

# Pimp my Unterricht

## - Wie wir Lernende motivieren und fördern

Armin P. Barth

ETH Zürich, KS Baden

Mittwoch, 9. Januar 2019

ZHAW Wädenswil, Campus Grüental



# Übersicht

**(A) 11 Mythen zum Thema Lehren & Lernen**

**(B) Lernwirksame Methoden**

(mit Beispielen)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 1. Wie gut SuS lernen, hängt allein vom Unterricht ab.

Nein! Das hängt von vielen Faktoren ab:

- IQ
- Allgemeine kognitive Fähigkeiten, wie etwa, wie viel Information man im Arbeitsgedächtnis ablegen kann, wie gut Informationen vernetzt sind, wie schnell sie abrufbar sind, usw.
- Selbstdisziplin: In einer IQ-homogenen Gruppe erbringen Leute deutlich bessere Leistungen, die über eine hohe Selbstdisziplin verfügen.
- usw.

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

Die Gene stecken das Potenzial ab.

Nur durch geeignete Förderung kann man das Potenzial ausschöpfen → Gute Lernangebote nötig!

Eine Pflanze wächst auch nicht von allein,

bloss weil sie genetisch dazu determiniert ist.



# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 2. Kleinere Klassengrößen verbessern das Lernen



Keine empirische Evidenz!

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 3. Es gibt gute und schlechte Methoden

„Als ein weiteres zentrales Ergebnis der Unterrichtsforschung bleibt festzuhalten, dass die Suche nach der einzig angemessenen Unterrichtsform nicht sinnvoll ist. Frontalunterricht ist nicht per se besser oder schlechter als Gruppenunterricht oder offener Unterricht. Die grösseren Lernerfolge sind vielmehr in Klassen zu beobachten, in denen eine Vielfalt verschiedener Lernmethoden angeboten und an die Inhalte angepasst wird. (...) Die grösste Herausforderung für gute Lehrer besteht darin, einerseits der Tatsache Rechnung zu tragen, dass Lernen stets ein aktiver Konstruktionsprozess ist, bei dem die Lernenden ihr bestehendes Wissen auf der Grundlage eingehender Informationen aktiv verändern, und andererseits im rechten Moment Hilfestellungen anzubieten“. (E. Stern)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 4. Je mehr Technologie desto besser.

Dynamische Visualisierungen am Computer versprechen besseres Lernen von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen (z.B. Verhalten von Molekülen in chemischen Reaktionen, usw.) Aber:

Studie an der University of California, 2009:

Generation Group: Studium von Visualisierungen chemischer Reaktionen am Computer, daneben Handskizzen anfertigen und Fragen beantworten

Interacting Group: längeres Studium von Visualisierungen am Computer und Fragen beantworten

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 4. Je mehr Technologie desto besser

Resultate:

„On the posttest, students in the generation group demonstrated more complex ideas and links about chemical reactions than those in the interacting group. (...) Multiple regression results show that the generating group achieved significantly higher scores on the posttest than the interacting group. (...)“

When interacting with the visualization, students are exposed to enormous amount of information. They may have difficulty deciding what features are important and focus on details that are of less importance.“

(Zhang, Z. H., Linn, M. C., “Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations?”, in: Journal of Research in Science Teaching, Vol. 48, No. 10, pp. 1177 – 1198, 2011)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 4. Je mehr Technologie desto besser.

Studie am Max Planck Institut Berlin, 2003

Thema: Analyse und Interpretation von graphischen Darstellungen im Zusammenhang mit Entscheidungsfindung bei Lagerhaltungsproblemen

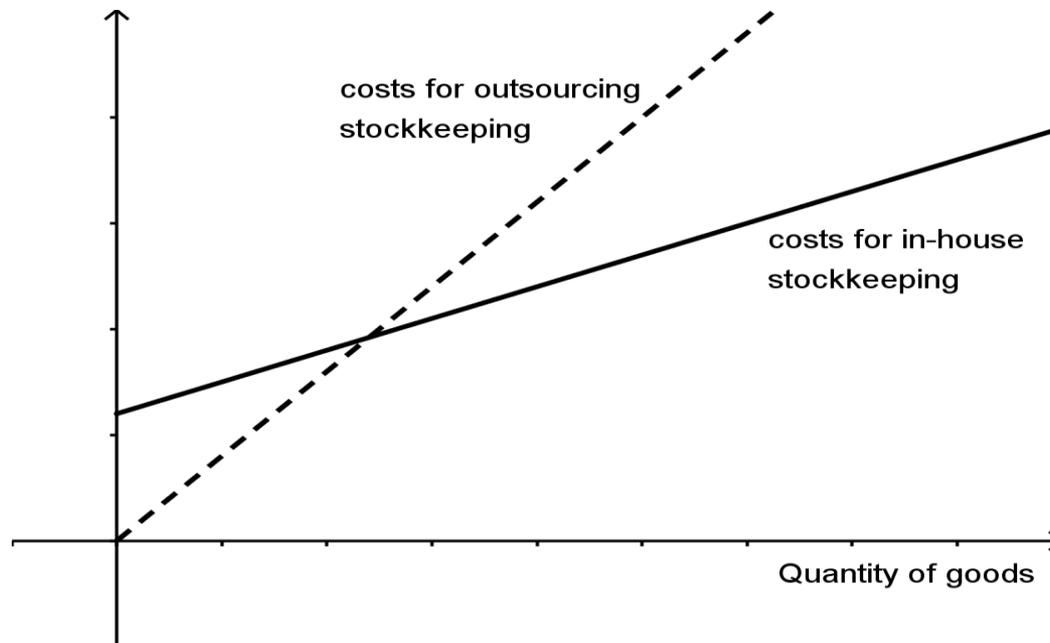
Gruppe 1: erhielt Quellentext mit professionellen Graphiken (vgl. Abb.)

