

Direkter Dialog im Klassenzimmer: ChatDPT

Nikolaus Albrecht

July 2023, submitted for publication – currently under review

Abstract

Das 2-Sigma Problem ist ein Klassiker in der Didaktik (Bloom, 1984). Gesucht ist eine Methode, aufgrund derer die SchülerInnen einer Unterrichtsklasse so viel lernen wie SchülerInnen im Einzelunterricht. Genauer formuliert: Die Unterrichtserträge für einen Unterricht im Klassenverband sollten nicht viel schlechter sein als die Ergebnisse für einen Einzelunterricht. Im Idealfall ist der Unterschied kleiner als zwei Standardabweichungen, deshalb auch 2-Sigma Problem. Dies scheint ein wenig wie die Suche nach dem heiligen Gral der Unterrichtsgestaltung. In diesem Artikel wird argumentiert, dass sich dieses Problem am besten lösen lässt, wenn man tatsächlich einen Einzelunterricht abhält – jedoch im Klassenverband. Wie dies in der Praxis funktionieren kann, wird nach Klärung der Hintergründe für diese beabsichtigte Transformation des Unterrichts dargelegt.

Wie kann ein Unterricht mit gewöhnlichen Klassengrößen mit bis zu dreißig SchülerInnen funktionieren, so dass die Abweichungen der erzielten Leistungen innerhalb zweier Standardabweichungen bleibt? Das 2-Sigma Problem ist ein zentrales Problem der Unterrichtsgestaltung (Bloom, 1984). Allerdings löst sich das 2-Sigma Problem in nebulöse Spekulationen auf, wenn Kritiker sich auf die Position zurückziehen, dass Unterricht so komplex sei, dass Veränderungen, die im Unterricht entstehen, gar nicht messbar sind. In diesem Artikel wird die Position eingenommen, dass Veränderungen sehr wohl im Zusammenhang mit Wissenszuwachs messbar sind. Vielfach manifestiert sich dieses Wissen als Wissen über bestimmte Fachbegriffe, als Wissen über bestimmte Zusammenhänge oder als Wissen über bestimmte Routinen zur Bewältigung einer Aufgabe. Kirschner (2006) formuliert dies sehr pragmatisch: „Hat sich im Langzeitgedächtnis der SchülerInnen nichts verändert, dann wurde auch nichts gelernt.“

Diesem Pragmatismus stehen allerdings hartnäckige Mythen zum Thema Schulunterricht gegenüber. In diesem Zusammenhang am häufigsten angeführten Mythen lauten: „Etwas nicht selbst entdecken zu dürfen, beraubt das Schulkind der Chance, etwas wirklich zu lernen.“, „Wissenserwerb ist in Zeiten des Internets obsolet geworden.“ oder „Wissen zu unterrichten, ist nichts anderes als Indoktrination.“ Zur Entstehung und Verbreitung dieser Behauptungen hat Christodoulou (2014) ausführlich recherchiert. Die notwendigen Daten, um die Behauptungen zu entlarven, hat zum Beispiel Frankreich geliefert. Über viele Jahrzehnte war der gemeinsame nationale Lehrplan für die Primarausbildung der Kinder der ganze Stolz der französischen Nation. Doch einmal mehr änderte eine Revolution dies

grundlegend. Dies geschah mit einer im Jahre 1989 eingeführten Gesetzgebung für das Unterrichtswesen, dem „loi Jospin“, welche die Ausrichtung des französischen Bildungssystems weitgehend verändern sollte. Eine Orientierung am Wissenserwerb rückte in den Hintergrund und statt Fakten und Inhalte wurden die Lehrkräfte instruiert, allgemeine Fähigkeiten, wie zum Beispiel „kritisches Denken“ oder „Lernen zu lernen“, zu unterrichten. Die Auswirkungen durch eine Abkehr vom Wissenserwerb im Schulbetrieb in Frankreich hat Hirsch (2019) dokumentiert. Ein Vergleich der Daten von 1987 mit den Daten von 2007 – wissensbasierter Lehrplan gegenüber ein auf Fähigkeiten basierter Lehrplan – zeigt über alle demographischen Gruppen hinweg einen deutlichen Abfall der Kenntnisse der SchülerInnen.

