

Kann zu viel Nähe schaden? – Revisionen zum split-attention effect

Athanasios Mazarakis

FZI Forschungszentrum Informatik Karlsruhe

Zusammenfassung

Für das Lernen mit multimedialen Inhalten postuliert der split-attention effect, dass Lernergebnisse umso besser ausfallen, je höher die räumliche Nähe zwischen Text- und Bildelementen ist. Dieser Artikel zeigt, dass mittels künstlich erzeugter Verknüpfungen zwischen räumlich entfernten Texten und Bildern (entsprechend den neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation), mindestens gleich gute Lernergebnisse erzielt werden können. Der negative Effekt hoher räumlicher Distanz zwischen Text und Bild kann somit auch anderweitig umgangen werden. Hierzu wurde eine Online-Untersuchung durchgeführt und die Daten von 869 Probanden bzgl. der Lern- und Transferleistung ausgewertet.

1 Einleitung

Es existieren zwei populäre und sehr ähnliche kognitive Theorien zum Lernen mit multimedialen Inhalten: die Cognitive Load Theory von Sweller, van Merriënboer und Paas (1998) und die Cognitive Theory of Multimedia Learning von Mayer (2005). Allerdings weisen beide Ansätze theoretische Schwächen auf wenn sie versuchen mit Effekten umzugehen, welche direkt aus den Theorien entstanden sind. Ein Beispiel hierfür ist der split-attention effect, welcher entsteht, wenn der Lernende seine Aufmerksamkeit zwischen verschiedenen Quellen aufteilen und dabei gleichzeitig die Inhalte dieser Quellen mental zusammenfügen muss. Sweller et al. (1998, 280) erklären die Entstehung des Effekts folgendermaßen: „Of considerable importance, the split-attention effect was obtained only when high element interactivity material was used, providing the first evidence of the importance of intrinsic, as well as extraneous, cognitive load.“ Es werden allerdings keine Beweise angeführt, sondern nur die daraus erfolgten Schlussfolgerungen als faktenbasierte Erkenntnisse ausgegeben. Einfache Behauptungen ohne Beweiskraft finden sich auch bei Mayer (2001, 81): „Students learn better when corresponding words and pictures are presented near rather than far from each other on the page or screen.“

2 Hintergrund: Die Cognitive Load Theory und die Cognitive Theory of Multimedia Learning

Beim Lernen mit multimedialen Inhalten werden in der Literatur unterschiedliche kognitive Belastungen diskutiert. So existieren nach der Cognitive Load Theory von Sweller (2005) bei der Beschäftigung mit multimedialen Inhalten drei unterschiedliche kognitive Belastungen, die sogenannten „loads“: Der intrinsic cognitive load, der extraneous cognitive load und der germane cognitive load. Diese drei Belastungen addieren sich zum cognitive load. Hierbei ist der extraneous cognitive load diejenige Belastung, welche durch ein unangepasstes Instruktionsdesign entsteht, wie zum Beispiel durch zusätzliche multimediale Elemente, welche die Aufmerksamkeit des Lernenden ablenken.

Der germane cognitive load hingegen ist relevant für das Erlernen von automatisierten Schemata, welche Sweller (2005) als Königsweg beim Lernen mit multimedialen Inhalten betrachtet. Für Schemakonstruktion und -automatisierung ist es wichtig unter anderem die limitierte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley (1997) zu beachten. Wenn diese Beschränkungen nicht beachtet und zum Beispiel durch zu viel Lernmaterial missachtet werden, dann bleibt die Effektivität der Lerninstruktion und damit das Lernergebnis selbst dem Zufall überlassen.

Der intrinsic cognitive load entsteht wiederum durch die natürliche Komplexität der zu verarbeitenden Informationen. Dabei spielt die Elementinteraktivität eine sehr wichtige Rolle. So existieren auf der einen Seite Elemente, welche unabhängig voneinander gelernt werden können und damit nur einen geringen cognitive load verursachen. Sweller (2003) spricht hierbei von low element interactivity material. Das Lernen von Fremdsprachevokabeln ist hierfür ein Beispiel, da Vokabeln einzeln und unabhängig voneinander gelernt werden können, ohne mit Verständnisproblemen konfrontiert zu werden.

