

1 EINLEITUNG

Mit der vorliegenden Arbeit werden folgende Ziele verfolgt: Erstens, soll dem zunehmenden Bedarf von Unternehmen an Unterstützung bezüglich des Umgangs mit psychischen Belastungen und Beanspruchungen entsprochen werden.¹ Zweitens werden die theoretischen, das heißt biopsychologischen Grundlagen des dafür in dieser Arbeit entwickelten Instruments, dem „Wuppertaler Screening Instrument psychische Beanspruchung – Profilanalyse (WSIB Pro)“ ausführlich dargestellt. Drittens soll mit dem hier beschriebenen Ansatz unter anderem gezeigt werden, in welcher Weise die Arbeits- und Organisationspsychologie von der theoretischen Begründung und einer gründlichen empirischen Fundierung im Kontext psychischer Belastung und Beanspruchung profitieren kann. Zur Einführung der Leserinnen und Leser in die Thematik werden in diesem einleitenden Kapitel Aufbau und Herangehensweise der vorliegenden Arbeit etwas ausführlicher dargestellt.

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit steht die psychische Beanspruchung während der Arbeit, die in Form von verschiedenen Beanspruchungszuständen erhoben wird. Messinstrument ist die „Eigenschaftswörterliste zur Erfassung von Emotionen und Beanspruchung in der Arbeit (EEB)“ von Wieland (Wieland, 2004, 2006a; Wieland, Krajewski & Memmou, 2006; Wieland, Metz & Richter, 2001), die inzwischen auch als Kurzform, dem „Wuppertaler Screening Instrument psychische Beanspruchung (WSIB)“ vorliegt (Hammes & Wieland, 2012a, b; Wieland, 2013; Wieland & Hammes, 2014b). Diese Instrumente gehen auf die Forschung von Rainer Wieland zurück.² Ausgangspunkt seiner Forschung waren die Erkenntnisse der „mental-workload Forschung“ sowie dimensionaler Modelle von Emotionen (Thayer, 1967; Watson, Clark & Tellegen, 1988; Wieland-Eckelmann, 1992; Wieland-Eckelmann & Bösel, 1987). Die EEB wird in der Arbeitsgruppe von Rainer Wieland als Bestandteil eines Fragebogeninventars, dem „Wuppertaler Inventar zur ressourcenorientierten Arbeits- und Organisationsgestaltung (WITAL)“ (Wieland, 2014b), eingesetzt. Konzeptueller Rahmen dieses Inventars ist das „Fünf x Fünf-Wirkungsmodell“ (Wieland, 2008, 2009, 2013, 2014a), in dem die Wechselwirkungen von fünf Merkmalsbereichen eines Arbeitssystems abgebildet werden: Arbeitsaufgabe und Arbeitsplatz, Zusammenarbeit und Führung, Merkmale der Person, Erleben und Befinden (Beanspruchung) sowie Leistung und Gesundheit. Psychische Beanspruchung steht als Prozessvariable im Zentrum dieses Wirkungsgefüges. Neben anwendungsbezogenen Zielstellungen, das

¹ Dieser Bedarf ergibt sich zum einen aus zunehmenden Fehlzeiten auf Grund psychischer und Verhaltensstörungen (Bundesministerium für Arbeit und Soziales [BMAS], 2013; Lohmann-Haislah, 2012; Seiler & Jansing, 2014), zum anderen aus der inzwischen auch durch das Arbeitsschutzgesetz vorgeschriebenen Forderung, psychische Belastungen in Gefährdungsbeurteilungen zu berücksichtigen sowie einer damit einhergehenden Neuausrichtung des deutschen Systems des Arbeits- und Gesundheitsschutzes (BMAS, 2014; Bechmann, Jäckle, Lück & Herdegen, 2011; Beck, Richter, Ertel & Morschhäuser, 2012; Berufsverband Deutscher Psychologinnen und Psychologen, 2008; Cosmar, Eichendorf & Portuné, 2014; Eigenstetter, Kunz, Portuné & Trimpop, 2014; Joiko, Schmauder & Wolff, 2010; Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik, 2002, 2003, 2009; Lohmann-Haislah, 2012; Nationale Arbeitsschutzkonferenz, 2012; Satzer & Langhoff, 2010; Scholz, 2013; Schütte & Köper, 2013; Trimpop et al., 2012; Wieland, 2013).

² Zahlreiche Einzelbeiträge von und mit Rainer Wieland zur EEB werden im Methodenteil zur Darstellung der Entwicklung und Validierung dieses Instrumentes verarbeitet.

heißt der praktischen Anwendung der EEB, besteht die wissenschaftliche Zielsetzung dieser Arbeit in folgenden Punkten: (a) der Ausarbeitung eines biopsychologischen Verständnisses von psychischer Beanspruchung, (b) einer darauf aufbauenden Begründung für die Eignung der EEB als Instrument zur Erfassung psychischer Beanspruchung, (c) einer theoretischen Begründung für die zentrale Bedeutung von psychischer Beanspruchung in dem Wirkungsgefüge des Fünf x Fünf Wirkungsmodells, sowie schließlich (d) der empirischen Überprüfung der zentralen Bedeutung, die der psychischen Beanspruchung im Arbeitsprozess theoretisch zukommt.

Im Theorieteil der vorliegenden Arbeit erfolgt eine vertiefte Auseinandersetzung mit den biopsychologischen Grundlagen von psychischer Belastung und psychischer Beanspruchung. Hiermit wird eine Anknüpfung an die psychisch relevanten physiologischen Grundlagen der „mental-workload Forschung“ sowie dimensionaler Modelle der Emotion hergestellt (Hockey, 1997; LeDoux, 2012; Nowlis & Nowlis, 1956; Posner, Russell & Peterson, 2005; Pribram & McGuinness, 1975; Rohmert, 1984; Sanders, 1983; Schönplflug, 1991; Schulz, 2012; Thayer, 1967). Damit erfolgt zugleich eine theoretische Begründung aus biopsychologischer Perspektive, warum ein Instrument wie die EEB geeignet ist, psychische Beanspruchung zu erfassen und warum der psychischen Beanspruchung in der Erwerbsarbeit eine zentrale Bedeutung zugeschrieben wird (Wieland, 2008, 2009, 2013, 2014a). Diese biopsychologische Ausrichtung ist neben den Arbeiten von und dem persönlichen Austausch mit Rainer Wieland von vier miteinander gut vereinbaren Grundanschauungen geleitet: (a) Einer persönlichen naturalistischen Grundüberzeugung. Meiner Überzeugung nach manifestiert sich psychische Beanspruchung in Form körperlicher Prozesse, die eine Widerspiegelung der Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt in seinen körperlichen Strukturen beinhalten (vgl. Birbaumer & Schmidt, 2010; Leontjew, 1982; Rohmert, 1984; Schulz, 2012).³ (b) Einer systemischen Betrachtung der relevanten Prozesse, wobei vom menschlichen Organismus als offenem System ausgegangen wird. Seine Strukturelemente stehen in verstärkender und hemmender wechselseitiger Interaktion. Seine übergeordneten Strukturen (Organe, Organsysteme) stabilisieren sich selbstorganisiert bei beständigem Austausch von Energie und Stoff mit der Umwelt (Birbaumer & Schmidt, 2010; Penzlin, 2014; Strunk & Schiepek, 2006). (c) Der Annahme einer psychischen Tiefenstruktur bei jedweder menschlichen Tätigkeit. Während das äußerlich beobachtbare Verhalten die Oberflächenstruktur einer Tätigkeit beschreibt, umfasst die nicht beobachtbare psychische Tiefenstruktur „die *regulativ* wirksamen psychischen Vorgänge [Kognition, Motivation und Emotion] und Repräsentationen in der durch die Regulationsfunktion bedingten Ordnung“ (Hacker & Sachse, 2014, S. 120, 569; vgl. auch Miller, Galanter & Pribram, 1960). (d) Der Normreihe DIN EN ISO 10075, in der psychische Beanspruchung wie folgt definiert wird: „Psychische Beanspruchung ist die unmittelbare (nicht langfristige) Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien“ (Joiko, Schmauder & Wolff, 2010, S. 10). Diese Grundanschauungen werden – mit Ausnahme von Punkt (c) – zu Beginn des Theorieteils am Beispiel der mechanischen Belastung und Beanspruchung des Muskel-

³ Auch, wenn es weitere Autoren gibt, die eine vergleichbare Anschauung vertreten, waren die genannten Texte für mich in dieser Beziehung besonders inspirierend.

Skelett-Systems veranschaulicht. Zugleich wird das Beispiel der mechanischen Belastung und Beanspruchung sowohl als (praxistaugliche) Metapher als auch als adaptiertes theoretisches Vorbild für die Konzeption von psychischer Belastung und Beanspruchung eingeführt (vgl. Joiko et al., 2010; Rohmert, 1984).

