

### **3. Leistungen der Informationsverarbeitung und Modelle mentaler Beanspruchung**

Die Begriffe Belastung und Beanspruchung sind seit den vierziger Jahren im Rahmen eines einfachen Reiz-Reaktions-Modells in die Arbeitspsychologie übernommen worden. Seither werden diese Begriffe in verschiedenen Kontexten oft mit unterschiedlicher Bedeutung genutzt (eine Übersicht hierzu gibt Schönflug, 1987). Auch neuere Forschungsrichtungen wie die Workload-Forschung haben verwandte Begriffe wie *mental workload* oder *cognitive workload* und mentale Arbeitslast hervorgebracht. Dieses in den 60er Jahren in den USA begründete Forschungsfeld entstand im Zusammenhang mit den Bemühungen zur Optimierung von Mensch-Maschine-Systemen (zuerst anhand von Fluggeräten und später zunehmend anhand der Computerbedienung). Auch in Deutschland wurde diese Forschungsrichtung im Rahmen der Ergonomieforschung aufgegriffen (Buld, 2000). Der Mensch wird hierbei nicht als Bediener einer Maschine angesehen, er wird vielmehr zu einem System mit der Maschine.

Die Bedeutung der Bestimmung von Belastungen, Beanspruchungen oder dem *mental workload* finden sich in der Arbeitspsychologie, da sie als zentrale Faktoren der Leistungsfähigkeit des Menschen gelten. Sowohl eine zu hohe als auch eine zu niedrige Beanspruchung wirken sich negativ auf die Leistung aus (Buld, 2000, S. 19), wie dies bereits im Yerkes-Dodson-Gesetz (Yerkes & Dodson, 1908) beschrieben wurde.

Das Fehlen von einheitlichen Definitionsansätzen, Modellen und Methoden zur Messung von Beanspruchung, Belastung oder *workload* liegt an den besonderen Bedingun-

gen eines spezifischen Arbeitsplatzes oder einer spezifischen Tätigkeit, welche sich nicht ohne weiteres auf andere Bereiche übertragen lassen. So erklärt sich auch die Vielzahl von Veröffentlichungen zu diesem Themenbereich. Insofern muss für jede Untersuchung aufs Neue eine Definition von Belastung, Beanspruchung oder *workload* formuliert und die entsprechenden methodischen Konsequenzen daraus abgeleitet werden. Diese ergeben sich erst aus der spezifischen Fragestellung.

Besondere Probleme bereitet die Trennung von Kognition, Emotion in Verbindung mit der Motivation, da in der psychophysiologischen Datenableitung die Trennung dieser Instanzen oft nicht ohne weiteres möglich ist. Um aber dennoch zu verlässlichen und interpretierbaren Ergebnissen zu kommen, werden die Konstrukte hinter diesen Instanzen im Folgenden näher erläutert.

### **3.1 Leistungen der Informationsverarbeitung - Emotion, Kognition und Motivation**

Kognition, Emotion und Motivation sind die bedeutsamen Teile der Gefühlstheorie, die im Rahmen dieser Arbeit von Interesse sind. Sie werden hier jedoch nur insoweit betrachtet, als sie im Prozess der menschlichen Informationsverarbeitung eine Rolle spielen. Kognition und Emotion sind in ihren physiologischen Auswirkungen kaum zu unterscheiden, allerdings besteht die Notwendigkeit dieser Unterscheidung im vorliegenden Fall auch nicht unbedingt. Vielmehr wird im Folgenden auf das Konstrukt der menschlichen Informationsverarbeitungsleistung unter energetischen Gesichtspunkten eingegangen.

Nach Schönplflug (1987) lassen sich im Wesentlichen drei Bereiche für den Aspekt der Beanspruchung definieren. Hierbei wird zwischen mentaler (kognitiver, geistiger), emotionaler und körperlicher (physischer) Beanspruchung unterschieden. Die mentale Gesamtbeanspruchung kann also im Sinne einer Varianzaufteilung in emotionale und mentale Belastung untergliedert werden, indem die Anteile der Belastung, welche aufgabenspezifische Anforderungen an das menschliche Informationsverarbeitungssystem stellen, als mental bezeichnet werden. Diese Anforderungen werden durch den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben bzw. durch ihre Komplexität determiniert. Emotionale Belastungen können demgegenüber als Belastungen abgegrenzt werden, die durch aufgabenspezifische Belastungsfaktoren wie Zeitdruck, soziale Konflikte etc. ausgelöst werden und mit aversiven Gefühlen von Angst und Hilflosigkeit verbunden sein können (Manzey, 1998; Wieland-Eckelmann, 1992).

Beanspruchungen werden nach Manzey (1998) als mental klassifiziert, wenn verschiedene Leistungsfunktionen des menschlichen Informationsverarbeitungsapparates aktiviert werden. Sie „[...] bilden die Grundlage für das subjektive Gefühl des Angestrengtseins bei der Bewältigung primär geistiger Leistungsanforderungen (z. B. Aktualisieren von Gedächtnisinhalten, Problemlösen, Überwachen komplexer Systeme) [...]“ (Manzey, 1998, S. 799). Insofern müssen mentale Beanspruchungen von physisch muskulären und emotionalen Beanspruchungen abgegrenzt werden. Die physisch muskulären Beanspruchungen lassen sich besonders einfach durch die Analyse des entsprechenden Settings identifizieren. Sie spielen in der weiteren Betrachtung keine Rolle mehr, da die Arbeit an einem Computer oder das Rezipieren eines Medienstimulus ohne nennenswerte körperliche Anstrengung abläuft. Schwieriger ist die Abgrenzung von emotionaler und mentaler Beanspruchung. Emotionale Beanspruchung kann jedoch vor dem Hintergrund kognitiver Emotionstheorien (Hamilton, 1986; Lazarus & Folkmann, 1984;

Mandl & Reiserer, 2000; Mayer, 2000; Wieland-Eckelmann, 1992) mit kognitiven Problemlösungsprozessen gleichgesetzt werden. „Versucht wird eine Differenzierung mentaler und emotionaler Beanspruchungsaspekte daher sehr häufig, indem auf die jeweiligen Belastungsfaktoren rekurriert wird, die eine Beanspruchungsfunktion auslösen“ (Manzey, 1998, S. 800)

Nach Edelman (2000) können Gefühlszustände als Repräsentation endogener Aktivierungs- bzw. Deaktivierungszustände angesehen werden. Hierunter fallen sowohl kurzzeitig andauernde Gefühle als Stellungnahme zu der aktuellen Wahrnehmung, als auch länger andauernde Gefühle oder Stimmungen. Kognitive Daten sind somit immer an emotionale Daten gekoppelt. Dies bedeutet, dass eine sachliche Information immer auch an eine subjektive Bewertung dieser Information geknüpft wird. „Beim Prozess der Informationsverarbeitung handelt es sich eigentlich immer um ein Zusammenwirken kognitiver und emotionaler Prozesse. Emotionale (und motivationale) Faktoren sind selbst bei den abstraktesten Formen intellektueller Leistungen beteiligt“ (Edelman, 2000 S. 242).

Das Erleben von Gefühlen wird nach Birbaumer und Pauli (2000) auf den zwei Dimensionen *Valenz* und *Aktivierung* verortet. Die Aktivierung betrifft die Intensität des emotionalen Verhaltens, also das Ausmaß an bereitgestellten energetischen Ressourcen. Die Stärke kann unabhängig von der Valenz der emotionalen Reaktion sein. Lang, Bradley und Cuthbert (1997) konnten in vielen Studien zeigen, dass die Aktivierungsdimension sehr gut durch biopsychologische Parameter erfasst werden kann. Hierbei wird die Aktivität des sympathischen Teils des autonomen Nervensystems abgebildet. Die Dimension der Valenz ist hiervon unabhängig. Sofern dies notwendig erscheint, könnte sie im hier gegebenen Setting allerdings durch eine optische Analyse der Lidschlusslatenz des

*startle response* (Birbaumer & Pauli, 2000) abgebildet werden, wenn auf eine EMG-Ableitung verzichtet werden soll.

