

Selbstgesteuertes Lernen mit digital erweiterten Workbooks

Susanne Heinicke*, Stefan Heusler*

*Institut für Didaktik der Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Wilhelm Klemm Str. 10, 49159 Münster

susanne.heinicke@uni-muenster.de

Kurzfassung

Die Zeit des Distanzlernens hat die Digitalisierung schulischen Lernens auch im Physikunterricht weiter vorangebracht. Gleichzeitig wird offenkundig welche sozialen, persönlichen und individuellen Aspekte des unterrichtlichen Lernens durch das vornehmlich digitale Format nicht ersetzt werden können. Es heißt also, Lehren aus den Erfahrungen der vergangenen Monate zu ziehen und digitale Elemente gewinnbringend unter Beachtung der Lernförderlichkeit in den Unterricht zu integrieren. Auf Basis forschungsseitiger Erkenntnisse (Einzelstudien und Metastudien wie z.B. Hattie 2013, Herzig 2014), theoretischer Überlegungen und einer empirischen Fallstudie leiten wir Empfehlungen für die inhaltliche Auswahl und Strukturierung von digital erweitertem Lehr-Lernmaterial ab. Grundlagen, Studienergebnisse sowie Erfahrungen aus der prototypischen Realisierung solchen Lehr-Lernmaterials an der Universität Münster stellen wir in diesem Beitrag vor.

1. Einleitung: Lernmaterialien, Arbeitsblätter und Workbooks

Im Physikunterricht werden als Lernmaterial häufig Arbeitsblätter eingesetzt. Schüler und Schülerinnen erhalten über diese Arbeitsblätter zum einen Informationen und Arbeitsanweisungen und fertigen zum anderen an dafür vorgesehenen Stellen auf dem Arbeitsblatt beispielsweise Notizen an, dokumentieren Ergebnisse, führen Berechnungen durch und schreiben bzw. ergänzen Texte. Die Bereitstellung ersterer unterstützt eine handlungsbezogene Autonomie der Lernenden, da die zur geforderten Handlung notwendigen Informationen von der Lehrkraft in die Hand der Lernenden gegeben werden. Die Lehrkraft kann dabei anders als ein Schulbuch die Anweisungen individuell auf die Lerngruppe und differenzierend sogar für einzelne Lernende anpassen. Der Einbezug der interaktiven Elemente andererseits führt den Rahmen des Unterrichtsgeschehens mit individuellen Handlungen und Ergebnissen zusammen und überführt dadurch - ebenfalls anders als das Schulbuch - das Arbeitsblatt in ein Dokument des persönlichen Lernens.

Eine konsistente und gerahmte Zusammenführung von Arbeitsblättern über ein Themengebiet hinweg führt außerdem die sonst oft fragmentarisch zerstreuten Einzelnotizen im Heft oder auf einer Einzelseite mit einzelnen Arbeitsblättern oder weiteren Zetteln mit Experimentieranleitungen und Sicherheitshinweisen zusammen. Dies leisten die an der Universität Münster entwickelten Workbooks. Wir orientieren uns hier zu einem an bekannten Formaten konsistenter Arbeitsbücher des Mathematik- und Fremdsprachenunterrichts und erweitern dies aber 1) in Bezug auf die spezifischen Anforderungen des naturwissenschaftlichen Kontextes, 2) durch inhaltliche Rahmungen zur Dokumentation des Lernfortschritts und 3) um digitale Lernbausteine wie digital ausgelagerte

zusätzliche Texte, Videos, Bilder, Simulationen, Experimentier-Apps usw..

Im Folgenden stellen wir die theoretischen Grundlagen, gestalterischen Grundlinien, erste empirische Evaluationsergebnisse und die zukünftigen Weiterentwicklungen vor. Die typographische Ausgestaltung beschreiben wir in (Heinen & Heinicke, 2021).

2. Theoretische Grundlagen: Schriftliche Notizen im Unterricht: wie und wozu?

Welche Funktionen können schriftliche Dokumente und Dokumentationen im Unterricht übernehmen? Wozu beziehen wir sie als Lernmittel in den Unterricht ein?

