

Kapitel 1

Theoretischer Rahmen

In diesem Kapitel werden die für die vorliegende Arbeit zentralen theoretischen Bereiche dargestellt. Abschnitt 1.1 beschreibt die Grundlagen der *Cognitive Load Theory*, die Auswirkungen verschiedener Arten kognitiver Belastung auf die Informationsverarbeitung und Implikationen für das Design von Lösungsbeispielen. Die geschilderten Gestaltungsprinzipien sind wichtige Eckpunkte der Konzeption der interaktiven animierten Lösungsbeispiele. Da viele Ergebnisse zu Lösungsbeispielen und Selbsterklärungen theoretisch auf der Cognitive Load Theory basieren, ist deren Darstellung gleichzeitig Voraussetzung für die weiteren Kapitel.

Im folgenden Abschnitt 1.2 zu *Lösungsbeispielen* werden grundlegende Forschungsarbeiten zum Lernen mit Lösungsbeispielen dargestellt und diskutiert. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf dem Lernen mit Lösungsbeispielen in Gruppen, da dies in der vorliegenden Arbeit eine zentrale Rolle spielt. Anschließend werden Ergebnisse vorgestellt, die die Akzeptanz und den Einsatz von Lösungsbeispielen thematisieren, bevor mit unvollständigen und heuristischen Lösungsbeispielen zwei Variationen traditioneller Lösungsbeispiele beschrieben werden. Zuletzt wird detailliert auf interaktive animierte Lösungsbeispiele eingegangen, der Bezug zur Cognitive Load Theory geschildert und der aktuelle Forschungsstand dargestellt, insbesondere was den Einsatz interaktiver Animationen im Bereich der Mathematik betrifft.

In Abschnitt 1.3 werden die lernerseitigen Verarbeitungsprozesse beim Lernen mit instruktionalen Materialien fokussiert. Nach der Verknüpfung des Selbsterklärungsbegriffs mit der Cognitive Load Theory und der Beschreibung der zentralen Rolle, die *Selbsterklärungen* beim Lernen mit Lösungsbeispielen innehaben, wird auf verschiedene Möglichkeiten eingegangen, solche aktiven Verarbeitungsprozesse bei Lernenden anzuregen. Diese sind gerade beim Lernen mit Lösungsbeispielen zu berücksichtigen, da bestimmte Eigenschaften des Formats eine oberflächliche Bearbeitung begünstigen. Weiterhin wird erläutert, in welchen Ausprägungen Selbsterklärungen auftreten und auf

welche Weise diese erhoben bzw. ausgewertet werden können, was gerade im Hinblick auf die empirische Studie zentral ist.

Zu Beginn von Abschnitt 1.4 werden der Begriff des mathematischen *Argumentierens* definiert und strukturelle Eigenschaften von Argumentationsprozessen und Argumenten beschrieben. Der Darstellung von Ergebnissen zum schriftlichen Argumentieren und der theoretischen Abgrenzung zu Selbsterklärungsprozessen folgt die Beschreibung empirischer Studien zum Argumentieren und darin angewandter Erhebungs- und Analysemethoden.

Der Begriff des *selbstgesteuerten Lernens* wird in Abschnitt 1.5 erläutert. Es werden die Komponenten selbstgesteuerten Lernens und grundlegende empirische Ergebnisse zu diesem Themenkomplex vorgestellt, bevor mögliche Förderansätze den Abschluss dieses Abschnitts bilden. Da die Datenerhebung während der Arbeit im Rahmen einer selbstgesteuerten Lernumgebung durchgeführt wird, fließen die dargestellten Ergebnisse und Aspekte des selbstgesteuerten Lernens sowohl in die Konzeption dieser Lernumgebung als auch die Auswertung der Daten mit ein.