Gruppe 2: erhielt Quellentext ohne Graphiken, aber mit der Aufforderung, Graphen selber zu konstruieren gemäss den Angaben im Text

Resultat: „As hypothesized, our results show that active construction of graphs can play an important role in fostering cross-content transfer.“

(Aprea, C., Ebner, H. G., Stern, E., „Improving cross-content transfer in text processing by means of active graphical representation“, in: Learning and Instruction, 13, pp. 191 – 203, 2003)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen



# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 4. Je mehr Technologie desto besser.

Fazit einer anderen Studie:

Niemals war eine computeranimierte Umgebung einer statischen überlegen. Oftmals war der Lernzuwachs in animierten Umgebungen sogar geringer als in Lernumgebungen mit statischen Bildern. Zudem herrscht die grosse Gefahr, dass neue Fehlkonzepte entstehen wie zum Beispiel, dass Strom wie Wasser in einer Röhre fliesst, was – physikalisch gesehen – Unsinn ist.

(Mayer, R. E., “Multimedia Learning”, Cambridge University Press, New York, 2001

Fiorella, L., Mayer, R. E., “Paper-based aids for learning with a computer-based game”, in: Journal of Educational Psychology, Vol. 104, No. 4, pp. 1074 – 1082, 2012)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 5. Frühförderung: Je früher, desto besser



In dieser Allgemeinheit stimmt das nicht!

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 5. Frühförderung: Je früher, desto besser

*„Frühförderung basiert auf der Annahme, es gebe sensible Phasen für das Lernen und wer diese verpasse, verpasse eine einmalige Chance. Bis heute fehlen aber die Belege, dass Frühförderung wirklich nachhaltige Auswirkungen auf den Erfolg des Kindes hat. Wir können auch mit 20 noch schreiben lernen. Schrift gibt es erst seit etwa 5000 Jahren, der genetische Bauplan für unser Gehirn ist aber nach allem, was wir wissen, mindestens 40'000 Jahre alt.“*

(Stern, E., "Man kann kein Genie erzeugen", in: Management BILANZ 23/12)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 6. Lernenden darf man nichts Falsches zeigen.

Autoren: Kelley Durkin, Bethany Rittle-Johnson, Vanderbilt University  
Nashville

Versuchsgruppe: 100 SuS der 4. und 5. Primarstufe (2 Gruppen)

Thematik: Typische Fehler im Zusammenhang mit Dezimalzahlen  
z.B.  $0.25 > 0.7$ , weil  $25 > 7$

z.B. Misskonzept um 0:  $0.08 = 0.8$

z.B. Alle Dezimalzahlen werden als  $< 0$  angesehen

Vorgehen: Gruppe 1 wurde mit korrekten und falschen Lösungen konfrontiert und aufgefordert zu erklären, welche Lösung falsch ist und weshalb. Gruppe 2 lernte nur aus korrekten Beispielen.

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 6. Lernenden darf man nichts Falsches zeigen.

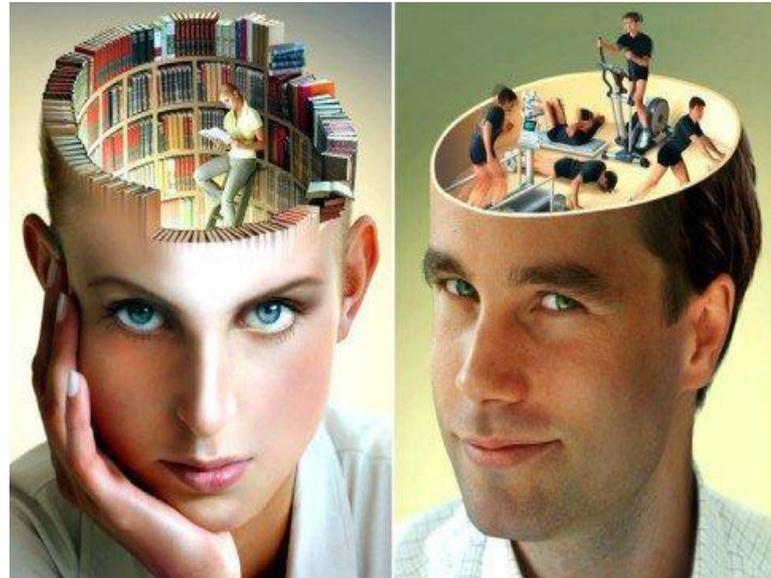
Resultat: Vergleiche von falschen und richtigen Lösungen führen zu einem signifikant höheren Lernerfolg.

*“Comparing incorrect to correct examples led to better performance than comparing correct examples. In particular, the incorrect condition supported greater learning of correct procedures and retention of correct concepts...”*

(Durkin, K., Rittle-Johnson, B., „The effectiveness of using incorrect examples to support learning about decimal magnitude“ in: Learning and Instruction 22 (2012), pp. 206 – 214)