Die Methode des ChatDPT – (Chat Direct-Pupil-Teacher), also der direkte Austausch zwischen Lehrperson und SchülerIn – soll dem Wissen wieder den verlorengegangenen Stellenwert einräumen. Auswendig gelerntes Wissen als wertloses oder totes Wissen abzutun, wäre überheblich. Selbstverständlich geht es bei der Methode des ChatDPT nicht um das Memorisieren von unzusammenhängenden Fakten. Um Kritikern nicht diesen Reduktionismus zu erlauben, ist es zunächst notwendig, den Begriff Lernen greifbar zu machen. Didau verfeinert Kirschners pragmatische Definition von Lernen um einen entscheidenden Punkt (Didau, 2016). Er hält fest, dass die erlernten Inhalte von den SchülerInnen auf neue Kontexte angewandt werden können, damit man von erfolgreichem Lernen sprechen kann. („Learning is the long-term retention of knowledge and the ability to transfer it to new contexts.“, David Didau). Die Definition des Lernens von Didau ist deshalb bereichernd, da sie den Wissenserwerb klar gegenüber der Performanz bei angekündigten Wiederholungstests abgrenzt (Soderstrom, 2015). Wichtig ist auch die Betonung des zeitlichen Aspekts „long-term retention“. Nur weil Kinder jetzt und hier eine Antwort liefern, bedeutet nicht, dass sie dies auch später und „dort“ (also in einem anderen Zusammenhang) zu gewährleisten in der Lage sind. Gerade diese Eigenschaft zeichnet aber erfolgreiches Lernen aus. Es ist entscheidend, den SchülerInnen dabei zu helfen, das neu erworbene Wissen in sinnvoller Weise mit dem alten Wissen zu verknüpfen, um so den Wissenszugewinn zu konservieren und kontinuierlich Verständnis aufzubauen. In der kognitiven Psychologie findet sich dieser Aspekt unter der Formulierung „Aufbau von kognitiven Schemata“ wieder (siehe zum Beispiel Sweller, 2017).

Das Verknüpfen von altem und neuem Wissen wird nicht von heute auf morgen geschehen können (Chi, 1979). Vielmehr wird ein gradueller Übergang von „inflexiblem Wissen“ (Willingham, 2009) zu mehr und mehr flexiblem Wissen zu verzeichnen sein. Insofern wäre es für eine weniger emotionale Debatte hilfreich, den Begriff „auswendig gelerntes Wissen“ durch „inflexibles Wissen“ zu ersetzen. Der Übergang von inflexiblem Wissen zu flexiblem Wissen ist eine Funktion des Vorwissens. Anfänger besitzen notgedrungen weniger Vorwissen als Fortgeschrittene. Was für Anfänger im Schulbetrieb gut ist, muss nicht notgedrungen auch für Fortgeschrittene gut sein (Hasselhorn, 2022; Sweller, 2003). Gerade für Anfänger ist zu beachten, dass es nicht zu einer kognitiven Überlastung des Arbeitsgedächtnisses beim Erlernen neuer Inhalte kommt (Sweller, 1988; Lovell, 2020). Die Retrieval-Technik des Lernens kann hier ein niederschwelliges Angebot stellen (Jones, 2019). Die SchülerInnen versuchen sich an das Erlernte zu erinnern, ohne hierbei in den Unterlagen aus dem Unterricht nachzulesen (Kornell, 2009). Das Abrufen des Lernstoffes aus dem Gedächtnis folgt keiner thematischen Ordnung und nützt so den „Spaced-Repetition-Effekt“ (Brown, 2014). Ähnlich dem Leitner-System (Leitner, 1972) erarbeiten sich die Kinder hierbei einen ersten Fachwortschatz mit Hilfe von Lern-Karteikarten (Bjork, 2011). Diese Kärtchen können in ihrer Komplexität von einfachen Frage-Antwort Karten bis hin zu aufwendigeren Frayer-Definitionsabgrenzungen von Fachbegriffen variieren (Frayer, 1969). Dieser Fachwortschatz bietet dann den Ausgangspunkt für vertiefende Lehrer-Schüler-Einzelgespräche. Es dürfte wohl eine Binsenweisheit sein, darauf hinzuweisen, dass es unmöglich ist, etwas zu lernen, ohne sich nicht auch an etwas zu erinnern (Weinstein, 2019).