Der erste Teil der theoretischen Auseinandersetzung handelt von Arousal. Arousal kann vereinfacht als Ausmaß der Handlungs- und Reaktionsbereitschaft verstanden werden und hängt eng mit dem Grad der Wachheit zusammen. Auf der Grundlage aktueller neurobiologischer Kenntnisse (z. B. Brown, Basheer, McKenna, Strecker & McCarley, 2012; Hühner, 2014; Jones, 2003; Rasch & Born, 2013) wird mit der „Arousal-Uhr“ ein erstes heuristisches, theoretisches Modell abgeleitet. Dieses unterscheidet sechs grundlegende Verhaltenskategorien: Wachen, Bewältigen, Konsumieren, mentales Simulieren, Schlafen und Aufgeben. Über die Dimensionen Valenz und Aktivierung lässt sich ein direkter Bezug zu dimensional Modellen der Emotion (Circumplex-Modell der Core Affects, siehe z. B. Yik, Russell & Feldman Barrett, 1999) herstellen. Darüber hinaus lassen sich über neurobiologische Stresskonzepte (z. B. Hühner, 2014) Bezüge zu psychosozial (mit-) verursachten körperlichen und psychischen Beschwerde- und Krankheits- bzw. Störungsbildern herstellen. Ein weiteres heuristisches Modell wird aus aktuellen Erkenntnissen über großräumig verteilte Netzwerke der Großhirnrinde abgeleitet (z. B. Andrews-Hanna, 2012; Fox et al., 2005; Menon, 2011; Miller & Cohen, 2001). Grundlage des „Doubleloop-Perturbation-Modells“ (kurz „ ∞ -Modell“) ist die Annahme dreier großräumig verteilter kortikaler Netzwerke: Dem Central Executive Network, (CEN; zuständig für Problemlösung), dem Default Mode Network (DMN; zuständig für mentale Simulationen der sozialen Rolle des Selbst in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft) sowie dem Salient Network (SN; zuständig für die Entdeckung von Fehlern in der Handlungsausführung, Konflikten und Bedrohungen) (vgl. Menon, 2011). Dieses Tripel-Network-Modell wird erweitert um die Arousal-Systeme (s. o.). Das ∞ -Modell postuliert, dass sich das menschliche Gehirn – sofern es nicht durch externe (sensumotorische oder viszerale) Eingaben gestört wird – in einer Doppelschleife befindet: Mental simulierte Situationen im Default Mode Network (DMN) werden bei Feststellung eines Konfliktes (Arousal-Systeme und Salient Network; SN) zur Problemlösung an das Central Executive Network (CEN) weitergeleitet. Sobald der Konflikt unter Beanspruchung des CEN gelöst werden konnte, stellen sich neue mentale Simulationen (DMN) ein, bis wieder ein Konflikt entdeckt wird etc. (vgl. Fox et al., 2005; Menon, 2011). Sensumotorische oder viszerale (körperliche) Signale, die von den Arousal-Systemen und dem SN als Fehler, Konflikt oder Gefahr bewertet werden, führen zu Störungen dieser Doppelschleife. In diesem Falle wird das CEN für die Lösung des aktuellen Problems in Dienst genommen, während Simulationen im DMN gehemmt werden. Das ∞ -Modell konkretisiert mit den beschriebenen Prozessen, was aus biopsychologischer Perspektive unter psychischer Belastung und psychischer Beanspruchung zu verstehen ist. Zugleich wird über die Integration der Arousal-Uhr und ihrem engen Bezug zu dimensional Modellen der Emotion deutlich, warum ein Instrument wie die EEB geeignet ist, psychische Beanspruchung zu erfassen (vgl. Feldman Barrett, 2006b; LeDoux, 2012; Nowlis & Nowlis, 1956; Rohmert, 1984; Thayer, 1978).

Im verbleibenden Teil der theoretischen Auseinandersetzung werden grundsätzliche menschliche Bedürfnisse besprochen. Den wichtigsten Ausgangspunkt stellt die Self-Determination Theory von Deci und Ryan (2000) dar. Ihr werden die Grundbedürfnisse nach Kompetenz sowie sozialer Teilhabe und Zugehörigkeit entnommen und vor dem Hintergrund des ∞ -Modells diskutiert. Es ergibt sich, dass beide Grundbedürfnisse (a) im Sinne des ∞ -Modells interpretiert werden können (Heatherston, 2011; Lord, Diefendorff, Schmidt & Hall, 2010) und (b) als (intrinsische) „Wachstumsmotive“ aufgefasst werden können, die auf mentalen Simulationen des DMN beruhen (a. a. O.; Baumeister, Masicampo & Vohs, 2011). Die beiden Grundbedürfnisse werden um das Grundbedürfnis nach Sicherstellung der Homöostase (Integration und Funktionsfähigkeit des Organismus) ergänzt (vgl. Maslow, 1943). Dieses wird bei homöostatischen Krisen aktiviert, die direkt in den Arousal-Systemen als Störungen abgebildet werden. Die theoretische Betrachtung schließt ab mit einer Diskussion des Spannungsfeldes zwischen Autonomie und Selbstkontrolle. Autonomie wird hier, anders als bei Deci und Ryan (2000), definiert als die *umfassende Erfüllung persönlicher Bedürfnisse in der persönlich bevorzugten Art und Weise*. Selbstkontrolle wird notwendig, wenn die persönlichen Bedürfnisse oder die persönlich bevorzugte Art und Weise ihrer Erfüllung mit den äußeren physischen oder sozialen Bedingungen in Konflikt geraten. Da Selbstkontrolle die Aktivität des CEN voraussetzt und diese energetisch sehr aufwändig ist, bevorzugt der menschliche Organismus im Allgemeinen autonomes Handeln. Im Rahmen der Betrachtung der Grundbedürfnisse werden Bezüge zu etablierten Konzepten aus der Arbeits- und Organisationspsychologie hergestellt, die auch aus der hier eingenommenen Perspektive als „menschengerecht“ bzw. „human“ bewertet werden können.

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Methoden sind der statistischen Mustererkennung bzw. Klassifikation sowie der Merkmalsselektion zuzuordnen (z. B. Clarke, Fokoué & Zhang, 2009; Hastie, Tibshirani & Friedman, 2009; Maimon & Rokach, 2005). Sie werden unter dem Stichwort der Klassifikatorinduktion gemeinsam behandelt. Ziel dieser Methoden ist es, ausgehend von den 25 (EEB) bzw. 9 (WSIB) Eigenschaftswörtern auf die Ausprägung von Arbeitsplatzmerkmalen zu schließen, wie sie im Fünf x Fünf-Wirkungsmodell berücksichtigt werden. Insgesamt sollen 18 Arbeitsplatzmerkmale aus den Bereichen *Arbeitsgestaltung*, *Führung und Zusammenarbeit* sowie *Gesundheitsindikatoren* vorhergesagt werden. Im Methodenteil dieser Arbeit werden die notwendigen Schritte für die Klassifikatorinduktion erläutert sowie die jeweils vorgenommene Auswahl an Algorithmen und Verfahren begründet. Notwendige Schritte sind (vgl. Jain, Duin & Mao, 2000; Kotsiantis, Kanellopoulos & Pintelas, 2006; Maimon & Rokach, 2005): (1) Auswahl geeigneter Stichproben, (2) Aufbereitung der Daten, (3) Induktion und (Kreuz-) Validierung von Klassifikatoren, (4) endgültige Auswahl geeigneter Klassifikatoren, (5) Kalibrierung und (6) externe Validierung der endgültig ausgewählten Klassifikatoren. Die zur Klassifikatorinduktion verwendeten Daten entstammen vier Umsetzungsprojekten zur betrieblichen Gesundheitsförderung in unterschiedlichen Branchen und für unterschiedliche Berufsgruppen (Hammes, Wieland & Winizuk, 2009; Wieland & Hammes, 2014; Wieland, Winizuk & Hammes, 2009). Für die 18 Arbeitsplatzmerkmale stehen zwischen 523 und 1549 Datensätze zur Verfügung, die zur Klassifikatorinduktion verwendet werden. In Schritt (3) werden Algorithmen und Verfahren in verschiedenen Experimenten zur Klassifikatorinduktion variiert. Verglichen werden zum einen

verschiedene Verfahren zur Merkmalsselektion (vollständige Suche, schrittweise Vorwärtssuche, schrittweise „fließende“ Vorwärtssuche; Somol, Novovicova & Pudil, 2010). Diese Verfahren dienen dazu, aus den 25 bzw. 9 Eigenschaftswörtern jene auszuwählen, die zu einer besonders guten Vorhersage der 18 Arbeitsplatzmerkmale führen. Es wird sich zeigen, dass zur Vorhersage eines einzigen Arbeitsplatzmerkmals zwischen zwei und fünf Eigenschaftswörter genügen. Zum anderen kommen binärlogistische Regression (Agresti, 2002, 2007) und Bayes-Klassifikation (Duda, 1970; Wald, 1949) als zwei Verfahren zur Klassifikation zum Einsatz. Im Vergleich, so die Ergebnisse, haben Bayes-Klassifikatoren vor allem einen Effizienz- und Stabilitäts-Vorteil gegenüber binärlogistischer Regression. Hinsichtlich der Vorhersagegenauigkeit sind beide Verfahren jedoch gleichwertig. Diese Schlussfolgerungen gründen auf 10-fach Kreuzvalidierung (s. Efron, 1983; Stone, 1974) der jeweiligen Verfahren. Für die Schritte (4) und (5) kommt Bootstrapping (Efron, 1979, 2003) zum Einsatz. Die endgültige Auswahl von Klassifikatoren ist notwendig, da in den verschiedenen Experimentalreihen sowie bei der 10-fach Kreuzvalidierung je Arbeitsplatzmerkmal eine Reihe von Klassifikatoren induziert werden, die als Kandidaten in Frage kommen. Bootstrapping führt zu einer validen Einschätzung ihrer Vorhersagegenauigkeiten. Diese können als Kriterium für die endgültige Auswahl herangezogen werden. Unter Berücksichtigung möglicher Überanpassung an die zu Grunde gelegten Daten erreichen die ausgewählten Klassifikatoren eine Vorhersagegenauigkeit zwischen 70 und 75 %, was dem theoretischen Optimum entspricht (Hughes, 1968). Kalibrierung (Schritt 5) meint die Erfassung systematischer Klassifikationsfehler sowie deren anschließende Berücksichtigung bei der Anwendung. Die Vorhersagegenauigkeit von Ausprägungen der Arbeitsplatzmerkmale (Erwartungswerte) erfolgt in 99,8 %-Vertrauensintervallen, die bei einem Stichprobenumfang von $n = 100$ maximal 18 % der jeweiligen Gesamtskala umfassen. Darüber hinaus besteht ein funktionaler (logarithmischer) Zusammenhang zwischen den Vorhersagefehlern für Erwartungswerte und dem Stichprobenumfang. Je geringer der Stichprobenumfang ist, desto größer ist dieser Vorhersagefehler. Für die externe Validierung (Schritt 6) liegen zwei weitere Datensätze aus Umsetzungsprojekten zur betrieblichen Gesundheitsförderung mit 159 bzw. 160 Teilnehmerinnen und Teilnehmern vor. Diese Datensätze werden nicht in die Entwicklung und Auswahl der Klassifikatoren einbezogen, sie sind diesen Klassifikatoren also vollkommen „unbekannt“. Eine der beiden Stichproben ist in 11 Bereiche mit 7 bis 22 Teilnehmern unterteilt. Werden die Klassifikatoren auf diese Datensätze angewandt, so liegen die tatsächlich gemessenen Merkmalsausprägungen in 201 von 210 Fällen innerhalb der vorhergesagten 99,8 %-Vertrauensintervalle. Dies entspricht einer Quote von 95,7 % korrekter Vorhersagen.

