konstrukte innerhalb der Wissenschaftsgemeinde (der sogenannten "Scientific Community"). Doch auch heute noch spricht Ekkekakis (Professor an der Iowa State University, USA), einer der führenden Autoren auf dem Gebiet der affektiven Wissenschaft (*affective science*), vor diesem Hintergrund von einer „serious crisis“ (Ekkekakis, 2013, S. 32). Neben zahlreichen richtungsweisenden Studien, Übersichtsarbeiten und Sammelbänden legt Ekkekakis (2013) mit seinem Buch „The Measurement of Affect, Mood, and Emotion: A Guide for Health-Behavioral Research“ den Grundstein für theoriegeleitete Untersuchungen affektiver Phänomene innerhalb der Gesundheitsverhaltensforschung. Darin stellt er das Entwirren des „terminological Gordian knot“ als grundlegende Voraussetzung zur vollen Potenzialausschöpfung dieser Forschungslinie heraus (Ekkekakis, 2013, S. 33). Daran angelehnt soll im Folgenden eine Einordnung affektiver Reaktionen innerhalb der affektiven Domäne als Basis für die weiteren theoretischen Ausführungen dieser Arbeit sowie die daran anknüpfende empirische Untersuchung erfolgen.

Zunächst ist es notwendig, den für diesen Bereich etablierten Oberbegriff des subjektiven Wohlbefindens (*subjective well-being*, vgl. Diener, 1984) differenzierter zu betrachten. Diener (2005, S. 2) zufolge fallen darunter „all of the various types of evaluations, both positive and negative, that people make of their lives“. Obgleich es sich um ein subjektives Konstrukt handelt und es folglich im untrennbaren Zusammenhang mit dem Menschen zu betrachten ist, lassen sich dessen Manifestationen beispielsweise anhand des verbalen und nonverbalen Verhaltens sowie den Handlungen einer Person oder physiologischen Korrelaten objektivieren (vgl. Diener, 2005). Auf zeitlicher Ebene wird zwischen einem momentanen (*state*) und einem habituellen Zustand (*trait*) von subjektivem Wohlbefinden unterschieden. Letzterer stellt ein für jede Person individuelles typisches Grundniveau (*Set-Point*) dar, an welches diese nach situativ bedingten Befindlichkeitsänderungen zeitnah wieder adaptiert (vgl. Schlicht & Reicherz, 2012). Inhaltlich differenzierter betrachtet lässt sich das subjektive Wohlbefinden in vier abgrenzbare Komponenten untergliedern: (1) die Zufriedenheit mit dem eigenen Leben insgesamt (*life satisfaction*) sowie (2) mit einzelnen Bereichen da-

von (*domain satisfaction*) und (3) das Vorhandensein angenehmer physischer und psychischer Empfindungen (*pleasant affect* wie z.B. Freude, Stolz, Entspannung) sowie (4) die Abwesenheit solcher unangenehmer Art (*unpleasant affect* wie z.B. Traurigkeit, Angst, Nervosität) (vgl. Diener, Suh, Lucas & Smith, 1999). Es handelt sich beim subjektiven Wohlbefinden demnach um ein mehrdimensionales Konzept, das aus einer hedonistischen Perspektive<sup>10</sup> heraus neben der kognitiven Selbstevaluation ((1) und (2)) auch affektiv-emotionale Bewertungen ((3) und (4)) enthält (vgl. ebd.; Diener, 2000; Lischetzke & Eid, 2005). Dabei wird der kognitiv-evaluative Anteil des subjektiven Wohlbefindens häufig als „quality of life“ (QoL; Lehnert, Sudeck & Conzelmann, 2012, S. 89) bezeichnet und umfasst die bewussten kognitiven Bewertungen einer Person bezüglich des eigenen Daseins auf Basis selbstauferlegter Beurteilungskriterien (vgl. Pavot & Diener, 1993).

Für die vorliegende Arbeit zentral ist das *affektive Befinden* als affektiv-emotionaler Anteil des subjektiven Wohlbefindens. An dieser Stelle ist eine Abgrenzung verschiedener affektbezogener Konstrukte voneinander notwendig. Da im wissenschaftlichen Sprachgebrauch bislang keine konsistenten Begriffsfassungen existieren und eine systematische, literaturübergreifende Definitionsdarstellung den Umfang dieser Arbeit überschreiten würde, soll im Folgenden auf die Dreiteilung affektbezogener Konstrukte (Affekt, Emotion und Stimmung) von Ekkekakis (2013) Bezug genommen und diese um Damasio's Abgrenzung zwischen Emotionen und Gefühlen (vgl. bspw. Damasio, 2011) ergänzt werden (vgl. Abbildung 4).

*Affekt*, auch als *Kernaffekt* (engl. *core affect*) bezeichnet, umfasst „the most elementary consciously accessible affective feelings“ (Russell & Feldmann Barrett, 1999, S. 806) und kann als das ständige Auslesen menschlicher Gefühle betrachtet werden (vgl. Ekkekakis, 2014).<sup>11</sup> Als Grundsubstrat des Bewusstseins bildet Affekt somit ein mentales Konstrukt, verfügt jedoch über eine „distinctive experiential quality that does not consist of nor require cognition or reflection“ (Ekkekakis, 2014, S. 16). Auch Russell (2003) hebt dessen nicht-kognitiven Charakter als das zentrale konstitutive Merkmal hervor. Affekt wird hier im Sinne eines basalen, primitiven Konstrukts als ein mehr oder weniger angenehmes Gefühl („raw pleasant or unpleasant feeling“) verstanden (Hanin & Ekkekakis, 2014, S. 95). Beispiele für diese erlebte Positivität bzw. Negativität sind Vergnügen versus Missfallen, Anspannung versus Ruhe sowie Energie versus Müdigkeit (vgl. Ekkekakis, 2012, 2013). Treten solche grundlegenden Empfindungen in Reaktion auf einen situativen Stimulus (z.B. körperliche Beanspruchung durch sportliche Aktivität) auf, so spricht man von *affektiven Reaktionen*

<sup>10</sup> Im Gegensatz hierzu betont die eudämonische Perspektive die Bedingungen eines gelingenden Lebens und die Verwirklichung individueller Stärken (vgl. Disabato, Goodman, Kashdan, Short & Jarden, 2015).

<sup>11</sup> Abzugrenzen hiervon ist der in der deutschsprachigen Literatur eher selten und vorrangig aus einem psychiatrischen Verständnis heraus verwandte Begriff „Affekt“, womit besonders intensive Emotionszustände kurzer Dauer mit starken Verhaltenstendenzen bis hin zum Verlust der Handlungskontrolle (Affekthandlungen) etikettiert werden (vgl. Huber, 1987).

(engl. *affective responses*) (vgl. bspw. Brand & Kanning, 2019). Affekte können in isolierter (purer) Form auftreten (vgl. Ekkekakis, 2013), sind aber auch inhärenter und notwendiger Bestandteil von Emotionen und Stimmungen – „it is what gives these states affective *color*“ (Ekkekakis, 2014, S. 16). Dies soll an einem Beispiel von Russell (2003, S. 148) verdeutlicht werden: „[...] pride can be thought of as feeling good about oneself“. Dabei bildet das „feeling good“ den Kernaffekt ab und „about oneself“ stellt eine zusätzliche (kognitive) Komponente dar, welche Stolz als Emotion charakterisiert (vgl. ebd.).

Für die Begriffe der *Emotionen* (engl. *emotions*) und *Gefühle* (engl. *feelings*) liegen sehr unterschiedliche Bedeutungsbeschreibungen in der Literatur vor. Häufig werden die Termini im Sinne eines Variationsstils nebeneinander verwandt. Der Neurologe Damasio, eine unbestreitbare Referenzfigur auf dem Feld der Gefühlforschung, nimmt hingegen eine klare definitorische Unterscheidung vor: Emotionen sind durch somatische Marker verursachte Veränderungen innerer Körperzustände – Gefühle die bewusste Wahrnehmung dieser peripheren physiologischen Veränderungen, sprich die Wahrnehmung von Emotionen (vgl. Damasio, 2003, 2011). Diesem Verständnis zufolge treten Emotionen also vor Gefühlen auf und bilden deren Basis. Hierbei betont Prinz (2005, S. 23): „When an emotion is consciously felt, the feeling is not separate from the emotion. The feeling is the emotion modulated by attention“. Mees (2006) unterscheidet zwischen affektiven und nicht-affektiven Gefühlen. Gefühle der Vertrautheit oder Gewissheit sind dem nicht-affektiven Bereich zuzuordnen; Emotionen und Stimmungen gehören zur Gruppe der affektiven Gefühlszustände. Letztere sollen nachfolgend in Anlehnung an Ekkekakis (2003) näher differenziert werden.

*Emotionen* wie Stolz, Angst, Wut oder Liebe erfordern im Gegensatz zu Affekten eine kognitive Bewertung und stellen deutlich komplexere und vielschichtigere Konstrukte dar, welche aus multiplen miteinander verbundenen und koordinierten Subkomponenten (u.a. Kernaffekt, kognitive Bewertung, Aufmerksamkeit, Ausdruck, neurophysiologische Veränderungen und Handlungstendenzen) bestehen (vgl. Ekkekakis, 2012; Scherer, 2005). Weiter bezieht sich eine Emotion auf einen spezifischen, klar identifizierbaren Stimulus und ist damit abzugrenzen von affektiven Zuständen globaleren Ursprungs.

*Stimmungen* beziehen sich nicht auf ein bestimmtes Objekt oder Ereignis, sondern auf die Welt im Allgemeinen (vgl. Ekkekakis, 2013; Fridja, 2009) und zeichnen sich durch ihren „ungerichteten, kolorierenden Hintergrundcharakter“ aus (Goschke & Dreisbach, 2011, S. 131). Weiter lässt sich das Konstrukt anhand zweier quantifizierbarer Merkmale von Emotionen abgrenzen: Dauer und Intensität (vgl. Nowlis & Nowlis, 1956). Nach Frijda (2009, S. 258) handelt es sich bei Stimmungen um einen „affective state of long duration, low intensity, and a certain diffuseness“. Beispiele hierfür sind Euphorie oder Irritation. Dagegen zeichnen sich Emotionen durch eine kürzere Dauer (Sekunden bis Minuten), höhere Intensität sowie Objektbezogenheit aus (vgl. Scherer, 2005).

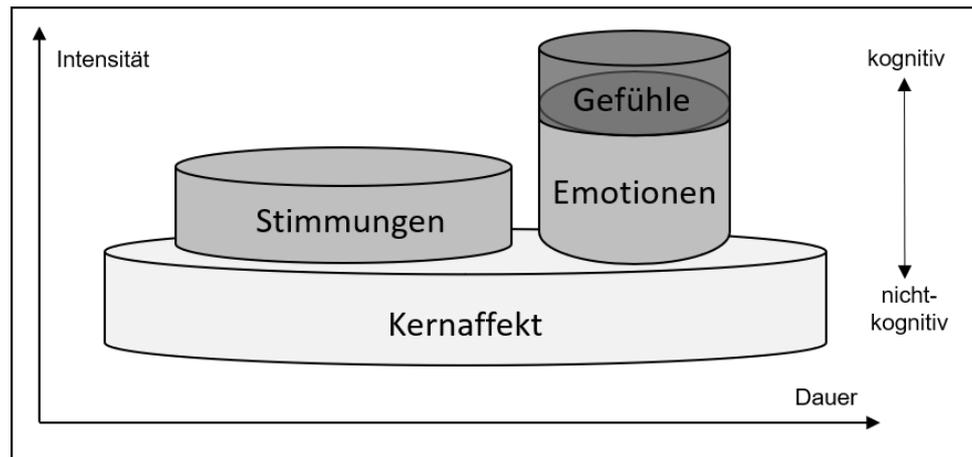


Abbildung 4. Schematische Abgrenzung affektbezogener Konstrukte. Die weitläufige Form des Kernaffekts soll dessen basale Rolle und zeitliche Konstanz in Abgrenzung zur kurzen Dauer bei hoher Intensität von Emotionen und längeren Dauer bei niedriger Intensität von Stimmungen veranschaulichen (modifiziert nach Ekkekakis, 2013, S. 40)

Nach der begrifflichen Klärung affektbezogener Konstrukte werden im weiteren Verlauf *affektive Reaktionen* als allgemeine psychologische Zustände einer Person in einer bestimmten Situation – einschließlich, aber nicht beschränkt auf Emotionen und Stimmungen – betrachtet. Im Folgenden wird eine nähere Charakterisierung derselben anhand konstituierender Inhaltsdimensionen vorgenommen. Dabei wurde in der thematisch relevanten Literatur vielfach über deren Anzahl diskutiert. Weitgehend Konsens besteht indes, dass es (mindestens) zwei globale Dimensionen zu berücksichtigen gilt: die affektive Valenz sowie die Aktivierung (vgl. u.a. Ekkekakis, 2008; Sudeck & Thiel, im Druck).

*Affektive Valenz* als erste Dimension umfasst die hedonistische Färbung des Befindens und reicht von angenehmen bis unangenehmen Empfindungen (vgl. Schimmack & Grob, 2000). Es wird davon ausgegangen, dass positive (z.B. glücklich) und negative Affekte (z.B. unglücklich) nicht zwingend synergetisch verbunden sein müssen, sondern vielmehr unabhängig voneinander auftreten können. Das bedeutet, dass eine Minimierung negativer Affekte nicht notwendigerweise zu einer Maximierung positiver Affekte, also beispielsweise weniger Angst oder Trauer nicht zu mehr Freude oder Glück, führen muss (vgl. Sudeck & Thiel, im Druck). Die zweite Dimension umfasst das Ausmaß an *Aktivierung*, welches sich entlang der beiden Pole „Aktivierung“ und „Deaktivierung“ bewegt. Bislang besteht in der Wissenschaft Uneinigkeit darüber, ob die Dimension der Aktivierung (hoch/niedrig aktiviert) bereits für sich allein genommen oder lediglich in Kombination mit der Valenz (positiver/negativer Affekt) angemessene Aussagen über das affektive Befinden zulässt (vgl. Diener & Lucas, 2000; Feldman Barrett & Russell, 1999). Die kombinierte Betrachtung beider Dimensionen (in einem sog. *Circumplex-Modell*; vgl. Russell, 1980) ermöglicht eine differenzierte Einordnung affektiver Reaktionen durch die Unterscheidung zwischen einerseits positiver Aktivierung (z.B. energiegeladen vs. energielos) und andererseits negativer Aktivierung (z.B. un-

ruhig vs. ruhig) (vgl. Ekkekakis, 2008; Wilhelm & Schoebi, 2007). Der oben erläuterte Kernaffekt als primärer affektiver Zustand lässt sich in Anlehnung an Russell (2003) als integrale Zusammensetzung aus affektiver Valenz und Aktivierung beschreiben.

Zur Erfassung des affektiven Befindens stehen eine Vielzahl verschiedener Erhebungsverfahren zur Verfügung (vgl. u.a. Ekkekakis, 2013). In Abhängigkeit des Forschungsinteresses bzw. Studienziels gilt es dabei abzuwägen, welches der beschriebenen Konstrukte (Affekt, Emotion, Stimmung) im Fokus der Betrachtung steht und wie sich dieses unter Berücksichtigung des Untersuchungsdesigns bestmöglich operationalisieren lässt. Dabei lassen sich in erster Linie kategoriale und dimensionale Ansätze voneinander unterscheiden. *Kategoriale Erhebungsverfahren* erfassen konkrete bzw. spezifische Basisemotionen wie Furcht, Freude und Ärger (vgl. bspw. Gray, 1982) in der Regel anhand von Mehr-Item-Skalen (z.B. Befindlichkeitsskalen (BFS), vgl. Abele & Brehm, 1986). Wird dagegen ein *dimensionales Verständnis* zugrunde gelegt, lassen sich affektive Reaktionen anhand weniger globaler Adjektivpaare abbilden. In der sportpsychologischen Forschung stellen hierfür die *Feeling Scale* (FS; vgl. Hardy & Rejeski, 1989) sowie die *Felt Arousal Scale* (FAS; vgl. Svebak & Murgatroyd, 1985) häufig herangezogene Erhebungsinstrumente dar, welchen jeweils nur ein Adjektivpaar zugrunde liegt (vgl. Kapitel 3.1.2). Bei der Untersuchung affektiver Reaktionen auf körperliche oder sportliche Aktivität ist die Anwendung solch dimensionaler Verfahren mit Betonung des Kernaffekts zu präferieren (vgl. Ekkekakis, 2008, 2013). Grund hierfür ist zum einen, dass sich spezifische Ausprägung der affektiven Reaktion in diesem Kontext nicht vorhersagen lassen und diese zum anderen über verschiedene Personen hinweg sehr unterschiedlich ausfallen können. Somit empfiehlt sich eine gebündelte Erhebung genereller Befindensveränderungen, anstatt sich auf einzelne Emotions- oder Stimmungskomponenten (kategoriale Verfahren) festzulegen (vgl. ebd.). Auch in Bezug auf hedonistische Theorien (und den damit verbundenen Annahmen über Bedingungen zukünftigen Sportverhaltens) stellt sich als kritischer Aspekt der Betrachtung heraus, *wie* sich Menschen beim Sporttreiben fühlen (gut vs. schlecht) und nicht *was* (z.B. ängstlich vs. verlegen) sie dabei fühlen (vgl. Lee et al., 2016). Zudem ergibt sich der Vorteil gegenüber kategorialen Erhebungsverfahren, dass die globalen Basisdimensionen mit ein oder zwei Items ökonomisch und wiederholt während einer sportlichen Belastung erfasst werden können (vgl. ausführlicher Ekkekakis, 2008, 2013). Dies ist insofern relevant, als dass sich Lerntheorien zufolge unmittelbare Konsequenzen eines Verhaltens prädiktiver für zukünftiges Verhalten zeigen als verzögerte Konsequenzen (vgl. Neef, Shade & Miller, 1994); und affektive Reaktionen während der Sportaktivität unmittelbarer sind als solche nach Beendigung (vgl. Hall, Ekkekakis & Petruzzello, 2002). Unter Berücksichtigung dieser theoretischen Überlegungen soll im Folgenden ein erster Überblick zum empirischen Forschungsstand bezüglich der affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität gegeben werden.

### 2.1.4 Ein erster Forschungsüberblick

Eine vollständige Darstellung sämtlicher Befunde zur Wirkung sportlicher Aktivität auf das affektive Befinden ist wegen dem begrenzten Umfang dieser Arbeit nicht intendiert. Vielmehr soll an dieser Stelle ein exemplarischer Einblick anhand ausgewählter Übersichtsarbeiten gegeben und daraus ableitbare Desiderate für zukünftige Studien aufgeführt werden. Hinsichtlich des Zeitbezugs der Wirkungen beschränken sich die Ausführungen auf unmittelbare Effekte einmaliger Sportaktivitäten unter Laborbedingungen (z.B. auf einem Laufband oder Fahrradergometer).<sup>12</sup> Die Literatur, welche sich seit gut vier Jahrzehnten mit affektiven Veränderungen infolge einzelner Trainingseinheiten (*single exercise bouts*) befasst, zeigt allgemein eine Befindensverbesserung von Probanden unmittelbar nach gegenüber vor der Sportaktivität und resümiert „exercise makes you feel good“ (Fox, 1999, S. 413) bzw. „feel better“ (Morgan, 1985, S. 94). Die Konsistenz und Robustheit, mit welcher dieser Befund in Publikationen auftaucht, ist bemerkenswert (vgl. Ekkekakis, 2005, 2009a). Dahinter steht unter anderem die auf der Basis umfangreicher Befunde getroffene Annahme eines sogenannten Äquilibrationseffekts (vgl. Brehm, 2006). Damit ist gemeint, dass sportliche Aktivität durch eine Abschwächung negativer und eine Stärkung positiver Befindenszustände zur Wiederherstellung der Homöostase im subjektiven Wohlbefinden beitragen kann (vgl. ebd; Reed, 2005). Diese stimmungsförderliche Wirkung wird vor allem mit sportlichen Aktivitäten bei moderater (nicht zu hoher und nicht zu niedriger; 60-70% der maximalen Kapazität) Intensität mit einer Dauer von 20 bis 30 Minuten assoziiert (vgl. Berger & Motl, 2000; Cox, 2002; Raglin & Morgan, 1985).

Fundierte Evidenz für den postulierten unmittelbaren „Feel-better“-Effekt sportlicher Aktivität liefert eine umfangreiche Meta-Analyse von Reed und Ones (2006). Die Autoren fassten die Ergebnisse von 158 Studien aus dem Zeitraum zwischen 1979 und 2005 mit insgesamt 13.101 Probanden zu den akuten Wirkungen von Ausdaueraktivität auf den positiv aktivierten Affekt zusammen. Ein globaler Vorher-Nachher-Vergleich der affektiven Befindenswerte zeigte einen robusten moderaten Effekt ( $d_{\text{korr}} = 0.47$ )<sup>13</sup>, welcher nahezu viermal so hoch im Vergleich zur Kontrollgruppe war. Die Ergebnisse einer Moderatoranalyse wiesen dabei die größten Effekte für niedrige Intensitäten ( $d_{\text{korr}} = 0.57$ ), bei einer Dauer von bis zu 35 Minuten ( $d_{\text{korr}} = 0.46-0.57$ ) und geringen bis moderaten Aktivitätsdosen<sup>14</sup> ( $d_{\text{korr}} = 0.45-0.46$ ) nach. Dagegen zeigten sich bei längeren Einheiten ( $> 75$  min,  $d_{\text{korr}} = -0.72$ ) und sehr hohen Aktivitätsdosen ( $d_{\text{korr}} = -0.98$ ) negative affektive Reaktionen<sup>15</sup> (vgl. ausführlicher ebd.).

---

<sup>12</sup> Einen Überblick zu den Effekten mehrwöchiger Sportprogramme sowohl unter Laborbedingungen als auch in feldbasierten natürlichen Kontexten geben bspw. Reed und Buck (2009).

<sup>13</sup>  $d_{\text{korr}}$  = mittlere nach Stichprobengröße gewichtete, korrigierte Effektstärke (vgl. Reed & Ones, 2006).

<sup>14</sup> Aktivitätsdosis wird definiert als Kombination aus Intensität und Dauer (vgl. Kapitel 2.1.1).

<sup>15</sup> Allerdings wurden in dieser Subanalyse relativ wenige Studien betrachtet (Dauer  $> 75$  min: 12 Studien, Aktivitätsdosis sehr hoch: 6 Studien) (vgl. Reed & Ones, 2006).

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass körperliche Belastungsparameter der quantitativen Ebene (vgl. Kapitel 2.1.1) sowohl Ausmaß als auch Richtung der Einflussnahme sportlicher Aktivität auf das affektive Befinden moderieren. Während die Meta-Analyse von Reed und Ones (2006) lediglich deskriptive Indizien hierfür hervorbrachte, untersuchten Ekkekakis und Kollegen gezielt die Rolle der Belastungsintensität in diesem Zusammenhang. In einem ersten Review fassten Ekkekakis und Petruzzello (1999) 31 bis 1998 publizierte Studien zusammen und konnten dabei hinsichtlich des methodischen Vorgehens und der Befundlage zwei verschiedene Gruppen von Studien ausmachen. In der deutlich größeren Gruppe mit 26 Studien wurde die affektive Reaktion ausschließlich vor und (zu einem oder mehreren Zeitpunkten) nach den Trainingseinheiten erfasst. In der Regel kamen hierbei – einem kategorialen Ansatz folgend – Mehr-Item-Skalen zum Einsatz (vgl. Kapitel 2.1.3). Etwas mehr als die Hälfte dieser Studien (14 von 26) zeigte keinen signifikanten Intensitäts-Effekt. Dagegen erhob die zweite Gruppe (sieben Studien) die affektive Reaktion auch während der Sportaktivität anhand dimensionaler Erhebungsinstrumente (z.B. FS). Hierbei kristallisierte sich eine relativ konstante Dosis-Wirkungs-Beziehung heraus, mit einer Assoziation zwischen dem Anstieg der Intensität und einer Abnahme der Befindenswerte in sechs der sieben Studien (vgl. Ekkekakis & Petruzzello, 1999).

Darauf aufbauend ergänzten zwölf Jahre später Ekkekakis und Kollegen (2011) im Rahmen eines zweiten Reviews die Befundlage um aktuelle Ergebnisse weiterer 33 Artikel (zwischen 1999 und 2009 publiziert) zum Zusammenhang zwischen Trainingsintensität und affektiver Reaktion. Im Gegensatz zur fehlenden empirischen Klarheit im ersten Review zeichnete sich hier ein ziemlich konsistentes Ergebnismuster ab. So zeigte sich in allen bis auf einer Studie (welche allerdings keine Während-Erhebungen durchführte) ein signifikanter Intensitäts-Effekt. Als genereller Befund wurde eine inverse Beziehung zwischen der Trainingsintensität und der affektiven Reaktion herausgestellt mit einem Anstieg affektiver Befindenswerte bei geringen bis moderaten Intensitäten, einer hohen inter-individuellen Variabilität im anstrengenderen Bereich und einer Abnahme der Befindenswerte bei sehr hohen Intensitäten (vgl. Ekkekakis et al., 2011). Die Diskrepanz zwischen den beiden Reviews (1999, 2011) führen Ekkekakis und Kollegen auf methodische Schwächen älterer Befunde bzw. eine systematischere Hypothesentestung sowie verbesserte Methodik seitens neuerer Studien zurück (vgl. ebd.). So konnte beispielsweise in einer Studie anhand von Erhebungen während einer 30-minütigen Ergometerbelastung (anstelle eines reinen Vorher-Nachher-Vergleichs) unter Ergänzung individuumsbezogener Analysen gezeigt werden, dass bei 60% der  $VO_{2max}$  44% der Trainierenden eine progressive Verbesserung und 41% eine progressive Verschlechterung des affektiven Empfindens aufwiesen (also eine hohe Variabilität vorlag), aufgrund dieser divergierenden Verläufe die durchschnittliche affektive Valenz jedoch unverändert blieb (vgl. Van Landuyt, Ekkekakis, Hall & Petruzzello, 2000). Ein weiterer Befund

war eine größere Variabilität der affektiven Reaktion während der sportlichen Aktivität gegenüber der Variabilität nach Vollendung derselben (vgl. ebd.; Rose & Parfitt, 2007).

Auf Basis der vorgestellten Übersichtsarbeiten sowie den Erkenntnissen eigener nachfolgend durchgeführter Studien erachten Ekkekakis und Kollegen die undifferenzierte Annahme von sportlicher Aktivität als ein „Feel-better“-Phänomen für unangemessen. Sie weisen darauf hin, dass lediglich bestimmte Dosierungen von Sportaktivität bei einigen Menschen eine Verbesserung des affektiven Befindens bewirken (vgl. Ekkekakis et al., 2011; Ekkekakis & Zenko, 2016) und es Personen gibt, die keine Veränderungen oder sogar eine Verschlechterung affektiver Befindenswerte aufweisen (vgl. u.a. Backhouse et al., 2007; Parfitt, Rose & Burgess, 2006; Van Landuyt et al., 2000). Gerade bei übergewichtigen und bewegungsinaktiven Personen kommt es häufig zu einer Verschlechterung des Befindens während und/oder nach der Sportaktivität (vgl. Ekkekakis et al., 2011; Ekkekakis & Lind, 2006; Ekkekakis, Lind & Vazou, 2010; Welch, Hulley, Ferguson & Beauchamp, 2007). Es besteht demnach eine substanzielle interindividuelle Variabilität der unmittelbaren affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität. Diese Annahme zeigt sich konform mit der hohen Anzahl körperlich Inaktiver. Denn es erscheint kaum plausibel, dass ein großer Teil der Erwachsenen in Deutschland kein regelmäßiges Training durchführt und die Hälfte der Menschen ein begonnenes Bewegungsprogramm innerhalb der ersten Monate abbricht, wenn sportliche Aktivität tatsächlich und ausschließlich den angepriesenen „Feel-better“-Effekt hätte.

Vor diesem Hintergrund wird nun seit einigen Jahren der Identifizierung von Ursachen für die Heterogenität unmittelbarer affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität eine besondere Bedeutung beigemessen, mit der Zielstellung ein besseres Verständnis über die befindensförderlichen Bedingungen zu erlangen. Backhouse und Kollegen (2007) gehen hierbei von einem interaktiven Netzwerk vielfältiger Einflüsse aus, einschließlich der physiologischen und psychologischen Merkmale der Teilnehmer (z.B. Fitnesslevel bzw. Kompetenzerleben), den Beanspruchungsparametern der Aktivität (z.B. Trainingsintensität), diversen Kontextfaktoren (z.B. Setting der Aktivität) sowie einer Vielzahl situativer Bewertungen (z.B. Umwelteinflüsse) durch den Sporttreibenden (vgl. ebd.; Magnan, Kwan & Bryan, 2013; Reed & Ones, 2006). Dabei lassen sich in der wissenschaftlichen Diskussion derzeit zwei Forschungsrichtungen unterscheiden (vgl. Schlicht & Reicherz, 2012). Zum einen der ökologische Ansatz, welcher das experimentelle Setting verlässt und die Variation affektiver Reaktionen von Personen im Zusammenhang mit deren alltäglicher Bewegungsaktivität betrachtet (vgl. bspw. Schlicht, Ebner-Priemer & Kanning, 2013). Zum anderen werden gezielt Dosis-Wirkungs-Beziehungen durch Betrachtung variierender Intensitäten sportlicher Aktivität unter Laborbedingungen untersucht (vgl. u.a. Parfitt & Hughes, 2009). Wie bereits dargelegt ist die vorliegende Arbeit der zweiten Forschungslinie zuzuordnen. Um die Assoziation zwischen affektiver Reaktion und sportlicher Aktivität unter Berücksichtigung der Trainingsin-

tensität zukünftig angemessen untersuchen und differenzierter herausstellen zu können, bedarf es der Berücksichtigung limitierender Aspekte von bisher in diesem Zusammenhang durchgeführter Studien. In Kooperation der Arbeitsgruppen um Ekkekakis und Petruzzello wurden auf Basis der bisherigen Erkenntnislage vier zentrale konzeptionell-methodische Forschungsdesiderate abgeleitet (vgl. u.a. Backhouse et al., 2007; Decker & Ekkekakis, 2017; Ekkekakis, 2005, 2008, 2009a; Ekkekakis et al., 2005; Ekkekakis et al., 2011):

1. Erfassung des Affekts: Anwendung dimensionaler Erhebungsverfahren (z.B. Circumplex-Modell), um aus einer globalen Perspektive heraus relevante affektive Reaktionsinhalte ökonomisch erfassen und gebündelt betrachten zu können [anstelle kategorialer Erhebungsverfahren mit Multi-Item-Skalen für spezifische Stimmungskomponenten].
2. Timing der Affekt-Erfassung: Erhebung der affektiven Reaktion zu multiplen Zeitpunkten während und nach der Aktivität, um nicht-lineare Veränderungen (z.B. eine Verschlechterung des Befindens mit anschließendem Rebound-Effekt<sup>16</sup>) abbilden und somit deren dynamischer Natur gerecht werden zu können [anstelle reiner Vorher-Nachher-Vergleiche].
3. Standardisierung der Trainingsintensität: Berücksichtigung der zugrunde liegenden metabolische Prozesse durch Auswahl von Intensitäten in Bezug zu einem Übergangsmarker (Laktat- bzw. ventilatorische Schwelle), um individuelle (Fitness-)Unterschiede der Probanden berücksichtigen zu können [anstelle eines Prozentsatzes der gemessenen oder geschätzten maximalen Trainingskapazität ( $\% \text{VO}_{2\text{max}}/\text{HF}_{\text{max}}$ )].
4. Modell der Datenanalyse: Individuumsbezogene Untersuchung der Veränderungsmuster affektiver Reaktionen [in Ergänzung zur traditionellen Aggregation auf Gruppenebene], um quantitative (Ausmaß des Einflusses sportlicher Aktivität) und qualitative interindividuelle Unterschiede (Verbesserung vs. Verschlechterung des Befindens) infolge der bidirektionalen Wirkung sportlicher Aktivität betrachten zu können [anstatt sie als Fehler zu behandeln].

Darüber hinaus wird betont, dass die Beziehung zwischen sportlicher Aktivität und affektiver Reaktion komplex und facettenreich ist und einer mehrperspektivischen, interdisziplinären Betrachtung bedarf (vgl. Ekkekakis & Acevedo, 2006). Derzeit weiterhin vorherrschend ist die Annahme, dass affektive Reaktionen in erster Linie das Resultat kognitiver Bewertungen sind („mind over muscle“-Postulat; Ekkekakis, 2009b, S. 139). Für ein tiefergehendes Verständnis der Wirkung sportlicher Aktivität auf das affektive Befinden ist aus biopsychologischer Sicht allerdings eine Integration von psychologischen und physiologischen Erklärungsansätzen vonnöten (vgl. ebd.; Sudeck & Thiel, im Druck). Die Beziehung zwischen der unmittelbaren physiologischen Reaktion auf eine sportliche Aktivität (z.B. Anstieg der Herzfrequenz oder Körpertemperatur) und dem subjektiven Erleben derselben (z.B. Befindensänderungen oder wahrgenommene Beanspruchung) bildet nach Sudeck und Thiel (im

---

<sup>16</sup> Als Resultat einer positiv erlebten *Beendigung* der Sportaktivität und weniger als affektive Reaktion auf die Aktivität selbst (vgl. u.a. Backhouse et al., 2007).

Druck) eine wichtige Komponente zur Erklärung der individuellen Reaktion auf Sportaktivitäten. Diese Annahme geht mit den Ausführungen von Damasio (2003, 2011; vgl. Kapitel 2.1.3.) konform, welchen zufolge Emotionen durch physiologische Prozesse ausgelöste Empfindungen darstellen. Periphere körperliche Reaktionen spielen demnach eine besondere Rolle für die Affektgenese (vgl. Goschke & Dreisbach, 2011). Damasio und Carvalho (2013, S. 143) sprechen in diesem Zusammenhang von „mental experiences of body states“, deren Substrate auf allen Ebenen des Nervensystems (von einzelnen Neuronen bis hin zu subkortikalen und kortikalen Strukturen) zu finden sind und einen Einblick in die homöostatische Regulation geben. Einem solchen psychobiologischen Verständnis folgend bilden physiologische Korrelate der Sportaktivität die Basis für psychische Prozesse und sollten nicht isoliert voneinander, sondern reziprok betrachtet werden (vgl. Acevedo & Ekkekakis, 2006). Allerdings wurde der Zusammenhang zwischen der physiologischen und affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität bislang relativ wenig untersucht. Bevor erste Studienergebnisse hierzu vorgestellt werden (vgl. Kapitel 2.3), sollen im folgenden Kapitel zunächst theoretische Grundlagen für die Betrachtung affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität aus biopsychologischer Perspektive gelegt werden.

## **2.2 Die Dual Mode Theorie als psychobiologischer Erklärungsansatz**

Für die Erklärung der befindensförderlichen Wirkung sportlicher Aktivität existieren eine Vielzahl physiologischer, psychologischer sowie gemischter Erklärungsansätze (vgl. genauer Sudeck & Thiel, im Druck). (Neuro-)Physiologische Theorien gehen beispielsweise von einer erhöhten Ausschüttung von Endorphinen (Endorphinhypothese oder „Runner’s High“; vgl. Hoffmann, 1997) oder einem als angenehm empfundenen Anstieg der Körpertemperatur (Thermoregulationshypothese; vgl. Koltyn, 1997) aus. Dominante Vertreter (sozial-)psychologischer Ansätze sind die Selbstwirksamkeitshypothese nach Bandura (1997) sowie die Soziale Unterstützungshypothese (vgl. Fox, 2000). Wie bereits ausführlich erläutert – und in Anbetracht der Komplexität des Phänomens notwendig – liegt der Fokus dieser Arbeit jedoch auf der Verbindung physiologischer und psychologischer Ansätze im Sinne einer psychobiologischen Perspektive. Einen solchen Mischansatz, welcher in den letzten Jahren verstärkt zur Erklärung der unmittelbaren affektiven Reaktion auf Sportaktivitäten herangezogen wird, ist die Dual Mode Theorie (DMT) von Ekkekakis (2003). Durch die Berücksichtigung sowohl psychologischer Faktoren als auch physiologischer Größen stellt sie einen interdisziplinären Erklärungsansatz für den moderierenden Einfluss der Belastungsintensität dar, welcher auf evolutionstheoretischen Argumenten basiert und sich bislang empirisch gut zu bewähren scheint. Ziel des vorliegenden Kapitels ist es, zentrale Annahmen und Postulate der DMT zusammenfassend darzustellen (Kapitel 2.2.2) und ein daraus abgeleitetes, alternatives Modell für die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Belastungsinten-

sität und der affektiven Reaktion einzuführen (Kapitel 2.2.3). Zuvor sollen allerdings zur Schaffung einer Verständnisbasis allgemeine, grundlegende Aspekte der affektiv-emotionalen Informationsverarbeitung erläutert werden (Kapitel 2.2.1).

### 2.2.1 Neurobiologische Grundlagen affektiver Informationsverarbeitung

Jahrzehntelang nahezu unangefochten vorherrschend in der neurobiologischen Emotionsforschung war das Konzept des sogenannten „limbischen Systems“ (vgl. McLean, 1952) als affektregulierendes Zentrum des Gehirns. Es setzt sich aus verschiedenen Strukturen (u.a. der Amygdala, dem Hippocampus, dem Hypothalamus, dem präfrontalen Kortex und Teilen der Basalanglien) zusammen und soll für die Verarbeitung und Steuerung von Emotionen verantwortlich sein (vgl. Goschke & Dreisbach, 2011; Siebert, 2002). Im Zuge des Aufschwunges der „affektiven Neurowissenschaft“ (vgl. Panksepp, 1998) Anfang der 1980er Jahre geriet der universal geltende Status der Theorie des limbischen Systems allerdings ins Wanken. So zeigten aktuellere neurobiologische Befunde zum einen, dass an der Emotionsregulation auch andere (z.B. neokortikale) Regionen beteiligt sind und zum anderen, dass Strukturen von McLeans Emotionssystem (wie z.B. der Hippocampus) weniger an emotionalen, sondern primär an kognitiven (Gedächtnis-)Funktionen beteiligt sind (vgl. Bartsch & Hübner, 2004; Siebert, 2002). Nichtsdestotrotz vereint die Grundannahme McLeans eines evolutionsbiologischen Ursprungs menschlicher Emotionalität und deren Verankerung in spezifischen, phylogenetisch alten Hirnstrukturen sowie physiologischen Prozessen die heute anerkannten theoretischen Ansätze. Dabei werden die Vorgänge, welche zur Entstehung von Emotionen führen, als emotionale bzw. affektive Informationsverarbeitungsprozesse bezeichnet (vgl. Bartsch & Hübner, 2004; Vaitl, 2006).

