TECHNISCHE UNIVERSITÄT
IN DER KULTURHAUPTSTADT EUROPAS
CHEMNITZ

Professur Psychologie digitaler Lernmedien
Institut für Medienforschung Philosophische Fakultät



Lernpsychologie: Grundlagen

Cognitive Load Theorie und kognitive Theorie multimedialen Lernens

Tron: Legacy (2010). Walt Disney Pictures.

Prof. Dr. Günter Daniel Rey

Überblick

- Cognitive Load Theorie (CLT)
  - Annahmen der CLT
  - Ziele beim Lernen
  - Arten der kognitiven Belastung
  - Kritik und Würdigung
- Kognitive Theorie multimedialen Lernens (CTML)
  - Annahmen der CTML
  - Arten von Gedächtnisspeichern
  - Kognitive Prozesse und Repräsentationsformen
  - Kritik und Würdigung

Cognitive Load Theorie

- Begründer: John Sweller
- Verbreitung: Weit verbreiteter instruktionspsychologischer Erklärungsansatz
- Vorläuferartikel: Ab etwa 1982
- CLT selbst: Ab 1988
- Mittlerweile umfassendes, theoretisches Modell
- Empirisch gut abgesicherte Theorie



John Sweller

Kognitive Strukturen (z. B. Paas & Sweller, 2014)

- Unterscheidung zwischen Langzeitgedächtnis (LZG) und Arbeitsgedächtnis (AG)
- Langzeitgedächtnis
  - Sehr großes Speichervermögen
  - Informationen nicht bewusst
  - Sämtliche dort gespeicherten Informationen erlernt
  - Verstehen durch Veränderungen im LZG
  - Ziel: Förderung „geeigneter“ Veränderungsprozesse im LZG

Arbeitsgedächtnis (z. B. Sweller, 2009)

- Informationen bewusst
- Informationsquellen für das AG
  - Langzeitgedächtnis: Gelernte Informationen
  - Sensorischer Speicher: Neue Informationen
- Bewusste Verarbeitung neuer Informationen: Nur bei sekundärem biologischem Wissen notwendig
  - Primäres biologisches Wissen: Kein bewusstes Lernen, z. B. Erwerb der Muttersprache
  - Sekundäres biologisches Wissen: Bewusstes und mühevolles Lernen, z. B. Erwerb der Schriftsprache

Auf wie viele Elemente ist unser Arbeitsgedächtnis beschränkt?

Zwei bis vier Elemente — 0%

Drei bis fünf Elemente — 0%

Sieben plus/minus zwei Elemente — 0%

Keine Beschränkung — 0%

Keine Antwort ist korrekt — 0%

Auf wie viele Elemente ist unser Arbeitsgedächtnis beschränkt?

Zwei bis vier Elemente — 0%

Drei bis fünf Elemente — 0%

Sieben plus/minus zwei Elemente — 0%

Keine Beschränkung — 0%

Keine Antwort ist korrekt — 0%

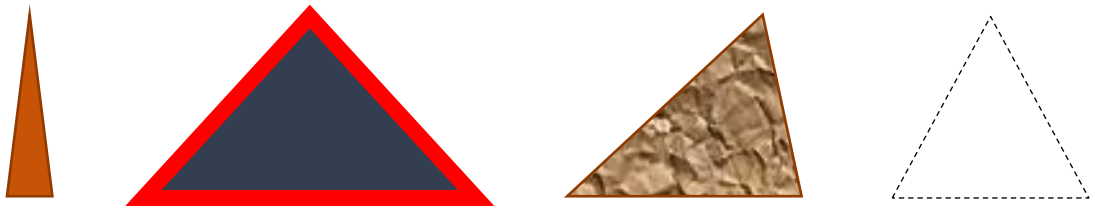
Arbeitsgedächtnis (z. B. Sweller, 2009)