2.1. Prozess- und produktbezogene Funktion

Es lassen sich hier im Wesentlichen zwei Kategorien von Funktionen unterscheiden: Die prozessbezogene und die produktbezogene Funktion.

Prozessbezogene Funktion: Schriftliche Dokumentationen während der aktiven Erarbeitungsphase fördern die Verarbeitung und Speicherung von Informationen (Bligh, 2000 und Kiewra et al., 1991).

Sie sorgen für:

- eine gemeinsame, bzw. individuelle Sicherung und Ordnung von (Zwischen-) Ergebnissen
- als „externer Speicher“ für eine kognitive Entlastung
- und durch den Zeitaufwand und Taktung des Dokumentierens für eine Entschleunigung und Strukturierung von Unterricht

Dabei ist allerdings zu beachten, dass diese Effekte nach Studien von Kiewra et al. (1991) und Sweller (1994) dann zum Zuge kommen, wenn der Lernkontext nicht kognitiv zu belastend ist.

Produktbezogene Funktion

Schriftlichen Dokumentationen kommt auch als Ausdruck des Lernprozesses eine Bedeutung nach der jeweiligen Unterrichtsstunde zu. Sie werden nachhaltig

- zu einem Ausdruck des gemeinsamen / geteilten Kenntnisstandes und dienen entsprechend der Konservierung und Transparenz der zurückgelegten Lernetappen
- zu einem externen Speicher zur Wiederholung für den weiteren Unterricht und Lernkontrollen
- zur Dokumentation und Visualisierung des Lernprozesses und -fortschritts

Dabei zeigen Studien, dass eine Revision der Verschriftlichungen in erheblichem Maße die Leistung in anschließenden Tests fördert (vgl. Armbruster 2000; Fisher and Harris 1973; Kiewra 1985; Kiewra et al. 1991; Knight and McKelvie 1986).

Allerdings zeigte sich auch eine deutliche Abhängigkeit der Leistungen in den anschließenden Tests zur Quantität und Qualität der Verschriftlichung (Johnstone & Su 1994; Baker & Lombardi, 1985; Kierwa, 1985; Norton & Hartley, 1986).

Katayama und Robinson (2000) weisen in diesem Fall ebenfalls darauf hin, dass die größte Hürde für die Anfertigung qualitativ hochwertige Verschriftlichungen in der Summe der kognitiven Belastung liege. Daher dient die Cognitive Load Theory (CLT, Theorie der kognitiven Belastung) von Sweller (1994) als Grundlage der Konzeption des Lernmaterials.

2.2. Cognitive Load Theory

Die CLT konstatiert, dass die Kapazität des beim Lernen aktiven Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist und in drei Beiträge zur kognitiven Belastung in der Betrachtung von Lernprozessen unterteilt werden kann: die intrinsische, die extrinsische und die lernbezogene Belastung.

Intrinsische Belastung:

Dieser Beitrag bezieht sich auch den tatsächlichen Lerngegenstand oder -inhalt, den es zu lernen gilt.

Extrinsische Belastung:

Dieser Beitrag zur kognitiven Belastung umfasst die Ausgestaltung, in der der Lerninhalt präsentiert wird. Je weniger kognitive Belastung hier durch die Aufbereitung des zu Lernenden gebunden wird, desto mehr steht für den dritten Anteil zur Verfügung.

Lernbezogene Belastung:

Die neben intrinsischer und extrinsischer Belastung noch verfügbare Kapazität des Arbeitsgedächtnisses steht für die eigentliche Verarbeitung der Information zur Verfügung. Sie umfasst die Beanspruchung der Lernenden, das zu Lernende zu erfassen.

