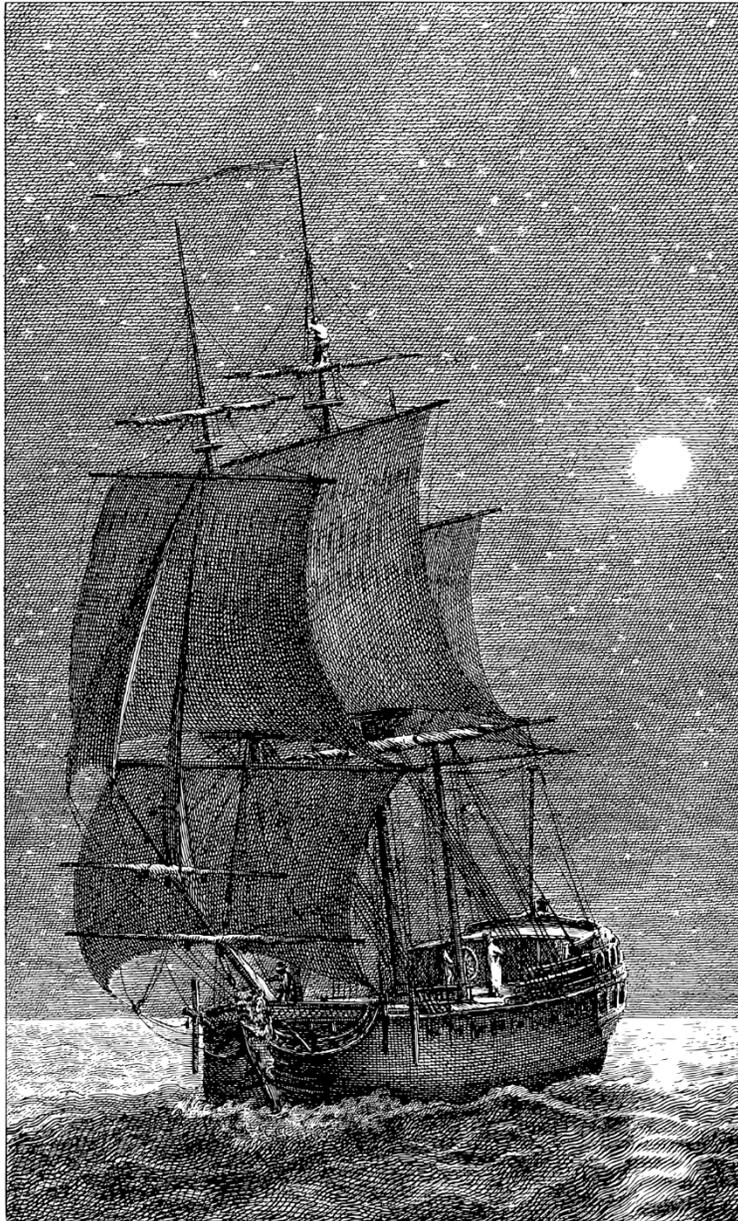


Mehr als 20 Jahre sind vergangen ...



„Wenn Du ein Schiff bauen willst, dann trommele nicht Männer zusammen um Holz zu beschaffen, Aufgaben zu vergeben und die Arbeit einzuteilen, sondern lehre die Männer die Sehnsucht nach dem weiten, endlosen Meer.“

* Antoine de **Saint-Exupéry** *

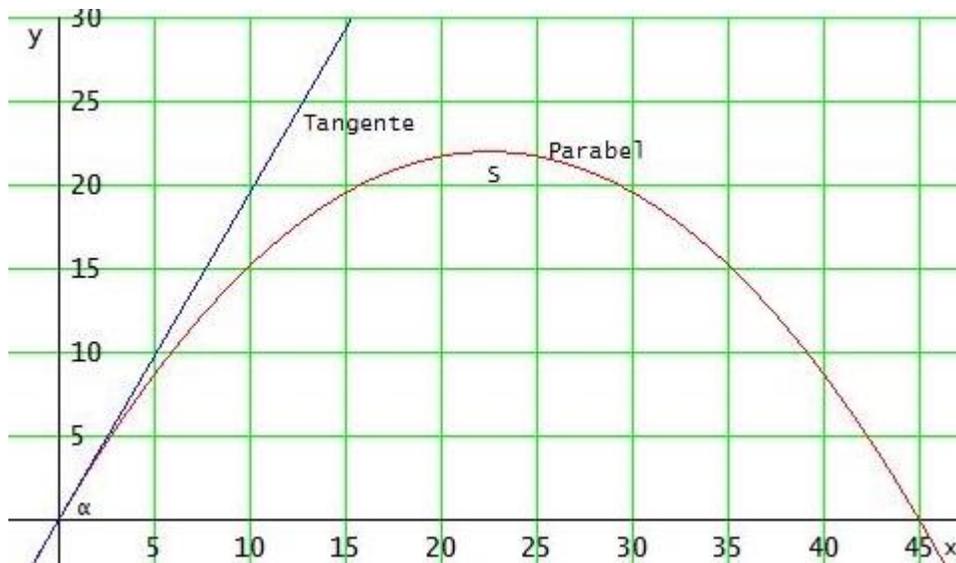
Über zwanzig Jahre lang habe ich gedacht, dass
Saint-Exupéry richtigliegt.

Ich habe als Lehrer einige Flaggschiffe gebaut, um meine
Schüler ins Boot zu holen ...



youtube.com

Trebuchet 3.0 am Reithmann gym
Flugbahn



Aber ich konnte sie nie dazu bringen, den Landeplatz des Feuerballs zu bestimmen.

Die mündlichen Prüfungen endeten oftmals damit, dass ich die Lösung erneut an der Tafel erklärte ...

... und erklärte

... und erklärte ...

Jedenfalls ging eine beeindruckende Zahl meiner SchülerInnen anschließend zur Universität. Hoch motiviert dort Mathematik oder Physik zu studieren.





... und erlitten Schiffbruch im ersten Semester.

Der Wind dreht sich ...
ich stolpere über ...



← **Craig Barton**
14.9K Tweets

mr barton maths



⋮ 🔔 Following

Craig Barton
@mrbartonmaths

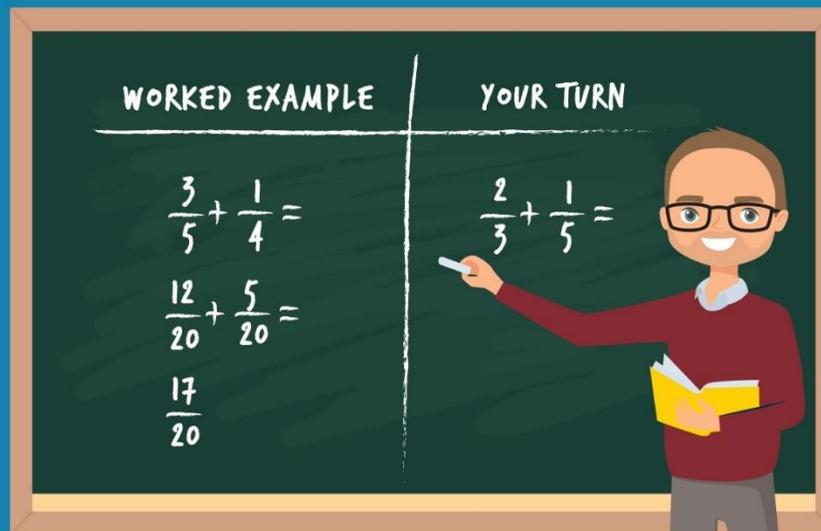
The image shows a screenshot of a Twitter profile page for Craig Barton. At the top, there is a back arrow, the name 'Craig Barton', and '14.9K Tweets'. Below this is a black banner with the text 'mr barton maths' in white. To the left of the banner is a circular profile picture with 'mr' over 'b' in white on a black background. To the right of the profile picture are three icons: a three-dot menu, a notification bell with a plus sign, and a 'Following' button. Below the banner, the name 'Craig Barton' and handle '@mrbartonmaths' are displayed.

und sein Buch ...

