

Gestaltung digitaler Lehr- und Lernmedien –

Basisprinzipien der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)

Richard Mayers Prinzipien zum multimedialen Lernen basieren stark auf der *Cognitive Load Theory* nach Sweller und Paas (Chandler & Sweller, 1991) (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998). Diese geht von einer begrenzten kognitiven Kapazität (Gedächtniskapazität) aus und teilt die auftretenden Anstrengungen in drei Kategorien ein:

1. *Intrinsic Cognitive Load*

Die *Intrinsic Cognitive Load* beschreibt die kognitive Belastung, die allein durch die Komplexität des Lernmaterials entsteht. Die Höhe der Belastung hängt dabei von der Elementinteraktivität ab: interagieren einzelne Elemente eines Konzeptes stark, müssen gleichzeitig verschiedene Elemente verstanden werden und die Belastung steigt. So sind zum Beispiel die Namen einzelner Bauteile einfacher zu lernen als der Aufbau einer Maschine und das Zusammenspiel der Teile.

2. *Extraneous Cognitive Load*

Die *Extraneous Cognitive Load* setzt sich aus der Verarbeitung aller unwesentlichen, externen Informationen zusammen. Darunter fallen zahlreiche Verweise, optische Dekorationen, Wiederholungen, usw., die für das Verständnis unwesentlich sind.

3. *Germane Cognitive Load*

Die *Germane Cognitive Load* (lernbezogene Belastung) entspricht dem kognitiven Aufwand des Lernenden, um das Lernmaterial zu verstehen. Eine erhöhte *Germane Cognitive Load* fördert das Konzeptverständnis. Sie ist vor allem auch stark von der Motivation des Lernenden abhängig und soll gefördert werden.

Für einen optimalen Lernprozess sollte die *Intrinsic* und die *Extraneous Cognitive Load* möglichst klein gehalten und die *Germane Cognitive Load* maximiert werden. Dazu stellt Mayer (2009) in seiner *kognitiven Theorie des Multimedia-Lernens* die sogenannten „*Principles of Multimedia Learning*“ auf, welche in der folgenden Tabelle kurz Umrissen sind und weiter unten etwas näher erläutert werden. Für detailliertere Beschreibungen samt Studien ist das Buch „*The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*“ von Mayer & Fiorella (2021) zu empfehlen.