2.3. Beispiele und Auswirkungen auf Lernmaterialien im Unterricht

In Bezug auf die Konzeption von Lernsituationen lässt sich auf Basis der CLT die Forderung ableiten, die extrinsische Belastung zugunsten der intrinsischen und lernbezogenen möglichst niedrig zu halten. Formuliert die Lehrkraft die zu dokumentierenden Ergebnisse nur mündlich oder schreibt sie sie an eine Tafel, die sich in Format und Vorstrukturierung von den zur Dokumentation vorgesehenen Arbeitsblättern der Lernenden unterscheidet, dann tauchen unweigerlich typische Nachfragen auf, wie beispielsweise: Wo soll ich das aufschreiben? / Was soll ich machen - das passt bei mir nicht mehr hin! / Soll ich eine neue Seite anfangen? / Wie viel kommt denn da noch? / Ich habe aber keinen Platz mehr für einen 4. Punkt! / Was ist, wenn ich das nicht so gut zeichnen kann? Solche Fragen verdeutlichen, dass die extrinsische Belastung Kapazitäten bindet, die für das eigentliche Lernen nicht zur Verfügung stehen.

Auch ein Blick in die Mappen der Lernenden zeigt meist das oben genannte Bild der Dokumentationsfragmente, die wenig übersichtlich, unzusammenhängend und oftmals unvollständig kein Dokumentationsprodukt darstellen, dass den in den entsprechenden Studien formulierten Anforderungen an Quantität und Qualität genügt.

Die Gestaltung von Lernmaterial kann hier die notwendige Grundlage schaffen, um die prozess- und produktbezogene Funktion der schriftlichen Dokumentation im Unterricht zu unterstützen. Die extrinsische Belastung zeigt sich in Entscheidungen, die die Lernenden in der Dokumentation auf einem nicht vorstrukturierten Blatt Papier treffen müssen wie beispielsweise

- die räumliche Strukturierung der Schreibfläche
- das Mapping von Tafelanschrieb und dem Format der Schreibfläche
- die Wahlmöglichkeiten in Bezug auf die Schreibfläche und die Schreibwerkzeuge
- die gestalterische Umsetzung in Bezug auf Schriftgröße oder die Umsetzung eigener Zeichnungen
- der Einbezug nachfolgender Inhalte („Wieviel Platz brauche ich gleich noch?“)
- andere Handlungsoptionen und Informationen der Umgebung (-> Inhibition)
- Herstellen von Kohärenz (räumlich, zeitlich)

Hier können die in (Heinen & Heinicke, 2021) genauer explizierten layout- und typographiebezogene Entscheidungen und Vorgaben die extrinsische Belastung spürbar senken. Dies erfolgt vor allem durch

- eine Vorstrukturierung der Struktur für die Dokumentationen und vorstrukturierte Graphiken
- eine angemessene Dosierung der Information
- und die Einbindung weiterer Medien.

Als weitere theoretische Grundlage werden darum zwei Ansätze zur Vorstrukturierung von Dokumentationen herangezogen.

2.4. Vorstrukturierungen von Dokumentationen

In der Strukturierung der Workbooks orientieren wir uns im Wesentlichen an zwei Varianten

Cornell-Notes: Ein bekanntes Beispiel für eine solche Vorstrukturierung sind die sogenannten Cornell-Notes. Hierbei wird die Schreibfläche der Dokumentation in bestimmte fest vorgegebene Bereiche aufgeteilt: 1) Main Notes, 2) Keywords & Questions und 3) Summary. Eine solche Strukturierung bietet grundsätzlich eine gute Orientierung und schließt an Ansätze wie Logbucheinträge und Lerntagebücher an. Der empirische Nachweis der Wirksamkeit von Cornell-Notes ist allerdings nicht eindeutig.

Guided Notes: Die sogenannten Guided Notes stellen inhaltlich vorstrukturierte Notizblätter da, die beispielsweise in den USA zur Begleitung von Vorlesung entwickelt und empirisch untersucht wurden. Lernende vervollständigen hierbei parallel zur Instruktion die bereitgestellten Lernmaterialien.

In Überprüfungen zur Wirksamkeit von Guided Notes stellten Studien (Austin et al. 2002; Heward, 1994; Lazarus, 1993) fest, dass Lernende bessere Testergebnisse mit Hilfe von Guided Notes erzielten und dass sich dieser Effekt für Lernende mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen nachweisen ließ.

