

Gestaltung (digitaler) Lehr- und Lernmedien mit Fokus auf kognitive Aspekte

Digitale Lehr- und Lernmedien sind für das Lernen in einer digitalen Welt von grosser Bedeutung. In diesem Blogbeitrag wird im ersten Teil der Prozess des Lernens als Informationsverarbeitung beschrieben, dann zwei für die Gestaltung von digitalen Lehr- und Lernmedien als relevant bezeichnete Theorien erläutert und im letzten Teil Schlussfolgerungen zum Lernen von Schülerinnen und Schüler gezogen.



Prof. Dr. Sascha Schneider



01.07.2024

Lernen als Prozess der Informationsverarbeitung

Lernen kann als ein Prozess der Informationsverarbeitung verstanden werden. Das heisst, Lernende richten ihre Aufmerksamkeit auf Informationen, die sich beispielsweise auf einer Lehrmittelseite befinden, verarbeiten diese, überwachen die Informationsverarbeitung und speichern Informationen ab (für einen Überblick siehe Reynolds & Romano, 2016). Nach Siegler et al. (2016) müssen dafür sowohl relevante Informationen ausgewählt als auch irrelevante Informationen ignoriert werden.

Bevor Informationen jedoch verarbeitet und abgespeichert werden können, müssen Lernende sich gedanklich auf bestimmte Informationen konzentrieren. Diese gedankliche, also kognitive, Fokussierung der Ressourcen wird als Aufmerksamkeit bezeichnet (Santrock, 2017). Die Aufmerksamkeit ist jedoch auch eine Engstelle für die Informationsaufnahme, da

nur eine begrenzte Menge an Informationen gleichzeitig fokussiert werden kann (Goldstein, 2014). Das führt dazu, dass nicht alle Informationen, die präsentiert werden, auch verarbeitet werden (für einen Überblick siehe z.B. Chabris & Simons, 2010). Sobald die Informationen diesen Aufmerksamkeitsengpass durchlaufen haben, können sie gelernt werden.

Vom Lernen zum Wissen

Das Hauptergebnis des Lernens kann als Wissen oder Können definiert werden. Es gibt dabei verschiedene Ansätze, wie Wissen beschrieben werden kann. Gemäss der Perspektive des Repräsentationalismus werden Informationen über die Welt in unserem Gehirn so repräsentiert, dass kognitive Prozesse mit diesen Repräsentationen arbeiten können (Rumelhart & Norman, 1988). Dabei kann zwischen biologisch primärem und biologisch sekundärem Wissen unterschieden werden (Gentry, 2006). Biologisch primäres Wissen

bezieht sich auf Informationen, die relativ mühelos erworben werden können, einschliesslich Fähigkeiten, die in den ersten Lernjahren automatisiert werden, wie das Erkennen von Gesichtern, das Sprechen der Muttersprache, das Planen von Handlungen und das Lösen von Hindernissen. Biologisch sekundäres Wissen bezieht sich auf Informationen, die nur durch kognitive Anstrengung verstanden und gespeichert werden können, wie das Wissen über Bestandteile einer Pflanzenzelle.

“

Die gedankliche, also kognitive, Fokussierung der Ressourcen auf bestimmte Informationen wird als Aufmerksamkeit bezeichnet.

Nach Mayer (2001) kann das beim multimedialen Lernen erworbene Wissen in zwei zielgerichtete Kategorien eingeteilt werden. Während sich das eine Ziel auf die Fähigkeit bezieht, Informationen abzurufen, wiederzuerkennen und zu reproduzieren (d.h. Behalten), betont das zweite Ziel die Bedeutung der Fähigkeit, Informationen zu verstehen und sie in neuen Kontexten anzuwenden (d.h. Transfer).

Wissen wird jedoch nicht nur lose im Gehirn gespeichert, sondern in Verbindung mit anderem Wissen, das zuvor gespeichert wurde. Anderson und Pearson (1988) schlugen das Konzept des Schemas vor, um dieses Phänomen zu beschreiben. Ein Schema ist definiert als ein kognitives Konstrukt von organisiertem Wissen: Informationen stehen in diesem organisierten Wissen miteinander in Beziehung und sind als ein Netz von Informationen strukturiert. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass Wissen weitgehend dadurch bestimmt wird, was wir wahrnehmen und wie wir Informationen

verarbeiten (Bransford et al., 2000; Sawyer, 2006).

Der Weg der Informationen des Lehrmittels in unser Gehirn

Um zu erklären, wie Informationen verarbeitet und Wissen gespeichert wird, wurden verschiedene Modelle von Gehirnsystemen (d.h. Gedächtnismodelle) entwickelt. Aufgrund vieler empirischer Befunde (z.B. Baddeley et al. 1975; Conrad, 1964) kann davon ausgegangen werden, dass Informationen im Arbeitsgedächtnis nach Modalitäten getrennt verarbeitet werden und dass das Arbeitsgedächtnis aus vier verschiedenen Subsystemen besteht. Verbale und akustische Informationen wie Töne oder gesprochene Sprache werden in der phonologischen Schleife verarbeitet, visuelle oder räumliche Informationen im visuell-räumlichen Notizblock. Beide Komponenten haben jeweils ihre eigenen unabhängigen Speicherkapazitäten.