1.1 Cognitive Load Theory

Die Cognitive Load Theory (CLT) formuliert ein Modell zur Beschreibung von Informationsverarbeitungsprozessen, das erstmals eine gemeinsame theoretische Rahmung für die Erforschung kognitiver Prozesse und die Fundierung instruktorischer Richtlinien und Prinzipien zuließ (vgl. PAAS, RENKL und SWELLER, 2003, S. 1; de JONG, 2010, S. 126). Seit ihrer Beschreibung durch SWELLER (1988) wurde die Theorie weiterentwickelt und in vielfältigen Wissensdomänen bestätigt. Mittlerweile ist die Cognitive Load Theory zu einer der einflussreichsten Theorien der pädagogischen Psychologie avanciert (vgl. PAAS, van GOG & SWELLER, 2010, S. 115).

Im ersten Abschnitt werden die theoretischen Grundannahmen der CLT beschrieben, um anschließend die drei Arten kognitiver Belastung und ihre Wechselwirkungen darzustellen. Die Implikationen der Theorie hinsichtlich der Gestaltung instruktorischer Materialien sind Gegenstand des darauffolgenden Abschnitts. Nach der Vorstellung verschiedener Operationalisierungsmöglichkeiten werden abschließend einige Einschränkungen der Cognitive Load Theory diskutiert.

1.1.1 Annahmen

Die CLT beruht auf einem Modell der Architektur des menschlichen Gedächtnisses, in dem Informationen zuerst über die Sinne in das sensorische Gedächtnis gelangen, bevor sie von dort in das Arbeitsgedächtnis übermittelt werden. Die Verarbeitung und Speicherung

von Informationen, die in diesem Modell die beiden Kernprozesse des Lernens darstellen, werden im Arbeits- und Langzeitgedächtnis sowie durch die Interaktion beider realisiert (vgl. ATKINSON und SHIFFRIN, 1968; BADDELEY und HITCH, 1974; ERICSSON und KINTSCH, 1995).

Langzeitgedächtnis

Das Langzeitgedächtnis (LZG) gilt als die zentrale Instanz des menschlichen kognitiven Systems. Die dort abgelegten Informationen bestimmen nahezu jede kognitive Aktivität (vgl. SWELLER, 2005, S. 20). Es weist eine hohe Speicherdauer auf und kann Informationen in einem Umfang speichern, von dem bisher keine Beschränkung nachgewiesen werden konnte (vgl. ERICSSON und KINTSCH, 1995, S. 212; SWELLER, 2005, S. 20). Qualität und Quantität des Wissens, über das ein Mensch in seinem LZG verfügt, bestimmen sein „level of performance“ in einem bestimmten Gebiet. (PAAS ET AL., 2010, S. 116).

Eine Möglichkeit, die Struktur des gespeicherten Wissens im LZG zu beschreiben, liefert das Konzept der Schemata. Ein *Schema* ist ein kognitives Konstrukt, das verschiedene Informationselemente zu Einheiten zusammenfasst und auf diese Weise Begriffe, Prozeduren etc. hierarchisch organisiert und miteinander vernetzt (vgl. BARTLETT, 1932, S. 200; ANDERSON, 1983, S. 37; GICK und HOLYOAK, 1983, S. 6).¹

Durch spezielle *Problemlöse-Schemata* können vom Lernenden wahrgenommene Muster bereits erlernten strukturähnlichen Mustern zugeordnet und an diese geknüpfte Reaktionen im Rahmen eines Problemlöseprozesses spezifiziert werden (SWELLER & COOPER, 1985, S. 60). Schemata können nach dieser Definition je nach Situation auch unvollständig, übergeneralisiert oder nur teilweise richtig sein. Bei der Vereinfachung des Terms

$$6 \cdot (x + 3) - x - 3$$

könnte ein Lernender aufgrund des in Schemaform organisierten Vorwissens erkennen, dass der erste Teil des Terms $6 \cdot (x + 3)$ ein Produkt ist und demnach zu $6x + 18$ ausmultipliziert werden kann. Anschließend kann das Ergebnis mit den übrigen Teilen des Terms verrechnet werden. Falls beim Lernenden zusätzlich ein Schema abrufbar ist, dass $-x - 3$ als andere Darstellungsform von $-(x + 3)$ identifizierbar macht, könnte er die Lösung auf einem anderen Weg über $6 \cdot (x + 3) - (x + 3) = 5 \cdot (x + 3)$ erreichen – je nachdem, welches Problemlöseschema der Lernende an dieser Stelle einsetzt.