Produkt der oben beschriebenen Verfahrensweisen ist das „Wuppertaler Screening Instrument psychische Beanspruchung – Profilanalyse (WSIB Pro)“. Als Erhebungsinstrument kommt das Wuppertaler Screening Instrument psychische Beanspruchung (WSIB; Wieland & Hammes, 2014) zum Einsatz. WSIB Pro ist eine internetbasierte Anwendung, in der die oben ermittelten Klassifikatoren angewendet werden. Mit WSIB Pro können auf Grundlage von Befragungen mittels des WSIB (bestehend aus nur 9 Eigenschaftswörtern) Profile bezüglich der 18 Arbeitsplatzmerkmale (Arbeitsgestaltung, Führung und Zusammenarbeit, Gesundheitsindikatoren) bestimmt und mit Vergleichsmittelwerten („Benchmarks“) verglichen

werden. Auf Grundlage dieser Profile kann im Rahmen betrieblichen Gesundheitsmanagements entschieden werden, ob in einer Abteilung Interventionsbedarf besteht oder nicht. Außerdem gibt WSIB Pro erste Hinweise darüber, bei welchen der 18 Arbeitsplatzmerkmale besonderer Bedarf zur (Um-) Gestaltung zu erwarten ist. Somit wurde ein niederschwelliges, ökonomisches und valides Screening-Instrument entwickelt, das betrieblichen Akteuren erste Hinweise zum Interventionsbedarf und Orientierung bietet. WSIB Pro wurde während der Entstehung dieser Arbeit in ein bereits bestehendes Projekt zum betrieblichen Gesundheitsmanagement anwendungsreif integriert. Im Diskussionsteil der vorliegenden Arbeit wird diskutiert, inwieweit WSIB Pro um sinnvolle Funktionen für Praxis und Forschung erweitert werden kann. Außerdem wird diskutiert, inwieweit die hier verwendeten Verfahren auch in anderen Forschungs- und Anwendungsfeldern sinnvoll eingesetzt werden können.

Auf Grund der zahlreichen Einzelbefunde, die bei der Klassifikatorinduktion angefallen sind, ist diese Arbeit in zwei separate Teile gegliedert: Diesen vorliegenden Haupttext sowie einen separaten, recht umfangreichen Anhang. Der Anhang enthält zum einen Details zu mathematischen und algorithmischen Notationen. Zum anderen finden sich dort sämtliche Parameter der Klassifikatoren, vollständige Ergebnisberichte der Klassifikatorinduktion sowie Detailergebnisse der Validierung von Klassifikatoren. Im vorliegenden Haupttext wurden die Ergebnisberichte mit Ausnahme eines Beispiels auf die wesentlichen Einzelbefunde beschränkt. Der Anhang kann als elektronische Ressource beim Autor angefragt werden.

2 PSYCHISCHE BELASTUNG UND BEANSPRUCHUNG: BIOPSYCHOLOGISCHE GRUNDLAGEN

Das Begriffspaar *psychische Belastung* und *psychische Beanspruchung* hat sich nicht nur in den Arbeits- und Sozialwissenschaften (Rohmert, 1984; Rohmert & Rutenfranz, 1975), sondern auch bei den Akteuren der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes etabliert. Die Norm DIN EN ISO 10075 (Demerouti et al., 2012; Joiko, Schmauder & Wolff, 2010; Nachreiner, 1999; Richter, 2000) stellt eine europaweite Übereinkunft über dessen Gebrauch dar. Psychische Belastung wird dort definiert als „die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken“ (Joiko et al., 2010, S. 9). Psychische Belastung ist zunächst weder gut noch schlecht. Sie bewirkt jedoch im betroffenen Menschen eine psychische Gegenreaktion, die von dessen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen abhängt. In der DIN EN ISO 10075 wird daher definiert: „Psychische Beanspruchung ist die unmittelbare (nicht langfristige) Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien“ (Joiko et al., 2010, S. 10).

Schulz (2012) fasst Beanspruchung in Anlehnung an Rohmert (1984) und Schönpflug (1991) als „Inanspruchnahme der Funktionen von Organen bzw. Organsystemen zur Bewältigung der unterschiedlichen Arten von Anforderungen“ (Schulz, 2012, S. 34) auf. Beispielsweise meint er mit körperlicher Beanspruchung in der Hauptsache die Inanspruchnahme des Stütz- und Bewegungsapparates (a. a. O., S. 27). Für die weiteren Beanspruchungsarten, mentale, sensorische, sensumotorische, emotionale, motivationale und sozial-kommunikative Beanspruchung, stellt er die Inanspruchnahme neurobiologischer Strukturen bzw. des Gehirns und des Zentralnervensystems heraus (a. a. O., S. 27-29). Über die genannten Beanspruchungsarten hinaus führt Schulz außerdem die Inanspruchnahme der biochemischen bzw. zellulären Regenerationsfunktionen auf (a. a. O., S. 29).

Schulz ist der Ansicht, „dass sich Beanspruchung über die Anregung und Hemmung von Organfunktionen realisiert“ (a. a. O., S. 34). Gesundheitliche Beeinträchtigungen bzw. „funktionelle Einbußen und [langfristig] strukturelle Schäden an Organen“ (a. a. O., S. 40) führt er auf *Fehlbeanspruchung* zurück. Damit meint er eine übermäßige oder unvollständige Anregung bzw. Hemmung von Organfunktionen. Positive Gesundheitseffekte setzen demgegenüber *optimale Beanspruchung* voraus. Unter qualitativen Gesichtspunkten sollte die Inanspruchnahme von Organfunktionen zur erfolgreichen Bewältigung von Alltagsanforderungen gelingen. Unter quantitativen Gesichtspunkten sollten „alle verfügbaren Organfunktionen [...] ausreichend, aber maßvoll dosiert (nicht übermäßig)“ (a. a. O., S. 34) angeregt werden.

Im vorliegenden Kapitel werden die Inanspruchnahme von Organfunktionen sowie die sie auslösenden Belastungsfaktoren spezifiziert. Als erstes Beispiel wird die Belastung und Beanspruchung des Stütz- und Bewegungsapparates beschrieben. Im Zuge dessen wird das mechanische Belastungs-Beanspruchungs-Paradigma dargestellt, das als theoretisches Vorbild für das psychische Belastungs-Beanspruchungs-Paradigma diene (vgl. Rohmert, 1984). Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt jedoch - wie bei Schulz (2012) - bei der Inanspruchnahme des Zentralnervensystems. Es wird

sich zeigen, dass das biopsychologische Konzept des Arousal bzw. der generellen Aktiviertheit eine zentrale Stellung bei der Begründung psychischer Kategorien wie Emotion, Motivation, Verhalten und Lernen einnimmt. Zugleich kann mit diesem Konzept theoretisch begründet werden, warum arbeitspsychologische Prävention wesentlich ist, um arbeitsbedingte körperliche und psychische Beeinträchtigungen und Störungen zu vermeiden.

2.1 BEANSPRUCHUNG ALS INANSPRUCHNAHME UND ANPASSUNG VON ORGANSYSTEMEN

Das psychologische Paradigma der Belastung und Beanspruchung lehnt sich an dem Paradigma der mechanischen Belastung und Beanspruchung an (vgl. Rohmert, 1984). Dass bereits dieses mechanische Paradigma für die körperliche und psychische Gesundheit eines Menschen relevant ist, wird im ersten Abschnitt dargestellt. Dem Kern des vorliegenden Kapitels - der Inanspruchnahme des Zentralnervensystems - werde ich mich anschließend mit LeDoux (2012) über die Inanspruchnahme und Anpassung sogenannter Überlebens-Schaltkreise annähern.

Obwohl die vorliegende Arbeit von psychischer Belastung und Beanspruchung handelt, wird im Folgenden zu Beginn in gewisser Ausführlichkeit auf mechanische Belastung und Beanspruchung des Stützapparates eingegangen. Wie bereits in der Einleitung formuliert, erfolgt dies aus zwei Gründen. Zum einen ist mechanische Belastung und Beanspruchung das adaptierte theoretische Vorbild für psychische Belastung und Beanspruchung und kann zugleich als praxistaugliche Metapher herangezogen werden (Joiko et al., 2010; Rohmert, 1984). Zum anderen sollen drei der vier wesentlichen Grundannahmen, die dieser Arbeit zu Grunde liegen, an diesem Konzept verdeutlicht werden: Einerseits die Widerspiegelung der Interaktion von Individuum und Umwelt in organismischen Strukturen sowie die systemische Interaktion der beteiligten Systembestandteile. Andererseits die Unterscheidung von Belastung als Summe aller äußerer Einflussgrößen und Beanspruchung als innerorganismische Reaktion und Anpassung auf diese Einflussgrößen.