“

Wissen wird nicht nur lose im Gehirn gespeichert, sondern in Verbindung mit anderem Wissen, das zuvor gespeichert wurde.

Ergänzt werden diese durch eine zentrale Exekutive (Baddeley, 2000) zuständig für Koordinierung, Übertragung und Manipulation von Informationen im Arbeitsgedächtnis und einen episodischen sprachlichen Puffer, in welchem verschiedene sensorische Codes kombiniert werden können, um ein sinnvolles Erfahrungsgedächtnis zu bilden. Obwohl die zentrale Exekutive über keine eigene Speicherkapazität verfügt, lenkt sie die Aufmerksamkeit und entscheidet somit, welche Informationen in das Arbeitsgedächtnis gelangen, teilt die Informationen

auf die anderen Teilsysteme auf und verschiebt die verarbeiteten Informationen in das Langzeitgedächtnis.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Gedächtnismodelle den Prozess der Auswahl, Organisation und Integration von Informationen in Langzeitgedächtnissysteme vereinfachen können. Diese Modelle stellen jedoch keine Verbindung zwischen dem Lernprozess und der didaktischen Gestaltung von Lernmaterialien her. Im folgenden Teil werden zwei für die Gestaltung von digitalen Lehr- und Lernmedien als relevant bezeichnete Theorien erläutert: Zu einem die Cognitive Load Theory (CLT) nach Sweller (u.a. 1988; 2020; siehe Abbildung 1) und zum anderen die kognitive Theorie des Multimedialen Lernens (CTML) nach Mayer (2021; siehe Abbildung 2).



Es kann davon ausgegangen werden, dass Informationen im Arbeitsgedächtnis nach Modalitäten getrennt verarbeitet werden und dass das Arbeitsgedächtnis aus vier verschiedenen Subsystemen besteht.

Die Cognitive Load Theory (CLT)

Die Cognitive Load Theory (CLT; Sweller, 1988; 2020; Sweller et al., 2011; für eine Modellübersicht siehe Abbildung 1) ist eine der wichtigsten Theorien zur Erklärung kognitiver Prozesse beim Lernen mit Lernmaterialien. Das Rahmenmodell versucht, die Eigenschaften des menschlichen Arbeitsgedächtnisses und die didaktische Gestaltung von multimedialen Lernumgebungen theoretisch zu verbinden (de Jong, 2010). Kognitive Belastung kann als die mentale Belastung definiert werden, die durch die Lernmaterialien verursacht werden (Ayres, 2018; Feldon et al., 2019; Kalyuga & Plass, 2018).

Um Belastung zu beschreiben, werden in dieser Theorie drei Belastungsfacetten erläutert. Die lernrelevante kognitive Belastung (intrinsic cognitive load; ICL), die lernirrelevante Belastung (extraneous cognitive load; ECL) und die lernbezogene kognitive Belastung (germane cognitive load; GCL).

Der ICL hängt von der Aufgabenkomplexität des Lerninhalts ab (Sweller & Chandler, 1994). Die Komplexität wird sowohl durch die Interaktivität der Elemente des

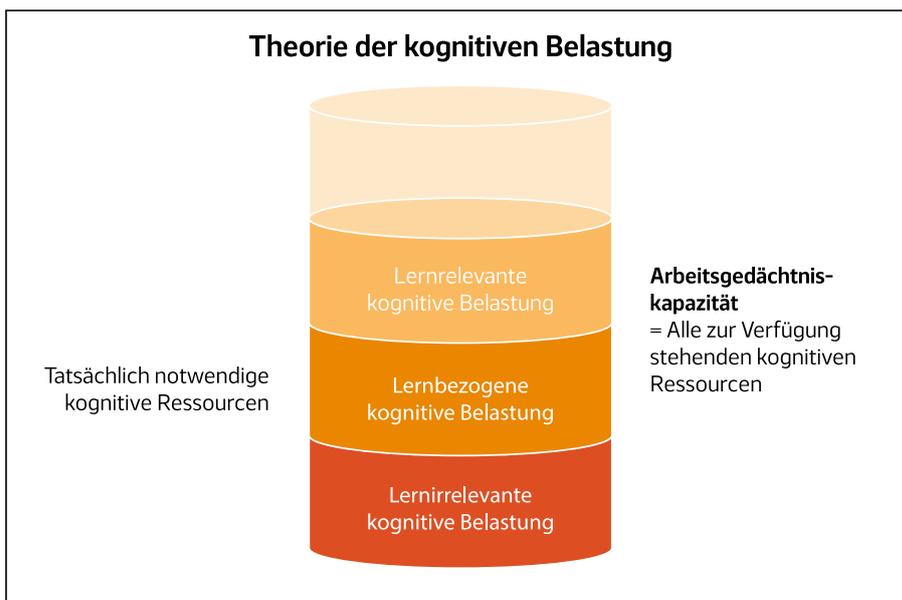


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Grundgedanken der Theorie der kognitiven Belastung (CLT).