- Zwei Beschränkungen bei der Informationsverarbeitung
  - Begrenzung des Speichers auf Elemente
  - Zeitliche Begrenzung auf Sekunden
- Ziel bei der Gestaltung von Lernmaterialien: „Überwindung“ der beiden Einschränkungen des AG
- Verständnis: Fähigkeit, die zu verstehenden Informationselemente gleichzeitig im AG verarbeiten zu können
- Unterteilung des AG in der CLT: Modifizierte, ältere Variante von Baddeleys AG-Modell (1992)

Schemata (z. B. Sweller, 2005)

- Ziel beim Lernen: Ausbildung und Speicherung automatisierter Schemata
- Schema: Kognitives Konstrukt, welches Informationen zur Speicherung in das Langzeitgedächtnis schematisch organisiert
  - Bereitstellung von Mechanismen für die Organisation und Speicherung von Wissen
  - Ersatz für die zentrale Exekutive im AG
  - Senkung der kognitiven Belastung

Beispiele für Schemata

- Buchstaben: 
- Geometrische Objekte: 
- Restaurantbesuch:



Kognitive Belastung
(z. B. Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998, 2019)

- Messmethoden
  - Aufgaben- bzw. leistungsbasierte Indikatoren
  - Subjektive Indikatoren
  - Physiologische Indikatoren
- Verschiedene Arten der kognitiven Belastung
  - Intrinsischer Cognitive Load (ICL)
  - Extraneous Cognitive Load (ECL)
  - Germane Cognitive Load (GCL)
  - Meta Cognitive Load

Intrinsischer Cognitive Load (z. B. Sweller et al., 1998, 2019)

- Belastung aufgrund der Komplexität des Lerngegenstandes
- Festlegung durch Elementinteraktivität und Lernervorwissen
- Elemente: Alle bereits erlernten oder noch zu erlernenden Komponenten
- Elementinteraktivität auf einem Kontinuum angesiedelt:
  - Niedrig: Aufeinanderfolgende Verarbeitung einzelner Elemente im AG möglich
  - Hoch: Gleichzeitige Verarbeitung einzelner Elemente im AG erforderlich

Extraneous Cognitive Load (z. B. Sweller et al., 1998, 2019)

- Lernirrelevante kognitive Belastung
- Von der Art der Darbietung abhängig
- Zentrales Ziel bei der Gestaltung von Lernmaterialien: ECL reduzieren
- ECL nach der CLT nur wichtig, wenn ICL hoch ist

Germane Cognitive Load (z. B. Sweller et al., 1998, 2019)

- Lernbezogene bzw. lernrelevante kognitive Belastung
- Von der Art der Darbietung abhängig
- Erforderlich für die Konstruktion und Automatisierung von Schemata ins LZG
- Je größer der GCL, desto besser die Lern- bzw. Verständnisleistung
- Ziel bei der Gestaltung von Lernmaterialien: GCL erhöhen

Meta Cognitive Load (Valcke, 2002)

- Monitorstrategien zur Überwachung von kognitiven Prozessen
- Unterteilung des GCL in zwei Teile:
  - Konstruktion und Speicherung von Schemata
  - Monitoraktivitäten
- Vorschlag von Valcke (2002) nicht in der Literatur zur kognitiven Belastung aufgegriffen

Welche Aussagen zur kognitiven Belastung sind korrekt?

Das Erlernen von 10000 Vokabeln ist ein Beispiel für einen hohen ICL. 0%

Unübersichtliche Vorlesungsfolien stellen ein Beispiel für den ECL dar. 0%

Der GCL ist unabhängig von anderen Arten der kognitiven Belastung. 0%

Die Überprüfung des eigenen Lernfortschritts ist kein Beispiel für den Meta Cognitive Load. 0%

Ziel bei der Gestaltung von Lernmaterialien ist es, den GCL zu erhöhen. 0%

Welche Aussagen zur kognitiven Belastung sind korrekt?