ChatDPT in der Praxis:

Die Methode des ChatDPT teilt die Unterrichtsstunde in zwei große Blöcke ein. Der zeitlich kürzere Block ist ein klassischer Lehrervortrag (Rosenshine, 2012; Goeke, 2018). Während der restlichen Unterrichtsstunde widmet sich die Lehrperson Gesprächen mit einzelnen SchülerInnen. Äußerst oberflächlich betrachtet sehen diese Schüler-Lehrer Gespräche für einen externen Beobachter wie das gängige Abfragen von Vokabeln aus. Auf einzelnen (digitalen) Karteikarten stehen anstelle von Vokabeln lediglich fachspezifische Fragestellungen. Das Set mit den Lernkarteikarten stellt die Lehrperson den SchülerInnen zu Beginn des Schuljahres zur Verfügung. Eine einfache Möglichkeit zum Anlegen von Lernkarteikarten bietet die Plattform studysmarter.de (<https://www.studysmarter.de/>). Exemplarisch sind zwei Lernkarteikarten – eine aus dem Fachgebiet der Biologie und eine aus dem Gebiet der Physik – in Abbildung 1 dargestellt. Das Einüben der Karteikarten erfolgt zu Hause – als Hausübung für die SchülerInnen.

Frage:

In einem Personenaufzug steht eine Badezimmerwaage. Eine Person, die ihr eigenes Gewicht kennt, steht auf dieser Waage im Aufzug (das Gewicht der Person ist 600 Newton). Acht Fälle mit unterschiedlichen Werten für Beschleunigung und Geschwindigkeit des Aufzugs sollen nun gemäß der Anzeige der Personenwaage gereiht werden – beginnend mit dem kleinsten Anzeigewert.

- A) $v = -3 \text{ m/s}$ (der Aufzug fährt nach unten), $a = 2 \text{ m/s}^2$
- B) $v = -3 \text{ m/s}$ (der Aufzug fährt nach unten), $a = -2 \text{ m/s}^2$
- C) $v = -3 \text{ m/s}$ (der Aufzug fährt nach unten), $a = 0 \text{ m/s}^2$
- D) $v = 0 \text{ m/s}$, $a = 0 \text{ m/s}^2$
- E) $v = 0 \text{ m/s}$, $a = 2 \text{ m/s}^2$
- F) $v = -6 \text{ m/s}$ (der Aufzug fährt nach unten), $a = 0 \text{ m/s}^2$
- G) $v = 0 \text{ m/s}$, $a = -9,8 \text{ m/s}^2$
- H) $v = -3 \text{ m/s}$ (der Aufzug fährt nach unten), $a = -9,8 \text{ m/s}^2$

Antwort einfach nachlesen bringt nicht den gewünschten Effekt!

$$G = H < B < C = D = F < A = E$$

Abbildung 1a: Beispielkarte aus dem Fachgebiet Physik

Frage:

Phantasiekonstrukt Stellenausschreibung für Zellstrukturen:

Wollten Sie schon immer kontrollieren, was in eine Zelle hinein und hinaus kann?

Sie werden für die Arbeit in allen Arten von Zellen benötigt, wo Ihre Hauptaufgabe darin bestehen wird, die Aufnahme von nützlichem Material - wie Sauerstoff und Nahrung - in die Zelle zu ermöglichen. Sie werden sicherstellen, dass Abfallstoffe die Zelle verlassen.

Wer sollte sich bewerben?

- A) Cytoplasma
- B) Zellmembran
- C) Vakuole
- D) Mitochondrien
- E) Zellwand
- F) Zellkern

Antwort einfach nachlesen bringt nicht den gewünschten Effekt!

Option B: Zellmembran

Abbildung 1b: Beispielkarte aus dem Fachgebiet Biologie

Bei den einzelnen Schüler-Lehrer Dialogen wählt die Lehrperson zufällig ein paar Karten aus dem Lernset aus. Bei Verwendung einer Karteikarten-Lern-App wie zum Beispiel studysmarter wählt die Applikation die Karten nach einem ausgeklügelten Algorithmus aus. So werden Kärtchen bevorzugt vorgelegt, deren Beantwortung noch nicht besonders gut eingeschliffen ist. Um eine entspannte Atmosphäre für die Beantwortung der Lernkarteifragen zu erzielen, erfolgt die Befragung der SchülerInnen anfänglich im Unterrichtsjahr noch ohne Notengebung. Im weiteren Verlauf des Schuljahres entscheidet zunächst der Zufall (zum Beispiel durch Würfeln oder mit Hilfe einer weiteren Handy-App), ob die Beantwortung der Karteikarten beurteilt wird. Später im Schuljahr erfolgt stets eine Beurteilung. Diese Vorgangsweise verleiht dem Dialog eine gewisse spielerische Seite. Besonders