A JOHN CATT PUBLICATION

—CRAIG BARTON—
**HOW I WISH I'D
TAUGHT MATHS**

LESSONS LEARNED FROM RESEARCH, CONVERSATIONS
WITH EXPERTS, AND 12 YEARS OF MISTAKES



'An extraordinary and
important book'
Dylan Wiliam

Craig hat mich um volle 10 Jahre geschlagen ...

Meine irrtümlich ANNAHME:

Motivation → SchülerInnen lassen sich auf den Inhalt ein

Nun denke ich so ...

Inhalt → Erfolgserlebnisse absichern
(dann erübrigt sich die Motivation)

„CONTENT FIRST“

in der Forschungsliteratur unter „Direct Instruction“ zu finden.

Die Befürchtungen verdichten sich ...

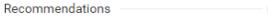
 Home 1 Questions Jobs   

Article Full-text available

Teaching general problem-solving skills is not a substitute for, or a viable addition to, teaching mathematics

January 2010

John Sweller · Richard Edward Clark · Paul Kirschner

Research Interest  19.5
Citations  23
Recommendations  0 new 0
Reads  10 new 1,113
[See details](#)

Overview Stats Comments Citations (23) References (11) ... [Download](#) Share ▼ More ▼

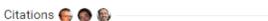
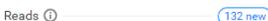
 Home 1 Questions Jobs   

Article Full-text available

Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching

June 2006 · Educational Psychologist 41(2)
DOI: [10.1207/s15326985ep4102_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)
Source: [QAI](#)

Paul Kirschner · John Sweller · Richard Edward Clark

Research Interest  2,207
Citations  4,034
Recommendations  0 new 7
Reads  132 new 23,419
[See details](#)

Overview Stats Comments (1) Citations (4034) References (140) ... [Download](#) Share ▼ More ▼

Ich rudere durch die Fachliteratur: Hunderte von papers ...

-  CalenderMcDanielContEdPsych2009.pdf
-  Carpenteretal-2012.pdf
-  Cognitive_Architecture_and_Instructional...
-  Cognitive_Architecture_and_Instructional...
-  CognitiveLoad.pdf
-  colin.pdf
-  CowanBBS2001.pdf
-  craigbarton.pptx
-  dunlosky.pdf
-  dunloskyimprovinglearning.pdf
-  Dynamic_Testing.pdf
-  EarlyChildhoodGuide_retrievalPractice.pdf
-  EBE_GTT_EVIDENCE REVIEW_DIGITAL.pdf
-  forgetting-bjork.pdf
-  Herbert-Simon.pdf
-  ImprovingEducation2013.pdf
-  Kang-spaced-practice.pdf
-  KarpickeRoediger2008_Sci.pdf
-  Overlearning on retention.pdf
-  RBjork_1975.pdf
-  Rob-Coe_GreatTeachingToolkit_Evidence...
-  Robert-Coe_What-makes-great-teaching...
-  Robert-Coe_WhatMakesGreatTeachingRE...
-  Roediger2011 (1).pdf
-  Roediger2011.pdf
-  RoedigerKarpicke2006_PPS.pdf
-  Rohrer&Taylor2006ACP.pdf
-  Rohrer_et_al_2015JEdPsych.pdf
-  Rohrer2009JRME.pdf
-  Simon_paper.pdf
-  Soderstrom_Bjork2015Perspectives.pdf
-  StopPropagatingtheLearningStylesMyth-...
-  Sweller2019_Article_CognitiveArchitectur...
-  sweller-cognitiveLoadTheory.pdf

Stapelweise Bücher:



Zuvor ("Craig Barton and me")

Wir dachten...

Die besten Mathematikstunden sind jene, in denen die SchülerInnen zu Wort kommen und die Lehrperson im Hintergrund bleibt (Coach).

Wir dachten...

Wann immer möglich sollten die SchülerInnen die Zusammenhänge selbst entdecken.

Wir dachten...

Der Unterrichtsstoff muss relevant für unsere SchülerInnen
sein.

Wir dachten...

Die SchülerInnen sollen immer wissen, warum sie etwas machen, bevor sie erfahren, wie man etwas macht.

Wir dachten...

Tests sind für Überprüfungen gedacht.

Das denke ich (und Craig Barton) nun nicht mehr.

Was ich nun denke...

Cognitive Load Theory (John Sweller)

hat einen extrem wichtigen Einfluss auf Lehren und Lernen

Was ich nun denke...

Retrieval Practice (Kate Jones)

ist ein wahres Kraftwerk für den Unterrichtsertrag

Was ich nun denke...

Inflexible Knowledge (Daniel Willingham)

ist nichts Schlechtes!

Was ich nun denke...

Desirable difficulties (Robert Bjork)

sind wirklich wünschenswert

Was ich nun denke...

Spaced Practice (Megan Sumeracki)

ergänzt die Retrieval Practice hervorragend

Was ich nun denke...

Worked-out examples (Tom Sherrington)

helfen wirklich

Was ich nun denke...

Dual Coding (Oliver Caviglioli)

ist keine alternative Programmiersprache

Wo beginnen?

Mit einem Modell!

“What makes a model is not how accurate it is – any model can be made more accurate by making it more complex – but rather trade off between simplicity and power. This is particularly important when we look at the human brain, which is probably the most complex thing in the universe”.

* Dylan Wiliam *

Zunächst ...

Für Willingham ruht erfolgreiches DENKEN auf vier Pfeilern ..

Informationen aus
der Umwelt

Faktenwissen im
Langzeitgedächtnis

Wissen über
Arbeitsabläufe im
Langzeitgedächtnis

Platz im
Arbeitsgedächtnis

Thought occurs when you combine information in new ways.
If any one of these factors is deficient, thinking will likely fail.