Das Erlernen von 10000 Vokabeln ist ein Beispiel für einen hohen ICL. 0%

Unübersichtliche Vorlesungsfolien stellen ein Beispiel für den ECL dar. 0%

Der GCL ist unabhängig von anderen Arten der kognitiven Belastung. 0%

Die Überprüfung des eigenen Lernfortschritts ist kein Beispiel für den Meta Cognitive Load. 0%

Ziel bei der Gestaltung von Lernmaterialien ist es, den GCL zu erhöhen. 0%

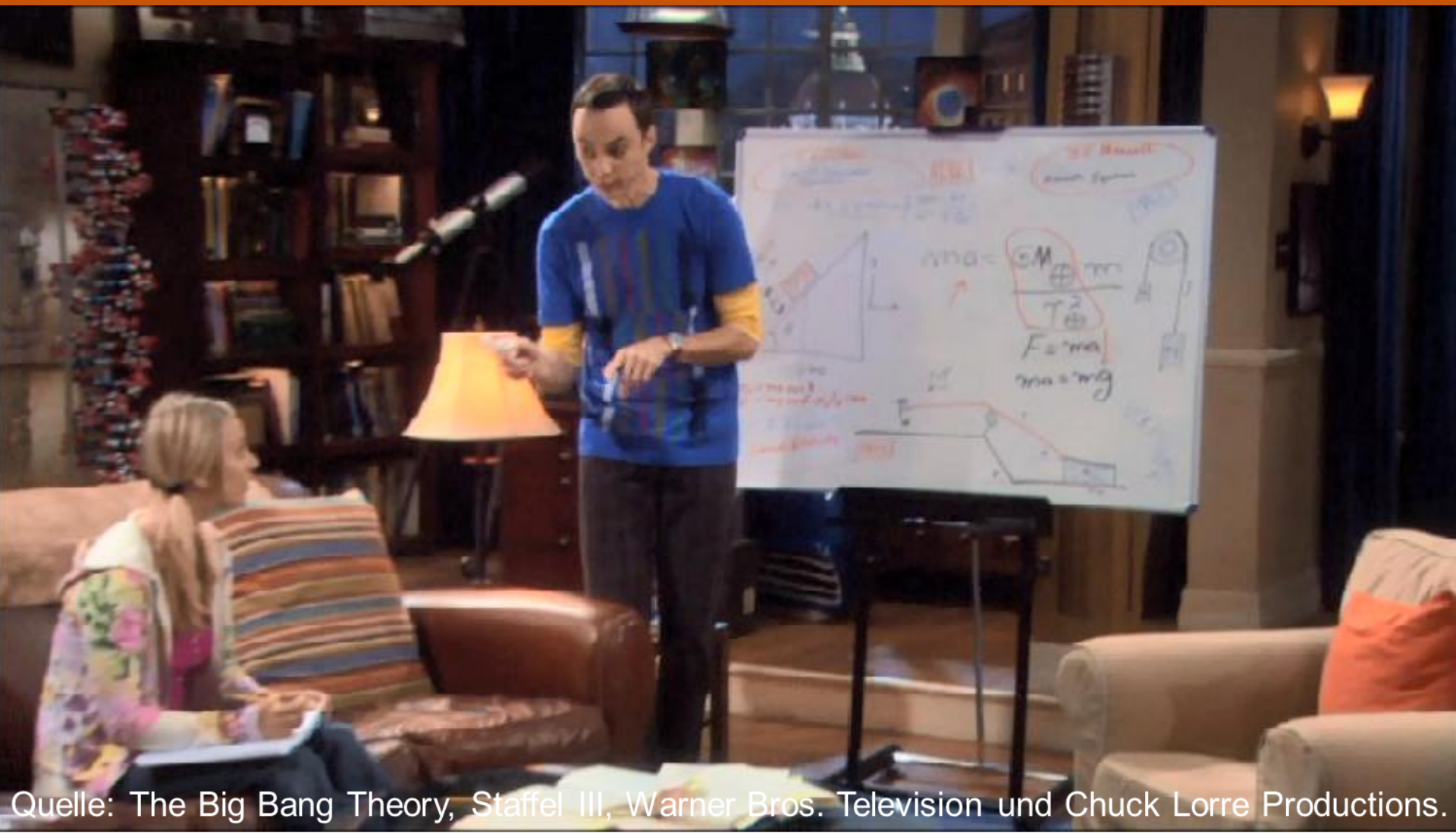
Beispiel eines Fragebogens zur kognitiven Belastung (Klepsch, Schmitz & Seufert, 2017)