3. Notizen analog vs. digital

Angesichts der aktuellen Digitalisierungswelle im deutschen Bildungssystem stellt sich die Frage, in wie fern die Form von entweder analog-handschriftliche oder digitale Notizen einen Einfluss auf die betrachteten Lernprozesse, die kognitive Belastung oder die Nachhaltigkeit des Lernens haben könnte. Hierzu liegen bislang nur wenige Studien vor, die den Einsatz von analog-handschriftlichen versus digital-getippten Dokumentationen vergleichen und keine Studien, die Analog-handschriftliche Notizen mit solchen anhand digitaler Stifte vergleichen.

Luo et al. (2018) stellten die Ergebnisse von vier Studien einander gegenüber und zeigten auf, dass sich bislang kein einheitliches – oder zumindest kein triviales - Bild ergibt. In textbezogenen Zusammenhängen stellte sich ein Vorteil der digitalen gegenüber den analogen Notizen heraus, waren allerdings auch Zeichnungen und Symbole beteiligt, erwiesen sich die handschriftlich-analogen Notizen in ihrer prozessbezogenen Funktion als wirksamer.

Betrachtet man die produktbezogene Funktion anhand einer Überprüfung in Lernzielkontrollen, zeigten die analog-handschriftlichen Notizen einen Vorteil, wenn die Notizen vor der Kontrolle noch einmal zur Erinnerung betrachtet wurden. Erfolgte ein solcher Review nicht, schnitten die Probanden der digital-Kontrollgruppe besser ab.

Neben diesen nicht einschlägigen Ergebnissen befanden sich die Ergebnisse der Studien darüber hinaus in einigen Bereichen nicht in Übereinstimmung, miteinander. Darüber hinaus muss in Bezug auf den hier diskutierten Kontext zum einen zu berücksichtigen, dass es sich um Studien unter (College-)Studenten handelt und dass sich bei den aktuell in der Schule Einzug haltenden digitalen Endgeräten weniger um Laptops als vielmehr um Tablets mit touchsensitiven Oberflächen handelt, so dass neben dem Eintippen auch ein digitales Aufzeichnen mit Stift möglich ist.

Diese Aspekte bedürfen demnach einer weiteren Erforschung und Klärung. In Bezug auf den Einsatz im schulischen Unterricht ergeben sich folgende Vor- und Nachteile der analogen und der digitalen Dokumentation, die ebenfalls weiteren empirischen Untersuchungen bedürfen. Die Auflistung stützt sich auf Beobachtungen und Rückmeldungen zweier Lerngruppen (Klasse 7/8 Gymnasium) in der Erprobung von Workbooks zu den Themenbereichen Optik, Klima und Elektrizitätslehre.

B. Blick in den Farbkasten

Aufgabe 4: Farben mischen im Farbkasten – das kennst du schon längst. Wir wollen uns das Ganze nun systematisch anschauen und sortieren (erstmal ohne Brauntöne und Schwarz):

Aufgabe 4: Als nächstes lassen wir noch mehr Mischfarben weg und betrachten nur noch die **Hauptfarben**. Male sie so in die drei Kreise, dass sich die richtigen Mischfarben ergeben.

Knobelaufgabe: Wie mischt man Lila?

Schau genau hin: Wie mischt ein Farbdrucker die Farben?

Merksätze:
Die Farbe wird beim Mischen...
Die Grundfarben sind...
Diese Farbmischung wird verwendet in...
Diese Farbmischung nennt man auch...
...weiß

Hauptfarben:
gelb
rot
grün
blau
magenta
cyan

Primärfarben = Grundfarben. Sie können nicht gemischt werden.
Subtraktive Farbmischung

Hilfe und Videos gibt es auf dem Padlet!

Abb. 1: Beispielseite Arbeitsblatt aus Workbook Licht & Farbe.

Vorteile analoger, papierbasierter Dokumentation:

- Komplexe und konzeptbezogene Zusammenhänge leichter erfassbar auf einer Papierseite als am Bildschirm
- nicht-lineare Darstellungen, Abbildungen, Zeichnungen leichter vorzunehmen
- einfache Hervorhebungen möglich
- Leichter bei längeren Texten (lesen / schreiben)

- motivierender

Nachteile analoger, papierbasierter Dokumentation:

- nicht so leicht korrigierbar
- teils höherer Zeitaufwand beim Schreiben
- externe Bilder können nicht eingefügt werden
- Papierverbrauch
- können nicht so leicht extern / mehrfach gesichert und bearbeitet werden
- keine Suchfunktion