Das prominenteste Modell neurobiologischer Emotionstheorien ist jenes von LeDoux (1996). Zwar basiert dieses auf experimentellen Befunden zu neurophysiologischen Mechanismen der Angst, wird aber als repräsentativ für andere Emotionssysteme erachtet (vgl. Bartsch & Hübner, 2004). Die zentrale Struktur des Modells stellt die Amygdala (auch als Mandelkern bezeichnet) dar, ein subkortikales automatisiertes Hirnareal, welches als bilateral angelegter Kernkomplex im medialen Teil des Temporallappens lokalisiert ist (vgl. Siebert, 2002; Stoll, 2010; Abbildung 5a). LeDoux (1998, 2000) zufolge ist die Amygdala - und nicht das (uneinheitlich definierte) limbische System - der *Sitz der Gefühle*. Allerdings weniger im Sinne eines Emotionszentrums, sondern vielmehr als Knotenpunkt eines komplexen neuronalen Schaltkreises. Als solcher erhält die Amygdala Informationen über sensorische Reize – sowohl exterozeptive Reize (Umweltreize) über die Sinnesorgane, als auch interozeptive Reize (Körperempfindungen) über entsprechende Rezeptoren (u.a. Thermo-, Chemo- und Mechanorezeptoren) – mit der Aufgabe, diesen eine emotionale Signifikanz zu verleihen. Dabei werden zwei verschiedene Formen des unbewusst ablaufenden Informationsflusses postuliert: ein subkortikaler und ein kortikaler Weg (vgl. Abbildung 5b).

Der subkortikale Weg („low road“; LeDoux, 1996, S. 164) verläuft über direkte Bahnen vom sensorischen Thalamus zur Amygdala. Dieser Übertragungsweg ist schnell, ungenau sowie fehleranfällig („quick and dirty processing system“, LeDoux, 1996, S. 163) und dient als eine Art Frühwarnsystem (evolutionäres Relikt). In der Amygdala findet umgehend eine unspezifische Bewertung des Reizereignisses unter Abgleich grober Reizmuster statt, welche wiederum eine Generierung emotionaler Reaktionen auslöst (*emotionales Prozessieren*; vgl. LeDoux, 1998, 2016). Der zweite Weg verläuft über den Umweg sensorischer Kortextareale (präfrontaler Kortex und Hippocampus), welche komplexe Objektrepräsentationen erzeugen. Innerhalb dieses als „high road“ (LeDoux, 1996, S. 164) bezeichneten, deutlich langsameren, dafür exakteren Verarbeitungskanals erfolgt eine Klassifizierung und Bewertung der sensorischen Reize im Lichte gespeicherter Gedächtnisinhalte (*kognitives Prozessieren*; vgl. LeDoux, 1998, 2016). Er dient der Kontrolle der beim emotionalen Prozessieren gewonnenen Informationen und erlaubt eine Modifizierung emotionaler Bewertungen sowie Unterdrückung emotionaler Reaktionen.

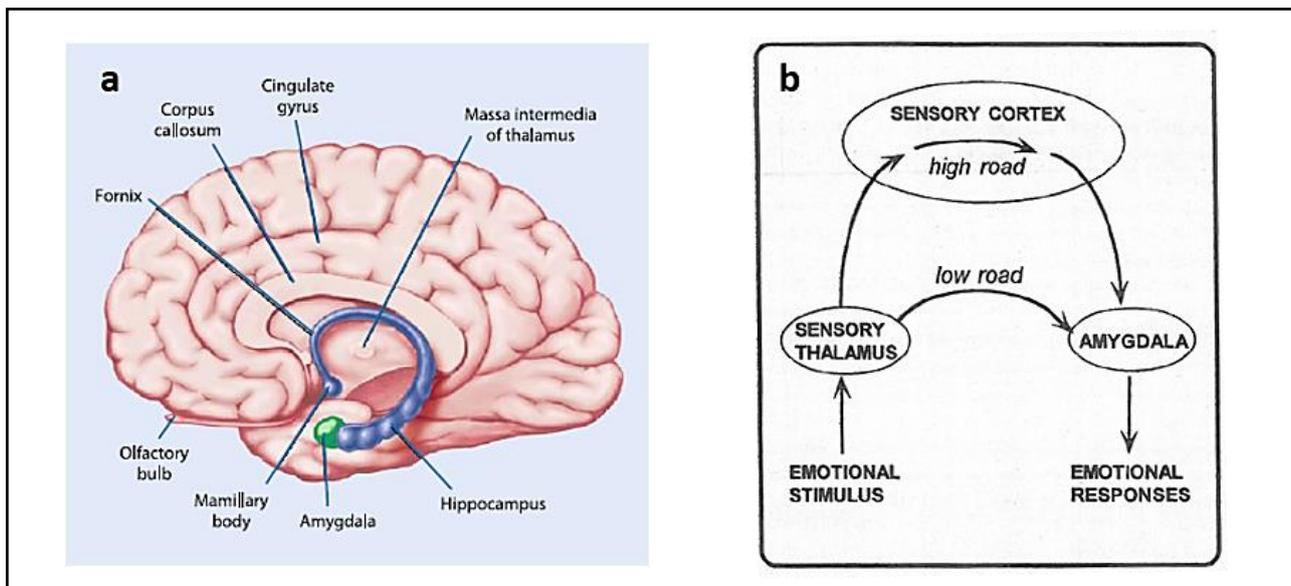


Abbildung 5. a: Anatomische Lage der Amygdala im medialen Temporallappen (Goschke & Dreisbach, 2011, S. 136); b: Modell der emotionalen Informationsverarbeitung (LeDoux, 1996, S. 164)

In Anlehnung an LeDoux Modell (1996) existiert also ein kognitionsunabhängiger Weg der Emotionsentstehung. Demnach können affektive Reaktionen direkt über die *low road* ohne Beteiligung kortikaler Areale ausgelöst werden. Hierbei kristallisiert sich die subkortikale Amygdala als essenzielle Struktur der affektiven Informationsverarbeitung heraus. Sie ist funktionell mit den zwei unabhängigen Motivationssystemen der Annäherung und Vermeidung verknüpft. Dabei ist das verhaltensaktivierende System (*Behavior Activation System*) auf die Wiederholung positive affektive Reaktionen herbeiführender und negative affektive Reaktionen vermeidender Verhaltensweisen ausgerichtet. Das verhaltenshemmende System (*Behavior Inhibition System*) dagegen unterdrückt solche Verhaltensimpulse, die in der

Vergangenheit zu negativen affektiven Reaktionen geführt haben (vgl. Cacioppo, Gardner & Berntson, 1999; Grawe, 2004). Des Weiteren besitzen die Kerne der Amygdala efferente Verbindungen zu Hirnarealen, welche viszerale, somatische sowie endokrine Körperreaktionen (z.B. die Ausschüttung von Stresshormonen oder eine erhöhte Atemfrequenz) kontrollieren (vgl. Goschke & Dreisbach, 2011). Ausgehend von diesem der biopsychologischen Forschung entsprungenen zweigleisigen Verständnis emotionaler Informationsverarbeitung entwickelte Ekkekakis (2003) ein konzeptionelles Rahmenmodell für die sportpsychologische Betrachtung affektiver Reaktionen. Nachfolgend sollen dessen grundlegende Annahmen und Postulate knapp skizziert werden.

### 2.2.2 Annahme zweier prinzipieller Wirkpfade

Die zentrale These der DMT ist, dass affektive Reaktionen auf sportliche Aktivität aus einer evolutionär-adaptiven Perspektive heraus zu betrachten sind. Dabei legt Ekkekakis (2003, 2005) folgende vier Annahmen zugrunde:

- 1) Körperliche Aktivität ist seit jeher ein integraler Bestandteil im Leben der menschlichen Spezies und eine essenzielle Komponente der „Umwelt der evolutionären Anpasstheit“ (*Environment of Evolutionary Adaptedness, EEA*). Bei diesem erstmals von Bowlby (1969) vorgeschlagenen Konzept handelt es sich um eine Gruppe von Selektionsfaktoren, welche für die Evolution des Menschen verantwortlich sind, wobei der Schwerpunkt hier auf Faktoren der inneren Körperumgebung gelegt wird.
- 2) Affektive Reaktionen werden als Manifestationen sich entwickelter psychologischer Mechanismen innerhalb des spezifischen EEAs körperlicher Aktivität zur Aufrechterhaltung des inneren physiologischen Gleichgewichts (Homöostase) erachtet, sprich als adaptive Regulationsmechanismen die entweder Nützlichkeit (angenehm bzw. *pleasure*) oder Gefahr (unangenehm bzw. *displeasure*) bedeuten. Dabei wird angenommen, dass verschiedene Intensitäten sportlicher Aktivität unterschiedliche Bedeutungen signalisieren.
- 3) Affektive Reaktionen basieren auf einem hierarchisch organisierten Kontrollsystem, welches sich aus mehreren situationsbedingt unterschiedlich relevanten Steuerungsebenen zusammensetzt. Diese reichen von primitiven subkortikalen Pfaden mit unwillkürlichen, automatischen Reaktionen bis hin zu evolutionär jüngeren kortikalen Bahnen mit bewussten, hochflexiblen individuellen Reaktionen. Der Wechsel zwischen den verschiedenen Kontrollebenen wird als systematisch abhängig von der Trainingsintensität erachtet.
- 4) Primitivere phylogenetische Funktionen weisen geringere Unterschiede zwischen Individuen auf, wohingegen bei entwicklungsgeschichtlich neueren Funktionen – die über eine höhere Plastizität verfügen und vor allem das Ergebnis individueller Entwicklung sind – eine höhere interindividuelle Variabilität besteht.

Ausgehend von diesen Grundannahmen postuliert Ekkekakis (2003, 2005) in Anlehnung an LeDoux (1996, vgl. Kapitel 2.2.1) zwei prinzipielle miteinander verbundene Wirkpfade (*dual mode*) für die Generierung affektiver Reaktionen auf Sportaktivitäten. Analog zu LeDoux Modell verläuft einer der Wirkpfade („*High road*“) über den somatosensorischen und frontalen Kortex zur Amygdala. Affektive Reaktionen werden hier maßgeblich durch kognitive Faktoren wie zum Beispiel das Kompetenzerleben bestimmt (vgl. Ekkekakis & Acevedo, 2006). Eine Erweiterung bisheriger Modellvorstellungen stellt die Ausdifferenzierung des zweiten Wirkpfades dar. Anstelle eines singulären subkortikalen Weges vom sensorischen Thalamus zur Amygdala für die Übermittlung sensorischer Wahrnehmungen körperinterner Signale (*interoceptive cues*) wird in der DMT die Existenz einer Vielzahl verschiedener „*Low roads*“ angenommen. Demzufolge erreichen interozeptive Reize verschiedenster Rezeptoren – die durch sportliche Aktivität stimuliert werden – die Amygdala nicht nur über das Zwischenhirn (genauer den Thalamus), sondern auch über andere subkortikale Pfade (vgl. Abbildung 6). Diese haben ihren Ursprung in der Wirbelsäule (*spine*), dem Nucleus tractus solitarii (NTS), dem Nucleus parabrachialis (PB), der ventrolateralen Medulla (VLM) sowie dem periaquäduktalem Grau (PAG) und sind unter anderem für die endokrine, kardiovaskuläre, respiratorische sowie Thermo- und Schmerzregulation als auch den Geschmacksinn verantwortlich (vgl. ebd.).

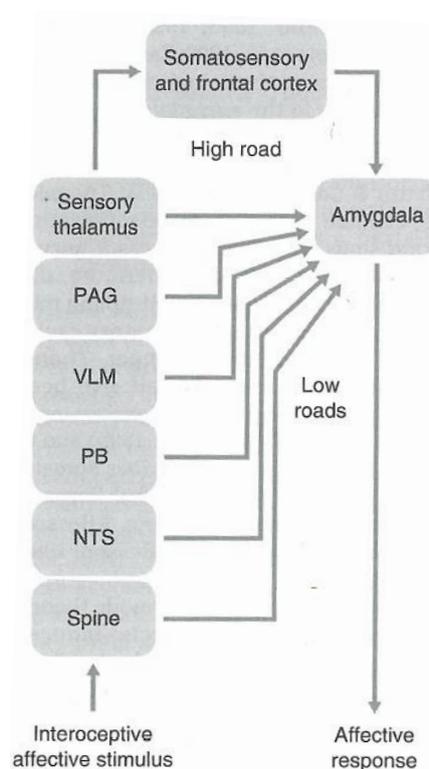


Abbildung 6. Zwei prinzipielle Wirkpfade für affektive Reaktionen auf sportbezogene interozeptive Reize: Die kortikale „*High road*“ über den somatosensorischen und präfrontalen Kortex sowie die subkortikalen „*Low roads*“ mit Ursprüngen in Wirbelsäule (*Spine*), Nucleus tractus solitarii (NTS), Nucleus parabrachialis (PB), Ventrolateraler Medulla (VLM), Periaquäduktalem Grau (PAG) und sensorischem Thalamus (Ekkekakis & Acevedo, 2006, S. 100)

Innerhalb dieser Strukturen wird eine Art Tor-Mechanismus angenommen, welcher die eingehenden Reize (Afferenzen) filtert und darüber entscheidet, welche der beiden Reizflüsse (kortikal oder subkortikal) stattfindet. Dieser Mechanismus – und damit die jeweilige Relevanz der beiden Wirkpfade – zeigt sich Ekkekakis (2003, 2005) zufolge abhängig von der Belastungsintensität. So ist die affektive Reaktion auf sportliche Aktivität je nach erlebter Beanspruchungsintensität eher das Resultat des einen oder des anderen Weges. Diese zentrale Annahme der DMT bildet die Basis für ein psychobiologisches Dosis-Wirkungs-Modell, welches im nächsten Abschnitt näher erläutert werden soll.

### 2.2.3 Ein psychobiologisches Dosis-Wirkungsmodell

In der Literatur zur Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Belastungsintensität und der affektiven Reaktion dominiert die Annahme eines umgekehrten U- bzw. J-Verlaufs (vgl. Abbildung 7). In Anlehnung daran stellt eine moderat anstrengende Intensität („Moderate“<sup>17</sup>) sportlicher Aktivität den optimalen Stimulus für positive affektive Reaktionen bzw. Veränderungen dar, während niedrige Intensitäten („Low“) als ineffektiv für signifikante Veränderungen und hohe Intensitäten („High“) als entweder ineffektiv oder aversiv (negative Veränderungen auslösend) angesehen werden (vgl. Kirkcaldy & Shephard, 1990; Ojanen, 1994).

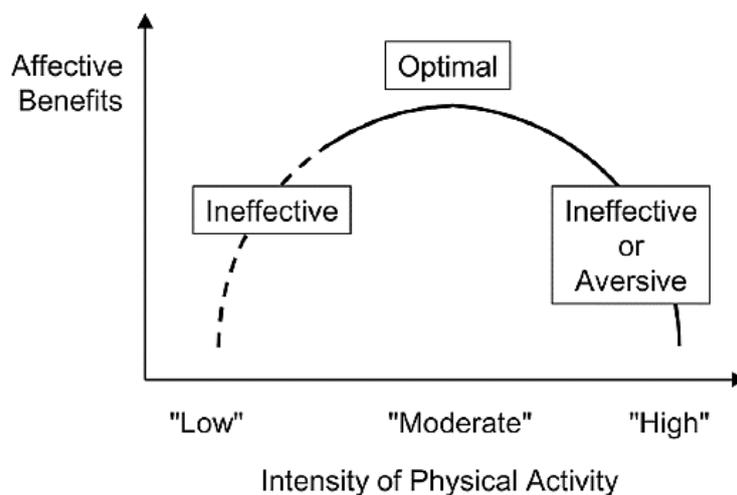


Abbildung 7. Umgekehrtes U- bzw. J-Modell (durchgezogene Linie) der Beziehung zwischen Belastungsintensität und affektiver Reaktion (Ekkekakis et al., 2005, S. 478)

Intuitiv einleuchtend dominiert das umgekehrte U-Modell die sportpsychologische Forschung sowie die Richtlinien für körperliche Aktivität im Gesundheitswesen (vgl. Sheppard & Parfitt, 2008a). Im Zuge neuer wissenschaftlicher Befunde geraten solche globalen Dosis-Wirkungs-Modelle allerdings zunehmend in die Kritik, da sie nicht mehr konform mit der vorhandenen Evidenz gehen (vgl. Ekkekakis & Petruzzello, 1999). So wurde beispielsweise

<sup>17</sup> Diesem Modell liegt eine alternative Benennung der Intensitätsbereiche als „Low“, „Moderate“ und „High“ zugrunde im Vergleich zur Einteilung in die drei Stufen „moderate“, „heavy“ und „severe“, welche für die vorliegende Arbeit herangezogen wird. Inhaltlich sind die Bereiche allerdings deckungsgleich.

gezeigt, dass niedrigintensive Sportaktivitäten signifikant positive Effekte haben können (vgl. u.a. Ekkekakis, Hall, Van Landuyt & Petruzzello, 2000); hochintensive Sportaktivitäten auch positive Befindensänderungen zu bewirken vermögen (vgl. u.a. Pronk, Crouse & Rohack, 1995); und bei Aktivitäten mit moderater Intensität manche Personen positive und manche negative Befindensänderungen erleben (vgl. bspw. Van Landuyt et al., 2000). Diese interindividuelle Variabilität affektiver Reaktionen wird von globalen, nomothetischen Dosis-Wirkungs-Modellen vernachlässigt (vgl. Ekkekakis & Acevedo, 2006). Des Weiteren handelt es sich um rein deskriptive Modelle, welche keine Aussagen über die, den affektiven Reaktionen zugrundeliegenden biopsychologischen Prozesse zulassen (im Gegensatz zu mechanistischen Modellen, vgl. ebd.). Ausgehend von den Einschränkungen bestehender Modelle sowie der Heterogenität bisheriger Dosis-Wirkungs-Befunde (vmtl. aufgrund diverser konzeptionell-methodischer Limitationen; vgl. Kapitel 2.1.4) entwickelte Ekkekakis (2003) ein alternatives Dosis-Wirkungs-Modell; einerseits zur Einordnung bzw. Interpretation bisheriger Befunde und andererseits als theoretischen Ausgangspunkt zukünftiger Dosis-Wirkungs-Studien bezüglich affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität.

In Anlehnung an die DMT (vgl. Ekkekakis, 2003) fallen je nach metabolischen Anforderungen des jeweiligen Intensitätsbereichs der Sportaktivität die unmittelbaren affektiven Reaktionen sowie deren Variabilität unterschiedlich aus, was in Abhängigkeit des Zusammenspiels zwischen kognitiven Faktoren und interozeptiven Reizen zu sehen ist. Zu den kognitiven Faktoren (welche im Kontext sportlicher Aktivität relevant werden) zählen unter anderem das Autonomie- und Kompetenzerleben, der Aufmerksamkeitsfokus, die Wahrnehmung körperlicher Symptome sowie die Konsequenzerwartungen (vgl. Rose & Parfitt, 2010). Interozeptive Reize umfassen nicht-kognitiv vermittelte Signale verschiedenster (Chemo-, Baro-, Mechano-, Thermo-, Schmerz-)Rezeptoren u.a. in Muskel, Herz und Lunge, beispielsweise infolge muskulärer Ermüdung, gesteigerter Ventilation oder Laktatbildung. Ekkekakis et al. (2005) legen ihrem psychobiologischen Dosis-Wirkungsmodell (analog zur in Kapitel 2.1.1 vorgestellten Drei-Domänen-Typologie) die Intensitätsbereiche „moderate“, „heavy“ und „severe“ zugrunde und postulieren eine intensitätsabhängige Verschiebung des relativen Beitrags interozeptiver sowie kognitiver Einflüsse (vgl. Abbildung 8).

Es wird angenommen, dass im *moderate*-Intensitätsbereich affektive Reaktionen relativ homogen und positiv ausfallen (*pleasure*), wobei ein kleiner bis moderater Einfluss kognitiver Faktoren besteht. Evolutionstheoretisch ist dies so zu begründen, dass für Belastungen unterhalb der VT1 reichlich Energiereserven im Körper zur Verfügung stehen (aerober Metabolismus). Solche Aktivitäten, die über einen langen Zeitraum aufrechterhalten werden können, stellen keine Bedrohung der Homöostase des Organismus dar und resultieren in angenehmen Empfindungen (z.B. Wärmegefühl<sup>18</sup>) (vgl. Ekkekakis & Acevedo, 2006).

---

<sup>18</sup> In Anlehnung an die Thermoregulationshypothese (vgl. Koltyn, 1997).

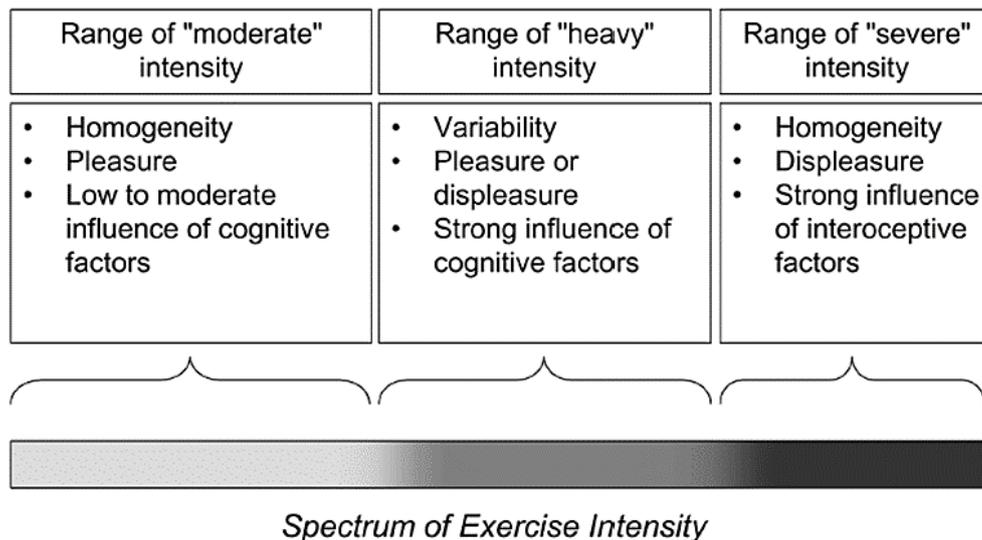


Abbildung 8. Psychobiologisches Dosis-Wirkungs-Modell der affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität (Ekkekakis et al., 2005, S. 490)

Für Aktivitäten innerhalb der *heavy*-Domäne (zwischen VT1 und VT2; Laktat-Steady-State) wird die höchste Variabilität affektiver Reaktionen postuliert, welche sowohl positiv (*pleasure*) als auch negativ (*displeasure*) ausfallen können. Dies lässt sich dadurch erklären, dass der Anstieg der Laktatkonzentration und die damit einhergehenden physiologischen Vorgänge zur Aufrechterhaltung der Aktivität für einen bestimmten (zeitlich begrenzten) Zeitraum zwar eine Herausforderung an das adaptive Vermögen des Körpers darstellen, jedoch weder eine konkrete Nützlichkeit noch Gefahr implizieren. Sportaktivitäten in diesem Intensitätsbereich zeichnen sich also durch einen „trade-off“ potenzieller Vorteile und Risiken aus (Ekkekakis et al., 2011, S. 658) und es wird angenommen, dass kognitive Faktoren maßgeblich darüber entscheiden, ob die Aktivität eher als angenehm oder unangenehm empfunden wird (vgl. Ekkekakis & Acevedo, 2006). So kann trotz im Zuge der sportlichen Aktivität auftretender, unangenehmer interozeptiver Eindrücke durch kognitive Umdeutung (z.B. der Erwartung folgend, einen bedeutsamen Nutzen zu erreichen) oder Aufmerksamkeitslenkung (weg von den körperlichen Symptomen hin zum Trainingspartner o.Ä.) eine positive Affektbilanz resultieren (vgl. Brand & Kanning, 2019; Rose & Parfitt, 2010).

Im *severe*-Intensitätsbereich (oberhalb der VT2) sollen die affektiven Reaktionen wiederum homogen ausfallen, diesmal allerdings negativ (*displeasure*). Aktivitäten in diesem Bereich beruhen auf begrenzten energetischen Ressourcen des anaeroben Metabolismus und führen über kurz oder lang zu einer Überforderung des Organismus. Evolutionstheoretisch begründet wird hier ein starker interozeptiver Einfluss angenommen, welcher dem Körper den sich nähernden Erschöpfungszustand signalisiert und den rechtzeitigen Abbruch der Aktivität provoziert, um Schädigungen der Körpersysteme zu verhindern. Interozeptive Reize fun-

gieren somit als eine Art Schutzmechanismus, die bei Aktivitäten in einem kritischen physiologischen Bereich unangenehme Empfindungen verursachen (vgl. Ekkekakis & Acevedo, 2006; Ekkekakis et al. 2011).

Die hypothetischen Verläufe der affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität mit steigender Intensität nach der DMT sind in Abbildung 9 (strichpunktierte Linien) schematisch dargestellt. Dies lässt sich vor allem anhand der Untersuchung affektiver Reaktionen während eines Laktatstufentests nachweisen.

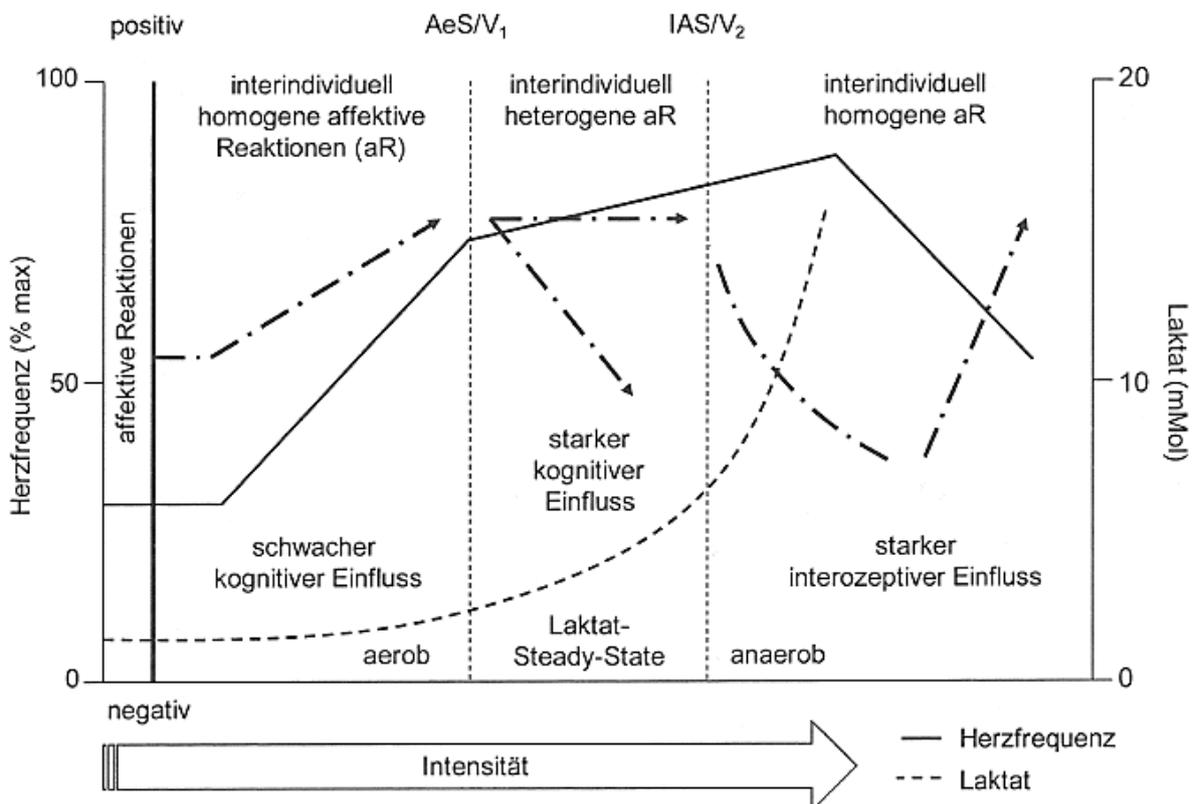


Abbildung 9. Erwartete Verläufe affektiver Reaktionen in Anlehnung an die Dual Mode Theorie. Durchgezogene Linie: Herzfrequenzverlauf. Gestrichelte Linie: Laktatverlauf, strichpunktierte Linie: hypothetischer Verlauf der affektiven Reaktionen, AeS = Aerobe Schwelle, V1 = Erste Ventilationschwelle, IAS = Individuelle anaerobe Schwelle, V2 = Zweite Ventilationschwelle (Schlicht & Reichertz, 2012, S. 23)

Es wird angenommen, dass die VT1, als Übergang von einer primär aeroben zu einer gemischt aerob-anaeroben Energiebereitstellung, einen kritischen Wendepunkt darstellt, ab welchem die affektive Valenz während sportlicher Aktivität in der Regel zu sinken beginnt (vgl. Ekkekakis et al., 2011). Darüber hinaus wird für Sportaktivitäten, welche eine Abnahme des affektiven Befindens induzieren (insbesondere solche im severe- und z.T. auch im heavy-Intensitätsbereich), ein robuster Rebound-Effekt der affektiven Reaktion nach Beendigung der Aktivität postuliert (vgl. Abbildung 9, rechts). Dieser gegenläufige Trend wird auf einen adaptiven Nutzen der Beendigung aversiver Stimuli und einer damit einhergehenden

Wiederherstellung der Homöostase zurückgeführt (Opponent-Prozess-Theorie; vgl. Solomon, 1991). Nachfolgend sollen die Gültigkeit der aus dem Dosis-Wirkungs-Modell abgeleiteten Hypothesen anhand der aktuellen Studienlage geprüft und Forschungsfragen für die empirische Untersuchung formuliert werden.

### **2.3 Empirischer Forschungsstand und Ableitung der Fragestellungen**

Seit der Postulierung der DMT (vgl. Ekkekakis, 2003) wurde eine wachsende Anzahl empirischer Untersuchungen zu deren Überprüfung durchgeführt. Insgesamt zeigen sich überwiegend theoriekonforme Ergebnisse, wobei einzelne Grundsätze der DMT kritisch diskutiert werden (vgl. u.a. Ekkekakis et al., 2011). Dabei wurden überwiegend labor-experimentelle Arrangements gewählt, bei welchen – wie von Ekkekakis und Kollegen empfohlen (vgl. Kapitel 2.1.4) – die affektiven Reaktionen vor, während und nach einer (Ergometer-)Belastung anhand dimensionaler Erhebungsinstrumente (FS und FAS) erfasst wurden. Hierbei lassen sich hinsichtlich des Untersuchungsdesigns zwei verschiedene Gruppen unterscheiden. In der ersten Gruppe wurden physiologische und affektive Reaktionen anhand von Laktatstufentests (*graded exercise test*; vgl. Beltz et al., 2016) untersucht. Die Ergebnisse solcher Studien unterstützen den von der DMT postulierten Verlauf affektiver Reaktionen mit der ersten ventilatorischen Schwelle (Übergang vom aeroben zum anaeroben Metabolismus) als Wendepunkt der affektiven Valenz in Richtung negativ bei jungen aktiven Erwachsenen (vgl. Ekkekakis, Hall & Petruzzello, 2004, vgl. Abbildung 10a) und Studierenden (vgl. Hall et al., 2002) sowie inaktiven Kindern (vgl. Sheppard & Parfitt, 2008b). Bei inaktiven Erwachsenen hingegen zeigte sich eine Abnahme der affektiven Valenz bereits deutlich vor der VT1 (vgl. Sheppard & Parfitt, 2008b; Welch et al., 2007). In diesen beiden Studien wurde darüber hinaus die interindividuelle Variabilität untersucht und gezeigt, dass die affektive Reaktion bei inaktiven Erwachsenen unterhalb und im Bereich der VT1 deutlich heterogener ausfiel als oberhalb der VT1, wo ein eher homogener Negativtrend der affektiven Valenz zu beobachten war (vgl. ebd.). Über alle Studienpopulationen hinweg ergab sich mit steigender Intensität eine Zunahme der Aktivierung (vgl. Ekkekakis et al., 2004; Hall et al., 2002; Sheppard & Parfitt, 2008b, Abbildung 10b; Welch et al., 2007), welche insbesondere für die affektive Reaktion unterhalb der VT1 (Bereich mit geringer Veränderung der affektiven Valenz) charakteristisch zu sein scheint (vgl. Hall et al., 2002). Des Weiteren zeigte sich im Einklang mit der DMT eine sofortige und rasche (vgl. ebd.) bzw. leicht verzögerte Verbesserung (vgl. Welch et al., 2007) der affektiven Valenz nach Belastungsende (Rebound-Effekt) mit einem Benefit bzgl. des affektiven Befindens im Pre-Post-Vergleich.

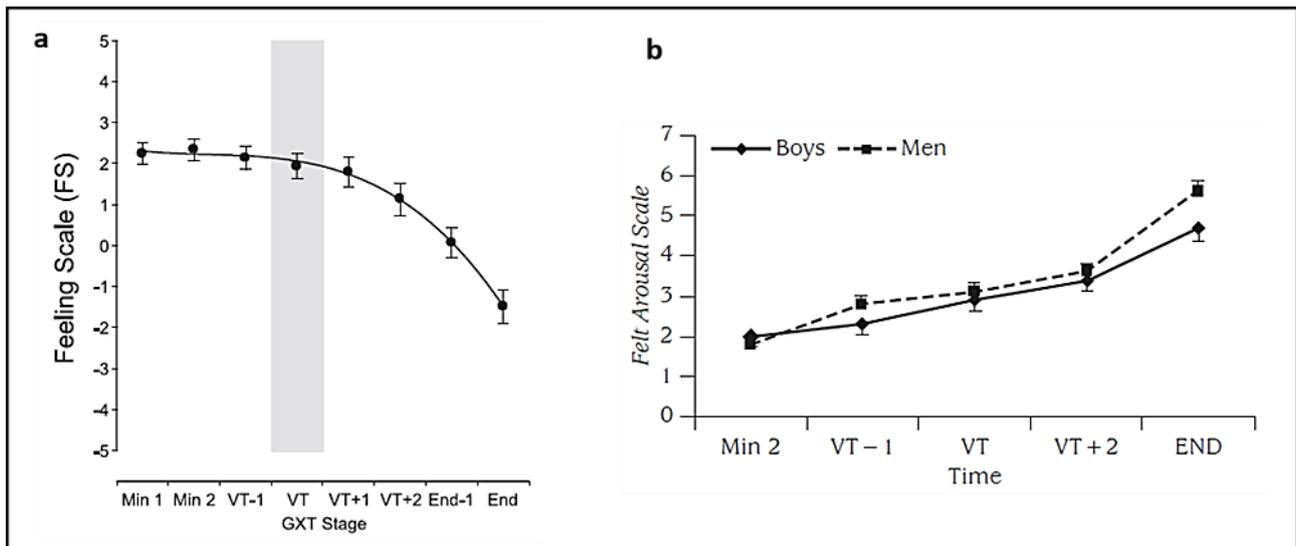


Abbildung 10. Exemplarischer Verlauf der affektiven Valenz (a; Ekkekakis et al., 2004, S. 153) und Aktivierung im Stufentest. VT = Ventilatorische Schwelle (b; Sheppard & Parfitt, 2008b, S. 124)

Die zweite Gruppe von Studien untersuchte affektive Veränderungsmuster in den verschiedenen Intensitätsbereichen der DMT mittels Durchführung einer oder mehrerer Trainingseinheiten. Hierzu wurden in der Regel vorab Stufentests (wie in den Studien ersterer Gruppe) durchgeführt, um die Belastungsintensitäten anhand metabolischer Marker standardisieren zu können, sprich auf Basis individueller Schwellenwerte die (drei) Intensitätsbereiche zu operationalisieren. Auf diese Weise prüften empirische Arbeiten die Thesen der DMT bei aktiven jungen Erwachsenen (vgl. Ekkekakis, Hall & Petruzzello, 2008) und Kindern<sup>19</sup> (vgl. Sheppard & Parfitt, 2008a) sowie bei inaktiven Frauen (vgl. Rose & Parfitt, 2007), Männern (vgl. Parfitt et al., 2006), Kindern und Jugendlichen<sup>19</sup> (vgl. Stych & Parfitt, 2011). Zudem wurden vergleichende Analysen zwischen mehr und weniger aktiven Erwachsenen (vgl. Magnan et al. 2013) sowie aktiven und inaktiven College-Studenten (vgl. Markowitz & Arent, 2010) vorgenommen. Die Ergebnisse stützen weitestgehend die Annahmen der DMT. So zeigten sich relativ stabile, positive affektive Reaktionen im moderate- und heavy-Intensitätsbereich, während es zu einer progredienten Abnahme der affektiven Valenz (oftmals einhergehend mit negativen Befindenswerten) im severe-Intensitätsbereich kam. Allerdings wurden, wie angenommen, die divergierenden Verläufe (und so auch die Abnahme der affektiven Valenz) durch einen Rebound-Effekt nivelliert – mit gleichen oder besseren FS-Werten nach gegenüber vor dem Training.<sup>20</sup> Dabei unterschieden sich die Post-Befindenswerte nicht zwischen den verschiedenen Intensitätsbereichen.

<sup>19</sup> Nach dem Jugendschutzgesetz umfasst die Kindheit das Alter von 0-13 Jahren und Jugend das Alter von 14-17 Jahren (§ 1.1 JuSchG).

<sup>20</sup> Je nach Studie variierten hierbei die Erhebungszeitpunkte von 0 (Endwert) bis 30 Minuten nach der Aktivität (Post-Messung). Eine differenziertere Betrachtung wird jedoch an dieser Stelle nicht vorgenommen.

Abbildung 11 zeigt eine häufig zitierte, stilisierte Darstellung der affektiven Reaktionen in den drei Intensitätsbereichen (moderate: Vierecke, heavy: Kreise und severe: Dreiecke) nach Parfitt und Hughes (2009).