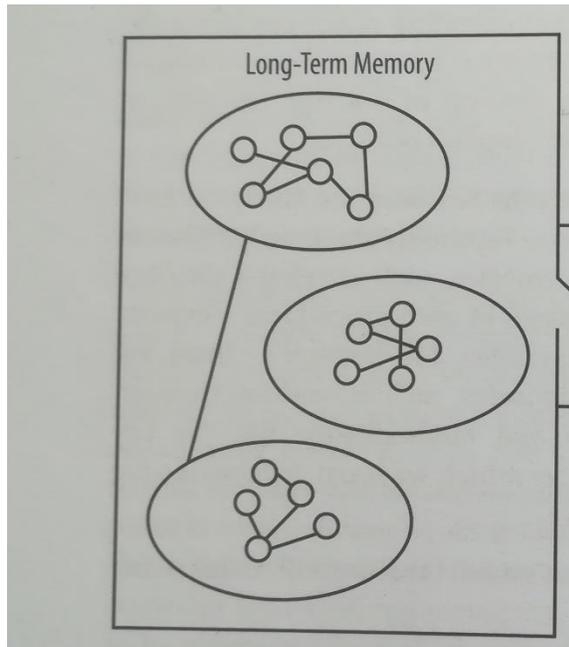
Die Hauptdarsteller dieses Spektakels rund um das DENKEN:

Das **LANGZEITGEDÄCHTNIS** (long-term memory)

&

Das **ARBEITSGEDÄCHTNIS** (working memory)

Das Langzeitgedächtnis ...



Unser Wissen im „Hinterstübchen“

- * Wie sieht ein Wolf aus? Und ein Schmetterling? Und ...
- * Wie viele Stunden hat ein Tag? Der fünfte Monat im Jahr?
- * Wo steht der Zähler im Bruch?
- * nicht nur „faktenbasiertes Wissen“ („Zähler“, „Nenner“)
sondern auch Wissen über Arbeitsabläufe (procedures) –
Wie addiere ich Brüche?
- * ist uns nicht stets gegenwärtig (kann aber ins Bewusstsein gerufen werden)

ANMERKUNG (long-term memory):

Long-term memory represents what we know and who we are and informs how we act.

As far as we know it has no known limits.

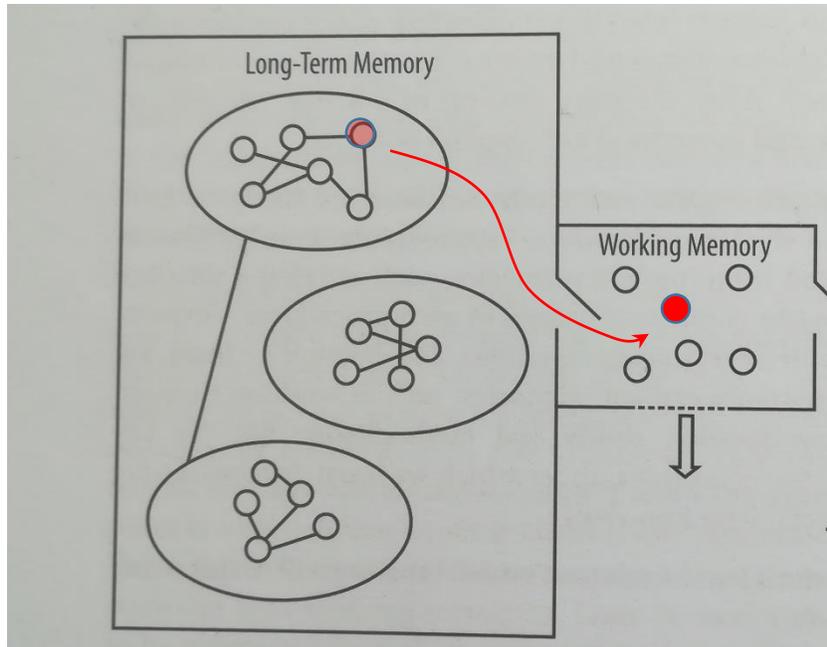
All of the information stored in long-term memory resides outside of awareness before entering working memory and becoming conscious.

When I say I want my students to have a good knowledge of fractions, I mean I want them to know relevant facts, such as what a numerator is and that three-quarters is more than one-quarter, as well as to be able to carry out relevant procedures, such as how to add, simplify and divide fractions. I also want as much of this knowledge as possible to be automated, so students know instantly that a half of 24 is 12 and that to add fractions you need a common denominator, without imposing any strain on their working memories.

Beispiel: Schätzen Sie die Masse von einer Kuh? Bevor die Kuh nicht erwähnt wurde, hat vermutlich niemand gerade an eine Kuh gedacht – aber das Wissen über eine Kuh ist verfügbar und kann bei Bedarf ins Arbeitsgedächtnis geladen werden. Und notwendigerweise noch viel mehr, um die Frage gut zu beantworten (Masse vs. Gewicht? | Einheit? | Bandbreite an unterschiedlichen Kühen | Vergleiche mit vertrauten Referenzwerten, z.B. schwerer als ein Mensch, ...).

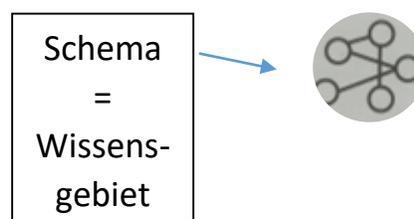
INS BEWUSSTSEIN RUFEN ...

= ins Arbeitsgedächtnis laden!



„ZÄHLER steht OBEN!“

Bedeutsam hierbei: bereits „verknüpftes Wissen“ –
komprimiertes Wissen („Schema“) verbraucht weniger Platz
im Arbeitsgedächtnis.



ANMERKUNG Schema:

Knowledge is stored in long-term memory in schemas [Piaget 1928, Bartlett 1932, Anderson 1977]. Schemas do this by incorporating or chunking multiple elements of related information into a single element with a specific function. So, you may have a schema for adding fractions, which contains all the relevant knowledge you have acquired over many years. There would appear to be no limit to how complex schemas can become or how many can be stored in long-term memory.

Indeed, for proponents of Cognitive Load Theory [eg Sweller et al 1998] to prevent cognitive overload, the ability to solve problems demands the acquisition of tens of thousands of these domain-specific schemas, together with the automation of key knowledge following extensive practice. Therefore long-term memory is not just a vast databank of knowledge, but an integral component of all cognitive activity.

Beispiel:

Das Thema Hochzahlen könnte anfangs auf die natürlichen Zahlen beschränkt sein, im Laufe des „Lernens“ wird aber diesem Schema auch negative ganze Zahlen und rationale Zahlen hinzugefügt und mit dem Wissen über Wurzelausdrücke verknüpft. Der ganze Komplex bildet dann ein Schema „Hochzahlen“.

ALLES WUNDERBAR, gäbe es da nicht ein kleines Problem...

Der Platz im Arbeitsgedächtnis ist stark **limitiert**.

Ein kleines Experiment hierzu ...