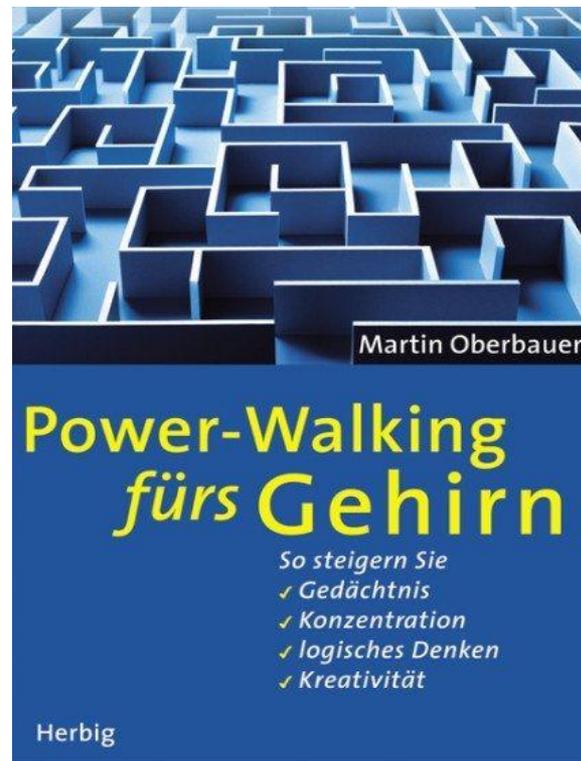
# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 7. Man kann das Gehirn unspezifisch trainieren



# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 7. Man kann das Gehirn unspezifisch trainieren



# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 7. Man kann das Gehirn unspezifisch trainieren

*„Die Vorstellung, man könne sein Gehirn wie einen Muskel trainieren, ist also genauso absurd wie jene, unsere Texte würden besser werden, wenn wir uns einen leistungsfähigeren Computer zulegten.“*

(Stern, E. „Psychologie heute compact: Schule verändern“, Heft 16, 2007, p.21-25)

*„Es ist nicht möglich, Menschen unspezifisch darin zu trainieren, besser zu denken, sondern man kann sie lediglich beim Erwerb und der Anwendung von Wissen unterstützen.“*

(Stern E., e.a., Lernziel: Intelligentes Wissen, Universitas 2/2004)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 7. Man kann das Gehirn unspezifisch trainieren

April 2010: umfangreichste Studie, die je zum Thema Gehirnjogging durchgeführt wurde:

11'400 Probanden nahmen teil und absolvierten während über 6 Wochen mindestens dreimal pro Woche für mindestens 10 Minuten online Gehirnjogging-Übungen.

Fazit: Teilnehmer erzielten zwar bei den online-Aufgaben starke Leistungssteigerungen, ihre allgemeine geistige Leistungsfähigkeit wurde dadurch aber nicht verbessert. Nicht einmal ähnliche Aufgaben konnten sie danach besser lösen als vorher. Die Autoren schreiben: „Die Ergebnisse geben keinerlei Hinweise darauf, dass Gehirnjogging die kognitive Funktion des Gehirns verbessert.“

(Owen, A. e.a., „Putting the brain to the test“, in: Nature, online publiziert am 20. April 2010)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 7. Man kann das Gehirn unspezifisch trainieren

„Gegenargument“: Durch Gehirnjogging bilden sich im Gehirn neue Synapsen-Verbindungen aus, von denen wir auch sonst profitieren. Aber: Das stimmt zwar, es bilden sich aber auch neue Synapsen-Verbindungen, wenn wir gehäuft Pornofilme schauen oder wenn wir uns gehäuft in Einbruchtechniken üben. Das Gehirn muss nicht erst fürs Lernen fit gemacht werden, es ist das schon.

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 7. Man kann das Gehirn unspezifisch trainieren

Lernen ist immer inhaltsspezifisch, das heisst ich lerne genau das, was ich tue. Ich lerne also, in Sudokus besser zu werden, wenn ich Sudokus löse, und ich lerne, mit linearen Funktionen umzugehen, wenn ich mich mit linearen Funktionen beschäftige, aber es gibt kaum weitere Übertragungen des Lernprozesses auf andere Inhaltsgebiete.

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 7b. Man kann das Arbeitsgedächtnis unspezifisch trainieren

Arbeitsgedächtnis – „Definition“: „A brain system that provides temporary storage and manipulation of the information necessary for ... complex cognitive tasks“ (A. Baddely, „Working memory“, in: Science, 255, pp. 556 – 559, 1992)

Working memory training programs: CogMed, Jungle Memory, Cognifit, usw.

Kann man damit das Arbeitsgedächtnis fitter machen?

## (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

### 7b. Man kann das Arbeitsgedächtnis unspezifisch trainieren

Fazit:

*„There is no evidence that working memory training produces generalized gains to the other skills that have been investigated (verbal ability, word decoding, arithmetic), even when assessments take place immediately after training. (...) Our meta-analyses show clearly that these training programs give only near-transfer effects, and there is no convincing evidence that even such near-transfer effects are durable.“*

(Melby-Lervag, M., Hulme, C., „Is working memory training effective? A meta-analytic review“, in: Developmental Psychology, Advance online publication, May 21, 2012)

## (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

### 8. Man kann Sozial- und Lernkompetenzen unabhängig von Inhalten erlernen

*«Nichts ist falscher als das. Leider haben mir Berliner Schüler schon von solchen Auswüchsen erzählt: In der ersten Woche nach den Ferien wurden in jedem Fach nur Lernstrategien vermittelt, bevor es „richtig“ losgehen sollte. Tatsächlich sind Lernstrategien oder Sozialkompetenzen zwar lernbar, aber nicht direkt lehrbar. In einer erfolgreichen Lernumgebung fallen sie als höchst brauchbare Nebenprodukte ab. Man sollte als Lehrer durchaus Gruppenunterricht machen und die Schüler zum systematischen Lernen und Lesen anhalten – aber eben nur im Zusammenhang mit der erfolgreichen Vermittlung von Inhalten».*

(Elsbeth Stern, *Lernen – der wichtigste Hebel der geistigen Entwicklung*, Universitas 5/2003)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 9. Gelerntes lässt sich leicht durch Transfer auf andere Inhaltsgebiete übertragen.