Lernmaterials (d.h. die Komplexität des Lernmaterials) als auch durch das domänenspezifische Vorwissen bestimmt, das ein Lernender in früheren Lernsituationen benötigt hat. Es wird davon ausgegangen, dass eine höhere Anzahl von Elementen, die ein Lernender gleichzeitig verarbeiten muss, einer höheren Interaktivität der Elemente entspricht. So kann beispielsweise das Vokabellernen mit einer niedrigen Elementinteraktivität beschrieben werden, während das Erlernen von Algebra einer hohen Elementinteraktivität entspricht.



Die Cognitive Load Theory (CLT), die die Eigenschaften des menschlichen Arbeitsgedächtnisses und die didaktische Gestaltung von multimedialen Lernumgebungen theoretisch zu verbinden versucht, ist eine der wichtigsten Theorien zur Erklärung kognitiver Prozesse beim Lernen mit Lernmaterialien.

Der ECL ist «die lernirrelevante mentale Belastung, die durch kognitiv unangemessene Gestaltung und Präsentation von Informationen verursacht wird» (Antonenko et al., 2010, S. 426). Dementsprechend kann der ECL durch eine effektive Gestaltung des Lernmaterials reduziert werden (Leahy & Sweller, 2016), so dass mehr Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses für lernrelevante Verarbeitungsprozesse (ICL) zur Verfügung stehen (Sweller, 2010).

Der GCL schliesslich ist für den Aufbau und die Automatisierung von Schemata erforderlich. Je grösser die lernbezogene kognitive Belastung ist, desto besser ist die Lern- oder Verstehensleistung. Neben dem Ziel, den ECL so weit wie möglich zu reduzieren (siehe oben), wird durch konstruktive Massnahmen versucht, die lernbezogene kognitive Belastung zu erhöhen und eine kognitive Überlastung des Arbeitsgedächtnis zu vermeiden.

Gestaltungsprinzipien von Lernmedien auf Grundlage der CLT

Wie kann also das Lernen in Kenntnis der CLT verbessert werden? Diesbezüglich sollen einige Gestaltungsprinzipien erläutert werden.

Das Vorübungsprinzip. Da ICL-Prozesse kaum von einer Gestalterin oder einem Gestalter von Lernmaterialien verändert werden können, ist lediglich eine Veränderung des domänenspezifischen Fachwissens Lernender denkbar (Beckmann, 2010; Sweller, 2020). So könnten Lernmaterialien zur Funktionsweise eines Autos, zuerst erklären, welche Funktionen der Motor hat und was Kurbelwellen sind, bevor der Gesamt Ablauf erklärt wird. So kann der Lernende bereits aufgebaute Schemata nutzen und damit wird der ICL reduziert.

Das Segmentierungsprinzip. Eine weitere Möglichkeit den ICL zu beeinflussen ist, das Lernmaterial in verschiedene Segmente zu unterteilen. Dieses Segmentierungsprinzip (für einen Überblick siehe Rey et al., 2019) findet in verschiedenen Formen, wie die Verwendung von Überschriften (z.B. Mautone & Mayer, 2001) oder das «Blättern» auf Websites (für einen Überblick siehe Bernard et al., 2002) Anwendung.

Gestaltungsprinzipien von Lernmedien auf Grundlage der CLT.

Prinzipien der räumlichen und zeitlichen Kontiguität. Wenn zu viele nicht zielgerichtete Suchprozesse ablaufen, z.B. wenn zusammengehörige Informationen in räumlicher Entfernung voneinander angezeigt werden, nehmen die ECL-Prozesse zu, da Informationen über die Aufmerksamkeit zusammengesucht werden müssen (d.h. der Split-Attention-Effekt; Florax & Ploetzner, 2010). Um diesen lernhemmenden Effekt zu eliminieren, sollten korrespondierende Elemente in räumlicher oder in zeitlicher Nähe platziert werden (Prinzip der räumlichen und zeitlichen Kontiguität; für Meta-Analysen siehe Ginns, 2006; Schroeder & Cenkci, 2018).

Das Prinzip ausgearbeiteter Beispiele. ECL-Prozesse können auch dann auftreten, «wenn Schülerinnen und Schüler Probleme lösen müssen, für die sie kein schema-basiertes Wissen haben» (de Jong, 2010, S. 108), wie z.B. bei Problemaufgaben in Mathematik. In diesem Fall kann ein ausgearbeitetes Beispiel, das der Problemlösungsaufgabe vorangestellt wird (d.h. ein bereits ausformuliertes Arbeitsbeispiel), dazu beitragen, die kognitive Belastung zu verringern (d.h. der Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele; z.B. Beege et al., 2021).

Das Redundanzprinzip. Eine weitere Quelle für ECL-Prozesse ist der Redundanzeffekt, der besagt, dass die gleichzeitige Bereitstellung «identischer Informationen in verschiedenen Multimediaformen» (Knoop-van Campen et al., 2018, S. 142) dem Lernen schadet. Bei Lernenden mit hohem Vorwissen kann dies jedoch sogar helfen.

Das Kohärenzprinzip. Darüber hinaus müssen Informationen, die für das Lernziel irrelevant sind und somit direkt zu ECL führen (Halpern et al., 2007) vom Lernmaterial entfernt werden (Clark & Mayer, 2016). Insbesondere verführerische Details (*seductive details*), d.h. Informationen, die zwar interessant, aber nicht lernrelevant sind, können das Lernen erschweren (für eine Meta-Analyse siehe Sundarajan & Adesope, 2020).