2.1.1 Mechanische Belastung und Beanspruchung am Beispiel des Stützapparates

Das Begriffspaar Belastung und Beanspruchung entstammt dem Teilgebiet Festigkeitslehre der technischen Mechanik (Holzmann, Meier & Schumpich, 2012). Eine Definition für mechanische Belastung könnte folgendermaßen lauten: Mechanische Belastung ist die Gesamtheit aller Kräfte, die von außen auf einen Körper zukommen und mechanisch auf ihn einwirken (vgl. a. a. O., S. 11). Mechanische Belastung ist zunächst weder gut noch schlecht. Sie bewirkt jedoch im Inneren des betroffenen Körpers eine Gegenkraft. Diese Kraftwirkung der mechanischen Belastung im Inneren des Körpers wird mechanische Beanspruchung genannt (a. a. O., S. 1-2). Im Falle eines starren Körpers herrscht zwischen den eingepägten Kräften (Belastung) und den Kräften in dessen Innerem (Beanspruchung) mechanisches Gleichgewicht. Der starre Körper ist formstabil. Verformbare feste Körper verfügen über individuelle Elastizität, die auf den Wechselwirkungen atomarer Bestandteile beruht. Wird einem verformbaren festen Körper eine Kraft eingepägt (Belastung), so werden dessen atomare Bestandteile soweit gegeneinander verschoben, bis die resultierende innere Kraft (Beanspruchung) der Belastung in Größe und Richtung genau entgegengerichtet ist (a. a. O.).

Für die Elastizität macht es einen Unterschied, ob ein Körper aus kristallinem Kohlenstoff (Diamant) oder aus Aluminium besteht und ob die Atome, z. B. in Abhängigkeit der Temperatur, augenblicklich mehr oder weniger stark aneinander gebunden sind. Mechanische Beanspruchung ist somit abhängig von den überdauernden und augenblicklichen Eigenschaften des betroffenen Körpers. Ist die mechanische Belastung so stark, dass Atome dauerhaft gegeneinander verschoben oder voneinander getrennt werden, liegt Überbeanspruchung vor. Der Körper verformt sich dauerhaft, bekommt Risse oder bricht (a. a. O.).

Wie die beschriebene innere Dynamik und mechanische Verformung eines Körpers zu bewerten ist, hängt selbstverständlich von den Perspektiven und Interessen verschiedener Beobachter ab. Im Falle eines Beinbruchs ist die Bewertungstendenz vermutlich einhellig: Einem solchen Ereignis beizuwohnen, ist weder für den betroffenen Menschen, noch für außenstehende Beobachter angenehm. Offenbar verdeutlicht ein Knochenbruch jedoch die physische und psychische Relevanz des mechanischen Belastungs-Beanspruchungs-Modells für die Gesundheit des Menschen. Die physische Relevanz dieses Modells untersuchte Friedrich Pauwels eingehend in einer Reihe von Schriften zur "funktionellen Anatomie und kausalen Morphologie des Stützapparates". In seinem ersten Beitrag legt er dar, dass der gesamte Stützapparat in seinem Aufbau ingenieurtechnischen Grundsätzen folgt: "Kurz zusammengefasst, lehrt die quantitative mechanische Analyse, daß im Stütz- und Bewegungsapparat Konstruktionsprinzipien verankert sind, durch welche die gefährliche Komponente der Beanspruchung des Röhrenknochens - die Biegebeanspruchung - möglichst klein gehalten ist" (Pauwels, 1948, S. 166). In seinem zweiten Beitrag leitet er unter Verwendung dieser Konstruktionsprinzipien ein Modell der Anatomie und Morphologie der unteren Extremitäten ab (Pauwels, 1950). Seine Ableitungen resultieren in einigen schematischen Darstellungen, in denen der Länge des Beines nach frontal und sagittal (seitlich) mechanische Belastung (eingeprägte Kräfte) und mechanische Beanspruchung (Gesamt-, Druck-, Scher- und Biegespannung) gegenübergestellt sind. Diese Darstellungen veranschaulichen „unmittelbar die Größe der Bruchgefährdung, die durch die einzelnen Beanspruchungsarten hervorgerufen wird“ (a. a. O., S. 537). Die höchste Bruchgefährdung liegt an Stellen mit Beanspruchungsspitzen vor. Auch mit der Anwendung des Konzepts der mechanischen Belastung und Beanspruchung auf die Muskulatur konnten kritische Belastungskonstellationen ermittelt werden. Denoth und Stacoff (1991) stellen fest, dass die Wahrscheinlichkeit für Muskelverletzungen mit der Höhe der Dehnungsgeschwindigkeit wächst. Sie verweisen als Beleg unter anderem auf die Beobachtung, dass Muskelkater „(fast) ausschließlich“ (a. a. O., S. 17) bei mechanischer Belastung auftritt, die zu einer passiven Dehnung der Muskulatur führt (etwa beim Fallenlassen einer Hantel mit dem Unterarm).

Die psychische Komponente eines Beinbruchs äußert sich beim betroffenen Menschen sehr wahrscheinlich akut in „einer Art von ‚Betäubung‘, einer gewissen Bewusstseinsseinerung und eingeschränkter Aufmerksamkeit, einer Unfähigkeit, Reize zu verarbeiten und Desorientiertheit“ (Dilling, Mombour & Schmidt, 2011, S. 206). Zusätzlich können Symptome panischer Angst auftreten sowie Unruhe, Überaktivität oder Rückzug bzw. Flucht folgen. Dieses Syndrom wird als akute Belastungsreaktion bezeichnet und in Abschnitt F43.0 der International Classification of Diseases (ICD) 10 beschrieben (Dilling et al., 2011, S. 205-207).

Pauwels hat sich nicht auf die Beschreibung eines Modells beschränkt, bei dem der Stützapparat aus mechanisch verformbaren Gliedern zusammengesetzt ist. In seinem zehnten Beitrag ist er auf die Plastizität bzw. Anpassungsfähigkeit des Stützapparates eingegangen. Er führt an zahlreichen Beispielen auf, dass Zug-, Druck- und Schubspannungen (Beanspruchungsarten) die Neubildung von Knochen- und Knorpelgewebe anregen können (Pauwels, 1960). Innerhalb eines Knochens bilden sich feine Strukturen, die sogenannten Spongiosabögen, aus. Diese zeichnen Zug- und Drucklinien nach, die typischen Belastungen eines Knochens entsprechen. Die Plastizität des Stützapparates zeigt sich unter anderem nach operativen Veränderungen der Knochen-Geometrie. Solche Veränderungen führen zu neuen typischen Belastungen, die sich nach und nach in einer angepassten Struktur der Spongiosa widerspiegeln (z. B. a. a. O., S. 484, Abb. 5). Pauwels führt die Plastizität des Stützapparates auf zwei mechanische Reize (Beanspruchungsarten) zurück, die auf die Zellen entsprechender Gewebe (Knochen, Knorpel, Bänder) wirken: Dehnung in eine bestimmte Richtung und hydrostatischer Druck (a. a. O., S. 494). Im weiteren Verlauf seines Beitrages stellt er unter anderem dar, dass die vermuteten physiologischen Prozesse die Knochenheilung nach einem Bruch erklären können.

Folgt man den Betrachtungen Pauwels, so wohnt der mechanischen Belastung und Beanspruchung des Stützapparates ein Doppelcharakter inne. Eine mechanische Überbeanspruchung (als beliebige Kombination von Druck, Zug, Schub, Biegung oder Scherung) kann zu einer Verletzung bis hin zu einem Bruch eines Knochens führen und stellt somit eine Beeinträchtigung der Gesundheit dar. Andererseits führt eine maßvolle neue Belastungskonstellation zur Anpassung eines Knochens an die neuen ökologischen Bedingungen. Die mechanische Beanspruchung der Gewbezellen im Stützapparat trägt zu dieser Anpassung ebenso bei, wie zur Heilung eines Knochenbruchs. Heinonen, Sievänen, Kannus, Oja und Vuori (2002) stellen beispielsweise bei einer Gegenüberstellung von Gewichtheberinnen und einer Vergleichsgruppe fest, dass Gewichtheben mit einer etwa 10 % dichteren Spongiosa in Speiche (*radius*) und Oberschenkelknochen (*femur*) einhergeht. Außerdem fanden sie dickere Knochenwände (*substantia compacta*) im Querschnitt der Speiche (38 % am körperfernen Ende [*distal*], 26 % am Knochenschaft) und des Schienbeins (*tibia*, 9 % am Knochenschaft).

Der Stütz- und Bewegungsapparat stellt das mechanische Gedächtnis eines Organismus dar. In diesem Gedächtnis werden Reaktionspotenziale in Bezug auf typische mechanische Belastungskonstellationen gespeichert. Diese können in Bezug auf die akute mechanische Belastungskonstellation angepasst und abgerufen werden. Im Falle der Fehlbeanspruchung reicht das Reaktionspotenzial nicht aus und der Stütz- und Bewegungsapparat nimmt Schaden.