geschätzt wird von den SchülerInnen der Umstand, dass die Lehrperson die zufällige Auswahl der Fragestellung und über weite Strecken des Unterrichtsjahres auch die Beurteilungsoption nicht beeinflussen kann, sondern dies dem Zufall überlassen wird. Dies wird als fair wahrgenommen. Entscheidend ist, dass die SchülerInnen über das gesamte Schuljahr nicht wissen, mit wem die Lehrperson in welcher konkreten Unterrichtseinheit einen Dialog über eine nicht näher spezifizierte Anzahl von Karteikarten führen wird. So müssen die SchülerInnen über das gesamte Schuljahr vorbereitet sein. Die entscheidende Kunst bei der Gesprächsführung mit einzelnen SchülerInnen ist das geschickte Verknüpfen der von den SchülerInnen zunächst als isolierte Fragen wahrgenommenen Lernkärtchen. Hier kommt die unerlässliche Fachexpertise der Lehrperson ins Spiel. Das Verweben der einzelnen Inhalte ist der eigentliche Mehrwert der Einzeldialoge, welcher sich hinter dem oberflächlichen Befragen der Schülerinnen unter Verwendung der Lernkarteikarten versteckt. Damit die SchülerInnen ihre eigene Leistung bei diesen Einzelgesprächen besser beurteilen können, erfolgen die Dialoge immer für zwei SchülerInnen gleichzeitig; es handelt sich also um sogenannte „Schulbankgespräche“ der Lehrperson mit jeweils zwei SchülerInnen. Das didaktische Prinzip hinter der Befragung der SchülerInnen ist offensichtlich das Abrufen und das Erinnern an erlernte Inhalte – im Rahmen der Lernpsychologie unter dem Namen „Retrieval Practice“ bekannt. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Vorgangsweise ist die thematische Durchmischung der Karten, welche durch die zufällige Auswahl der Karten sichergestellt wird. Dieser Effekt ist in der Literatur unter dem Begriff „Interleaving“ bekannt. Der Retrieval-Practice – Effekt (in der Literatur auch häufig als „Testing-Effect“ bezeichnet) und der Interleaving-Effekt sind äußerst robuste und bestens evidenzbasierte Praktiken, welche schon seit Jahrzehnten der Unterrichtsforschung stabile und zuverlässige Ergebnisse liefern (Butler, 2007; Carpenter, 2012; Glover, 1989; Karpicke, 2011; Roediger, 2011; Rohrer, 2012; Taylor, 2010). Stellt sich nur noch die Frage: Was macht der Rest der Klasse während den Bankgesprächen?

Der Rest der Klasse arbeitet selbständig an sogenannten „Worked-Out Problems“ – an vorgefertigten Aufgaben. Auch der Effekt von ausgearbeiteten Übungsbeispielen (den Worked-Out Examples) ist in der evidenzbasierten Unterrichtsforschung bestens bekannt (Trafton, 1993). Die Lehrperson stellt diese Worked-Out Übungsbeispiele der Klasse zur Verfügung. Die Schülerinnen studieren selbstständig diese vorgefertigten Ausarbeitungen einer Aufgabenstellung. Anschließend werden die SchülerInnen eine sehr ähnlich gelagerte Aufgabenstellung genau nach dem vorgelegten Muster (dem Worked-Out Problem) behandeln. Craig Barton hat hier eine umfangreiche Materialsammlung für Mathematik geschaffen (<https://variationtheory.com/> und <https://ssddproblems.com/>). Barton nennt diese Vorgangsweise „Worked-out Examples – Your Turn“ (Barton, 2018; Barton 2020). Beim „Your-Turn“ Schritt werden die SchülerInnen allmählich an die selbständige Bearbeitung durch das Ergänzen von teilweise ausgearbeiteten Vorgaben herangeführt, wobei das Anforderungsniveau stetig gesteigert wird. Anfänglich ist darauf zu achten, dass es zu keiner Ausreizung der kognitiven Belastung des Arbeitsgedächtnisses der Schülerinnen kommt, um den Prozess am Laufen zu halten. Selbstverständlich kann dieser „Worked-Out“ Anteil auch praktische Arbeitsstellungen umfassen, wie kleine „Hands-on-Experimente“ im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Wichtig ist, dass die Lehrperson über den (thematischen) Karteikartenrand hinausblicken und die in zufälliger Reihung aufgeschlagenen Karteikartenfragen miteinander verknüpfen kann, damit die SchülerInnen diese Verbindungen erkennen, erlernen und verstehen können. Das Ziel der Unterrichtsstunde ist es, das Verständnis der SchülerInnen zu vertiefen und nicht irgendwelche eintrainierten Stehsätze oder Floskeln aufzusagen. In dieser Hinsicht zeigt sich die Überlegenheit gegenüber der künstlichen Intelligenz von Computern und den Antworten von ChatGPT. Natürlich könnte man all die Fragestellungen auf den Karteikarten ChatGPT vorlesen und würde wohl in den allermeisten Fällen eine qualifizierte Antwort erhalten. Der entscheidende Punkt ist aber, dass die SchülerInnen zunächst überhaupt einmal wissen müssen, welche Frage man stellen sollte, um ein Problem besser verstehen zu können. Das domänenspezifische Vorwissen, welches die SchülerInnen