Aus den genannten Gründen sind kognitive Aspekte der Pupillenreaktionen von emotionalen Aspekten nicht zu isolieren. Man darf hierbei allerdings nicht außer Acht lassen, dass in dem Computerarbeitsplatzsystem eine absolute Kontrolle über die Bildschirmausgabe besteht, so dass die Stimuli als analytische Maße mentaler Beanspruchung in die Gesamtanalyse einbezogen werden können. Die Pupillenreaktion als Korrelat der Aktivierung des sympathischen Teils des ANS (Autonomes Nervensystem) spiegelt also in erster Linie energetische Prozesse wieder, die sich in Emotion und Kognition aufteilen. Die Bedeutung des Anteils der emotional bedingten Pupillenreaktion kann nur über eine Betrachtung der zugrunde liegenden Emotionstheorien zugewiesen werden.

In der Geschichte der Emotionspsychologie haben sich drei unterschiedliche Emotionstheorien etablieren können. Die ersten zwei Theorien, die James-Lange-Theorie (James, 1890) und die Cannon-Bard-Theorie (Cannon, 1927), sind inzwischen weniger relevant. Die Lazarus-Schachter-Theorie (Schachter & Singer, 1962) ist die jüngste dieser Theorien, aber auch sie ist etwa nach Zimbardo (1999) oder Birbaumer und Pauli (2000) umstritten. Letztere zeigen sogar physiologische Befunde auf, die die James-Lange- und mehr noch die Cannon-Bard-Theorie stützen. Dennoch ist die Lazarus-Schachter-Theorie in der Literatur weit verbreitet und besitzt wohl die größte praktische Relevanz. Die wesentlichen Kritikpunkte an dieser Theorie betreffen die mangelnde Erklärung einiger primärer Emotionen, die- durch die Amygdala gesteuert -ohne kognitive Beteiligung auftreten können (Birbaumer & Pauli, 2000). Dieser Mangel der Theorie ist im Rahmen dieser Arbeit allerdings zu vernachlässigen, da die Bedeutung dieser primären Emotionen für den Untersuchungsgegenstand nicht erheblich ins Gewicht fällt.

Die Lazarus-Schachter-Theorie stellt die Basis der Zwei-Faktoren-Theorien dar, in denen eine unspezifische physiologische Erregung (arousal) und kognitive Bewertungsprozesse in Kombination für die Entstehung von Emotionen verantwortlich gemacht werden (Birbaumer & Pauli, 2000). Der energetische Aspekt der Emotion wird hierbei durch die physiologische Erregung repräsentiert, welche diffus und unspezifisch ist. Erst der zweite Faktor in Form von kognitiven Bewertungs- und Attributionsprozessen entscheidet über die Richtung und die Qualität der Emotion (Birbaumer & Pauli, 2000).

Auf der Grundlage der attributionstheoretischen Ansätze innerhalb der Emotionspsychologie als Ausdifferenzierung kognitionstheoretischer Ansätze wird im Wesentlichen auf die Zwei-Faktoren-Theorie nach Schachter (1962, 1971) zurückgegriffen. Hieraus ergibt sich die Emotion aus der Kognition und der Aktivierung als Grundlage emotionalen Erlebens. Die Aktivierung bestimmt die Intensität der Emotion und die kognitive Bewertung bestimmt die Qualität. Der kognitive Aspekt gliedert sich in die Bewertung der Situation und die Überzeugung, dass die Erregung mit der Situation zusammenhängt (Kausalattribution) (Meyer, 2000).

Nach Meyer (2000) entsteht die Emotion im Normalfall durch die Wahrnehmung einer Situation, welche zur Aktivierung des erworbenen und nun vorhandenen Wissens um die Situation führt. Das Wissen führt zu einer emotionalen Einschätzung der Situation, welche die physiologische Erregung verursacht (erlebte Erregung). Die Erregung wird nun auf die emotional eingeschätzte Situation attribuiert. Als Resultat wird eine bestimmte Emotion erlebt.

Grundsätzlich kann die Emotion also nicht getrennt von der Kognition betrachtet werden. Hieraus ergibt sich aber auch, dass die Motivation in diese Prozesse einzugliedern ist (Mandl & Reiserer, 2000). Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Arbeit von Beatty (1982, 1986 und 2000), der annimmt, dass aufgrund der vegetativen Kontrolle der Pupille sich emotionale Einflüsse nicht ausschließen lassen, dass diese jedoch eher eine tonische Veränderung hervorrufen, wohingegen die aufgabenkorrelierten phasischen Pupillenveränderungen davon weitgehend unbeeinflusst bleiben.

Dörner und Stäudel (1990) schlagen vor, menschliches Handeln aufgrund von vier basalen Instanzen der Informationsverarbeitung zu erklären. Hierunter verstehen die Autoren die Wahrnehmung, die Absichtserzeugung, die Absichtsauswahl und als Exekutive die Absichtsbehandlung. In diesem Modell lassen sich Emotionen als psychische Zustände beschreiben, die durch eine bestimmte Anordnung der Parameter dieser Informationsverarbeitungseinheiten gekennzeichnet sind. Diese Analysemethode menschlichen Handelns konnte mathematisch sehr gut modelliert werden (Dörner & Schaub, 1998) und somit das Zusammenwirken von Emotion, Kognition und Motivation erklären.

Als zentrale Mechanismen der Emotionsregulation werden zwei Motivationssysteme benannt: Suche nach Bestimmtheit (als Erfüllung von Erwartungen) und Kompetenz als Möglichkeit der effizienten Problemlösung. Je nach Befriedigungszustand der beiden Motivationssysteme werden Verhaltensweisen ausgelöst und Informationsverarbeitungsparameter verändert. Durch die Veränderung der Parameter wird der Aktivierungszustand des Organismus angepasst. Der Aktivierungszustand wiederum beeinflusst die Konzentration auf die aktuelle Absicht (Selektionsschwelle) und die Auflösungsgenauigkeit der Informationsverarbeitung (Genauigkeit).

In diesem Modell wird die Bedürfnisbefriedigung als Grundmotiv angeführt und die Prozesse bis zur Handlung werden als Informationsverarbeitungsprozesse definiert. Danach ist es also nicht notwendig, eine explizite Unterscheidung von Kognition, Emotion und Motivation vorzunehmen. Als physisches Korrelat der Informationsverarbeitungsprozesse können physische Parameter abgeleitet werden, wobei die Intensität anhand der Amplitude bestimmt wird. Diese ist jedoch unspezifisch, d. h. es kann über die Messdaten allein nicht auf die Qualität der Informationsverarbeitungsprozesse geschlossen werden. Hierfür ist als weiterer Faktor die Bildschirmvorlage in die Analyse einzubeziehen. Im gegebenen Setting ist jedoch auch davon auszugehen, dass Emotionen eine eher untergeordnete Rolle spielen, da in erster Linie kognitive Aktivitäten angefordert werden. Emotionen könnten eher im Fall einer Störung in der Kommunikation mit einem adaptiven System als Ärger oder Resignation auftreten. Eine Analyse der Kommunikationsstörungen kann jedoch erst nach dem Aufbau eines prototypischen Systems erfolgen und muss aus diesem Grund in einem anderen Rahmen erörtert werden.