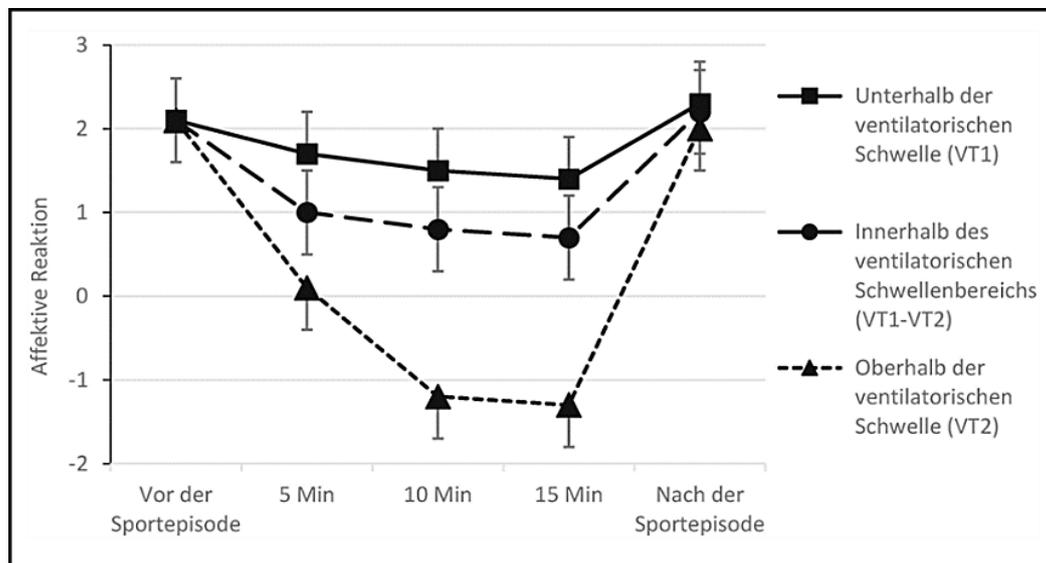


Abbildung 11. *Stilisierte Darstellung affektiver Reaktionen in den drei Intensitätsbereichen der Dual Mode Theorie (Brand & Kanning, 2019, S. 5; modifiziert nach Parfitt & Hughes, 2009, S. 36)*

Hinsichtlich der interindividuellen Variabilität zeigten auch hier (analog zu den Ergebnissen aus den Stufentests) die Analysen nur teilweise theoriekonforme Ergebnisse. So wurde sowohl für den moderate- als auch für den heavy-Intensitätsbereich eine beträchtliche Heterogenität affektiver Reaktionen festgestellt. Erwartungsgemäß zeigten sich dagegen deutlich homogenere affektiven Reaktionen in der severe-Bedingung mit einer Befindensabnahme bei 79% (vgl. Rose & Parfitt, 2007), 80% (vgl. Ekkekakis et al., 2008) bzw. 100% (Stych & Parfitt, 2011) der Trainierenden.

Zusammenfassend kann eine empirische Bestätigung einiger zentraler Annahmen der DMT auf Basis theoriebasierter Hypothesentestung festgehalten werden. Ausgehend hiervon lassen sich hinsichtlich der affektiven Reaktionsverläufe – wenn auch teilweise einschränkend – bereits evidenzbasierte Aussagen bzw. Vorhersagen treffen. Bislang weniger untersucht hingegen ist die zugrundeliegende mechanistische Basis (vgl. Ekkekakis et al., 2011), sprich der relative Beitrag kognitiver sowie interozeptiver Einflüsse in Abhängigkeit der Trainingsintensität und damit verbunden potenzielle Quellen der Variabilität affektiver Reaktionen. Erste Studien liefern allerdings vielversprechende Ergebnisse. Ekkekakis (2003) konstatiert einen Zusammenhang zwischen der affektiven Reaktion (FS-Werte) und diversen kognitiven (z.B. Selbstwirksamkeit) sowie peripheren physiologischen Variablen (u.a. Blutlaktat,  $VO_2$ , HF). Beispielsweise war die Selbstwirksamkeit – als kognitiver Faktor – im mittleren Intensitätsbereich eines Stufentests (eine Minute vor der VT1 bis eine Minute vor Erschöpfung) signifikant mit der affektiven Valenz assoziiert und klärte unterhalb der VT1 nahezu

die gesamte Varianz (80-100%) der affektiven Reaktion auf. Dagegen zeigte sich ab zwei Minuten nach Erreichen der VT1 bis zur Erschöpfung der respiratorische Quotient ( $= V_{CO_2} / V_{O_2}$ ) – als peripherer physiologischer Faktor – maßgeblich für die Varianzaufklärung (65-80%; vgl. Ekkekakis, Hall & Petruzzello, 1999).

Weiter stellten Welch und Kollegen (2007) im Rahmen eines Stufentests auf dem Fahrradergometer bei körperlich inaktiven Frauen fest, dass der Aufmerksamkeitsfokus zu Beginn der Aktivität überwiegend dissoziativ-external (*non-exercise related stimuli*, z.B. Tagträume, Musik, Fernsehen) war, mit steigender Intensität jedoch zunehmend assoziativ (*exercise related stimuli*, z.B. Herzschlag, Schwitzen, Atmung) wurde. Karageorghis und Jones (2014) bestätigen diesen Trend und betonen, dass ab 70% der HFR (obere Hälfte des heavy-Intensitätsbereichs) – wo unangenehme interozeptive Empfindungen zunehmend bemerkbar werden – assoziative Gedanken den Aufmerksamkeitsfokus dominieren. Dieser Wechsel der Aufmerksamkeitsausrichtung (von dissoziativ zu assoziativ) wird von einer Abnahme der affektiven Valenz begleitet (vgl. Karageorghis & Jones, 2014; Welch et al., 2007). Unterstützende Evidenz für einen stark assoziativen Aufmerksamkeitsfokus bei heavy- und insbesondere bei severe-Intensitäten liefern qualitative Daten einer Trainingsstudie – ebenfalls mit inaktiven Frauen – von Rose und Parfitt (2007, S. 300): „participants reported not being able to think about anything else but the exercise, they were focused on wanting it to stop, on how horrible it was, and having to break through a physical block.“ Darüber hinaus liefert diese qualitative Auswertung Hinweise für den intensitätsabhängigen Einfluss diverser weiterer kognitiver Faktoren (z.B. Wahrnehmung körperlicher Symptome, Kompetenz- und Autonomieerleben) auf die affektive Reaktion sowie deren Beitrag zur Aufklärung individueller Unterschiede (welche in den quantitativen Analysen der Studie für den moderate- und severe-Bereich nachgewiesen wurden). So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass eine selbstgewählte Belastungsintensität positivere affektive Reaktionen hervorruft, als in einer heavy- oder severe-Bedingung, obwohl sich diese (den Laktatwerten zufolge) nicht signifikant von der heavy-Bedingung unterschieden hat. Die Autoren führen dies auf den Einfluss eines erhöhten Autonomiegefühls seitens der Trainierenden zurück (vgl. Rose & Parfitt, 2007). Bestätigung für diesen Befund liefert eine Meta-Analyse von Oliveira und Kollegen (2015), in welcher sich der Unterschied zwischen affektiven Reaktionen auf selbstgewählte versus vorgeschriebene Trainingseinheiten abhängig von der jeweiligen Belastungsintensität zeigte und insbesondere oberhalb der VT1 stark ausgeprägt war.

Auch Studien außerhalb des Laborkontextes unterstützen die Annahmen der DMT. So konnten beispielsweise Sudeck und Conzelmann (2014) in ihrer Studie zur interindividuellen Variabilität affektiver Reaktionen von Universitätsangestellten im Kontext gruppenbasierter Freizeit- und Gesundheitsportprogramme einen höheren Zusammenhang zwischen der Kompetenzwahrnehmung und dem affektiven Befinden bei anstrengender gegenüber moderater Belastungsintensität nachweisen. Weiter untermauert wird dieser Befund durch die

Studie von Molinari, Schmid, Sudeck und Conzelmann (2015), in welcher das Kompetenzerleben als ein Prädiktor für das affektive Befinden älterer Erwachsener ( $\geq 65$  Jahre) bei moderaten Sportaktivitäten (RPE-CR:  $\leq 6$ ) nachgewiesen wurde. Eine differenzierte Betrachtung stellte allerdings dessen größere Bedeutung für den niedrigen (RPE-CR:  $\leq 2$ ) gegenüber dem mittleren Belastungsbereich (RPE-CR: 2-6) heraus, in welchem sich der Einfluss sportbezogener Ziele als relevanter zeigte.

Diese vorläufige Evidenz deutet darauf hin, dass die Trainingsintensität nicht nur einen isolierten (negativen) Einflussfaktor für die befindensregulative Wirkung sportlicher Aktivität darstellt, sondern auch als ein moderierender Faktor für die Beziehung zwischen affektiven Reaktionen und kognitiven Faktoren einerseits sowie interozeptiven Reizen andererseits berücksichtigt werden sollte.

Weiter gilt es hinsichtlich der Variabilität affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität zu beachten, dass diese nicht nur auf Unterschieden zwischen Personen (*Between-Person-Ebene*), sondern auch auf solchen innerhalb einer Person (*Within-Person-Ebene*) beruht. Hinweise auf eine intraindividuelle Inkonsistenz affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität liefert eine Untersuchung von Unick et al. (2015) bei übergewichtigen und adipösen Frauen. Hier variierten trotz streng kontrollierter Laborbedingungen<sup>21</sup> die individuellen affektiven Reaktionen innerhalb drei wiederholter Trainingseinheiten in nicht unerheblichem Maße (Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC) = 0.02-0.60)<sup>22</sup>. Unterstützende Evidenz zeigt sich in einer ambulanten Assessment-Studie von Jeckel und Sudeck (2018). Mithilfe mehrebenenanalytischer Regressionsmodelle konnte eine situative Heterogenität des affektiven Befindens nachgewiesen werden. Hieraus abzuleiten ist, dass zukünftige Studien nicht nur untersuchen sollten, *wer* positive oder negative affektive Reaktionen aufweist, sondern zusätzlich Erkenntnisse über die sportkontextuellen Bedingungen angenehmer versus unangenehmer Empfindungen *innerhalb* eines Individuums generieren sollten. Für solche individualsbezogenen Analysen ist aufgrund der bestehenden Inkonsistenz die Einbeziehung multipler Trainingseinheiten zu empfehlen (vgl. Unick et al., 2015).

Vor dem Hintergrund des hier dargestellten Forschungsstandes und unter Berücksichtigung des eingeführten konzeptionellen Rahmenmodells (vgl. Kapitel 2.1.2) sowie dem psychobiologischen Dosis-Wirkungsmodell der DMT (vgl. Kapitel 2.2.3) lassen sich für die vorliegende Arbeit theoriegeleitet vier Forschungsfragen ableiten.

In einem ersten Schritt soll geprüft werden, welcher Einfluss akuter physiologischer Reaktionen auf die unmittelbare affektive Reaktion besteht (Zusammenhangshypothese). Auch wenn diese Assoziation bislang kaum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen war,

---

<sup>21</sup> Alle Sitzungen wurden u.a. zur selben Tageszeit in der gleichen Einrichtung unter Verwendung identischer Trainingsprotokolle und Kontrolle der vorherigen Energieaufnahme durchgeführt.

<sup>22</sup> Reliable Messungen werden mit einem ICC  $> 0.75$  assoziiert (vgl. Streiner & Norman, 1995).

deutet die vorläufige Evidenz auf einen negativen Einfluss physiologischer Parameter auf die affektive Valenz und einen positiven Einfluss derselben auf die Aktivierung hin.

Zweitens soll die affektive Valenz in Abhängigkeit von der Belastungsintensität betrachtet werden. Dabei wird untersucht, ob sich die unmittelbare affektive Reaktion in verschiedenen Intensitätsbereichen sportlicher Aktivität (moderate, heavy, severe) unterscheidet, sprich ein unterschiedliches Niveau des Effektes auf die affektive Reaktion vorliegt. In Anlehnung an die DMT wird davon ausgegangen, dass die affektive Reaktion im moderate-Intensitätsbereich am positivsten, im heavy-Intensitätsbereich weniger positiv und im severe-Intensitätsbereich am wenigsten positiv ausfällt (Unterschiedshypothese).

Drittens stellt sich die Frage, inwieweit die Belastungsintensität darüber entscheidet, ob die affektive Reaktion auf eine Sportaktivität eher homogen oder heterogen ausfällt. Es soll also getestet werden, ob sich das Ausmaß der Variabilität unmittelbarer affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität in den drei verschiedenen Intensitätsbereichen unterscheidet. Wie von der DMT postuliert, wird eine größere Variabilität für den heavy-Bereich gegenüber den beiden anderen Bedingungen (moderate und severe) angenommen. Während also im moderate- und severe-Intensitätsbereich relativ homogene (einmal homogen positive und einmal homogen negative) affektive Reaktionen zu erwarten sind, zeichnet sich der heavy-Bereich vermutlich durch eine Heterogenität derselben aus. Hierbei wird zunächst offengehalten, ob diese Variation das Ergebnis von Unterschieden auf der Between-Person-Ebene (interindividuelle Unterschiede) oder Within-Person-Ebene (intraindividuelle Unterschiede) ist (Unterschiedshypothese).

In einem letzten Schritt sollen Einflussfaktoren der Valenz und Variation affektiver Reaktionen identifiziert werden mit dem Ziel der Varianzaufklärung. Angelehnt an die DMT wird hierbei der Frage nachgegangen, ob sich der Einfluss interozeptiver sowie sozial-kognitiver Faktoren auf die unmittelbare affektive Reaktion in Abhängigkeit der Trainingsintensität unterscheidet. Die aus der Theorie abgeleiteten Hypothesen lauten: Physiologische Faktoren haben einen stärkeren Einfluss bei sehr hohen Intensitäten (severe-Bereich) als bei geringeren Intensitäten (moderate- und heavy-Bereich). Sozial-kognitive Faktoren haben den stärksten Einfluss im heavy-Intensitätsbereich, einen geringen bis mittleren im moderate-Intensitätsbereich und den geringsten im severe-Intensitätsbereich, in welchem interozeptive Reize überwiegen (Unterschiedshypothese).

In Anbetracht der eingangs angeführten Problematik der Selbstselektion in sportpsychologischen Untersuchungen und der damit einhergehenden limitierten Generalisierbarkeit derer Befunde sowie der Herausforderung geringer Raten sportlicher Aktivität in der allgemeinen Bevölkerung wird für die vorliegende Studie die Zielgruppe körperlich inaktiver Erwachsener in den Blick genommen.

### 3 Empirischer Teil

Wie eingangs erläutert ist die vorliegende Arbeit im Forschungsprojekt „Individual response to physical activity - A transdisciplinary approach (iReAct)“ angesiedelt. Dabei handelt es sich um ein interdisziplinäres Minigradiertenkolleg, welches sich aus Forschenden verschiedener Fachbereiche der Eberhard Karls Universität Tübingen zusammensetzt. Hierzu zählen die Abteilung für Sportmedizin und die Abteilung für Psychosomatische Medizin & Psychotherapie des Universitätsklinikums sowie das Institut für Sportwissenschaft (vgl. Thiel et al., im Review).

Entsprechend der interdisziplinären Ausrichtung des Promotionsverbundes werden individuelle biopsychosoziale Reaktionen auf sportliche Aktivität unter Berücksichtigung von aktivitäts- und gesundheitsbezogenen biografischen Erfahrungen, der Beziehung zum eigenen Körper sowie der Bewegungsmotivation einer Person untersucht. Hierbei lassen sich folgende fünf Teilprojekte unterscheiden:

Ph-1: Individuelle Biografie

Ph-2: Individuelle Veränderungen des Körperbildes

Ph-3: Affektive Reaktion und Motivationsänderung

Ph-4: Physiologische und risikofaktorenbezogene Anpassung

Ph-5: Epigenetische Veränderungen und Trainierbarkeit

Im Rahmen der iReAct-Studie wird sowohl teilprojektspezifischen Fragestellungen nachgegangen als auch disziplinübergreifend geforscht. Ein spezifischer Teilbereich liegt hierbei auf der kombinierten Betrachtung akuter physiologischer und affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität (Kooperation von Ph-3 und Ph-4), innerhalb welchem diese Arbeit zu verorten ist. Nachfolgend sollen lediglich jene methodischen Aspekte (Kapitel 3.1) und Ergebnisse (Kapitel 3.2) dargestellt werden, welche für die Auseinandersetzung mit den in Kapitel 2.3 aufgeworfenen Fragestellungen relevant sind.

#### 3.1 Methodisches Vorgehen

Das folgende Kapitel dient der Illustration des spezifischen methodischen Vorgehens für die Bearbeitung der vorliegenden Forschungsfragen. Für eine umfassendere Darstellung der Untersuchung wird auf das iReAct-Studienprotokoll verwiesen (vgl. Thiel et al., im Review). Zunächst erfolgt eine Skizzierung des Studiendesigns sowie der Versuchspersonenstichprobe (Kapitel 3.1.1). Anschließend sollen die herangezogenen Erhebungsverfahren und Untersuchungseinheiten (Kapitel 3.1.2) sowie zentrale Aspekte der Untersuchungsdurchführung (Kapitel 3.1.3) vorgestellt werden. Ausgehend hiervon werden empirische Vorhersagen abgeleitet (Kapitel 3.1.4), bevor abschließend Schritte der Datenanalyse erläutert und statistische Hypothesen aufgestellt werden (Kapitel 3.1.5).

### 3.1.1 Studiendesign und Stichprobe

Der vorliegenden iReAct-Studie liegt ein zweiphasiges, sequenzielles Interventionsdesign zugrunde, bei welchem die Probanden in randomisierter Reihenfolge<sup>23</sup> zwei Trainingsformen überkreuzt und ohne eine Auswaschperiode durchlaufen. Hintergrund für diesen beabsichtigten Übertragungseffekt ist die primäre Zielstellung der Studie, die optimale Sequenz und nicht die optimale Intervention zu identifizieren (vgl. Thiel et al., im Review).<sup>24</sup> Dabei handelt es sich zum einen um ein moderat-intensives Dauertraining (*Moderate-intensity continuous training, MICT*) und zum anderen um ein hochintensives Intervalltraining (*High-intensity interval training, HIIT*) auf dem Fahrradergometer, wobei der Energieumsatz der Probanden pro Trainingseinheit so angepasst wird, dass er nahezu identisch ist und circa acht MET-Stunden beträgt.

Die iReAct-Studie ist – entsprechend der Förderdauer des Minigraduiertenkollegs – auf eine Gesamtdauer von drei Jahren ausgelegt und wird in Form mehrerer, zeitlich aufeinanderfolgender Erhebungswellen durchgeführt. Geplant ist, dass in sechs Wellen insgesamt jeweils 30 männliche und weibliche Probanden (N = 60) im Alter zwischen 20 und 40 Jahren rekrutiert werden, welche gesund und körperlich-sportlich inaktiv sind (vgl. genauer Ein- und Ausschlusskriterien, Anhang 1). Seit Studienbeginn im März 2018 bis dato sind bereits drei Untersuchungswellen der iReAct-Studie abgeschlossen. Dabei wurden insgesamt 34 Probanden inkludiert, obgleich zwölf Drop-outs<sup>25</sup> verzeichnet werden mussten. Gründe hierfür waren Zeitmanagement (N = 3), Abbruch oder schlechte Toleranz der Referenzbelastung (N = 2), Magen-Darmproblematiken<sup>26</sup> (N = 2), Body-Mass-Index (BMI) > 30,0 kg/m<sup>2</sup> (N = 1), Psychotherapeutische Behandlung (N = 1), Anämie (N = 1), schlechte Toleranz der Muskelbiopsie (N = 1) sowie eine krankheitsbedingte Verfehlung der Mindestanzahl an Trainingseinheiten (N = 1). Bis auf letzteren Fall traten alle Drop-outs bereits im ersten Diagnostikblock (vor Beginn des Trainingsprogramms) auf. Die somit verbleibenden 22 Probanden<sup>27</sup> haben die Studie vollständig abgeschlossen und bilden die Versuchspersonenstichprobe für die vorliegende Arbeit. Die Teilnehmer waren im Alter zwischen 20 und 38 Jahren ( $\bar{x}$  = 26,23 Jahre) mit einem durchschnittlichen BMI von 23,60 kg/m<sup>2</sup> (Range: 20,33 - 26,95 kg/m<sup>2</sup>), wobei eine ungleiche Geschlechterverteilung vorlag (w = 14, m = 8). Mit elf Probanden pro Gruppe war die initiale Aufteilung auf die beiden Trainingsarme zahlenmäßig ausgewogen. Aufgrund des begrenzten Stichprobenumfangs (N = 22) sollten die vorliegenden Analysen als explorativ betrachtet werden.

---

<sup>23</sup> Computergenerierte Randomisierungsliste (Software nQuery 7.0) mit gemischten Blöcken anhand der Stratifizierungsfaktoren Geschlecht und Alter (vgl. Thiel et al., im Review).

<sup>24</sup> Dennoch können die beiden Interventionsformen bis zum ersten Follow-up einer vergleichenden Analyse unterzogen werden.

<sup>25</sup> Drei Probanden in der 1. Welle, acht in der 2. Welle und einer in der 3. Welle.

<sup>26</sup> Risiko für eine Ergebnisverfälschung der Mikrobiomanalyse.

<sup>27</sup> Welle-1: neun, Welle-2: drei, Welle-3: zehn.

### Ablauf der Untersuchung

Eine einzelne Erhebungswelle (Umfang für eine Probandenkohorte, vgl. Abbildung 12) umfasst insgesamt 15 Wochen und setzt sich zusammen aus drei mehrtägigen Diagnostikblöcken (Baseline-Erhebung (BL, Woche 1), Erstes Follow-up (FU1, Woche 8), Zweites Follow-up (FU2, Woche 15)) und zwei dazwischenliegenden 6-wöchigen Trainingsphasen (Woche 2-7 und 9-14; MICT und HIIT bzw. HIIT und MICT), innerhalb welcher dreimal pro Woche (insgesamt 18 Einheiten<sup>28</sup>) trainiert wird (vgl. Thiel et al., im Review).

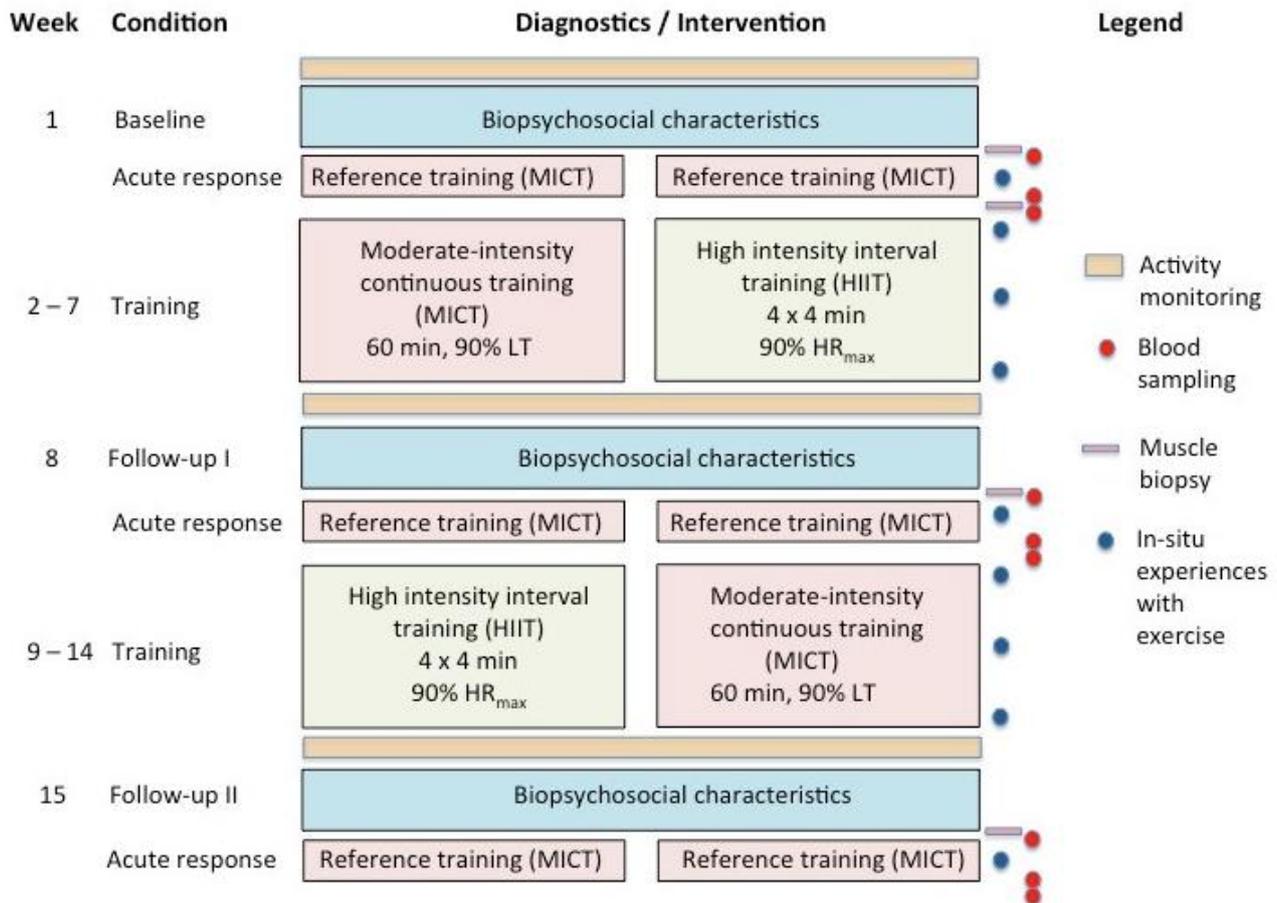


Abbildung 12. Ablaufplan der iReAct-Studie.  $HR_{max}$  = maximale Herzfrequenz, LT = erste Laktat-schwelle (vgl. Thiel et al., im Review)

Am jeweils dritten Tag eines Diagnostikblocks (BL, FU1 und FU2) wird eine Referenzbelastung (REF) absolviert. Dies dient zur Erfassung der unmittelbaren physiologischen und affektiven Reaktionen der Probanden auf eine akute Trainingsbelastung unter streng kontrollierten Bedingungen und liefert Vergleichswerte für die individuellen Reaktionen auf die darauffolgenden Trainingsprogramme (MICT bzw. HIIT). Darüber hinaus stellen jene unmittelbaren Reaktionen einen Indikator für adaptive Prozesse dar. Hierbei werden im Zuge der

<sup>28</sup> Teilweise geringere Anzahl tatsächlich absolvierter Trainingseinheiten infolge von Krankheit, Urlaub oder anderweitigen Verpflichtungen (vorab definierte Mindestanforderung: 15 Einheiten).

Referenz- und Trainingsbelastungen entsprechend der verschiedenen Teilprojekte umfangreiche Studiendaten mittels diverser Untersuchungsmethoden (u.a. Fragebögen, Aktivitätsmonitoring, Blutabnahme, Muskelbiopsie und In-situ-Befragungen) erhoben. Die jeweilige Belastungssteuerung erfolgt angepasst an die individuellen Voraussetzungen der Probanden auf Basis einer am ersten Diagnostiktag durchgeführten Kombination aus spiroergometrischer Untersuchung und Laktatstufentest<sup>29</sup> (vgl. Thiel et al., im Review).

### *Trainingsmodalitäten und Intensitätsbereiche*

Im Folgenden werden die drei Trainingsmodalitäten der iReAct-Studie (REF, MICT, HIIT) dargestellt (vgl. Thiel et al., im Review; Abbildung 13) und darauf aufbauend eine Einordnung in die eingangs eingeführte Drei-Intensitätsdomänen-Typologie (siehe Kapitel 2.1.1; Abbildung 14) vorgenommen.<sup>30</sup>

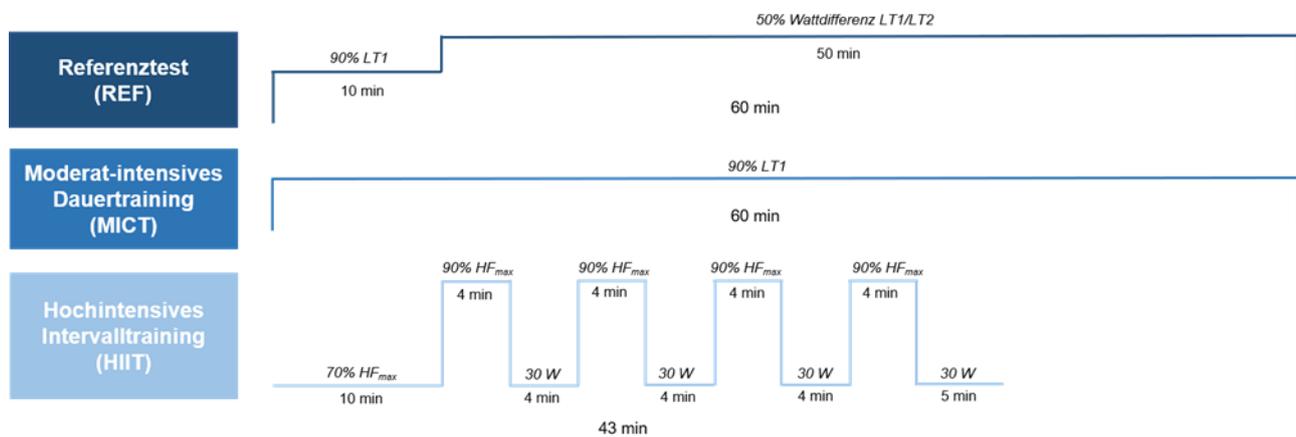


Abbildung 13. *Trainingsmodalitäten der iReAct-Studie*

Der *Referenztest (REF)* hat einen Gesamtumfang von 60 Minuten. Dieser setzt sich aus einem 10-minütigen Warm-up bei 90% der aeroben Schwelle (LT1), gefolgt von einer 50-minütigen konstanten Belastung bei 50% der Watt Differenz zwischen der ersten (LT1) und zweiten Laktatschwelle (LT2) zusammen (vgl. Abbildung 13). Dieser Hauptteil (REF1) lässt sich dem *heavy*-Intensitätsbereich zuordnen (vgl. Abbildung 14).

Das *moderat-intensive Dauertraining (MICT)* stellt eine 60-minütige Belastung bei 90% der LT1 dar (vgl. Abbildung 13). Dies entspricht jener Intensität des Warm-ups beim Referenztest und bewegt sich im *moderate*-Bereich. Trotz der gleichbleibenden Belastungsintensität erscheint im Hinblick auf die In-situ-Befragungen und die darauf aufbauende Ableitung der

<sup>29</sup> Ergometer: ergoselect 200, Ergoline GmbH, Bitz; Spiroergometrie-System: MetaLyzer, CORTEX Biophysik GmbH, Leipzig.

<sup>30</sup> Für die Fragestellungen der vorliegenden Arbeit stellt der Referenztest keine Vergleichsbasis zur Einordnung der Reaktionen auf die Trainingsprogramme dar, sondern wird als eine eigenständige Trainingsbelastung in einem spezifischen Intensitätsbereich betrachtet.

Untersuchungseinheiten (vgl. Kapitel 3.1.2) eine Differenzierung in ein 10-minütiges Warm-up (MICT0) und einen 50-minütigen Hauptteil (MICT1) – mit Fokussierung auf letzteren – sinnvoll (vgl. Abbildung 14).

Das *hochintensive Intervalltraining (HIIT)* beinhaltet ein 10-minütiges Warm-up bei 70% der  $HF_{max}$ , gefolgt von vier 4-minütigen Intervallen bei 90% der  $HF_{max}$ <sup>31</sup>, welche durch drei 4-minütige aktive Erholungsphasen bei 30 Watt<sup>32</sup> getrennt sind. An das letzte Belastungsintervall schließt sich ein 5-minütiges Cool-down an, was zu einer Gesamttrainingsdauer von 43 Minuten führt (vgl. Abbildung 13). Die Belastungsintervalle dieser Trainingsform liegen im Bereich der LT2 und damit im Übergang vom heavy- zum severe-Intensitätsbereich (vgl. Abbildung 14). Trotz dieser Überschneidung werden die hochintensiven Trainingsintervalle (HIIT1) für die vorliegende Arbeit als Repräsentant der *severe*-Domäne herangezogen.

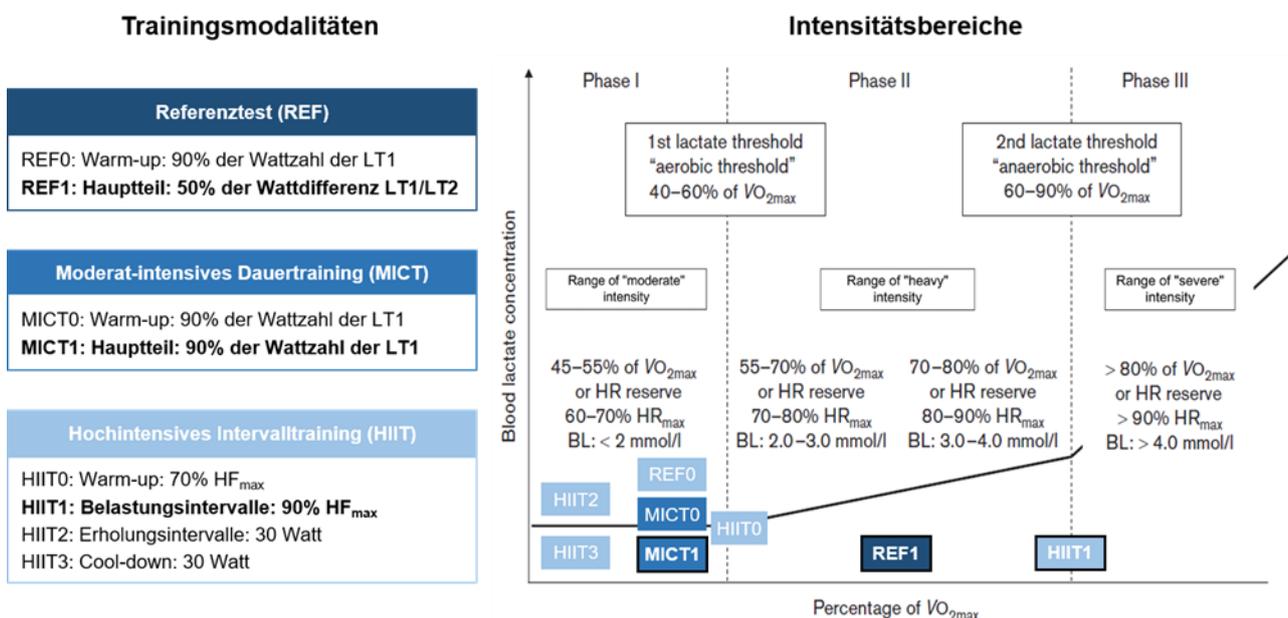


Abbildung 14. Schematische Einordnung der iReAct-Trainingsmodalitäten in die Drei-Intensitätsdomänen-Typologie (modifiziert nach Binder et al., 2008, S. 727)

Es zeigt sich, dass die Trainingsmodalitäten der iReAct-Studie die drei verschiedenen Intensitätsbereiche und damit das Spektrum der DMT (mit gewisser Einschränkung für den severe-Bereich) abzudecken vermögen.

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die zentralen Elemente des Studiendesigns sowie die Stichprobe vorgestellt wurden, soll im nächsten Kapitel eine Darstellung der für die Untersuchung herangezogenen Erhebungsverfahren und Untersuchungseinheiten erfolgen.

<sup>31</sup> Die erste HIIT-Trainingseinheit wurde bei einer leicht reduzierten Intensität (85%  $HF_{max}$ ) absolviert.

<sup>32</sup> Diese Trainingsintensität wurde gewählt, um eine Rückkehr zu 70% der  $HF_{max}$  während der Erholungsphasen zu gewährleisten (vgl. Thiel et al., im Review).

### 3.1.2 Erhebungsverfahren und Untersuchungseinheiten

Dieses Kapitel dient zum einen der Vorstellung eingesetzter Erhebungsinstrumente sowie einer Erläuterung der verwandten Erhebungsmethodik. Zum anderen soll aufbauend darauf eine Ableitung der für diese Arbeit herangezogenen Untersuchungseinheiten erfolgen.

#### *Erhebungsinstrumente*

Die für die vorliegende Untersuchung herangezogenen Erhebungsinstrumente lassen sich aus inhaltlichen Gesichtspunkten in drei Kategorien unterteilen: (1) Affektive Reaktion, (2) Beanspruchungsparameter und (3) Sozial-kognitive Faktoren. Nachfolgend sollen diese Oberkategorien und die darunter gefassten Instrumente knapp skizziert werden.

#### *(1) Affektive Reaktion*

Affektive Reaktionsinhalte – als primärer Endpunkt dieser Studie – wurden in Anlehnung an das skizzierte Forschungsdesiderat der Anwendung dimensionaler Erhebungsverfahren im Rahmen einer sportlichen Aktivität (vgl. Kapitel 2.1.4) aus einer globalen Perspektive heraus erfasst. Dabei kamen zwei international vielfach eingesetzte und validierte Single-Item-Skalen für die beiden affektiven Basisdimensionen der Valenz und der Aktivierung zum Einsatz. Zur Erhebung der *affektiven Valenz* wurde die deutschsprachige Version der *Feeling Scale* (FS; vgl. Maibach, Niederberger, Sudeck & Kopp, in Vorb.) nach Hardy und Rejeski (1989) herangezogen.<sup>33</sup> Dabei handelt es sich um eine elfstufige, bipolare Ratingskala, bei welcher die Probanden anhand verbaler Skalenbezeichnungen von „sehr schlecht“ (-5) bis „sehr gut“ (+5) beurteilen sollten, wie sie sich „derzeit im Allgemeinen fühlen“ (vgl. Anhang 2).

Zur Erfassung der *Aktivierung* kam die deutsche Übersetzung der *Felt Arousal Scale* (FAS; vgl. Maibach et al., in Vorb.) in Anlehnung an Svebak und Murgatroyd (1985) zum Einsatz.<sup>33</sup> Hierbei sollten die Versuchspersonen auf einer sechsstufigen Ratingskala mit den beiden Endpolen „niedrige Aktivierung“ (1) und „hohe Aktivierung“ (6) beurteilen, „wie aktiviert Sie sich derzeit fühlen“ (vgl. Anhang 3). Beide Skalen der affektiven Reaktion waren mit einleitenden Instruktionen ausgestattet (vgl. Anhang 2 und 3), um ein korrektes Verständnis (insbesondere der FAS-Skala) zu gewährleisten.

#### *(2) Beanspruchungsparameter*

Zum einen wurde als *subjektives Maß* der Beanspruchung die *RPE-Skala* (*Rating of Perceived Exertion*) nach Borg (1998) herangezogen. Sie stellt ein valides und reliables Erhebungsinstrument zur Bestimmung der physischen Beanspruchung während sportlicher Aktivität anhand des *subjektiven Anstrengungsempfindens* dar und lässt sich alters- und zielgruppenübergreifend anwenden (vgl. bspw. Borg, 2004). Bei der hier verwandten deutschsprachigen Version der CR-10-Skala (ergänzt um die zwei Zwischenstufen 1,5 und 2,5)

---

<sup>33</sup> Eine Validierungsstudie für die deutschsprachige Version der Skala befindet sich derzeit in Arbeit (vgl. Maibach et al., in Vorb.).

standen den Probanden für die Beantwortung der Frage „Wie anstrengend empfinden Sie die körperliche Aktivität?“ diverse Antwortmöglichkeiten von „gar nicht“ (0) bis „sehr, sehr anstrengend“ (10) auf einer 14-stufigen Ratingskala zur Verfügung (vgl. Anhang 4). Zum anderen wurde die Beanspruchung über *physiologische Parameter* quantifiziert. Hierbei wurden die *Herzfrequenz (HF)* sowie der *Laktatwert (LA)* herangezogen. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Daten erfolgte zusätzlich eine Berechnung relativer *HF-Variablen* (*%HFmax*, *%HFR*) sowie des *Delta-Laktats (LAd = Nettoanstieg der Laktatkonzentration)* anhand der Ergebnisse des Laktatstufentests.