Vorteile digitaler Dokumentation:

- Dateien können gesichert werden
- Bilder einfügen, Texte kopieren
- Einfach zu korrigieren / zu verändern
- Texte schnell zu tippen, Rechtschreibkorrektur
- Schriftbild ordentlicher

Nachteile digitaler Dokumentation:

- Distractionspotential (vgl. auch Kinzie et al. 2005, Cain et al. 2016, Wood et al. 2012)
- Zeichnen nicht einfach möglich (Laptop / PC)
- Kaum Haptik, Kontakt nicht unmittelbar

4. Beispiele Layout Workbooks

Basierend auf den oben vorgestellten theoretischen Grundlagen haben wir gemeinsam mit Designern das Layout der Workbooks entwickelt. Sie basieren entsprechend zum einen auf

1. den Maßnahmen zur Reduktion der extrinsischen kognitiven Belastung
2. der grundlegenden Struktur lernunterstützender Dokumentationen der Cornell- und Guided Notes
3. den typographischen Entscheidungen wie sie in (Heinen, Heinicke, 2021) erläutert sind.

4.1. Beispiele

Das gesamte Workbook stellt zum anderen nicht nur ein einzelnes Arbeitsblatt oder eine Zusammenführung von mehreren, sondern eine kohärente Sammlung und Zusammenführung von mehreren aufeinander abgestimmten und gerahmten Kapiteln zu einem Themenkomplex dar.

Die Rahmung erfolgt auf der Mikroebene durch wiederkehrende Icons und andere graphische Designs, aus denen Aufgabentyp, Sozialform, Anforderungsniveau / Schwierigkeitsgrad usw. deutlich werden. Auf der Makroebene erhält das Workbook seine themenumfassende Rahmung durch entsprechende Seiten der Einleitung, Sicherung und Finalisierung.

INHALTSVERZEICHNIS & ROADMAP

INHALTSVERZEICHNIS WORKBOOK 1

1. Einstieg – Farben wahrnehmen	4. Farbzapfen – Die Farben der Farbenwelt
2. Das Auge und die Sehzellen – So sieht man heute!	5. Farbfähigkeiten – Das sind die Gründe dafür
3. Das „sichtbare Spektrum“ – Die ganze Pracht des Regenbogens	6. Farbsehen bei Tieren – Tiere sehen anders!

ROADMAP
Wenn du einen Abschnitt erledigt hast, trage ihn in die Roadmap ein. Ergänze Zeichnungen, damit du dich erinnerst, was du in diesem Abschnitt gelernt hast

Das kommt im nächsten Workbook:

- Farben mischen – Was kommt raus?
- Lichtfarben – So funktioniert ein Handdiagnose!
- Achtung Problem! – Ist die Zitrone wirklich gelb?
- Dagegen! – Farben in ihre Gegenfarben
- Hinters Licht gefühlt – Optische Farben-Täuschungen
- Farben – Jetzt noch mal alles zusammengefasst

Ein Kapitel entspricht ungefähr einer Doppelseite. Wir sprechen uns über das Tempo jeweils ab. Bitte schreibe mir nach jeder Physikunde auch immer eine Rückmeldung, wie weit du gekommen bist.

Roadmap:
Eine Abbildung, wo man eintragen kann, welche Schritte man schon geschafft hat und auf der man sieht, welche noch kommen.

Abb.2: Beispielseite der einführenden Rahmung – Roadmap mit Dokumentation des Lernfortschritts über alle 6 Kapitel des Workbooks.

4.2. Digitale Erweiterungen

Über QR-Codes, eine begleitende Internetseite (z.B. Padlet) oder auch augmented reality wird das Workbook nun digital erweitert. Zu dieser Erweiterung gehören beispielsweise:

- die Auslagerung längerer Texte, die gelesen, aber nicht anhand von spezifischen Aufgaben bearbeitet werden sollen. Hier wird das Schulbuch in digitaler Form ausgelagert und dadurch gleichzeitig an das Lernprodukt angebunden.
- die Hinterlegung von Bildern (v.a. bei Ausdruck der Workbooks in Graustufen) und Videos
- die Verknüpfung zu Animationen und Simulationen oder browserbasierten Apps
- der Verweis auf die Verwendung einer auf dem digitalen Gerät gespeicherten App
- der Auftrag zur Erstellung eines digitalen Produktes (v.a. Bild, Audio, Video)
- Selbstchecks oder Lernstandsüberprüfungen anhand von Quizen oder Tests.