¹ Ungeachtet dieser Gemeinsamkeit gibt es zahlreiche unterschiedliche Definitionen und Ausprägungen von Schemata je nach Kontext und Schwerpunkt der Betrachtung (für eine Übersicht McVEE, DUNSMORE und GAVELEK, 2005).

Studien in verschiedenen Bereichen wie Computerprogrammierung, Physik und Mathematik zeigen die Relevanz domänen-spezifischer Schemata für die Bewältigung von Problemen (vgl. z.B. CHI, GLASER und REES, 1982, S. 10).

In diesem Sinne bedeutet Lernen die Bildung, Umstrukturierung, Erweiterung oder Zusammenfassung alter und neu erworbener Schemata. Einen wichtigen Teilprozess des Lernens stellt dabei die Automatisierung solcher Schemata dar (SCHNEIDER & SHIFFRIN, 1977, S. 51). Die Aktivierung neu erworbener oder neu zusammengesetzter Schemata erfordert bewusste Anstrengung und Konzentration. Ein flexibler und müheloser Einsatz wird erst mit zunehmender Automatisierung ermöglicht, wobei zwischen einem nicht ausgeprägten und einem voll automatisierten Schema ein breites Spektrum von Automatisierungsgraden liegt (vgl. SWELLER, 1994, S. 297). Um jedoch überhaupt Schemata auszubilden, müssen Informationen zuerst im Arbeitsgedächtnis des Lernenden verarbeitet werden.

Arbeitsgedächtnis

Im ihrem ursprünglichen Modell gingen ATKINSON und SHIFFRIN (1968) von einem Kurzzeitgedächtnis aus, was im Wesentlichen in keiner Interaktion mit dem LZG stand. Das Kurzzeitgedächtnis wurde von BADDELEY und HITCH (1974) im Gedächtnismodell durch das Konzept des Arbeitsgedächtnisses (AG) erweitert, welches komplexere Strukturen aufweist und mit dem LZG interagiert.

Die Verarbeitung und Verknüpfung von Informationen findet im AG statt, wohingegen die Speicherung des Wissens im LZG vorgenommen wird (DOSHER, 2003, S. 569).² Diese Informationen können sowohl bereits strukturierte, aus dem LZG abrufbare Inhalte als auch neue, bisher nicht gespeicherte Inhalte sein.

Im Gegensatz zum LZG hat das AG eine sehr geringe Kapazität. Es können nach G. A. MILLER (1956), abgesehen von individuellen Unterschieden („plus minus 2“), ca. sieben unbekannte isolierte Informationseinheiten im AG abgelegt werden. Müssen diese untereinander verknüpft und verarbeitet werden, reduziert sich die Kapazität, abgesehen von individuellen Abweichungen, auf vier Informationseinheiten (COWAN, 2000, S. 107). Informationen können im AG je nach Komplexitätsgrad und ohne mündliche Wiederholung maximal eine Minute lang oder kürzer abgerufen werden (L. R. PETERSON & M. J. PETERSON, 1959, S. 198; DOSHER, 2003, S. 570).

Interaktion zwischen Arbeits- und Langzeitgedächtnis

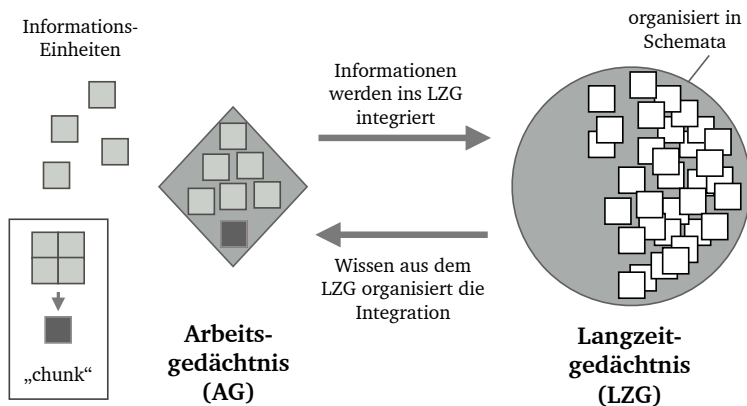


Abbildung 1.1: Schema der Interaktion von Arbeits- und Langzeitgedächtnis.