### (3) Sozial-kognitive Faktoren

Innerhalb der sozial-kognitiven Faktoren lässt sich weiter eine Abgrenzung in personenbezogene und umweltbezogene Faktoren vornehmen, wobei jeweils zwei Variablen inhaltsgebend für diese Subkategorien waren.

Zu den *personenbezogenen Merkmalen* zählte erstens die *wahrgenommene Kompetenz (WK)*, welche über den Zustimmungsgrad bezüglich der Aussage „Ich habe das Gefühl, sehr kompetent für die körperliche Aktivität zu sein“ operationalisiert wurde. Dieses Einzelitem ist in kontextspezifischer Variation<sup>34</sup> von Sudeck und Conzelmann (2014) in Anlehnung an die „Challenge-skill balance“ der *Flow State Scale* (vgl. Jackson & Marsh, 1996) formuliert worden. Der vorliegenden Studie wurde eine siebenstufige Antwortskala mit zwei verbalen Ankerpunkten („stimme überhaupt nicht zu“ (1), „stimme voll und ganz zu“ (7)) zugrunde gelegt. Zweitens wurde die *Wahrnehmung interozeptiver Reize (WIR)* in Anlehnung an Rose und Parfitt (2010) abgefragt. Hierfür sollten die Probanden mithilfe eines verschiebbaren Reglers auf einer visuellen Analogskala die Aussage „Meine körperlichen Reaktionen und Empfindungen waren...“ vervollständigen. Dabei standen die beiden Extreme „sehr störend“ (0, Regler ganz links) und sehr förderlich (100, Regler ganz rechts) sowie der Mittelwert „neutral“ (50, Regler in der Mitte<sup>35</sup>) als Orientierungspunkte zur Verfügung. Dieses sowie weitere Items wurden mit der Instruktion „Bitte geben Sie im Folgenden an, wie die einzelnen Aspekte Ihr Befinden während des Trainings insgesamt beeinflusst haben“ eingeleitet.

*Umweltbezogene Merkmale* wurden in Anlehnung an potenzielle Einflussfaktoren sportlicher Aktivität als Kontrollvariablen der Trainingsintervention eingesetzt. Hierzu zählen zum einen die *Umgebungsbedingungen (UMG)* und zum anderen die *Interaktion mit Trainingsleitenden (ITL)*. Diese wurden analog zur eben beschriebenen Vorgehensweise über die zwei Items „Die Einflüsse der Umgebung (z.B. Temperatur, Raum) waren...“ (UMG) und „Der Kontakt mit Trainingsleitenden war...“ (ITL) erhoben.

<sup>34</sup> Im Kontext von Kursstunden („Gefühl, kompetent genug zu sein, um die Anforderungen in der Kursstunde zu erfüllen“) unter Verwendung einer sechsstufigen Skala von „trifft nicht zu“ (0) bis „trifft völlig zu“ (5) (Sudeck & Conzelmann, 2014, S. 94).

<sup>35</sup> Um eine Verfälschung der Ergebnisse durch Nicht-Antworten der Teilnehmer („neutral“ obwohl u.U. fehlender Wert) zu vermeiden, war hier eine verpflichtende Antworteingabe voreingestellt).

### Erhebungsmethodik

An dieser Stelle sollen methodische Aspekte der Datenerhebung erläutert werden. Es kamen schwerpunktmäßig In-situ-Befragungen (a) und ergänzend physiologische Messungen (b) zum Einsatz. Nachfolgend wird deren zeitlicher Ablauf sowie die Anzahl der Erhebungszeitpunkte getrennt voneinander dargestellt.

#### (a) In-situ-Befragungen

Mit Ausnahme der objektiven Beanspruchungsparameter (HF, LA) wurden die eben vorgestellten Erhebungsinstrumente im Rahmen von Smartphone-Befragungen unter Verwendung der Software movisensXS eingesetzt (Screenshots der einzelnen Befragungsbestandteile sind in Anhang 5 einsehbar). Diese fanden zum einen innerhalb der drei Referenztests (BL, FU1 und FU2) und zum anderen je dreimal während der beiden Trainingsblöcke (2., 9., und 17. Trainingseinheit) statt (vgl. Abbildung 15).

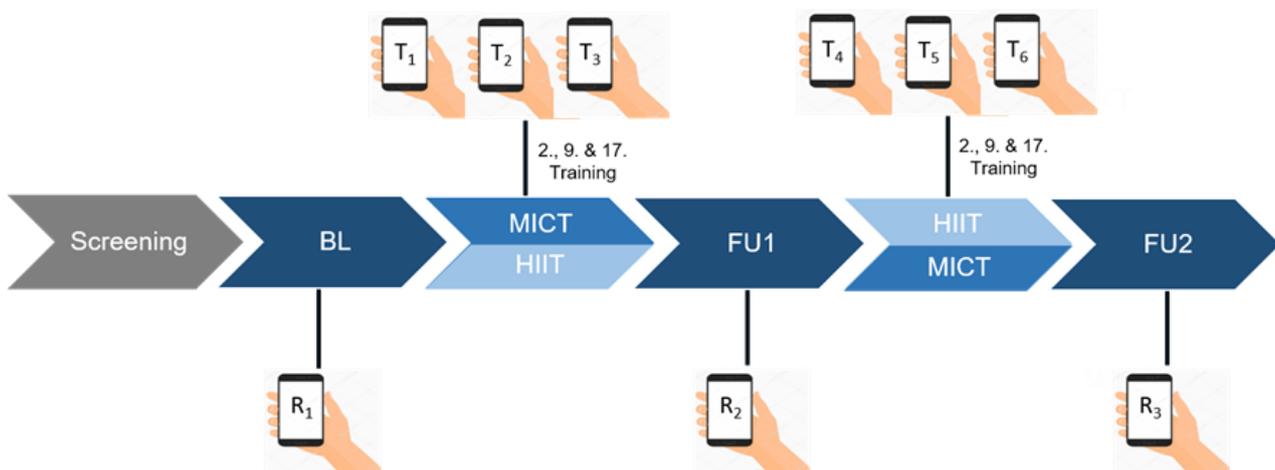


Abbildung 15. In-situ-Befragungen: Während der Referenztests (BL = Baseline, FU1 = Follow-up 1, FU2 = Follow-up 2) und in der 2., 9. & 17. Einheit der Trainingsblöcke (MICT = Moderat-intensives Dauertraining, HIIT = Hochintensives Intervalltraining)

Eine einzelne Erhebung gliederte sich in einen Befragungszeitpunkt unmittelbar vor (prä-Training), mehrere innerhalb (während-Training) und einen unmittelbar nach der Belastung (post-Training) auf. Dabei variierten Anzahl und Zeitpunkte der Während-Befragungen zwischen den drei verschiedenen Trainingsmodalitäten. Für den Referenztest wurden fünf Erhebungen im 10-minütigen Abstand (min 10, 20, 30, 40 und 50) durchgeführt, bei den Trainingseinheiten waren indes neun Erhebungszeitpunkte angelegt. Letztere waren an das HIIT-Protokoll angelehnt und fanden am Ende des Warm-ups (min 10) sowie 30 Sekunden vor Ende jedes Belastungs- (min 14, 22, 30, 38) und Erholungsintervalls (min 18, 26, 34, 42) statt. Anhand dieser wurden prozentual hinsichtlich des zeitlichen Umfangs die Erhebungszeitpunkte für die MICT-Befragung berechnet (min 14, 20, 25, 31, 36, 42, 47, 53, 58),

sodass unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gesamttrainingsdauer (MICT = 60 min vs. HIIT = 43 min)<sup>36</sup> die Trainingsbefragungen relativ gesehen gleichzeitig stattfanden.

Aus Gründen der Befragungsökonomie und Probandenbelastung wurden nicht zu jedem Erhebungszeitpunkt alle Variablen abgefragt. Einen Überblick zu den jeweiligen Inhalten der unterschiedlichen Befragungszeitpunkte geben die dem Anhang zu entnehmenden Ablaufpläne für den Referenztest (Anhang 6) sowie für die MICT- (Anhang 7) und HIIT-Trainingseinheiten (Anhang 8). Durchgängig enthalten war lediglich die dimensionale Erhebung der affektiven Reaktion (FS und FAS) als primärer Endpunkt der Untersuchung. Zusätzlich hierzu wurde in die prä-Befragung eine Kontrollvariable bestehend aus zwei Items zum wahrgenommenen Stress<sup>37</sup> aufgenommen und die Während-Befragungen um die wahrgenommene Kompetenz (WK) sowie das subjektive Anstrengungsempfinden (RPE) ergänzt. Dabei waren im Referenztest RPE durchgängig (zu allen 5 Erhebungszeitpunkten) und WK zweimal (min 20 und min 40) enthalten. In den Trainingsbefragungen wurden die beiden Variablen ausschließlich am Ende der Belastungsintervalle (bzw. zu den entsprechend für MICT berechneten Erhebungszeitpunkten) in einem abwechselnden Rhythmus erhoben (RPE: 1. und 3. Intervall (HIIT) bzw. min 20 und min 42 (MICT); WK: 2. und 4. Intervall (HIIT) bzw. min 31 und min 53 (MICT)). Umfangreicher war die abschließende Post-Befragung. Sie umfasste neben FS, FAS, RPE und WK jeweils ein Item zur erlebten Freude und unangenehmen Empfindungen<sup>37</sup> sowie zu den folgenden fünf weiteren sozial-kognitiven Faktoren der affektiven Reaktion: Wahrnehmung interozeptiver Reize (WIR), Umgebungsbedingungen (UMG), Interaktion mit Trainingsleitenden (ITL), Interaktion mit anderen Trainierenden (IAT) und Aufmerksamkeitsfokus (AF)<sup>38</sup>.

### *(b) Physiologische Messungen*

Im Rahmen der Referenztests erfolgte die Messung der Herzfrequenz im 10-minütigen Abstand (min 10, 20, 30, 40, 50, 60). Zusätzlich wurde der Laktatwert vor, in der Mitte (min 30) und kurz vor Ende der Belastung bestimmt. Während der Trainingseinheiten (MICT und HIIT) wurde der Herzfrequenzverlauf für die komplette Belastungsdauer erfasst und ausgehend davon (in Anlehnung an die In-situ-Befragung) gemittelte HF-Werte der letzten 30 Sekunden vor dem jeweiligen Erhebungszeitpunkt (z.B. min 20) berechnet. Eine Laktatmessung war im Rahmen der Trainingsbelastungen nicht vorgesehen.

---

<sup>36</sup> Die Differenz von 17 Minuten mit dem Vorteil der Zeitersparnis von HIIT war bewusst für die Studie gewählt.

<sup>37</sup> Diese Items fanden in der vorliegenden Arbeit keine Berücksichtigung und werden hier nur der Vollständigkeit halber, um ein Gesamtbild des Befragungsumfanges zu geben, erwähnt.

<sup>38</sup> Auf eine Erhebung der beiden Items IAT und AF wurde während der Referenztests aufgrund des hohen Standardisierungsgrades (vgl. Kapitel 3.1.3) verzichtet. Da somit keine vergleichende Analyse über die drei Intensitätsbereiche hinweg möglich ist (und gerade der für sozial-kognitive Faktoren als besonders relevant postulierte heavy-Bereich fehlt), werden diese nicht in die vorliegende Untersuchung einbezogen.

### *Untersuchungseinheiten*

Da der Fokus dieser Arbeit auf den situativen Bedingungen und nicht auf dem Verlauf oder einem Vorher-Nachher-Vergleich affektiver Reaktionen liegt, gilt den Erhebungen *während* der Belastung gesonderte Aufmerksamkeit. Ein weiteres Merkmal der vorliegenden Untersuchung stellt die Betrachtung ausgewählter Intensitätsbereiche (*moderate, heavy, severe*) dar. So ist an dieser Stelle kein Vergleich der iReAct-Trainingsmodalitäten als Ganzes intendiert, sondern es sollen lediglich Ausschnitte daraus – als Repräsentanten spezifischer Intensitätsbereiche – berücksichtigt werden. Ansatz dieser Arbeit war es somit, aus einem bestehenden Pool von Erhebungszeitpunkten eine begrenzte Anzahl relevanter Datenpunkte für die statistische Analyse auszuwählen. In Anbetracht der durch Trainingsmodalitätsausschnitte abgedeckten Intensitätsbereiche (*moderate* = MICT1, *heavy* = REF1, *severe* = HIIT1; vgl. Kapitel 3.1.1) und mit der Zielstellung einer möglichst hohen Informationsdichte hinsichtlich der sozial-kognitiven Faktoren sowie der Beanspruchungsparameter wurde im Zuge diverser Überlegungen schließlich die Wahl von je zwei Erhebungszeitpunkten im Referenztest (R1, R2) sowie im Training (T1, T2) als zielführend erachtet.

Für den Referenztest (vgl. Tabelle 1) wurden die Erhebungszeitpunkte min 30 und min 50 ausgewählt, da hier alle Variablen mit Ausnahme der sozial-kognitiven Faktoren (WK, WIR, UMG, ITL) erfasst worden waren. Um vollständige Daten zu erhalten, wurde für WK die sogenannte LOCF-Methode („last observation carried forward“) eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine insbesondere in der epidemiologischen Forschung gängige Missing-Data-Technik, bei welcher der zuletzt beobachtete Wert als Schätzung für eine fehlende Beobachtung verwendet wird (vgl. Blankers, Koeter & Schippers, 2010). Des Weiteren wurden die Variablenwerte der *weiteren sozial-kognitiven Faktoren* (WIR, UMG, ITL) als retrospektive Beurteilung der sportlichen Aktivität für beide Erhebungszeitpunkte herangezogen.

Für die Analyse der Trainingsbelastungen wurden das erste Belastungsintervall (I1, HIIT) bzw. min 20 (MICT) als erster Erhebungszeitpunkt und das dritte Belastungsintervall (I3, HIIT) bzw. min 42 (MICT) als zweiter Erhebungszeitpunkt festgelegt (vgl. Tabelle 2). In Anlehnung an die eben beschriebene Herangehensweise wurden die Variablenwerte der *weiteren sozial-kognitiven Faktoren* (WIR, UMG, ITL) als retrospektive Bewertungen behandelt und der WK-Wert mittels der sogenannten NOCB-Methode („next observation carried backward“) geschätzt. Dabei handelt es sich um einen ähnlichen Ansatz wie die LOCF-Methode mit Verschiebung der Variablen in entgegengesetzter Richtung, indem die erste Beobachtung nach dem fehlenden Wert für ebendiesen eingesetzt wird (vgl. Engels & Diehr, 2003).<sup>39</sup>

---

<sup>39</sup> Alternativ hätten auch das zweite und vierte Belastungsintervall gewählt und mit der LOCF-Methode für RPE vervollständigt werden können. Hier wurde allerdings entschieden, dem unmittelbaren Zusammenhang der Daten von RPE und der affektiven Reaktion (FS und FAS) Vorzug vor der Anwendung einheitlicher Missing-Data-Techniken zu geben (weiter unterstützt wird diese Entscheidung durch die Annahme einer gewissen Latenzzeit der WK).

Tabelle 1. *Übersichtsplan der Variablenenerhebung im Referenztest*

Variable	Prä	Während						Post
min	0	10	20	30	40	50	60	
Feeling Scale (FS)	X	X	X	X	X	X	X	
Felt Arousal Scale (FAS)	X	X	X	X	X	X	X	
Perceived Exertion (RPE)		X	X	X	X	X	X	
Perceived Competence (PC)			X	LOCF	X	LOCF	X	
Weitere soz.-kogn. Faktoren (WIR, UMG, ITL)							X	
Herzfrequenz (HF)	X	X	X	X	X	X	X	
Laktat (LA)	X			X		X*		

R1
R2

Anmerkungen. min = Minute, WIR = Wahrnehmung interozeptiver Reize, UMG = Umgebungsbedingungen, ITL = Interaktion mit Trainingsleitenden, LOCF = last observation carried forward, R1 = erster aggregierter Erhebungszeitpunkt, R2 = zweiter aggregierter Erhebungszeitpunkt, \*Messung erfolgte erst kurz vor Ende der Belastung.

Tabelle 2. *Übersichtsplan der Variablenenerhebung in den Trainingsbelastungen (MICT und HIIT)*

Variable	Prä	Während										Post
<b>MICT</b> min	0	14	20	25	31	36	42	47	53	58	60	
<b>HIIT</b> min	0	10	14 (I1)	18 (R1)	22 (I2)	26 (R2)	30 (I3)	34 (R3)	38 (I4)	42 (R4)	43	
FS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
FAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RPE			X				X				X	
WK			NOCB	X			NOCB	X			X	
WSKF											X	
HF		X	X	X	X	X	X	X	X	X		

T1
T2

Anmerkungen. min = Minute, MICT = Moderat-intensives Dauertraining, HIIT = Hochintensives Intervalltraining, I1-4 = Belastungsintervall 1-4, R1-R4 = Regenerationsintervall 1-4, FS = Feeling Scale, FAS = Felt Arousal Scale, RPE = Rating of Perceived Exertion, WK = wahrgenommene Kompetenz, WSKF = weitere sozial-kognitive Faktoren (analog zu Tabelle 1), HF = Herzfrequenz, NOCB = next observation carried backward, T1 = erster aggregierter Erhebungszeitpunkt, T2 = zweiter aggregierter Erhebungszeitpunkt.

Infolge der Festlegung auf zwei aggregierte Erhebungszeitpunkte pro Befragung ergaben sich bei einer Stichprobe von 22 Probanden mit je drei Referenztests (heavy, H), MICT-Trainingseinheiten (moderate, M) und HIIT-Trainingseinheiten (severe, S) eine Gesamtzahl von 396 Untersuchungseinheiten (UE) (bzw. 132 UE pro Intensitätsbereich) für die vorliegende Arbeit (vgl. Abbildung 16).

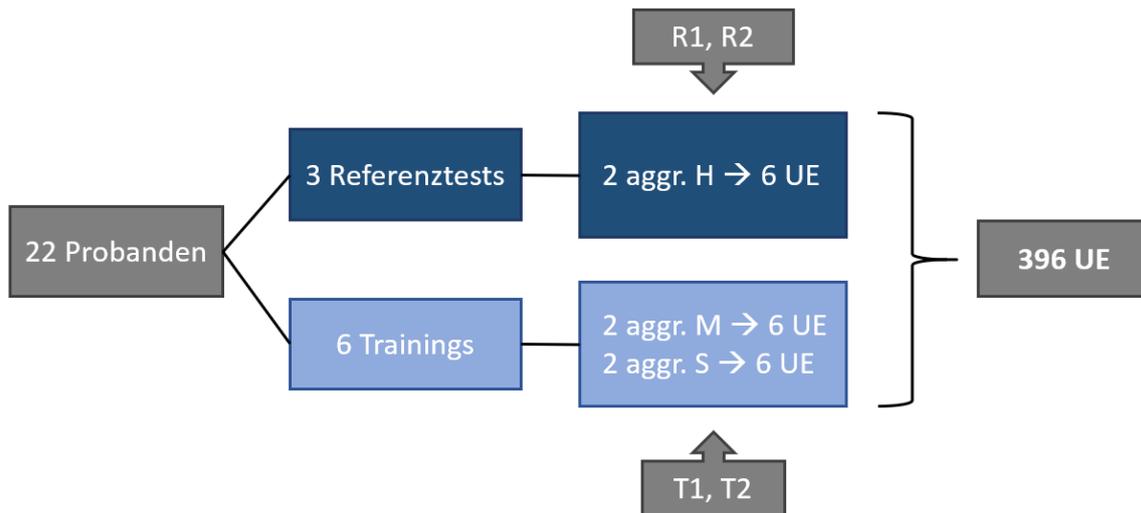


Abbildung 16. Untersuchungseinheiten (UE). Zusammengesetzt aus jeweils zwei aggregierten UE des moderate- (M), heavy- (H) und severe- (S) Intensitätsbereichs

Im weiteren Verlauf wird kein Bezug mehr auf die Trainingsmodalitäten (REF, MICT und HIIT) der iReAct-Studie genommen. Stattdessen werden diese bzw. Teile davon als Repräsentanten des moderate- (MICT1), heavy- (REF1) und severe-Intensitätsbereichs (HIIT1) betrachtet, um die aufgeworfenen Fragestellungen bearbeiten zu können. Zuvor sollen allerdings spezifische Aspekte der Untersuchungsdurchführung erläutert werden.

### 3.1.3 Untersuchungsdurchführung

Die hier vorliegende Untersuchung wurde an zwei Studienstandorten (Uniklinikum Tübingen und Institut für Sportwissenschaft der Universität Tübingen)<sup>40</sup> durchgeführt. Um eine Nachvollziehbarkeit der Abläufe sowie eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu unterstützen, erfolgt in diesem Kapitel eine Erläuterung der Probandenrekrutierung und des Screenings sowie eine Darstellung der Trainingsdurchführung und Datenerhebung.

#### *Probandenrekrutierung und Screening*

Die Rekrutierung der Studienteilnehmer erfolgte über verschiedene Wege. Hierzu zählten Rundschreiben über den E-Mail-Verteiler der Universität und des Universitätsklinikums Tübingen, ein Posting auf der *MPI Experiment Database banto* sowie Onlinepräsenz auf der Internetseite des Instituts für Sportwissenschaft. Interessierten wurde eine Informations-E-Mail mit den Eckdaten der Studie und den daraus resultierenden Pflichten und Belastungen sowie ein Fragebogen zur Erfassung der körperlichen Aktivität (European Health Interview Survey - Physical Activity Questionnaire (EHIS-PAQ); vgl. Finger et al., 2015) zugesandt. Im Rahmen dieses E-Mail-Kontaktes, eines anschließenden Telefongesprächs sowie eines abschließenden Screening-Termins (mit ärztlicher Anamnese) in der Abteilung Sportmedizin wurden die Probanden anhand einer Reihe vordefinierter Ein- und Ausschlusskriterien

<sup>40</sup> Am Gesamtprojekt war zudem das Tübinger Max-Planck-Institut (MPI) beteiligt.

(vgl. Anhang 1) auf Eignung für die Studie geprüft. Es wurde eine Aufwandsentschädigung von 500€ bei vollständiger Studienteilnahme mit abgestufter Auszahlung eines Teilbetrags bei vorzeitigem Abbruch für die Probanden festgelegt.

### *Realisierung der Trainingsmodalitäten*

Die in Kapitel 3.1.1 erläuterten Trainingsmodalitäten wurden auf kalibrierten Fahrradergometern<sup>41</sup> durchgeführt. Der Referenztest (REF) fand dabei unter streng kontrollierten Laborbedingungen und Minimierung möglicher Einflussgrößen statt, genauer in einem Untersuchungsraum der Abteilung Sportmedizin ohne Trainingspartner oder anderen Möglichkeiten der Ablenkung. Zudem wurde die Konversation mit den Trainingsleitenden auf ein Minimum beschränkt (z.B. Fenster öffnen, Trinken). Die Trainingseinheiten (MICT und HIIT) hingegen wurden in einem gewöhnlichen Trainingsumfeld absolviert, zum einen auf der Trainingsfläche des Gesundheitszentrums des Universitätsklinikums (UKfiT; Standort-Berg) und zum anderen in der Kraft- und Fitnesshalle des Sportinstituts (Standort Tal). Dabei war es den Probanden freigestellt, ob sie beispielsweise nebenbei Musik hören oder etwas lesen. Auch den Trainingsleitenden wurden keine bestimmten Verhaltensvorgaben auferlegt. Zudem standen an beiden Studienstandorten zwei Ergometer zur Verfügung, sodass die Probanden oftmals paarweise trainierten. Dabei durfte sich uneingeschränkt unterhalten werden und so entstanden über die Laufzeit der Studie hinweg zum Teil freundschaftliche Verhältnisse. In der Regel wurde dreimal die Woche mit mindestens einem Tag Pause dazwischen trainiert (montags, mittwochs und freitags). Im Falle eines Trainingsausfalls (z.B. aufgrund von Krankheit) wurde dieses möglichst zeitnah nachgeholt, wodurch es in Einzelfällen zu einer erhöhten Trainingsbelastung von vier Einheiten pro Woche kam. Über die sechswöchigen Trainingsperioden hinweg wurden die Herzfrequenzverläufe der Probanden beobachtet und es erfolgte eine Anpassung der Belastungsintensität anhand eines im Rahmen des Laktatstufentests ermittelten Zielkorridors für die Trainingsherzfrequenz. Infolgedessen kam es in der Regel zu einer stetigen Erhöhung der Belastungsintensität (in 5 Watt-Schritten), wobei diese in Ausnahmefällen auch erniedrigt werden musste.

### *Erhebung der Merkmale*

Die Datenerhebung wurde von vorab geschultem Personal vorgenommen. Hierfür wurden studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte in der jeweils vorherigen Studienwelle detailliert in die Abläufe eingewiesen sowie mit Instruktionsmaterialien ausgestattet. Die Erhebungen während der Referenztests wurden am dritten Diagnostiktag zwischen 10-13 Uhr durchgeführt. Die Organisation der Erhebungstermine im Rahmen der Trainingsblöcke erfolgte von zentraler Stelle, wobei hinsichtlich der Festlegung auf die 2., 9., und 17. Trainingseinheit

---

<sup>41</sup> Ergometer: ec3000e und ec5000, custo med GmbH, Ottobrunn.

ein Spielraum von plus/minus einer Trainingseinheit eingeräumt wurde.<sup>42</sup> Aufgrund der ähnlichen Trainingsrhythmen mussten teilweise zwei Befragungen zeitgleich stattfinden. Dies konnte durch einen versetzten Trainingsstart und die Verwendung von zwei Smartphones realisiert werden.

Um ein korrektes Verständnis der verwandten Skalen sicherzustellen, wurden den Probanden die Befragungssitems inklusive Instruktionen vor dem ersten Referenztest zur Durchsicht ausgehändigt und Rückfragen durch weitere Erläuterungen seitens des Testleiters geklärt. Zudem wurde betont, dass intuitiv geantwortet werden soll und es sich um momentbezogene (Befindens-)Abfragen handelt. Generell (im Referenztest und Training) wurden die Prä- und Post-Befragung eigenständig von den Probanden mit dem Smartphone in der Hand durchgeführt, wohingegen die wiederholten Befragungen während der Belastung durch die Präsentation der Einzelitems auf DIN A3-Postern realisiert wurden. Hierbei sollten die Fragen inklusive Randitems vom Untersuchungsleiter laut vorgelesen (z.B. „Beurteilen Sie hier, wie aktiviert Sie sich derzeit fühlen von eins, niedrige Aktivierung, bis sechs, hohe Aktivierung.“) und die Probandenantwort vor Eingabe in das Smartphone durch Rückfrage (z.B. „War das die Zahl eins, niedrige Aktivierung?“) bestätigt werden. Die Während-Befragungen wurden innerhalb der letzten 30 Sekunden vor dem jeweiligen Erhebungszeitpunkt durchgeführt.<sup>43</sup> Rückfragen seitens der Probanden zu vorherigen Antwortgaben („Welchen Wert hatte ich eben?“ o.Ä.) wurden nicht beantwortet, da der momentane Zustand ohne rückgemeldete Referenz von Interesse war.

Hinsichtlich der Erhebung physiologischer Parameter erfolgte während der Referenztests durch medizinisches Personal eine Abnahme von Kapillarblut (20 ml) aus dem rechten Ohr-läppchen zur Laktatbestimmung.<sup>44</sup> Zudem wurde die Herzfrequenz im 10-minütigen Abstand von einer Pulsuhr<sup>45</sup> abgelesen und handschriftlich in einem standardisierten Protokoll festgehalten. Im Rahmen der Trainingsbelastungen wurde der komplette Herzfrequenzverlauf über eine EKG-Software<sup>46</sup> aufgezeichnet. Bei auftretenden Störungen in der EKG-Übertragung wurden festgelegte Lösungsschritte verfolgt. Hierzu zählten unter anderem die erneute Anfeuchtung der Kontaktflächen und die Adjustierung bzw. Auswechslung des Brustgurt. Nichtsdestotrotz konnte die Herzfrequenz aufgrund technischer Probleme in einzelnen Trainings(-abschnitten) nicht erfasst werden.

---

<sup>42</sup> Allerdings fanden in der dritten Welle aus organisatorischen und zeittechnischen Gründen die Befragungen zum Teil bereits in der 13., 14., oder 15. Trainingseinheit statt, wobei es sich dabei bis auf wenige Ausnahmen um die vorletzte Einheit handelte (bei einem Gesamttrainingsumfang von 15-16 Einheiten in Welle-3).

<sup>43</sup> Diese Vorlaufzeit war insbesondere beim HIIT-Training vonnöten, um sicherzustellen, dass sich die Angaben noch auf das jeweilige Belastungs-/Erholungsintervall beziehen.

<sup>44</sup> Laktatmessgerät: Biosen S-line, EKF, United Kingdom.

<sup>45</sup> Pulsmessuhr mit Brustgurt: Polar T31, Polar Electro, Finland.

<sup>46</sup> 3-channel ECG, custo med GmbH, Ottobrunn.

Darüber hinaus wurden im Rahmen der Befragungen etwaige Auffälligkeiten, welche das Befinden und/oder die körperliche Belastbarkeit der Probanden beeinflusst haben könnten (z.B. Muskelschmerzen nach der Biopsie, Erkältungssymptome oder Prüfungsstress), für die jeweilige Einheit vermerkt, um bei auffällig abweichenden Ergebnissen retrospektiv Rückschlüsse ziehen zu können.

### 3.1.4 Empirische Vorhersagen

Nachdem die Grundkomponenten des methodischen Vorgehens erläutert wurden, sollen im Folgenden empirische Vorhersagen für die in Kapitel 2.3 aufgeworfenen Forschungsfragen aufgestellt werden. In Anlehnung an die DMT (Kapitel 2.2) sowie den dargelegten empirischen Forschungsstand (Kapitel 2.3) wird für die unmittelbare affektive Reaktion der Fokus auf die Valenzdimension gerichtet und die Aktivierungsdimension lediglich für die erste Fragestellung ergänzend betrachtet.

#### *Fragestellung 1: Einfluss der Beanspruchungsparameter auf die affektive Reaktion*

EV-1: Die physiologischen (z.B. HF<sup>47</sup>) und der subjektive Beanspruchungsparameter (RPE) haben einen Einfluss auf die Valenzdimension (FS) sowie die Aktivierungsdimension (FAS) der unmittelbaren affektiven Reaktion.

EV-1.1: Die physiologischen (z.B. HF) und der subjektive Beanspruchungsparameter (RPE) haben einen *negativen Einfluss* auf die *Valenzdimension (FS)* der affektiven Reaktion.

EV-1.2: Die physiologischen (z.B. HF) und der subjektive Beanspruchungsparameter (RPE) haben einen *positiven Einfluss* auf die *Aktivierungsdimension (FAS)* der affektiven Reaktion.

EV-1.3: Der subjektive Beanspruchungsparameter (RPE) hat einen *größeren Einfluss* auf die affektive Reaktion (FS und FAS) als die physiologischen Beanspruchungsparameter (z.B. HF).

#### *Fragestellung 2: Valenz in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs*

EV-2: Die Ausprägung der Valenzdimension (FS) der unmittelbaren affektiven Reaktion zeigt sich im moderate-Intensitätsbereich (M) am höchsten, im heavy-Intensitätsbereich (H) weniger hoch und im severe-Intensitätsbereich (S) am niedrigsten.

**M > H > S**

---

<sup>47</sup> Der besseren Übersichtlichkeit halber wird in den empirischen Vorhersagen lediglich ein exemplarischer Vertreter pro Variablengruppe aufgeführt.

*Fragestellung 3: Variation der Valenz in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs*

EV-3: In der heavy-Bedingung (H) liegt eine höhere Variabilität der Valenzdimension (FS) der unmittelbaren affektiven Reaktion vor als in den beiden anderen Bedingungen (moderate (M), severe (S)).

$$H > M, S$$

Hierbei wird berücksichtigt, dass der empirische Forschungsstand (vgl. Kapitel 2.3) auf eine eingeschränkte Gültigkeit dieser Hypothese für die Zielgruppe inaktiver Erwachsener, mit einer substantiellen Variabilität bereits im moderate-Bereich ( $H > M > S$ ), hinweist. An dieser Stelle soll jedoch eine systematische Hypothesentestung vom theoretischen Standpunkt der DMT aus erfolgen.

*Fragestellung 4: Intensitätsabhängiger Einfluss der Beanspruchungsparameter und sozial-kognitiven Faktoren auf die affektive Reaktion*

EV-4: Der Einfluss von Beanspruchungsparametern (z.B. HF) sowie sozial-kognitiven Faktoren (z.B. WK) auf die Valenzdimension (FS) der unmittelbaren affektiven Reaktion unterscheidet sich in Abhängigkeit der Trainingsintensität.

EV-4.1: *Beanspruchungsparameter* (z.B. HF) haben einen größeren Einfluss in der severe-Bedingung (S) als in den beiden anderen Bedingungen (moderate (M), heavy (H)).

$$S > M, H$$

EV-4.2: *Sozial-kognitive Faktoren* (z.B. WK) haben den größten Einfluss in der heavy-Bedingung, gefolgt von der moderate-Bedingung (M) und der severe-Bedingung (S).

$$H > M > S$$

### 3.1.5 Statistische Datenanalyse und Hypothesen

Im folgenden Kapitel werden zunächst allgemeine Aspekte zur Aufbereitung der erhobenen Daten erläutert. Aufbauend darauf sollen die vorgenommenen Schritte der Datenanalyse dargestellt und nachfolgend zu prüfende statistische Hypothesen aufgestellt werden.

*Datenaufbereitung*

Die Auswertung der Daten erfolgt mithilfe der IBM Statistik- und Analysesoftware *IBM SPSS Statistics 24*. In einem ersten Schritt soll eine deskriptive Analyse der in dieser Arbeit berücksichtigten Beanspruchungsparameter in den drei verschiedenen Trainingsmodalitäten erfolgen, um zu prüfen, inwieweit eine Übereinstimmung mit den Referenzwerten für die

eingeführten Intensitätsbereiche (H, M, S) vorliegt. An dieser Stelle wird zudem eine Ausreißer-Statistik anhand der Herzfrequenzwerte als kernzentrales Merkmal und Steuerungsgröße der Belastungsintensität durchgeführt.

Entsprechend der Zielsetzung dieser Arbeit, individuumsbezogene Analysen vorzunehmen, erfolgen alle weiteren Schritte der Datenauswertung anhand von Mehrebenenanalysen mit den Trainingseinheiten auf der ersten und den Probanden auf der zweiten Ebene. Da die vorliegende Untersuchung die Anwendungsvoraussetzung von mindestens 30 Level-2-Einheiten nicht erfüllt ( $N = 22$ ), wird das „restricted maximum likelihood“ (REML) als Schätzmethode angewandt. Mithilfe eines sogenannten Nullmodells ohne jegliche Prädiktoren wird zunächst der Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC) bestimmt, welcher den Anteil der Ebene-2-Varianz (Between-Person-Varianz) an der Gesamtvarianz in der abhängigen Variablen angibt. Der ICC kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei hohe Werte auf eine substantielle Between-Person-Varianz hindeuten (vgl. Lois, 2015). Als Grundlage nachfolgender Analysen soll die Variabilität der Erhebungsmerkmale auf der Between- und Within-Person-Ebene differenzierter betrachtet werden. Hierfür wird vorab eine Zentrierung der Daten vorgenommen, indem der individuelle Mittelwert einer Person (IndM, Ebene-2) berechnet und anhand dessen die Variation innerhalb einer Person (Intra, Ebene-1) bestimmt wird (z.B.  $\text{intraFS} = \text{FS} - \text{FS\_IndM}$ ). Ausgehend hiervon kann die Between-Person-Variabilität anhand deskriptiver Statistiken und die Within-Person-Variabilität über die Berechnung eines Nullmodells (mit dem Intra-Wert als abhängige Variable) ermittelt werden.

Im Weiteren sollen die Schritte der Datenanalyse für die vier Fragestellungen dieser Arbeit erläutert und statistische Hypothesen in Anlehnung an die empirischen Vorhersagen (vgl. Kapitel 3.1.4) aufgestellt werden.

#### *Fragestellung 1: Einfluss der Beanspruchungsparameter auf die affektive Reaktion*

Der Einfluss des subjektiven (RPE) sowie der physiologischen Beanspruchungsparameter (z.B. HF) wird getrennt für die Valenz- (FS) und Aktivierungsdimension (FAS) anhand eines regressionsanalytischen Ansatzes bestimmt. Hierfür sollen eingangs die jeweiligen Parameter im Rahmen bivariater Analysen als Kovariate eines *Fixed-Effekt-Modells* mit der affektiven Reaktion (FS bzw. FAS) als abhängiger Variable betrachtet werden. Auf jene Weise wird zunächst der isolierte Einfluss der einzelnen Parameter – sprich die Grundrichtung des Zusammenhangs – bestimmt. Innerhalb dieser Voranalyse sollen der jeweils stärkste Prädiktor der drei Variablen-Untergruppen (HF, LA und RPE)<sup>48</sup> identifiziert und in einem nächsten Schritt als Kovariaten eines gemeinsamen *Fixed-Effekt-Modells* (AV: FS bzw. FAS) in die multivariate Analyse integriert werden.

---

<sup>48</sup> Grund dieser Vorselektion (Reduzierung von sechs (HF, HF<sub>max</sub>, HFR, LA, LAd, RPE) auf drei Variablen) ist die Ähnlichkeit der Merkmale mit dem statistischen Problem einer Multikollinearität in den Daten.