5. Bisherige Evaluationsergebnisse

Den Rückmeldungen der Lernenden zufolge erwiesen sich aus ihrer Sicht u.a. folgende Aspekte als hilfreich vor allem für das selbstregulierte Lernen in der Zeit der Schulschließungen und des Distanzunterrichts:

- Vorbereitung und Vorstrukturierung der Workbook-Seiten und Arbeitsaufträge

- Transparenz der Unterrichtsstunde / der gesamten Themenreihe durch die kohärente Rahmung des Workbooks
- Übersichtlichkeit / einfacher zu bearbeiten durch kohärentes Design
- Ansprechendes Aussehen auch nach Ausfüllen der Dokumentationen
- hilfreiche wachsende Wörterliste und Lernstandsdokumentation in Lernpfad
- leichte Erreichbarkeit der digitalen Erweiterungen
- Übersichtlichkeit durch ausgelagerte, aber ebenfalls leicht erreichbare digital ausgelagerte Texte.

Als kritische Aspekte wurden von den Schülerinnen und Schülern genannt, dass die Marginalspalte nicht zu viele Icons enthalten dürfe, um übersichtlich zu bleiben und Platz für eigene Notizen zu lassen. Allgemein wünschten sich einige der Lernenden mehr Platz für Notizen.

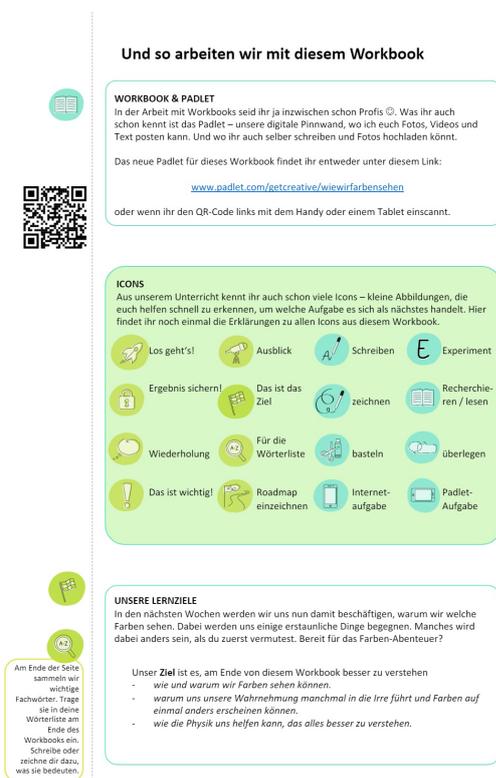


Abb.3: Links, Icons und QR-Codes in der Marginalspalte des Workbooks.

6. Ausblick Online-Portal und weitere Forschung

Forschungsseitig werden in nachfolgenden Studien und Erprobungen die Wirksamkeit in Bezug auf Lernprozesse, Motivation und Nachhaltigkeit weiter vergleichend untersucht werden. Ein weiteres Forschungsdesiderat bildet die Frage der vergleichenden Wirksamkeitsbetrachtung von analogen und digitalen

Dokumentationsformen sowie der Einbettung der digitalen Erweiterungen.

In Bezug auf die Weiterentwicklung und Zugänglichkeit der Workbooks und der entwickelten Designvorlagen entwickelt das Institut für Didaktik der Physik der Universität Münster (IDP) gemeinsam mit Informatikern der Plattform *tutory* und Webdesignern von *mintley* unter finanzieller Unterstützung der Heraeus-Stiftung aktuell eine für Lehrkräfte zugängliche Plattform zum Erstellen und Teilen von Workbooks für den Physikunterricht. Diese Plattform wird ebenfalls den Zugang zu digitalen Materialien wie Fotos, Videos, Simulationen und Animationen enthalten, mit denen die Lernmaterialien auf diese Weise unkompliziert digital erweitert werden können. Die Phase der Erprobung ist bereits angelaufen. Interessierte Schulen können sich gerne beim IDP melden.