- ICL
  - Bei der Aufgabe musste man viele Dinge gleichzeitig im Kopf bearbeiten.
  - Diese Aufgabe war sehr komplex.
- GCL
  - Ich habe mich angestrengt, mir nicht nur einzelne Dinge zu merken, sondern auch den Gesamtzusammenhang zu verstehen.
  - Es ging mir beim Bearbeiten der Lerneinheit darum, alles richtig zu verstehen.
  - Die Lerneinheit enthielt Elemente, die mich unterstützten, den Lernstoff besser zu verstehen.
- ECL
  - Bei dieser Aufgabe ist es mühsam, die wichtigsten Informationen zu erkennen.
  - Die Darstellung bei dieser Aufgabe ist ungünstig, um wirklich etwas zu lernen.
  - Bei dieser Aufgabe ist es schwer, die zentralen Inhalte miteinander in Verbindung zu bringen.

Weiterer CL-Fragebogen (Krieglstein, Beege, Rey, Sanchez-Stockhammer & Schneider, 2023)

- ICL
  - Die Lerninhalte waren schwer zu verstehen.
  - Die Erklärungen des Lerninhalts waren schwer nachvollziehbar.
  - Die Lerninhalte waren komplex.
  - Die Lerninhalte enthielten viele komplexe Informationen.
  - Ohne Vorwissen waren die Informationen nicht verständlich.
- ECL
  - Es war schwierig, einen Überblick über den Aufbau des Lernmaterials zu erlangen.
  - Die Gestaltung des Lernmaterials machte es schwer, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Informationen herzustellen.
  - Das Lernmaterial war ungünstig gestaltet.
  - Die Gestaltung des Lernmaterials machte es schwierig, wichtige Informationen zügig zu finden.
  - Aufgrund der Gestaltung des Lernmaterials hatte ich das Gefühl, mich nicht auf die Lerninhalte konzentrieren zu können.
- GCL
  - Ich habe aktiv über die Lerninhalte nachgedacht.
  - Ich habe mich bemüht, die Lerninhalte zu verstehen.
  - Ich habe ein umfassendes Verständnis der Lerninhalte erlangt.
  - Ich konnte mein bestehendes Wissen mit den Lerninhalten erweitern.
  - Das Wissen, das ich durch das Lernmaterial erworben habe, kann ich schnell und sicher anwenden.

Motivation und Emotion beim Lernen



Quelle: The Big Bang Theory, Staffel III, Warner Bros. Television und Chuck Lorre Productions.

Fazit zur CLT (Rey, 2009)

- Kritik
  - Unzureichende Berücksichtigung motivationaler und emotionaler Faktoren
  - Ältere Modelle und empirische Befunde als Basis
  - Schwierige Trennung der CL-Arten auf Messebene
- Würdigung
  - Gute experimentelle Absicherung der Gestaltungsempfehlungen
  - Kontraintuitive Prognosen zum Lernen in multimedialen Lernumgebungen
  - Vorhersage und theoretische Erklärung differenzieller Effekte zwischen Experten und Novizen
  - Verknüpfungsmöglichkeiten mit neurowissenschaftlichen Befunden