Auf der anderen Seite gibt es Elemente, welche stark miteinander zusammenhängen, es existiert damit eine sehr hohe Elementinteraktivität. Hierbei entsteht ein hoher cognitive load, da die Informationen gleichzeitig verarbeitet werden müssen, um so ein hohes Verständnis beim Lernenden zu erreichen. Ein Beispiel dafür wäre die Syntax einer Fremdsprache, da hier alles gleichzeitig verarbeitet werden muss, um die Sprache adäquat zu beherrschen.

Neben der bereits vorgestellten Cognitive Load Theory, handelt es sich bei der Cognitive Theory of Multimedia Learning von Mayer und Moreno (2003) um die zweite prominente Lerntheorie im Multimediabereich. Die Theorie ist zur Cognitive Load Theory sehr ähnlich und wird an dieser Stelle aus Vollständigkeitsgründen erwähnt.

2.1 Der split-attention effect

In den bisher vorgestellten Theorien zum multimedialen Lernen ist der split-attention effect ein häufig untersuchter Effekt, auf welchen nun näher eingegangen wird. Ayres und Sweller (2005) definieren split-attention dann als gegeben, wenn der Lernende seine Aufmerksamkeit zwischen verschiedenen Quellen aufteilen und dabei gleichzeitig die Inhalte dieser Quellen

mental zusammenfügen muss. Als Quellen kann man zum Beispiel einen Text und die gleichzeitige Darstellung einer Abbildung auf dem Computerbildschirm verstehen. Diese Quellen müssen sinnvolle Informationen enthalten, welche notwendig sind für den Lernenden, damit er das zu lernende Material versteht. Beim nun entstandenen split-attention effect wird die kognitive Belastung erhöht, speziell der extraneous cognitive load. Die Lösung des Problems liegt nun nach Ayres et al. (2005) darin, die Lerninhalte in einem integrierten Darbietungsformat zu präsentieren, wie in Abbildung 1 dargestellt.

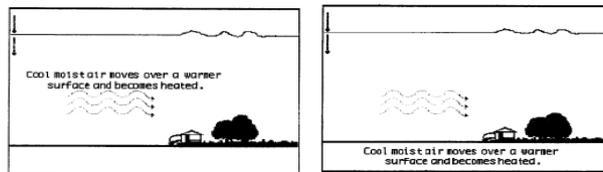


Abbildung 1: Integriertes (links) und separiertes (rechts) Material bei Experiment 1 von Moreno und Mayer (1999)

Abbildung 1 veranschaulicht das Material zu einem häufig benutzten Experiment zur Cognitive Theory of Multimedia Learning von Moreno und Mayer (1999). Das Bild zeigt dabei links das integrierte Darstellungsformat an. Der passende Text wird räumlich nah an die entsprechende Stelle in der bildhaften Darstellung platziert, was für den Lernerfolg förderlich sein soll. Rechts wird die separierte Darstellungsform präsentiert, der erklärende Text befindet sich räumlich entfernt am unteren Bildschirmrand, der Lernerfolg wird nach Moreno et al. (1999) behindert.

2.2 Neuere Faktoren der Wahrnehmungsorganisation

Um nun Alternativen zum bisherigen Vorgehen der räumlichen Nähe zu finden, werden kognitionspsychologische Erweiterungen in Betracht gezogen. So hat Palmer (1999) für den Bereich der Gestaltfaktoren drei weitere Faktoren hinzugefügt, welche auch wissenschaftsmethodischer Kritik standhalten. Es handelt sich dabei um den Faktor der gemeinsamen Region, den Faktor der Verbundenheit der Elemente und den Faktor der zeitlichen Synchronizität. Das Hauptaugenmerk wird in dieser Studie auf die beiden erstgenannten Faktoren gerichtet, welche Beck und Palmer (2002) in ihren Experimenten empirisch bestätigen. Aus Platzgründen wird in diesem Artikel nur der Faktor der gemeinsamen Region beschrieben.

Der Faktor der gemeinsamen Region besagt nach Palmer (1992), dass bei Konstanthaltung aller anderen Faktoren, unterschiedliche Elemente dann als Gruppe wahrgenommen werden, wenn diese innerhalb einer verbundenen, gleich gefärbten oder einheitlich strukturierten Fläche mit der gleichen eingeschlossenen Kontur und Farbe eingebunden sind. Unter Konstanthaltung aller anderen Faktoren versteht Palmer (1992), dass nicht mehrere Gestaltprinzipien gleichzeitig wirken, die sogenannte „Ceteris-Paribus-Regel“. Ist dies jedoch der Fall, kann eine Vorhersage der Ergebnisse nicht mehr getroffen werden, da die Wechselwirkungen weder mess-, noch kontrollierbar sind.