*„Die Forschung der vergangenen Jahrzehnte hat gezeigt, dass menschliche Kognition weitaus situations- und anforderungsspezifischer ist, als dies lange Zeit in Theorien der Informationsverarbeitung angenommen wurde. Aufgaben aus unterschiedlichen Inhaltsgebieten können sich trotz isomorpher Struktur deutlich in ihrer Schwierigkeit unterscheiden, und die beim Lösen bestimmter Aufgaben erworbenen Strategien werden nur selten spontan auf neue Aufgaben ähnlicher oder gleicher Struktur übertragen. Die Ergebnisse der Forschung zur Expertise gehen in eine ähnliche Richtung: Menschen, die in einem bestimmten Bereich Höchstleistungen erbringen, erweisen sich in anderen – teilweise sogar angrenzenden – Bereichen als lediglich durchschnittlich. (...) Auch andere Experimente zeigen, dass es zur Übertragung bekannter Lösungsstrategien auf neue Inhaltsbereiche nur dann kommt, wenn bei der Transferaufgabe die gleichen Wissensselemente genutzt werden können wie bei den Aufgaben, mit denen diese Strategien eingeübt wurden. Es gehört mittlerweile zu den am häufigsten replizierten Befunden in der kognitiven Psychologie, dass der Lerntransfer ausbleibt, wenn diese Übereinstimmung der Wissensselemente fehlt. Ungeachtet dieser empirischen Befunde beeinflusst jedoch die Idee der formalen Bildung, die auf der Vorstellung vom unspezifischen Lerntransfer beruht, weiterhin unsere Schulkultur“ .*

(Mähler, C. e.a., „Transfer“, Sonderdruck aus: D. H. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch: Pädagogische Psychologie, 3. Auflage, S. 782 – 793, Weinheim: Beltz, 2006)

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 9. Gelerntes lässt sich leicht durch Transfer auf andere Inhaltsgebiete übertragen.

Beispiel: Nach oben geworfene Masse:



## (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

### 9. Gelerntes lässt sich leicht durch Transfer auf andere Inhaltsgebiete übertragen.

Bei einer Untersuchung in Deutschland (Grundschule) wurden den Kindern die folgenden Aufgaben gestellt:

- Hier sind 5 Vögel, und hier sind 3 Würmer. Jetzt fliegen alle Vögel los, und jeder versucht, einen Wurm zu erwischen. Wie viele Vögel erwischen keinen Wurm?
- Hier sind 5 Vögel, und hier sind 3 Würmer. Jetzt fliegen alle Vögel los, und jeder versucht, einen Wurm zu erwischen. Wie viel mehr Vögel als Würmer gibt es?

Obwohl beide Aufgaben isomorph sind und beide Male einfach  $5 - 3$  gerechnet werden muss, lösten 96% aller Kinder (A) richtig, und nur 25% lösten (B) richtig. Das zeigt deutlich, dass schon winzige Veränderungen der Aufgabenstellung bewirken, dass das vorher Gelernte nicht mehr übertragen wird.

# (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

## 10.) Mozart macht schlau



(Schumacher, R. (Hrsg.), „Macht Mozart schlau? – Die Förderung kognitiver Kompetenzen durch Musik“, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Band 18, 2006)

## (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

### 11.) Es gibt Menschen mit gutem und solche mit schlechtem Gedächtnis

*„Im Alltag spricht man zwar von einem guten oder schlechten Gedächtnis häufig wie von einer Persönlichkeitseigenschaft – der eine hat es, der andere eben nicht. Tatsächlich zeigen sich aber Einschränkungen in der generellen Gedächtnisleistung nur als Folge von kortikalen Störungen. Ansonsten hängt es vor allem von der zur Verfügung stehenden Wissensrepräsentation ab, im welchem Umfang man sich Information merken kann.“*

(E. Stern)

## (A) Mythen zum Thema Lehren & Lernen

### 11.) Es gibt Menschen mit gutem und solche mit schlechtem Gedächtnis

Ein ganz simples Beispiel: Ich kann mir die Ziffernfolge 31415926535 ganz schlecht einprägen, selbst wenn ich weiss, dass es die ersten elf Ziffern der Kreiszahl  $\pi$  sind. Wenn ich aber eine andere Wissensrepräsentation wähle, wenn ich mir stattdessen den (mehr oder weniger) sinnvollen Satz „*May I have a large container of coffee, sugar and cream?*“ merke, werde ich die Ziffernfolge nie vergessen; die Ziffern entsprechen einfach der Buchstabenanzahl der einzelnen Wörter dieses englischen Satzes.

## (B) Lernwirksame Methoden - Generell

Hattie-Studie (Hattie, J., „Visible Learning“, Routledge, London, New York 2009) u.a.

- Guter Unterricht kann auf vielfältige, aber nicht auf beliebige Weise erreicht werden. (Franz Weinert)
- Gute Lehrer kümmern sich intensiv darum, wo ihre Schüler genau stehen, wie ihr aktuelles Wissen beschaffen ist und welche Misskonzepte sie womöglich haben.
- Guter Unterricht ist schülerzentriert, aber lehrergeleitet.
- Guter Unterricht bietet den Schülern ideale Lerngelegenheiten.
- Gute Lehrer treten mit guten Fragen an die Schüler heran. (Gute Fragen sind anregend, interessant, herausfordernd, lösbar und lehrreich.) Und sie stellen Aufgaben sehr bedacht: Nicht die Anzahl ist entscheidend, sondern welche Fragen die Schüler gerade jetzt am ehesten voranbringen.