Interaktion von Langzeit- und Arbeitsgedächtnis

Aufgrund seiner geringen Kapazität kann die Rolle des AG im Informationsverarbeitungsprozess als „bottleneck“ (G. A. MILLER, 1956, S. 95) charakterisiert werden, durch den nur wenige Informationseinheiten gleichzeitig passen. Um Schemata auszubilden, müssen die dafür benötigten Informationen im AG organisiert werden, bevor sie ins LZG integriert werden können. „Verstehen“ wird in diesem Kontext definiert als die gleichzeitige Verarbeitung der für ein Ziel benötigten verknüpften Elemente, verbunden mit einer Veränderung der Strukturen im LZG (MARCUS, COOPER & SWELLER, 1996, S. 50; SWELLER, 2005, S. 20).

Jedoch dient das LZG nicht nur als Speicher, sondern unterstützt auch den Verarbeitungsprozess von Informationen durch den Einsatz von Schemata zur Bildung sogenannter *chunks* im AG (s. Abb. 1.1). Dieses erstmals bei G. A. MILLER (1956, S. 93) eingeführte Konzept beschreibt die Zusammenfassung von Informationseinheiten zu einer neuen übergreifenden Einheit, die im AG als einzelne Information verarbeitet werden kann (SIMON, 1974, S. 483). Während sich beispielsweise ein Schachanfänger im fortgeschrittenen Spielverlauf einzelne Figuren und ihre Positionen merkt und davon lediglich einige wenige nach kurzer Zeit wieder abrufen kann, rekonstruiert ein Schachexperte aufgrund seines Vorwissens in Form von Eröffnungsverläufen, nachvollzogenen Partien,

² Das *sensory register* im ursprünglichen Modell von ATKINSON und SHIFFRIN (1968) wird in Arbeiten zur Cognitive Load Theory fast in keinem Fall näher erörtert, da dieser Teil der Informationsverarbeitungskette keine Auswirkungen auf die betrachteten Prozesse hat.

strategischen Planungsvarianten und taktischen Manövern die komplette Brettstellung anhand weniger Merkmale wie „Sizilianisch–Drachenvariante, 9. Zug, Jugoslawischer Angriff, mit einem Tempoverlust bei Schwarz“ (vgl. auch de GROOT, 1965). Analoge Effekte konnten SWELLER und COOPER (1985) im Bereich algebraischer Gleichungen nachweisen.

Im LZG abgelegte, ausreichend automatisierte Schemata können in nahezu unbegrenzter Zahl ohne kognitive Belastung ins AG geladen werden (ERICSSON & KINTSCH, 1995, S. 239; PAAS ET AL., 2010, S. 117). Ein bewusster Einsatz nicht ausreichend automatisierter Schemata führt jedoch zu einer Erhöhung der kognitiven Belastung (SWELLER, 1994, S. 298). Im Gegensatz zu neuen Informationen, die nach kurzer Zeit nicht mehr im AG abgerufen werden können, unterliegen solche aktivierten Schemata keiner zeitlichen Begrenzung (KALYUGA, 2011, S. 12).

Auf der Grundlage dieses Modells der kognitiven Architektur des menschlichen Gehirns baut die Cognitive Load Theory auf und stellt einen theoretischen Rahmen zur Beschreibung von Lernprozessen als Informationsverarbeitungsprozesse bereit.

1.1.2 Drei Arten kognitiver Belastung

Der Fokus der CLT liegt auf der Beschreibung des Lernprozesses vor dem Hintergrund der beschränkten kognitiven Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Alles, was Teile dieser Kapazität in Anspruch nimmt, wird als kognitive Belastung definiert. Eine Überbelastung des Arbeitsgedächtnisses führt dazu, dass nicht alle Informationen verarbeitet werden können und beeinträchtigt auf diese Weise den Lernprozess negativ (vgl. SWELLER, 1988, S. 176; SWELLER, CHANDLER, TIERNEY und COOPER, 1990, S. 177). In der CLT werden drei verschiedene Arten kognitiver Belastungen unterschieden: Lernrelevante (Intrinsic Load), lernirrelevante (Extraneous Load) und lernbezogene Belastung (Germane Load).