Die gerichteten statistischen Hypothesen für den Einfluss der Beanspruchungsparameter auf FS (SH-1.1) und FAS (SH-1.2) lauten wie folgt:

$$\text{SH-1.1: } H_0: b_{j, \text{FS}} \geq 0 \quad \forall j \in \{\text{HF}, \text{HF}_{\text{max}}, \text{HFR}, \text{LA}, \text{LAd}, \text{RPE}\}$$

$$H_1: \exists j \in \{\text{HF}, \dots, \text{RPE}\}: b_{j, \text{FS}} < 0$$

$$\text{SH-1.1.1: } H_0: b_{\text{HF}, \text{FS}} \geq 0; H_1: b_{\text{HF}, \text{FS}} < 0 \quad (\text{exemplarisch für HF})$$

$$\text{SH-1.2: } H_0: b_{j, \text{FAS}} \leq 0 \quad \forall j \in \{\text{HF}, \dots, \text{RPE}\}$$

$$H_1: \exists j \in \{\text{HF}, \dots, \text{RPE}\}: b_{j, \text{FAS}} > 0$$

$$\text{SH-1.2.1: } H_0: b_{\text{HF}, \text{FAS}} \leq 0; H_1: b_{\text{HF}, \text{FAS}} > 0 \quad (\text{exemplarisch für HF})$$

Der Vergleich des Einflusses zwischen den physiologischen und dem subjektiven Parameter auf FS (SH-1.3.1) und FAS (SH-1.3.2) erfolgt anhand einer gerichteten Unterschiedsprüfung der standardisierten Regressionskoeffizienten auf Basis einer Fisher-Z-Transformation (vgl. Rasch, Friese, Hofmann & Naumann, 2014) mit den folgenden Hypothesen:

$$\text{SH-1.3.1: } H_0: \beta_{\text{RPE}, \text{FS}} \leq \beta_{j\text{-physiol.}, \text{FS}} \quad \forall j_{\text{physiol.}} \in \{\text{HF}, \text{HF}_{\text{max}}, \text{HFR}, \text{LA}, \text{LAd}\}^{49}$$

$$H_1: \exists j_{\text{physiol.}} \in \{\text{HF}, \dots, \text{LAd}\}: \beta_{\text{RPE}, \text{FS}} > \beta_{j\text{-physiol.}, \text{FS}}$$

$$\text{SH-1.3.1.1: } H_0: \beta_{\text{RPE}, \text{FS}} \leq \beta_{\text{HF}, \text{FS}}; H_1: \beta_{\text{RPE}, \text{FS}} > \beta_{\text{HF}, \text{FS}} \quad (\text{exemplarisch für HF})$$

$$\text{SH-1.3.2: } H_0: \beta_{\text{RPE}, \text{FAS}} \leq \beta_{j\text{-physiol.}, \text{FAS}} \quad \forall j_{\text{physiol.}} \in \{\text{HF}, \dots, \text{LAd}\}$$

$$H_1: \exists j_{\text{physiol.}} \in \{\text{HF}, \dots, \text{LAd}\}: \beta_{\text{RPE}, \text{FAS}} > \beta_{j\text{-physiol.}, \text{FAS}}$$

$$\text{SH-1.3.2.1: } H_0: \beta_{\text{RPE}, \text{FAS}} \leq \beta_{\text{HF}, \text{FAS}}; H_1: \beta_{\text{RPE}, \text{FAS}} > \beta_{\text{HF}, \text{FAS}} \quad (\text{exemplarisch für HF})$$

### *Fragestellung 2: Valenz in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs*

Um zu prüfen, ob sich die Ausprägung der Valenzdimension (FS) zwischen den drei Intensitätsbereichen (M, H, S) unterscheidet, wird ein *Fixed-Effekt-Modell* mit der affektiven Reaktion als abhängiger Variable und der Trainingsintensität als Faktor berechnet. Dabei ist die letzte Gruppe (hier S) als Referenzgruppe voreingestellt. Um zusätzlich die beiden anderen Gruppen (M und H) miteinander vergleichen zu können, erfolgt die Berechnung ein zweites Mal mit vertauschter Referenzgruppe (M). Dabei werden die folgenden statistischen Hypothesen einem einseitigen Test unterzogen:

$$\text{SH-2.1: } H_0: b_M - b_S \leq 0; H_1: b_M - b_S > 0$$

$$\text{SH-2.2: } H_0: b_H - b_S \leq 0; H_1: b_H - b_S > 0$$

$$\text{SH-2.3: } H_0: b_M - b_H \leq 0; H_1: b_M - b_H > 0$$

<sup>49</sup> Im Rahmen vorangehender Analysen (SH-1.1 und SH-1.2) wird es hier zu Reduktionen kommen.

*Fragestellung 3: Variation der Valenz in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs*

Das Vorliegen eines Unterschiedes bezüglich der Variabilität der Valenzdimension (FS) zwischen den drei verschiedenen Bedingungen (M, H, S) wird mittels des Levene-Tests auf Varianzhomogenität getestet. Da dieser globale Test keine Aussagen zulässt, zwischen welchen Gruppen ein Unterschied besteht, werden im Falle statistischer Signifikanz Einzelvergleiche angestellt.<sup>50</sup> Die gerichteten statistischen Hypothesen hierfür lauten:

$$\text{SH-3.1: } H_0: \sigma^2_H - \sigma^2_M \leq 0; H_1: \sigma^2_H - \sigma^2_M > 0$$

$$\text{SH-3.2: } H_0: \sigma^2_H - \sigma^2_S \leq 0; H_1: \sigma^2_H - \sigma^2_S > 0$$

Zusätzlich soll der Ursprung potenziell vorliegender Varianzunterschiede in der genesteten Datenstruktur anhand einer explorativen Inspektion der Daten auf Within- und Between-Person-Ebene differenzierter betrachtet werden.

*Fragestellung 4: Intensitätsabhängiger Einfluss der Beanspruchungsparameter und sozial-kognitiven Faktoren auf die affektive Reaktion*

Die Abhängigkeit des Einflusses der Beanspruchungsparameter (z.B. HF) sowie der sozial-kognitiven Faktoren (z.B. WK) auf die Valenzdimension (FS) von der Trainingsintensität (M, H, S) wird mit *Fixed-Effekt-Modellen* getrennt für die einzelnen Parameter geprüft. Dabei werden erstens FS als abhängige Variable, zweitens die Intensität (Int) als Faktor sowie drittens die jeweilige Einflussvariable (z.B. HF) als Kovariate in das Modell aufgenommen und die Interaktion (z.B. zwischen Int und HF) als fixer Effekt mit der severe-Bedingung als Referenzgruppe festgelegt. Für den Einfluss der Beanspruchungsparameter werden folgende (gerichtete) statistische Hypothesen – allgemein (SH-4.1.1 und SH-4.1.2) und exemplarisch für HF (SH-4.1.1.1 und SH-4.1.2.1) – aufgestellt:

$$\text{SH-4.1.1: } H_0: b_{(j, S), FS} - b_{(j, M), FS} \leq 0 \quad \forall j \in \{HF, HF_{\max}, HFR, LA, LAd, RPE\}^{51}$$

$$H_1: \exists j \in \{HF, \dots, RPE\}: b_{(j, S), FS} - b_{(j, M), FS} > 0$$

$$\text{SH-4.1.1.1: } H_0: b_{(HF, S), FS} - b_{(HF, M), FS} \leq 0; H_1: b_{(HF, S), FS} - b_{(HF, M), FS} > 0$$

$$\text{SH-4.1.2: } H_0: b_{(j, S), FS} - b_{(j, H), FS} \leq 0 \quad \forall j \in \{HF, \dots, RPE\}$$

$$H_1: \exists j \in \{HF, \dots, RPE\}: b_{(j, S), FS} - b_{(j, H), FS} > 0$$

$$\text{SH-4.1.2.1: } H_0: b_{(HF, S), FS} - b_{(HF, H), FS} \leq 0; H_1: b_{(HF, S), FS} - b_{(HF, H), FS} > 0$$

<sup>50</sup> Das Problem der Alphafehler-Kumulierung kann hierbei als zu vernachlässigend erachtet werden.

<sup>51</sup> Im Rahmen vorangehender Analysen (*Fragestellung 1*) wird es hier zu Reduktionen kommen.

Für den Einfluss der sozial-kognitiven Faktoren lauten die statistischen Hypothesen allgemein (SH-4.2.1 – 3) und exemplarisch für WK (SH-4.2.1.1, SH-4.2.2.1, SH-4.2.3.1) wie folgt:

SH-4.2.1:  $H_0: b_{(j, H), FS} - b_{(j, M), FS} \leq 0 \quad \forall j \in \{WK, WIR, UMG, ITL\}$

$H_1: \exists j \in \{WK, \dots, ITL\}: b_{(j, H), FS} - b_{(j, M), FS} > 0$

SH-4.2.1.1:  $H_0: b_{(WK, H), FS} - b_{(WK, M), FS} \leq 0; H_1: b_{(WK, H), FS} - b_{(WK, M), FS} > 0$

SH-4.2.2:  $H_0: b_{(j, H), FS} - b_{(j, S), FS} \leq 0 \quad \forall j \in \{WK, \dots, ITL\}$

$H_1: \exists j \in \{WK, \dots, ITL\}: b_{(j, H), FS} - b_{(j, S), FS} > 0$

SH-4.2.2.1:  $H_0: b_{(WK, H), FS} - b_{(WK, S), FS} \leq 0; H_1: b_{(WK, H), FS} - b_{(WK, S), FS} > 0$

SH-4.2.3:  $H_0: b_{(j, M), FS} - b_{(j, S), FS} \leq 0 \quad \forall j \in \{WK, \dots, ITL\}$

$H_1: \exists j \in \{WK, \dots, ITL\}: b_{(j, M), FS} - b_{(j, S), FS} > 0$

SH-4.2.3.1:  $H_0: b_{(WK, M), FS} - b_{(WK, S), FS} \leq 0; H_1: b_{(WK, M), FS} - b_{(WK, S), FS} > 0$

Da für die Prüfung dieser Subhypothesen auch ein Vergleich zwischen der moderate- und heavy-Bedingung vonnöten ist, wird die Berechnung analog zur *Fragestellung 2* ein zweites Mal (mit M als Referenzgruppe) vorgenommen.

Eine inhaltliche Interpretation der (signifikanten) Interaktionseffekte erlaubt zudem die kombinierte Betrachtung der Intensitätskategorien unter Berücksichtigung der Modellkoeffizienten. Bei dieser Auswertungsmethode werden der individuelle Mittelwert (IndMean) sowie eine Skalenstufe (z.B. 1 Punkt bei WK) oder eine gerundete Standardabweichung (z.B. 10 Punkte bei HF) von diesem nach oben und unten als drei kontrastierender Ausprägungen des jeweiligen Parameters festgelegt und graphisch veranschaulicht.

Nachdem die einzelnen Schritte der Datenanalyse erläutert wurden, sollen im nächsten Abschnitt die Ergebnisse der statistischen Auswertungen vorgestellt und anhand dessen eine Prüfung der aufgestellten Hypothesen vorgenommen werden.

## 3.2 Ergebnisse

Im Folgenden sollen zunächst zentrale Erkenntnisse der deskriptiven Datenauswertung vorgestellt werden (Kapitel 3.2.1), bevor anschließend eine Darlegung der für die Hypothesenprüfung relevanten Ergebnisse erfolgt (Kapitel 3.2.2).

### 3.2.1 Deskriptive Statistiken

Ausgangspunkt für die anschließende Hypothesenprüfung und Ergebnisinterpretation war eine Analyse der Ausprägung der Beanspruchungsparameter in den drei verschiedenen Trainingsmodalitäten (moderate, heavy und severe). Tabelle 3 zeigt eine vergleichende Betrachtung unter Berücksichtigung der von Binder und Kollegen (2008) sowie Norton et al. (2010) vorgeschlagenen Referenzwerte für  $HF_{max}$ , HFR, LA und RPE.

Es gilt anzumerken, dass vorab über Boxplots mit Hilfe des Interquartilabstands (IQA) jeweils zwei milde und extreme Ausreißer<sup>52</sup> nach unten in den Herzfrequenzwerten des severe-Intensitätsbereich identifiziert wurden (vgl. Anhang 9). Aufgrund der erheblichen Abweichung erfolgte aus statistischen sowie inhaltlichen Gründen eine Entfernung dieser vier Fälle aus dem Datensatz, wodurch eine Gesamtzahl von 392 Untersuchungseinheiten (gegenüber ursprünglich  $n = 396$ ) für die vorliegenden Analyse verblieb.

Im moderate-Intensitätsbereich zeigte sich eine mittlere  $HF_{max}$  von 68.51% (Range = 52.55-82.21%), welche sich innerhalb des Referenz-Wertebereichs von 60-70%  $HF_{max}$  befand. Dagegen lag für die HFR ein vergleichsweise (HFR-R: 45-55%) zu geringer Mittelwert (30.61%) mit einer erheblichen Spannweite (Range = 1.41-64.09%) vor. Ebenso war das subjektive Anstrengungsempfinden (RPE) mit einem durchschnittlichen Wert von 2.28 (Range = 0.00-5.00%) unterhalb des Referenzbereichs (R-RPE-CR: 3-4).

Der heavy-Intensitätsbereich entsprach mit einer mittleren  $HF_{max}$  von 83.08% (Range = 64.32-95.03%) und einer mittleren HFR von 70.88% (Range = 41.07-90.43%) den Referenzwert-Kategorien (R-  $HF_{max}$ : 70-90%; R-HFR: 55-80%). Während sich der Mittelwert des Laktats mit 3.47 mmol/l am oberen Rand des Referenz-Wertebereichs (R-LA: 2-4 mmol/l) befand, lag der Mittelwert von RPE (4.55) etwas unterhalb des Referenzbereichs (R-RPE-CR: 5-6). Hierbei gilt zu beachten, dass beide Parameter eine beträchtliche Spannweite aufwiesen (Range<sub>LA</sub> = 1.04-8.67, Range<sub>RPE</sub> = 1.00-9.00).

Bei der Analyse des severe-Intensitätsbereichs zeigten sich niedrigere Werte für die Herzfrequenzparameter im Vergleich zur Referenzkategorie. So lag die  $HF_{max}$  im Mittel bei 89.40% (Range = 79.40-99.84%) gegenüber > 90% (R- $HF_{max}$ ) und die HFR bei 78.12% (Range = 55.81-99.58%) versus > 80% (R-HFR). Zusätzlich war das mittlere RPE (4.90,

<sup>52</sup> Milde Ausreißer haben einen Abstand zum ersten oder dritten Quartil von 1,5-3 IQA; extreme Ausreißer haben einen Abstand von > 3 IQA.

Range = 2.00-8.00) deutlich niedriger als der Referenzwert ( $\geq 7$ ) und entsprach jenem Niveau des für den heavy-Intensitätsbereich angelegten subjektiven Anstrengungsempfindens (Skalenwert von 5-6).

Tabelle 3. Beanspruchungsparameter in den drei Intensitätsbereichen (Mittelwert, Range) im Vergleich zu Referenzwerten (R) nach Binder et al. (2008) und Norton et al. (2010)

	$HF_{max}^*$	$R-HF_{max}^*$	$HFR^*$	$R-HFR^*$	$LA^{**}$	$R-LA^{**}$	$RPE$	$R-RPE-CR$
<i>moderate</i>	68.51 (52.55-82.21)	60-70	30.61 (1.41-64.09)	45-55	-	< 2	2.28 (0.00-5.00)	3-4
<i>heavy</i>	83.08 (64.32-95.03)	70-90	70.88 (41.07-90.43)	55-80	3.47 (1.04-8.67)	2-4	4.55 (1.00-9.00)	5-6
<i>severe</i>	89.40 (79.40-99.84)	> 90	78.12 (55.81-99.58)	> 80	-	> 4	4.90 (2.00-8.00)	$\geq 7$

Anmerkungen. \* Angaben in Prozent (%), \*\* Angaben in mmol/l,  $HF_{max}$  = maximale Herzfrequenz,  $R-HF_{max}$  = Referenzwert der maximalen Herzfrequenz,  $HFR$  = Herzfrequenzreserve,  $R-HFR$  = Referenzwert der Herzfrequenzreserve,  $LA$  = Laktat,  $R-LA$  = Referenzwert des Laktats,  $RPE$  = Rating of Perceived Exertion,  $R-RPE-CR$  = Referenzwert für die CR-10-Skala.

Die Ergebnisse der Dateninspektion auf Between- und Within-Person-Ebene für die gewählten Parameter dieser Untersuchung sind Tabelle 4 zu entnehmen. Angemerkt sei an dieser Stelle zum einen, dass der Datensatz infolge technischer Probleme (vgl. Kapitel 3.1.3) neun fehlende Werte (*missing values*) bezüglich der Herzfrequenzparameter aufweist ( $n = 383$ ). Zum anderen ist die geringere Anzahl an Untersuchungseinheiten für die Laktatvariablen ( $n = 132$ ) dem Umstand geschuldet, dass diese nur in der heavy Bedingung (im Referenztest) erfasst wurden.

Im Hinblick auf die affektive Reaktion lag der Gesamt-Mittelwert für die Valenz (FS) im oberen Drittel ( $M = 2.62$ , [-5 - +5]) und für die Aktivierung (FAS) im mittleren Bereich ( $M = 3.46$ , [1-6]) der Skala. Dabei variierte die empirische Range der Personenmittel zwischen 3.33 ( $Range_{FS, b} = 0.78-4.11$ ) und 3.06 ( $Range_{FAS, b} = 1.33-4.39$ )<sup>53</sup>, was hinweisgebend für eine substanzielle Between-Person-Variabilität ist. Als deskriptive Werte bezüglich der Variation innerhalb einer Person ergaben sich Standardabweichungen von 1.41 ( $Range_{FS, w} = 0.00-2.69$ ) und 0.87 ( $Range_{FAS, w} = 0.24-1.97$ )<sup>53</sup>. Trotz der Auffälligkeit einer Nullvariabilität innerhalb eines Probanden bei FS belegte die im Vergleich zu FAS deutlich geringere Intraklassenkorrelation ( $ICC_{FS} = .28$  vs.  $ICC_{FAS} = .49$ ) eine insgesamt größere Bedeutung der Within-Person-Variabilität für den Valenzanteil der affektiven Reaktion.

In der Kategorie der Beanspruchungsparameter bestand im Vergleich zur absoluten Herzfrequenz ( $ICC_{HF} = .25$ ) erwartungsgemäß kaum Between-Variation für die relativen Herzfrequenzmaße ( $ICC_{HF_{max}} = .09$ ,  $ICC_{HFR} = .04$ ), anhand derer die Belastungssteuerung erfolgte.

<sup>53</sup> Im weiteren Verlauf der Arbeit wird ein tiefgestelltes *b* für Between-Person-Parameter bzw. *w* für Within-Person-Parameter verwendet.

Deren Varianz sowie die des subjektiven Beanspruchungsparameters ( $ICC_{RPE} = .14$ ) wurden überwiegend durch Unterschiede innerhalb der Person erklärt. Die höchste Intraklassenkorrelation inmitten dieser Merkmalsgruppe lag für die Laktatparameter vor, mit einer etwas stärker ausgeprägten Between-Variation beim Roh- ( $ICC_{LA} = .35$ ) gegenüber dem Delta-Wert ( $ICC_{LAd} = .32$ ).

Die größte Between-Person-Variabilität bestand für jene Merkmale, die im Zusammenhang mit der psychischen Verarbeitung der Belastungssituation stehen. So befanden sich bei den sozial-kognitiven Faktoren WIR, WK und UMG 50-56% der Gesamtvariabilität in den FS-Werten zwischen den Personen. Für ITL – als weiterer sozial-kognitiver Faktor – zeigte sich eine deutlich niedrigere Intraklassenkorrelation ( $ICC_{ITL} = .35$ ), welche dem Niveau der Laktatparameter entsprach.

Tabelle 4. Deskriptive Statistiken zur Variabilität der Erhebungsmerkmale auf der Between-Person-Ebene und Within-Person-Ebene

Variable	ICC	Between-Person-Variabilität				Within-Person-Variabilität		
		N	M	SD	Range	n	SD	Range
FS [-5 - +5]	.28	22	2.62	0.99	0.78 - 4.11	392	1.41	0.00 - 2.69
FAS [1-6]	.49	22	3.46	0.92	1.33 - 4.39	392	0.87	0.24 - 1.97
HF	.25	22	154.95	12.24	124.83 - 173.18	383	18.56	11.22 - 24.16
HF <sub>max</sub> [%]	.09	22	80.50	3.95	70.38 - 87.54	383	9.67	7.58 - 13.01
HFR [%]	.04	22	60.30	7.42	41.27 - 74.88	383	22.40	17.82 - 30.08
LA	.35	22	3.47	0.92	2.16 - 5.49	132	0.99	0.18 - 1.93
LAd	.32	22	2.43	0.91	1.16 - 4.54	132	1.03	0.34 - 1.93
RPE [0-10]	.14	22	3.91	0.79	2.31 - 5.13	392	1.61	0.75 - 2.95
WK [1-7]	.51	22	5.46	0.95	3.65 - 6.83	392	0.86	0.24 - 2.35
WIR [0-100]*	.50	22	59.58	14.56	35.67 - 85.11	392	13.41	3.06 - 27.68
ITL [0-100]*	.35	22	79.35	10.34	57.11 - 96.78	392	12.69	5.92 - 28.48
UMG [0-100]*	.56	22	60.37	16.47	41.67 - 88.33	392	13.59	5.06 - 21.28

Anmerkungen. \*positiv („sehr förderlich“ als rechter Extremwert der Analogskala); ICC = Intraklassen-Korrelationskoeffizient, N = Anzahl Probanden, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, n = Anzahl Untersuchungseinheiten, FS = Feeling Scale, FAS = Felt Arousal Scale, HF = Herzfrequenz, HF<sub>max</sub> = maximale Herzfrequenz, HFR = Herzfrequenzreserve, LA = Laktat, LAd = Delta-Laktat, RPE = Rating of Perceived Exertion, WK = wahrgenommene Kompetenz, WIR = Wahrnehmung interozeptiver Reize, ITL = Interaktion mit Trainingsleitenden, UMG = Umgebungsbedingungen.

### 3.2.2 Hauptergebnisse

Im Folgenden sollen die Ergebnisse getrennt für die vier Fragestellungen der vorliegenden Arbeit vorgestellt werden. Gemäß einer sich in der Literatur zu Statistik herausgebildeten Übereinkunft wird für die Einstufung des Signifikanzniveaus zwischen signifikanten ( $p < .05$ ), hochsignifikanten ( $p < .01$ ) und höchstsignifikanten ( $p < .001$ ) Ergebnissen differenziert (vgl. bspw. Rasch et al., 2014).

*Fragestellung 1: Einfluss der Beanspruchungsparameter auf die affektive Reaktion*

Die bivariaten Analysen zeigten, dass kein signifikanter Einfluss der Between-Variablen der verschiedenen Beanspruchungsparameter sowie aller Laktatparameter (Roh-, Between-, und Within-LA bzw. -LAd) auf FS und FAS vorlag (vgl. Tabelle 5). Für die übrigen Beanspruchungsparameter (HF, HF<sub>max</sub>, HFR, RPE) ergab sich hingegen statistische Signifikanz mit durchweg etwas höheren Werten in den unstandardisierten Regressionskoeffizienten der Within- gegenüber den Roh-Variablen. Hierbei bestätigte sich im Hinblick auf die Grundwirkungsrichtung die Annahme einer negativen Beeinflussung der Valenzdimension (FS, SH-1.1) und positiven Einflussnahme auf die Aktivierungsdimension (FAS, SH-1.2) sowohl für den subjektiven Beanspruchungsparameter RPE<sub>w</sub> ( $b_{FS} = -.475$ ,  $T = -12.32$ ,  $p = < .001$ ;  $b_{FAS} = .324$ ,  $T = 14.40$ ,  $p = < .001$ ) als auch für die Herzfrequenzparameter. Innerhalb letzterer stellte sich die HF<sub>max, w</sub> als Variable mit der stärksten Einflussnahme sowohl für FS ( $b_{FS} = -.044$ ,  $T = -6.00$ ,  $p = < .001$ ) als auch für FAS ( $b_{FAS} = .043$ ,  $T = 10.16$ ,  $p = < .001$ ) heraus, weshalb selbige im weiteren Verlauf der Analyse als Vertreter dieser Merkmalsgruppe sowie der physiologischen Beanspruchungsparameter (aufgrund der fehlenden Signifikanz von LA) eingeschlossen wurde.

Das multivariate Modell (vgl. Tabelle 6), mit den im Zuge vorgenannter bivariater Analysen ausgewählten Parametern (HF<sub>max, w</sub> und RPE<sub>w</sub>), zeigte hypothesenkonform einen höchstsignifikant negativen Einfluss von RPE<sub>w</sub> auf FS ( $b = -.611$ ,  $T = -10.70$ ,  $p = < .001$ ) sowie einen signifikant positiven Einfluss von RPE<sub>w</sub> auf FAS ( $b = .302$ ,  $T = 8.99$ ,  $p = < .001$ ). Für HF<sub>max, w</sub> ergab sich entgegen den Erwartungen ein hochsignifikant positiver (anstatt negativer) Einfluss auf FS ( $b = .030$ ,  $T = 3.18$ ,  $p = .002$ ) sowie kein signifikantes Ergebnis für die Beeinflussung von FAS ( $b = .006$ ,  $T = 1.02$ ,  $p = .309$ ). Ursächlich für diese Abweichung von den Ergebnissen der bivariaten Analyse war ein gewisses Maß an Multikollinearität in den empirischen Daten infolge eines moderaten bis hohen Zusammenhangs zwischen den beiden ins Modell eingeschlossenen Prädiktoren ( $r_{HF_{max}, RPE} = .733$ ).<sup>54</sup> Allerdings hielt das Modell einer Prüfung mittels Kollinearitätsdiagnostik stand (Toleranz = 0.46, VIF = 2.16).<sup>55</sup> Da eine Berücksichtigung der Laktat-Variable als zusätzlicher Prädiktor aufgrund von Suppressioneffekten zu deutlichen Abweichungen in den Ergebnissen führen würde (vgl. Anhang 10) und in den bivariaten Analysen kein signifikanter Zusammenhang zur affektiven Reaktion (FS und FAS) festgestellt werden konnte (vgl. Tabelle 5), wurde diese nicht in das Gesamtmodell aufgenommen. Somit lässt sich als Ergebnis für die multivariate Analyse eine Bestätigung der statistischen Hypothesen (SH-1.1 und SH-1.2) lediglich für den subjektiven Beanspruchungsparameter RPE<sub>w</sub> festhalten.

<sup>54</sup> In Anlehnung an Nachtigall und Wirtz (2013) werden Korrelationen bis 0.5 als gering, 0.7 als moderat und 0.9 als hoch angesehen.

<sup>55</sup> Urban und Mayerl (2018) empfehlen als Grenzwert für die Toleranz  $\geq 0.25$  und für den Varianzinflationierungsfaktor (VIF)  $\leq 5.0$ .

Tabelle 5. *Bivariate Analyse fester Effekte der Beanspruchungsparameter auf die affektive Reaktion*

<i>Parameter</i>	<i>Feeling Scale (FS)</i>									<i>Felt Arousal Scale (FAS)</i>								
	Roh			Within			Between			Roh			Within			Between		
	b	T	p	b	T	p	b	T	p	b	T	p	b	T	p	b	T	p
<i>HF</i>	-.021	-5.57	< .001*	-.023	-5.91	< .001*	.022	1.28	.215	.022	10.30	< .001*	.023	10.53	< .001*	-.026	-1.62	.120
<i>HF<sub>max</sub></i>	-.043	-5.91	< .001*	<b>-.044</b>	<b>-6.00</b>	<b>&lt; .001*</b>	.016	0.28	.780	.042	10.04	< .001*	<b>.043</b>	<b>10.16</b>	<b>&lt; .001*</b>	-.057	-1.13	.274
<i>HFR</i>	-.020	-6.21	< .001*	-.020	-6.28	< .001*	.010	0.34	.741	.019	10.53	< .001*	.019	10.61	< .001*	-.024	-0.86	.400
<i>LA<sup>h</sup></i>	-.055	-0.44	.664	-.014	-0.11	.916	-.362	-0.97	.342	-.050	-0.77	.442	-.063	-0.95	.346	.127	0.52	.609
<i>LAd<sup>h</sup></i>	-.057	-0.47	.643	-.013	-0.10	.924	-.425	-1.14	.269	-.052	-0.83	.408	-.065	-1.01	.315	.141	0.58	.575
<i>RPE</i>	-.471	-12.34	< .001*	<b>-.475</b>	<b>-12.32</b>	<b>&lt; .001*</b>	-.266	-0.97	.346	.321	14.33	< .001*	<b>.324</b>	<b>14.40</b>	<b>&lt; .001*</b>	-.089	-0.34	.737

*Anmerkungen.* Fettdruck: Einschluss in multivariate Analyse, <sup>h</sup> nur in heavy-Bedingung erhoben worden, \* höchst signifikant, b = unstandardisierter Regressionskoeffizient, T = Prüfgröße, p = Signifikanzwert, HF = Herzfrequenz, HF<sub>max</sub> = maximale Herzfrequenz, HFR = Herzfrequenzreserve, LA = Laktat, Lad = Delta-Laktat, RPE = Rating of Perceived Exertion.

Tabelle 6. *Multivariate Analyse fester Effekte ausgewählter Beanspruchungsparameter auf die affektive Reaktion*

<i>Parameter</i>	<i>Feeling Scale (FS)</i>			<i>Felt Arousal Scale (FAS)</i>		
	b	T	p	b	T	p
<i>HF<sub>max, w</sub></i>	.030	3.18	.002**	.006	1.02	.309
<i>RPE<sub>w</sub></i>	-.611	-10.70	< .001*	.302	8.99	< .001*

*Anmerkungen.* \* höchstsignifikant, \*\* hochsignifikant, b = unstandardisierter Regressionskoeffizient, T = Prüfgröße, p = Signifikanzwert, HF<sub>max, w</sub> = Within maximale Herzfrequenz, RPE<sub>w</sub> = Within Rating of Perceived Exertion.

Tabelle 7 zeigt das Ergebnis der Unterschiedsprüfung für die standardisierten Regressionskoeffizienten ( $\beta$ ) anhand einer Fisher-Z-Transformation. Erwartungskonform hatte  $RPE_w$  als subjektiver Beanspruchungsparameter einen größeren bivariaten Einfluss auf FS ( $\beta = -.296$ ,  $Z = -4.17$ ,  $p < .001$ ; SH-1.3.1) und FAS ( $\beta = .202$ ,  $Z = 2.80$ ,  $p = .003$ ; SH-1.3.2) im Vergleich zur physiologischen Kenngröße  $HF_{max, w}$  ( $\beta_{FS} = -.005$ ,  $\beta_{FAS} = .004$ ). Letztliche Bestätigung für die statistischen Hypothesen<sup>56</sup> lieferte die Prüfung der Regressionskoeffizienten der multivariaten Modelle mit einem höchstsignifikanten Unterschied der Beeinflussung von FS ( $\beta_{RPE, w} = -.412$ ,  $\beta_{HF_{max, w}} = .003$ ,  $Z = -6.07$ ,  $p < .001$ ; SH-1.3.1) sowie einem hochsignifikanten Unterschied bei FAS ( $\beta_{RPE, w} = .188$ ,  $\beta_{HF_{max, w}} = .001$ ,  $Z = 2.64$ ,  $p = .004$ ; SH-1.3.2).

Tabelle 7. *Unterschiedsprüfung der standardisierten Regressionskoeffizienten*

	Affektive Reaktion	$\beta_{RPE, w}$	$\beta_{HF_{max, w}}$	Z	p
<b>Bivariat</b>	FS	-.296	-.005	-4.17	< .001*
	FAS	.202	.004	2.80	.003**
<b>Multivariat</b>	FS	-.412	.003	-6.07	< .001*
	FAS	.188	.001	2.64	.004**

*Anmerkungen.* \* höchstsignifikant, \*\* hochsignifikant, AR = Affektive Reaktion,  $\beta$  = standardisierter Regressionskoeffizient,  $RPE_w$  = Within Rating of Perceived Exertion,  $HF_{max, w}$  = Within maximale Herzfrequenz, Z = Prüfgröße der Fisher-Z-Transformation, p = Signifikanzwert, FS = Feeling Scale, FAS = Felt Arousal Scale.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der an die DMT angelehnten Forschungsfragen (Fragestellung 2-4) dargestellt, wobei Anhang 11 eine tabellarische Gesamtübersicht der zentralen Kenngrößen zu entnehmen ist.

### *Fragestellung 2: Valenz in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs*

Das Fixed-Effekt-Modell zeigte einen höchstsignifikanten Haupteffekt ( $F = 20.57$ ,  $p < .001$ ) für den Einfluss des Intensitätsbereiches (M, H, S) auf die Ausprägung der Valenzdimension (FS) sowie (höchst-)signifikante Unterschiede in den Kategorienvergleichen. Mit dem severe-Bereich als Referenzgruppe ergab sich für den moderate-Bereich ein unstandardisierter Regressionskoeffizient (b) von 0.694 ( $T = 4.05$ ,  $p < .001$ ) und für den heavy-Bereich ein b von -0.381 ( $T = -2.22$ ,  $p = .027$ ). In der Analyse mit getauschter Referenzgruppe (moderate) lag für die heavy-Bedingung ein b von -1.076 ( $F = -6.33$ ,  $p < .001$ ) vor. Es lässt sich festhalten, dass die Valenzdimension im moderate-Intensitätsbereich am höchsten, im severe-Intensitätsbereich weniger hoch und im heavy-Intensitätsbereich am niedrigsten ausgeprägt war. Damit darf für zwei der statistischen Hypothesen (SH-2.1 und SH-2.3) die Alternativhypothese angenommen werden ( $H_1: b_M - b_S > 0$ ;  $H_1: b_M - b_H > 0$ ), wohingegen für die dritte (SH-2.2) die Nullhypothese ( $H_0: b_H - b_S \leq 0$ ) beibehalten werden muss.

<sup>56</sup> Wie angekündigt (vgl. Kapitel 3.1.5) wurden hier die statistischen Hypothesen im Rahmen von Voranalysen reduziert (auf die Parameter  $RPE_w$  und  $HF_{max, w}$ ).

Dies lässt sich zudem deskriptiv anhand der geschätzten Randmittel (Mittelwert [Konfidenzintervall], Standardfehler) beschreiben mit M ( $\bar{x} = 3.21$  [2.73; 3.68], SE = 0.233) größer S ( $\bar{x} = 2.51$  [2.03; 2.99], SE = 0.233) größer H ( $\bar{x} = 2.13$ , [1.65; 2.60], SE = 0.234).

*Fragestellung 3: Variation der Valenz in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs*

Der Levene-Test zeigte ein höchstsignifikantes Ergebnis ( $F = 24.32$ ,  $p < .001$ ) und belegte damit das Vorliegen einer Varianzheterogenität zwischen mindestens einem Gruppenpaar (M, H, S). Anhand der Einzelvergleiche ließ sich weiter nachweisen, dass die Varianzen sowohl von M und S ( $F = 20.72$ ,  $p < .001$ ), als auch von H und S ( $F = 6.91$ ,  $p = .009$ ) sowie von S und M ( $F = 48.27$ ,  $p < .001$ ) signifikant unterschiedlich waren. Hierbei zeigten die dazugehörigen deskriptiven Statistiken (vgl. Tabelle 8) eine größere Variation von FS in der heavy-Bedingung (SD = 2.08, SE = .181) gegenüber der moderate- (SD = 1.09, SE = .095) und severe-Bedingung (SD = 1.66, SE = .146), weshalb sich eine Bestätigung der statistischen Hypothesen (SH-3.1 und SH-3.2) ergibt.

Tabelle 8. Deskriptive Statistiken der affektiven Valenz (FS) in den drei Intensitätsbereichen

	<i>n</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>95%-CI</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
<i>moderate</i>	132	3.20	1.09	.095	3.02; 3.39	-1.00	5.00
<i>heavy</i>	132	2.13	2.08	.181	1.77; 2.49	-4.00	5.00
<i>severe</i>	128	2.50	1.66	.146	2.21; 2.79	-3.00	5.00
<i>Gesamt</i>	392	2.61	1.72	.087	2.44; 2.78	-4.00	5.00

*Anmerkungen.* FS = Feeling Scale, FAS = Felt Arousal Scale, n = Anzahl Untersuchungseinheiten, SD = Standardabweichung, SE = Standardfehler, 95%-CI = Konfidenzintervall.

Die explorative Inspektion der Daten auf Within- und Between-Person-Ebene (vgl. Tabelle 9) zeigte, dass die Varianzunterschiede innerhalb der Personen größer ( $SD_{FS, w} = 1.41$ ) als jene zwischen den Personen ( $SD_{FS, b} = 0.99$ ) waren. Dabei fällt insbesondere auf, dass im Vergleich zur Within-Person-Ebene ( $SD_{FS-H, w} = 1.40$ ;  $SD_{FS-S, w} = 0.94$ , Differenz = 0.46) der heavy- und severe-Intensitätsbereich auf der Between-Person-Ebene ( $SD_{FS-H, b} = 1.57$ ;  $SD_{FS-S, b} = 1.39$ ; Differenz = 0.18) enger zusammenlagen. Außerdem waren die Personenunterschiede innerhalb dieser beiden Bedingungen größer als bei der Gesamtbetrachtung ( $SD_{FS} = 0.99$ ), bei welcher der Intensitätsbereich für einen nicht unerheblichen Teil der Within-Varianz verantwortlich war ( $ICC_{FS} = .28$ ). Die Inspektion der intensitätsbereichsspezifischen Intraklassenkorrelationen ( $ICC_{FS-M} = .50$ ,  $ICC_{FS-H} = .46$ ,  $ICC_{FS-S} = .61$ ) zeigte eine im Vergleich zur Gesamtbetrachtung ( $ICC_{FS} = .28$ ) größere Bedeutung der Between-Person-Unterschiede.

Tabelle 9. Deskriptive Statistiken zur Variabilität der affektiven Valenz (FS) auf der Between-Person-Ebene und Within-Person-Ebene in Abhängigkeit der Belastungsintensität

Variable	ICC	Between-Person-Variabilität				Within-Person-Variabilität		
		N	M	SD	Range	n	SD	Range
FS [-5 - +5]	.28	22	2.62	0.99	0.78 - 4.11	392	1.41	0.00 - 2.69
FS-M [-5 - +5]	.50	22	3.20	0.85	1.33 - 4.33	132	0.70	0.00 - 1.51
FS-H [-5 - +5]	.46	22	2.13	1.57	-1.50 - 4.00	132	1.40	0.00 - 3.39
FS-S [-5 - +5]	.61	22	2.55	1.39	-1.33 - 4.33	128	0.94	0.00 - 2.04

Anmerkungen. ICC = Intraklassen-Korrelationskoeffizient, N = Anzahl Probanden, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, n = Anzahl Untersuchungseinheiten, FS = Feeling Scale, FS-M = Feeling Scale im moderate-Intensitätsbereich, FS-H = Feeling Scale im heavy-Intensitätsbereich, FS-S = Feeling Scale im severe-Intensitätsbereich.

#### Fragestellung 4: Intensitätsabhängiger Einfluss der Beanspruchungsparameter und sozial-kognitiven Faktoren auf die affektive Reaktion

Analog zur Vorgehensweise bei Fragestellung 1 (vgl. Tabelle 5 und 6) wurde eine Voranalyse für den Einfluss der sozial-kognitiven Faktoren auf die Valenzdimension (FS) vorgenommen (vgl. Anhang 12). In den bivariaten Analysen ergab sich – ebenso wie bei den Beanspruchungsparametern – kein signifikanter Einfluss für die Between-Variablen. Allerdings zeigte sich auffällig, dass die Parameter  $WK_b$  ( $b = .383$ ,  $T = 1.78$ ,  $p = .091$ ) und insbesondere  $WIR_b$  ( $b = .027$ ,  $T = 1.95$ ,  $p = .065$ ) das Signifikanzniveau nur knapp verfehlten. Unterschiede zwischen den Personen scheinen hier vergleichsweise relevanter gewesen zu sein. Generell war auch in der Analyse der sozial-kognitiven Faktoren eine etwas größere Bedeutung der Within- im Vergleich zu den Roh-Variablen zu verzeichnen. Dabei stellte sich ein höchstsignifikant positiver Einfluss von  $WK_w$  ( $b = .613$ ,  $T = 7.75$ ,  $p < .001$ ) sowie  $WIR_w$  ( $b = .039$ ,  $T = 7.66$ ,  $p < .001$ ) auf FS heraus. Für die übrigen beiden Parameter (UMG, ITL) ergab sich hingegen keine statistische Signifikanz (vgl. Anhang 12). Im multivariaten Fixed-Effekt-Modell bestätigte sich der höchstsignifikante Einfluss von  $WK_w$  ( $b = .432$ ,  $T = 5.08$ ,  $p < .001$ ) und  $WIR_w$  ( $b = .027$ ,  $T = 4.95$ ,  $p < .001$ ) auf FS. Für ebendiese Variablen wurde zudem ein signifikanter Interaktionseffekt in der Hauptanalyse festgestellt, deren Ergebnisse im Folgenden dargestellt werden.