Das Expertise-Umkehr-Effekt. Fortgeschrittene Lernende haben bereits Schemata aufgebaut, die mit dem Fachgebiet zusammenhängen (Kalyuga & Renkl, 2010). Eine Vielzahl von Informationen kann daher für eine Expertin oder einen Experten nur ein einziges Element darstellen (Chen et al., 2017; Sweller et al., 2019). Während zum Beispiel ein Satz von einem/r Primarschüler/in noch Wort für Wort gelesen und verstanden werden muss, können fortgeschrittene Schüler/innen bereits Zusammenhänge des Satzes aus einzelnen Wörtern erschliessen. Für fortgeschrittene Lernende kann es passieren, dass die Gestaltungsempfehlungen dann entweder weniger effektiv oder sogar hinderlich sind. Diesen Zusammenhang beschreibt der Expertise-Umkehr-Effekt. Er tritt auf, wenn die Gestaltung des Lernmaterials weniger effektiv wird, wenn die Lernenden Expertise in der Domäne erlangt haben (Kalyuga & Renkl, 2010; Sweller, 2011).

Gestaltungsprinzipien von Lernmedien auf Grundlage der CLT.

Die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)

Die Kombination von Bildern und Texten wird als multimediales Setting bezeichnet und in der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML; Mayer, 2021; Moreno & Mayer, 1999; für eine Modellübersicht, siehe Abbildung 2) beschrieben.

Das CTML-Modell basiert auf drei Annahmen: Die erste Annahme der CTML betrifft die Verarbeitung von Informationen über zwei verschiedene Kanäle. Ein Kanal steht

für visuell/bildlich präsentiertes Informationsmaterial zur Verfügung, der andere für auditives/verbales Material (Robinson, 2004). Die zweite Annahme der CTML bezieht sich auf die begrenzte Kapazität von Informationen, die in jedem Kanal des Arbeitsgedächtnisses verarbeitet werden können (Muthukumar, 2005). Die dritte Annahme der CTML bezieht sich auf die aktive menschliche Informationsverarbeitung. Es wird davon ausgegangen, dass die Lernenden sich aktiv mit dem Lernmaterial auseinandersetzen, um eine

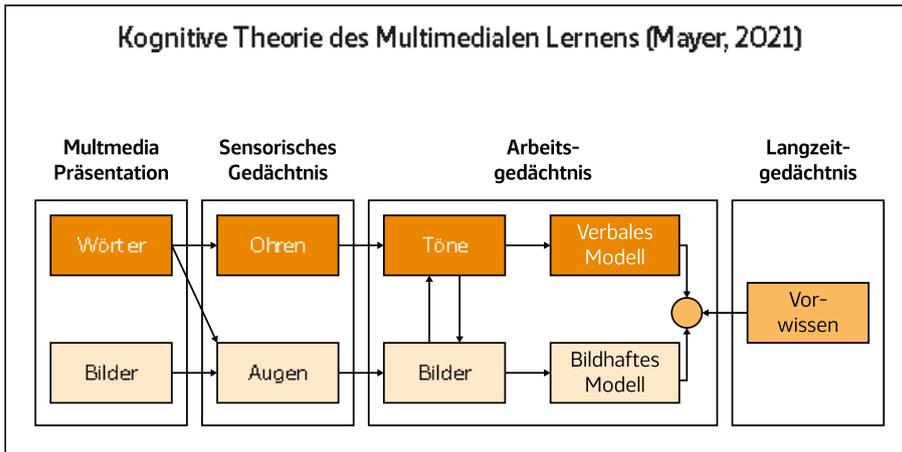


Abbildung 2: Die kognitive Theorie des Multimedialen Lernens (CTML) nach Mayer, 2021.

kohärente mentale Repräsentation ihrer vorhandenen Erfahrungen zu konstruieren (Mayer, 2021).

“

Das CTML-Modell (Cognitive Theory of Multimedia Learning) basiert unter anderem auf der Annahme, dass die Verarbeitung von Informationen im Gehirn über zwei verschiedene Kanäle erfolgt.

Die CTML besagt nun, dass Multimedia-Nachrichten bei der Verarbeitung drei Speicherformen durchlaufen. Wörter und Bilder gelangen als multimediale Repräsentationen in das sensorische Gedächtnis (Mayer, 2017). Die Informationsaufnahme erfolgt über Augen und Ohren. Dabei können sowohl geschriebene als auch gesprochene Wörter erfasst und ins

Arbeitsgedächtnis überführt werden. Visuelle Bilder (Imagene) von Abbildungen und Töne von Wörtern werden in ein verbales und ein bildliches Modell organisiert. Abschliessend ruft der Lernende relevante Vorkenntnisse aus dem Langzeitgedächtnis ab. Die Kapazität dieses Speichers ist unbegrenzt und Informationen können über einen langen Zeitraum gespeichert werden (Mayer, 2021). Zusätzlich werden das verbale und bildliche Modell mit dem Vorwissen (Mayer, 2017) in ein kohärentes mentales Modell integriert und in das Langzeitgedächtnis übertragen – ein Prozess, der Lernen darstellt.

