

2 Lernen mit dem Computer

2.1 Status quo: Computerunterstütztes Lernen

Die vorliegende Untersuchung widmet sich der Frage, welchen Einfluss Computeranimationen auf die Raumvorstellungsentwicklung bei Grundschulern haben können.

In der Mathematikdidaktik für die Grundschule gibt es nur sehr wenige systematische Forschungsergebnisse, auf die man aufbauen könnte. Dies bemängelt z.B. auch Krauthausen (2008). Die vorliegenden Ergebnisse sind sehr punktuell.

So konnte Harrass (2007) zeigen, dass sich das Üben am Computer nicht generell vom herkömmlichen Üben (außerhalb von Computerumgebungen) unterscheidet, so dass an die Organisation der Lernprozesse gleiche (didaktische) Anforderungen gestellt werden sollten wie an einen *guten* Mathematikunterricht generell. Auch Kerres (2001) weist bei der übergeordneten Frage um den Mehrwert digitaler Medien in Lernprozessen allgemein darauf hin, „dass das Lernen mit Multi- und Telemedien *grundsätzlich* die gleichen methodischen Modellvorstellungen des didaktischen Designs impliziert wie andere Angebotsformen (vgl. Kerres 2001, S. 109).“

Das Fehlen von Forschungsergebnissen spiegelt sich auch in den „Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret“ wieder (Walther et al. 2008): Wohl betonen die Autoren Wollring & Rinkens (ebd., S. 140) beim Inhaltsbereich „Raum und Form“, dass „eine positive Perspektive für [diesen] Inhaltsbereich [...] ein angemessenes Nutzen neuer Medien [bildet].“ Ebenso zeigen die Autoren Krauthausen & Lorenz (ebd., S. 162ff) im Kapitel „Computereinsatz im Mathematikunterricht“ unter dem Primat der Fachdidaktik auf, „was der Computer sein kann und was nicht“ und welche Möglichkeiten im Zusammenhang mit inhaltsbezogenen und allgemeinen mathematischen Kompetenzen durch den Computereinsatz geboten werden.

Referenzen bezüglich Wirksamkeitsforschung *müssen* jedoch fehlen, und die Darstellungen verbleiben insgesamt deskriptiv auf der Erfahrungsebene mit einer positiv-hoffnungsvollen Perspektive.

2.1.1 *Befundlage in der empirischen Forschung*

Aus dem qualitativ-interpretativen Forschungsparadigma konnte ich keine einschlägigen Ergebnisse ausfindig machen. Dagegen liegen am Rande meines Forschungsvorhabens quantitative Arbeiten in Form von Methodenvergleichsuntersuchungen vor, bei denen computerunterstützte Lernumgebungen zur Förderung räumlicher Fähigkeiten mit materialunterstützten Lernumgebungen verglichen werden (s. etwa Hellmich & Hartmann 2002a; Jöckel & Reiss 1999; Leutner & Kretschmar 1988; Reiss & Albrecht 1994; Schumann 2004).

Im Zentrum dieser Untersuchungen stehen verschiedene Forschungsfragen:

Welche unterschiedlichen Bearbeitungsstrategien und Fehler lassen sich in den verschiedenen Lernumgebungen beobachten? Jöckel & Reiss (1999) konnten diesbezüglich keine Unterschiede feststellen.

Welche unterschiedlichen Fördereffekte haben Lernumgebungen mit und ohne Computereinsatz im Hinblick auf räumliche Fähigkeiten? Reiss & Albrecht (1994) und Leutner & Kretschmar (1988) konnten diesbezüglich keine Unterschiede feststellen.

Findet überhaupt eine Förderung räumlicher Fähigkeiten in einer computerunterstützten Lernumgebung statt? Schumann (2004) weist diesbezüglich nach, dass eine Förderung räumlicher Fähigkeiten in computerunterstützten Lernumgebungen stattfindet, auch wenn keine signifikanten Unterschiede zu materialgestützten Lernumgebungen festzumachen sind. Hingegen stellen Hellmich & Hartmann (2002a) heraus, dass sich – bei ihrem Design – sowohl in der computer- als auch in der materialgestützten Lernumgebung keine generelle Förderung räumlicher Kompetenzen und zudem keine signifikanten Unterschiede zwischen computer- und materialunterstützter Förderung beobachten lassen. In einer Folgestudie (Hellmich & Hartmann, 2002b, S. 59f) konnten die beiden jedoch „eine deutliche Förderung von Fähigkeiten erkennen, die eng mit der computergestützten Lerneinheit zusammenhängen [...]“.