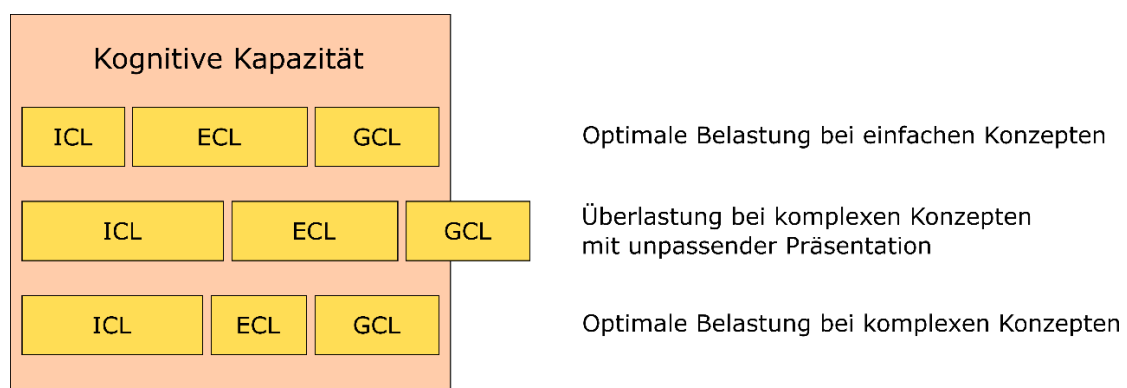


Abb.1: Belastung bei verschiedenen Lerninhalten

Tabelle 1: Zusammenfassung der Designprinzipien nach Mayer

Coherence Principle	Unwesentliche Informationen sollen weggelassen werden.
Signaling Principle	Wesentliche Punkte sollen hervorgehoben werden.
Redundancy Principle	Bilder sind mit verbaler Erklärung effektiver als mit verbaler und schriftlicher Erklärung.
Spacial Contiguity Principle	Zusammenhängende Informationen (z. B.: Bild und Erklärungstext) sollen räumlich nahe zueinander angeordnet werden.
Temporal Contiguity Principle	Bilder und entsprechende Erklärung sollen gleichzeitig präsentiert werden.
Segmenting Principle	Einheiten sollen zeitlich individuell steuerbar und in Segmente unterteilt sein.
Pre-Training Principle	Fachbegriffe und Komponenten sind vor der Prozessfunktion zu vermitteln.
Modality Principle	Bilder sind bevorzugt verbal zu erklären.
Multimedia Principle	Bilder mit Wörtern sind effektiver als nur Wörter.
Personalisation Principle	Ein informeller einfacher Sprachgebrauch soll verwendet werden.
Voice Principle	Es soll eine menschlich klingende Stimme verwendet werden.
Image Principle	Das Einblenden des Vortragenden hat keinen Einfluss auf das Lernergebnis.

Minimierung der *Extraneous Cognitive Load*:

Coherence Principle: Zusätzliche Informationen sollten in Lernmaterialien vermieden werden. Das betrifft nicht besprochene Textpassagen oder Grafiken, unnötig detaillierte Grafiken, sowie zusätzliche Stimuli (Musik, Dekorationen, ...). Auch Anekdoten und Fun-Facts mit der Intention die Motivation zu fördern können vom eigentlichen Lerninhalt ablenken.

Kinetische Gastheorie

- Herleitung basiert auf herkömmlicher Mechanik
- Nur voll-elastische Stöße

Druck: $p = \frac{F}{A}$ [1]

$F = m \cdot a = m \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{dp}{dt}$ [2]

$\Delta p = \int_{t_1}^{t_2} F dt \rightarrow$ die Kraftübertragung auf die Wand erfolgt über die Impulsänderung des Teilchens

- Voll-elastischer Stoß: $\Delta p = 2 \cdot p_0$

[1] In der üblichen Notation belegen Druck und Impuls klassische Formelschichten
[2] Newton'sches Axiom

VS.

Kinetische Gastheorie

Druck $= \frac{F}{A}$

$F = m \cdot a = m \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{dp}{dt}$

$\Delta p = \int_{t_1}^{t_2} F dt = 2 \cdot p_0$

Abb.2: Beispiel für negative (links) und positive (rechts) Umsetzung des Coherence Principle

Signaling Principle: Für das Verständnis sollen essenzielle Informationen hervorgehoben werden. Dabei können Pfeile, farbliche Markierungen oder ähnliche Methoden verwendet werden. Vorsicht ist jedoch geboten, da zu viele Hervorhebungen kontraproduktiv wirken. Auch „Advanced Organizer“ können zur Kennzeichnung essenzieller Konzepte verwendet werden.

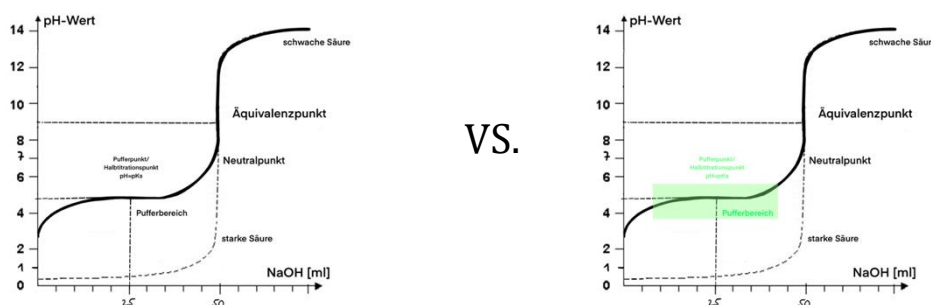


Abb.3: Negativ- (links) und Positiv- (rechts) Beispiel für das Signaling Principle

Redundancy Principle: Grafiken mit bloßer mündlicher Erklärung sind effektiver als Grafiken mit Text und mündlicher Erklärung kombiniert. Durch den zusätzlichen Text kann die visuelle Aufnahmefähigkeit überfordert werden. Deshalb sollte entweder Text oder eine mündliche Erklärung erfolgen und Text bei Präsentationen vermieden werden.