#### Sozial-kognitive Faktoren

##### (a) Personenbezogene Merkmale

Für die Analyse der *Wahrnehmung interozeptiver Reize* ( $WIR_w$ ) zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt für das Gesamtmodell ( $F = 5.09$ ,  $p = .007$ ). Hinsichtlich der Kategorienvergleiche ergab sich mit der severe-Bedingung als Referenzgruppe ein signifikanter Unterschied für den Koeffizienten des Interaktionsterms unter der heavy-Bedingung ( $b = 0.035$ ,  $T = 2.58$ ,  $p = .010$ ). Dagegen wick die moderate-Bedingung nicht signifikant von der severe-

Bedingung ab ( $b = 0.001$ ,  $T = 0.08$ ,  $p = .939$ ). Die Analyse mit getauschter Referenzgruppe (moderate) offenbarte darüber hinaus statistische Signifikanz für den Vergleich zwischen den Koeffizienten des Interaktionsterms unter der heavy- und moderate-Bedingung ( $b = 0.033$ ,  $T = 2.79$ ,  $p = .006$ ). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für den heavy-Intensitätsbereich ein größerer Einfluss der  $WIR_w$  als im moderate- (SH-4.2.1) und severe-Bereich (SH-4.2.2) bestand, wohingegen kein signifikanter Unterschied zwischen der moderate- und severe-Bedingung (SH-4.2.3) zu verzeichnen war. Somit kann hier von einer partiellen Bestätigung der Hypothese für  $WIR_w$  (SH-4.2) gesprochen werden.

Abbildung 17 veranschaulicht den größten Einfluss von  $WIR_w$  in der heavy-Bedingung. So ergab sich hier durch die Kontrastierung mittels der Standardabweichung ( $SD_{WIR_w} = 13$ ) ein deutlich erkennbares Stufenmuster gegenüber einem gleichbleibenden Niveau im moderate- und severe-Bereich. Ausgehend von einem geringen individuellen Mittelwert in der heavy- ( $\bar{x} = 2.26$ ) gegenüber der severe- ( $\bar{x} = 2.49$ ) und moderate-Bedingung ( $\bar{x} = 3.17$ ) lag der FS-Wert für heavy mit niedriger  $WIR_w$  deutlich unterhalb der FS-Werte bei severe (0,68-0,72 Skalenstufen) und moderate (1,34-1,41 Skalenstufen). Dagegen befand sich der FS-Wert für den heavy-Bereich mit hoher  $WIR_w$  um 0,22 bis 0,26 Skalenstufen oberhalb der FS-Werte im severe-Bereich und deutlich näher an den FS-Werten der moderate-Bedingung (Differenz: 0,40-0,47 Skalenstufen). Des Weiteren offenbarte die Betrachtung der zahlenmäßigen Veränderung der FS-Werte bei der Veränderung von  $WIR_w$  um eine Standardabweichung nach oben bzw. unten eine leichte Tendenz für den größeren Einfluss in der moderate- (0,035 Einheiten) gegenüber der severe-Bedingung (0,021 Einheiten).

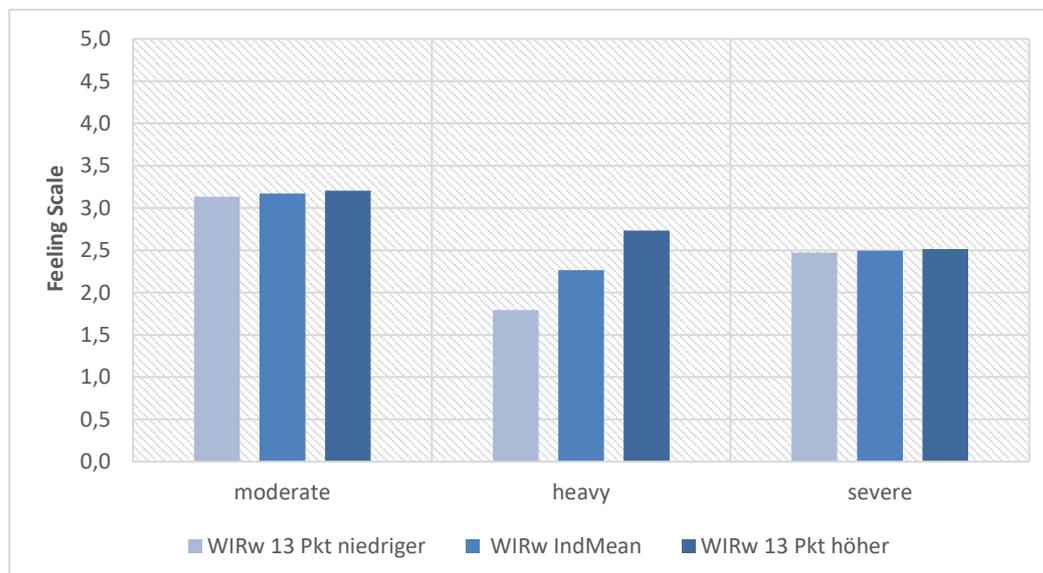


Abbildung 17. Einfluss der Wahrnehmung interozeptiver Reize ( $WIR_w$ ) auf die Ausprägung der affektiven Valenz (Feeling Scale) in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs. IndMean = Individueller Mittelwert.

Bei Betrachtung der *wahrgenommenen Kompetenz* ( $WK_w$ ) verfehlte zwar der Globalvergleich knapp das Signifikanzniveau ( $F = 2.93$ ,  $p = .054$ ), einer der Kategorienvergleiche zeigte hingegen ein hypothesenkonformes Ergebnis (SH-4.2.2). So unterschied sich der Koeffizient für den Interaktionsterm in der heavy-Bedingung ( $b = 0.449$ ,  $T = 2.34$ ,  $p = .020$ ) signifikant von demjenigen in der severe-Bedingung. Darüber hinaus wies die deskriptive Datenpräsentation auf den größten Einfluss von  $WK_w$  im heavy-Bereich sowie den geringsten Einfluss im severe-Bereich hin (vgl. Abbildung 18). So erhöhte sich der FS-Wert bei heavy vom individuellen Mittelwert von  $WK_w$  zu einem Skalenschritt nach oben um 0.73 Einheiten, während in der moderate-Bedingung lediglich eine Zunahme von 0.40 Einheiten und in der severe-Bedingung von 0.26 Einheiten zu verzeichnen war. Gleichermaßen verminderten sich die jeweiligen FS-Werte bei einem Skalenschritt vom individuellen Mittelwert nach unten. Infolgedessen ergibt sich für die heavy-Bedingung mit geringer  $WK_w$  ein deutlich niedrigerer FS-Wert (1.58) als in der severe-Bedingung mit geringer  $WK_w$  (2.26).

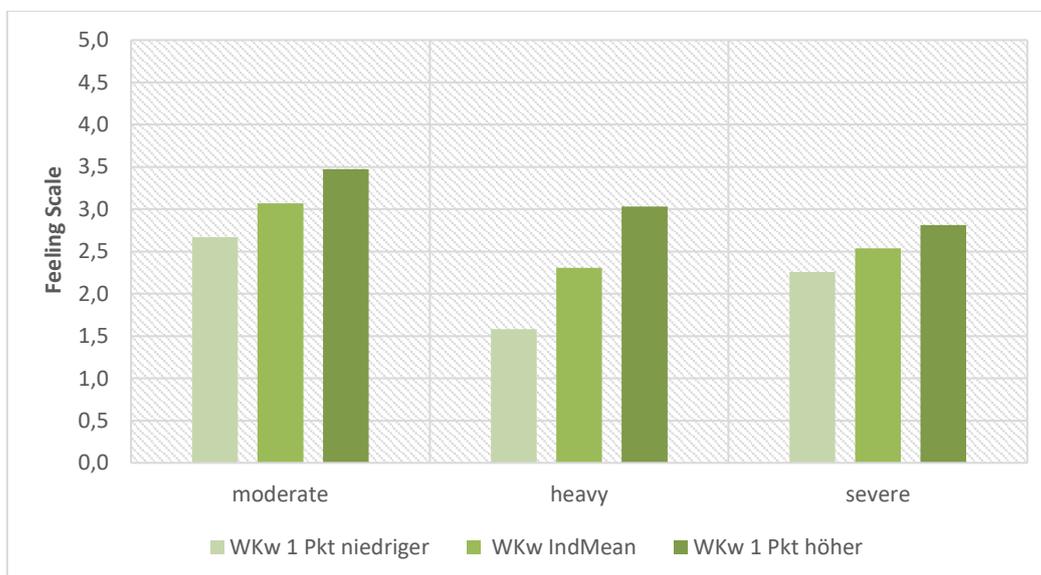


Abbildung 18. Einfluss der wahrgenommenen Kompetenz ( $WK_w$ ) auf die Ausprägung der affektiven Valenz (Feeling Scale) in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs. IndMean = Individueller Mittelwert.

### (b) Umweltbezogene Merkmale

Für die beiden Parameter *Umgebungsbedingungen* ( $UMG_w$ ) und *Interaktion mit Trainingsleitenden* ( $ITL_w$ ) lag keine statistische Signifikanz vor (vgl. Anhang 11). Damit müssen für diese Untergruppe die Nullhypothesen (SH-4.2.1 – 3) beibehalten werden. Exemplarisch sind in Abbildung 19 die Ergebnisse für  $UMG_w$  graphisch veranschaulicht. Rein optisch zeigte sich ein erwartungskonformes Ergebnismuster mit dem größten Einfluss in der heavy-Bedingung ( $\pm 0.19$  Skalenstufen), gefolgt von der moderate- ( $\pm 0.15$  Skalenstufen) und der severe-Bedingung ( $\pm < 0.01$  Skalenstufen).<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Kontrastierung mit einer Standardabweichung ( $SD_{UMG, w} = 14$ ) vom IndMean nach oben und unten.

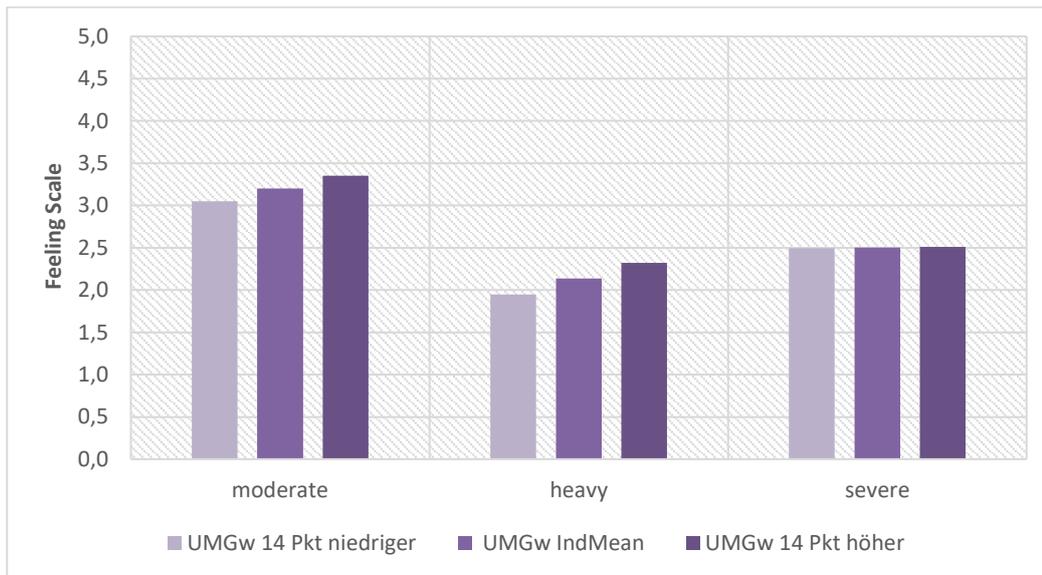


Abbildung 19. Einfluss der Umgebungsbedingungen ( $UMG_w$ ) auf die Ausprägung der affektiven Valenz (Feeling Scale) in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs. IndMean = Individueller Mittelwert.

### Beanspruchungsparameter

Es konnte kein signifikanter Interaktionseffekt bezüglich des intensitätsabhängigen Einflusses der Beanspruchungsparameter ( $HF_{max, w}$  und  $RPE_w$ ) auf die Ausprägung von FS nachgewiesen werden (vgl. Anhang 11). Somit finden die statistischen Hypothesen (SH-4.1.1 und SH-4.1.2) keine empirische Bestätigung. Exemplarisch werden an dieser Stelle die Ergebnisse der *maximalen Herzfrequenz* ( $HF_{max, w}$ ) als physiologischer Beanspruchungsparameter betrachtet (vgl. Abbildung 20). Es zeichnete sich die größte Bedeutung der  $HF_{max, w}$  innerhalb des moderate-Intensitätsbereichs ab (deutlichere Abstufung erkennbar), wohingegen für den severe-Bereich lediglich eine geringe und für den heavy-Bereich keine Einflussnahme erkennbar waren. In Zahlen ausgedrückt veränderten sich die FS-Werte um  $\pm 0.648$  Einheiten bei moderate, um  $\pm 0.083$  Einheiten bei severe und um  $\pm 0.003$  Einheiten bei heavy, wenn die maximale Herzfrequenz eine Standardabweichung ( $SD_{HF_{max, w}} = 10$ ) höher bzw. niedriger gegenüber dem individuellen Mittelwert war. Demzufolge lieferte auch die deskriptive Analyse kaum bestätigende Hinweise für die Annahme eines größeren Einflusses im severe-Bereich gegenüber den beiden anderen Bedingungen (SH-4.1.1 – 2). Abgesehen hiervon zeigte sich das gegenläufige Muster im moderate- im Vergleich zum severe-Bereich mit größeren FS-Werten bei höherer Herzfrequenz als auffällig.

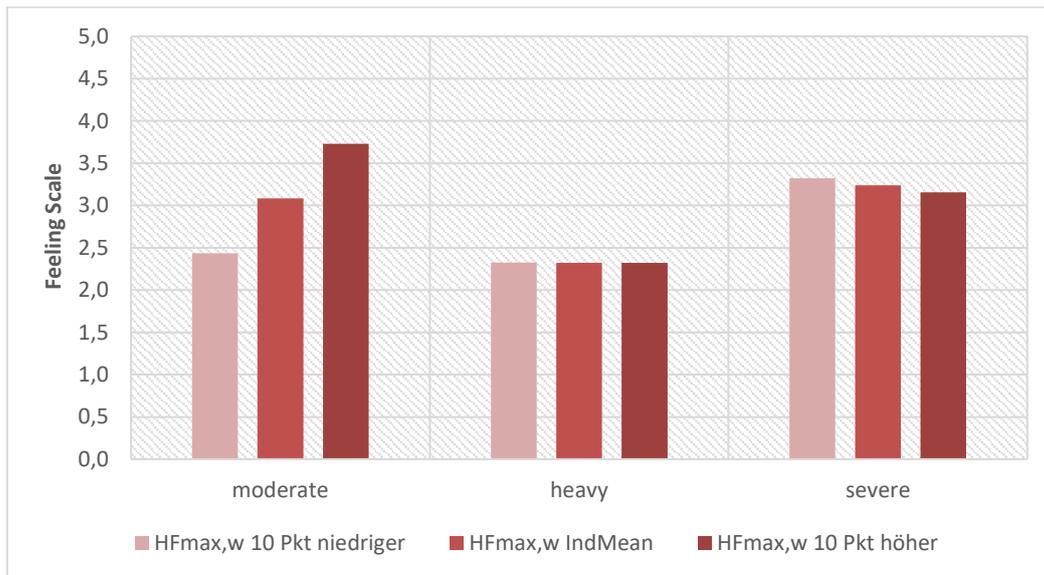


Abbildung 20. Einfluss der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max, w}$ ) auf die Ausprägung der affektiven Valenz (Feeling Scale) in Abhängigkeit des Intensitätsbereichs. IndMean = Individueller Mittelwert.

## 4 Diskussion

Nachdem die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung vorgestellt wurden, sollen diese nachfolgend diskutiert und kritisch reflektiert werden. Daraufhin wird der Fokus auf Stärken und Limitationen der durchgeführten Studie gerichtet, bevor abschließend unter Berücksichtigung der aufgeworfenen Fragestellungen praktische Implikationen abgeleitet sowie Forschungsperspektiven aufgezeigt werden.

### *Zusammenfassung und Diskussion der Hauptergebnisse*

Im Rahmen einer ersten Dateninspektion wurde die gesonderte Relevanz der Within-Parameter herausgestellt und diese in der Konsequenz für nachfolgende Analysen herangezogen. Im Hinblick auf die erste Fragestellung der vorliegenden Arbeit bestätigte sich die Annahme einer Assoziation zwischen den Beanspruchungsparametern und der unmittelbaren affektiven Reaktion auf eine Sportaktivität. Erwartungsgemäß wurde hierbei einerseits die Valenzdimension negativ und andererseits die Aktivierungsdimension positiv beeinflusst. In der bivariaten Betrachtung ließ sich dieser Effekt sowohl für den subjektiven Beanspruchungsparameter als auch für die Herzfrequenzparameter nachweisen, während die multivariate Analyse ausschließlich für ersteren Parameter hypothesenkonforme Ergebnisse lieferte. Dieser vorläufige Hinweis auf die im Vergleich zu den physiologischen Beanspruchungsparametern größere Bedeutung des subjektiven Belastungsempfindens für die Ausprägung der affektiven Reaktion konnte anschließend mittels einer Unterschiedsprüfung der Regressionskoeffizienten aus den bi- und multivariaten Modellen belegt werden. Die höhere Relevanz eines subjektiven – gegenüber objektiven – Beanspruchungsparameters erscheint vor dem Hintergrund, dass das affektive Befinden ein Teil des subjektiven Wohlbefindens darstellt (vgl. Kapitel 2.1.3), plausibel. Nichtsdestotrotz ergab die Betrachtung der isolierten Effekte hier berücksichtigter Herzfrequenzparameter (nicht aber der Laktatparameter) hinsichtlich der Grundwirkungsrichtung bestätigende Evidenz für die bislang wenig untersuchte mechanistische Basis der DMT.

Die Untersuchung der Valenz in Abhängigkeit vom Intensitätsbereich (zweite Fragestellung) lieferte nur zu Teilen erwartungsgemäße Ergebnisse. So zeigte sich zwar im Einklang mit den Annahmen der DMT die Ausprägung der Valenzdimension der unmittelbaren affektiven Reaktion im moderate-Intensitätsbereich am höchsten, indessen ergaben sich für den severe-Intensitätsbereich höhere Valenzwerte als für den heavy-Intensitätsbereich. Dieser im Widerspruch zur Hypothese stehende Befund könnte dem Umstand geschuldet sein, dass die Daten der heavy-Bedingung aus einer kontinuierlichen und die der severe-Bedingung aus einer Intervall-Trainingsbelastung gezogen wurden. So zeigte unter anderem die Studie von Decker und Ekkekakis (2017) eine eher kontinuierliche Abnahme des affektiven Befindens bei Belastungen nach der Dauer- gegenüber einer zickzackförmigen

Verlauf in einem Training nach der Intervallmethode mit negativen Peaks während der Belastungsintervalle und positiven Peaks in den Regenerationsphasen. Weiter ergab ebendiese Untersuchung, dass die stufenweise abnehmenden Befindenswerte für das letzte der vier Belastungsintervalle sogar im negativen Bereich lagen, was es angesichts der hier vorgenommenen Festlegung auf das erste und dritte Belastungsintervall (als Datenpunkte für die Analyse) zu berücksichtigen gilt. Nicht außer Acht gelassen werden sollte zudem die Tatsache, dass die vorliegende Untersuchung recht inaktive Probanden in den Blick nahm, weshalb im Vergleich zu einer heterogeneren Studienpopulation womöglich weniger Stichprobenvarianz nach oben (in Richtung positiver affektiver Reaktion) bestand. Dahingehend zeigt eine aktuellere Studie, dass bei körperlich Inaktiven eine geringe Varianz (Streuung) affektiver Reaktionen vorliegt, was die Analyse des Zusammenhangs zwischen sportlicher Aktivität und affektivem Befinden erschwert (vgl. von Haaren et al., 2013).

Zuletzt ist zu beachten, dass die Belastungsintensität der hier herangezogenen severe-Bedingung etwas unterhalb der für diesen Bereich vorliegenden Referenzwerte lag. Nichtsdestotrotz war die Beanspruchung der Probanden höher als jene im heavy-Intensitätsbereich. Festzuhalten bleibt die Problematik einer Vergleichbarkeit der verschiedenen Belastungsmodalitäten sowie die Spezifik der untersuchten Stichprobe und eine womöglich damit einhergehende eingeschränkte Gültigkeit der vorliegenden Ergebnisse. Folglich sollte die sich hier ergebende Falsifizierung einer der Teilhypothesen und eine daraus resultierende Absenkung des Bestätigungsgrades der DMT unter Vorbehalt betrachtet werden.

Für die intensitätsabhängige Variation der Valenz als dritte Forschungsfrage wurden theoriekonforme Ergebnisse gefunden. So lag – wie von der DMT postuliert – im heavy-Intensitätsbereich eine höhere Variabilität der Valenzdimension der unmittelbaren affektiven Reaktion vor als in den beiden anderen Intensitätsbereichen (moderate und severe). Während wiederholte Befunde für eine substantielle Variabilität der affektiven Reaktionen von Erwachsenen bereits bei moderaten Belastungen vorliegen (vgl. Sheppard & Parfitt, 2008b; Welch et al., 2007), deuten die deskriptiven Daten der vorliegenden Untersuchung auf eine höhere Variabilität des severe- gegenüber der des moderate-Intensitätsbereichs hin. Hinsichtlich des Ursprungs dieser Varianzunterschiede konnte für die Gesamtbetrachtung anhand deskriptiver Kennwerte eine größere Bedeutung der Unterschiede innerhalb einer Person im Vergleich zu jenen zwischen den Personen festgestellt werden. Eine differenzierte Dateninspektion offenbarte hingegen eine höhere Between- als Within-Person-Variabilität innerhalb der einzelnen Intensitätsbereiche.

Die letzte Fragestellung dieser Arbeit betreffend konnte kein signifikanter intensitätsabhängiger Einfluss der Beanspruchungsparameter (Herzfrequenz, Laktat und subjektives Anstrengungsempfinden) auf die unmittelbare affektive Reaktion konstatiert werden, weshalb diese Forschungshypothese verworfen werden muss. Dahingegen ergibt sich eine partielle

Bestätigung der Hypothese für die intensitätsabhängige Beeinflussung der affektiven Reaktion durch sozial-kognitive Faktoren. Erstens hatte das *Kompetenzerleben* einen signifikant größeren Einfluss im heavy- als im severe-Intensitätsbereich, wobei sich eine komplette Bestätigung der hypothetischen Reihung (mit heavy größer moderate größer severe) zwar in den deskriptiven Daten abzeichnete, jedoch statistisch nicht abschließend nachgewiesen werden konnte. Zweitens nahm die *Wahrnehmung interozeptiver Reize* einen im Vergleich zu den beiden anderen Bereichen signifikant höheren Einfluss auf die affektive Reaktion im heavy-Intensitätsbereich, womit zwei der drei Subhypothesen bestätigt wurden. Auch hier lieferte die deskriptive Analyse Anhaltspunkte für die Gültigkeit der Gesamthypothese (mit einem zusätzlich leicht größeren Effekt in der moderate- gegenüber der severe-Bedingung), ohne jedoch statistische Signifikanz zu erreichen. Für die übrigen sozial-kognitiven Faktoren (Umgebungsbedingungen und Interaktion mit Trainingsleitenden) konnte hingegen kein signifikanter Interaktionseffekt nachgewiesen werden. Im Hinblick auf die hier herausgestellte besondere Bedeutung der Wahrnehmung interozeptiver Reize gilt es zu bedenken, dass an dieser Stelle (ebenso wie bei den beiden nicht signifikanten sozial-kognitiven Faktoren) durch die Art der Fragestellung die Probandenantwort bereits explizit auf die Thematik der Befindensbeeinflussung gelenkt wurde<sup>58</sup>, während sich die Abfrage des Kompetenzerlebens<sup>59</sup> allein auf die Ausübung der sportlichen Aktivität bezog. Dies könnte das Ausmaß des hier festgestellten Interaktionseffekts beeinflusst haben, wobei theoriekonform lediglich im heavy-Intensitätsbereich eine relevante Einflussnahme bestand.

### *Stärken und Limitationen*

In diesem Abschnitt sollen Stärken sowie Limitationen der durchgeführten Studie in den Blick genommen werden. Diese befinden sich zum einen auf Ebene des Gesamtprojekts und zum anderen auf Ebene der vorliegenden Untersuchung.

Eine gewichtige Stärke der iReAct-Studie ist sicherlich die interdisziplinäre Ausrichtung des Promotionsverbundes mit der holistischen Betrachtung individueller biopsychosozialer Reaktionen auf sportliche Aktivität unter Berücksichtigung biographischer, physiologischer, motivationaler, affektiver, körperbildbezogener sowie epigenetischer Aspekte.

Indes besteht die Besonderheit der vorliegenden Arbeit in der teilprojektübergreifenden, kombinierten Untersuchung unmittelbarer physiologischer und affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität aus einer psychobiologischen Perspektive. Im Gegensatz hierzu liegt den meisten vorangegangenen Studien dieses Forschungskontextes ein monodisziplinärer (physiologischer oder psychologischer) Ansatz zugrunde.

---

<sup>58</sup> Die einleitende Formulierung lautete: „Bitte geben Sie im Folgenden an, wie die einzelnen Aspekte Ihr Befinden während des Trainings insgesamt beeinflusst haben“ (vgl. Kapitel 3.1.2).

<sup>59</sup> Zustimmungsgrad bezüglich der Aussage: „Ich habe das Gefühl, sehr kompetent für die körperliche Aktivität zu sein“ (vgl. Kapitel 3.1.2).

In Anlehnung an die individuumsbezogene Ausrichtung des Gesamtprojekts („*Individual response to physical activity*“) wurden in dieser Arbeit Mehrebenenanalysen durchgeführt, um die hierarchische Datenstruktur zu berücksichtigen und sowohl intra- als auch interindividuelle Unterschiede gezielt zu untersuchen. Damit wird der bidirektionalen Wirkung sportlicher Aktivität auf das affektive Befinden (Verbesserung vs. Verschlechterung) Rechnung getragen und dem Problem der Vernachlässigung individueller Unterschiede infolge von Auswertungen auf Ebene einer „hypothetischen mittleren Person“ (Hager, 2000, S. 165) begegnet. Insbesondere die Betrachtung intraindividuelle Unterschiede wurde in diesem Zusammenhang bislang kaum vorgenommen, jedoch liegen auch bei Jeckel und Sudeck (2018) sowie Unick und Kollegen (2015) bereits erste Hinweise auf eine substantielle situative Heterogenität der affektiven Reaktion auf Sportaktivitäten vor.

Eine weitere Stärke der iReAct-Studie liegt in der Einhaltung hoher methodologischer Standards bei der Datensammlung. Hierbei wurden zunächst im Rahmen der Probandenselektion strenge Einschlusskriterien angelegt und potenzielle Teilnehmer einer (medizinischen) Untersuchung unterzogen, um unter anderem Vorerkrankungen und Medikationen ausschließen zu können (vgl. Anhang 1). Weiter beruhte die durchgeführte Trainingsintervention auf einer theoriegeleiteten Konzeption, physiologischen Verfahren zur objektiven Bestimmung des Fitnesszustandes der Probanden sowie einer Belastungssteuerung mittels zugrunde liegender metabolischer Prozesse, was im Kontext affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität ein Forschungsdesiderat darstellt. Hierbei wurden in der vorliegenden Untersuchung gezielt Ausschnitte der drei verschiedenen Trainingsmodalitäten (REF, MICT, HIIT) betrachtet, um das Spektrum der Intensitätsbereiche (moderate, heavy, severe) abdecken und Annahmen der DMT einer Prüfung unterziehen zu können.<sup>60</sup> Darüber hinaus zeichnete sich die Affekt-Erfassung im Rahmen der Sportaktivität durch die Berücksichtigung neuerer konzeptionell-methodischer Impulse aus. So wurden affektive Reaktionsinhalte – einem dimensional Ansatz gemäß – aus einer globalen Perspektive mittels der international vielfach eingesetzten und validierten Feeling Scale (FS) und Felt Arousal Scale (FAS) erfasst. Zudem erfolgte die Smartphone-basierte Erhebung der affektiven Reaktion nicht nur vor und nach (Prä-Post-Design), sondern auch zu multiplen Zeitpunkten während der Belastung, wodurch nicht-lineare Veränderungen offenbart werden könnten.

Weiter gilt es den Trainingsumfang der Studie positiv hervorzuheben. So wurden in einem Zeitraum von 15 Wochen drei Referenztests unter Laborbedingungen sowie zwei sechswöchige Trainingsblöcke mit jeweils bis zu 18 Trainingseinheiten realisiert. Die Berücksichtigung mehrerer Aktivitätseinheiten erlaubte die hier initiierte Bestimmung und Quantifizierung situativer Bedingungsfaktoren der affektiven Reaktion während sportlicher Aktivität.

---

<sup>60</sup> Im Gegensatz hierzu betrachtet die Mehrheit der bislang vorliegenden Studien (vgl. Kapitel 2.3) Belastungen um die erste ventilatorische Schwelle herum (unterhalb, an und oberhalb der VT1), um deren Bedeutung als kritischen Wendepunkt des affektiven Befindens herauszustellen.

Für die vorliegende Untersuchung wurden je Proband drei Referenz- und sechs Trainingsbelastungen einbezogen. Hierbei konnte durch die Aggregation der Daten auf jeweils zwei Messzeitpunkte während der Belastung eine hohe Informationsdichte im Hinblick auf die physiologischen und sozial-kognitiven Parameter erlangt werden.

Schließlich kann die herangezogene Studienpopulation als eine Stärke betrachtet werden. Während infolge eines Selbstselektions-Bias sportpsychologischen Untersuchungen häufig sportlich aktive Personenstichproben vorliegen, wurden für diese Studie gezielt inaktive Erwachsene, welche die Empfehlungen für gesundheitsförderliche körperlich-sportliche Aktivität nicht erreichen, rekrutiert.

Neben den dargestellten positiven Aspekten gilt es auch auf diverse Limitationen der Untersuchung hinzuweisen. Auf allgemeiner Ebene der iReAct-Studie sind hier zunächst Aspekte der Smartphone-Erhebung kritisch zu betrachten. So gewährleisteten diese zwar eine hohe kontrollierte Compliance, dafür kommt in den Während-Erhebungen (bei welchen die Antwortgabe indirekt über den Testleiter erfolgt) die soziale Erwünschtheit als antwortverfälschendes Merkmal des Befragten hinzu. Diese potenzielle Beeinflussung liegt insbesondere für Einheiten mit Trainingspartner vor, weshalb die Probanden zum Teil vom Testleiter aufgefordert wurden, auch die Während-Befragungen selbstständig mit dem Smartphone in der Hand zu absolvieren. Weiter anzumerken ist, dass aufgrund von Bedenken hinsichtlich der Probandenbelastung nicht zu jedem Befragungszeitpunkt alle Merkmale erhoben wurden, wodurch beispielsweise für die jeweiligen Zeitpunkte nur Angaben zum subjektiven Anstrengungsempfinden *oder* zur wahrgenommenen Kompetenz vorlagen. Darüber hinaus wurde keine Randomisierung der Items vorgenommen, weswegen Antwortverzerrungen aufgrund von Reihenfolgeeffekten nicht ausgeschlossen werden können (vgl. Bühner, 2010). Im Hinblick auf die Verwendung von Single-Item-Skalen wird auf eine geringere Reliabilität gegenüber Multi-Item-Skalen hingewiesen (vgl. bspw. Ekkekakis et al., 2011), wobei die konventionelle Schätzung über die interne Konsistenz entfällt (vgl. Fahrenberg, Leonhart & Foerster, 2002). Vor der Zielstellung multipler Erhebungszeitpunkte während einer sportlichen Aktivität ist dies in der Prioritätenfolge allerdings hintenanzustellen und die inhaltlich-theoretisch begründete Auswahl einzelner Items zweckmäßiger. Nichtsdestotrotz muss ein adäquater Kompromiss zwischen einer möglichst kurzen zeitlichen Dauer von In-situ-Befragungen während Sportaktivitäten auf der einen und der validen sowie reliablen Erfassung von Befindenskomponenten auf der anderen Seite noch gefunden werden (vgl. ebd.).

Ein weiterer limitierender Faktor, den es zu berücksichtigen gilt, ist die unter Umständen eingeschränkte externe Validität der Ergebnisse des hier gewählten labor-experimentellen Arrangements im Referenztest bzw. des teilstandardisierten Settings bei den Trainingsbefragungen. Es bleibt offen, inwieweit die hier erhobenen affektiven Reaktionen in den verschiedenen Intensitätsbereichen (insbesondere bei heavy) repräsentativ für affektive Reak-

tionen inaktiver Probanden unter natürlicheren Rahmenbedingungen sind (vgl. Liao et al., 2015). So wurde gezeigt, dass diesbezüglich erhebliche Abweichungen vorliegen können (vgl. bspw. Gunes, Piccardi & Pantic, 2008).

Hierneben besteht eine Limitation hinsichtlich der Belastungssteuerung der HIIT-Einheiten (severe-Bereich). Während die Intensität der beiden anderen Trainingsmodalitäten (MICT bzw. moderate und REF bzw. heavy) an der Laktatschwelle als metabolischer Marker orientiert war, wurde für die hochintensiven Belastungsintervalle stattdessen ein Prozentsatz der maximalen Trainingskapazität ( $HF_{max}$ ) herangezogen. Dies könnte mit einer Über- oder Unterschätzung der Trainingsintensität einhergegangen sein.

Zusätzlich zu den erläuterten kritischen Aspekten auf Ebene des Gesamtprojekts bestehen auch auf Ebene der vorliegenden Untersuchung diverse Limitationen, die bei der Interpretation der hier dargestellten Ergebnisse nicht unbeachtet bleiben sollten. An dieser Stelle ist erstens die Stichprobengröße von 22 Probanden mit jeweils 18 Beobachtungen zu nennen, welche deutlich unterhalb der Mindestempfehlungen von 50 Level-2-Einheiten und 30 Level-1-Einheiten für die Schätzung fester Effekte in Mehrebenenmodellierungen liegt (vgl. Maas & Hox, 2005). Allerdings kommt eine Untersuchung von Laszkiewicz (2013) zur Robustheit der Schätzungen und Standardfehler in Abhängigkeit von der Stichprobengröße zu dem Ergebnis, dass unverzerrte Schätzungen der Parameter für feste Effekte bereits ab einem Umfang von 10 Einheiten auf der ersten und 5 Einheiten auf der zweiten Ebene vorliegen und stützen somit die Durchführbarkeit von Mehrebenenanalysen mit relativ kleinen Stichproben abseits der konservativen Grenzwerte.

Überdies liegt für die (vorläufige) Stichprobe ein Selektionsbias hinsichtlich der demografischen Merkmale Lebensalter, Geschlecht sowie sozioökonomischer Status vor. So wurden relativ junge Probanden (Durchschnittsalter von 26 Jahren) mit überwiegend weiblichem Geschlecht (14 Frauen vs. 8 Männer), die hauptsächlich aus dem universitären Umfeld stammen (Studenten oder Angestellte der Universität Tübingen), einbezogen.

Des Weiteren sind die abweichenden Bedingungen der Trainingsmodalität für den severe-Bereich als eine Limitation einzustufen. Zum einen lag hier eine zu niedrige Belastung im Vergleich zu den Referenzwerten für diesen Intensitätsbereich vor, zum anderen wurden die hochintensiven Phasen eines Intervalltrainings mit dazwischenliegenden Erholungsphasen herangezogen, wohingegen es sich bei den Trainingsmodalitäten für die moderate- und heavy-Bedingung um kontinuierliche Belastungsformen handelte.

Darüber hinaus gilt es festzuhalten, dass unterschiedliche Rahmenbedingungen für die drei verschiedenen Trainingsmodalitäten vorlagen, welche womöglich das Befinden der Probanden beeinflusst haben. Während der Referenztest (heavy-Bedingung) unter streng kontrollierten Laborbedingungen stattgefunden hat, wurden die Trainingseinheiten in einem ge-

wöhnlichen Trainingsumfeld mit wechselnden Supervisoren und zu Teilen mit Partner absolviert. Dabei sind zudem mögliche Auswirkungen der beiden verschiedenen Standorte mit einer durchaus als unterschiedlich einzustufenden Trainingsatmosphäre im Blick zu behalten. So wurde einerseits auf der von Sporttherapeuten betreuten Trainingsfläche eines Gesundheitszentrums (Standort-Berg) und andererseits in einer überwiegend von Studenten besuchten Kraft- und Fitnesshalle (Standort Tal) trainiert. Exemplarische Aspekte, welche das affektive Befinden beeinflusst haben könnten, sind die Ablenkung durch permanent laufende Fernseher am Standort Berg sowie die (oftmals als störend empfundene) laute Musik am Standort Tal. In der vorliegenden Arbeit blieben der Standort sowie die Differenzierung zwischen Trainingseinheiten mit bzw. ohne Partner als potenziell das Befinden beeinflussende Faktoren unberücksichtigt. Die Interaktion mit den Trainingsleitenden wurde insofern kontrolliert, als dass diese als potenzieller Bedingungsfaktor der affektiven Reaktion (ITL) in die Analyse eingeschlossen wurde.

Ein zusätzlicher Punkt, der zur Diskussion gestellt werden sollte, ist die Aggregation der erhobenen Variablen zu zwei Datenpunkten mithilfe der Verschiebung eines personenbezogenen Merkmals (*wahrgenommene Kompetenz*) unter Einsatz der LOCF- und NOCB-Methode sowie der Berücksichtigung von nach der Aktivität erhobenen sozial-kognitiven Faktoren als retrospektive Beurteilung. Vor dem Hintergrund der Zielstellung dieser Arbeit sowie der Annahme, dass das Kompetenzerleben ein relativ stabiles Merkmal darstellt und sich die Probanden für die hier berücksichtigten post-Variablen (Interaktion mit Trainingsleitenden, Umgebungsbedingungen und Wahrnehmung interozeptiver Reize) vermutlich an die relevanten Ereignisse (Peaks) der Belastung erinnerten, erscheint die Herangehensweise zweckmäßig. Dennoch gilt es zu berücksichtigen, dass die Verschiebung der Daten mit einer Über- bzw. Unterschätzung der Effekte einhergegangen sein könnte, wobei sich diese Limitation vermutlich relevanter für das Intervalltraining mit seinen verschiedenen Phasen (severe-Bedingung) als für die kontinuierlichen Belastungen (moderate- und heavy-Bereich) erweist.