In der Erweiterung dieses Modells ist das Elaboration-Likelihood-Model (Petty & Cacioppo, 1983) anwendbar. Der gemessene Grad der Aktivierung im Organismus gibt dabei Aufschluss über die mentale Arbeitslast und somit über die Wahrscheinlichkeit einer Elaboration und einer tiefen Verarbeitung der aktuellen Wahrnehmung. Nach dem Modell können periphere und zentrale Verarbeitungsrouten isoliert werden. Während Informationen auf der peripheren Route nur oberflächlich verarbeitet und anhand vorhandener Heuristiken beurteilt werden, kann man bei einer höheren Aktivierung davon ausgehen, dass eine zentrale Verarbeitungsrouten eingeschlagen wurde. Somit ist die Wahrscheinlichkeit einer Elaboration der aufgenommenen Information wesentlich höher. Sie korreliert mit der Aktivierung. Einschränkend muss an dieser Stelle aber auf das Yerkes-Dodson-Gesetz (Yerkes & Dodson, 1908) hingewiesen werden. Eine hohe Aktivie-

rung führt hiernach nur bis zu einem gewissen Punkt zu einer erhöhten Leistung. Wird dieser Punkt überschritten, so fällt die Leistungsfähigkeit ab. Darüber hinaus besteht eine negative Korrelation zwischen der Schwierigkeit der Aufgabe und dem für die Aufgabe optimalen Aktivierungszustand. Dieser umgekehrt U-förmige Zusammenhang von Leistungsfähigkeit und Aktivierung macht es notwendig, den Wendepunkt der Leistungskurve identifizieren zu können, um somit Leistungsfähigkeit und Leistungsanforderungen auf einem optimalen Niveau einzupegeln.

### **3.2 Theoretische Konzepte der mentalen Beanspruchung**

Bei der Erforschung mentaler Beanspruchungen erweist sich das Fehlen einer einheitlichen Theorie als äußerst problematisch. Allerdings existieren einige Modellvorstellungen, die sich schematisch in zwei Hauptrichtungen einteilen lassen. Zum einen können die bestehenden Vorstellungen in einem biopsychologischen Hauptmodell, dem aktivierungstheoretischen Konzept, gebündelt werden und zum anderen in einem kognitionstheoretischen Hauptmodell, dem aufmerksamkeitstheoretische Vorstellungen zugrunde liegen. Eine Integration dieser Modelle ist möglich, wenn die energetischen und strukturellen Aspekte mentaler Beanspruchung zusammengeführt werden und somit den theoretischen Rahmen definieren (Manzey, 1998). Im Folgenden werden die beiden Grundmodelle kurz erläutert, aus denen sich dann das integrative dritte Modell entwickeln lässt.

### 3.2.1 Aktivierungstheoretisches Konzept

Grundlage dieses Modells ist die Existenz eines eindimensionalen Kontinuums zentraler Aktivierung und Aktiviertheit (Bratenwerfer, 1961, 1969; Duffy, 1962). Mentale Beanspruchung wird hierbei als der psychophysische Aufwand bezeichnet, der zur Lösung einer komplexen Aufgabe benötigt wird. Der Prozess der zentralen Aktivierung bildet die energetische Grundlage aller möglichen Verarbeitungsprozesse.

Diesem Stufenmodell liegt die Annahme zugrunde, „[...] dass Informationsverarbeitung Zeit kostet. Nach diesen Modellen werden Informationen streng sequenziell in Stufen verarbeitet“ (Rößger 1997, S. 5). Bei Kahnemann (1973, p. 5) heißt es dazu: „One of the classic dilemma of psychology concerns the division of attention among concurrent streams of mental activity“. Das Stufenmodell (auch ‚bottleneck model‘ genannt) besagt, dass eine parallele Verarbeitung von Stimuli nicht möglich ist.

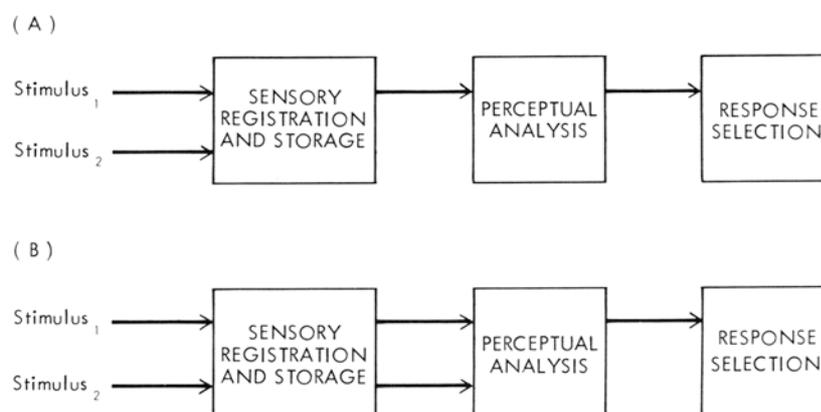


Abbildung 2: Two models of selective attention nach Kahnemann (1973)

Das Modell A (s. Abb. 2) illustriert einige zentrale Aspekte der „Filter Theory“ (Kahnemann 1973, p. 6), wie sie zuerst von Broadbent (1958) aufgestellt wurde. Danach ist der *Bottleneck* vor der Phase der *Perceptual Analysis* verortet. Somit kann lediglich ein

Stimulus nach der Phase der Wahrnehmung zur weiteren Verarbeitung an die nächste Stufe, der *Perceptual Analysis*, weitergegeben werden. „In this model, attention controls perception“ (Kahnemann 1973, p. 6).

Im Modell B ist der *Bottleneck* hingegen vor der Stufe der *Response Selection* verortet. Nach diesem Modell, welches auf Deutsch und Deutsch (1963) zurückgeht, können Stimuli also auch noch während der Phase der *Perceptual Analysis* parallel verarbeitet werden. Erst beim Übergang zur Stufe der *Response Selection* beginnt die sequenzielle Verarbeitung. „It prevents the initiation of more than one response at a time, and selects the response that best fits the requirements of the situation“ (Kahnemann 1973, p. 7).

Da die Allokation der Aufmerksamkeit flexibel und situationsabhängig ist, ist davon auszugehen, dass eine Filterung bereits vor der Reizaufnahme stattfindet. Aufmerksamkeit muss also zunächst erregt werden, damit ein Stimulus zur weiteren Verarbeitung aufgenommen werden kann. Die hierbei wichtigen Prozesse laufen überwiegend autonom und ohne Kontrolle der Person ab (Kahnemann 1973). Es ist nicht möglich, die Stufe der *Perceptual Analysis* vor irrelevanten Informationen zu schützen.

Der Vorteil an diesem eindimensionalen Konzept besteht darin, dass die Messbarkeit der Variablen sehr einfach ist. Doch liegt insbesondere in der Einfachheit dieses Konzeptes auch seine wesentliche Schwäche (Kahnemann 1973). Fahrenberg (1983) beschreibt verschiedene Reaktionsmuster, die sich individualspezifisch, stimulusspezifisch und motivationsspezifisch unterscheiden. Diese verschiedenen Reaktionsmuster sind mit einem solchen eindimensionalen Modell nicht vereinbar. „Wie zahlreiche psychologische Beanspruchungsstudien belegen, hat diese einfache Modellvorstellung trotz zahlreicher kritischer Einwände zumindest implizit ihre Bedeutung für eine eher pragmati-

sche orientierte psychophysiologische Beanspruchungsforschung bis heute behalten“ (Manzey, 1998, S. 804).

Eine komplexere Modellvorstellung, wie sie für die heuristische Beanspruchungsforschung besonders sinnvoll erscheint, ist die Vorstellung von McGuinness und Pribram (1980), welche auf einem dreigliedrigen Aktivierungsmodell basiert. Stark vereinfacht lassen sich diese drei Systeme in allgemeine (effort), emotionale (arousal) und motivationale, tätigkeitsbezogene (activation) Aktivierungsprozesse aufteilen. Auch Erkenntnisse aus der Neurobiologie stützen diese Auffassung. Hier berichtet Manzey (1998) von gut identifizierten monoaminergen Bahnsystemen im Gehirn, die analog zu diesem Modell arbeiten.