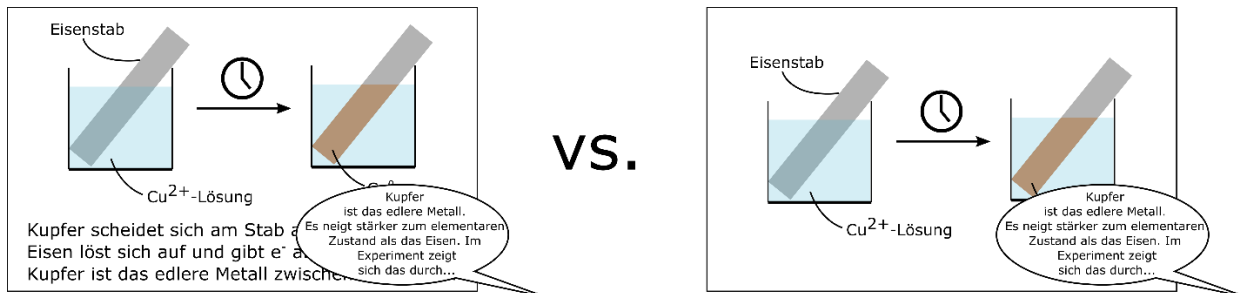


Abb.4: Beispiel für negative (links) und positive (rechts) Berücksichtigung des Redundancy Principle

Spacial Contiguity Principle (Prinzip des räumlichen Zusammenhangs): Grafiken und der dazugehörige Text sollten räumlich nahe beieinander platziert werden, um den kognitiven Aufwand, Zusammenhänge zwischen Text und Bild zu finden, zu minimieren. Dafür sollten Beschriftungen und Bild sowie Fragen und deren Antworten nahe angeordnet sein und Texte vor dem Abspielen von Videos oder Animationen gänzlich gelesen werden.

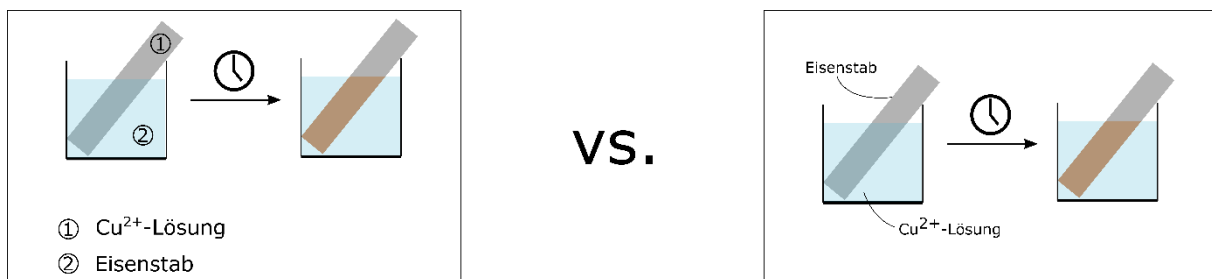


Abb.5: Beispiele für eine negative (links) und eine positive (rechts) Umsetzung des Spacial Contiguity Principle

Temporal Contiguity Principle (Prinzip des zeitlichen Zusammenhangs): Bilder und deren Erklärung sollen immer zeitgleich präsentiert werden. So sollte die Erklärung einer Animation während dem Ablauf der Animation stattfinden.