Gibt es einen Transfer „von gezielten Übungen im Bereich räumlicher Kompetenzen auf Leistungen im Geometrieunterricht“? So belegen Masendorf, Kullik & Heyland (1997), dass Transferleistungen auf den Geometrieunterricht überhaupt sehr schwierig sind. Hellmich & Hartmann (2002a, b) untermauern diese Ergebnisse.

Lassen sich leistungsbezogene Effekte beobachten? Solche bestehen nach Hellmich & Hartmann (2002b, S. 60) insbesondere für leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler. „Sie sind wahrscheinlich in stärkerem Maße in der Lage, das vorgegebene Lehr- Lernarrangement für sich zu nutzen“ und selbstständig mit Aufgaben und Problemen in der computerunterstützten Lernumgebung umzugehen. [...] „Die schwächeren Schüler sind [hingegen] nicht in der Lage, ohne

gezielte Hilfen, Übungen oder Wiederholung das erworbene Wissen zu verinnerlichen (vgl. ebd., S. 60).“ Gemäß einer Nachuntersuchung in einem zeitlichen Abstand von einem halben Jahr seien die beschriebenen Effektauswirkungen jedoch nicht nachhaltig (vgl. ebd., S. 59).

Vorwiegend aus psychologischer Perspektive (vgl. etwa Dorval & Pépin 1986; Forsyth & Lancy 1987; Gagnon 1985; Green & Bavelier 2003; Greenfield, Brannon & Lohr 1994; Lowery & Knirk 1982; McClurg & Chaille 1987; Quaiser-Pohl et al. 2001; Subrahmanyam & Greenfield 1994) aber auch aus Sicht der Lernbehindertenpädagogik (vgl. etwa Masendorf 1993, 1994; Masendorf, Kullik & Heyland 1997; Sou-vignier 2000) liegen quantitative Arbeiten vor, die sich mit der computerunterstützten Förderung räumlicher Fähigkeiten, insbesondere unter dem Einsatz von Computerspielen, auseinandersetzen.

Dabei haben sich in variierenden Untersuchungsdesigns „Computerspiele als generell wirksam zur Förderung räumlicher Fähigkeiten [erwiesen]. Die allgemeine Wirksamkeit solcher Computerspiele kann insbesondere deswegen als recht stabil angesehen werden, weil sie über verschiedene Computerspiele, unterschiedliche Trainingsdauern und variierte Kriterien repliziert werden konnte“ (Hellmich & Hartmann 2002b, S. 57).

Zur Verdeutlichung werden im Folgenden einige Detailbetrachtungen dargestellt:

Lowery & Knirk (1982) kommen zu dem Schluss, dass Computerspiele durch ihre Geschwindigkeit im Spielverlauf und insbesondere durch ständige Wiederholungen räumliche Fähigkeiten fördern.

Subrahmanyam & Greenfield (1994) stellen vor allem für Teilnehmer mit anfänglich vergleichsweise schlechten räumlichen Fähigkeiten einen besonderen Nutzen von Computerspielen fest.

Greenfield, Brannon und Lohr (1994) betonen eine signifikante Verbesserung räumlicher Fähigkeiten nur bei längerer Nutzung über einen Zeitraum von mehreren Tagen.