Für die Forschung im Bereich der mentalen Beanspruchung kommt dem SSR-Modell (Stimuluspezifische Reaktion) besondere Bedeutung zu. So lassen sich emotionale und mentale Belastungen durch eine Analyse des Reizmaterials voneinander unterscheiden. Stimuluspezifische Aktivierungsmuster zeigen sich demnach als Maximalreaktion bei jedem Individuum der Bezugspopulation (Fahrenberg, 1983). Legt man nun das aktivierungstheoretische Konzept mentaler Beanspruchung zugrunde, stellt sich nicht die Frage, ob es spezifische Aktivierungsmuster für emotionale und mentale Beanspruchungen gibt, vielmehr wird nach einer möglichen Differenzierung der Reize von der Präsentationsseite aus gefragt.

### ***3.2.2 Aufmerksamkeitstheoretisches Konzept***

Grundlage der Modelle, die zu diesem Konzept gebündelt werden können, ist die Annahme von Kapazitätsgrenzen bei der Informationsverarbeitung im menschlichen Ge-

hirn. Hinweise auf dieses Modell lieferten insbesondere Beobachtungen von Leistungseinbußen bei Doppeltätigkeiten (Manzey, 1998). Mentale Beanspruchung wird mit dem Bedarf an Kapazität von Verarbeitungsprozessen gleichgesetzt, der von einer Aufgabe gefordert wird.

Vorhandene Kapazitätsmodelle unterscheiden sich hauptsächlich durch die Verwendung verschiedener Metaphern zur Beschreibung der Kapazitätsverteilung während der mentalen Beanspruchung. Zuerst wurde von einem sequenziellen Prozessor ausgegangen, welcher mit begrenzter Übertragungskapazität arbeitet (Broadbent, 1958). Diese wurde mit informationstechnischen Werten von Bits pro Sekunde beschrieben. Später etablierten sich eher ökonomische und energetische Metaphern (Kahnemann 1973; Manzey 1998).

Die grundlegende Annahme beim Ressourcenmodell nach Kahnemann (1973) ist eine natürliche Beschränkung der menschlichen Verarbeitungskapazität von Informationen. Ist eine zu bewältigende Aufgabe sehr schwierig, so muss mehr Kapazität (capacity) von Ressourcen zur Verfügung gestellt werden, als wenn eine Aufgabe sehr einfach zu lösen ist. Synonym werden auch die Begriffe Anstrengung (effort) und Aufmerksamkeit (attention) verwendet. Ein wesentliches Merkmal dieser Kapazität sah Kahnemann in ihrer Unspezifität. Alle möglichen Verarbeitungsaufgaben sollten an den Einsatz dieser allgemeinen Verarbeitungskapazität gebunden sein (Manzey, 1998). Ressourcenmodelle werden grundsätzlich in einfache und in multiple Modelle unterteilt (vgl. Norman & Bobrow, 1975; Rößger 1997). Für das Ziel der hier vorgestellten Tätigkeiten ist aber der Unterschied dieser Modelltypen nicht relevant, da es in diesem Kontext lediglich um die Messbarkeit von Aktivierung geht. Die Bearbeitung von Mehrfachaufgaben sind bisher

kein Gegenstand der Untersuchungen und weitere interne Verarbeitungsprozesse sind zum derzeitigen Forschungsstand noch nicht von Bedeutung.

Am Ressourcenmodell nach Kahnemann (1973) erscheint im Kontext dieser Arbeit die Tatsache besonders interessant, dass Kahnemann sein Modell über Pupillenmessungen validiert hat. Er geht davon aus, dass die gesamte verfügbare Verarbeitungskapazität des Menschen limitiert ist. Diese Kapazität ist allerdings variabel zuteilbar und richtet sich nach dem Level der Aktivierung (arousal). Je höher die Aktivierung ist, desto mehr Kapazität steht dem Organismus zur Verfügung. Die Kontrolle des Regelkreises obliegt dem Feedback, welches aus der ausgeführten Handlung rückwirkt. Steigen nun also die Anforderungen einer Aktivität, so steigt auch der Grad der Körperaktivierung. Bevor die geforderte Aktivität ausgeführt wird, steht der Level der Aktivierung dabei noch nicht fest, sondern wird im Prozess selbst erst dynamisch angepasst. „In general, we merely decide what aims we wish to achieve. The activities in which we then engage determine the effort that we exert” (Kahnemann, 1973, p. 14).

Kahnemann (1973) erläutert sein Modell am Beispiel eines Generators, welcher ein geschlossenes Stromnetz eines Hauses versorgt. Dieser Generator bringt eine Grundmenge an Strom in das Netz. Wird nun ein weiteres elektrisches Gerät in Betrieb genommen, so muss der Generator mehr Strom erzeugen (also mehr Benzin verbrennen) oder alle Stromverbraucher müssen mit weniger Strom auskommen. In dieser Analogie sind die Stromverbraucher die Aufgaben, die ein Mensch lösen muss, während der Strom die zur Verfügung stehenden Ressourcen veranschaulicht. Der Benzinverbrauch des Generators entspricht somit dem arousal, d. h. dem Aktivierungspotenzial des Organismus. Bei geringem Benzinverbrauch können nur wenige Aufgaben gelöst werden, bei hohem Benzinverbrauch entsprechend mehr. Dieser Prozess ist natürlich nicht endlos steiger-

bar, er hat einen Endpunkt in der Leistungsfähigkeit des Generators bzw. des Organismus. Bei Überschreitung der Leistungsgrenze verändern sich auch die Ressourcen von der Informationsverarbeitung bis hin zu körperlichen Ressourcen wie beispielsweise der Flucht.

Benötigt der Mensch für das Lösen einer Aufgabe mehr Kapazität als im gegenwärtigen Augenblick zur Verfügung steht, steigt das *arousal*. Damit geht eine Veränderung der physiologischen Parameter einher. Beispiele hierfür sind etwa der Hautleitwert (EDA) die Herzfrequenz oder eben der Pupillendurchmesser. Der Kapazitätsbedarf ist durch die Schwierigkeit der zu bearbeitenden Aufgabe, eine überdauernde Disposition und die jeweilige Intention des Individuums bestimmt (Manzey, 1998).

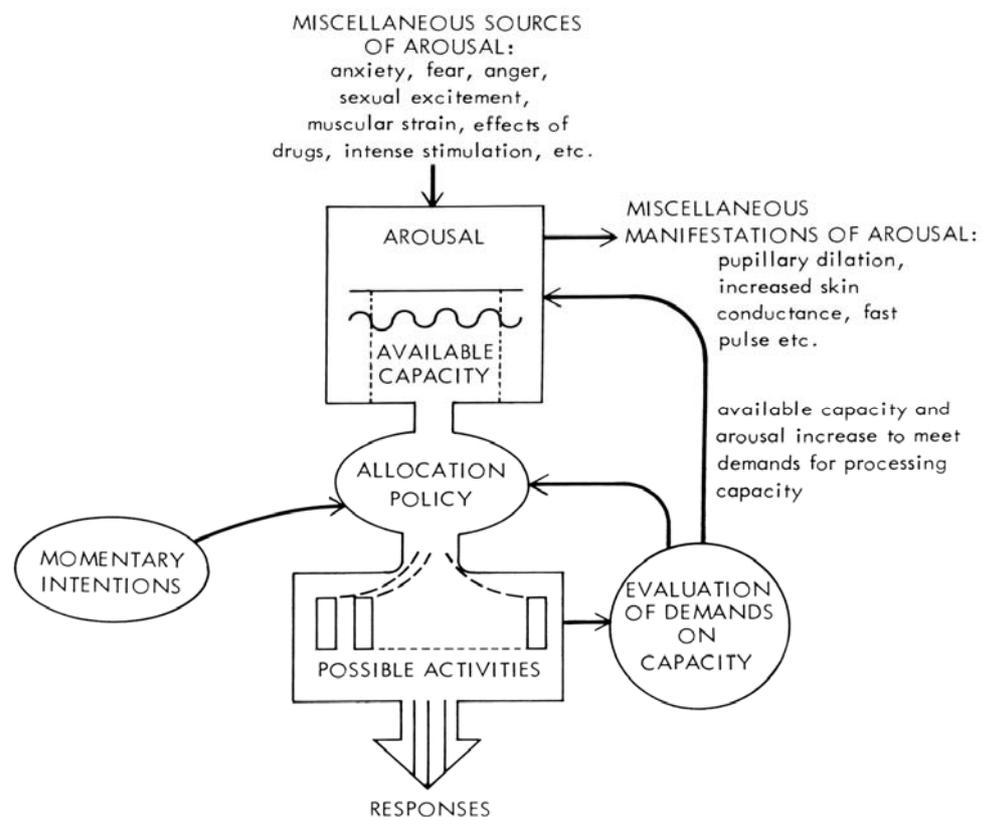


Abbildung 3: Effort and other determinants of arousal nach Kahnemann (1973)