Gestaltungsprinzipien von Lernmedien auf Grundlage der CTML

Wie kann nun das Lernen in Kenntnis der CTML verbessert werden? Auch diesbezüglich sollen einige Gestaltungsprinzipien erläutert werden.

Das Multimedia-Prinzip. Clark & Mayer (2012) schlagen vor, dass Lernende vom Lernen mit Text und Bildern statt nur mit Text profitieren können, da Lernende mit geringen Vorkenntnissen nicht in der Lage sind, ein kohärentes mentales Modell zu konstruieren (d.h. das Multimedia-Prinzip; für einen metaanalytischen Überblick: siehe; Hu et al., 2021). In diesem Fall sollten bei der Vermittlung von Informationen insbesondere interpretative, transformative oder organisatorische Grafiken verwendet werden (Clark & Mayer, 2012).

Gestaltungsprinzipien von Lernmedien auf Grundlage der CTML.

Das Modalitätsprinzip. Bei der Verwendung von Multimedia wird eine mit Grafiken präsentierte Erzählung vom Lernenden besser verstanden als visuell präsentierte Text zur Beschreibung von Grafiken (d.h. das Modalitätsprinzip; Clark & Mayer 2012; Mayer & Moreno, 2003; für einen metaanalytischen Überblick siehe; Ginns, 2005). Basierend auf der Theorie der dualen Kodierung (Paivio, 1975) wird die Verarbeitung verschlechtert, wenn Material in nur einer Form der Kodiertheit präsentiert wird (Moreno & Mayer, 1999).

Das Signalisierungsprinzip. Da insbesondere Lernende mit geringem Vorwissen grosse Schwierigkeiten haben, relevante von irrelevanten Informationen zu unterscheiden, sind Techniken zur Hervorhebung lernzielrelevanter Informationen lernförderlich (Signalisierungsprinzip; für metaanalytische Übersichten siehe; Alpizar et al., 2021; Richter et al., 2016; Schneider et al., 2018). Entsprechend diesem Effekt werden zum Beispiel grafische Überblicke (*advanced organizers*, z.B. De Jong & Van der Hulst, 2002), Scheinwerfer (z.B. Doolittle & Altstaedter, 2009), Referenzfarben (z.B. Ferrara & Butcher, 2011), Text-Bild-Referenzierungen (Seufert & Brünken, 2006) oder Pfeile, die auf wichtige Teile des Bildes zeigen (z.B. Huk et al., 2003) verwendet.

Das Imaginationsprinzip. Der Imaginationseffekt tritt auf, wenn Lernende aufgefordert werden sich etwas mental vorzustellen und damit bessere Lernleistungen erzielen (Leopold & Mayer, 2015). Die theoretische Begründung des Imaginationseffekts beruht auf der Theorie der generativen Kraft der kognitiven Verarbeitung (Fiorella & Mayer, 2015). Durch die Erzeugung mentaler Bilder werden Informationen besser in kohärenten mentalen Modellen verknüpft.

Das Selbsterklärungs-Prinzip. Chi et al. (1989) entdeckten, dass Lernende, die während des Lernens Beispiele aus dem eigenen Vorwissen generierten, in einem späteren Test besser abschnitten als Lernende, die das Material meist umformulierten und insgesamt weniger Selbsterklärungen abgaben (Chi et al., 1989). Das damit formulierte Selbsterklärungs-Prinzip bezieht sich daher auf die Feststellung, dass Arbeitsbeispiele effektiver sind, wenn die Lernenden sich etwas selbst gut erklären, als wenn sie keine aber auch qualitativ schlechte Selbsterklärungen abgeben (Renkl, 1997).

Gestaltungsprinzipien von Lernmedien auf Grundlage der CTML.

Schlussfolgerungen

Was bedeutet das nun für das Lernen von Schülerinnen und Schülern? In diesen Teil werden einige Schlussfolgerungen gezogen.

Ist Lernen für alle gleich?

Es stellt sich die Frage, ob die genannten Gestaltungsprinzipien Allgemeingültigkeit aufweisen oder ob es zu viele individuelle Unterschiede bei Schülerinnen und Schülern gibt. Dabei konnten jedoch nur wenige Personeneigenschaften als ein Moderator der Effekte nachgewiesen werden:

Vorwissen. Eines der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale bei Lernenden stellt das domänenspezifische (bzw.

fachspezifische) Vorwissen dar. So konnte in vielfältigen Studien nachgewiesen werden, dass sich viele der Effekte der beschriebenen Gestaltungsprinzipien abschwächen, effektlos werden oder sogar zugunsten der jeweilig anderen Bedingung auswirken, wenn Lernenden ein hohes Vorwissen aufweisen. Diesen Effekt nennt man den Expertise-Umkehr-Effekt (Jiang et al., 2018).

Räumliches Vorstellungsvermögen. In einer Untersuchung von Lee und Wong (2014) zeigte sich, dass Lernende mit geringem räumlichem Vorstellungsvermögen deutlich mehr von digitalen Tools wie Desktop Virtual Reality und einer kognitiv ansprechenden Darstellung profitierten.