Weiterhin lässt sich als eine Limitation festhalten, dass infolge technischer Probleme die Herzfrequenz in einzelnen Trainings(-abschnitten) nicht erfasst werden konnte und aufgrund wiederholt aufgetretener Kalibrierungsprobleme bei den Ergometern gewisse Abweichungen in den Trainingsbelastungen nicht ausgeschlossen werden können.

Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass in der vorliegenden Untersuchung potenzielle Reihenfolgeeffekte als Konsequenz der Betrachtung zweier verschiedener Zeitpunkte (T1/R1 und T2/R2) sowie Trainingsformen (MICT und HIIT) unberücksichtigt blieben. Obgleich eine prozessorientierte Analyse sowohl unter Berücksichtigung des Erhebungszeitpunktes als auch der Modalitätenfolge angemessener gewesen wäre, wurde aufgrund des begrenzten Umfangs dieser Arbeit der Schwerpunkt auf akute, situative Faktoren gelegt.

*Praktische Implikationen und Forschungsperspektive*

Obgleich die vorliegende Untersuchung nicht ohne Limitationen ist, kommt sie mit der Anwendung dimensionaler Erhebungsverfahren zur Erfassung der affektiven Reaktion (1) zu multiplen Zeitpunkten während sportlicher Aktivität (2) in standardisierten Intensitätsbereichen (3) sowie einer individuumsbezogenen Ausrichtung der Datenanalyse (4) den vier von Ekkekakis und Kollegen abgeleiteten Forschungsdesideraten nach (vgl. bspw. Ekkekakis et al., 2011; Kapitel 2.1.4) und kann somit einen Beitrag zur Erweiterung des Wissensstandes bezüglich der Assoziation zwischen sportlicher Aktivität und affektivem Befinden leisten. Dies erweist sich in Anbetracht des eingangs diskutierten hedonistischen Prinzips, den geringen Raten körperlicher und sportlicher Aktivität in der allgemeinen Bevölkerung sowie den gesundheitlichen Folgen körperlicher Inaktivität als von besonderer Relevanz.

Fernerhin lässt sich eine erfolgreiche Anwendung der DMT im Kontext standardisierter Trainingsbelastungen auf dem Fahrradergometer bei inaktiven Erwachsenen festhalten, welche wichtige Schlussfolgerungen für die theoretische Basis psychobiologischer Einflussfaktoren der affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität einerseits sowie die Ableitung praktischer Implikationen andererseits erlaubt. So wurden in dieser Arbeit sowohl Erkenntnisse über die mechanistische Basis als auch die moderierende Rolle der Belastungsintensität hinsichtlich der Beziehung zwischen affektivem Befinden und kognitiven Bewertungen als Erklärungsgröße der Heterogenität unmittelbarer affektiver Reaktionen auf eine Sportaktivität gewonnen. Während bereits zahlreiche Studien belegen und weitestgehend Konsens dahingehend besteht, dass die befindensregulierende Wirkung von Sportaktivitäten (insbesondere im anstrengenden Bereich) durch eine hohe interindividuelle Variabilität gekennzeichnet ist, betrachtet die vorliegende Arbeit darüber hinaus situative Bedingungsfaktoren im Zusammenhang mit sportlicher Aktivität und liefert einen weiteren Hinweis dafür, dass auch innerhalb von Personen eine substanzielle Variabilität affektiver Reaktionen vorliegt. So zeigt sich als Ergebnis, dass bei der Durchführung multipler Trainingseinheiten Unterschiede zwischen Personen bzw. personale Faktoren weniger relevant sind und vielmehr Aspekte der Trainingssituation an Bedeutung gewinnen. Dabei stellten sich in der vorliegenden Untersuchung kognitive Bewertungen in Form der Wahrnehmung interozeptiver Reize sowie des Kompetenzerlebens als Prädiktoren der affektiven Reaktion auf Sportaktivitäten heraus. Im Einklang mit der DMT besteht hierfür ein größerer Einfluss bei anstrengenden (heavy) gegenüber sehr anstrengenden (severe) und moderaten Belastungen.

Angesichts des herausgestellten intensitätsabhängigen Einflusses situativer Faktoren, welcher die Komplexität des Gegenstandsbereichs noch weiter erhöht, kann die allgegenwärtige Medienbotschaft „exercise feels good“ kaum standhalten. Vielmehr ist die Berücksichtigung intra- und interindividueller Unterschiede anhand individuumsbezogener Analysen sowohl aus theoretischer als auch praktischer Perspektive relevant. Variabilität nicht im Sinne zu-

fälliger Fehler zu behandeln, sondern deren Bedingungsfaktoren systematisch zu identifizieren sowie zu reflektieren, nimmt eine Schlüsselfunktion innerhalb des „Exercise-Affect-Adherence Pathway“ (vgl. Lee et al., 2016) ein und stellt einen wichtigen Schritt hin zur Entwicklung individuell angepasster Interventionen und der Förderung aktiver Lebensstile dar (vgl. Ekkekakis et al., 2011). Hierbei gilt es die verbreitete Empfehlung eines leicht- bis moderat-intensiven Dauertrainings sowie das Abraten von intensiven (Intervall-)Belastungen für (Wieder-)Einsteiger kritisch zu hinterfragen (vgl. bspw. Biddle & Batterham, 2015). Zum einen wurden in der vorliegenden Untersuchung bessere Befindenswerte in den hochintensiven Belastungsphasen des Intervalltrainings gegenüber einem kontinuierlichen Training im weniger anstrengenden Bereich nachgewiesen. Zum anderen liefert diese Studie empirische Bestätigung für die Annahme der DMT, dass anstrengende Aktivitäten gerade im Zusammenspiel mit positiven kognitiven Bewertungen befindensförderliche Wirkungen mit sich bringen können. Folglich könnte der Einsatz psychologischer Strategien zur Beeinflussung solch kognitiver Faktoren einen vielversprechenden Ansatz darstellen.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse dieser Arbeit erscheint es besonders gewinnbringend, bei anstrengenden Aktivitäten (im aerob-anaeroben Übergangsbereich) das Kompetenzerleben von Sporteinsteigern zu stärken sowie deren Wahrnehmung von Körperreizen möglichst zu minimieren oder gewissermaßen zu optimieren. Ersteres könnte beispielsweise im Verlauf eines Trainingsprogramms durch den Trainingsleitenden anhand gezielter, unterstützender Instruktionen in retrospektivem Bezug auf bereits durch den Trainierenden Geleistetes (z.B. anhand von objektiven Parametern der Leistungssteigerung oder subjektiven (Selbst-)Einschätzungen) erfolgen. Im Hinblick auf den negativen Einfluss von Körperwahrnehmungen wäre ein möglicher Ansatz, die Trainierenden mithilfe externer Stimuli von unangenehmen interozeptiven Reizen, welche sie bei anstrengenden Belastungen wahrnehmen, abzulenken. Einen Beleg für die befindensförderliche Wirkung solch dissoziativer Strategien der Aufmerksamkeitslenkung liefert zum Beispiel die Studie von Jones, Karageorghis und Ekkekakis (2014), welche für Intensitäten oberhalb der VT ein besseres affektives Befinden in musik- und videogestützten Trainingseinheiten gegenüber einer Kontrollbedingung ohne diese Ablenkungsmöglichkeiten feststellte. Demgegenüber setzen assoziative Strategien ganz bewusst an den (unangenehmen) Körperempfindungen selbst an. Hierbei konnte jüngst gezeigt werden, dass das Abspielen einer Tonbandaufnahme mit Anleitung für Achtsamkeitsübungen zur wertfreien Betrachtung der eigenen Körperreize einen positiven Einfluss auf das affektive Befinden während anstrengender sportlicher Aktivität (heavy-Bereich) hat (vgl. Cox, Roberts, Cates & McMahon, 2018). Ein weiterer Ansatz könnte in der positiven Umdeutung unangenehmer Körperempfindungen liegen. Indem Trainierenden verständlich gemacht wird, dass es sich hierbei um notwendige Begleiterscheinungen einer effektiven Trainingseinheit handelt, könnte womöglich deren Befinden infolge eines sich bildenden Bewusstseins bezüglich der potenziellen Erreichung individueller Ziele

positiv beeinflusst bzw. eine negative Beeinflussung abgepuffert werden. Interessanterweise wurde in der iReAct-Studie wiederholt von Probanden in der moderate-Bedingung (insbesondere dann, wenn diese als zweiter Trainingsblock absolviert wurde) Unmut darüber geäußert, dass sie das Gefühl haben, die niedrige Belastungsintensität bewirke nichts (in/mit ihrem Körper) und habe beispielsweise hinsichtlich der erwünschten Gewichtsreduktion oder Fitnesssteigerung keine förderlichen Effekte. Die hinter solchen Zielen stehenden Erwartungen beinhalten einen hohen kognitiven Anteil (vgl. Heckhausen & Heckhausen, 2006) und stellen – nebst dem oben beschriebenen Aufmerksamkeitsfokus – in Anlehnung an die DMT (vgl. Ekkekakis, 2003) einen weiteren variabilitätsaufklärenden Faktor der affektiven Reaktion auf (anstrengende) sportliche Aktivitäten dar.

Vor dem Hintergrund des hier dargestellten theoretischen und empirischen Forschungsstandes sowie den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit wird deutlich, dass das befindensregulative Potenzial sportlicher Aktivität situativ variiert und bei der Generierung von Aktivitätsempfehlungen neben inter- auch intraindividuelle Unterschiede Berücksichtigung finden müssen. Dabei scheinen (sozial-)kognitive Faktoren eine Schlüsselrolle innerhalb der situativen Bedingungsfaktoren einzunehmen. Um allerdings diesbezüglich wissenschaftlich fundiertere Aussagen treffen und optimierte Richtlinien ableiten zu können, sollten zukünftige Studien die hier identifizierten sowie weitere potenzielle Faktoren der Heterogenität affektiver Reaktionen auf Sportaktivitäten (wie z.B. das Autonomiegefühl bei selbstgewählten Trainingsintensitäten; vgl. Oliveira et al., 2015; Stych & Parfitt, 2011) einer genaueren Prüfung unterziehen. Hierbei bildet die DMT eine biopsychologische, mechanistische Verständnisbasis zur Erklärung der komplexen Reaktionsverläufe und stellt somit einen geeigneten theoretischen Ausgangspunkt für eine systematische Hypothesentestung dar. Um die intensitätsabhängige Verschiebung des relativen Beitrags interozeptiver sowie kognitiver Einflüsse weiter aufzuklären, sollten zukünftige Untersuchungen eine Vergleichbarkeit der herangezogenen Trainingsmodalitäten anstreben. In Anlehnung an diese Studie wären drei gleichlange kontinuierliche Belastungen und/oder Intervalltrainingseinheiten unter identischen Bedingungen (im Labor *oder* auf einer Trainingsfläche) zu wählen.

Die in dieser Studie besseren Befindenswerte in den hochintensiven Belastungsintervallen im Vergleich zu jenen während einer weniger intensiven kontinuierlichen Belastung geben Anlass für eine genauere Betrachtung des Einflusses unterschiedlicher Trainingsmethoden. Hierbei sollte eine kritische Überprüfung der Praktikabilität und Durchführbarkeit von HIIT-Protokollen als eine effektive und zeiteffiziente Strategie zur Bewegungsförderung erfolgen (vgl. Wahl, Hägele, Zinner, Bloch & Mester, 2010). Dies erscheint auch unter Berücksichtigung der aktuellen Studienlage, welcher zufolge Trainierende trotz negativerer Auswirkungen auf ihr Befinden während der Belastung im Vergleich zu kontinuierlichen Trainingsformen mehr Vergnügen bei sowie Präferenz für ein (hoch-)intensives Intervalltraining aufwei-

sen (vgl. Stork, Banfield, Gibala & Martin Ginis, 2017), angemessen. Darüber hinaus wird Zeitmangel als mit Abstand häufigster Grund für körperlich-sportliche Inaktivität angegeben (vgl. Europäische Kommission, 2010). So könnte das Intervalltraining eine geeignete Alternative für manche, wenn auch sicherlich nicht alle Menschen bzw. Situationen darstellen. Es gilt zu prüfen, ob sich hier – der intermittierenden Natur des Intervalltrainings geschuldet – das (schlechtere) Befinden während der Sportaktivität unter Umständen als weniger prädiaktiv für das zukünftige Aktivitätsverhalten erweist bzw. welche spezifischen Komponenten der affektiven Reaktion (z.B. Peaks, Steigung, Post-Wert)<sup>61</sup> hierfür relevant sind.

Das zu Teilen in dieser sowie den meisten anderen Studien im Kontext affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität herangezogene kontrollierte Labor-Setting bietet diverse Vorteile (z.B. im Hinblick auf die Standardisierung der Belastungsintensität) und geht mit einer hohen internen Validität einher. Allerdings mangelt es solchen Untersuchungen an externer Validität (vgl. Liao et al., 2015). Besonders problematisch sind die artifizielle Laborsituation sowie das vorschreibende Format der Trainingsinterventionen. Dabei bleiben persönliche Vorlieben und situative Entscheidungen, wie sie unter realen Bedingungen zutage treten, unberücksichtigt (vgl. Wilhelm & Grossman, 2010). Es erscheint plausibel, dass diese erheblichen Einfluss auf das alltägliche Aktivitätsverhalten nehmen und daher auf dem Forschungsfeld der bewegungsbezogenen Gesundheitsförderung nicht unbeachtet bleiben sollten. Folglich gilt es die Ergebnisse dieser Arbeit unter realen Alltagsbedingungen (mit verschiedensten Belastungsformen) zu verifizieren. Zudem bedürfen die in der vorliegenden Untersuchung herangezogenen Erhebungsinstrumente einer Validierung im hier betrachteten Bezugsrahmen affektiver Reaktionen auf sportliche Aktivität. Während sich für die deutschsprachigen Versionen der Feeling Scale und Felt Arousal Scale bereits eine Validierungsstudie in Arbeit befindet (vgl. Maibach et al., in Vorb.), sind die für diese Studie entworfenen Items zur Erfassung der sozial-kognitiven Faktoren noch einer Prüfung auf Konstruktvalidität (auch mit Blick auf die intra-individuelle Variabilität) zu unterziehen, um deren Ergebnisse angemessen interpretieren zu können. Darüber hinaus würde die kombinierte Betrachtung beider Affekt-Dimensionen (Valenz und Aktivierung) in einem Circumplex-Modell eine differenziertere Einordnung affektiver Reaktionen ermöglichen.

Eine weitere Forschungsperspektive besteht in der spezifischeren Untersuchung der mechanistischen Basis der DMT. Während in bisherigen Studien fast ausschließlich kardiopulmonale (Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme) und metabolische Parameter (Laktatwerte) einbezogen wurden, wären tiefere Einblicke in die zugrundeliegenden neuronalen Prozesse mit Sicherheit erkenntnisbringend. So bedürfen die der DMT zugrundeliegende Annahme zweier prinzipieller Wirkpfade (subkortikal und kortikal) und die postulierte intensitätsabhän-

---

<sup>61</sup> Der sogenannten Peak-End Rule zufolge wird die affektive Erinnerung von zwei spezifischen Episoden geprägt: dem positiven/negativen Höhepunkt und dem Endzustand (vgl. Fredrickson & Kahneman, 1993).

gige Verschiebung des relativen Beitrags kognitiver sowie interozeptiver Einflüsse noch einer zentralnervösen Erprobung (vgl. Ekkekakis et al., 2011; Schlicht & Reicherz, 2012). Vielversprechende Ansätze hierfür sind die Messung hirnelektrischer Aktivitäten mithilfe eines Elektro-Enzephalogramms (vgl. Ekkekakis et al., 2005) sowie eine Analyse der Sauerstoffversorgung anhand einer Nahinfrarot-Spektroskopie (vgl. Ekkekakis, 2009c). Erste Befunde konnten beispielsweise eine reduzierte Oxygenierung des präfrontalen Kortex bei sehr hohen Belastungsintensitäten feststellen (vgl. Rupp & Perrey, 2008).

Abschließend gilt es einmal mehr auf die für diesen Forschungskontext bestehende Relevanz einer ganzheitlichen Betrachtung hinzuweisen. Nur unter Berücksichtigung der wechselseitigen Beziehung zwischen Psyche und Physis sowie deren Einbettung in die jeweilige Umwelt lässt sich menschliches (Bewegungs-)Verhalten angemessen erklären (vgl. Petruzzello, 2001). In der Konsequenz sollte perspektivisch biopsychosozial ausgerichteten Studienvorhaben der Vorzug gegenüber monodisziplinären Ansätzen gegeben werden.

Es lässt sich festhalten, dass diese Arbeit den Erkenntnisstand zur Assoziation zwischen Sportaktivität und affektivem Befinden zu erweitern vermag und zu großen Teilen eine empirische Bestätigung der DMT bei inaktiven Erwachsenen liefert. Anhand der vorliegenden Ergebnisse wurden der intensitätsabhängige Einfluss psychobiologischer Faktoren der affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität herausgestellt und praktische Implikationen abgeleitet. Insbesondere hinsichtlich der situativen Heterogenität der unmittelbaren affektiven Reaktion auf sportliche Aktivität innerhalb von Personen kann die hier vorgenommene Untersuchung eine Grundlage für zukünftige Forschungsvorhaben legen. Der Frage, inwieweit diese intraindividuelle Variabilität affektiver Reaktionen systematisch beeinflusst werden kann und welche (weiteren) Bedingungsfaktoren hierbei eine Rolle spielen, gilt es in zukünftigen Studien unter Berücksichtigung der hier aufgeführten Limitationen nachzugehen. Deren Klärung kommt vor dem Hintergrund hedonistischer Theorien und angesichts der Tatsache, dass eine positive affektive Reaktion auf sportliche Aktivität bzw. die Erinnerung an selbige die Motivation für zukünftiges Bewegungsverhalten maßgeblich zu erhöhen vermag („Exercise-Affect-Adherence Pathway“; vgl. Lee et al., 2016), eine besondere Bedeutung bei der Entwicklung gesundheitspräventiver Strategien zu.

Individuell angepasste Trainingsinterventionen bzw. -programme, welche situative sowie weitere Determinanten des affektiven Befindens konzeptionell berücksichtigen, könnten zur Vermeidung hoher Drop-out-Raten bei (Wieder-)Einsteigern beitragen, die Hinführung zu einem körperlich-aktiven Lebensstil unterstützen und infolgedessen einen Beitrag zur Reduktion des Anteils körperlich Inaktiver in der Bevölkerung leisten. In den ACSM-Richtlinien (2011) fanden affektive Reaktionen bereits als sekundärer Parameter der Belastungssteuerung während sportlicher Aktivität Berücksichtigung; bevor diese jedoch als primäres Instrument herangezogen werden können, bedarf es noch weiterer Forschung.

---

## Literaturverzeichnis

- Abele, A. & Brehm, W. (1986). Befindlichkeitsveränderungen im Sport. *Sportwissenschaft*, 16 (3), 288-302.
- Acevedo, E.O. & Ekkekakis, P. (2006). Psychobiology of physical activity: Integration at last! In E.O. Acevedo & P. Ekkekakis (Eds.), *Psychobiology of physical activity* (pp. 1-14). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50 (2), 179-211.
- American College of Sports Medicine (ACSM, 2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (7), 1334-1359.
- American College of Sports Medicine (ACSM, 2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (10th Edition)*. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.
- Anderson, G.S. & Rhodes, E.C. (1989). A Review of blood lactate and ventilatory methods of detecting transition thresholds. *Sports Medicine*, 8 (1), 43-55.
- Backhouse, S.H., Ekkekakis, P., Biddle, S.J., Foskett, A. & Williams, C. (2007). Exercise makes people feel better but people are inactive: Paradox or artifact? *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29 (4), 498-517.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Bartsch, A. & Hübner, S. (2004). *Emotionale Kommunikation – ein integratives Modell*. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Beltz, N.M., Gibson, A.L., Janot, J.M., Kravitz, L., Mermier, C.M. & Dalleck, L.C. (2016). Graded exercise testing protocols for the determination of VO<sub>2</sub>max: Historical perspectives, progress, and future considerations. *Journal of Sports Medicine*, 3968393.
- Berger, B.G. & Motl, R.W. (2000). Exercise and mood: A selective review and synthesis of research employing the Profile of Mood States. *Journal of Applied Sport Psychology*, 12 (1), 69-92.
- Biddle, S.J. & Batterham, A.M. (2015). High-intensity interval exercise training for public health: A big HIT or shall we HIT it on the head? *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12 (1), 95.

- Binder, R.K., Wonisch, M., Corra, U., Cohen-Solal, A., Vanhees, L., Saner, H. et al. (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 15 (6), 726-734.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R.F. (2010). *Biologische Psychologie (7., vollst. überarb. u. ergänzte Auflage)*. Heidelberg: Springer Medizin.
- Blankers, M., Koeter, M.W. & Schippers, G.M. (2010). Missing data approaches in eHealth research: Simulation study and a tutorial for nonmathematically inclined researchers. *Journal of Medical Internet Research*, 12 (5), e54.
- Borg, G.A. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2 (2), 92-98.
- Borg, G.A. (1982). A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. In H.-G. Geissler & P. Petzold (Eds.), *Psychophysical judgement and the process of perception* (pp. 25-34). Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Borg, G.A. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Champaign: Human Kinetics.
- Borg, G.A. (2004). Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt*, 101 (15), A1016-1021.
- Bowlby, J. (1969). *Attachment and loss*. New York: Basic Books.
- Brand, R. & Cheval, B. (2019). Theories to explain exercise motivation and physical inactivity: Ways of expanding our current theoretical perspective. *Frontiers in Psychology*, 10, 1147.
- Brand, R. & Kanning, M. (2019). Sport tut gut?! Bewegung und Wohlbefinden. In A. Güllich & M. Krüger (Hrsg.), *Sport in Kultur und Gesellschaft: Handbuch Sport und Sportwissenschaft* (S.1-13). Heidelberg: Springer. [Elektronische Publikation vor Drucklegung] Zugriff am 11. Juni 2019 unter [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-53385-7\\_36-1.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-53385-7_36-1.pdf)
- Brehm, W. (2006). Stimmung und Stimmungsmanagement. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport* (2., vollst. neu bearb. Auflage, S. 319-333). Schorndorf: Hofmann.
- Bryan, A.D., Hutchison, K.E., Seals, D.R. & Allen, D.E. (2007). A transdisciplinary model integrating genetic, physiological, and psychological correlates of voluntary exercise. *Health Psychology*, 26 (1), 30-39.

- Bryan, A.D., Magnan, R.E., Nilsson, R., Marcus, B.H., Tompkins, S.A. & Hutchison, K.E. (2011). The big picture of individual differences in physical activity behavior change: A transdisciplinary approach. *Psychology of Sport and Exercise*, 12 (1), 20-26.
- Buck, R. (1990). Mood and Emotion: A comparison of five contemporary views. *Psychological Inquiry*, 1 (4), 330-336.
- Bühner, M. (2010). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson.
- Cacioppo, J.T., Gardner, W.L. & Berntson, G.G. (1999). The affect processing system has parallel and integrative processing components: Form follows function. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76 (5), 839-855.
- Caspersen, C.J., Powell, K.E. & Christenson, G.M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100 (2), 126-131.
- Chang, Y.K., Labban, J.D., Gapin, J.I. & Etnier, J.L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101.
- Cox, A.E., Roberts, M.A., Cates, H.L. & McMahon, A.K. (2018). Mindfulness and Affective Responses to Treadmill Walking in Individuals. *International Journal of Exercise Science*, 11 (5), 609-624.
- Cox, R.H. (2002). *Sport psychology: Concepts and applications (5th ed.)*. Boston, MA: McGraw-Hill.
- Damasio, A. (2003). *Der Spinoza-Effekt. Wie Gefühle unser Leben bestimmen*. München: List.
- Damasio, A. (2011). *Selbst ist der Mensch: Körper, Geist und die Entstehung des menschlichen Bewusstseins*. München: Siedler.
- Damasio, A. & Carvalho, G.B. (2013). The nature of feelings: Evolutionary and neurobiological origins. *Nature Reviews Neuroscience*, 14 (2), 143-152.
- Decker, E.S. & Ekkekakis, P. (2017). More efficient, perhaps, but at what price? Pleasure and enjoyment responses to high-intensity interval exercise in low-active women with obesity. *Psychology of Sport and Exercise*, 28, 1-10.
- Diener, E. (1984). Subjective well-being. *Psychological Bulletin*, 95 (3), 542-575.
- Diener, E. (2000). Subjective well-being: The science of happiness and a proposal for a national index. *American Psychologist*, 55 (1), 34-43.

- Diener, E. (2005). Guidelines for national indicators of subjective well-being and ill-being. *University of Illinois: Psychology Department Labs*. Zugriff am 12. Juni 2019 unter [https://internal.psychology.illinois.edu/~ediener/Documents/Guidelines\\_for\\_National\\_Indicators.pdf](https://internal.psychology.illinois.edu/~ediener/Documents/Guidelines_for_National_Indicators.pdf)
- Diener, E. & Lucas, R. (2000). Explaining differences in societal levels of happiness: Relative standards, need fulfillment, culture, and evaluation theory. *Journal of Happiness Studies: An Interdisciplinary Periodical on Subjective Well-Being*, 1 (1), 41-78.
- Diener, E., Suh, E.M., Lucas, R.E. & Smith, H.L. (1999). Subjective well-being: Three decades of progress. *Psychological Bulletin*, 125 (2), 276-302.
- Disabato, D.J., Goodman, F.R., Kashdan, T.B., Short, J.L. & Jarden, A. (2015). Different types of well-being? A cross-cultural examination of hedonic and eudaimonic well-being. *Psychological Assessment*, 28 (5), 471-482.
- Dishman, R.K. & Buckworth, J. (1997). Adherence to physical exercise. In W.P. Morgan (Ed.), *Physical activity and mental health* (pp. 63-80). Washington, DC: Taylor & Francis.
- Ekkekakis, P. (2003). Pleasure and displeasure from the body: Perspectives from exercise. *Cognition and Emotion*, 17 (2), 213-239.
- Ekkekakis, P. (2005). Exercise and Affect – The study of affective responses to acute exercise: The dual-mode model. In R. Steller & K.K. Roessler (Eds.), *New Approaches to Sport and Exercise Psychology* (pp. 119-146). Oxford, United Kingdom: Meyer & Meyer Sport.
- Ekkekakis, P. (2008). Affect circumplex redux: The discussion on its utility as a measurement framework in exercise psychology continues. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 31 (4), 505-553.
- Ekkekakis, P. (2009a). The Dual-Mode Theory of affective responses to exercise in meta-theoretical context: I. Initial impetus, basic postulates, and philosophical framework. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 2 (1), 73-94.
- Ekkekakis, P. (2009b). The dual-mode theory of affective responses to exercise in metatheoretical context: II. Bodiless heads, ethereal cognitive schemata, and other improbable dualistic creatures, exercising. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 2 (2), 139-160.
- Ekkekakis, P. (2009c). Illuminating the black box: Investigating prefrontal cortical hemodynamics during exercise with near-infrared spectroscopy. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 31 (4), 505-553.

- Ekkekakis, P. (2012). The measurement of affect, mood, and emotion in exercise psychology. In G. Tenenbaum, R.C. Eklund & A. Kamata (Eds.), *Measurement in Sport and Exercise Psychology* (pp. 321-332). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ekkekakis, P. (2013). *The measurement of affect, mood, and emotion: A guide for health-behavioral research*. New York: Cambridge University Press.
- Ekkekakis, P. (2014). Affect. In R.C. Eklund & G. Tenenbaum (Eds.), *Encyclopedia of sport and exercise psychology* (pp. 17-19). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Ekkekakis, P. (2017). People have feelings! Exercise psychology in paradigmatic transition. *Current Opinion in Psychology*, 16, 84-88.
- Ekkekakis, P. & Acevedo, E.O. (2006). Affective responses to acute exercise: Toward a psychobiological dose-response model. In E.O. Acevedo & P. Ekkekakis (Eds.), *Psychobiology of physical activity* (pp. 91-109). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ekkekakis, P., Hall, E.E. & Petruzzello, S.J. (1999). Cognitive and physiological correlates of affect during a maximal exercise test. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 21, 40.
- Ekkekakis, P., Hall, E.E. & Petruzzello, S.J. (2004). Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism during exercise: Rationale and a case for affect-based exercise prescription. *Preventive Medicine*, 38 (2), 149-159.
- Ekkekakis, P., Hall, E.E. & Petruzzello, S.J. (2005). Variation and homogeneity in affective responses to physical activity of varying intensities: An alternative perspective on dose-response based on evolutionary considerations. *Journal of Sports Sciences*, 23 (5), 477-500.
- Ekkekakis, P., Hall, E.E. & Petruzzello, S.J. (2008). The relationship between exercise intensity and affective responses demystified: To crack the forty-year-old nut, replace the forty-year-old nutcracker! *Annals of Behavioral Medicine*, 35 (2), 136-149.
- Ekkekakis, P., Hall, E.E., Van Landuyt, L.M. & Petruzzello, S.J. (2000). Walking in (affective) circles: Can short walks enhance affect? *Journal of Behavioral Medicine*, 23 (3), 245-275.
- Ekkekakis, P. & Lind, E. (2006). Exercise does not feel the same when you are overweight: The impact of self-selected and imposed intensity on affect and exertion. *International Journal of Obesity*, 30 (4), 652-660.
- Ekkekakis, P., Lind, E. & Vazou, S. (2010). Affective responses to increasing levels of exercise intensity in normal-weight, overweight, and obese middle-aged women. *Obesity*, 18 (1), 79-85.

- Ekkekakis, P., Parfitt, G. & Petruzzello, S.J. (2011). The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: Decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. *Sports Medicine*, 41 (8), 641-671.
- Ekkekakis, P. & Petruzzello, S.J. (1999). Acute aerobic exercise and affect: Current status, problems, and prospects regarding dose-response. *Sports Medicine*, 28 (5), 337-374.
- Ekkekakis, P. & Zenko, Z. (2016). Escape from cognitivism: Exercise as hedonic experience. In M. Raab, P. Wylleman, R. Seiler, A.-M. Elbe & A. Hatzigeorgiadis (Eds.), *Sport and exercise psychology research: From theory to practice* (pp. 389-414). San Diego, CA: Academic Press.
- Emerson, J.A. & Williams, D.M. (2015). The multifaceted relationship between physical activity and affect. *Social and Personality Psychology Compass*, 9 (8), 419-433.
- Engels, J. & Diehr, P. (2003). Imputation of Missing Longitudinal Data: A Comparison of Methods. *Journal of Clinical Epidemiology*, 56, 968-976.
- Europäische Kommission (2010). Sport und körperliche Betätigung. Spezial-Eurobarometer 334, Welle 72.3 (Oktober 2009). *TNS Opinion & Social*. Zugriff am 15. August 2019 unter [https://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs\\_334\\_de.pdf](https://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_334_de.pdf)
- Fahrenberg, J., Leonhart, R. & Foerster, F. (2002). *Alltagsnahe Psychologie mit hand-held PC und physiologischem Mess-System*. Bern: Huber.
- Feldman Barrett, L. & Russell, J.A. (1999). The Structure of Current Affect: Controversies and Emerging Consensus. *American Psychological Society*, 8 (1), 10-14.
- Finger, J.D., Tafforeau, J., Gisle, L., Oja, L., Ziese, T., Thelen, J. et al. (2015). Development of the European Health Interview Survey - Physical Activity Questionnaire (EHIS-PAQ) to monitor physical activity in the European Union. *Archives of Public Health*, 73, 59.
- Fox, K.R. (1999). The influence of physical activity on mental well-being. *Public Health and Nutrition*, 2 (3a), 411-418.
- Fox, K.R. (2000). The effects of exercise on self-perceptions and self-esteem. In S.J. Biddle, K.R. Fox & S.H. Boutcher (Eds.), *Physical activity and psychological well-being* (pp. 88-117). London: Routledge.
- Fredrickson, B.L. & Kahneman, D. (1993). Duration neglect in retrospective evaluations of affective episodes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65 (1), 45-55.

- Frijda, N.H. (2009). Mood. In D. Sander & K.R. Scherer (Eds.), *The Oxford companion to emotion and the affective sciences* (pp. 258-259). New York: Oxford University Press.
- Fuchs, R. (2003). *Sport, Gesundheit und Public Health*. Göttingen: Hogrefe.
- Fuchs, R. & Schlicht, W. (2012). Seelische Gesundheit und sportliche Aktivität: Zum Stand der Forschung. In R. Fuchs & W. Schlicht (Hrsg.), *Seelische Gesundheit und sportliche Aktivität* (S. 1-11). Göttingen: Hogrefe.
- Fuchs, R., Klaperski, S., Gerber, M. & Seelig, H. (2015). Messung der Bewegungs- und Sportaktivität mit dem BSA-Fragebogen: Eine methodische Zwischenbilanz. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 23 (2), 60-76.
- Gerber, M. & Fuchs, R. (2018). Stressregulation und Sport: Ein Überblick zum Stand der Forschung. In R. Fuchs & M. Gerber (Hrsg.), *Handbuch Stressregulation und Sport* (S. 3-20). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Goschke, T. & Dreisbach, G. (2011). Kognitive-affektive Neurowissenschaft: Emotionale Modulation des Erinnerns, Entscheidens und Handelns. In H.-U. Wittchen & J. Hoyer (Hrsg.), *Klinische Psychologie und Psychotherapie* (2. Auflage, S. 129-168). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Grawe, K. (2004). *Neuropsychotherapie*. Göttingen: Hogrefe.
- Gray, J.A. (1982). On mapping anxiety. *Behavioral and Brain Sciences*, 5 (3), 506-534.
- Guerin, E. & Fortier, M. (2013). The moderating influence of situational motivation on the relationship between preferred physical activity and positive affect: An experimental study with active women. *Sage Open*, 3, 1-13.
- Gunes, H., Piccardi, M. & Pantic, M. (2008). From the lab to the real world: Affect recognition using multiple cues and modalities. In J. Or (Ed.), *Affective computing: Focus on emotion expression, synthesis, and recognition* (pp. 185-218). Vienna, Austria: In-techOpen.
- Hager, W. (2000). Zur Wirksamkeit von Interventionsprogrammen: Allgemeine Kriterien der Wirksamkeit von Programmen in einzelnen Untersuchungen. In W. Hager, J.-P. Patry, & H. Brenzing (Hrsg.), *Handbuch Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen. Standards und Kriterien* (S. 153-168). Bern: Huber.
- Hall, E.E., Ekkekakis, P. & Petruzzello, S.J. (2002). The affective beneficence of vigorous exercise revisited. *British Journal of Health Psychology*, 7 (1), 47-66.
- Hanin, J. & Ekkekakis, P. (2014). Emotions in sport and exercise settings. In A. Papaioannou & D. Hackfort (Eds.), *Routledge companion to sport and exercise psychology* (pp. 83-104). London: Routledge.

- Hardy, C.J. & Rejeski, W.J. (1989). Not what, but how one feels: The measurement of affect during exercise. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 11 (3), 304-317.
- Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (2006). Motivation und Handeln: Einführung und Überblick. In J. Heckhausen & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation und Handeln* (3. Auflage, S. 1-9). Heidelberg: Springer.
- Hoebel, J., Finger, J.D., Kuntz, B., Kroll, L.E., Manz, K., Lange, C. et al. (2017). Changing educational inequalities in sporting activity among adults in Germany: A trend study from 2003 to 2012. *BMC Public Health*, 17, 547.
- Hoffmann, P. (1997). The endorphin hypothesis. In W.P. Morgan (Ed.), *Physical activity & mental health* (pp. 213-232). Washington: Taylor & Francis.
- Howley, E.T. (2001). Type of activity: Resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (6), 364-369.
- Huber, G. (1987). *Psychiatrie. Systematischer Lehrtext für Ärzte und Studenten* (4. Auflage). Stuttgart: Schattauer.
- Jackson, S.A. & Marsh, H. (1996). Development and validation of a scale to measure optimal exercise: The flow state scale. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 18, 17-35.
- Jeckel, S. & Sudeck, G. (2018). Sport activities in daily routine: Situational associations between individual goals, activity characteristics, and affective well-being. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48 (1), 26-39.
- Jones, L., Karageorghis, C.I. & Ekkekakis, P. (2014). Can high-intensity exercise be more pleasant?: Attentional dissociation using music and video. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 36 (5), 528-541.
- Kahneman, D. (1999). Objective happiness. In D. Kahneman, E. Diener & N. Schwarz (Eds.), *Well-being: Foundations of hedonic psychology* (S. 3-25). New York: Russell-Sage.
- Karageorghis, C.I. & Jones, L. (2014). On the stability and relevance of the exercise heart rate-music-tempo preference relationship. *Psychology of Sport and Exercise*, 15 (3), 299-310.
- Katch, V., Weltman, A., Sady, S. & Freedson, P. (1978). Validity of the relative percent concept for equating training intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 39 (4), 219-227.
- Kindermann, W. (2004). Anaerobe Schwelle. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55 (6), 161-162.

- Kirkcaldy, B.C. & Shephard, R.J. (1990). Therapeutic implications of exercise. *International Journal of Sport Psychology*, 21 (3), 165-184.
- Koltyn, K.F. (1997). The thermogenic hypothesis. In W.P. Morgan (Ed.), *Physical activity and mental health* (pp. 213-226). Washington, DC: Taylor & Francis.
- Laszkiewicz, E. (2013). Sample size and structure for multilevel modelling: Monte Carlo investigation for the balanced design. *Quantitative Methods in Economics*, 14 (2), 19-28.
- Leder, D. (1990). *The absent body*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- LeDoux, J.E. (1996). *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Touchstone.
- LeDoux, J.E. (1998). *Das Netz der Gefühle: Wie Emotionen entstehen*. München: Carl Hanser.
- LeDoux, J.E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23 (1), 155-184.
- LeDoux, J.E. (2016). *Angst: Wie wir Furcht und Angst begreifen und therapieren können, wenn wir das Gehirn verstehen*. Salzburg: Ecwin.
- Lee, H.H., Emerson, J.A. & Williams, D.M. (2016). The exercise-affect-adherence pathway: An evolutionary perspective. *Frontiers in Psychology*, 7, 1285.
- Lee, I.-M., Shiroma, E.J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S.N. & Katzmarzyk, P.T. (2012). Impact of Physical Inactivity on the World's Major Non-Communicable Disease. *Lancet*, 380 (9838), 219-229.
- Lehnert, K., Sudeck, G. & Conzelmann, A. (2012). Subjective well-being and exercise in the second half of life: A critical review of theoretical approaches. *European Review of Aging and Physical Activity*, 9 (2), 87-102.
- Liao, Y., Shonkoff, E.T. & Dunton, G.F. (2015). The acute relationships between affect, physical feeling states, and physical activity in daily life: A review of current evidence. *Frontiers in Psychology*, 6, 1975.
- Lischetzke, T. & Eid, M. (2005). Wohlbefinden. In H. Weber & T. Rammsayer (Hrsg.), *Handbuch der Persönlichkeitspsychologie und Differentiellen Psychologie* (Reihe Handbuch der Psychologie, Band 2, S. 413-422). Göttingen: Hogrefe.