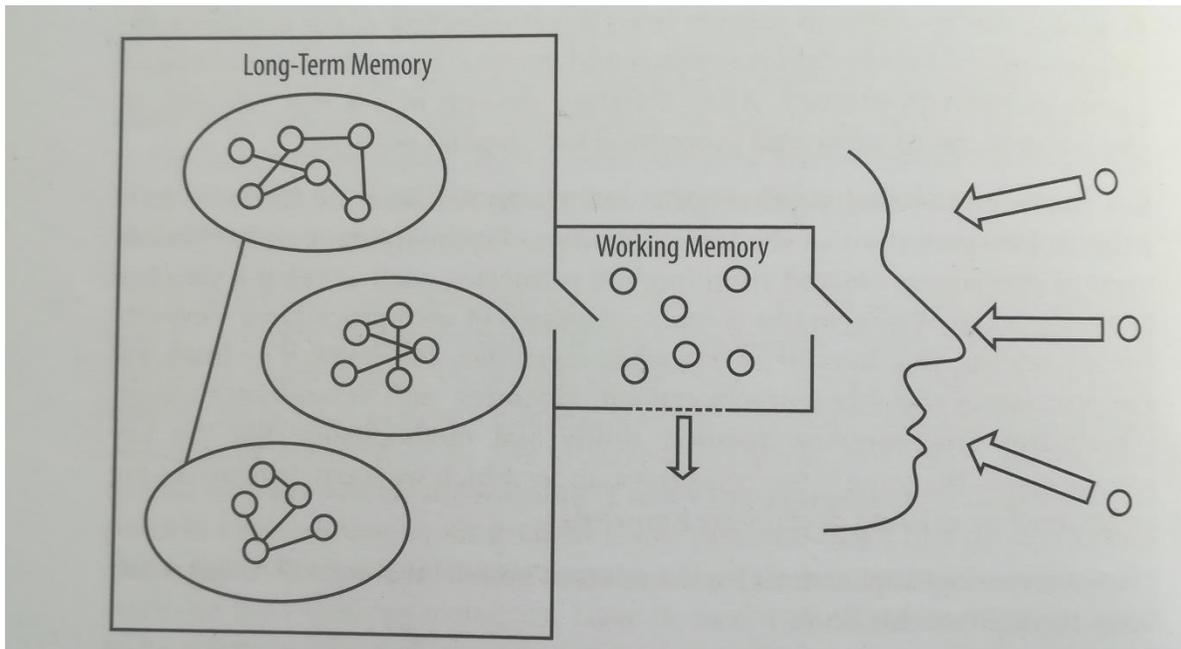
„Multiplizieren Sie $278 * 37$ im Kopf!“

oder ...

„Was haben ein ... miteinander gemeinsam?“

DAMIT das DENKEN funktioniert braucht es ...

1. Die notwendigen Informationen aus der Umwelt
2. Das notwendige Hintergrundwissen aus dem „Hinterstübchen“
3. Den verfügbaren Platz im Arbeitsgedächtnis



Informationen aus
der Umwelt

Faktenwissen im
Langzeitgedächtnis

Wissen über
Arbeitsabläufe im
Langzeitgedächtnis

Platz im
Arbeitsgedächtnis

Zitate:

Learning is ... **“a change in long term memory.”**
(Kirschner)

-*-

“Our long-term memory is more like a forest than a library.” (McCrea)

(Anmerkung: Ohne permanente Benutzung wachsen Wege allmählich zu und sind nicht mehr länger begehbar – „Use it or lose it!”)

-*-

“Learning happens when people have to think hard.”
(Coe)

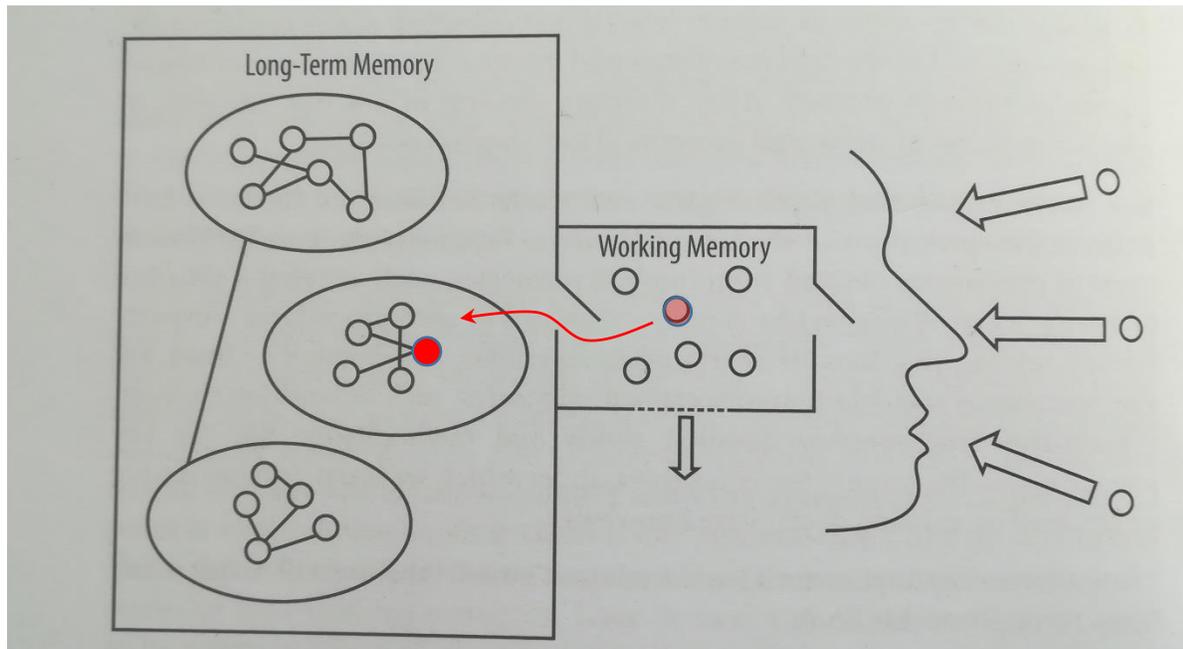
So what ???

Zwei Stränge stärken / trainieren:

Weg vom Arbeitsgedächtnis ins Langzeitgedächtnis

&

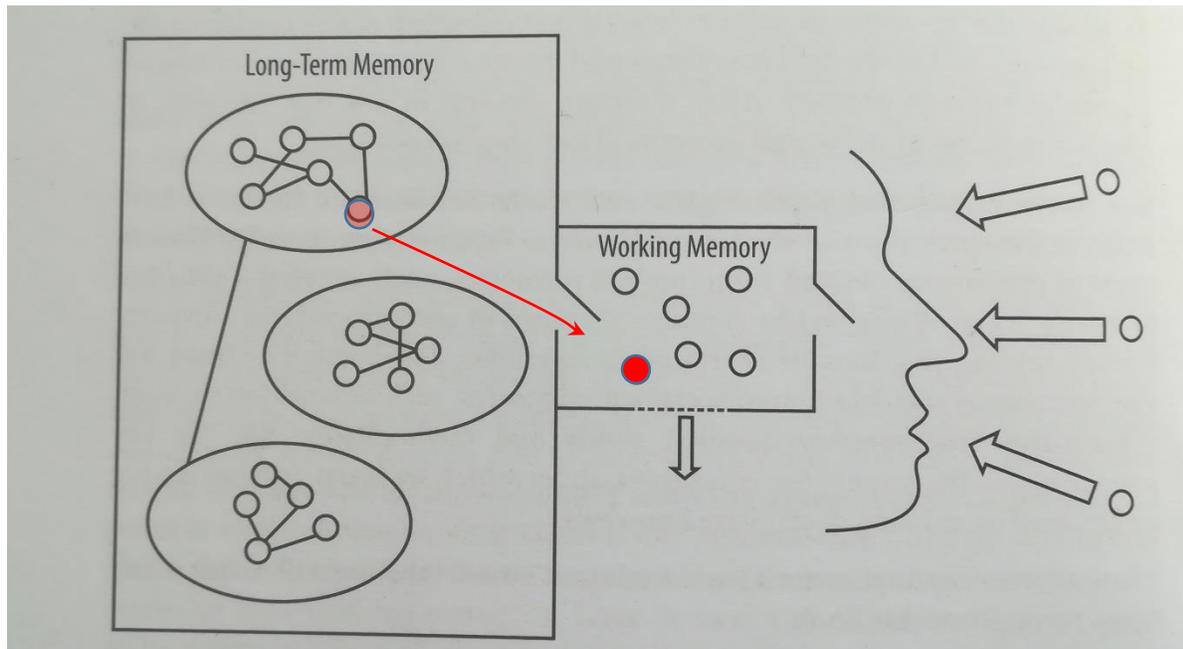
Weg vom Langzeitgedächtnis ins Arbeitsgedächtnis



„Einbetten in ein bereits bestehendes Schema, Beispiel Hochzahlen“

Oder wie Willingham sagt:

“Understanding is remembering in disguise” – Verstehen ist nichts Anderes als sich Erinnern – nur halt gut getarnt



„RETRIEVAL PRACTICE“

„sich etwas – wiederholt – ins Gedächtnis rufen“

OHNE Hilfsmittel / „closed books“

Oder wie Bjork sagt:

“Retrieval is a powerful memory modifier!”

When information is successfully retrieved from long-term memory into working memory, its representation in long-term memory is changed such that it becomes more

accessible in the future. Using our memory changes our memories.

Schule / häufige Außenwahrnehmung:

Dinge **in** die Köpfe der SchülerInnen zu bekommen.

(working memory >>>> long-term memory)

Wenig geübt:

Dinge **aus** den Köpfen der SchülerInnen zu bekommen.

(long-term memory >>>> working memory) = Retrieval practice.

In der Praxis sieht das wie aus?

Zunächst die Rahmenbedingungen:

1. Wir benötigen einen **Kartenstapel mit Fragen & Antworten – Paaren.**
2. Wir benötigen einen geeigneten Algorithmus, um **nicht richtig beantwortete Fragen vorzumerken.**
3. Es darf **kein zusätzlicher Aufwand** für die Lehrperson entstehen.
4. Die Anstrengungen der Schüler sollen für die Lehrperson **transparent** werden (Einblick in die Lösungsstatistik).
5. Die Retrieval-Practice muss **Routine** werden (tägliche „Hausübung“).
6. Die Anforderungen müssen realistisch bleiben (**ca. zehn Frage / Antworten Karten pro Tag**).

Die Details zu ...

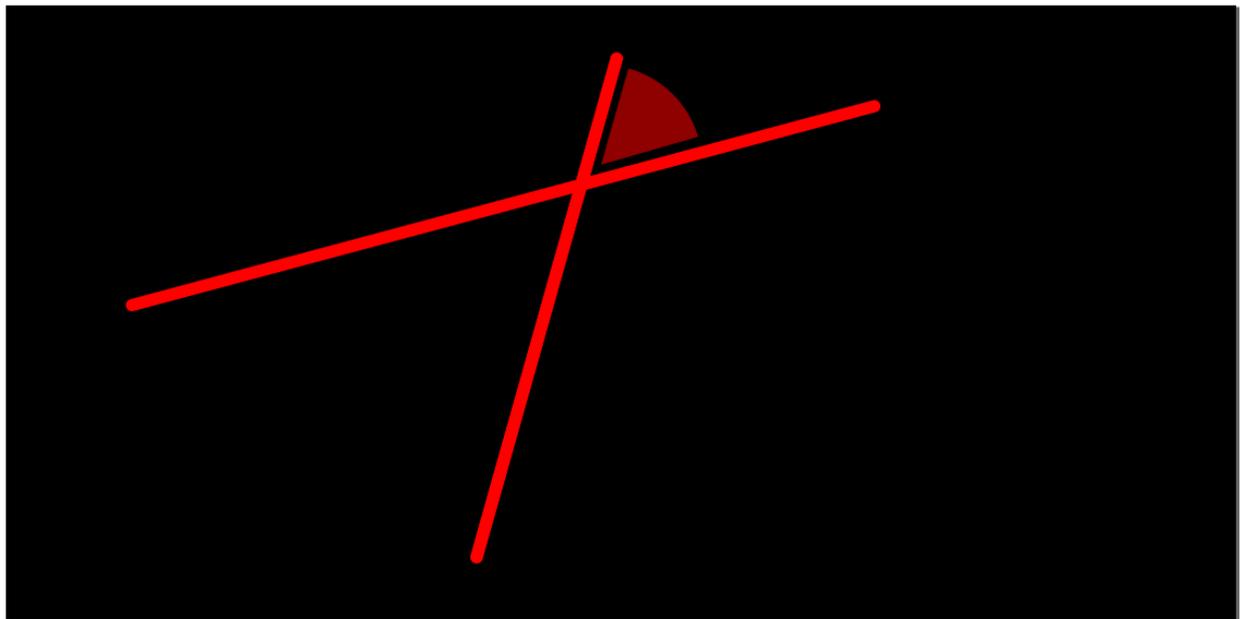
- (1) Frage / Antworten Karten (im „Dual-Coding“ – Format. Text kombiniert mit Graphik als „Gedächtnisanker“)

z.B. für grundlegende Fakten:

(positiver Zugang: „Auswendiggelerntes“ zunächst als **„Inflexible Knowledge“** wertschätzen)