2.1.2 Inanspruchnahme und Anpassung von Überlebens-Schaltkreisen

Die materielle Grundlage für das Erleben und Verhalten des Menschen bildet in erster Linie das Zentralnervensystem und das Hormonsystem. Für LeDoux (2012) ist die Aktivität neuroendokriner Überlebens-Schaltkreise und ihrer Funktionen (*survival circuits and functions*) wesentlich für Emotion, Motivation, Verstärkung und

Aktiviertheit (*arousal*) während der Interaktion zwischen Individuum⁴ und ökologischer Umwelt. "Focusing on survival functions and circuits allows phenomena related to emotion, motivation, reinforcement, and arousal to be treated as components of a unified process that unfolds when an organism faces a challenge or opportunity" (a. a. O., S. 654). Ihm ist es, wie Feldman Barrett (2009), ein Anliegen, Neurologie und Psychologie einander anzunähern. Feldman Barrett (2009) formuliert die Herausforderung an die Psychologie dabei wie folgt: „Psychology, in walking a tightrope between the social world and the natural world, tries to map observer-dependent categories [z. B. psychologische Konzepte] to observer-independent categories [z. B. neurologische Prozesse]“ (a. a. O., S. 328). Psychologische Konzepte sind ihrer Ansicht nach mental und sozial konstruiert und akzeptiert. Sie haben zwar eine neurologische Ursache, jedoch nicht in einem reduktionistischen Eins-zu-Eins-Verhältnis. Sie sind nicht einfach „neurons firing“ (a. a. O., S. 330). Feldman Barrett (2009) schlägt vor, psychologische Konzepte und neurologische Prozesse über „psychological primitives“ (a. a. O., S. 331; vgl. Lindquist, Wager, Kober, Bliss-Moreau, & Feldman Barrett, 2012) miteinander in Beziehung zu setzen. Hiermit meint sie psychologisch irreduzible Prozesse und nennt Bewertung, Kategorisierung und Aufmerksamkeitssteuerung. Diese haben eine neurologische Grundlage und führen in ihrem Zusammenspiel zu einem „mental state“ (Feldman Barrett, 2009, S. 331, Fig. 1), der schließlich in psychologischen Begriffen (z. B. Emotion, Kognition) beschrieben und erklärt werden kann.

LeDoux (2012) unterstützt diese Sichtweise weitgehend, hebt aber die biologische Bedeutung identifizierbarer Überlebens-Schaltkreise hervor. Er unterscheidet Überlebens-Schaltkreise für Verteidigung, Aufnahme von Energie und Nährstoffen, Flüssigkeitsausgleich, Temperaturregulation und Fortpflanzung. Jeder dieser Schaltkreise ist darauf ausgelegt, funktionsspezifische Stimuli zu entdecken und entsprechendes Antwortverhalten zu steuern. Überlebens-Schaltkreise aktivierende Stimuli können in Auslösereize, Anreize und Verstärker unterteilt werden (vgl. a. a. O., S. 661, Table 1). Auslösereize (unkonditioniert oder konditioniert) lösen mit hoher Wahrscheinlichkeit angeborenes Antwortverhalten aus. Anreize steuern instrumentelles, zielgerichtetes Verhalten. Solches Verhalten hilft, Herausforderungen oder Möglichkeiten zu meistern. Ein unkonditionierter appetitiver (ugs. „angenehmer“) Anreiz löst Annäherung, ein unkonditionierter aversiver (ugs. „unangenehmer“) Anreiz löst Vermeidung aus. Ein konditionierter Anreiz löst ein Verhalten aus, durch das eine Situation entsteht, in der eine gegebene Herausforderung oder Möglichkeit gemeistert werden kann. Verstärker unterstützen das Lernen von Assoziationen. Primäre Verstärker unterstützen Assoziationen zwischen Auslösereizen und neutralen Reizen (Reizkonditionierung) sowie zwischen Stimuli und Verhaltensweisen, die zur Präsenz appetitiver oder Entfernung aversiver Auslösereize führen (instrumentelle Konditionierung). Sekundäre Verstärker unterstützen die weitere assoziative Verkettung von Stimuli oder instrumentellen Verhaltensweisen.

Überlebens-Schaltkreise werden bei Herausforderungen und Möglichkeiten aktiviert. Für LeDoux (2012) sind dies „emotional or motivated situations“ (a. a. O., S. 662). Daher nennt er Stimuli, die Überlebens-Schaltkreise aktivieren, „‘Emotional’ Stimuli“

⁴ LeDoux (2012) beschränkt sich bei seinen Betrachtungen nicht auf Menschen. Vielmehr ist es ihm ein Anliegen, die funktionalen Gemeinsamkeiten zwischen Tieren im Allgemeinen und Säugetieren im Speziellen hervorzuheben.

(a. a. O., S. 661). Über die Einteilung der Stimuli verdeutlicht er, dass Emotion, Motivation (Anreize) und Lernen (Verstärkung) innerhalb von Überlebens-Schaltkreisen untrennbar miteinander verknüpft sind. Darüber hinaus erläutert er, dass die verschiedenen Überlebens-Schaltkreise über (zeitversetzte) gegenseitige Aktivierung oder Hemmung in komplexer Weise miteinander wechselwirken. Beispielsweise hemmt der Verteidigungs-Schaltkreis (Sympathikus und Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-System, s. u.) bei akuter Präsenz einer Gefahr zunächst sämtliche anderen Überlebens-Schaltkreise. Energieverbrauch und Temperaturerhöhung beim Verteidigungsverhalten führen jedoch zu einer zunehmenden Aktivierung der entsprechenden Überlebens-Schaltkreise. Bald konkurrieren Verteidigungsverhalten, Nahrungsaufnahme und Temperaturregulation um benötigte Ressourcen. Generelle Aktiviertheit (*generalized arousal*) übernimmt in der Koordination der Überlebens-Schaltkreise eine modulierende Funktion. LeDoux (2012) beschreibt am Beispiel des Verteidigungs-Schaltkreises, dass die Aktivierung eines Überlebens-Schaltkreises zunächst die Freisetzung und weiträumige Verteilung bestimmter Neurotransmitter und Hormone (Neuromodulatoren) veranlasst. Diese bewirken eine verstärkte Aktivierung des auslösenden Überlebens-Schaltkreises sowie der sensorischen Stimulus-Verarbeitung, der Aufmerksamkeit und der Gedächtnis-Funktionen. Dies wiederum verstärkt die Freisetzung von Neuromodulatoren. Erst das erfolgreiche instrumentelle Verhalten beendet diese positive Rückkopplung. Die Gesamtheit aller neuroendokrinen Prozesse, die bei der Aktivierung eines Überlebens-Schaltkreises zur Bewältigung einer emotionalen und motivierenden Herausforderung oder Möglichkeit ablaufen, nennt LeDoux (2012) einen globalen organismischen Zustand (*“global organismic state”*; a. a. O., S. 663). Die bewusste Repräsentation und Benennung eines solchen Zustandes setzt er mit einem menschlichen, durch die situationsbezogene Aktivierung eines Überlebens-Schaltkreises ausgelösten Gefühl gleich. Das Hauptanliegen seines Beitrages besteht in der Stimulierung der Emotionsforschung. Hierauf wird später zurückzukommen sein.

2.2 AROUSAL: DIE DYNAMIK VON VALENZ UND AKTIVIERUNG

LeDoux (2012) hebt in seinem Beitrag die modulierende Bedeutung des Arousal für die Koordination konkurrierender Überlebens-Schaltkreise hervor. Als einen bedeutenden Überlebens-Schaltkreis führt er den Verteidigungs-Schaltkreis an. Dieser mobilisiert im Individuum Prozesse für die Bewältigung aversiver Herausforderungen. Situationen, die den Verteidigungs-Schaltkreis aktivieren, werden häufig unter dem Begriff *Stressor* eingeordnet. Die im Inneren des Individuums ablaufenden neuroendokrinen Prozesse in Gegenwart eines Stressors heißen *Stressreaktionsprozesse*. Die dauerhafte Präsenz eines unbewältigten Stressors oder die dauerhafte Aktivierung von Stressreaktionsprozessen sowie das Aufgeben von Bewältigungsversuchen sind wesentliche Mitursachen für die Entstehung körperlicher und psychischer Beeinträchtigungen und Störungen. Das *Bewältigen* von Stressoren oder das *Aufgeben* von Bewältigungsversuchen sind jedoch nur zwei verhaltensbezogene Komponenten der Arousal-Dynamik. Weitere Komponenten bestehen im Wachen, Konsumieren, mentalen Simulieren und im Schlafen. Im Folgenden wird dargestellt, dass diese

Verhaltens-Komponenten stark aufeinander bezogen und eng mit emotionsbezogenem Erleben⁵ verknüpft sind.

2.2.1 Inanspruchnahme und Anpassung des Zentralnervensystems unter Stress

Hüther stellt gemeinsam mit Kollegen anhand eines neurobiologischen Modells dar, wie sich die Anpassungsfähigkeit des Zentralnervensystems durch Inanspruchnahme unter Stress realisiert (Hüther, 2014; Huether, Doering, Rüger, Rütger & Schüssler, 1999; Hüther & Sachsse, 2007).⁶ Die Kernaussagen dieses Modells bestehen in Erklärungen stressbedingten Lernens und Vergessens sowie stressbedingter Entwicklung psychischer Beeinträchtigungen und Störungen aufgrund lebenslanger struktureller Veränderungen neuronaler Netzwerke der assoziativen Hirnrinde und damit verbundener, etablierter Funktionen. Eine neuroendokrine Stressreaktion erfolgt Huether et al. (1999) zufolge dann, wenn „demands either cannot or cannot adequately be responded to by the individual’s hitherto acquired behavioral, cognitive or emotional strategies“ (S. 84). Bei ihrer Betrachtung berücksichtigen die Autoren die prozesshafte Interaktion zwischen stressauslösenden Stimuli (Stressoren) und psychophysiologischer Stressreaktion und definieren in diesem Sinne:

“The stress-reaction process (SRP) is triggered by a physiological and/or psychosocial, imagined or anticipated strain and it is characterized by a continuous interaction and feedback between a multi-phase cognitive and emotional appraisal of the strain and its meaning for the individual, and a sequence of physiological, cognitive, emotional and behavioral reactions that allow coping with the situation” (Huether et al., 1999, S. 85).