durch die Methode des ChatDPT allmählich aufbauen, ermöglicht es ihnen, im weiteren Verlauf, sinnstiftende Fragen zu stellen.

Ironischerweise ist mit der ChatDPT-Methode der Weise („the sage“) von der „stage“ (der Bühne) verschwunden. Der Platz an der Schultafel oder am Podium bleibt über weite Strecken des Unterrichtsgeschehens unbesetzt. Bei den einzelnen Dialogen in den Bankreihen des Klassenzimmers erinnert die Rolle der Lehrperson tatsächlich mehr an die Aufgabe eines „Coaches“ – insbesondere dann, wenn am Ende des Dialoges keine Note vergeben wird, sondern die Sprechweisen und die Einbettungen der zu lernenden Inhalte in die Fachsystematik trainiert werden. Damit die SchülerInnen aber auch zu Hause mit den Karteikarten trainieren, muss den SchülerInnen klar kommuniziert werden, dass im Vorfeld zum Dialog ein Zufallsgenerator darüber entscheiden wird, ob das Gespräch als eine Trainingsmöglichkeit für die SchülerInnen zu sehen ist oder ob der Dialog mit einer Benotung der SchülerInnen endet wird.

Unverzichtbar im Klassenzimmer ist der Weise (the sage). Eine Lehrperson, die ihr Fachwissen in den Vordergrund des Dialoges stellen kann, ist für die Methode des ChatDPT unabdinglich. Die Methode des ChatDPT wurde in drei Schulklassen der Oberstufe im Unterrichtsfach Physik erprobt und lieferte gute Lernergebnisse. Nicht untersucht wurde hierbei die Fragestellung, ob man im Unterrichtswesen bis zur dreizehnten Schulstufe genügend domänenspezifisches Vorwissen aufbauen kann, so dass die SchülerInnen befähigt werden, einen eigenständigen Erkenntnisprozess zu unterhalten. Erst dann könnte man mit gutem Gewissen der Behauptung zustimmen: „Etwas nicht selbst entdecken zu dürfen, beraubt das Schulkind der Chance, etwas wirklich zu lernen.“

Referenzen:

BARTON, C. (2018). How I Wish I'd Taught Maths. Lessons Learned from Research, Conversations with Experts, and 12 Years of Mistakes. *John Catt Publication*.

BARTON, C. (2020). Reflect, Expect, Check, Explain. Sequences and Behaviour to Enable Mathematical Thinking in the Classroom. *John Catt Publication*.

BJORK, R. A. (2011). On the symbiosis of remembering, forgetting, and learning. In A. S. Benjamin (Ed.), *Successful remembering and successful forgetting: A festschrift in honor of Robert A. Bjork*. Psychology Press.

BLOOM, B. (1984). The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-To-One Tutoring. *Educational Researcher*, 13 (6).

BROWN, P. C., ROEDIGER, H. L., & McDANIEL, M. (2014). Make It Stick. The Science of Successful Learning. *Harvard University Press*.

BUTLER, A. C., KARPICKE, J. D., & ROEDIGER, H. L. (2007). The Effect of Type and Timing of Feedback on Learning from Multiple-Choice Testing. *Memory & Cognition*, 36.

CARPENTER, S. K., CEPEDA, N. J., ROHRER, D., KANG, S. H., & PASHLER, H. (2012). Using Spacing to Enhance Diverse Forms of Learning: Review of Recent Research and Implications for Instruction. *Educational Psychology Review*, 24.

CHI, M. T. H., FELTOVICH, P. J., & GLASER, R. (1979). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Sciences*, 5.

CHRISTODOULOU, D. (2014). Seven Myths About Education. *Routledge, Taylor & Francis Group*.