Ein Beispiel für den Faktor der gemeinsamen Region wird in Abbildung 2 gezeigt. Es wird deutlich, dass die Nähe der einzelnen Punkte nicht mehr entscheidend ist für die wahrgenommene Gruppierung. Die Punkte innerhalb einer Ellipse sind zwar weiter entfernt als die zwei angrenzenden Punkte in zwei angrenzenden Ellipsen. Trotzdem werden diese Punkte nicht nach dem Gesetz der Nähe von Wertheimer (1923) als zusammenhängend betrachtet, sondern nur die Punkte innerhalb der Ellipsen.



Abbildung 2: Beispiel von Palmer (1992) für den Faktor der gemeinsamen Region

2.3 Fragestellung und Hypothese

Aus den Arbeiten von Mayer (2001), sowie von Moreno et al. (1999), wird folgende Erkenntnis festgestellt: Text und bildhafte Darstellung sollten am Computerbildschirm so nah wie nur möglich gruppiert sein, da es ansonsten zu signifikanten Leistungseinbußen kommt.

In diesem Artikel wird dagegen argumentiert, dass für den split-attention effect nicht nur die räumliche Nähe zwischen den Elementen Text und bildhafter Darstellung wichtig ist, sondern dass auch eine künstlich hergestellte Beziehung zwischen Text und bildhafter Darstellung zu mindestens gleich guten Lernergebnissen bei den Probanden führt. Folgende Hypothesen werden deswegen untersucht:

1. Die verknüpften Darstellungsformate mit den neuen Faktoren der Wahrnehmungsorganisation nach Palmer (1999) führen nicht zu signifikant schlechteren Leistungen (Lern- und Transferleistung), als das integrierte Darstellungsformat.
2. Personen mit weniger domänenspezifischen Vorwissen profitieren nach Mayer (1997) signifikant mehr als Personen mit hohem domänenspezifischen Vorwissen und produzieren somit mehr und kreativere Lösungsvorschläge bei den Transferaufgaben.
3. Die Animation ohne beschreibenden Text schneidet als Kontrollbedingung gegenüber allen anderen Versuchsbedingungen signifikant schlechter ab, die Animation ist damit nicht selbsterklärend.

3 Die Studie

In diesem Abschnitt folgt die Vorstellung der Feldstudie, einer im Internet realisierten Online-Untersuchung, in der die Probanden Lern- und Transferaufgaben zum meteorologischen Phänomen „Die Entstehung von Blitzen“ zu lösen hatten. Diese gliederte sich in drei aufeinanderfolgende Phasen. In Phase eins mussten die Probanden zuerst ihr meteorologisches Vorwissen einschätzen. Dieses Vorgehen ist analog zum Experiment von Moreno et al. (1999). Abbildung 3 zeigt hierbei die verwendeten Fragen.

Bitte beantworten Sie kurz die folgenden Fragen über Meteorologie:

	Ja	Nein
Ich studiere regelmäßig die Wetterkarte in der Zeitung:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was eine Kaltfront ist:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kenne den Unterschied zwischen einer Kumuluswolke und einer Nimbostratuswolke:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was ein Sturmtief ist:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß wieso der Wind weht:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was das folgende Symbol bedeutet: 	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was das folgende Symbol bedeutet: 	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 3: Darstellung der sieben Fragen, die vor der Durchführung des Experiments dargeboten wurden

Danach wurden die Probanden in der zweiten Phase zufällig einer von sechs Versuchsbedingungen zugewiesen, in der eine dreiminütige Animation zur Entstehung von Blitzen dargestellt wurde. Die Animation war entsprechend zum Material von Moreno et al. (1999) nicht farbig gehalten. Zwar konnte bereits Treisman (1980) nachweisen, dass eine farbig dargestellte Animation von Vorteil bei Wiedererkennungs- und Lernprozessen ist. Um jedoch eine nicht eindeutig interpretierbare Wechselwirkung zwischen farbiger Darstellung und den neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation zu verursachen, wurde bewusst auf eine farbige Animation verzichtet.