Kognitive Theorie multimedialen Lernens

- Begründer: Richard E. Mayer
- Verbreitung: Ebenfalls weit verbreiteter instruktionspsychologischer Erklärungsansatz
- Unter diversen Namen publiziert: Seit 1989
- Bezeichnung „CTML“: Seit 1996
- Empirisch gut abgesicherte Theorie
- Erweiterung der CTML: Seit 2005 durch Moreno und Mayer: Cognitive-affective theory of learning with media (CATLM)



Richard E. Mayer



Roxana Moreno

Richard E. Mayer – Begründer der CTML



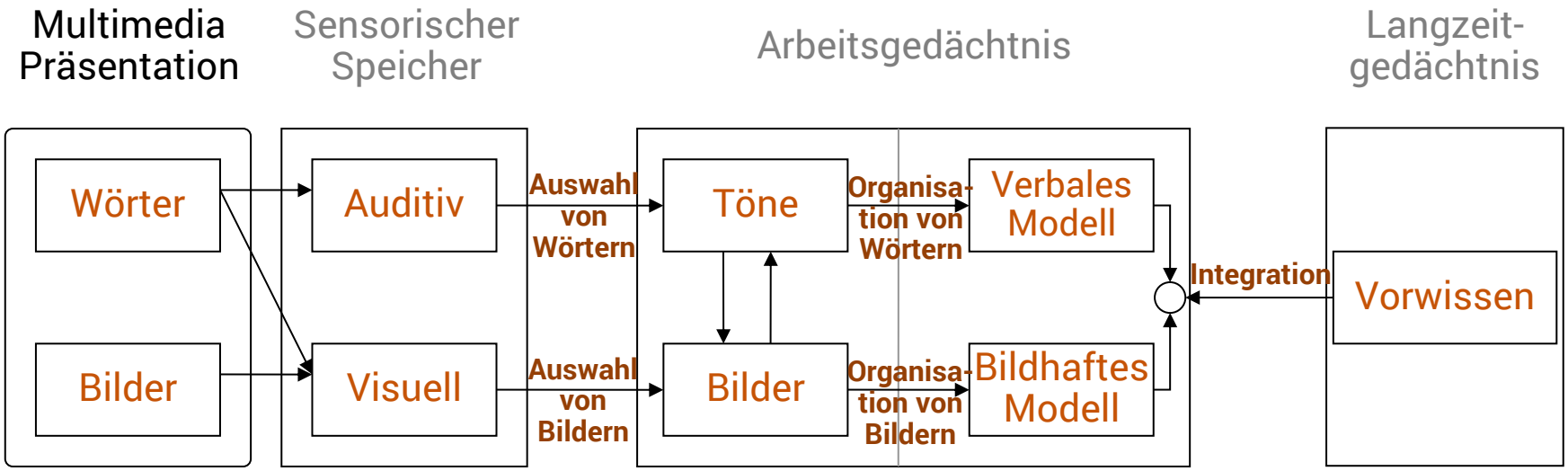
Quelle: https://www.youtube.com/watch?v=Q5eY9k3v4mE

Grundannahmen der CTML (z. B. Mayer, 2014)

- Zwei Kanäle im Informationsverarbeitungssystem
  - Visuelle / bildhafte Informationen
  - Auditive / verbale Informationen
  - Ziel: Aktivierung beider Kanäle bei der Informationsverarbeitung
- Begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses
  - Begrenzte Informationskapazität für jeden Kanal des AG
  - Vergleiche mit Baddeley und CLT
  - Ziel: Lernende kognitiv nicht überlasten
- Aktive Informationsverarbeitung
  - Konstruktion kohärenter mentaler Repräsentationen durch aktive Informationsverarbeitung der Lernenden

Verarbeitung multimedialer Botschaften nach der CTML (z. B. Mayer, 2014)

- Gedächtnisspeicher, Kognitive Prozesse & Repräsentationsformen



Quelle: Angelehnt an Mayer (2014)