In Anlehnung an Selye (1974) und Ursin und Olf (1993) beschreiben sie ein Kontinuum von kontrollierbaren bis hin zu unkontrollierbaren SRP. Einen kontrollierbaren SRP kann das betroffene Individuum durch eigene Anstrengung beenden. Kontrollierbare SRP gehen mit der neuronalen Stabilisierung erfolgreich angewandter Bewertungs- und Bewältigungsstrategien und einer zunehmenden Anpassung an die auslösenden Anforderungen (psychische Belastung) einher. Bei einem unkontrollierbaren SRP fehlen angemessene Bewertungs- und Bewältigungsstrategien. In unkontrollierbaren SRP werden durch neuroendokrine Prozesse unangemessene Denk- und Verhaltensweisen destabilisiert und gelöscht. Auf diese Weise wird Huether et al. (1999; vgl. Hüther, 2014) zufolge die Voraussetzung für eine umfassende Reorganisation zu Grunde liegender neuronaler Netzwerke vorbereitet. Foy, Kim, Shors und Thompson (2006) fassen dies wie folgt zusammen:⁷

⁵ Die Abgrenzung der Begriffe Affekt, Emotion, Gefühl und Stimmung ist umstritten, auch wenn es tendenzielle Übereinstimmungen gibt (vgl. Feldman Barrett, 2006, 2012; LeDoux, 2012; Russell, 2003, 2009; Russell & Feldman Barrett, 1999; Scherer, 2005). In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff *emotionsbezogenes Erleben* verwendet, wenn das Verhalten oder Erleben mit einem dieser vier Begriffe benannt werden kann. Spezifische Begriffe werden je nach zitiertem Konzept verwendet.

⁶ Bei „Hüther“ und „Huether“ handelt es sich um denselben Autor Gerald Hüther. Bei der Zitation wurde die jeweils in der Veröffentlichung gewählte Schreibweise wiedergegeben.

⁷ Das Kontinuum der Kontrollierbarkeit von Stressreaktionsprozessen ist zu unterscheiden vom Konzept der Kontrollüberzeugung (Rotter, 1966). Ersteres bezieht sich auf die Fähigkeit, eine akute Situation

„The key aspects are uncertainty and control: the less knowledge the individual has about a potentially harmful situation and the less control he or she feels can be exerted, the more stressful the situation is. ... We and other mammals appear to be driven by nature toward certainty”
(Foy et al., 2006, S. 44).

Huether et al. (1999) beschreiben zwei neuroendokrine Achsen, die zeitversetzt am Stressreaktionsprozess beteiligt sind (vgl. DeRijk & de Kloet, 2006; Dickerson & Kemeny, 2004; Foy et al., 2006; Gunnar & Quevedo, 2007; Ströhle, 2003). Das Gewahrwerden eines realen oder vorgestellten Stimulus ist mit einem Aktivitätsmuster des Präfrontalkortex verbunden. Dieses wird mit Aktivitäten des limbischen Systems und insbesondere der Amygdala rückgekoppelt. Die subjektive Bewertung eines Stimulus als „novel, unexpected, challenging or threatening“ (Huether et al., 1999, S. 87) geht mit einer erhöhten unspezifischen neuronalen Aktivierung (*Arousal* bzw. *phasic arousal* [Posner, Russell & Peterson, 2005; Pribram & McGuinness, 1975; Sanders, 1983], s. u.) einher. In diesem Falle führen Projektionen zu tiefer liegenden Strukturen (locus coeruleus, Hirnstamm, Sympathisch-Adreno-Medulläres [SAM-] System) zur Ausschüttung von Noradrenalin, was die Aktivität der Amygdala sowie des Hypothalamus weiter anregt. Zugleich wird das Aktivitätsmuster des Präfrontalkortex durch Ausschüttung von Dopamin im mesolimbischen System angeregt (*tonic activation* [Gunnar & McGuinness, 1975; Posner et. al., 2005; Sanders, 1983]). Es kommt zu einer sich selbst verstärkenden Aktivierung der beteiligten Hirnareale (vgl. auch Gunnar & Quevedo, 2007). Diese Aktivierungsspirale kann Huether et al. (1999) zufolge im Falle eines kontrollierbaren Stimulus unterbrochen werden. Die unspezifische neuronale Aktivierung wechselt in ein spezifisches neuronales Aktivitätsmuster um, bei dem jene neuronalen Netze, die einer angemessenen Bewertungs- und Bewältigungsstrategie zugrunde liegen, aktiviert sind. Zahlreiche metabolische Prozesse bei den beteiligten Zellverbänden führen zu einer stärkeren Bahnung und Stabilisierung dieser neuronalen Netze. Mit jedem erfolgreichen Gebrauch angemessener Bewertungs- und Bewältigungsstrategien sind die zugrundeliegenden neuronalen Netze effizienter geknüpft.

Bei einem unkontrollierbaren SRP gelingt es nicht, die Aktivierungsspirale durch erfolgreiche Bewertungs- und Bewältigungsstrategien oder das Gewahrwerden anderer Stimuli zu unterbrechen. Die weitere Aktivierung führt zur Anregung sekretorischer Zellen des Hypothalamus und somit zur Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (Hypothalamic Pituitary Adrenal [HPA-] System). Die Konzentration von Glukokortikoiden (beim Menschen Kortisol) im Blut nimmt zu und entsprechende Rezeptoren der Neuronen und Gliazellen sind vermehrt besetzt (vgl. auch DeRijk & de Kloet, 2006; Dickerson & Kemeny, 2004; Foy et al., 2006; Gunnar & Quevedo, 2007). Eine wichtige Funktion dieser zweiten Achse des

durch das in dieser Situation gezeigte Verhalten erfolgreich bewältigen zu können. Letzteres stellt eine Persönlichkeitseigenschaft dar, die die situationsübergreifende Überzeugung abbildet, das Auftreten von Belohnungen bzw. Verstärkern durch eigene Anstrengung beeinflussen zu können. Ungeachtet dieser Unterscheidung wird auch in der psychologischen Literatur an unzähligen weiteren Stellen die Bedeutung der Kontrollierbarkeit persönlicher Belange für das Wohlbefinden und die psychische Gesundheit hervorgehoben. Neben der Kontrollüberzeugung seien beispielhaft Selbstwirksamkeit (Bandura, 1977) oder Kohärenzerleben (Antonovsky, 1979) genannt.

Stressreaktionsprozesses wird in der neuroendokrinen Hemmung der beschriebenen Aktivierungsspirale gesehen. Diese ist Huether et al. (1999; vgl. Hüther, 2014) zufolge jedoch nicht umgehend wirksam, sondern realisiert sich zeitverzögert und längerfristig wirksam durch die Beeinflussung von Genexpressionen. Die damit verbundenen, vielfältigen strukturellen Veränderungen an Zellverbänden führen zu einer Destabilisierung oder gar Auflösung etablierter neuronaler Netzwerke. Auf diesen Netzwerken beruhende Bewertungs- und Verhaltensmuster werden verändert, destabilisiert oder gar gelöscht (vgl. DeRijk & de Kloet, 2006; Foy et al., 2006; Gunnar & Quevedo, 2007; Sapolsky, 2003). Unter anhaltend unkontrollierbaren Bedingungen können sogar unbeteiligte Bewertungs- und Verhaltensmuster betroffen sein: „Thus, an organism exposed to an uncontrollable and unpredictable set of aversive stimuli shows not only a dramatic increase of adrenocortical activity while exposed to these conditions but also long-term deficits in other, unrelated test conditions“ (Foy et al., 2006, S. 45).

Da neuronale Anpassungsfähigkeit (neuronale Plastizität) und das damit verbundene Lernen und Vergessen während eines Stressreaktionsprozesses für das spätere Verständnis von Modellen zur Handlungs- und Selbstregulation (Hockey, 1997; Sanders, 1983) bedeutsam ist, soll es an dieser Stelle vertieft erläutert werden. Sapolsky (2003) fasst diesbezüglich die Rolle von Glukokortikoiden (z. B. Kortisol) für die Aktivität und Anpassungsfähigkeit der hippocampalen Neuronen zusammen: Ein mäßig hoher Kortisol-Spiegel (Stimulation, z. B. durch eine anregende Umwelt oder durch Übung) ist mit einer erhöhten hippocampalen kognitiven und Gedächtnis-Leistung (Langzeitpotenzierung, Aufbau dendritischer Strukturen) sowie der Neubildung von Hippocampus-Neuronen verbunden. Dahingegen ist ein stark oder dauerhaft erhöhter Kortisol-Spiegel (unkontrollierbarer Stressreaktionsprozess) mit einer reduzierten hippocampalen kognitiven und Gedächtnis-Leistung (erniedrigte Anregbarkeit, Abbau dendritischer Strukturen) verbunden. Ein dauerhaft oder sehr stark erhöhter Kortisol-Spiegel kann zum Tode von Hippocampus-Neuronen führen. Hippocampale kognitive und Gedächtnis-Leistung folgen somit in Abhängigkeit des Glukokortikoid-Spiegels einem „inverse-U“ pattern“ (a. a. O., S. 1738; vgl. DeRijk & de Kloet, 2006). Foy et al. (2006) stellen darüber hinaus Geschlechtsunterschiede fest: Weibliche Individuen scheinen auf Grund hoher Östrogen-Konzentrationen weniger betroffen zu sein. Zum anderen stellen Foy et al. (2006) Stress, Kortisol-Konzentration und Altern in einen positiven Zusammenhang. In der Tat konnte festgestellt werden, dass das Fortschreiten der Demenz vom Alzheimer-Typ (F00; Dilling et al., 2011) positiv mit der Plasma-Konzentration von Kortisol in Zusammenhang steht (Csernansky et al., 2006; vgl. Teather, 2006).