Die Versuchsbedingungen stellten eine Verknüpfung zwischen dem split-attention effect und den neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation her, beziehungsweise untersuchten den split-attention effect an sich. Die Versuchsbedingungen unterscheiden sich dabei in zwei Merkmalen: Einerseits in der räumlichen Nähe vom Text zur passenden Abbildung und andererseits im verwendeten Faktor der Wahrnehmungsorganisation. Durch die Kombination der Varianten dieser zwei Merkmale sind die folgenden sechs Versuchsbedingungen entstanden:

- Die integrierte Versuchsbedingung mit räumlich nah platziertem Text (IT)
- Die integrierte Versuchsbedingung mit gemeinsamer Region (ITCR)
- Die Kontrollbedingung ohne beschreibenden Text (KG)
- Die separierte Versuchsbedingung mit räumlich fern platziertem Text (ST)
- Die separierte Versuchsbedingung mit gemeinsamer Region (STCR)
- Die separierte Versuchsbedingung mit verbundenen Elementen (STEC)

Anzumerken ist, dass bei der Darbietung des Materials wie zum Beispiel auch bei Moreno et al. (1999) keinerlei Rahmen vorhanden waren. Daher konnte die gemeinsame Region durch einen Rahmen dargestellt werden. Aus Platzgründen wird nur eine stark verkleinerte und zusammengefasste Abbildung dargestellt. Abbildung 4 stellt die Versuchsbedingungen STCR (oben links), STEC (oben rechts), ITCR (unten links) und IT (unten rechts) dar.

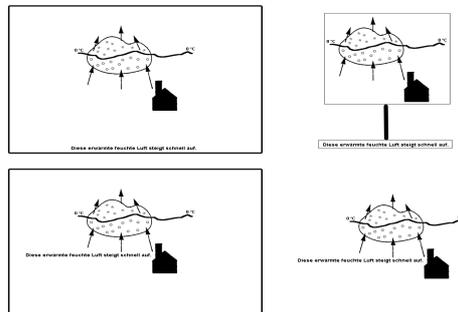


Abbildung 4: Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die Versuchsbedingungen STCR (oben links), STEC (oben rechts), ITCR (unten links) und IT (unten rechts).

Zum Abschluss beantworteten die Probanden in Phase drei unter Zeitdruck fünf offene Fragen zur gesehenen Animation. Die Fragen lauteten im Einzelnen:

Frage 1: Bitte erläutern Sie wie ein Blitz entsteht.

Frage 2: Was könnten Sie tun, um die Intensität des Blitzes zu verringern?

Frage 3: Stellen Sie sich vor, Sie sehen Wolken am Himmel aber keine Blitze. Wieso?

Frage 4: Was hat die Lufttemperatur mit dem Blitz zu tun?

Frage 5: Was verursacht den Blitz?

Die erste Frage war hierbei die Lernfrage, die Fragen 2 bis 5 die Transferfragen. Für jede richtige Antwort wurde ein Punkt vergeben, falsche Antworten wurden nicht gezählt. Bei der Lernfrage konnten insgesamt 19 Punkte erreicht werden, jeder Teilaspekt wurde anhand des Auswertungsmanuals mit einem Punkt bewertet. Bei den Transferfragen sah das Auswertungsmanual keine Maximalpunktzahl vor, jede akzeptable Antwort wurde honoriert.

4 Ergebnisse

Die Stichprobe beinhaltete 869 Probanden, wobei hiervon 452 Personen männlichen Geschlechts waren und 417 Teilnehmer weiblich. Die Probanden waren durchschnittlich 25 Jahre alt, mit einer Standardabweichung von 7 Jahren. Der studentische Anteil lag bei 63%. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalysen präsentiert. Diese sind aufgeteilt nach der Lernleistung und der Transferleistung.

4.1 Ergebnisse für die Lernleistung

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	.52	99.92***	.01	.24	.25
ITCR	----	----	95.43***	.66	1.91	1.52
KG	----	----	----	131.20***	130.61***	116.46***
ST	----	----	----	----	.21	.25
STCR	----	----	----	----	----	.02
STEC	----	----	----	----	----	----

*** $p < 0.001$; Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar.

Tabelle 1: F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für die Lernleistung

Tabelle 1 bestätigt die erste Hypothese, dass die integrierte Versuchsbedingung (IT) den drei verknüpften Versuchsbedingungen (ITCR, STCR und STEC) nicht signifikant überlegen war. Die Lernleistung ergibt sich an dieser Stelle aus der Beantwortung der ersten Frage.