Die Menge der Kapazität, die der Informationsverarbeitung zur Verfügung steht, ändert sich mit der Veränderung des Aktivierungspotenzials. Die Anforderungen der zu lösenden Aufgabe werden durch Ärger, Angst, Drogen etc. modifiziert. Die „Zuteilungspolitik“ ist für die Zuteilung der verfügbaren Kapazitäten zu verschiedenen Handlungen verantwortlich (vgl. Abb. 3). Daraufhin finden eine oder mehrere Reaktionen statt. Kahnemann (1973) ging in seinem Modell davon aus, dass die Kapazitätsgrenze - etwa durch Anstrengung - gesteigert werden kann. „In der Höhe des jeweiligen Aktivierungsniveaus vermutete er ein Korrelat der jeweils verfügbaren Maximalkapazität und stellt so bereits früh einen Zusammenhang mit aktivierungstheoretischen Konzepten her“ (Manzey, 1998, S. 808).

Erweitert wurde das Ressourcenmodell durch Norman und Bobrow, die von dem energetischen Konzept abrückten und nun von „such things processing as processing, the various forms of memory capacity, and communication channels“ (Norman & Bobrow, 1975, p. 45) sprachen. Um den Zusammenhang zwischen der erbrachten Leistung bei der Lösung einer Aufgabe und der hierfür benötigten Kapazität zu beschreiben, führten Norman und Bobrow (1975) die „performance-resource-function, PRF“ (Leistungs-Ressourcen-Funktion) ein. Die Autoren unterschieden datenlimitierte Aufgaben, die keinerlei Verarbeitungsressourcen in Anspruch nehmen und ressourcenlimitierte Prozesse (kognitive Prozesse), welche ein Leistungsmaximum bei einer entsprechenden Menge von Verarbeitungsressourcen erreichen (Norman & Bobrow, 1975).

Auf den Grundlagen des Modells nach Kahnemann (1973) und den jeweiligen Weiterentwicklungen entstanden die mehrdimensionalen Ressourcentheorien, die heute verbreitet sind (vgl. Manzey, 1998). Grundannahme ist die Existenz mehrerer unabhängiger Verarbeitungsressourcen im menschlichen Informationsverarbeitungssystem, die

jedoch in der Menge begrenzt sind. Nur wenn zwei sehr ähnliche Aufgaben bearbeitet werden, die auf die gleichen Verarbeitungsressourcen zugreifen, kann es zu Interferenzeffekten kommen. Wickens (1991) untersuchte mittels Doppelaufgaben und Doppeltätigkeiten verschiedene Ressourcenarten und stellte ein Modell multipler Ressourcen auf. Er erkannte vier verschiedene Ressourcenarten, die sich in zwei dichotome Klassen einteilen ließen. In der ersten Klasse sind jene Ressourcen angeordnet, welche für die verschiedenen Stufen der Informationsverarbeitung zuständig sind. Wickens (1991) unterscheidet Ressourcen für die perzeptiv-kognitiven Prozesse - wie etwa Rechnen, logisches Denken, Gedächtnisabfrage - und Ressourcen für die Programmierung und Kontrolle motorischer Funktionen - wie beispielsweise Tastatureingaben am Computer. Die zweite Klasse besteht aus Ressourcen, die für verschiedene Modi der Informationsverarbeitung zuständig sind. Hierunter fallen verbal koordinierte Verarbeitungsprozesse und Ressourcen für die räumlich analogen Verarbeitungsprozesse.

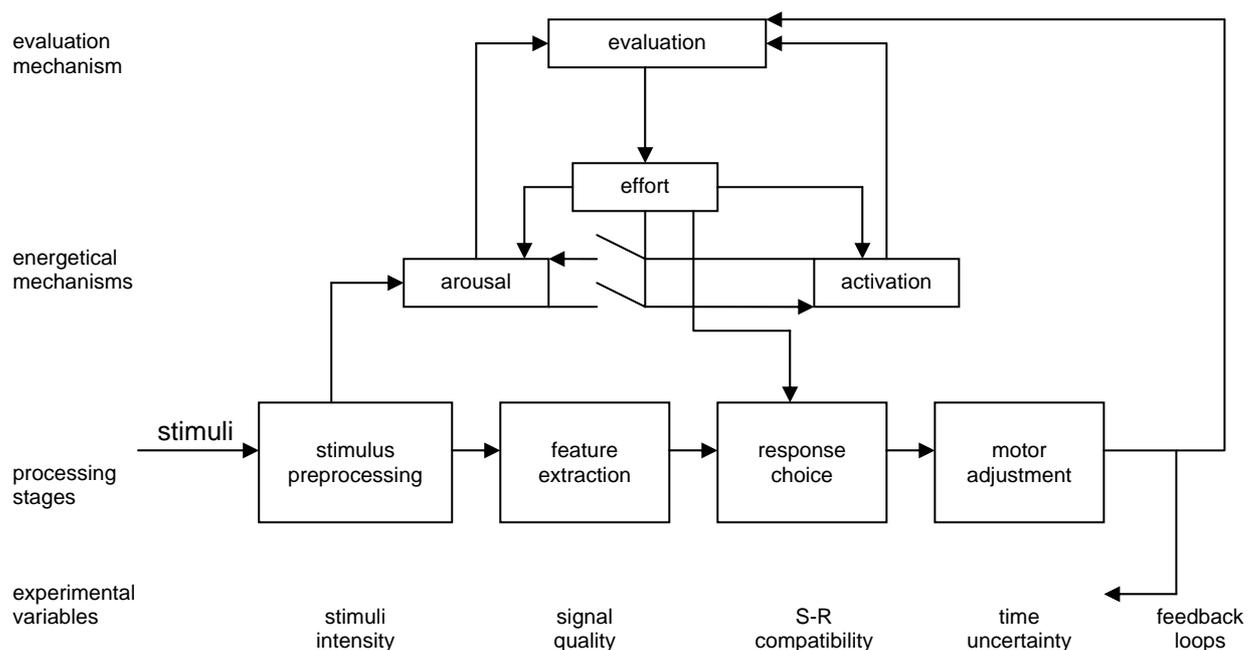
Dieses mehrdimensionale Konzept der mentalen Beanspruchung kann nach Manzey (1998) zur Ableitung einer Taxonomie verschiedener mentaler Beanspruchungszustände herangezogen werden: „Dies insbesondere in dem Maße, in dem es gelingt, die in diesem Modell unterschiedenen Ressourcenarten mit aktivierungstheoretischen Konzepten zu verknüpfen, so dass ein möglicher theoretischer Zusammenhang zwischen informationsverarbeitenden und psychophysiologischen Prozessen deutlich wird“ (Manzey, 1998, S. 811).

### ***3.2.3 Integratives Konzept***

Beim Vergleich der beiden beschriebenen Konzepte aus dem aufmerksamkeits-theoretischen und aktivierungstheoretischen Kontext wird deutlich, dass sich beide Konzepte nicht automatisch ausschließen. Ganz im Gegenteil können beide Konzepte als integrative und komplementäre Bestandteile eines integrativen Konzeptes angesehen werden.