Geschlecht. Die Geschlechtszugehörigkeit konnte bisher nur in wenigen Studien als Einflussgrösse auf die abgeleiteten Effekte der kognitiven Theorien des Lernens mit Medien nachgewiesen werden. So konnte lediglich gezeigt werden, dass weibliche Lernenden mehr Schwierigkeiten mit Aufgaben hatten, die mentale Rotationsfähigkeiten benötigen, wie z.B. Logikaufgaben, bei denen man die Zahl auf der Rückseite eines Würfels angeben sollte (für einen Überblick siehe, Maeda & Yoon, 2013). Grösser scheint der Einfluss der Kongruenz zwischen dem Geschlecht des Lehrenden eines Mediums (Sprecher/in, angezeigte Lehrer/in) und dem Geschlecht des Lernenden. Eine Übereinstimmung führte in Untersuchungen zu besseren Ergebnissen (Linek et al., 2010).

Alter. Auch das Alter spielt keine wesentliche Rolle bei Unterschieden im Lernen. Allein die Abnahme von kognitiven Fähigkeiten in sehr hohem Alter kann dann zu geringeren Arbeitsgedächtniskapazitäten und einer erhöhten kognitiven Belastung führen (Van Gerven et al., 2006).

Fachbereich. In den meisten metanalytischen Überblicken kann immer wieder gezeigt werden, dass verschiedene Fachbereiche durchaus zu unterschiedlichen hohen Effekten bei der Wirksamkeit einzelner Gestaltungsprinzipien führen. So zeigt sich, dass Signalisierungen vor allem in Fächern, die textlastig (im Vergleich zu eher zahlenlastigen Fächern wie Mathematik oder Naturwissenschaften) sind, zu einer höheren Wirksamkeit führt (Alpizar et al., 2020). In den meisten Fällen verlieren die Effekte jedoch nicht ihre Gültigkeit.

Lernstile. Am deutlichsten konnte bisher die Hypothese abgewiesen werden, dass Lernenden unterschiedliche Lernstile aufweisen (z.B. eher visuell, eher auditiv, eher motorisch; Kirschner, 2017). Eine Einordnung von Lernenden in solche Kategorien führt fast immer zu einem

Trugschluss, denn Lernende haben zwar in einer Lernsituation Präferenzen für eine Lernform, jedoch keinen kognitiv festgelegten Lernstil.



Die Forschungen zu Lernen mit Multimedia können als Wegweiser für die Evaluation und Erstellung von Medien im Unterricht genutzt werden.

Müssen es immer digitale Medien sein?

Immer wieder stellen sich Lehrpersonen die Frage, inwiefern bei der Vermittlung von Wissen überhaupt digitale Medien eingesetzt werden sollten. Diese Frage lässt sich jedoch nicht so einfach beantworten. Ein Blick in Meta-Analysen, die Studien zusammenfassen, deren Ziel es war herauszufinden, ob es mit oder ohne digitales Medium zu einer Veränderung der Lernleistung kam, kommen zu einem sehr einheitlichen Ergebnis: Grundsätzlich erzielen digitale Medien nur einen kleinen zusätzlichen Effekt auf das Lernen generell, jedoch hängt er stark von der Art und Weise und dem Typ des genutzten Mediums ab (Bernard et al., 2004, Sung et al., 2016). Schlussendlich sollte auf verschiedene Punkte bei der Frage, ob es ein digitales Medium sein muss, geachtet werden:

1. Kann durch die Vermittlung mit dem digitalen Medium ein zusätzlicher Sinneskanal angeregt (z.B. audiovisuell oder haptisch) oder eine andere Art der Vermittlung genutzt werden?
2. Kann das digitale Medium helfen, differenzierten Unterricht zu gestalten und dadurch Lernende individuell zu fördern?
3. Kann das digitale Medium dazu anleiten, mehr kollaboratives oder selbstgesteuertes Lernen zu fördern?

4. Ist der Umgang mit dem digitalen Medium wichtig für den späteren Berufsalltag?
5. Kann durch die Nutzung des digitalen Mediums auf Gefahren im Umgang mit digitalen Informationen verwiesen werden?

Fazit

Die Forschung zu Lernen mit Multimedia beruht auf kognitiven Theorien der Verarbeitung von Informationen und bietet wichtige Rückschlüsse zur lernförderlichen Gestaltung von Lehr- und Lernmedien. Diese können als Wegweiser für die Evaluation oder Erstellung von Medien im Unterricht genutzt werden. Sind sich Lehrpersonen oder Lehrmittelentwickler/innen der kognitiven Theorien bewusst, können sie durch die Nutzung der Gestaltungsempfehlungen das Lernen der Schülerinnen und Schüler unterstützen.

Portrait des Autors

Sascha Schneider ist Assistenzprofessor für Educational Technology am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Zürich.

Seine Forschung konzentriert sich auf die Frage, wie Lernmedien gestaltet werden können, um das Lernen zu verbessern. Methodisch werden dafür Experimente durchgeführt und analysiert oder Daten metaanalytisch ausgewertet. Inhaltlich fokussiert sich die Forschung von Prof. Schneider zu kognitiven, emotionalen, motivationalen, sozialen und metakognitiven Prozessen beim Lernen mit digitalen Medien wie text- und bildbasierten Webseiten, Animationen, Videos, aber auch interaktiven Medien wie Lernvideospiele und Augmented- und Virtual-Reality-Umgebungen. Im Fokus stehen aber nicht nur Lehr-Lernprozesse, sondern auch Abrufprozesse, die beim Bearbeiten von Lernaufgaben aber auch Quizzes notwendig werden.