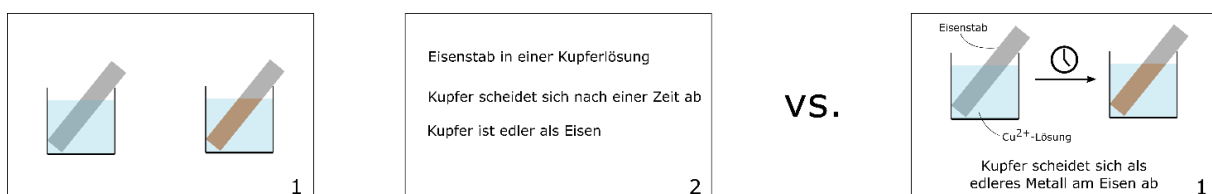


Abb.6: Negativ- (links) und Positiv- (rechts) Beispiel zur Umsetzung des Temporal Contiguity Principle

Minimierung der *Intrinsic Cognitive Load*:

Segmenting Principle: Die Geschwindigkeit von Multimediaeinheiten sollte vom Lernenden frei wählbar sein. Deshalb soll die Einheit konzeptionell unterteilt und zeitlich steuerbar sein. So können zum Beispiel Video-Einheiten mit *Timestamps* in Kapitel unterteilt werden, was dem Lernenden eine zeitliche Kontrolle verleiht.

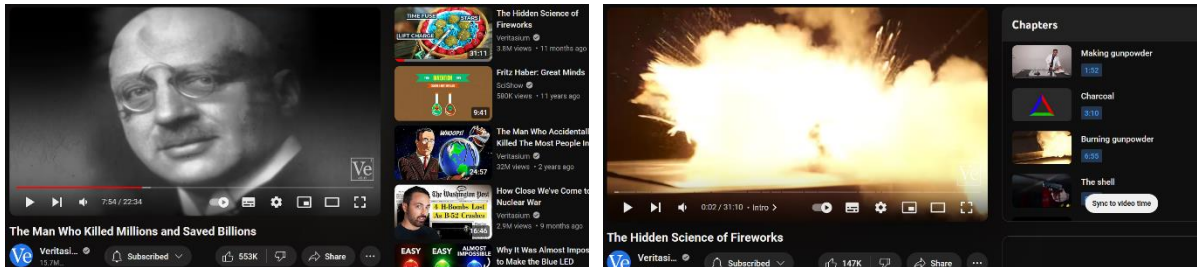


Abb.7: Beispiel einer Missachtung (links) und Berücksichtigung (rechts) des Segmenting Principle¹

Pre-Training Principle (Vorwissensprinzip): Um die Anzahl neuer Informationen in Lernmaterialien zu senken, sollen Fachbegriffe und Komponenten vor dem eigentlichen Prinzip/Lerninhalt vermittelt werden. Dadurch wird die Menge an neuer Information minimiert und der Fokus kann auf das Verständnis des Konzepts gelegt werden.

Modality Principle: Bilder sollen verbal statt schriftlich erklärt werden. Text und Bild könnten die visuellen Kanäle überlasten. Es sollten daher nur essenzielle Informationen auch als Text präsent sein.