Green & Bavelier (2003) konnten in mehreren mittelfristig angelegten Untersuchungen eine förderliche Wirkung speziell durch den Einsatz von 3-D-Actionspielen herausarbeiten. Zudem untersuchten sie den Einfluss unterschiedlicher Arten von Computerspielen auf die Veränderung räumlicher Fähigkeiten. Bei einem Wirkungsforschungsvergleich der Spiele „Tetris“ und „Medal of Honor“ (einem damals aktuellen 3-D-Actionspiel) stellten sie fest, dass eine signifikante Verbesserung räumlicher Fähigkeiten nur bei dem 3-D-Actionspiel auszumachen ist. Sie interpretieren dieses Ergebnis vor dem Hintergrund der mentalen Anforderungen, die durch die jeweiligen Spiele an die Probanden gestellt werden. Um Tetris erfolgreich zu spielen, sind vorwiegend mentale Objektmanipulationen – und damit die Konzentration auf eben dieses jeweilige

Objekt notwendig, wohingegen 3-D-Spiele die Aufmerksamkeit auf einen größeren Bereich lenken und es dadurch notwendig machen, die reale und mentale Betrachterperspektive ständig zu wechseln.

Quaiser-Pohl et al. (2001) untersuchten den Einfluss des Computers auf die Raumvorstellung, indem sie Studierende der Computerwissenschaften mit Studierenden von computerferneren Studiengängen verglichen. „Ein fördernder Einfluss von Computerspielen auf die Raumvorstellung zeigt sich besonders bei Personen mit wenig Computererfahrung. Die differentielle Bedeutung von bestimmten Spielformen weist darauf hin, dass Spiele, bei denen mit 3-D-Objekten und räumlichen Konstellationen konstruktiv dynamisch umgegangen werden muss, hier besonders förderlich sind“ (ebd., S. 5).

Gemäß aller dieser Studien ergibt sich eine Verbesserung räumlicher Fähigkeiten durch den Einsatz von 3-D-Computerspielen. Diese positiven Effekte lassen sich in unterschiedlichen Ausprägungen und unterschiedlichen Teilfaktoren des räumlichen Vorstellungsvermögens, vorwiegend für die Thurstoneschen Teilfaktoren „Räumliche Orientierung“ und „Visualisierung“ festmachen. Offensichtlich werden diese in besonderem Maße von 3-D-Spielen angesprochen.

Dabei bleibt jedoch kritisch zu bedenken, dass die meisten der hier aufgeführten Studien sich auf die Untersuchung eines einzelnen Spiels stützen, was bei den doch recht unterschiedlichen Spielen und dem sich rasant entwickelndem Spielmarkt zumindest zu hinterfragen ist.

In sämtlichen hier aufgeführten mathematikdidaktischen, psychologischen und lernpädagogischen Arbeiten wurde jeweils mit einem Experimental- Kontrollgruppendesign gearbeitet. Forschungsmethodisch wird dabei zu einem Zeitpunkt A eine erste Momentaufnahme erhoben. Im Anschluss daran erfolgt eine gezielte Intervention innerhalb medial unterschiedlicher Lernumgebungen. Zum Zeitpunkt B erfolgt eine erneute Momentaufnahme, deren Erkenntnisse Aufschluss geben sollen über die bewirkte Veränderung. Der Einfluss der Intervention wird demnach als „Differenz“ einzelner Momentaufnahmen interpretiert.

Dass derartige Forschungen nur eingeschränkten Wert haben, bemerkt z.B. Kerres (2001, S. 106f): „Ein weiteres Problem besteht bereits darin, dass die Vergleichsgröße „personaler Unterricht“ [wie auch die Vergleichsgröße „räumliches Vorstellungsvermögen“] weniger gut operationalisierbar ist. Der Unterricht wird kaum exakt definierbar sein, wie dies beim computergestützten Lernen durch [...] [ein] Programm gegeben ist. Es lässt sich kaum explizieren, was bei derartigen Vergleichsstudien überhaupt verglichen wird. [...] Eine globale Gegenüberstellung verschiedener *treatments* in Einzeluntersuchungen bleibt [...] im Grunde wenig aussagekräftig. Eine grundsätzliche Klärung der Überlegenheit bestimmter Mediensysteme für Lehr-Lernzwecke, auch wenn sie öfters gefordert wird, ist als wenig ergiebige Forschungsfrage zu bewerten.“ Die meisten Unter-

suchungen geben sich heute mit dem Nachweis zufrieden, dass Lernen mit neuen Medien keine schlechteren Ergebnisse produziert als konventionelles Lernen (vgl. ebd., S. 107).