Sascha Schneider hat Erziehungswissenschaften und Englisch als Bachelor und Bildungstechnologie und Weiterbildung als Master studiert. In seiner Dissertation untersuchte er die Auswirkungen von dekorativen Bildern auf das Lernen mit Medien. In seiner Habilitation beschäftigte er sich mit der Wirkung von Wahlmöglichkeiten als Autonomieverstärker und Motivationsförderer in digitalen Lernumgebungen.

Literatur

- Alpizar, D., Adesope, O. O., & Wong, R. M. (2020). A meta-analysis of signaling principle in multimedia learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 68, 2095–2119. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09748-7>
- Anderson, R. C., & Pearson, P. D. (1988). A schema-theoretic view of basic processes in reading comprehension. In P. L. Carrell, J. Devine, & D. E. Eskey (Eds.), *Interactive approaches to second language reading* (pp. 37–55). Cambridge University Press.
- Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R., & Van Gog, T. (2010). Using electroencephalography to measure cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 425–438. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9130-y>
- Ayres, P. (2018). Subjective measures of cognitive load: What can they reliability measure? In R. Z. Zheng (Ed.), *Cognitive load measurement and application: a theoretical framework for meaningful research and practice* (pp. 9–28). Routledge.

- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556–559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D. (2001). Is working memory still working? *American Psychologist*, 56, 851–864. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.11.851>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 47–90). Academic Press.
- Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575–589. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(75\)80045-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(75)80045-4)
- Beege, M., Schneider, S., Nebel, S., Zimm, J., Windisch, S., & Rey, G. D. (2021). Learning programming from erroneous worked-examples. Which type of error is beneficial for learning? *Learning and Instruction*, 75, 101497. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101497>
- Bernard, R.M., Abrami, P.C., Lou, Y., Borokhovski, E., Wade, A., Wozney, L., Walset, P.A., Fiset, M., & Huan, B. (2004). How does distance education compare with classroom instruction? A meta-analysis of the empirical literature. *Review of Educational Research*, 74, 379–439. <https://doi.org/10.3102/00346543074003379>
- Bernard, M., Baker, R., & Fernandez, M. (2002). Paging vs. scrolling: Looking for the best way to present search results. *Usability News*, 4, 1296–1299. <https://doi.org/10.1177/154193120204601412>
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn* (Vol. 11). National Academy Press.
- Chabris, C. F., & Simons, D. J. (2010). *The invisible gorilla: And other ways our intuitions deceive us*. Harmony.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2012). *Scenario-based e-learning: Evidence-based guidelines for online workforce learning*. John Wiley & Sons.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. John Wiley & Sons.
- Conrad, R. (1964). Acoustic confusions in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55, 75–84. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1964.tb00899.x>
- de Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science*, 38, 105–134. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>
- de Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, 31, 105–113. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3102_2
- De Jong, T., & Van Der Hulst, A. (2002). The effects of graphical overviews on knowledge acquisition in hypertext. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 219–231. <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2002.00229.x>
- Doolittle, P. E., & Altstaedter, L. L. (2009). The effect of working memory capacity on multimedia learning: Does attentional control result in improved performance. *Journal of Research in Innovative Teaching*, 2, 7–25. Retrieved from https://www.academia.edu/download/30622655/7638_JournalofResearch09.pdf#page=12
- Feldon, D. F., Callan, G., Juth, S., & Jeong, S. (2019). Cognitive load as motivational cost. *Educational Psychology Review*, 31, 319–337. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09464-6>
- Ferrara, L., & Butcher, K. R. (2011). Visualizing feedback: Using graphical cues to promote self-regulated learning. In L. Carlson, C. Hoelscher, & T. F. Shipley (Eds.), *Proceedings of the thirty-third annual*

conference of the cognitive science society. Boston: Cognitive Science Society (pp. 1880–1885). Cognitive Science Society.

- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2015). *Learning as a generative activity*. Cambridge university press.
- Florax, M., & Ploetzner, R. (2010). What contributes to the split-attention effect? The role of text segmentation, picture labelling, and spatial proximity. *Learning and Instruction*, 20, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.021>
- Geary, D. C. (2008). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, 43, 179–195. <https://doi.org/10.1080/00461520802392133>
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*, 15, 313–331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.001>
- Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, 16, 511–525. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.10.001>
- Goldstein, E. B. (2014). *Cognitive psychology: Connecting mind, research and everyday experience*. Cengage Learning.
- Halpern, D. F., Graesser, A., & Hakel, M. (2007). Learning principles to guide pedagogy and the design of learning environments. American Psychological Society Taskforce on 39731 Multimedia Instruction Life Long Learning at Work and at Home. Retrieved from <http://psyc.memphis.edu/learning>
- Huk, T., Steinke, M., & Floto, C. (2003). Learning with educational hypermedia software: The impact of signals in animations. In P. Isaías, & N. Karmakar (Eds.), *Proceedings of IADIS international conference WWW/internet (ICWI)* (pp. 689–695). (Algarve, Portugal).
- Jiang, D., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2018). The curious case of improving foreign language listening skills by reading rather than listening: An expertise reversal effect. *Educational Psychology Review*, 30, 1139–1165. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9427-1>
- Kirschner, P. A. (2017). Stop propagating the learning styles myth. *Computers & Education*, 106, 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.006>
- Kalyuga, S., & Plass, J. L. (2018). Cognitive load as a local characteristic of cognitive processes: Implications for measurement approaches. In R. Z. Zheng (Ed.), *Cognitive load measurement and application: a theoretical framework for meaningful research and practice* (pp. 59–74). Routledge.
- Kalyuga, S., & Renkl, A. (2010). Expertise reversal effect and its instructional implications: Introduction to the special issue. *Instructional Science*, 38, 209–215. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9102-0>
- Knoop-van Campen, C. A., Segers, E., & Verhoeven, L. (2018). The modality and redundancy effects in multimedia learning in children with dyslexia. *Dyslexia*, 24, 140–155. <https://doi.org/10.1002/dys.1585>
- Leahy, W., & Sweller, J. (2016). Cognitive load theory and the effects of transient information on the modality effect. *Instructional Science*, 44, 107–123. <https://doi.org/10.1007/s11251-015-9362-9>
- Lee, E. A. L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Leopold, C., & Mayer, R. E. (2015). An imagination effect in learning from scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 107, 47–63. <http://dx.doi.org/10.1037/a0037142>
- Linek, S. B., Gerjets, P., & Scheiter, K. (2010). The speaker/gender effect: does the speaker's gender matter when presenting auditory text in multimedia messages? *Instructional Science*, 38, 503–521. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9115-8>

- Maeda, Y., & Yoon, S. Y. (2013). A meta-analysis on gender differences in mental rotation ability measured by the Purdue spatial visualization tests: Visualization of rotations (PSVT: R). *Educational Psychology Review*, 25, 69-94. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9215-x>
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 377-389. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.377>
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. University Press.
- Mayer, R. E. (2017). Using multimedia for e-learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33, 403-423. <https://doi.org/10.1111/jcal.12197>
- Mayer, R. E. (2021). *Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.2.358>
- Muthukumar, S. L. (2005). Creating interactive multimedia-based educational courseware: cognition in learning. *Cognition, Technology and Work*, 7, 46-50. <https://doi.org/10.1007/s10111-004-0171-1>
- Paivio, A. (1975). Coding distinctions and repetition effects in memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 9, 179-214. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60271-6](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60271-6)
- Polya, G. (1957). *How to Solve It?* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive science*, 21, 1-29. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(99\)80017-2](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(99)80017-2)
- Rey, G. D., Beege, M., Nebel, S., Wirzberger, M., Schmitt, T. H., & Schneider, S. (2019). A meta-analysis of the segmenting effect. *Educational Psychology Review*, 31, 389-419. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9456-4>
- Richter, J., Scheiter, K., & Eitel, A. (2016). Signaling text-picture relations in multimedia learning: A comprehensive meta-analysis. *Educational Research Review*, 17, 19-36. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.12.003>
- Robinson, W. R. (2004). Cognitive theory and the design of multimedia instruction. *Journal of Chemical Education*, 81, 10-13. <https://doi.org/10.1021/ed081p10>
- Rumelhart, D. E., & Norman, D. A. (1988). Representation in memory. In R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey, & R. D. Luce (Eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology* (2nd ed., pp. 511-587). New York: Wiley.
- Santrock, J. W. (2017). *Life-span development* (Vol.13). McGraw-Hill Inc.
- Sawyer, R. K. (2006). Educating for innovation. *Thinking Skills and Creativity*, 1, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2005.08.001>
- Schneider, S., Beege, M., Nebel, S., & Rey, G. D. (2018). A meta-analysis of how signaling affects learning with media. *Educational Research Review*, 23, 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.11.001>
- Schroeder, N. L., & Cenkcı, A. T. (2018). Spatial contiguity and spatial split-attention effects in multimedia learning environments: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30, 679-701. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9435-9>
- Seufert, T., & Brünken, R. (2006). Cognitive load and the format of instructional aids for coherence formation. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 321-331. <https://doi.org/10.1002/acp.1248>

- Siegler, R., Eisenberg, N., DeLoache, J., & Saffran, J. (2016). *Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter*. Springer.
- Sundararajan, N., & Adesope, O. (2020). Keep it coherent: a meta-analysis of the seductive details effect. *Educational Psychology Review*, 32, 707–734. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09522-4>
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252–275. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.008>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 123–138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In J. P. Mestre, & B. H. Ross (Eds.) *Psychology of learning and motivation* (pp. 37–76). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12, 185–233. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31, 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Van Gerven, P. W., Paas, F., Van Merriënboer, J. J., & Schmidt, H. G. (2006). Modality and variability as factors in training the elderly. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 20(3), 311–320. <https://doi.org/10.1002/acp.1247>

Abbildungen

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Grundgedanken der Theorie der kognitiven Belastung (CLT).

Abbildung 2: Die kognitive Theorie des Multimedialen Lernens (CTML) nach Mayer, 2021.