4.2 Ergebnisse für die Transferleistung

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	.01	9.43**	.74	.32	.24
ITCR	----	----	10.80***	.91	.42	.33
KG	----	----	----	5.17*	9.82**	6.80**
ST	----	----	----	----	.26	.13
STCR	----	----	----	----	----	.01
STEC	----	----	----	----	----	----

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar.

Tabelle 2: F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für die Transferleistung

Aus Tabelle 2 wird ersichtlich, dass auch die Transferleistung in den verknüpften Versuchsbedingungen nicht signifikant schlechter war als in der integrierten Versuchsbedingung, die erste Hypothese wird vollständig bestätigt. Zusätzlich war die Kontrollgruppe ohne beschreibenden Text sowohl in der Lern-, als auch in der Transferleistung signifikant schlechter, die dritte Hypothese wurde dadurch ebenfalls bestätigt, die Animation ist nicht selbsterklärend. Abschließend zeigte sich ein positiver Trend für die neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation, da die Ergebnisse in den verknüpften Versuchsbedingungen besser waren als in der separierten Versuchsbedingung. Die Transferleistung ergibt sich an dieser Stelle aus der Summenpunktzahl der Fragen zwei bis fünf.

4.3 Ergebnisse für die zweite Hypothese

Nach Mayer (1997) sollten Lernende mit geringem Vorwissen besonders stark von der Umgehung der negativen Aspekte des split-attention effect profitieren können. In der durchge-

fürten Studie bestand die Novizengruppe aus 484 Personen (ca. 55% der Gesamtstichprobe), welche beim vorher selbsteingeschätzten Vorwissen sechs oder weniger Punkte erzielt hatten. Diese Punktezahl wurde aus der Summe der bejahten Antworten aus Abbildung 4 und einer Selbsteinschätzung auf einer 5-Punkte Skala gebildet.

Zur Absicherung der zweiten Hypothese wurden zwei Varianzanalysen gerechnet mit der Gruppenzugehörigkeit (Novizen vs. Experten) als unabhängige Variable und mit der jeweiligen Lern- oder Transferleistung als abhängige Variablen. Die durchgeführten Varianzanalysen zur Lernleistung und zur Transferleistung führten zu nicht signifikanten Ergebnissen mit $F_L(1,867) = 1.47$, $p < 0.3$, beziehungsweise $F_T(1,867) = 1.30$, $p < 0.3$. Die Nullhypothese wurde beibehalten, es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

5 Diskussion und Ausblick

Das Ziel des vorliegenden Artikels war es, für den split-attention effect zusätzliche wissenschaftliche Lösungsansätze empirisch zu testen. Die bisher verwendete Möglichkeit der räumlichen Nähe beim Wissenserwerb und –transfer von multimedialen Inhalten wurde kognitionspsychologisch um die neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation von Palmer (1999) erweitert, im Detail durch den Faktor der Verbundenheit der Elemente und den Faktor der gemeinsamen Region. Dieses Vorgehen war bisher noch nicht wissenschaftlich überprüft worden.

Die erste Hypothese bezüglich der Gleichwertigkeit der verknüpften Versuchsbedingungen und der integrierten Versuchsbedingung konnte bestätigt werden. Eine artifizielle Verknüpfung der Elemente Text und Bild führte nicht zu signifikant schlechteren Ergebnissen, als eine räumlich nahe Darstellung dieser Elemente, die Versuchspersonen hatten also nicht signifikant weniger gelernt als in der integrierten Versuchsbedingung.

Für den Wissenserwerb und –transfer war die Animation ohne beschreibenden Text nicht ausreichend gewesen. Die dritte Hypothese wurde damit untermauert, die Animation war also nicht selbsterklärend. Die Ergebnisse von Mayer (1997), wonach Novizen besonders von den integrierten Formaten profitieren sollten, konnten in der vorliegenden Studie nicht verifiziert werden. Die zweite Hypothese wurde damit verworfen.

Generell hinterfragbar ist, ob man mit fünf Fragen zu einem Problem wie z.B. einem meteorologischen Phänomen, eine gewünschte Generalisierbarkeit der Ergebnisse erreichen kann. Dieser Punkt ist durchaus kritisch zu betrachten, allerdings nicht Teil dieser Arbeit gewesen. Stattdessen wurde Versuchsmaterial verwendet, welches besonders oft und erfolgreich verwendet wurde und welches auch von Mayer (2001) gut dokumentiert wurde. Ob und wie weit wirklich valide und generalisierte Ergebnisse in der Vergangenheit erzielt wurden, ist ein anderes Themengebiet, welches durchaus weiter erforscht werden sollte. Mit der vorliegenden Studie wurde nur ein sehr geringer Teil dieser möglichen Fragestellung bearbeitet.