Darüber hinaus liefern derartige faktorenanalytische Testverfahren zwar Werkzeuge zur Erfassung von Momentaufnahmen. Die Möglichkeit der Beschreibung einer *kontinuierlichen* Entwicklung bieten sie aber nicht.

Im Hinblick auf die Fragestellung dieser Arbeit, wie Computeranimationen die Raumvorstellungsentwicklung beeinflussen, sind sie somit weniger gut geeignet, um modelltheoretisch zu beschreiben, wie die Fähigkeiten entwickelt werden und welche Einflussfaktoren in welcher Weise auf die Entwicklung einwirken.

2.1.2 Befundlage in der Metaanalyse

Die in Kapitel 2.1.1 beschriebenen Ergebnisse spiegeln sich zu einem großen Teil auch in den Erkenntnissen von Metaanalysen überhaupt zu mediengestütztem Lernen, beispielsweise von Kulik & Kulik (1989, 1991) und Kulik (1994) wieder.

Sie untersuchten die Effektstärke mehrerer hundert Einzelstudien zum CBT (Computer Based Training). Im Durchschnitt stellten sie kleinere Effektstärken fest. Größere Effektstärken zeigten sich bei lernbehinderten Kindern im sonderpädagogischen Bereich. Bei der Lerndauer konnte allgemein eine Reduktion um 30% bei dem Einsatz von CBT gegenüber konventionellem Unterricht beobachtet werden. Kerres (2001, S. 104) hält dazu fest: „Für Personen, die genügend Motivation und Persistenz in ihrem Lernverhalten aufweisen, lässt sich mit mediengestützten Maßnahmen die Lerndauer verkürzen! Gleichwohl muss bei Personen mit geringem Interesse und wenig selbständiger Lernerfahrung mit einer höheren Abbrecherquote gerechnet werden!“

Zusammenfassend interpretiert er die Befundlage mehrerer Metaanalysen und die dort beschriebenen Konsequenzen (Achtenhagen 2000; Fricke 1991; Issing 1988; Keegan 1986; Kulik 1994; Kulik & Kulik 1989, 1991; Kulik, Kulik & Schwalb 1986; McNeil & Nelson 1991; Mevarech, Shir & Movshovitz-Hadar 1992; Moore & Kearsley 1996; Niemiec, Sikorski & Walberg 1989; Niculescu 1995; Reeves 1993; Russell 1999; Weidenmann 1995; Wetzel, Radtke & Stern 1993; Witte 1995) als Nachweis, „dass mediengestützte Lernverfahren anderen Varianten nicht *unterlegen* sind. Besondere Vorteile des mediengestützten, selbstorganisierten Lernens zeigen sich im Hinblick auf die *Lerndauer* für Personen mit hoher Lernmotivation und selbständigem Lernverhalten, die das mediale Lernangebot tatsächlich zu einer intensiven kognitiven Auseinandersetzung

nutzen. Gleichwohl wird deutlich, dass für den Lernerfolg die [didaktische] Qualität der *Medienkonzeption* und nicht das Mediensystem an sich ausschlaggebend ist“ (vgl. ebd., S.111).

Mit diesem Fazit verweist Kerres abermals auf den Primat der Fachdidaktik für die Entwicklung und den Einsatz medialer Lernangebote.

2.1.3 *Restimee*

Hinsichtlich des Computereinsatzes im Mathematikunterricht der Grundschule offenbart sich ein eklatanter Mangel an Forschungsergebnissen aus mathematikdidaktischer Perspektive.

Viele quantitative Methodenvergleichsuntersuchungen zur Förderung räumlicher Fähigkeiten beschäftigen sich mit der Wirksamkeit computerunterstützten Lernens. Im Fokus steht dabei zumeist die Frage, ob sich ein Mediensystem, bzw. welches Mediensystem sich in dem spezifischen Kontext besonders eignet, um bestimmte didaktische Ziele zu erreichen. Übergeordnet schwingt dabei die Frage mit, ob mit dem Einsatz neuer Medien bestimmte pädagogische Vorstellungen erreicht werden können, die zuvor nicht oder nur aufwändig realisierbar waren.