Zur Analyse beanspruchungsspezifischer Aktivierungsmuster kann die Taxonomie von Wickens (1992) herangezogen werden, welche auf seinem Modell multipler Ressourcen basiert. Auf der anderen Seite können mehrdimensionale Aktivierungstheorien „[...] eine mögliche Interpretation des Ressourcenkonzeptes [...]“ (Manzey, 1998, S. 812) liefern. Eine Voraussetzung hierfür ist allerdings die Identifizierung der Verarbeitungsressourcen in Form energetischer Mechanismen in der Tradition von Kahnemann (1973).

Sanders (1983) hat mit seinem kognitiv-energetischen Leistungsmodell einen interessanten Ansatz zur Integration der beiden Grundkonzepte geliefert. Er führt in diesem Modell strukturelle und energetische Annahmen und Funktionsweisen des menschlichen Informationsverarbeitungssystems zusammen. Strukturell als Stufenmodell der Informationsverarbeitung werden vier verschiedene, seriell angeordnete Verarbeitungsstufen unterschieden (s. Abb. 4), denen verschiedene Aktivierungsmechanismen zugeordnet sind. Diese Aktivierungsmechanismen stellen die energetische Grundlage für eine Aktivierung stufenspezifischer Verarbeitungsprozesse dar. Die Stufen der Verarbeitung sind dabei an das Modell von Pribram und McGuinness (1975) angelehnt.



**Abbildung 4: Schematische Darstellung des kognitiv-energetischen Leistungsmodells nach Sanders (1983)**

Die energetische Grundlage für die Prozesse der Informationsaufnahme und Vorverarbeitung vermutet Sanders (1983) im Arousal-System im Sinne spezifischer Ressourcen. Das Activation-System ist hingegen den motorischen Prozessen zugeordnet. Das Effort-System ist diesen beiden Systemen übergeordnet und fungiert als multifunktionaler Aktivierungsmechanismus. Das Erlebniskorrelat *Effort* ist die subjektiv berichtbare Anstrengung (Buld, 2000). Es ist mit allen kognitiven Verarbeitungsprozessen im Sinne einer spezifischen Ressource über die zentrale Verarbeitungsstufe *response choice* verbunden. Diese Stufe ist bewusstseinsfähig (kontrollierte Prozesse). Das Effort-System ist darüber hinaus mit dem Arousal- sowie dem Activation-System so verbunden, dass es modulierenden oder kompensatorischen Einfluss nehmen kann. In Form der Selbstregulierung können hemmende oder bahnende Einflüsse weitergegeben werden.

Die Annahme eines übergeordneten Organisationssystems (Effort-System) bildet bei dem Modell nach Sanders (1983) einen Unterschied zu den Vorstellungen von Wickens (1991), stellt aber keinesfalls einen Widerspruch dar. Neben der Annahme spezifischer Ressourcen ist die Existenz einer übergeordneten unspezifischen Ressource implizit auch in jedem Modell multipler Ressourcen vorhanden, da neben der unwillkürlichen, reizgesteuerten Allokation spezifischer Ressourcen auch eine vermehrt willkürliche, durch Anstrengung beeinflusste Reaktion erfolgen kann (Manzey, 1998). Hierzu bedarf es einer übergeordneten Instanz wie dem Effort-System in dem beschriebenen Modell nach Sanders (1983), welches seinerseits auf das Arousal- und/oder auf das Activation-System zur Steigerung der Intensität und der Effizienz der Verarbeitung einwirken kann (Buld, 2000). Daneben existieren unspezifische Aktivierungssysteme in der Form tonischer Regulation, wie sie beispielsweise von biologischen Rhythmen (z.B. Wach-Schlaf-Regulation) bedingt werden. Phasisches und tonisches System interagieren hierbei miteinander und erst aus der Interaktion ergibt sich die aktuelle Leistungsfähigkeit.

In der vorliegenden Arbeit ist dieses Modell der mentalen Beanspruchung für die Untersuchungen und ihre Interpretationen von essenzieller Bedeutung. Aufgrund der Tatsache, dass die mentale Beanspruchung eines Menschen automatisch zur Erhöhung seines Aktivierungspotenzials führt, ist es im Rahmen der Experimentalpsychologie und ihrer Methoden möglich, Messungen durchzuführen. Diese Messungen lassen Aussagen über den Level des Aktivierungspotenzials zu und ermöglichen somit Rückschlüsse auf die Ausprägung der mentalen Beanspruchung.

Es lässt sich festhalten, dass die mentale Beanspruchung und das Aktivierungspotenzial des Organismus in einem direkten Zusammenhang stehen. „In its psychological manifestations effort is a special case of arousal [...]. The effort that a subject invests at any

one time correspondents to what he is doing, rather than to what is happening to him” (Kahnemann, 1973, p. 4). Insofern ist die Messung des arousal und die Interpretation der Messung, bezüglich der mentalen Beanspruchung des Individuums ein geeigneter Weg, um den Grad der Informationsverarbeitung aufzuzeichnen. Neben den üblichen Messverfahren (wie der Sinusarrhythmie und der EDA- Messung) ist insbesondere die Pupillometrie interessant, da nur sie körperlos abgeleitet werden kann. Hierzu stellt Kahnemann fest, dass „[...] mental effort is reflected in manifestations of arousal, such as the dilatation of the pupil of the eye or the electrodermal response” (1973, p. 4). Belastung führt jedoch nicht automatisch auch zu einer bestimmten mentalen Beanspruchung, so dass für eine Interpretation von physiologischen Messwerten in Bezug auf Belastung und Beanspruchung die Begriffe zunächst näher definiert werden müssen.

### **3.3 Belastung und Beanspruchung bei Arbeitstätigkeiten**

Das Belastungs-Beanspruchungskonzept basiert auf einem einfachen Reiz-Reaktions-Modell. Eine erste Operationalisierung der Begriffe wurde von Bornemann (1942 und 1959) versucht und mittels Doppelaufgaben untersucht. Bratenwerfer (1961) prägte den Begriff „psychische Beanspruchung“ als zentralen Begriff in der Betriebspsychologie. Unter dem Begriff der zentralen Aktiviertheit fasst er Intensität und Aktivierungsgrad psychischer Vorgänge zusammen und macht diese anhand einer grafischen Standardskala unabhängig vom Grad körperlicher Arbeit messbar. Die Trennung der Begriffe Belastung und Beanspruchung geht auf Rohmert und Rutenfranz (1975) zurück. Als Belastung (input load, demands, stressors) wurden die von außen auf den Menschen einwirkenden objektiven Größen bezeichnet, wohingegen der Begriff der Beanspru-

chung (workload, strain) die subjektiven Folgen dieser Beanspruchung bezeichnet Rohmert (1984). Auch in der Norm ISO 10075 (1996) „Ergonomic principles related to mental workload“ wird der Begriff mentale Beanspruchung als ein Konstrukt aus *stress* (Belastung) und *strain* (Beanspruchung) definiert Dabei wird ein Ursache-Wirkungs-Konzept zugrunde gelegt (Hofmann, Keller & Neuhaus, 2002; Rohmert, 1984; Rößger, 1997). Eine Bewertung der individuellen Beanspruchung hängt nicht allein von der Belastung ab, sondern auch von der Verarbeitungsleistung der betreffenden Person. ISO 10075-1 und DIN 33 405 beschreiben die psychische Beanspruchung folgerichtig als „die Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und auf ihn psychisch einwirken“ (Hofmann et al., 2002, S. 12). Die psychische Beanspruchung ist „die individuelle, zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der psychischen Belastung des Menschen in Abhängigkeit von seinen individuellen Voraussetzungen und seinem Zustand“ (Hofmann et al., 2002, S. 12).