## (B) Lernwirksame Methoden - Generell

- Gute Lehrer regen die Schüler dazu an, den Stoff selber zu erklären.
- Gute Lehrer führen regelmässig Leistungsüberprüfungen durch, um den Schülern ein möglichst klares Bild von ihrem aktuellen Stand zu vermitteln.
- Gute Lehrer fordern Leistungen ein und fördern die Schüler intensiv.

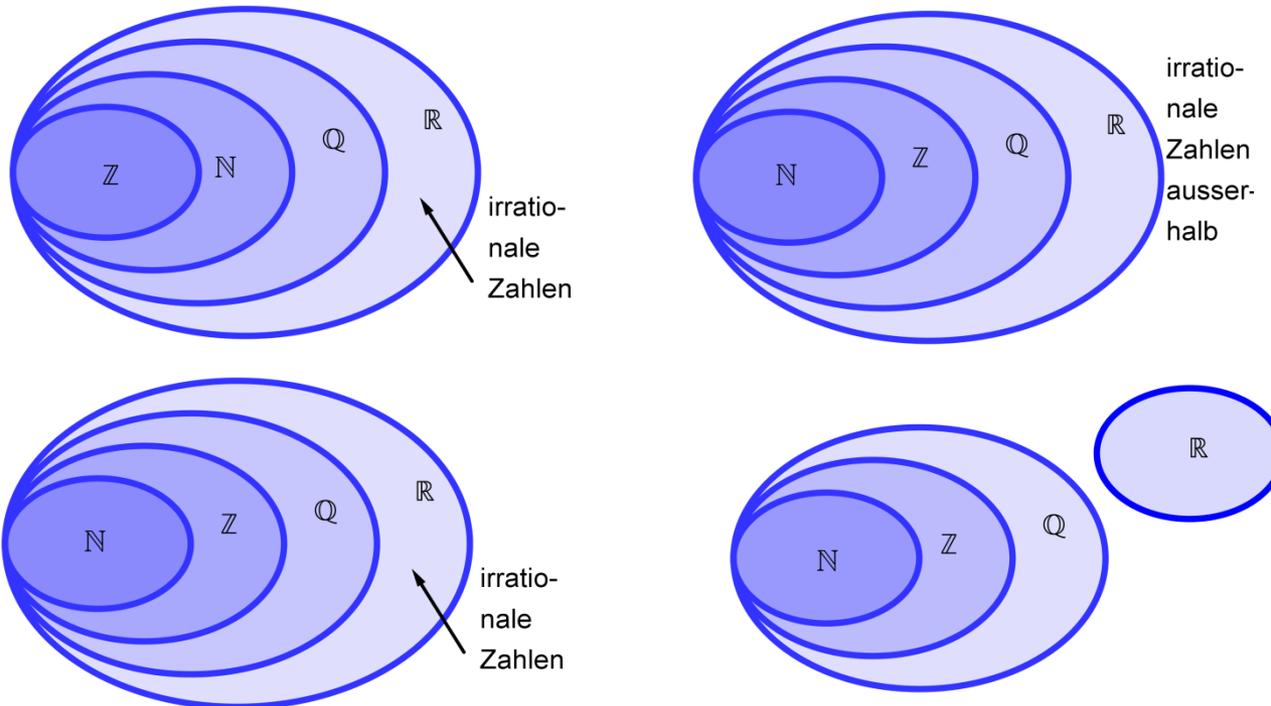
## (B) Lernwirksame Methoden

1. Vorwissen sicherstellen und Misskonzepte analysieren
  2. Kognitive Aktivierung (Motivation fördern / Grenzen des Wissens erfahrbar machen / Gelegenheit zur Selbstkonstruktion von Wissen geben)
  3. Inventing with contrasting cases (ICC)
  4. Gute Erklärungen und mental tools
  5. Selbsterklärungen
  6. Metakognition
- ...und andere

# (B) Lernwirksame Methoden

## Vorwissen / Vortests / Misskonzepte

Welche der folgenden Abbildungen gibt die Teilmengeneigenschaften der gängigsten Zahlmengen korrekt an?



## (B) Lernwirksame Methoden

### Vorwissen / Vortests / Misskonzepte

- Können meine Schülerinnen und Schüler mit der Sigma-Notation gut umgehen – und woher weiss ich das?
- Wenn ich sage, wir betrachten die Summe der Reziproken der Quadrate aufeinanderfolgender natürlicher Zahlen, sehen sie dann den richtigen Term vor sich? Haben sie vergleichbare Beispiele selber aufgestellt?
- Ist ihnen klar, dass das Aufaddieren unendlich vieler Summanden ein Prozess ist, der durchaus gegen einen endlichen Wert streben kann? Oder haben einzelne von ihnen noch das Misskonzept, dass unendlich viele Summanden zwingend auf einen unendlichen Wert führen müssen?

## (B) Lernwirksame Methoden

### Kognitiv aktivierende Einstiegsfragen – Beispiel 1

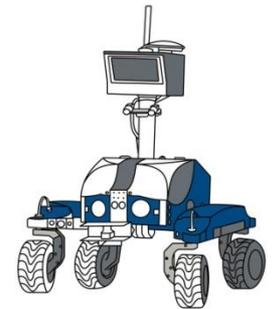
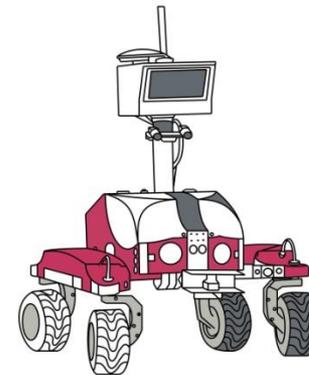
Nehmen wir an, wir haben einen Roboter hergestellt, der auf Rädern mit einem Durchmesser von 6 Zentimetern fährt. Die Geschwindigkeit ist so eingestellt worden, dass die Räder 30 Umdrehungen pro Minute machen.

a) Welche Strecke legt der Roboter in 2, 5, 10, 11.3 Minuten zurück?

b) Welche Strecke legt der Roboter in  $x$  Minuten

zurück?

c) Gibt es bezüglich der Zahlen, die für  $x$  erlaubt sein sollen, irgendwelche Einschränkungen?



d) In b) haben Sie jeder beliebigen Anzahl Minuten die in dieser Zeitspanne zurückgelegte Weglänge zugeordnet. Können Sie auch umgekehrt eine Zuordnung finden, die jeder möglichen Weglänge die dafür benötigte Anzahl Minuten zuordnet?