Die Aussagekraft derartiger Untersuchungen wird von Kerres (2001) generell in Frage gestellt. Die Relevanz für das Forschungsvorhaben meiner Arbeit erscheint gering, da es in den beschriebenen Untersuchungen zumeist in einem allgemeineren Sinne um die Wirksamkeit computerunterstützter Lernumgebungen geht und sich die Forschungsfragen nicht speziell mit dem Einfluss von Animationen auf die Vorstellungsentwicklung beschäftigen. Insbesondere liegt in diesem Zusammenhang keine qualitativ-interpretative Forschung aus mathematikdidaktischer Perspektive vor.

Im Gegensatz dazu erweist sich die Lehr- Lernforschung der Pädagogischen und Kognitiven Psychologie für diese Arbeit als geeigneter theoretischer Rahmen für das Lernen mit Neuen Medien.

2.2 Die Cognitive Load Theory (CLT)

Mit der CLT (Chandler & Sweller 1991; Sweller, van Merriënboër & Paas 1998; Sweller 2005) wird ein Modell vorgestellt, welches die unterschiedlichen Formen und Entstehungsarten kognitiver Be- bzw. Überlastungen während der kognitiven Verarbeitung von Informationen im kapazitiv begrenzten Arbeitsge-

dächtnis beschreibt und daraus Konsequenzen für die instruktionale Gestaltung von Lehrmaterialien ableitet.

Grundlagen

Die CLT geht von einer begrenzten Verarbeitungskapazität und von getrennten Verarbeitungskanälen für visuelle und auditive Informationen im Arbeitsgedächtnis aus. Demnach kann zu einem bestimmten Zeitpunkt nur eine bestimmte Menge an Informationen gleichzeitig verarbeitet werden. Nach Sweller (2002) ist das Verstehen von Informationen gleichbedeutend mit der Fähigkeit und der Möglichkeit, alle relevanten Informationselemente im Arbeitsgedächtnis simultan verarbeiten zu können. Dabei bezieht sich „Fähigkeit“ auf die individuumsintern gegebenen Bedingungen und „Möglichkeit“ auf die äußerliche Gestaltung der Informationen.

Der eigentliche Verarbeitungs- und Lernprozess wird von Chandler & Sweller (1991) im Sinne der Assimilation und Akkomodation (vgl. Piaget 1975) als Schemakonstruktion und Schemaautomation charakterisiert: Im Lernprozess werden bereits vorhandene Schemata aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen, ins Arbeitsgedächtnis transferiert und dort mit neuen Informationen ergänzt oder kombiniert. Wissenserwerb bedeutet demnach, bestehende Schemata zu erweitern, umzustrukturieren und neue Schemata zu konstruieren. Diese werden im kapazitativen nahezu unbegrenzten Langzeitgedächtnis in unterschiedlichen Automationsgraden abgespeichert (vgl. auch Sweller 2002, Sweller, van Merriënboër & Paas 1998).

Wissenserwerb ist abhängig von der mentalen Belastung. Diese wird von der Informationsverarbeitungskapazität des Lernenden und von der instruktionalen Gestaltung des Lernmaterials bestimmt: „Erfordert etwa die Art der Lehrmaterialpräsentation das simultane Bereithalten und Integrieren verschiedener Informationen im Arbeitsgedächtnis, ist dies mental anstrengender als die Verarbeitung bereits vorstrukturierter, integrierter Information. Dadurch stehen bei letzterem mehr kognitive Ressourcen für den eigentlichen Lernprozess zur Verfügung, was wiederum den Wissenserwerb fördert. (Cognitiv-Load-Theory nach Chandler & Sweller 1991, 1992; Mousavi, Low & Sweller 1995; Sweller, van Merriënboër & Paas 1998)“ (Brünken, Seufert & Leutner 2008, S. 305).

Kognitive Ressourcen, die für das Behalten und mentale Integrieren einzelner Informationen im Arbeitsgedächtnis benötigt werden, stehen für den eigentlichen Wissenserwerb nicht zur Verfügung. Je höher „die kognitive Belastung bei der Informationsaufnahme ist, umso niedriger ist [...] der Wissenserwerb“ (vgl. ebd., S. 305).

