

Wie entsteht transferierbares Wissen?

Elsbeth Stern

Professur für Lehr- und Lernforschung



Transfer: können was nicht gelehrt und geübt wurde

- Unrealistische Vorstellungen: Das Gehirn wird unspezifisch trainiert
- Latein fördert logisches Denken

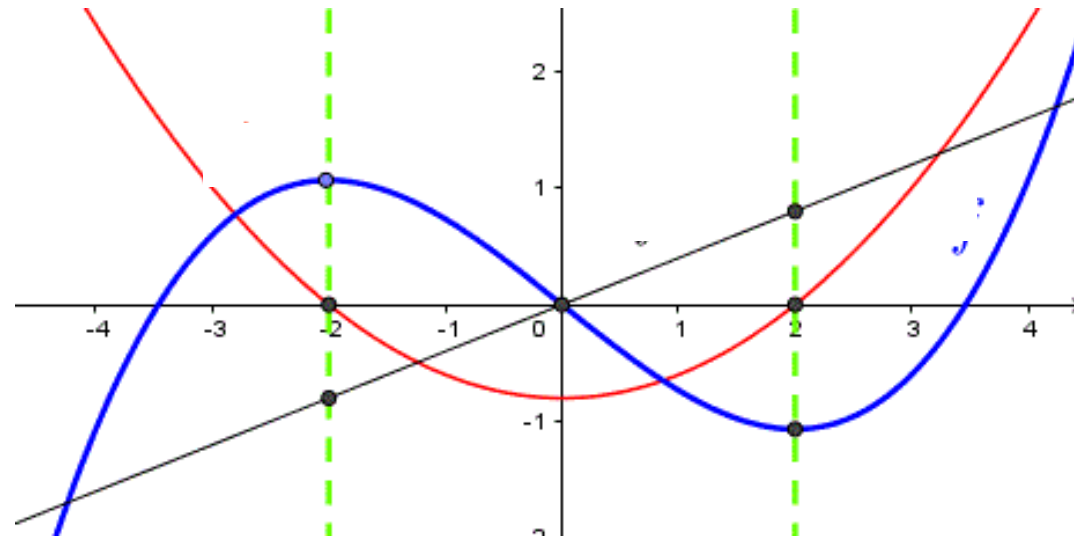


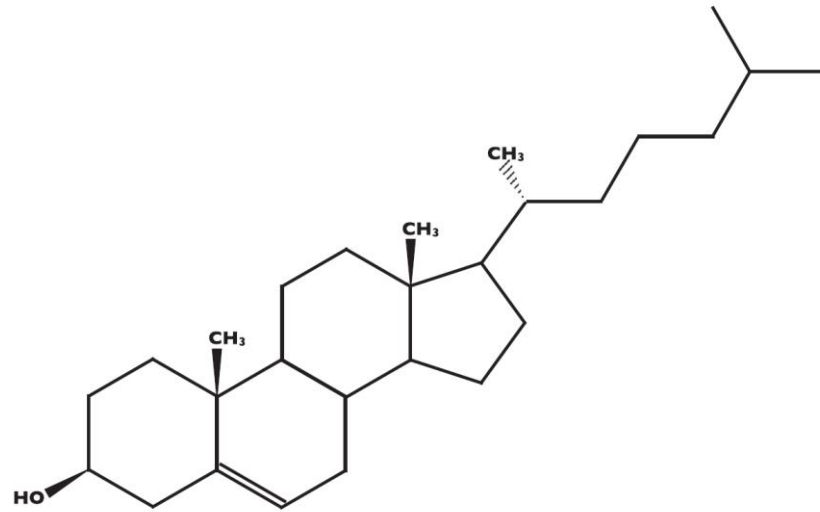
Transfereffekte durch Latein?