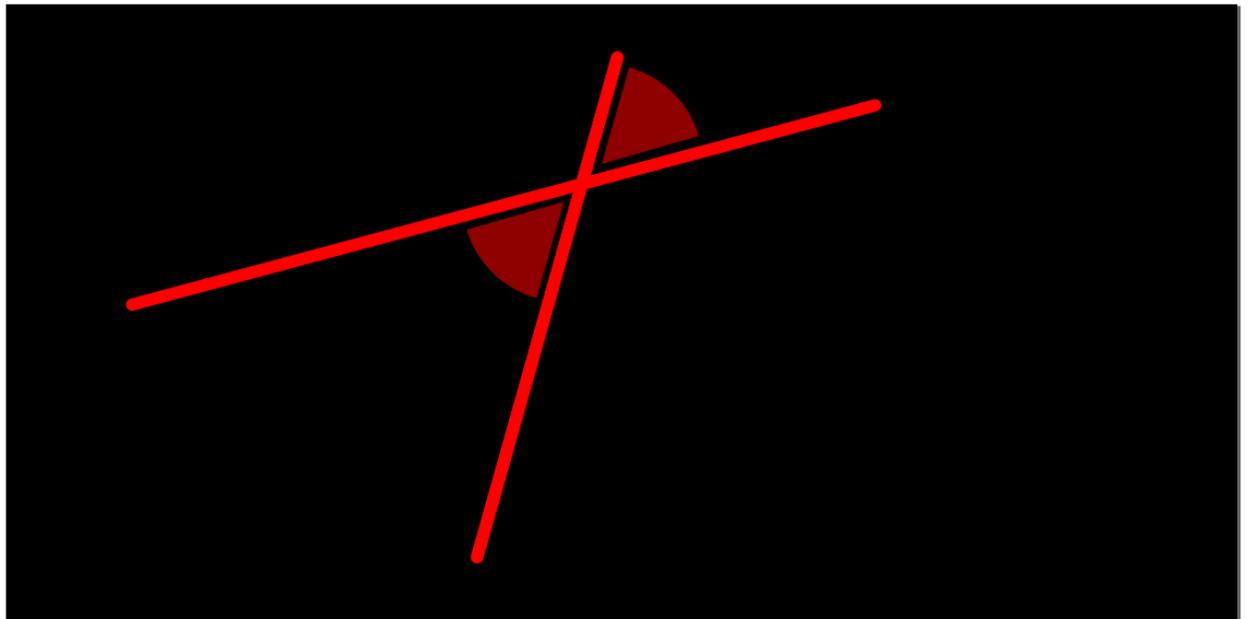
Beispiel 1 | KARTENVORDERSEITE:

Zwei Geraden schneiden sich.
Was wissen wir über
gegenüberliegende Winkel?



Beispiel 1 | KARTENRÜCKSEITE:

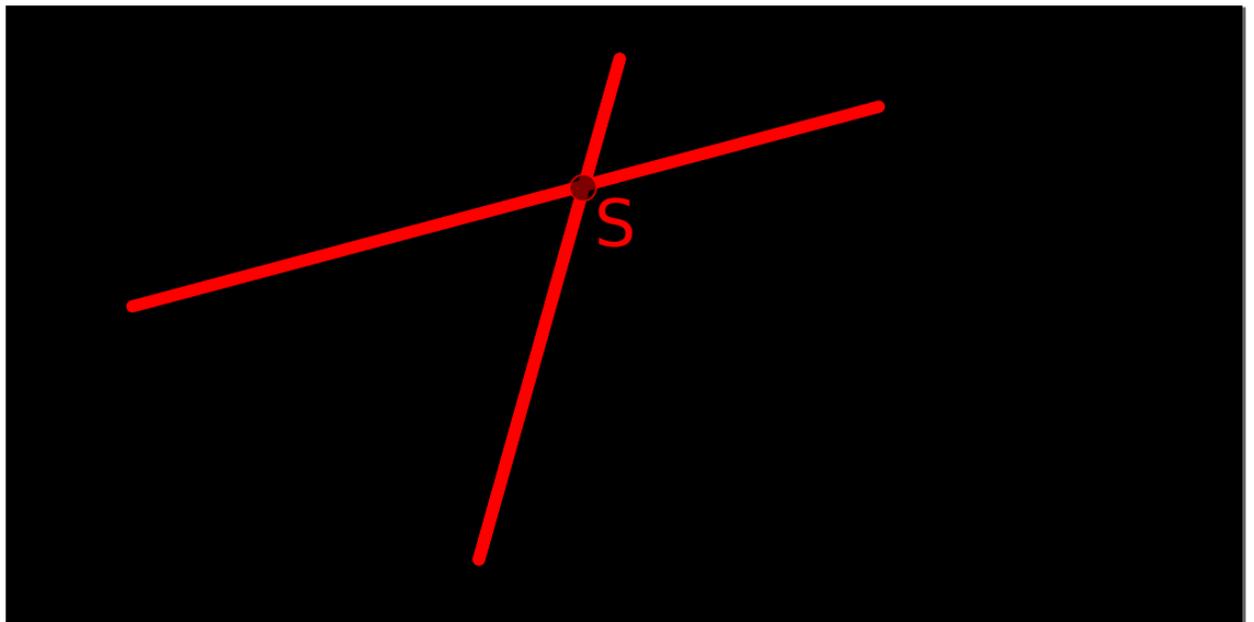
Sie sind gleich groß.



Aber auch prozedurales Wissen (Handlungswissen) ist gefragt ...

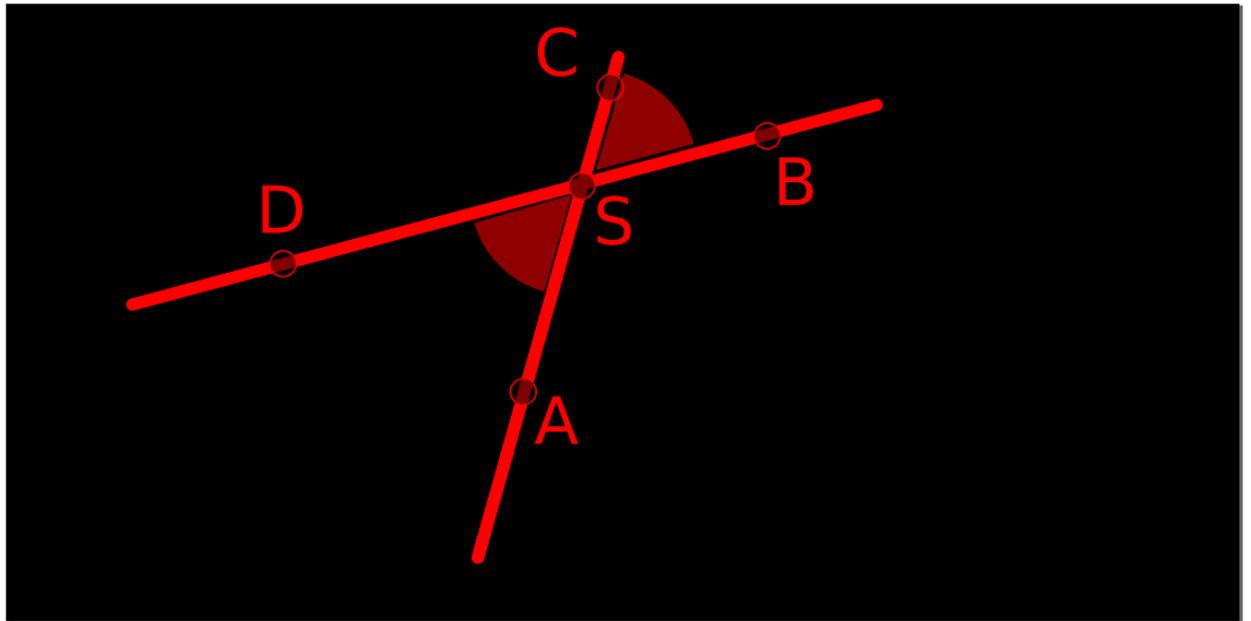
Beispiel 2 | KARTENVORDERSEITE:

Zwei Geraden schneiden sich.
Warum sind die gegenüber-
liegenden Winkel gleich groß?