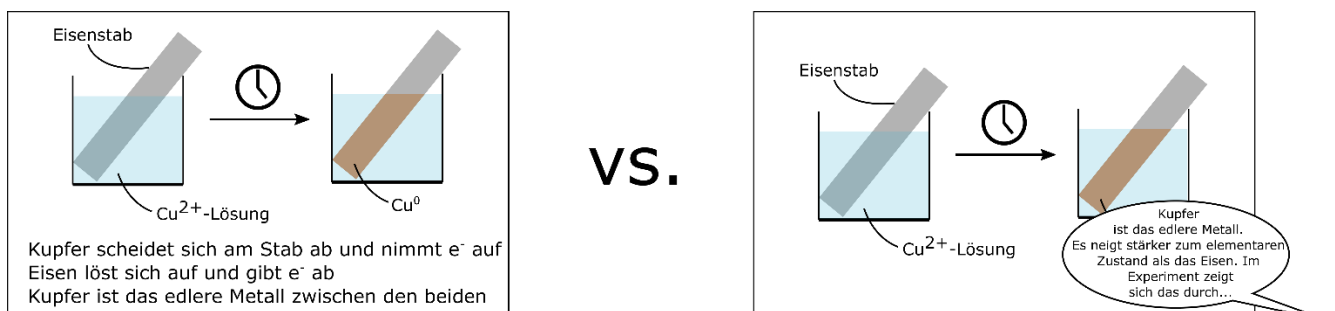


Abb.8: Negativ- (links) und Positivbeispiel (rechts) zum Modality Principle

¹ Quelle der Videos in den Screenshots: <https://www.youtube.com/watch?v=EvknN89JoWo&rco=1> und <https://www.youtube.com/watch?v=lfkjm2YRG-Q> (YouTube Kanal „Veritasium“)

Maximierung der Germane Cognitive Load:

Multimedia Principle: Konzepte werden besser durch Bilder und verbaler oder schriftlicher Erläuterung vermittelt als mit bloßer Erläuterung. Durch die zusätzliche Darstellung können leichter visuelle und verbale mentale Modelle erstellt und miteinander verknüpft werden. Dies fördert das Lernergebnis. Das Prinzip zeigt vor allem bei wenig Vorwissen einen größeren Effekt.

Experiment:
polierter Eisenstab wird in Cu^{2+} -Lösung gelagert

Nach einer Zeit bildet sich eine braun/orange Ablagerung am Eisenstab

↓

Kupfer scheidet sich am Stab ab und nimmt e^- auf
Eisen löst sich auf und gibt e^- ab

Kupfer ist das edlere Metall zwischen den beiden

VS.

Abb.9: Negativ- (links) und Positivbeispiel (rechts) zum Multimedia Principle

Personalization Principle: Präsentationen sollten eher informell und kolloquial gehalten werden. Dadurch wird die Stimmung entspannter und die Aufmerksamkeit der Lernenden erhöht. Umgesetzt werden kann das durch Improvisationen, erste und zweite Person (Ich, ihr, wir, ...), Abkürzungen usw.

Kupfer hat im Vergleich zu Eisen eine thermodynamisch erhöhte Tendenz, gediegen vorzuliegen. Dies kann hier durch die galvanische Abscheidung an der Elektrode beobachtet werden.

VS.

Kupfer liegt viel lieber elementar vor als das Eisen. Wir sehen das anhand des abgeschiedenen Kupfers am Eisenstab.

Abb.10: Negativ- (links) und Positivbeispiel (rechts) zum Personalization Principle

Voice Principle: Die Verwendung menschlich klingender Erläuterungen sind besser als künstliche Stimmen. Eine menschliche Stimme vermittelt ein stärkeres Gefühl von zwischenmenschlicher Kommunikation, was die Lernmotivation erhöht.

Image Principle: Das Einblenden des Vortragenden ist nicht unbedingt förderlich. Einerseits kann es zur Herstellung eines sozialen Partnerschaftsgefühl beitragen, aber andererseits von anderen abgebildeten Materialien ablenken. Es gibt keine Anzeichen für einen Einfluss auf das Lernergebnis.

Die Sinnhaftigkeit der beschriebenen Prinzipien sind alle in ihrem Kontext zu betrachten und zu evaluieren. Mayer selbst beschreibt ihre Anwendung am effektivsten zur Vermittlung von Prozessen für Lernende mit wenig Vorkenntnis. Nicht immer können alle Prinzipien umgesetzt bzw. beachtet werden. Im Einzelfall empfehlen wir eine Abstimmung mit Lernzielen und Lernvoraussetzungen sowie eine kritische Überprüfung der erstellten Materialien anhand der dargestellten Prinzipien.



Literaturverzeichnis

Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293–332. doi:10.1207/s1532690xci0804_2

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2. Ausg.). Cambridge University Press.

Mayer, R. E., & Fiorella, L. (Hrsg.). (2021). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Ausg.). Cambridge University Press.

Sweller, J., van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–296. doi:10.1023/A:1022193728205