- Lois, D. (2015). Mehrebenenanalyse mit SPSS: Grundlagen und Erweiterungen (Stand: April 2015 (V2.0)). *Universität der Bundeswehr München: Methodenskripte*. Zugriff am 03. Juli 2019 unter <https://www.unibw.de/hum-bildungswissenschaft/professoren/swm/methodenskripte/mehrebenenanalyse-mit-spss-grundlagen-und-erweiterungen.pdf>
- Lytle, L.A. (2009). Examining the etiology of childhood obesity: The IDEA study. *American Journal of Community Psychology, 44* (3-4), 338-349.
- Maas, C.J. & Hox, J.J. (2005). Sufficient sample sizes for multilevel modeling. *Methodology: European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences, 1* (3), 86-92.
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P. et al. (1976) Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmedizin, 27*, 80-88.
- Magnan, R.E., Kwan, B.M. & Bryan, A.D. (2013). Effects of current physical activity on affective response to exercise: Physical and social-cognitive mechanisms. *Psychology & Health, 28* (4), 418-433.
- Maibach, M., Niederberger, M., Sudeck, G. & Kopp, M. (in Vorb.). *Erfassung unmittelbarer affektiver Reaktionen auf körperliche Aktivität: Eine Validierungsstudie für deutschsprachige Versionen der Feeling Scale und der Felt Arousal Scale*.
- Markowitz, S.M. & Arent, S.M. (2010). The exercise and affect relationship: Evidence for the dual-mode model and a modified opponent process theory. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 32* (5), 711-730.
- Matsumoto, H. & Takenaka, K. (2004). Motivational profiles and stages of exercise behavior change. *International Journal of Sport and Health Science, 2*, 89-96.
- McLaren, S.J., Macpherson, T.W., Coutts, A.J., Hurst, C., Spears, I.R. & Weston, M. (2018). The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: A meta-analysis. *Sports Medicine, 48* (3), 641-658.
- McLean, P.D. (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portions of limbic system (visceral brain). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 4* (4), 407-418.
- Mees, U. (2006). Zum Forschungsstand der Emotionspsychologie – eine Skizze. In R. Schützeichel (Hrsg.), *Emotionen und Sozialtheorie: Disziplinäre Ansätze* (S.104-124). Frankfurt: Campus.
- Miller, G.A. (2003). The cognitive revolution: A historical perspective. *Trends in Cognitive Sciences, 7* (3), 141-144.

- Miller, K.R., McClave, S.A., Jampolis, M.B., Hurt, R.T., Krueger, K., Landes, S. et al. (2016). The Health Benefits of Exercise and Physical Activity. *Current Nutrition Reports*, 5 (3), 204-212.
- Molinari, V., Schmid, J., Sudeck, G. & Conzelmann, A. (2015). Wirkung sportlicher Aktivität auf das aktuelle Befinden im höheren Erwachsenenalter. Verlaufsanalysen in Sportprogrammen. *Sportwissenschaft*, 45, 138-148.
- Morgan, W.P. (1985). Affective beneficence of vigorous physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17 (1), 94-100.
- Nachtigall, C. & Wirtz, M.A. (2013). *Wahrscheinlichkeitsrechnung und Inferenzstatistik: Statistische Methoden für Psychologen. Teil 2 (6. Auflage)*. Weinheim: Beltz.
- Neef, N.A., Shade, D. & Miller, M.S. (1994). Assessing influential dimensions of reinforcers on choice in students with serious emotional disturbance. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 27 (4), 575-583.
- Norton, K., Norton, L. & Sadgrove, D. (2010). Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13 (5), 496-502.
- Nowlis, V. & Nowlis, H.H. (1956). The description and analysis of mood. *Annals of the New York Academy of Science*, 65 (4), 345-355.
- Ojanen, M. (1994). Can the true effects of exercise on psychological variables be separated from placebo effects? *International Journal of Sport Psychology*, 25 (1), 63-80.
- Oliveira, B.R., Deslandes, A.C. & Santos, T.M. (2015). Differences in exercise intensity seems to influence the affective responses in self-selected and imposed exercise: A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 6, 1105.
- Panksepp, J. (1998). *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. New York, US: Oxford University Press.
- Parfitt, G. & Hughes, S. (2009). The exercise intensity-affect relationship: Evidence and implications for exercise behaviour. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 7 (2), 34-41.
- Parfitt, G., Rose, E.A. & Burgess, W.M. (2006). The psychological and physiological responses of sedentary individuals to prescribed and preferred intensity exercise. *British Journal of Health Psychology*, 11 (1), 39-53.
- Pavot, W. & Diener, E. (1993). Review of the satisfaction with life scale. *Psychological Assessment*, 5 (2), 164-172.
- Pescatello, L.S. & Roth, S.M. (2011). *Exercise genomics*. New York: Springer.

- Petruzzello, S.J. (2001). Reflecting, recognizing, and reintegrating. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 23*, 265-267.
- Pfeifer, K., Banzer, W., Ferrari, N., Füzeki, E., Geidl, W., Graf, C. et al. (2016). Empfehlungen für Bewegung. In A. Rütten & K. Pfeifer (Hrsg.), *Nationale Empfehlungen für Bewegung und Bewegungsförderung* (S. 17-40). Erlangen: FAU University Press.
- Prinz, J. (2005). Are emotions feelings? *Journal of Consciousness Studies, 12* (8-10), 9-25.
- Pronk, N.P., Crouse, S.F. & Rohack, J.J. (1995). Maximal exercise and acute mood response in women. *Physiology and Behaviour, 57* (1), 1-4.
- Raglin, J.S. & Morgan, W.P. (1985). Influence of vigorous exercise on mood state. *The Behavior Therapist, 8* (9), 179-183.
- Rasch, B. Friese, M. Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). *Quantitative Methoden 1: Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler (4. Auflage)*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Reed, J. (2005). Acute physical activity and self-reported affect: A review. In A.V. Clark (Ed.), *Causes, role and influence of mood states* (S. 91-113). New York: Nova Science.
- Reed, J. & Buck, S. (2009). The effect of regular aerobic exercise on positive-activated affect: A meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise, 10* (6), 581-594.
- Reed, J. & Ones, D.S. (2006). The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise, 7* (5), 477-514.
- Reimers, C.D., Knapp, G. & Reimers, A.K. (2012). Does physical activity increase life expectancy? A review of the literature. *Journal of Aging Research, 24*3958.
- Rhodes, R.E. & Kates, A. (2015). Can the affective response to exercise predict future motives and physical activity behavior? A systematic review of published evidence. *Annals of Behavioral Medicine, 49* (5), 715-731.
- Rose, E.A. & Parfitt, G. (2007). A quantitative analysis and qualitative explanation of the individual differences in affective responses to prescribed and self-selected exercise intensities. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 29* (3), 281-309.
- Rose, E.A. & Parfitt, G. (2010). Pleasant for some and unpleasant for others: A protocol analysis of the cognitive factors that influence affective response to exercise. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 7* (15), 1-15.
- Rupp, T. & Perrey, S. (2008). Prefrontal cortex oxygenation and neuromuscular responses to exhaustive exercise. *European Journal of Applied Physiology, 102* (2), 153-163.
- Russell, J.A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology, 39* (6), 1161-1178.

- Russell, J.A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review*, 110 (1), 145-172.
- Russell, J.A. & Feldman Barrett, L. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76 (5), 805-819.
- Sallis, J.F. & Owen, N. (1999). *Physical activity and behavioral medicine*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Scherer, K.R. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social Sciences Information*, 44 (4), 695-729.
- Schimmack, U. & Grob, A. (2000). Dimensional models of core affect: A quantitative comparison by means of structural equation modeling. *European Journal of Personality*, 14 (4), 325-345.
- Schlicht, W., Ebner-Priemer, U.W. & Kanning, M. (2013). Ecological momentary assessment and intervention in physical activity and well-being: Affective reactions, social-cognitive factors, and behaviors as determinants of physical activity and exercise. *Frontiers in Psychology*, 4, 916.
- Schlicht, W. & Reicherz, A. (2012). Sportliche Aktivität und affektive Reaktionen. In R. Fuchs & W. Schlicht (Hrsg.), *Seelische Gesundheit und sportliche Aktivität* (S. 12-33). Göttingen: Hogrefe.
- Schneider, M.L. & Kwan, B.M. (2013). Psychological need satisfaction, intrinsic motivation and affective response to exercise in adolescents. *Psychology of Sport and Exercise*, 14 (5), 776-785.
- Sheppard K.E. & Parfitt, G. (2008a). Acute affective responses to prescribed and self-selected exercise intensities in young adolescent boys and girls. *Pediatric Exercise Science*, 20 (2), 129-141.
- Sheppard, K.E. & Parfitt, G. (2008b). Patterning of physiological and affective responses during a graded exercise test in sedentary men and boys. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 6 (2), 121-129.
- Siebert, M. (2002). *Die Bedeutung der Amygdala für Emotionsverarbeitung und Gedächtnis*. Dissertation, Universität Bielefeld.
- Skinner, J.S. & Mc Lellan, T.M. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51 (1), 234-248.
- Solomon, R.L. (1991). Acquired motivation and affective opponent-processes. In J. Madden (Ed.), *Neurobiology of learning, emotion, and affect* (pp. 307-347). New York: Raven.

- Stoll, O. (2010). Biopsychologische Grundlagen von Kognition, Emotion und Motivation im Sport. In O. Stoll, I. Pfeffer & D. Alfermann (Hrsg.), *Lehrbuch Sportpsychologie* (S. 15-42). Bern: Huber.
- Stork, M.J., Banfield, L.E., Gibala, M.J. & Martin Ginis, K.A. (2017). A scoping review of the psychological responses to interval exercise: is interval exercise a viable alternative to traditional exercise? *Health Psychology Review*, 11 (4), 324-344.
- Strath, S.J., Kaminsky, L.A., Ainsworth, B.E., Ekelund, U., Freedson, P.S., Gary, R.A. et al. (2013). Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications. A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 128 (20), 2259-2279.
- Streiner, D. & Norman, G. (1995). *Health measurement scales: A practical guide to their development and use (2nd edition)*. Oxford University Press: New York.
- Stych, K. & Parfitt, G. (2011). Exploring affective responses to different exercise intensities in low-active young adolescents. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 33 (4), 548-568.
- Sudeck, G. & Conzelmann, A. (2014) Zur interindividuellen Variabilität affektiver Reaktionen im Verlauf von Freizeit- und Gesundheitssportprogrammen. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 22 (3), 89-103.
- Sudeck, G. & Thiel, A. (im Druck). Sport, Wohlbefinden und psychische Gesundheit. In J. Schüler, H. Plessner & M. Wegner (Eds.), *Lehrbuch Sportpsychologie*. Berlin: Springer.
- Svebak, S. & Murgatroyd, S. (1985). Metamotivational dominance: A multimethod validation of reversal theory constructs. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48 (1), 107-116.
- Thiel, A., Sudeck, G., Gropper, H., Mattioni Maturana, F., Schubert, T., Srismith, D. et al. (im Review). *The iReAct Study – A biopsychosocial analysis of the individual response to physical activity*.
- Tschacher, W. & Storch, M. (2017). Grundlagen des Embodiment-Ansatzes in den Humanwissenschaften. *Motorik*, 40 (3), 118-126.
- Tudor-Locke, C., Brashear, M.M., Johnson, W.D. & Katzmarzyk, P.T. (2010). Accelerometer profiles of physical activity and inactivity in normal weight, overweight, and obese U.S. men and women. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7 (1), 60.

- Unick, J.L., Strohacker, K., Papandonatos, G., Williams, D., O'Leary, K.C., Dorfman, L. et al. (2015). Examination of the consistency in affective response to acute exercise in overweight and obese women. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 37 (5), 534-546.
- Urban, D. & Mayerl, J. (2018). *Angewandte Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Praxis (5. Auflage)*. Wiesbaden: Springer VS.
- Vaitl, D. (2006). Blick ins Gehirn: Wie Emotionen entstehen. *Gießener Universitätsblätter*, 39, 17-24.
- Van Landuyt, L.M., Ekkekakis, P., Hall, E.E. & Petruzzello, S.J. (2000). Throwing the mountains into the lakes: On the perils of nomothetic conceptions of the exercise-affect relationship. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 22 (3), 208-234.
- Vogt, M., Brügger, O., Schütz, R., Wehrli, J., Perret, C., Umberg, R. et al. (2005). Physiologische Trainingsintensitätszonen. *Fachgruppe Ausdauer von Swiss-Olympic: Fachdokumentation 2005/1*. Zugriff am 07. Juni unter <https://www.mobilesport.ch/assets/lbwp-cdn/mobilesport/files/2011/06/PhysiologischeTrainingsintensitaetszonen.pdf>
- Von Haaren, B., Loeffler, S.N., Haertel, S., Anastasopoulou, P., Stumpp, J., Hey, S. et al. (2013). Characteristics of the activity-affect association in inactive people: An ambulatory assessment study in daily life. *Frontiers in Psychology*, 4, 163.
- Wagner, P., Woll, A., Singer, R. & Bös, K. (2007). Körperlich-sportliche Aktivität: Definitionen, Klassifikationen und Methoden. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport* (S. 58-68). Schorndorf: Hofmann.
- Wahl, P., Hägele, M., Zinner, C., Bloch, W. & Mester, J. (2010). High Intensity Training (HIT) für die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Normalpersonen und im Präventions- & Rehabilitationsbereich. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 160 (23-24), 627-636.
- Warburton, D.E., Nicol, C.W. & Bredin, S. (2006) Health benefits of physical activity: The evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174 (6), 801-809.
- Welch, A.S., Hulley, A., Ferguson, C. & Beauchamp, M.R. (2007). Affective responses of inactive women to a maximal incremental exercise test: A test of the dual-mode model. *Psychology of Sport and Exercise*, 8 (4), 401-423.
- Wen, C.P., Wai, J.P., Tsai, M.K., Yang, Y.C., Cheng, T.Y., Lee, M.-C. et al. (2011). Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: A prospective cohort study. *The Lancet*, 378 (9798), 1244-1253.

- Wilhelm, F.H. & Grossman, P. (2010). Emotions beyond the laboratory: Theoretical fundamentals, study design, and analytic strategies for advanced ambulatory assessment. *Biological Psychology*, 84 (3), 552-569.
- Wilhelm, P. & Schoebi, D. (2007). Assessing mood in daily life: Structural validity, sensitivity of change, and reliability of a short-scale to measure three basic dimensions of mood. *European Journal of Psychological Assessment*, 23 (4), 258-267.
- Williams, D.M., Dunsiger, S., Jennings, E.G. & Marcus, B.H. (2012). Does affective valence during and immediately following a 10-min walk predict concurrent and future physical activity? *Annals of Behavioral Medicine*, 44 (1), 43-51.
- Williams, M.H. (1997). *Ernährung, Fitness und Sport (dt. Ausgabe hrsg. von R. Rost)*. Berlin: Ullstein Mosby.
- World Health Organization (WHO, 2012). Action Plan for implementation of the European Strategy for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2012–2016. *WHO Publications: Health Topics*. Zugriff am 05. Juli 2019 unter [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0019/170155/e96638.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/170155/e96638.pdf?ua=1)
- World Health Organization (WHO, 2018). Physical activity factsheets for the 28 European Union Member States of the WHO European Region: Overview (2018). *WHO Publications: Health Topics*. Zugriff am 05. Juli 2019 unter [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/382334/28fs-physical-activity-euro-rep-ng.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/382334/28fs-physical-activity-euro-rep-ng.pdf?ua=1)
- Wyatt, F.B. (1999). Comparison of lactate and ventilatory threshold to maximal oxygen consumption: A meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13 (1), 67-71.
- Young, P.T. (1952). The role of hedonic processes in the organization of behavior. *Psychological Review*, 59 (4), 249-262.

## Anhang

### Anhang 1: Ein- und Ausschlusskriterien der iReAct-Studie

#### Einschlusskriterien

- Männer und Frauen zwischen 20 und 40 Jahren
- Nichtraucher
- Body-Mass-Index (BMI) zwischen 18,5 und 30,0 kg/m<sup>2</sup>
- Aktuell keine Erfüllung der WHO-Empfehlungen für moderate körperliche Aktivität (unter 150 Minuten pro Woche)
- Aktuell weniger als 60 Minuten pro Woche körperliches Training in der Freizeit (einschließlich sportlicher, ausdauerorientierter und muskelkräftigender Aktivitäten) und kein regelmäßiges körperliches Training über mehrere Wochen in den letzten 6 Monaten
- Maximale Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2max</sub>) zwischen 25 und 50 ml/min/kg
- Keine aktuelle oder in der Vorgeschichte aufgetretene Essstörung oder Adipositas
- Keine schwerwiegenden internistischen oder neurologischen Vorerkrankungen
- Keine Schwangerschaft oder Stillzeit
- Deutsch als Muttersprache

#### Ausschlusskriterien

- Chronische Erkrankungen oder Befunde, die mit Einschränkungen für die Partizipation an einer Trainingsintervention einhergehen
- Einnahme von Medikamenten oder Nahrungsergänzungsmitteln innerhalb der letzten 4 Wochen, die nach Einschätzung der Prüfarzte das Studienergebnis beeinflussen könnten (Ausnahme bei Frauen: Einnahme von Kontrazeptiva)
- Kontraindikationen für die Gabe von Lokalanästhetika (Allergie, Hypersensitivität)
- Klinisch signifikante Abweichung der bestimmten Laborparameter
- Pathologische Befunde im Ruhe-EKG
- Venenverhältnisse, die keine mehrfache Blutentnahmen zulassen
- Teilnahme an einer Medikamentenstudie innerhalb der letzten drei Monate vor Studieneinschluss
- Einnahme von Drogen, Alkoholmissbrauch
- Aktuelle Psychotherapie

---

## **Anhang 2: Affektive Valenz (Feeling Scale, FS)**

***Beurteilen Sie hier, wie Sie sich derzeit im Allgemeinen fühlen.***

Während körperlicher Aktivität ist es üblich, dass man Stimmungsveränderungen erlebt. Einige Menschen finden körperliche Aktivität angenehm, während andere sie als unangenehm empfinden. Darüber hinaus kann das Befinden mit der Zeit schwanken. Das bedeutet, man kann sich während der körperlichen Aktivität mehrmals gut oder schlecht fühlen.

**+5 sehr gut**

**+4**

**+3 gut**

**+2**

**+1 eher gut**

**0 neutral**

**-1 eher schlecht**

**-2**

**-3 schlecht**

**-4**

**-5 sehr schlecht**

---

### Anhang 3: Aktivierung (Felt Arousal Scale, FAS)

**Beurteilen Sie hier, wie aktiviert Sie sich derzeit fühlen.**

Mit "aktiviert" ist gemeint, wie "aufgebracht" oder "angespannt" Sie sich fühlen.

Sie können hohe Aktivierung in einer von einer Vielzahl von Möglichkeiten erleben, beispielsweise als Aufregung, Angst oder Ärger.

Niedrige Aktivierung kann von Ihnen ebenfalls in einer von einer Reihe von Möglichkeiten erlebt werden, beispielsweise als Entspannung, Langeweile oder Gelassenheit.

#### **1 Niedrige Aktivierung**

**2**

**3**

**4**

**5**

#### **6 Hohe Aktivierung**

## **Anhang 4: Rating of Perceived Exertion Scale (RPE-CR-Skala)**

*Wie anstrengend empfinden Sie die körperliche Aktivität?*

**0 gar nicht**

**0,5 sehr, sehr leicht**

**1 sehr leicht**

**1,5**

**2 leicht**

**2,5**

**3 mäßig**

**4**

**5 anstrengend**

**6**

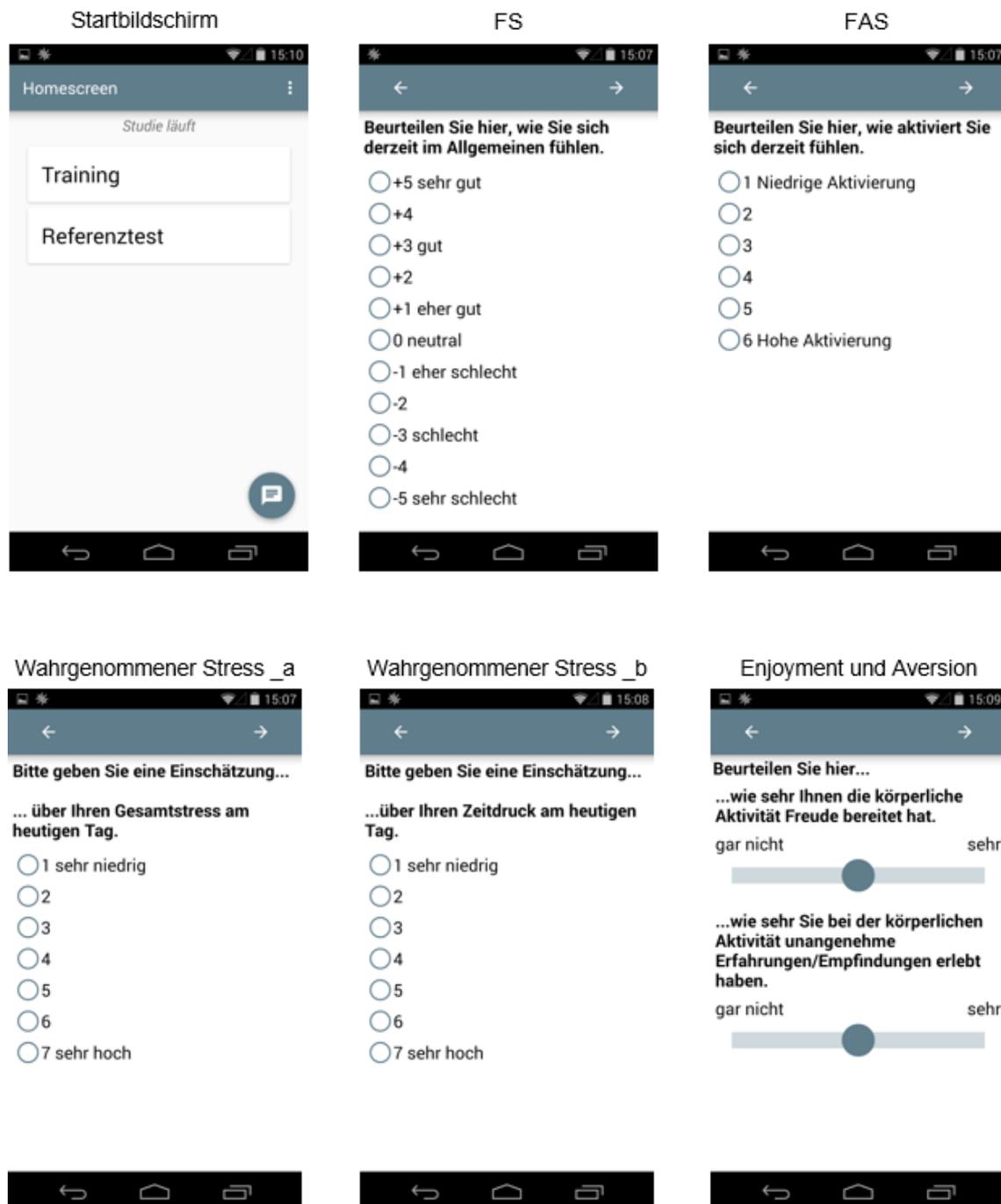
**7 sehr anstrengend**

**8**

**9**

**10 sehr, sehr anstrengend**

## Anhang 5: Screenshots der iReAct-Smartphone-Befragungen



RPE\_1

Wie anstrengend empfinden Sie die körperliche Aktivität?

- 0 gar nicht
- 0,5 sehr, sehr leicht
- 1 sehr leicht
- 1,5
- 2 leicht
- 2,5
- 3 mäßig
- 4
- 5 anstrengend
- 6
- 7 sehr anstrengend
- 8

RPE\_2 (gescrollt)

- 0,5 sehr, sehr leicht
- 1 sehr leicht
- 1,5
- 2 leicht
- 2,5
- 3 mäßig
- 4
- 5 anstrengend
- 6
- 7 sehr anstrengend
- 8
- 9
- 10 sehr, sehr anstrengend

WK

Ich habe das Gefühl, sehr kompetent für die körperliche Aktivität zu sein.

- 1 Stimme überhaupt nicht zu
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7 Stimme voll und ganz zu

ITL und IAT

Bitte geben Sie im Folgenden an, wie die einzelnen Aspekte Ihr Befinden während des Trainings insgesamt beeinflusst haben.

**Der Kontakt mit Trainingsleitenden war...**

sehr störend      neutral      sehr förderlich

**Der Kontakt mit anderen Trainierenden war (falls allein, bitte "neutral" wählen)...**

sehr störend      neutral      sehr förderlich

UMG und WIR

Bitte geben Sie im Folgenden an, wie die einzelnen Aspekte Ihr Befinden während des Trainings insgesamt beeinflusst haben.

**Die Einflüsse der Umgebung (z.B. Temperatur, Raum) waren...**

sehr störend      neutral      sehr förderlich

**Meine körperlichen Reaktionen und Empfindungen waren...**

sehr störend      neutral      sehr förderlich

AF

Meine Aufmerksamkeit während der Aktivität lag bei...

mir und meinem Körper      Anderen und der Umwelt

## Anhang 6: Ablaufplan der Befragung bei REF

Variable	Min	Beschreibung	Erhebungsinstrument
R_A	0	Prä	(1) Feeling Scale (FS) – Single Item (2) Felt Arousal Scale (FAS) – Single Item (3) Wahrgenommener Stress [Kontrollvariable] - 2 Items
R_B	10	Ende Warm-up	(1) FS (2) FAS (3) RPE (CR-10-Skala) – Single Item
R_C	20	Während I	(1) FS (2) FAS (3) RPE (4) Wahrgenommene Kompetenz (WK) – Single Item
R_D	30	Während II	(1) FS (2) FAS (3) RPE
R_E	40	Während III	(1) FS (2) FAS (3) RPE (4) WK
R_F	50	Während IV	(1) FS (2) FAS (3) RPE
R_G	60	Post	(1) FS (2) FAS (3) RPE (4) WK (5) a) Enjoyment (Exercise Enjoyment Scale; 1 Item) b) Aversion (1 Item) (6) Sozial-kognitive Determinanten (3 Items, [b] – [d]) [b] Interaktion mit Trainingsleitenden (ITL) [c] Umgebungsbedingungen (UMG) [d] Wahrnehmung interozeptiver Reize (WIR)

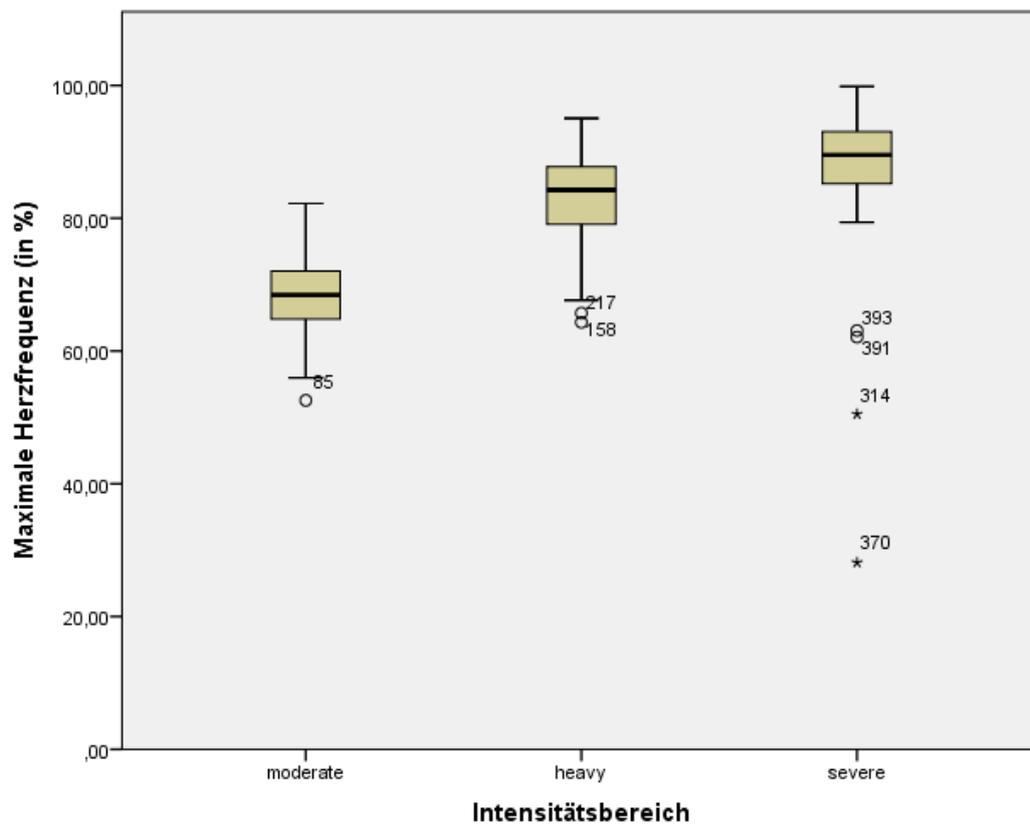
## Anhang 7: Ablaufplan der Befragung bei MICT

Variable	Min	Beschreibung	Erhebungsinstrument
T_A	0	Prä	(1) Feeling Scale (FS) – Single Item (2) Felt Arousal Scale (FAS) – Single Item (3) Wahrgenommener Stress [Kontrollvariable] - 2 Items
T_B	14	Während I	(1) FS (2) FAS
T_C	20	Während II	(1) FS (2) FAS (3) RPE (CR-10-Skala) – Single Item
T_D	25	Während III	(1) FS (2) FAS
T_E	31	Während IV	(1) FS (2) FAS (3) Wahrgenommene Kompetenz (WK) – Single Item
T_F	36	Während V	(1) FS (2) FAS
T_G	42	Während VI	(1) FS (2) FAS (3) RPE
T_H	47	Während VII	(1) FS (2) FAS
T_I	53	Während VIII	(1) FS (2) FAS (3) WK
T_J	58	Während IX	(1) FS (2) FAS
T_K	60	Post	(1) FS (2) FAS (3) RPE (4) WK (5) a) Enjoyment (EES) b) Aversion (2 Items) (6) Sozial-kognitive Determinanten (5 Items, [a] – [e]) [a] Interaktion mit anderen Trainierenden (IAT) [b] Interaktion mit Trainingsleitenden (ITL) [c] Umgebungsbedingungen (UMG) [d] Wahrnehmung interozeptiver Reize (WIR) [e] Aufmerksamkeitsfokus (AF)

## Anhang 8: Ablaufplan der Befragung bei HIIT

Variable	Min	Beschreibung	Erhebungsinstrument
T_A	0	Prä	(1) Feeling Scale (FS) – Single Item (2) Felt Arousal Scale (FAS) – Single Item (3) Wahrgenommener Stress [Kontrollvariable] - 2 Items
T_B	10	Ende Warm-up	(1) FS (2) FAS
T_C	14	Ende Belastungsintervall I	(1) FS (2) FAS (3) RPE (CR-10-Skala) – Single Item
T_D	18	Ende Regenerationsintervall I	(1) FS (2) FAS
T_E	22	Ende Belastungsintervall II	(1) FS (2) FAS (3) Wahrgenommene Kompetenz (WK) – Single Item
T_F	26	Ende Regenerationsintervall II	(1) FS (2) FAS
T_G	30	Ende Belastungsintervall III	(1) FS (2) FAS (3) RPE
T_H	34	Ende Regenerationsintervall II	(1) FS (2) FAS
T_I	38	Ende Belastungsintervall IV	(1) FS (2) FAS (3) WK
T_J	42	Ende Cool-down	(1) FS (2) FAS
T_K	43	Post	(1) FS (2) FAS (3) RPE (4) WK (5) a) Enjoyment (EES) b) Aversion (2 Items) (6) Sozial-kognitive Determinanten (5 Items, [a] – [e]) [a] Interaktion mit anderen Trainierenden (IAT) [b] Interaktion mit Trainingsleitenden (ITL) [c] Umgebungsbedingungen (UMG) [d] Wahrnehmung interozeptiver Reize (WIR) [e] Aufmerksamkeitsfokus (AF)

## Anhang 9: Graphische Ausreißer-Diagnose ( $HF_{max}$ ) mittels Boxplots



Anmerkungen. ○ Milde Ausreißer (1.5-3 IQA), \* Extreme Ausreißer (>3 IQA).

## Anhang 10: Multivariate Analyse unter Einschluss von $HF_{max, w}$ , $RPE_w$ und $LA_w$

Parameter	FS			FAS		
	b	T	p	b	T	p
$HF_{max, w}$	.031	-0.08	.407	-.058	-3.19	.002**
$RPE_w$	-.628	-5.40	< .001*	.369	6.57	< .001*
$LA_w$	.148	1.08	.284	.002	0.23	.982

Anmerkungen. \* höchstsignifikant, \*\* hochsignifikant, FS = Feeling Scale, FAS = Felt Arousal Scale, b = unstandardisierter Regressionskoeffizient, T = Prüfgröße, p = Signifikanzwert,  $HF_{max, w}$  = Within maximale Herzfrequenz,  $RPE_w$  = Within Rating of Perceived Exertion,  $LA_w$  = Within Laktat.

## Anhang 11: Gesamtübersicht der zentralen Studienergebnisse

	Parameter	Intensität	RG	b	T bzw. F	p	Geschätztes Randmittel		
<b>Fragestellung 2</b>	FS	M, H, S			20.57 (F)	< .001*			
		M	S	0.694	4.05	< .001*	3.21 [2.73; 3.68]		
		H	S	-0.381	-2.22	.027	2.13 [1.65; 2.60]		
		S	M	-0.694	-4.05	< .001*	2.51 [2.03; 2.99]		
		H	M	-1.076	-6,33	< .001*	2.13 [1.65; 2.60]		
	Parameter	Intensität	RG		Levene-Test	p	Standardabweichung		
<b>Fragestellung 3</b>	FS	M, H, S			24.32	< .001*	1.72		
		M	S		20.72	< .001*	1.09		
		H	S		6.91	.009**	2.08		
		S	M		48.27	< .001*	1.66		
	Parameter	Intensität	RG	b	T bzw. F	p	Anmerkung		
<b>Fragestellung 4</b>	a) Beanspruchungsparameter	<i>Physiologisch</i>	HF <sub>max, w</sub>	M, H, S		1.81 (F)	.165		
				M	S	0.073	1.66	.098	
				H	S	0.008	0.19	.853	
				S	M	-0.068	-1,59	.112	F <sub>RG-M</sub> = 1.60, p = .203
				H	M	-0.058	-1.49	.138	
	<i>Subjektiv</i>	RPE <sub>w</sub>	M, H, S			0.70 (F)	.498		
			M	S	0.184	1.07	.278		
			H	S	< 0.001	0.003	.997		
			S	M	-0.186	-1.08	.282	F <sub>RG-M</sub> = 0.71, p = .491	
			H	M	-0.185	-1.11	.266		
b) Sozial-kognitive Faktoren	<i>Personenbezogen</i>	WK <sub>w</sub>	M, H, S		2.93 (F)	.054			
			M	S	0.125	0.53	.600		
			H	S	0.449	2.34	.020***	H > S	
			S	M	-0.122	-0.51	.609	F <sub>RG-M</sub> = 2.93, p = .054	
			H	M	0.326	1.44	.150		
		WIR <sub>w</sub>	M, H, S			5.09 (F)	.007**		
	M	S	0.001	0.08	.939				

	H	S	0.035	2.58	.010***	H > S	
	S	M	-0.001	-0.09	.931	F <sub>RG-M</sub> = 5.08, p = .007	
	H	M	0.033	2.79	.006**	H > M	
<i>Umweltbezogen</i>	UMG <sub>w</sub>	M, H, S		0.41 (F)	.663		
		M	S	0.010	0.70	.486	
		H	S	0.013	0.89	.377	
		S	M	-0.010	-0.70	.486	F <sub>RG-M</sub> = 0.41, p = .667
		H	M	0.002	0.19	.852	
		ITL <sub>w</sub>	M, H, S		1.22 (F)	.297	
		M	S	0.027	1.43	.152	
		H	S	0.024	1.42	.156	
		S	M	-0.027	-1.43	.152	F <sub>RG-M</sub> = 1.22, p = .297
		H	M	-0.003	-0.21	.836	

*Anmerkungen.* \* höchstsignifikant ( $p < .001$ ), \*\* hochsignifikant ( $p < .01$ ), \*\*\* signifikant ( $p < .05$ ), RG = Referenzgruppe, b = unstandardisierter Regressionskoeffizient, T = Prüfgröße für Einzelvergleich, F = Prüfgröße für Globalvergleich, p = Signifikanzwert, FS = Feeling Scale, M = moderate, H = heavy, S = severe, HF<sub>max, w</sub> = Within maximale Herzfrequenz, RPE<sub>w</sub> = Within Rating of Perceived Exertion, WK<sub>w</sub> = Within Wargenommene Kompetenz, WIR<sub>w</sub> = Within Wahrnehmung interozeptiver Reize, UMG<sub>w</sub> = Within Umgebungsbedingungen, ITL<sub>w</sub> = Within Interaktion mit Trainingsleitenden.

## Anhang 12: Bivariate und Multivariate Analyse fester Effekte der sozial-kognitiven Faktoren auf die affektive Valenz

<i>Parameter</i>	<i>Feeling Scale (FS)</i>											
	<b>Bivariat</b>									<b>Multivariat</b>		
	Roh			within			between					
	b	T	p	b	T	p	b	T	p	b	T	p
<i>WK (pos)</i>	.586	7.89	< .001	<b>.613</b>	<b>7.75</b>	<b>&lt; .001</b>	.383	1.78	.091	.432	5.08	< .001
<i>WIR (pos)</i>	.038	7.87	< .001	<b>.039</b>	<b>7.66</b>	<b>&lt; .001</b>	.027	1.95	.065	.027	4.95	< .001
<i>UMG (pos)</i>	.006	1.30	.196	.004	0.75	.453	.020	1.56	.135			
<i>ITL (pos)</i>	.011	1.90	.059	.009	1.59	.112	.027	1.33	.200			

*Anmerkungen.* Fettdruck: Einschluss in multivariate Analyse, b: unstandardisierter Regressionskoeffizient, T = Prüfgröße, p = Signifikanzwert, pos = positiv („sehr förderlich“ als rechter Extremwert der Analogskala), WK = wahrgenommene Kompetenz, WIR = Wahrnehmung interozeptiver Reize, UMG = Umgebungsbedingungen, ITL = Interaktion mit Trainingsleitenden.

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre, dass ich die Arbeit selbstständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt habe und dass alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen sind durch Angabe der Quellen als Entlehnungen kenntlich gemacht worden sind.

Tübingen, 05.09.2019, K. Diestel  
Ort, Datum, Unterschrift