Demzufolge sollte Informationsdarbietung und Instruktionsdesign so gestaltet werden, dass möglichst viele mentale Ressourcen für den eigentlichen Lernprozess zur Verfügung stehen können, diese also nicht durch für das Lernen unwesentliche Prozesse mental belegt sind und keine unnötigen mentalen Überlast-Situationen durch beispielsweise zu komplexe Lernangebote entstehen.

Die kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses während eines Lernprozesses wird anhand von drei unterschiedlichen Formen des Cognitive Load beschrieben. Diese lassen sich nach Sweller, van Merriënboër & Paas (1998) gemäß ihrer jeweiligen Ursache kategorisieren. Mögliche Quellen kognitiver Belastung entstehen durch

- die zu lernenden Inhalte selbst (Intrinsic Cognitive Load)
- die Art und Weise der Informationspräsentation (Extraneous Cognitive Load)
- den Prozess der Informationsverarbeitung selbst (Germane Cognitive Load) (vgl. auch Brünken & Leutner 2008, S. 557).

Intrinsic Cognitive Load

Diese Form kognitiver Belastung ergibt sich aus den Eigenschaften der zu lernenden Inhalte selbst. Sie ist abhängig von dem Schwierigkeitsgrad, der Komplexität und dem Umfang des Lernmaterials und folglich auch von bereits vorhandenem individuellem Vorwissen des Lernalers. „Lerninhalte lassen sich danach unterscheiden, ob Informationselemente sequentiell verarbeitet werden können oder simultan im Arbeitsgedächtnis gehalten werden müssen, weil sie untereinander interagieren (Sweller, 2002)“ (Rubitzko 2006, S. 74).

Diese als Element-Interaktivität (*element interactivity*) bezeichnete Eigenschaft bestimmt den Schwierigkeitsgrad eines angebotenen Lerninhalts.

Weisen Lerninhalte eine hohe Element-Interaktivität auf, so ist dies nach Auffassung von Marcus, Cooper & Sweller (1996) gleichbedeutend mit einer hohen kapazitativen Belastung des Arbeitsgedächtnisses, da „die Funktionsweise eines Elements nicht verstanden werden kann, ohne die Funktionsweisen weiterer Elemente zu kennen. [Der Lernende muss in diesem Fall sehr viele Zusammenhänge zwischen den einzelnen Inhalten (Sinneinheiten; Chunks) eigenständig] konstruieren, um den gesamten Sachverhalt angemessen zu verstehen“ (Niegemann 2008, S. 46). Derartige Lerninhalte sind somit schwerer zu verstehen.

Lerninhalte mit nicht interagierenden Sinneinheiten können hingegen separat und damit sequenziell verarbeitet werden. Dadurch ist der Intrinsic Cognitive

Load relativ gering. Diese Lerninhalte können somit leichter verarbeitet und verstanden werden.

Nicht auf die Menge der zu verarbeitenden Informationen kommt es an, sondern auf die Anzahl der Sinneinheiten, die simultan im Arbeitsgedächtnis gehalten und verarbeitet werden müssen (vgl. Miller 1956; Sweller, van Merriënboër & Paas 1998). Diese Anzahl hängt vom Vorwissen ab und ist somit stark von individuumsinternen Bedingungen geprägt: „Was für den in einem Wissensgebiet unerfahrenen Lernenden viele interagierende Sinneinheiten darstellt, ist für den erfahrenen Lerner vielleicht nur eine einzelne Einheit. Dieser Unterschied liegt mit daran, ob bereits Schemata vorhanden sind, mit denen Sinneinheiten zusammengefasst werden können, welche ansonsten einzeln interagieren würden“ (Rubitzko 2006, S. 74f).

Für Lernende ist demnach der Intrinsic Cognitive Load bei ein und demselben Lerninhalt unterschiedlich hoch. Letztlich lässt sich das Entstehen dieser kognitiven Belastung aus dem „Zusammenspiel des eigentlichen Lerninhaltes und der Expertise, die der Lernende in diesem Gebiet bereits erreicht hat“, erklären (vgl. ebd., S. 75).