Die vorliegende Studie ist gemessen an der Stichprobengröße wohl die bisher größte, was die Forschung um den split-attention effect angeht. Die Versuchspersonenzahlen der 37 Studien

in der Metaanalyse von Ginns (2006) zu diesem Effekt, lagen meist im zweistelligen Bereich, manchmal auch im sehr niedrigen dreistelligen Probandenbereich. Zusätzlich zeigt die Arbeit von Ginns auch, dass die im vorliegenden Artikel alleinige Beschäftigung mit dem split-attention effect ein eng begrenztes Feld anspricht, dieses aber in der Forschung zum multimedialen Lernen auch die mit Abstand meiste Aufmerksamkeit bekommt.

Von den vorliegenden Ergebnissen kann sowohl der Praktiker beim Design von multimedialen Lernprogrammen, als auch der Theoretiker durch einen zusätzlichen Blickwinkel bei der Betrachtung der Cognitive Load Theory und ihrer Effekte, profitieren. Der Nutzen für zukünftige multimedial gestaltete Lernprogramme liegt darin, dass man nicht mehr um jeden Preis versuchen muss, Text und Bild so nah wie nur möglich zusammen zu platzieren, sondern zum Beispiel durch die Bildung einer einfacher zu bewerkstelligen gemeinsamen Region an dieser Stelle zeitliche und monetäre Ressourcen sparen kann. Die Wissenschaft wiederum hat die Möglichkeit, sich nun stärker mit den Ergebnissen aus der Kognitionspsychologie zu beschäftigen, um weitere alternative Erklärungsmöglichkeiten für die vorhandenen Effekte der Cognitive Load Theory zu entwickeln.

Sowohl die Ergebnisse der vorliegenden Studie, als auch die Ergebnisse der verwandten Arbeiten von Michas und Berry (2000), sowie von Bodemer et al. (2004), lassen generell Zweifel an der oft zitierten Allgemeingültigkeit des split-attention effect aufkommen. Es muss aber ergänzend hinzugefügt werden, dass die beiden eben genannten Arbeiten nicht das Ziel hatten den Effekt zu hinterfragen, sondern nur durch das Nichtauffinden des Effekts in diese Richtung interpretiert werden können.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass der split-attention effect nicht allgemeingültig replizierbar ist und die Wissenschaft für die Zukunft die relevanten Nebenbedingungen für das Auftreten dieses Effekts herausarbeiten muss. Die neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation hingegen haben ihr Debüt in der Forschung um die Cognitive Load Theory aufgrund der Bestätigung der ersten Hypothese erfolgreich bestanden, und sollten in diesem Zusammenhang weitergehend untersucht und angewendet werden.

Literaturverzeichnis

- Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The split-attention-principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 135-146). New York, NY: Cambridge University Press.
- Baddeley, A. D. (1997). *Human memory: Theory and practice* (Rev. ed.). Hove: Psychology Press.
- Beck, D. M., & Palmer, S. E. (2002). Top-down influences on perceptual grouping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1071-1084.
- Bodemer, D., Plötzner, R., Feuerlein, I., & Spada, H. (2004). The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction*, 14, 325-341.
- Ginns, P. (2006). A meta-analysis of the spatial contiguity and the temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, 16, 511-525.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia Learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32, 1-19.

- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31-48). New York, NY: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52.
- Michas, I. C., & Berry, D. C. (2000). Learning a procedural task: Effectiveness of multimedia presentations. *Applied Cognitive Psychology*, 14, 555-575.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- Palmer, S. E. (1992). Common region: A new principle of perceptual grouping. *Cognitive Psychology*, 24, 436-447.
- Palmer, S. E. (1999). *Vision science: Photons to phenomenology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *The Psychology of Learning and Motivation*, 43, 215-266.
- 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). New York, NY: Cambridge University Press.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II. *Psychologische Forschung*, 4, 301-350.

Kontaktinformationen

Athanasios Mazarakis

Forschungszentrum Informatik Karlsruhe

E-Mail: mazarakis@fzi.de