Intrinsic Load: Intrinsic Load bezeichnet die kognitive lernrelevante Belastung, die durch die Komplexität des im instruktionalen Material dargestellten Inhalts und die formulierten Lernziele entsteht (SWELLER, 1994, S. 307; KALYUGA, 2011, S. 13). Diese lernrelevante Belastung, die ein Material erzeugt, hängt im Wesentlichen von seiner Elementinteraktivität ab (SWELLER, 2010). Diese wird definiert als

„[...] the number of interacting elements that must be acquired simultaneously in order to learn a particular task or procedure“ (SWELLER, 1994, S. 306).

Ein Element ist definiert als „anything that needs to be or has been learned, such as a concept or a procedure“ (SWELLER, 2010, S. 124) und konstituiert sich auf der Grundlage von Wahrnehmungen als ein mentales Objekt im AG.

Die Elementinteraktivität einer Aufgabe oder einem instruktionalen Material kann immer nur relativ zum Vorwissen eines Lernenden betrachtet und nicht losgelöst von einem angenommenen Vorwissensniveau allein durch die Beschaffenheit des Materials determiniert werden (KALYUGA, 2011, S. 2). Durch sein Vorwissen kann ein Lernender Informationselemente zu einem Chunk gruppieren und sie als ein Element verarbeiten. Somit wird bei diesem Lernenden durch eine niedrigere Elementinteraktivität während der Verarbeitung eine geringere lernrelevante Belastung verursacht als bei einem Lernenden, der aufgrund seines Vorwissens nicht in der Lage ist, diese Informationen einzukapseln (vgl. POLLOCK, CHANDLER & SWELLER, 2002, S. 83).

Die Verringerung der lernrelevanten Belastung eines instruktionalen Materials kann auch durch die Verteilung des Inhalts auf mehrere Materialien erreicht werden (GERJETS, ELEN, JOINER & KIRSCHNER, 2004, S. 42). Jede Verringerung zieht jedoch immer eine Veränderung der Lernziele nach sich (PAAS ET AL., 2010, S. 118; KALYUGA, 2011, S. 16). Sind Vorwissen und Lernvorlage gegeben, liegt die Elementinteraktivität fest (SWELLER, 2010, S. 124).

Die Bestimmung der Elementinteraktivität eines instruktionalen Materials wird nur in wenigen Studien konkret vorgenommen (vgl. SWELLER, 1994; SWELLER und CHANDLER, 1994; TINDALL-FORD, CHANDLER und SWELLER, 1997; POLLOCK ET AL., 2002; BECKMANN, 2010). Exemplarisch soll hier das Vorgehen von SWELLER (1994) vorgestellt werden. Der Autor betrachtet die Elementinteraktivität einer Gleichungsumformung. Um zu verstehen, wie die Gleichung $\frac{a}{b} = c$ nach a aufgelöst wird, muss der Lernende bestimmte Informationen simultan verarbeiten, die Sweller in Elemente gliedert.

„Assume a student is learning to multiply out the b in the equation, $a/b = c$. In order to learn this process, the student must simultaneously learn that the numerator on the left side and the denominator which is not shown on the right side, remain unchanged. The denominator on the left side is eliminated and appears on the right side as cb . Furthermore, if the student is to have any understanding of the logic of the manipulation, the full intermediate steps, $ab/b = cb$ followed by cancellation of the b 's need to be understood and learned.“ (SWELLER, 1994, S. 305)

Aus dieser Beschreibung lässt sich eine Liste von Elementen erstellen:

1. Der Zähler auf der linken Seite bleibt bei Multiplikation mit b unverändert.
2. Der Nenner auf der rechten Seite wird nicht dargestellt.
3. Der nicht dargestellte Nenner auf der rechten Seite bleibt bei Multiplikation mit b unverändert.