Instruktionales Design von Lernangeboten kann somit den Intrinsic Cognitive Load nicht allein sondern nur in starker Abhängigkeit vom Vorwissen der Lernenden in der Weise beeinflussen, dass beispielsweise über Segmentierung und Sequenzierung des Lernmaterials die Element-Interaktivität für eine bestimmte Zielgruppe gesteuert wird (vgl. Niegemann 2008, S. 46; Sweller, van Merriënboër & Paas 1998).

Extraneous Cognitive Load

Der Extraneous Cognitive Load wird als nicht lernförderliche Belastung des Arbeitsgedächtnisses beschrieben, die durch das Design des Lernmaterials und die Organisation der Informationspräsentation bestimmt ist. Hierbei wird davon ausgegangen, dass dieselben Lerninhalte durch unterschiedliche Präsentationsarten ein unterschiedlich hohes Ausmaß kognitiver Belastung erzeugen. „Extraneous load reflects the effort to process poorly designed instruction. When load can be reduced without changing the task, then the load is extrinsic“ (Schnotz & Rasch 2008, S. 94).

„Müssen Lernende beim Durcharbeiten einer multimedialen Lerneinheit viele irrelevante, wenig zielführende und ineffektive kognitive Anstrengungen aufbringen, um die relevanten Informationen aus dem Lernmaterial zu extrahieren, ist der „Extraneous Cognitive Load“ hoch. Finden Lernende schnell die relevante Information, in leicht verständlicher Form, dann ist er gering. Mit

“Extraneous Cognitive Load” wird demnach jene Belastung des menschlichen Arbeitsgedächtnisses bezeichnet, die eine lernaufgabenirrelevante kognitive Anstrengung beim Lernenden verursacht. Dies ist der Fall, wenn die Begrenzung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses bei der Gestaltung der multimedialen Lernumgebung ignoriert wurde oder die Lernenden nicht optimal beim Aufbau und der Verknüpfung von Schemata unterstützt wurden“ (Niegemann 2008, S. 46).

Germane Cognitive Load

Mit dem Germane Cognitive Load werden die kognitiven Ressourcen bezeichnet, die noch neben dem Intrinsic und Extraneous Cognitive Load für den eigentlichen Wissenserwerbsprozess zur Schemakonstruktion und Schemaautomation im Arbeitsgedächtnis gebraucht werden (vgl. Sweller, van Merriënboër & Paas 1998).

„Diese [...] Quelle kognitiver Belastung umfasst alle Prozesse mentaler Repräsentation der zu lernenden Inhalte“ (Brünken & Leutner 2008, S. 557) und fokussiert somit den Prozess der Informationsverarbeitung selbst.

Im Gegensatz zu den beiden anderen kognitiven Belastungen „verbessert der “Germane Cognitive Load“ den Lernerfolg bzw. die Lernmotivation. Voraussetzung dafür ist, dass der “Intrinsic Cognitive Load“ gering ist und die Gestaltung der Lernumgebung einen geringen “Extraneous Cognitive Load“ beim Lernenden erwarten lässt. So können die im Arbeitsgedächtnis noch freien kognitiven Ressourcen zur Elaboration und Konstruktion von Schemata verstärkt für den Wissenserwerb genutzt werden“ (Niegemann 2008, S. 48f).

Sweller & Chandler (1994) sehen in der Schemakonstruktion und -automation eine Möglichkeit, das begrenzte Arbeitsgedächtnis zu entlasten und anstelle dessen das Langzeitgedächtnis zu nutzen, da interagierende Sinneinheiten durch Schemata gemäß der Chunk-Bildung als komplexere Einheiten zusammengefasst und abgespeichert werden, wodurch der Intrinsic Cognitive Load reduziert wird (vgl. auch Rubitzko 2006, S. 75f).

Wie wirken diese unterschiedlichen Formen kognitiver Belastung zusammen?

Sweller (2005a) geht in der CLT von einem additiven Zusammenwirken dieser drei Quellen kognitiver Belastung aus. In einer spezifischen Lernsituation steht dieses Zusammenwirken jedoch in unterschiedlicher Beziehung zu der Effizienz eines Lernprozesses:

Einfluss von Computeranimationen auf die
Raumvorstellungsentwicklung

Huhmann, T.

2013, XII, 201 S. 31 Abb., 4 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-03546-4