Aus der Perspektive psychischer Belastung und Beanspruchung können stressauslösende Stimuli (Stressoren) als psychische Belastungsfaktoren und damit zusammenhängende Stressreaktionsprozesse als psychische Beanspruchung aufgefasst werden. Huether et al. (1999; vgl. Hüther, 2014) argumentieren schlüssig, dass sowohl kontrollierbare als auch unkontrollierbare SRP einen Doppelcharakter aufweisen: Beide können sowohl mit dem Aufbau angemessener Bewältigungsmöglichkeiten als auch mit Beeinträchtigungen der Gesundheit im Zusammenhang stehen. Sowohl kontrollierbare als auch unkontrollierbare SRP sollten „of the right quality, of the right intensity, in the right context and at the right age“ (a. a. O., S. 91) auftreten, damit die ausgelösten strukturellen Veränderungen des Zentralnervensystems als angemessene Anpassungen

an die ökologische Umwelt eines Individuums bewertet werden können. Ist dies nicht der Fall, muss mit verschiedenen körperlichen und psychischen Beeinträchtigungen und Störungen gerechnet werden (s. u.). Analog stellen Gunnar und Queveda (2007) fest: „It would not be an overstatement to say that the nervous system of mammals carries their singular epigenetic history and expresses it in a unique but lawful (i. e. predictable) ways” (a. a. O., S. 162-163).

2.2.2 Die Arousal-Uhr

Arousal ist offenbar für die Koordination und Modulation neuronaler Aktivität wesentlich. Eine Reihe arbeitspsychologisch relevanter Modelle greift daher auf das Arousal-Konzept zurück (Hacker & Sachse, 2014; Hockey, 1997; Sanders, 1983; Thayer, 1967, 1997, 1996; Pribram & McGuinness, 1975). Eine Auswahl soll im Folgenden dargestellt werden. Zunächst werden jedoch die neurobiologischen Arousal-Systeme in Anlehnung an Jones (2003) und mit Ergänzungen aus Brown, Basheer, McKenna, Strecker und McCarley (2012) rekapituliert (siehe auch Tabelle 1).

Mit *generalized arousal* oder *genereller Aktiviertheit* ist zunächst eine hochfrequente Aktivität in der Hirnrinde (Gamma- und Theta-Wellen, elektroenzephalographisch messbar) und eine erhöhte Muskelspannung (elektromyographisch messbar) gemeint (Brown et al., 2012; Duffy, 1962; Hebb, 1955; Jones, 2003). Beides resultiert aus der neuronalen Aktivität bestimmter Kerne des Hirnstammes. In aufsteigenden neuronalen Bahnen freigesetztes Glutamat erregt Projektionen zwischen Thalamus und Hirnrinde sowie, am Thalamus vorbei, zwischen posterioem Hypothalamus, basalem Vorderhirn und Hirnrinde. Von diesen Arousal-Systemen hinabführende neuronale Bahnen (Hirnstamm und Rückenmark) steigern oder modulieren die sensumotorische Empfindlichkeit und Aktivität (vgl. arousal bzw. phasic arousal bei Posner et al., 2005; Pribram & McGuinness, 1975; Sanders 1983). Zudem aktivieren sie das SAM- und das HPA-System (s. o.). Die Freisetzung von Acetylcholin aus Projektionen des Tegmentums und basalen Vorderhirns ist dagegen mit erhöhter Hirnaktivität (Bewusstsein, Aufmerksamkeit, Motivation), jedoch erniedrigter Muskelspannung bei belohnenden Aktivitäten im Wachzustand und im Rapid-Eye-Movement- (REM-) Schlaf verbunden. Sie unterstützen die Synchronisation kortikaler Aktivität. Die cholinergen Neuronen des basalen Vorderhirns werden darüber hinaus mit neuronaler Plastizität, Lernen und Gedächtnis sowie mit Schlaf nach längerer Wachheit (homöostatische Schlafantwort; Brown et al., 2012) in Verbindung gebracht. Cholinerge Neuronen des Hirnstammes kontrollieren unter anderem die Muskelspannung im Schlafzustand. Mit der Freisetzung von Serotonin aus den Raphe-Kernen des Mittelhirns geht ein entspannter, ruhiger und zufriedener Wachzustand einher. Serotonerge Projektionen verhindern aber auch Schlaf und sind bei Stressreaktionsprozessen aktiv. Letzteres steht vor allem mit der mentalen Simulation selbst- und personenbezogener, vergangener, gegenwärtiger oder zukünftiger Probleme zusammen (s. u.; Andrews-Hanna, 2012; Buckner, Andrews-Hanna & Schacter, 2008). Aus Projektionen in das mesolimbische System freigesetztes Dopamin induziert Belohnung und einen Zustand hoher Motivierung sowohl während des Wachzustandes als auch während des REM-Schlafs (vgl. tonic activation bei Pribram & McGuinness, 1975; Sanders 1983). Sowohl die Freisetzung von Noradrenalin (locus coeruleus) als auch von Histamin (posteriorer Hypothalamus) ist mit einem hochaktiven Wachzustand, z. B. während Stressreaktionsprozessen oder in unbekannten Situationen, verbunden

und verhindert REM- und Slow-Wave- (SW-) Schlaf. Orexine sind Neurotransmitter, die diffus verteilt im Gehirn wirken. Ihre Ausschüttung ist mit Erwachen, hoher Wachheit und Hunger verbunden. Orexine sind in der Lage, sowohl das SAM- als auch das HPA-System anzuregen. Während des SW-Schlafes werden die Arousal-Systeme von parallel verteilten Neuronen durch Ausschüttung von γ -Aminobuttersäure (γ -aminobutyric acid; GABA) gehemmt. GABA wird außerdem mit der Synchronisation neuronaler Aktivität in Verbindung gebracht.

Die beschriebenen Arousal-Systeme sind nicht unabhängig voneinander aktiv, sondern sind auf komplexe Weise sowohl hemmend als auch erregend miteinander verschaltet. Mit Abbildung 1 soll ein Eindruck über diese Verschaltungen vermittelt werden, soweit sie sich aus den Schilderungen von Brown et al. (2012) sowie Jones (2003) ableiten lassen.

Auch unter Rückgriff auf die zusammenfassende Darstellung in Tabelle 1 finden sich Systeme, die die generelle Aktiviertheit erhöhen (Glutamat, Acetylcholin, Dopamin, Noradrenalin, Histamin, Orexin) und solche, die sie hemmen (Serotonin, GABA). Darunter sind einige sowohl aktivierende als auch hemmende Systeme eher mit dem Konsum oder Aufsuchen appetitiver Reize und Zustände verbunden (Acetylcholin, Dopamin, Serotonin) und andere ausschließlich aktivierende Systeme eher mit der Bewältigung oder Vermeidung aversiver bzw. neuartiger Reize und Zustände (Noradrenalin, Histamin, Orexin). Glutamat ist unabhängig von der Qualität der Reize und Zustände mit der generellen Aktivierung verbunden. GABA ist ein Gegenspieler von Glutamat und ist sowohl spezifisch bei der Koordination der Aktivität als auch allgemein beim Schlaf und insbesondere beim SW-Schlaf mit der Hemmung verbunden. Arousal lässt sich daher vereinfachend in zwei Dimensionen beschreiben: Aktivierung mit den Polen aktiviert/wach - deaktiviert/schlafend und Valenz mit den Polen zufrieden/gut - unzufrieden/schlecht. In der Systematik fehlt jedoch ein spezifisches Arousal-System für geringe Aktivität und Unzufriedenheit. Müdigkeit und Erschöpfung sowie die Symptomatik des Burnout-Syndroms und der depressiven Episode (F32; Dilling et al., 2011) entsprechen diesem Muster. Chida und Steptoe (2009) zeigen in ihrer Meta-Analyse, dass diese Symptomatiken mit einem gestörten Kortisol-Haushalt (im Folgenden *Kortisol-Krise*) in Zusammenhang stehen. Daher soll die Kortisol-Krise die Einteilung der Arousal-Systeme ergänzen.

Psychische Belastung und Beanspruchung: Biopsychologische Grundlagen

Tabelle 1. Substanzen der Arousal-Systeme und assoziierte Situationen bzw. Aktivitäten, Schlaf-Wach-Zustände und sensumotorische (SM) bzw. kortikale (CTX) Aktivität. Die Pfeile deuten an, ob die SM- oder CTX-Aktivität angeregt oder gehemmt wird, u. = unbestimmt. Unter der Überschrift „Einteilung“ wurden Zuordnungen zu Verhaltens-Kategorien vorgenommen (siehe weiter unten im Text). (Eigene Darstellung, vereinfacht nach den Angaben in Jones [2003] und Brown et al. [2012] und ergänzt um Kortisol [s. Löffler, 2008].)