Belastungen lassen sich im Arbeitskontext nach Schönplüg (1987) in 6 verschiedene Dimensionen untergliedern:

- Herkunft der Belastungen (Arbeitsplatz und Umfeld)
- Qualität der Belastungen (sozial, biologisch, physikalisch-geografisch und technisch)
- Beeinflussbarkeit von Belastungen (Kontrolle)
- Planmäßigkeit und Voraussehbarkeit von Belastungen
- Zeitcharakteristik von Belastungen (Dauer und Häufigkeit)
- Auswirkungen von Belastungen auf den Betroffenen (Wirkungsrichtung, Wirkungsgrad und Zeitcharakteristik der Wirkung)

Wann eine Bedingung zu einer Belastung wird hängt in erster Linie vom dem Subjekt ab, auf das die Belastung wirkt. Eine Schlüsselrolle kommt hierbei der Kontrollierbarkeit (Schwierigkeit), der Wirksamkeit (Richtung, Stärke) und der Zeitcharakteristik zu. Aussagen über die Bewältigungsschwierigkeit einer Belastung lassen sich nicht ohne die Betrachtung der Leistungsfähigkeit des Betroffenen machen. Die Wirksamkeit hängt von Motiven, Absichten und Wertvorstellungen des Betroffenen ab. Hieraus ergibt sich eine Individualisierung von Belastung (Schönpflug, 1987).

Belastungen können als Einfachbelastungen in einem linearen Reiz-Reaktions-Modell auftreten, wie dies bei der Computerarbeit teilweise der Fall ist. In der Mensch-Maschine-Interaktion treten jedoch häufig auch Mehrfachbelastungen auf. Mehrfachaufgaben als Verursacher von Mehrfachbelastungen setzen unterschiedliche Ziele, welche mittels heterogener Tätigkeiten gleichzeitig verfolgt werden. Hierbei entscheidet aber nicht die Menge der gleichzeitig ausgeführten Arbeiten über den Grad der Mehrfachbelastung, sondern das Ausmaß, indem diese Arbeiten die gleichen Fähigkeiten und Kräfte bündelt. Zusätzlich können auch noch Zusatzbelastungen auftreten. Ist die Gleichzeitigkeit nicht gegeben, so handelt es sich lediglich um eine Abfolge von Einfachbelastungen. Die Wirkung von Mehrfachbelastungen kann sogar über eine Summe der Einzelbelastungen hinausgehen. In der Interaktion kann eine Gesamtbelastung entstehen, welche in der Gesamtbeanspruchung, die durch Einzelbelastungen induzierten Einzelwirkungen übersteigt.

Zur Bewältigung von Belastungen und den daraus resultierenden Beanspruchungen setzt der Mensch Ressourcen ein. Diese können grob in persönliche, natürliche, technische und soziale Ressourcen eingeteilt werden. So sind bei Mensch-Maschine-Systemen

die Belastungen oftmals durch die Maschine verursacht, die Maschine selbst ist aber auch wieder als technische Ressource zu Bewältigung dieser Belastung anzusehen.

Es gibt zahlreiche Gründe, die den Wunsch nach einer objektiven Bewertung von Belastung und Beanspruchung rechtfertigen. Die Eigenschaft der Objektivität wird hierbei im Allgemeinen den Messwerten zuerkannt. Die Annahme eines direkten kausalen Zusammenhangs zwischen Belastung und innerer Beanspruchung ist aber sicherlich zu kurz gegriffen. Dagegen spricht, dass Menschen ihrer Umwelt nicht passiv gegenüberstehen, sondern sich stets in einer aktiven Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt befinden. Belastungen müssen als solche zunächst aktiv (kognitiv) wahrgenommen werden, wodurch individuell subjektive Vorstellungen über die Belastung entstehen. Nach Caplan, Cobb, French, Harrison und Pinneau (1982) sind es die subjektiven Anforderungen und Bedingungen, welche die Beanspruchung bestimmen. Da diese aber von den objektiven Anforderungen abweichen können, ist ein Zusammenhang dieser Parameter nicht zu erwarten. Ein Rückschluss von der objektiven Belastung auf die subjektive Beanspruchung muss also misslingen.

Wahrnehmung und in der Folge die Repräsentation von Belastung ist nach kognitivistischer und vielmehr nach konstruktivistischer Auffassung das Ergebnis einer individuellen Konstruktion, welche von persönlichen Motiven beeinflusst wird. Die subjektive Einschätzung von Belastung beruht auf einer rationalen Betrachtungsweise (Lazarus, 1966). Die Belastung wird von den Betroffenen nach der vorliegenden Bedürfnislage und ihrem Anreiz oder ihrer Bedrohung doppelt bewertet. Je größer die Chancen der Bewältigung eingeschätzt werden, desto stärker wirkt der Faktor Anreiz im Gegensatz zum Faktor Bedrohung. Nach dieser Logik ist methodisch nur der Betroffene in der Lage, die Belastung einzuschätzen. Eine Vielzahl von Studien widerspricht jedoch dieser

methodischen Herangehensweise, in denen subjektive Urteile und objektive Indikatoren von Belastung korreliert wurden (Holt, 1982). Objektive wie auch subjektive Methoden haben dabei kaum mehr als 10% gemeinsamer Varianz mit Maßen der Beanspruchung erbracht (Schönpflug, 1987). Als Hauptgrund für dieses unzureichende Ergebnis werden interindividuelle Unterschiede in der Skalenbeurteilung angeführt. Die Messung biopsychologischer Parameter verspricht hierbei deutlich bessere Ergebnisse zu liefern, obgleich diese kaum geeignet sein dürften, Aussagen über Prozesse und Mechanismen zu liefern. Inwieweit eine Belastung eine Beanspruchung hervorruft, wird vom Prozess der zielgerichteten Handlung bestimmt, welcher der Bewältigung der Belastung dient. Beanspruchung leitet sich somit nicht aus der Belastung ab, sondern aus der Handlung zur Bewältigung. Hier ist eine Übereinstimmung mit dem Workload-Konzept zu sehen, das nicht zwischen Belastung und Beanspruchung unterscheidet, sondern von einem Informationsverarbeitungsprozess ausgeht, in dem sich auslösende Faktoren und deren Auswirkungen in Feedback-Loops beeinflussen. Dieser Prozess wird unter Kapazitätsaspekten (Ressourcen) untersucht und das Maß wird als *mental workload* bezeichnet.

### **3.4 Workload-Forschung**

Neben den Belastungs-Beanspruchungskonzepten ist insbesondere aus Untersuchungen zur Optimierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen in den USA die eher pragmatisch orientierte Workload-Forschung entstanden. Hierbei galt es mentale Ressourcen und ihre Inanspruchnahme zu erforschen, um Über- und Unterforderungssituationen aufzudecken, die zu Fehlbedienungen in Mensch-Maschine-Systemen führen. Dabei stehen Tätigkeiten im Vordergrund, die einen hohen mentalen Anteil aufweisen (Baumgarten,

2002). Grundannahme dieses Ansatzes ist die begrenzte Kapazität des Menschen zur Informationsaufnahme und –verarbeitung. Bei der Aufgabenbearbeitung sinkt die Kapazität mit der Zunahme der Aufgabenschwierigkeit. Nach Hancock und Meshaki (1998) definiert sich der *mental-workload* als der Anteil der Kapazität, gemessen an der zur Verfügung stehenden Gesamtkapazität, der durch eine Aufgabe gebunden ist.

Über das Konzept des *mental-workload* lassen sich Aussagen treffen, welche Bedingungen positiv auf die Produktivität und die optimale Auswahl von Aufgabenbewältigungsstrategien von Systemnutzern einwirken (Baumgarten, 2002). Die Effizienz des Aufgabenmanagements und die Flexibilität bei der Strategieauswahl sind nach Wickens und Hollands (2000) vom Grad des *mental-workload* entscheidend beeinflusst. Hierbei ist ein moderater Bereich als optimal anzusehen, der von Wickens (1990) als proaktiver Bereich bezeichnet wird.