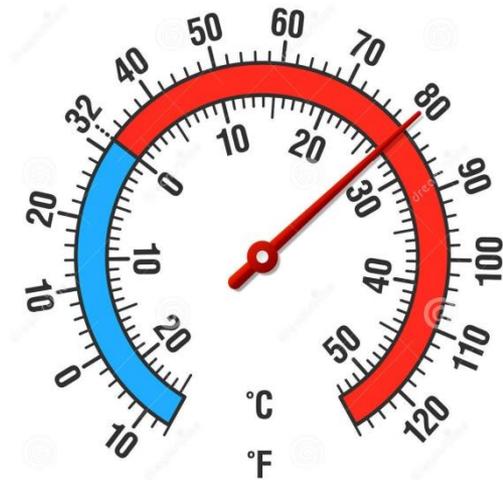
## (B) Lernwirksame Methoden

### Kognitiv aktivierende Einstiegsfragen – Beispiel 2

Alice und Bob planen eine USA-Reise und erfahren, dass man Grad Celsius ( $x$ ) gemäss folgender Funktion in Grad Fahrenheit ( $y$ ) umrechnen kann:

$$f : x \mapsto y = \frac{9}{5}x + 32$$

Im Hinblick auf die Reise wäre es bequemer, sie hätten eine Funktion, die Grad Fahrenheit in Grad Celsius umrechnet. Können Sie Alice und Bob helfen?

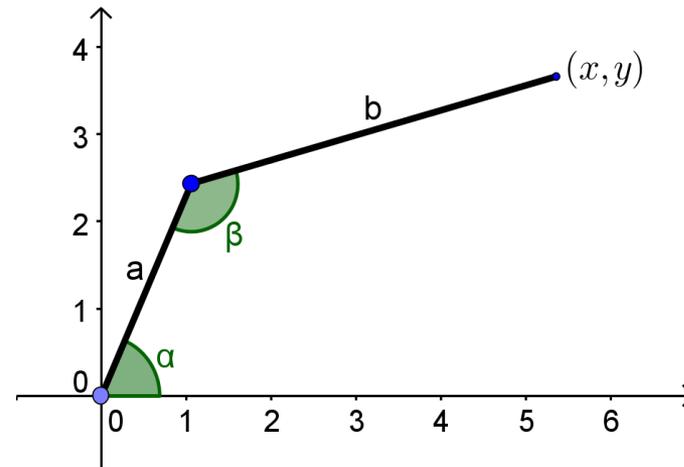


## (B) Lernwirksame Methoden

### Kognitiv aktivierende Einstiegsfragen – Beispiel 3

Wenn wir von einem zweigelenkigen Roboterarm die Längen  $a$  und  $b$  von Ober- und Unterarm sowie die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  kennen, können wir dann die Koordinaten  $x, y$  des Greifers berechnen? Welche unter Umständen neuen Werkzeuge müssen dafür entwickelt werden?