7. Literatur

- Armbruster, B. B. (2000). Taking notes from lectures. In: R. F. Flippo & D. C. Caverly (Hrsg.) Handbook of college reading and study strategy research. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 175–199.
- Baker, L., & Lombardi, B. R. (1985). Students' lecture notes and their relation to test performance. *Teaching of Psychology*, 12(1), 28–32.
- Bligh, D. A. (2000). What's the use of lectures?. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Cain, M. S., Leonard, J. A., Gabrieli, J. D. E. & Finn, A. S. (2016). Media Multitasking in Adolescence. *Psychonomic Bulletin & Review* 23(6), 1932–1941.
- Fisher, J. L., & Harris, M. B. (1973). Effect of note taking and review on recall. *Journal of Educational Psychology*, 65(3), 321–325.
- Hattie, J. (2013) Lernen sichtbar machen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Heinen, R und Heinicke, S. (2021, eingereicht). Gestaltung von Lernmaterial und Didaktische Typographie. Phydid B.
- Herzig, B. (2014): Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht? Bertelsmann-Stiftung.
- Katayama, A. D., & Robinson, D. H. (2000). Getting students “partially” involved in note-taking using graphic organizers. *The Journal of Experimental Education*, 68(2), 119–133.
- Kiewra, K. A. (1985). Investigating notetaking and review: A depth of processing alternative. *Educational Psychologist*, 20, 23–32.
- Kiewra, K. A., DuBois, N. F., Christian, D., McShane, A., Meyerhoffer, M., & Roskelley, D. (1991). Note-taking functions and techniques. *Journal of Educational Psychology*, 83(2), 240–245.

- Kiewra, K. A., & Fletcher, H. J. (1984). The relationship between levels of note-taking and achievement. *Human Learning: Journal of Practical Research & Applications*, 3(4), 273–280.
- Knight, L. J., & McKelvie, S. J. (1986). Effects of attendance, note-taking, and review on memory for a lecture: Encoding vs. external storage functions of notes. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 18(1), 52–61.
- Luo, L.; Kiewra, K. A.; Flanigan, A. E.; Peteranetz, M. S. (2018). Laptop versus Longhand Note Taking: Effects on Lecture Notes and Achievement
Instructional Science: An International Journal of the Learning Sciences (46), 947-971.
- Johnstone, A. H., & Su, W. Y. (1994). Lectures – a learning experience? *Education in Chemistry*, 31(3), 75–79.
- Norton, L. S. and Hartley, J. (1986). What factors contribute to good examination marks? The role of notetaking in subsequent examination performance. *Higher Education* 15, 355–371.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312.
- Austin, J.L., Gilbert Lee, M., Thibeault, M.D., Carr, J.E. & Bailey, J.S. (2002). Effects of Guided Notes on University Students' Responding and Recall of Information. *Journal of Behavioral Education* 11, 243–254.
- Heward, W. L. (1994). Three “low-tech” strategies for increasing frequency of active student response during group instruction. In: R. Gardner, III, D. M. Sainato, J. O. Cooper, T. E. Heron, W. L. Heward, J. Eshleman, & T. A. Grossi (Hrsg.). *Behavior analysis in education: Focus on measurably superior instruction*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole, 283–320.
- Lazarus, B. D. (1993). Guided notes: effects with secondary and post-secondary students with mild disabilities. *Education and Treatment of Children*, 16, 272–289.
- Wood, E., Zivcakova, L., Gentile, P., Archer, K., De Pasquale, D. & Nosko, A. (2012). Examining the Impact of Off-Task Multi-Tasking with Technology on Real-Time Classroom Learning. *Computers & Education* 58 (1), 365-374.
- Kinzie, M. B., Whitaker, S. D. & Hofer, M.J. (2005). Instructional Uses of Instant Messaging (IM) during Classroom Lectures. *Journal of Educational Technology & Society* 8 (2).
- Materialien auf www.physikkommunizieren.de