Fazit zur CTML (Rey, 2009)

- Kritik
  - Unzureichende Berücksichtigung motivationaler und emotionaler Faktoren
  - Ältere Modelle und empirische Befunde als Basis
  - Zahlreiche hypothesenkonträre Befunde, die in Übersichtsartikeln zum Teil verschwiegen werden
- Würdigung
  - Gute experimentelle Absicherung der Gestaltungsempfehlungen
  - Elaborierte Theorie
  - Vorhersage differenzieller Effekte
  - Berücksichtigung motivationaler und emotionaler Einflussgrößen in der CATLM

Fazit zur CLT und zur CTML (Rey, 2009)

- „Less-is-more“-Ansatz
- Relativ direktives Vorgehen bei der Wissensvermittlung
- Gute, meist experimentelle Absicherung zahlreicher, abgeleiteter Gestaltungsempfehlungen
- Überwiegend Berücksichtigung kognitiver Faktoren
- Meist Vernachlässigung motivationaler und emotionaler Faktoren
- Genaue Informationsverarbeitungsprozesse beim Lehren und Lernen nach wie vor zum Teil unbekannt

Zusammenfassung

- Kognitive Strukturen in der CLT: Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis
- Ziele beim Lernen und bei der Gestaltung von Lernmaterialien: Überwindung der Beschränkung des AG sowie Ausbildung und Speicherung automatisierter Schemata
- Arten der kognitiven Belastung: Intrinsischer, extraneous und germane CL sowie Meta CL
- Grundannahmen der CTML: Zwei Kanäle im Informations-verarbeitungssystem, begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und aktive Informationsverarbeitung
- Gedächtnisspeicher: Sensorischer Speicher, Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis
- Zentrale kognitive Prozesse: Selektion, Organisation und Integration von Wörtern und Bildern

Prüfungsliteratur

- Rey, G. D. (2009). *E-Learning. Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung.* Bern: Huber.
  - Theorien – CLT (Buch: S. 36–49; Webseite: S. 21–31)
  - Theorien – CTML (Buch: S. 49–60; Webseite: S. 32–40)
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review, 31*, 261–292.
- Mayer, R. E. (Ed.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2 ed.). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
  - Kapitel 3 (S. 43–71)

Weiterführende Literatur I

- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review, 10*, 251–296.
- Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of Cognitive Load Theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2 ed., pp. 27–42). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19–30). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences, 24*, 87–185.
- Valcke, M. (2002). Cognitive load: Updating the theory? *Learning and Instruction, 12*, 147–154.

Weiterführende Literatur II

- Krieglstein, F., Beege, M., Rey, G. D., Sanchez-Stockhammer, C., & Schneider, S. (2023). Development and validation of a theory-based questionnaire to measure different types of cognitive load. *Educational Psychology Review, 35(1)*, Article 9.
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in psychology*, 8:1997.
- Krell, M. (2015). Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort using Item Response Theory. *Research Letters, 1–6.*
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods, 45*, 1058–1072.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31–48). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Beckmann, J. F. (2010). Taming a beast of burden - On some issues with the conceptualisation and operationalisation of cognitive load. *Learning and Instruction, 20*, 250–264.

Weiterführende Literatur III

- Paas, F., Van Gog, T., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. *Educational Psychology Review, 22*, 115–121.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review, 22*, 123–138.
- de Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science, 38*, 105–134.
- Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory: How many types of load does it really need? *Educational Psychology Review, 23*, 1–19.
- Wouters, P., Tabbers, H. K., & Paas, F. (2007). Interactivity in video-based models. *Educational Psychology Review, 19*, 327–342.
- van Gog, T., Kirschner, F., Kester, L., & Paas, F. (2012). Timing and frequency of mental effort measurement: evidence in favour of repeated measures. *Applied Cognitive Psychology, 26*, 833–839.