*Die Grenzen des Wissens  
erfahrbar machen!*



## (B) Lernwirksame Methoden

### ICC (Inventing with contrasting cases)

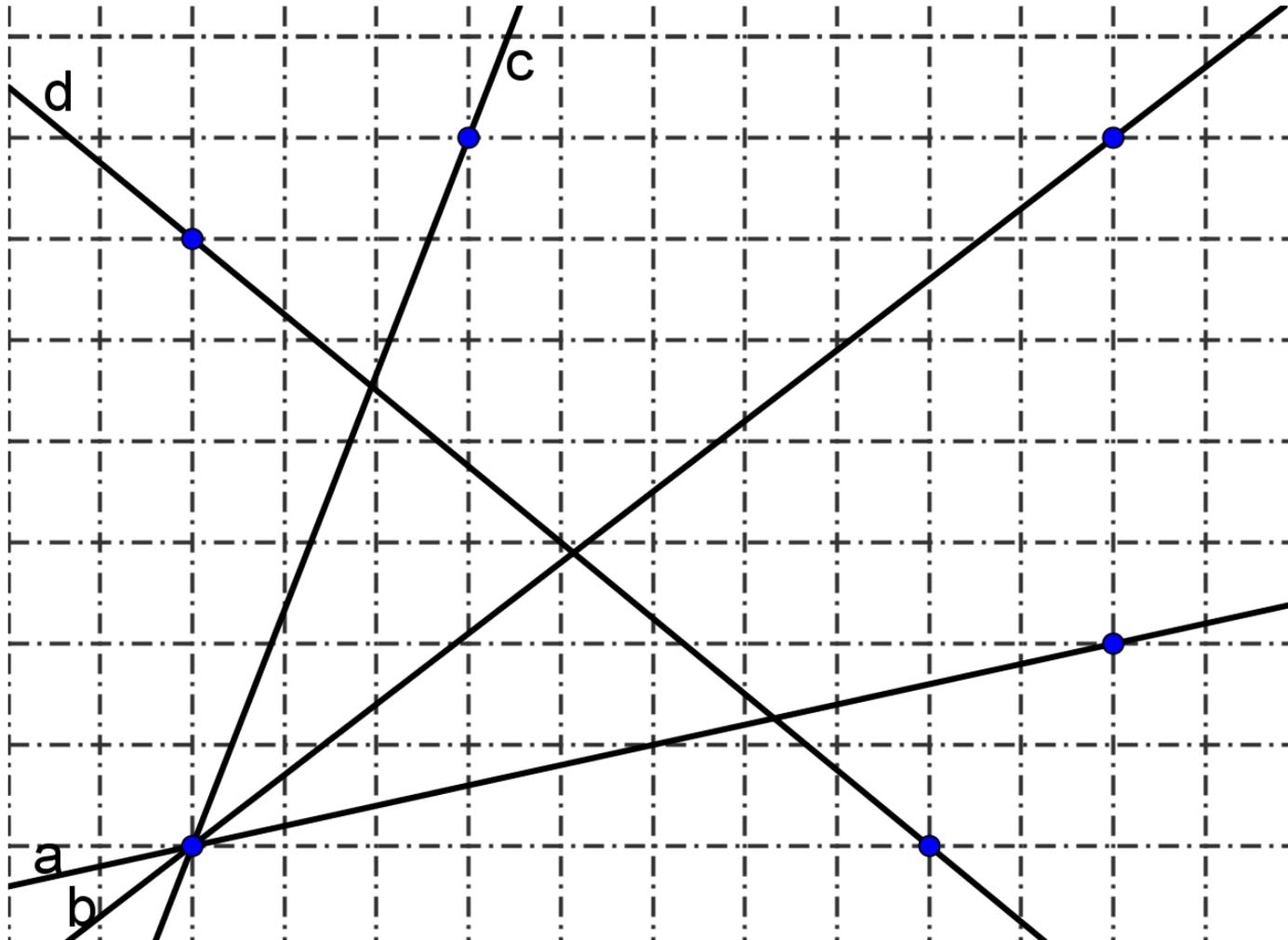
Lennart Schalk, Ralph Schumacher, Armin P. Barth und Elsbeth Stern:  
*“When Problem-Solving Followed by Instruction Is Superior to the Traditional Tell-and-Practice Sequence”*, in:

Journal of Educational Psychology, 2018, Vol. 110, No. 4, p. 596 - 610

Daniel L. Schwartz e.a., *“Practicing versus Inventing with contrasting cases: The effects of telling first on learning and transfer”*, in:

Journal of Educational Psychology, American Psychological Association, 2011

## (B) Lernwirksame Methoden



## (B) Lernwirksame Methoden

### ICC-Beispiel: Wie steil ist die Gerade?

Alice hat die folgende Abbildung einiger Geraden vor sich. Sie ruft gleich Bob an, der die Graphik nicht sieht, und möchte ihm erzählen, wie die Geraden aussehen und insbesondere, wie steil sie sind.

Können Sie Alice bei diesem Unterfangen helfen? Genauer: Können Sie die Steilheit einer Geraden durch eine einzige Zahl ausdrücken, die Alice dann am Telefon nennen kann? Die Masszahl für Steilheit soll folgenden Regeln genügen:

- Die Zahl soll für jede mögliche Gerade nach derselben Regel zustande kommen.
- Die Grösse der Zahl gibt Bob eine präzise Vorstellung davon, wie steil die Gerade ist.
- Es muss für Alice möglich sein, die Masszahlen für die Geraden a – d allein aus der abgebildeten Graphik ohne weitere Hilfsmittel präzise zu bestimmen.

## (B) Lernwirksame Methoden

### Gute Erklärungen und mental tools:

Anziehen und Ausziehen von Kleidern:

Am Morgen:

- Zuerst T-Shirt,
- dann Pullover,
- dann Jacke anziehen.

Abends:

- Zuerst Jacke,
- dann Pullover,
- dann T-Shirt ausziehen.



Also: **Operationen in Wirkung und Reihenfolge umkehren!**

## (B) Lernwirksame Methoden

### Selbsterklärungsaufgaben:

*“In our research, we have defined self-explanation as the process of explaining text or material to oneself either orally or in writing. (...) A good deal of research has shown that readers who self-explain either spontaneously or when prompted to do so understand more from learning materials and construct better mental models of the content.”*

(Danielle S. McNamara, Joseph P. Magliano, “*Self-Explanation and Metacognition: The Dynamics of Reading*”, The University of Memphis)

## (B) Lernwirksame Methoden

### Selbsterklärungsaufgaben:

Der Selbsterklärungseffekt wurde in diversen Settings nachgewiesen:

- Pirolli und Recker (1994) wiesen ihn nach im Zusammenhang mit dem Erlernen der Programmiersprache LISP.
- Ferguson-Hessler und de Jong (1990) wiesen ihn nach, als Probanden die Grundprinzipien von Elektrizität und Magnetismus lernen mussten.
- Nathan, Mertz und Ryan (1994) wiesen ihn nach im Zusammenhang mit dem Lösen von algebraischen Textaufgaben.
- usw.

## (B) Lernwirksame Methoden

### Selbsterklärungsaufgaben:

Durchführung einer Studie (Thema: Blutkreislauf des Menschen)

- Experimentgruppe und Kontrollgruppe, alles S+S derselben öffentlichen Schule in Pittsburgh.
- Keiner hatte vorher einen Kurs in Biologie genommen.
- Zuerst: Praetest (Abfrage des bisherigen Wissens über den Blutkreislauf des Menschen)
- Dann hatte jeder einen Text aus 101 Sätzen über den Blutkreislauf des Menschen zu lesen. Jeder Satz war auf ein separates Stück Papier gedruckt. Die S+S der Experimentgruppe wurden gebeten, nach jedem Satz in eigenen Worten zu erklären, was die genaue Bedeutung dieses Satzes ist. Die Kontrollgruppe erhielt keine solche Anweisung, wurde aber gebeten, den Text mehrmals zu lesen, um ungefähr gleichlange Beschäftigung sicherzustellen.
- Zum Schluss (aber mindestens eine Woche später) absolvierten alle Probanden einen Posttest.
- Alle Sitzungen wurden gefilmt.
- Jede Antwort im Posttest wurde mit maximal 6 Punkten bewertet.