### **3.5 Vergleich von Workload-Konzepten und dem Belastungs-Beanspruchungskonzept**

Während in der deutschsprachigen Arbeitsanalyse der Mensch als Bediener von Maschinen im Fertigungsprozess gesehen wird, wird er in der Workload-Forschung als Teil dieses Systems angesehen. Beiden Richtungen ist jedoch das Ziel der Schnittstellenoptimierung gemein (Buld, 2000). Die Workload-Forschung unterscheidet jedoch nicht zwischen Belastung als auslösendem Faktor und Beanspruchung als Wirkung, beide Aspekte bedingen sich gegenseitig in Feedback-Loops (Baumgarten, 2002). Dieser Ansatz ist jedoch auch im erweiterten Belastungs-Beanspruchungskonzept implizit vor-

handen. Nach Schönplflug (1987) ergibt sich die Beanspruchung nicht direkt aus der Belastung, als einfaches Reiz-Reaktions-Modell, sondern erst aus der Handlung als Prozess zur Bewältigung der Belastung. In Bezug auf Aufgabenbearbeitung mit hohen mentalen Anteilen besteht hier eine hohe Deckungsgleichheit beider Modellvorstellungen. Die Unterschiede werden erst mit der Erweiterung des Fokus auf größere Arbeitszusammenhänge deutlich, als dem hier untersuchten Computerarbeitsplatz.

Das Workload-Konzept eignet sich nicht für globale Tätigkeits- und Anforderungsbeschreibungen organisationspsychologischer Art (Buld, 2000) und versagt gänzlich, sobald der motorische Anteil einer Tätigkeit überwiegt. Durch diese Beschränkung des Gültigkeitsbereiches auf ein Prozessmodell des Mensch-Maschine-Systems erlangt der Workload-Ansatz eine größere Ausführlichkeit und höhere zeitliche Auflösung als arbeitsanalytische Konzepte, wie z.B. die Handlungsregulationstheorie nach Hacker (1998) mit ihrem weiteren Fokus des Gegenstandsbereiches. Bezogen auf das Handlungsmodell nach Sanders (1983) greift das Belastungs-Beanspruchungskonzept eher auf der Planungs- und Steuerungsebene. Als mentaler Prozess des Problemlösens müssen verschiedene Handlungsprogramme abgerufen, verglichen und ausgewählt werden. Dieser Prozess ist der Handlung vorausgeschaltet. Nach Buld (2000) verlaufen parallel zu diesen Prozessen Vorgänge, die das energetische Korrelat zu Reizaufnahme und – vorverarbeitung sowie zur Ausführungssteuerung darstellen. Der Operator erlebt Unsicherheit oder fehlende Sinnhaftigkeit als Anforderungsdimension, die im Extremfall zu Emotionen wie z.B. Furcht oder Ärger werden können (emotionale Anforderungen). Auf der Steuerungsebene gliedern sich die Anforderungen also in mentale Anforderungen, energetische Anforderungen und emotionale Anforderungen. Diese Steuerungsprozesse sind in der Ausführung nicht mehr präsent- es findet eine Reaktionsauswahl aus Informationsaufnahme und -verarbeitung und eine motorische Anpassung statt.

Der Workload-Ansatz hingegen setzt eher auf der Ausführungsebene an. Als Folge aller Anforderungen entsteht Effort zur Erreichung eines Ziels. Letztlich entscheidet also die Datenebene über die Frage, welches Konzept einer Untersuchung zugrunde gelegt wird. Sieht man im Belastungs-Beanspruchungskonzept die Handlung als Auslöser der Beanspruchung und erweitert somit das einfache Reiz-Reaktionsmodell, so ergibt sich an diesem Punkt eine Überschneidung beider Ansätze. Bei der Analyse von mentalen Tätigkeiten ist also über den Grad des Effort auf das Ausmaß der individuellen Belastung und die damit verbundene Wirkung auf die Beanspruchung zu schließen. Für diese überwiegend mentalen Tätigkeiten lassen sich beide Ansätze vereinen.

Im weiteren Kontext wird somit die Intensität der Informationsverarbeitung (Handlung) zur Bewältigung der Beanspruchung in Übereinstimmung des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts und des Workload-Konzepts als **mentale Beanspruchung** bezeichnet.

### **3.6 Methodische Aspekte zur Bestimmung von Belastung, Beanspruchung oder Workload**

Betrachtet man Untersuchungen, die eine Bestimmung von Belastungs-, Beanspruchungs-, oder Workload-Variablen zum Ziel haben, so kann man verschiedene methodische Herangehensweisen unterscheiden. Im Groben lassen sich objektive Verfahren von subjektiven Verfahren unterscheiden. Die objektiven, bedingungsbezogenen Verfahren beziehen sich auf Aspekte, die unabhängig von der ausführenden Person erfassbar sind (z.B. das Tätigkeitsbewertungssystem nach Hacker, Iwanowa & Richter, 1984). Die

subjektiven Verfahren erfassen das Erleben und Bewerten durch den Menschen, sowie die wahrgenommenen Folgen der herrschenden Bedingungen (Plath & Richter, 1984).

Facaoaru und Frieling (1985) schlagen eine Unterteilung in personenabhängige reaktionszentrierte Konzepte, in personenabhängige aufgabenzentrierte Konzepte und personenunabhängige aufgabenzentrierte Konzepte vor. Hierbei wird die Untersuchungsmethode danach unterteilt, ob eine Person befragt oder physiologisch vermessen wird (personenabhängig), oder ob die Untersuchung ohne Einbezug der Person auskommt (personenunabhängig). Reaktionszentrierte Konzepte fassen Verfahren zur Erfassung individueller Reaktionen zusammen, während aufgabenzentrierte Konzepte die Merkmale der Arbeitstätigkeit erfassen.

Workload-Konzepte unterscheiden per Definition nicht zwischen Belastung und Beanspruchung, eine Unterscheidung von bedingungs- und personenbezogener Analyse entfällt somit in der Regel. Aufgabenorientierte Darstellungen fallen in den Bereich der *task analysis* (Kirwan & Ainsworth, 1992).

**Tabelle 1: Methodische Ansätze zur Erfassung psychomentaler Belastungen (vgl. Faccaru & Friedling, 1985, S. 66)**

|                    | aufgabenorientiert   | reaktionsorientiert   |
|--------------------|--|---|
| personenabhängig   | <p>Erfassung subjektiv wahrgenommener und erlebter Merkmale der Arbeitstätigkeit durch Befragung</p> <p>Bsp:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgabenvariabilität</li> <li>• Entscheidungsspielraum</li> </ul>  | <p>Erfassung individueller Reaktionen als Beanspruchungsfolgen durch objektive Messungen und Befragungen</p> <p>Bsp:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• physiologische Parameter</li> <li>• Verhaltens- und Leistungsdaten</li> <li>• Erlebens- und Befindensdaten</li> </ul> |
| personenunabhängig | <p>A) Anforderungsanalytische Ansätze; Aufgabe als Eignungsvoraussetzung. Einschätzung von Fähigkeiten über Attributlisten oder Ratingverfahren</p> <p>Bsp:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verbales Denken</li> <li>• räumliches Vorstellungsvermögen</li> </ul>   |   |
|                    | <p>B) Aufgabenanalytisch, stress theoretisch fundierte Ansätze; task qua task; Auflisten hypothetischer, objektiver stressauslösender Aufgabenmerkmale</p> <p>Bsp:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgabenkomplexität</li> <li>• Konfliktträchtigkeit</li> </ul>   |   |
|                    | <p>C) Aufgabenanalytische kognitionspsychologisch fundierte Ansätze; Aufgabe als Verhaltensanforderung, Ableitung kognitiver Anforderungen aus den äußeren beobachtbaren, praktischen Arbeitshandlungen aufgrund von Beobachtung und Registrierung des Arbeitsverhaltens</p> <p>Bsp:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalart, -menge</li> <li>• Signalfrequenz</li> <li>• Zeitdauer</li> <li>• Häufigkeit praktischer Handlungen</li> </ul> |   |