DIDAU, D. (2016). What If Everything You Knew About Education was Wrong? *Crown House Publishing Limited*.

FRAYER, D. (1969). Das Frayer-Modell wurde 1969 von Dorothy Frayer und ihren Mitarbeitern am Wisconsin Center for Education Research entwickelt. Ein Frayer-Modell ist eine besondere Art von grafischem Organizer, der es den Schülern ermöglicht, die Bedeutung unbekannter Ausdrücke zu bestimmen oder zu klären, und der durch seine vier Kategorien auch zum Verständnis der Beziehungen zwischen Konzepten beiträgt. Beispielskarten für den Mathematikunterricht sind unter dem Link <https://www.frayer-model.co.uk/> ersichtlich. (Aufgerufen am 1.7.2023).

GLOVER, J. A. (1989). The "Testing" Phenomenon: Not Gone but Nearly Forgotten. *Journal of Educational Psychology*, 81.

GOEKE, J. L. (2018). Explicit Instruction: A Framework for Meaningful Direct Teaching. *Upper Saddle River, NJ*.

HASSELHORN, M., GOLD, A. (2022). Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren. Kohlhammer, 5., überarbeitete Auflage.

HIRSCH, E. D. (2019). Why Knowledge Matters. Rescuing Our Children from Failed Educational Theories. *Harvard Education Press*.

JONES, K. (2019). Retrieval Practice. Research & Resources for every Classroom. *John Catt Publication*.

KARPICKE, J. D., BLUNT, J. R. (2011). Retrieval Practice produces more Learning than Elaborative Studying with Concept Mapping. *Science*, 331.

KIRSCHNER, P. A., SWELLER, J., & CLARK, R. E. (2006). Kirschner, Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2).

KORNELL, N., HAYS, J., & BJORK, R. A. (2009). Unsuccessful Retrieval Attempts Enhance Subsequent Learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35.

LEITNER, S. (1972). Das Leitner-System ist eine weit verbreitete Methode zur effizienten Nutzung von Lernkarten, die 1972 von dem deutschen Wissenschaftsjournalisten Sebastian Leitner vorgeschlagen wurde. https://en.wikipedia.org/wiki/Leitner_system (Aufgerufen am 1.7.2023).

LOVELL, O. (2020). Sweller's Cognitive Load Theory in Action. John Catt Publication.

ROEDIGER, H. L., PUTNAM, A. L., & SMITH, M. A. (2011). Ten Benefits of Testing and Their Applications to Educational Practice. In J. Mestre & B. Ross (Eds.), *Psychology of Learning and Motivation: Cognition in Education*. Oxford: Elsevier.

ROHRER, D. (2012). Interleaving Helps Students Distinguish Among Similar Concepts. *Educational Psychology Review*, 24.

ROSENSHINE, B. V. (2012). Principles of Instruction. Research-Based Strategies That All Teachers Should Know. *American Educator*, 36 (1).

SODERSTROM, N. C., BJORK R. A. (2015). Learning Versus Performance: An Integrative Review. *Perspectives on Psychological Science*, 10(2).

SWELLER, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12.

SWELLER, J., AYRES, P. L., KALYUGA, S. & CHANDLER, P. A. (2003). The Expertise Reversal Effect. *Educational Psychologist*, 38 (1).

SWELLER, J. (2017). Without an Understanding of Human Cognitive Architecture, Instruction is Blind. The ACE Conference / ResearchED Melbourne. Die Aufzeichnung ist zu finden unter: https://www.youtube.com/watch?v=gOLPfi9Ls-w&ab_channel=ResearchED (Aufgerufen am 1.7.2023).

TAYLOR, K., ROHRER, D. (2010). The Effect of Interleaving Practice. *Applied Cognitive Psychology*, 24.

TRAFTON, J. G., REISER, B. J. (1993). The contributions of studying examples and solving problems to skill acquisition. *The Proceedings of the 1993 Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

WEINSTEIN, Y., SUMERACKI M. (2019). Understanding How We Learn. *David Fulton Book*.

WILLINGHAM, D. T. (2009). Why Don't Students Like School? A Cognitive Scientist Answers Questions About How the Mind Works and What it Means for the Classroom. *Jossey-Bass Publication*. Auszüge sind unter der Internetseite <https://www.aft.org/periodical/american-educator/winter-2002/ask-cognitive-scientist-inflexible-knowledge-first-step> veröffentlicht. (Aufgerufen am 1.7.2023).