Substanz	Assoziierte Situation bzw. Aktivität	Zustand	Einteilung	Aktivität	
				SM	CTX
Glutamat	Verarbeitung und Weiterleitung sensumotorischer und zentralnervöser Eingaben, Bewegung, Aufrechterhaltung des Wachzustandes, bewusste Kognition	Wachheit, REM-Schlaf	Wachen	↑	↑
Noradrenalin	Hoch aufregende Situation, Flucht- oder Kampf-Reaktion, emotionales Gedächtnis, Stressreaktion	Wachheit		↑	↑
Histamin	Aufrechterhaltung des Wachzustandes und Bewusstseins, neuartige/gefährliche Umgebungen, Erwartung von Nahrungsaufnahme	Wachheit	Bewältigen	u.	↑
Orexin	Aufrechterhaltung des Wachzustandes, Aufregung, Nahrungsaufnahme, Hunger, Metabolismus, Stressreaktion	Wachheit		u.	
Kortisol	Stressreaktion, Nahrungs-Entzug, Proteinbiosynthese-Hemmung, Energiebereitstellung	Tagesverlauf individuell	Aufgeben	↕	↕
Dopamin	Aufregung, Fortbewegung und Erkundung in Kombination mit positiver Verstärkung, Aufnahme von Nahrung und psychoaktiven Substanzen	Wachheit, REM-Schlaf		↑	↑
Acetylcholin	Ruhe, Nahrungsaufnahme, positive Verstärkung, Lernen und Gedächtnis, Bewusstsein, Schlaf nach längerer Wachheit, Schlafkontrolle	Wachheit, REM-Schlaf	Konsumieren	↓	↑
Serotonin	Ruhe, Zufriedenheit, Sattsein, Entspannung, rhythmische Bewegungsmuster, Stressreaktion, insbesondere in Zusammenhang mit mentaler Simulation von Problemen	ruhige Wachheit	mentales Simulieren	↓	↓
γ-Aminobuttersäure	Spezifische (Koordination) und allgemeine Hemmung sensumotorischer und kortikaler Aktivität (Schlaf)	SW-Schlaf, (Wachheit)	Schlafen	↓	↓

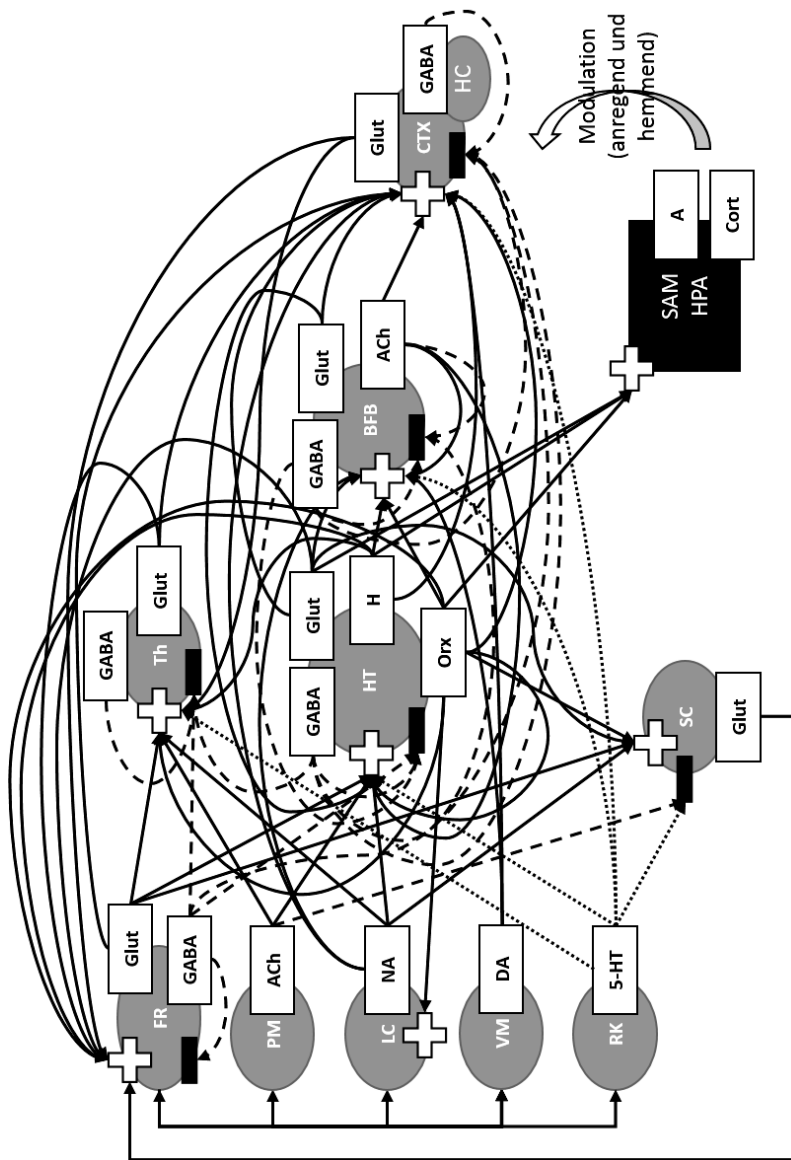


Abbildung 1. Arousal-Systeme (eigene Darstellung, vereinfacht nach den Angaben in Jones [2003] und Brown et al. [2012]). Graue Ovale stellen anatomische Strukturen des Gehirns dar: FR = formatio reticularis, PM = ponto-mesencephalon, LC = locus coeruleus, VM = ventral mesencephalon, RK = Raphe Kerne, Th = thalamus, HT = hypothalamus, BFB = basal forebrain, SC = spinal cord, CTX = cortex, HC = hippocampus. Weiße Kästen stellen die freigesetzten Neurotransmitter bzw. Neuromodulatoren dar: Glut = Glutamat, GABA = Gamma-Aminobuttersäure, ACh = Acetylcholin, NA = Noradrenalin, DA = Dopamin, 5-HT = 5-Hydroxytryptamin (Serotonin), H = Histamin, Orx = Orexin, A = Adrenalin, Cort = Kortisol. Durchgezogene Linien enden an einem weißen Plus-Symbol und stellen anregende Verbindungen dar. Gestrichelte Linien enden an einem schwarzen Minus-Symbol und stellen hemmende Verbindungen dar. Im schwarzen Kasten sind die beiden Stress-Achsen, das SAM- und das HPA-System abgebildet. Serotonin-Projektionen sind gepunktet dargestellt, da sie aktivierend und (z. T. indirekt) hemmend wirken.

Die Arousal-Uhr

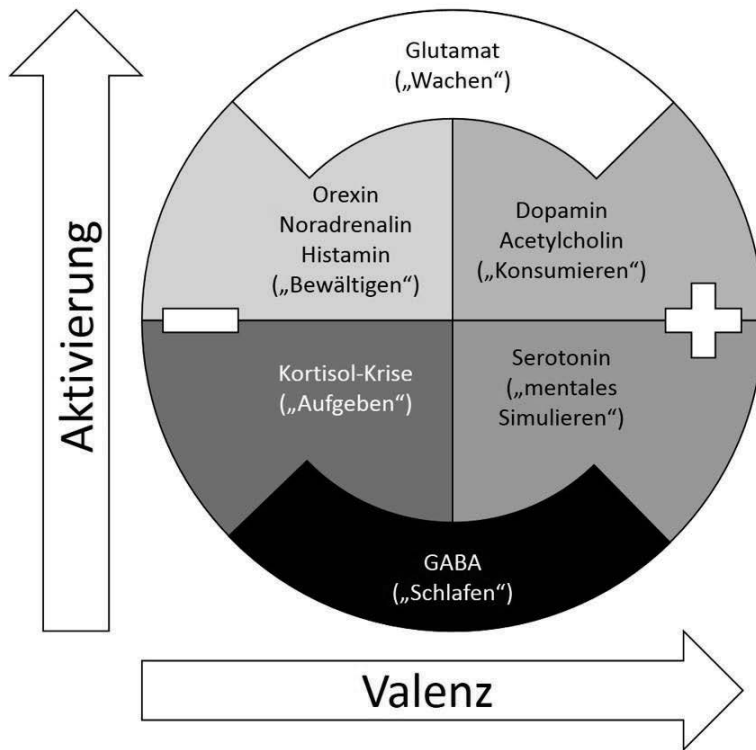


Abbildung 2. Die Arousal-Uhr. Einteilung der verschiedenen Arousal-Systeme in Abhängigkeit von Aktivität und Valenz. Die Begriffe in Klammern fassen die Hauptfunktionen der jeweiligen Arousal-Systeme umgangssprachlich zusammen.

In Abbildung 2 ist die vorgenommene Einteilung der Arousal-Systeme in Abhängigkeit von Aktivierung und Valenz als “Arousal-Uhr” dargestellt. Diese Metapher wurde mit der Vorstellung gewählt, welche Aktivitäten wohl ein nahezu beliebiges gesundes Säugetier an einem Tag zu verrichten hat, ohne jedoch Tagesverläufe für Konzentrationsspiegel der Neuromodulatoren implizieren zu wollen.⁸ Es sei den Lesern überlassen, sich diese Vorstellung ebenfalls auszumalen. Es werden grob sechs Arousal-Systeme unterschieden. Diese sind mit ihren Neuromodulatoren sowie einem Beinamen in Klammern aufgeführt. Der Beiname fasst die jeweilige Hauptfunktion eines Arousal-Systems als Verhaltens-Kategorie zusammen. Diese werden in den folgenden Absätzen näher beschrieben.

⁸Beispielsweise weist jedoch der Kortisol-Spiegel eines gesunden Menschen einen charakteristischen Tagesverlauf (zirkadiane Rhythmik) auf: Morgens nach dem Aufwachen ist der Kortisol-Spiegel am höchsten, gegen Mittag gibt es eine relativ starke Ausschüttung von Kortisol und am Abend ist der Kortisol-Spiegel am geringsten. Darüber hinaus findet sich eine etwa stündliche Spitze bei der Ausschüttung von Kortisol. Kortisol wird hauptsächlich über Nacht biosynthetisiert (DeRijk & de Kloet, 2006).