Beispiel 2 | KARTENRÜCKSEITE:

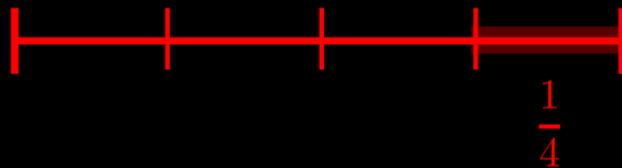
$$\begin{aligned}\angle ASD + \angle DSC &= 180^\circ \\ \angle DSC + \angle CSB &= 180^\circ \\ \Rightarrow \angle CSB &= \angle ASD\end{aligned}$$



Bemerkung: Hier muss man schon wissen was $\angle ASD$ bedeutet (Anmerkung: dies wird auf einer eigenständigen Karte abgefragt).

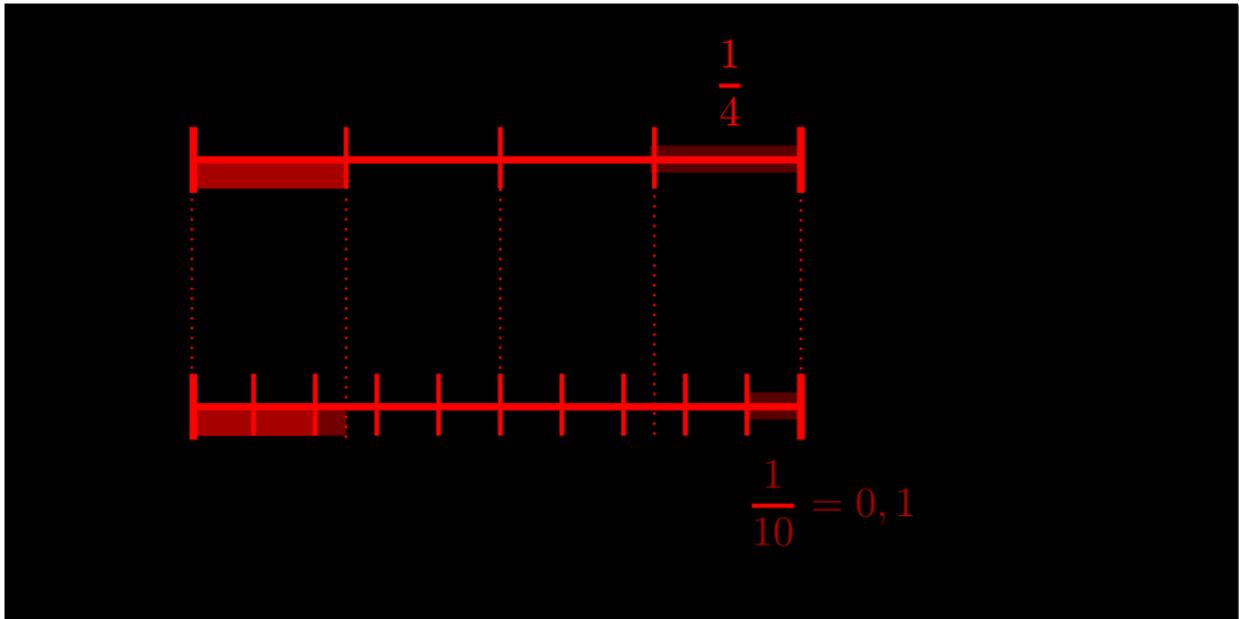
Beispiel 3 | KARTENVORDERSEITE:

$\frac{1}{4}$ in Dezimalschreibweise?



Beispiel 3 | KARTENRÜCKSEITE:

0,25



Die Details zu ...

(2):

Hier bräuchte es nicht unbedingt eine Software ...

Die Frage-Antworten-Karten auf Karton und ein „Leitner-System“ (Sebastian Leitner - Lernkartei) tun es auch!

WICHTIG: SELBSTKONTROLLE

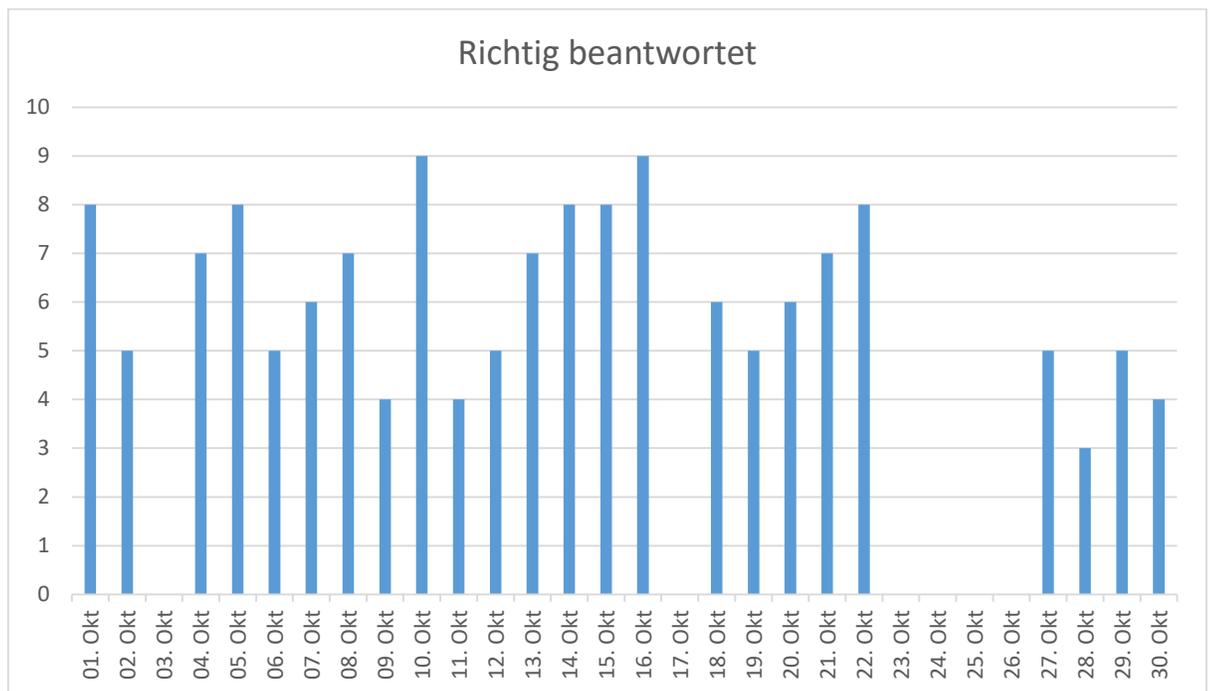
... durch einfache Selbstbeurteilung (Aufgabe konnte ich lösen / konnte ich nicht lösen)



Die Details zu ...

(4):

Statistik – hier zum Beispiel die letzten 30 Tage ...