4. Der Nenner auf der linken Seite verschwindet.
5. Der Nenner der linken Seite erscheint auf der rechten Seite rechts neben dem c .
6. Bei Multiplikation mit b wird $\frac{a}{b}$ zu $\frac{ab}{b}$.
7. Bei Multiplikation mit b wird c zu cb .
8. Der Bruch $\frac{ab}{b}$ kann zu $\frac{a}{1}$ gekürzt werden.
9. $\frac{a}{1}$ ist gleich a .

Zum Verständnis der kompletten Umformung müssen laut Sweller alle Elemente simultan verarbeitet werden. Im Anschluss an die zitierte Passage bestimmt er die Interaktionen zwischen den von ihm identifizierten Elementen beim Auflösen der gegebenen Gleichung nach b :

„All of these elements must be processed in an essentially simultaneous rather than serial fashion. When learning to multiply out a denominator, it makes little sense to learn what happens to the left side denominator without simultaneously learning what happens to the rest of the equation. If a student does learn the process as a series of steps, we are likely to feel that understanding has not been attained. Learning how to multiply out a denominator involves processing all of the elements and relations between them simultaneously. The elements have a very high degree of interactivity.“
(SWELLER, 1994, S. 305)

Hier wird der Zusammenhang der beiden Gleichungsseiten betont und damit die Verknüpfung der entsprechenden Elemente. Werden die einzelnen Schritte isoliert betrachtet, findet laut SWELLER (1994) kein Verstehen statt. Jedoch ist auch eine vorherige isolierte Aneignung möglich.

„In the normal course of events, a student may be taught and learn each of these procedures independently and without reference to the other procedures. These tasks do not interact and so are low in element interactivity at this point. The irreducible interaction occurs when students must learn to multiply out a denominator in order to isolate a pronumeral on one side of an equation. No matter how well automated the individual elements are, at this point they and their relations must be consciously considered simultaneously.“
(SWELLER, 1994, S. 305)

Extraneous Load: Extraneous Load ist die kognitive Belastung, die durch Elemente eines instruktionalen Materials erzeugt wird, welche nicht direkt mit den intendierten Lernziele in Zusammenhang stehen (SWELLER ET AL., 1990, S. 177). Damit ist Extraneous Load insbesondere „durch die instruktionale Gestaltung der Lernsituation bedingt und kann demnach auch instruktional verändert werden.“ (RENKL, GRUBER, WEBER, LERCHE und SCHWEIZER, 2003, S. 94)

Lernirrelevante Belastung kann unter anderem durch die Darbietung ablenkender Bilder oder verkomplizierender Formulierungen im Text des Materials erzeugt werden. Bei den meisten Design-Prinzipien zur Optimierung des Lernprozesses, die auf der Grundlage der Cognitive Load Theory beschrieben wurden, wird der Extraneous Load durch entsprechende sprachliche oder gestalterische Mittel herabgesetzt (CHANDLER & SWELLER, 1991; TINDALL-FORD ET AL., 1997).

SWELLER (2010) versucht, die lernförderlichen Effekte, die bei der Verringerung von Extraneous Load nachgewiesen werden, genauso wie den Intrinsic Load auf das Konzept der Elementinteraktivität zurückzuführen und so eine Vereinheitlichung der Ursachen für das Auftreten kognitiver Belastung zu formulieren. In diesem Sinne führt beispielsweise die Entfernung ablenkender Elemente oder die räumlich nahe Anordnung korrespondierender Informationen zu einer Verringerung der Elementinteraktivität, die mit Extraneous Load assoziiert ist, und so zu einer geringeren lernirrelevanten Belastung des Arbeitsgedächtnisses (SWELLER, 2010, S. 130).

Germane Load: Während Extraneous und Intrinsic Load die Belastung des Arbeitsgedächtnisses beschreiben, die bei Verarbeitung der Informationen aus dem instruktionalen Material im Arbeitsgedächtnis auftritt, umfasst der Germane Load die Belastung, die für die Ausbildung und Automatisierung von Schemata aufgewendet wird – die lernbezogene Belastung (SWELLER, 2005, S. 27). Damit ist Germane Load per definitionem lediglich vom Lernenden abhängig und nicht von den Charakteristika des Lernmaterials, da allein der Lernende – unbewusst oder bewusst – beeinflusst, wieviel seiner verbleibenden kognitiven Kapazität er für Schemakonstruktion und -umgestaltung, d.h. beispielsweise die Anwendung von Lernstrategien, einsetzt (SWELLER, 2010, S. 126).