## (B) Lernwirksame Methoden

### Selbsterklärungsaufgaben:

*“Both prompted and unprompted students gained significantly greater understanding from the pretest to the posttest. (...) However, from the pretest to the posttest, the gain was greater for the prompted group (32%) than the unprompted group (22%). (...) The difference between the two groups’ improvement is even more dramatic if only the more difficult Category 3 and 4 questions are examined: The prompted group improved by 22.6% versus only 12.5% for the unprompted group.”*

(Michelene T. H. Chi, Nicolas De Leeuw, Mei-Hung Chiu, Christian Lavancher, “Eliciting Self-explanations improves Understanding”, University of Pittsburgh, in: Cognitive Science 18, 437 – 477 (1994))

## (B) Lernwirksame Methoden

Beispiele von Selbsterklärungsaufgaben:

Lehrer:

Jemand formuliert sehr ungenau: „Die erste Ableitung einer Funktion ist die Tangente.“ Verbessern Sie diese Formulierung zu einer Aussage, die in einem Lehrbuch Eingang finden könnte. Erklären Sie das Konzept der Ableitung insbesondere geometrisch, physikalisch und mathematisch abstrakt.

## (B) Lernwirksame Methoden

### Beispiele von Selbsterklärungsaufgaben:

Schüler:

*Die 1te Ableitung der Funktion  $f$  ordnet jeder Stelle  $u$  des Definitionsbereichs die Steigung der Tangente an den Graphen im Punkt  $(u, f(u))$  zu. Geometrisch gesehen ist  $f'(u)$  also die Steigung der Tangente an den Graphen. Allgemein ist das natürlich die momentane Änderungsrate der Funktion an einer Stelle. Handelt es sich im konkreten Fall um eine Position-versus-Zeit-Funktion, so gibt die 1te Ableitung gerade die momentane Geschwindigkeit des bewegten Objektes zum jeweiligen Zeitpunkt an.*

## (B) Lernwirksame Methoden

Lehrer:

Stellt man einen Differentialquotienten auf, so muss man ja unter anderem den Term  $f(x + h) - f(x)$  bilden. Hugo, ein mathematischer Laie, behauptet nun, dass

$$f(x + h) - f(x) = f(h)$$

ist. Ist diese Behauptung korrekt? Immer? Manchmal?

## (B) Lernwirksame Methoden

Lehrer:

Der Beweis der Produktregel lebt von einer überaus reizvollen kleinen Idee. Schildern Sie die Beweisidee bitte in wenigen Sätzen und Ihren eigenen Worten.

## (B) Lernwirksame Methoden

Lehrer: Erklären Sie einem Laien, weshalb der Mittelwertsatz der Integralrechnung gilt.

Schüler: Wenn man bei der positiven Funktion im Intervall  $[a,b]$  einen kleinsten Funktionswert nimmt (tiefster Punkt des Graphen), kann man diesen Funktionswert mit dem  $x$ -Abschnitt im Intervall  $[a,b]$  multiplizieren, also  $f(x_1) \cdot (b-a)$ . Somit entsteht geometrisch gesehen eine Fläche. Wenn man diese Prozedur noch für einen höchsten Funktionswert ( $f(x_2)$ ) anwendet, erhält man wieder eine Fläche. Nun ist es logisch, dass die Fläche des tiefsten Funktionswerts kleiner ist als die Fläche des grössten Funktionswert und dass der Flächeninhalt der Fläche, welche durch das Integral bestimmt wird, dazwischen liegt. Bei einer stetigen Funktion gibt es dann sicherlich eine Zahl, mit welcher man  $(b-a)$  multiplizieren kann, damit man den Flächeninhalt des Integrals bekommt. Diese Zahl muss logischerweise zwischen  $f(x_1)$  und  $f(x_2)$  liegen. Daraus folgt, dass der Mittelwertsatz stimmt.

## (B) Lernwirksame Methoden

### Metakognition - Beispiele

- a) Könnte ich einem Laien das Konzept der Umkehrfunktion erklären? Fühle ich mich insbesondere sicher und kompetent bei der Definition der Umkehrfunktion und ihrer formalen charakteristischen Eigenschaft?
- b) Bin ich in der Lage, anhand guter Skizzen und aber auch mittels mathematischer Definitionen zu erklären, was man unter einer (i) surjektiven, (ii) injektiven, (iii) bijektiven Funktion versteht und weshalb (im Hinblick auf welche Fragen) das wichtig ist?
- c) Könnte ich Beispiele von Funktionen angeben, die (i) bijektiv, (ii) injektiv, aber nicht surjektiv, (iii) surjektiv, aber nicht injektiv, (iv) weder injektiv, noch surjektiv sind?
- d) Fühle ich mich ganz sicher und kompetent bei der Frage, wie konkret die Umkehrfunktion einer (bijektiven) Funktion bestimmt werden kann und was für eine Rolle der Definitions- und der Wertebereich dabei spielt?
- e) Habe ich gut verstanden, wie man eine quadratische Funktion in bijektive Teilfunktionen aufspalten und zu jeder eine Inverse angeben kann?
- f) usw.

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!  
Fragen / Bemerkungen?**