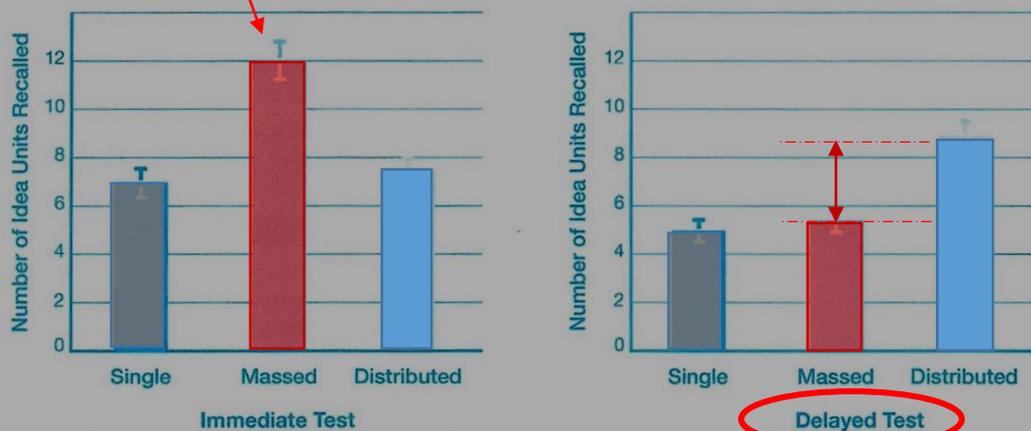
Die Details zu ...

(6):

Kontinuität (**Spaced Practice**) ist erforderlich. Die SchülerInnen werden von diesen Umstellungen nicht begeistert sein (**desirable difficulties**). Skepsis von Seiten der SchülerInnen ist zu erwarten.

Unmittelbar vor einem Test zu lernen (pauken) „gewinnt“ das Rennen --- zumindest hinsichtlich der Testperformance.

Langfristig hält dieses schnell aufgesaugte Wissen allerdings nicht an - für jede Lehrperson ein „no-brainer“



Graphs showing the effect of massing and spacing reading on immediate versus delayed tests. Data from Rawson and Kintsch (2005).

Quellenangabe: Understanding how we learn, Yana Weinstein & Megan Sumeracki

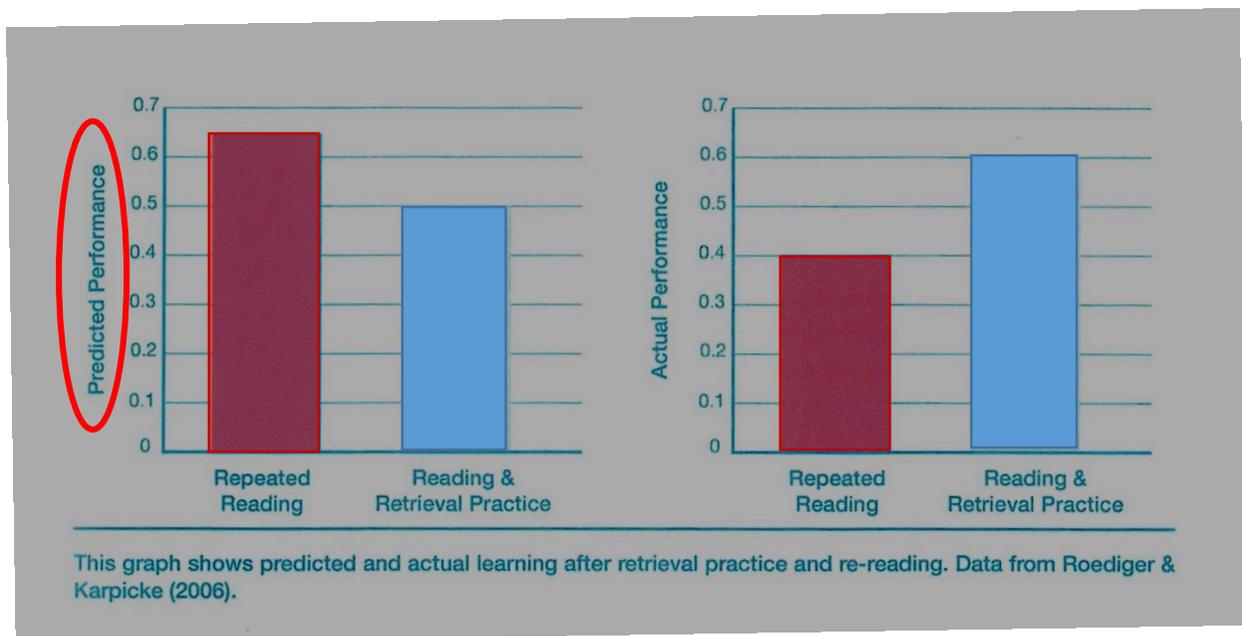
Anmerkung: der "Delayed Test" in obiger Studie (Rawson / Kintsch) war NUR eine Woche später angesetzt. Ich möchte mir gar nicht ausmalen, wie dieses Ergebnis ein Monat später ausgesehen hätte!

Spaced Practice erfordert also, dass die "Retrieval Practice" über einen sehr langen Zeitraum (Schuljahre) durchgehalten wird. „**Interleaving**“ bedeutet, dass hierbei zusätzlich die Inhalte hübsch durchmischt werden. Verständlich, dass dies den SchülerInnen nicht gefallen wird. Aber alles andere bringt herzlich wenig (zumindest langfristig gesehen – deshalb: „**desirable difficulties**“).

Die SchülerInnen werden die Überlegenheit der Retrieval Practice **leugnen** (siehe nachfolgende Graphik: von den SchülerInnen vorhergesagte Testperformance und die tatsächliche Testperformance).

SchülerInnen werden stets behaupten, dass sich das wiederholte Durchlesen (Re-reading) ihrer Unterlagen auszahlt. Das erneute Durchlesen der Unterlagen flößt ihnen Vertrautheit mit dem Material ein – Retrieval Practice hingegen zeigt auf, wie langsam sie tatsächlich voran kommen.

Der Wirklichkeit kann man sich allerdings nicht gänzlich entziehen (... enttäuschte Gesichter bei der Rückgabe der Schularbeit).



Quellenangabe: Understanding how we learn, Yana Weinstein & Megan Sumeracki

Anmerkung | **Retrieval-App** für das Handy:
Derzeit ist diese App noch im Testmodus. Wer
Interesse als Beta-Tester an der App hat, schreibt
bitte kurz eine Info an klaus.albrecht@tsn.at

Vorausblick:

Bildung einer Interessensgemeinschaft nach dem
Vorbild der Engländer ...

Siehe <https://researched.org.uk/about/about-researched/>

Meine eigenen **Videos** zum Thema:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL5IMivyreEodulYd7q7Fws4A5Dge7CdWv>

... und ein Grund mehr, warum ich Lehrer und nicht
Radiosprecher geworden bin.

Diese **Unterlagen** (pdf) finden Sie im Netz unter:

www.sigmadelta.at/10-PHT-CognitivePsychology-2022.pdf

(www.sigmadelta.at >>> Mathematik >>>
Kognitive-Psychologie-2022)