Gegenüber der großen Anzahl von Untersuchungen Intrinsic und Extraneous Load existieren jedoch kaum Studien, die versuchen, empirische Nachweise lernbezogener Belastung zu erbringen oder diese zur Erklärung von empirischen Ergebnissen heranzuziehen (vgl. KALYUGA, 2011, S. 4). Insbesondere wird das Konzept des Germane Loads in neueren Publikationen zunehmend wegen seiner Redundanz und der unklaren Beziehung zu Extraneous und Intrinsic Load kritisiert und seine Stellung als dritte Form kognitiver Belastung angezweifelt (SWELLER, 2010; KALYUGA, 2011)

In diesem Sinne werden Maßnahmen, die zur Erhöhung des Germane Load dienen (wie beispielsweise Aufforderungen zum Einsatz von Lernstrategien oder Hinweise auf Kernkonzepte von Lösungsbeispielen), uminterpretiert als Änderungen von Lernzielen, die somit eine Erhöhung des Intrinsic Loads mit sich bringen (KALYUGA, 2011, S. 16). In der einheitlichen Formulierung der verschiedenen Loadarten auf der Grundlage des Konstruktes der Elementinteraktivität durch SWELLER (2010) ist Germane Load die kognitive Belastung, die durch die Bewältigung lernrelevanter Elementinteraktivität auftritt.

Beziehungen zwischen den Arten kognitiver Belastungen

Die Einführung der Konzepte des Intrinsic Load und der Elementinteraktivität durch SWELLER (1994) – zusätzlich zum bereits in der ersten Formulierung der CLT vorhandenen Extraneous Load (SWELLER, 1988) – wurde im Wesentlichen durch empirische Ergebnisse motiviert. In vielen Studien, die Prinzipien zur Verringerung von Extraneous Load untersuchten, konnten diese nur bei der Verarbeitung von instruktionalen Materialien gefunden werden, die eine hinreichend hohe Elementinteraktivität aufwiesen (vgl. KALYUGA, 2011, S. 3).

Bei den Beziehungen der kognitiven Belastungen untereinander im Hinblick auf die Gesamtbelastung finden sich aufgrund der gewandelten Rolle des Germane Loads mittlerweile unterschiedliche Aussagen. Während SWELLER (2005, S. 27) die kognitive Gesamtbelastung noch als Summe aller drei dargestellten Loadarten definiert, werden bei PAAS ET AL. (2010, S. 117) nur der Extraneous und der Intrinsic Load als additive Komponenten definiert.³

1.1.3 Instruktionale Konstruktionsprinzipien

Die Verarbeitung von Lösungsbeispielen wird einerseits durch die Prozesse beeinflusst, die beim Lernenden während des Lernens auftreten, andererseits bestimmen die Merkmale des Lernmaterials die Effektivität beispielbasierten Lernens (vgl. RENKL, 1999, S. 247; PAAS ET AL., 2010, S. 117).

Im Folgenden werden Gestaltungsprinzipien vorgestellt, deren Wirksamkeit sowohl in Studien im Bereich der Mathematik als auch in anderen Domänen empirisch bestätigt wurden, und die generelle Richtlinien für die Konstruktion instruktionaler Materialien, insbesondere von Lösungsbeispielen, darstellen. Nahezu alle dieser Prinzipien werden

³ Im Gegensatz zu SWELLER (2005) postuliert SWELLER (2010) nicht mehr die Additivität der drei Loadarten, sondern formuliert einen komplexeren Zusammenhang zwischen lernrelevanter und lernirrelevanter auf der einen und lernbezogener Belastung auf der anderen Seite, der u.a. von der Ausprägung von Intrinsic und Extraneous Load abhängt (S.126).

Selbstgesteuertes Lernen mit neuen Medien
Arbeitsverhalten und Argumentationsprozesse beim
Lernen mit interaktiven und animierten
Lösungsbeispielen

Salle, A.

2015, X, 345 S. 60 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-07659-7