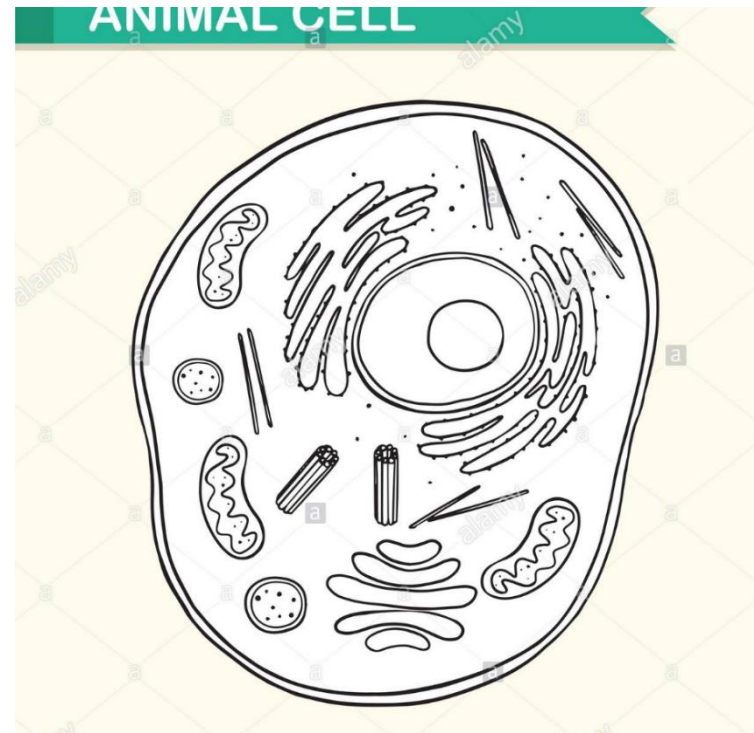
- Friedrich Gedike (1754-1803): „Im Falle Du Dein Griechisch und selbst Dein Latein vergissegst, so sei versichert, dass dennoch der Vorteil Dir bleibt, durch beides Deinem Geiste jene Bildung, jene Geschmeidigkeit verschafft zu haben, die auch in Deinem Geschäfte mit übergeht.“
- Johann Friedrich Herbart (1776-1841): „Der Verstand der Grammatik bleibt in der Grammatik, der Verstand der Mathematik bleibt in der Mathematik. Die Lobeserhebungen der formellen Bildung durch lateinische Grammatik könnte man sparen.“

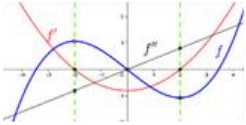
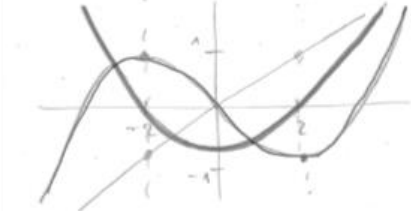
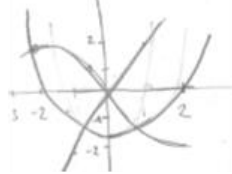
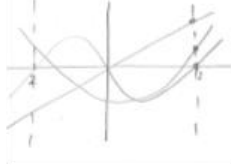
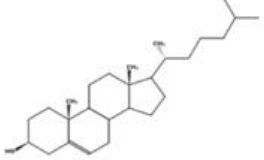
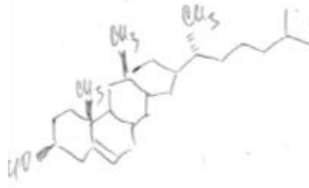
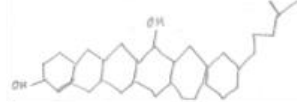
Transfer: können was nicht gelehrt und geübt wurde

- Unrealistische Vorstellungen: Das Gehirn wird unspezifisch trainiert
- Latein fördert logisches Denken
- Musik fördert mathematische Kompetenzen
- Hirnjogging (Executive Funktionen): Keine Transfereffekte
- Die Merkfähigkeit ist vom Inhalt abhängig







To be memorized	Mathematics student	Chemistry student	Biology student
			
			
			

Wissen ist im Gehirn repräsentiert und wird gebraucht, um uns handlungs- und denkfähig zu machen

Denken (Reflexionswissen):
Fakten und Konzepte, die über Symbolsysteme erworben und kommuniziert werden.
Dem Bewusstsein zugänglich, ermöglichen schlussfolgerndes Denken und reflektierte Entscheidungen

Explikation



Verdichtung

Handeln (automatisierte Abläufe, zu Mustern gebündelte Wahrnehmungselemente): Können (fast) ohne Aufmerksamkeitssteuerung genutzt werden, entstehen durch Wiederholung

Handlungswissen

Beispiel Lesen:

Berufsfachschule

Beruf s fach schule

Ber ufs fa ch sch ule

B e r u f s f a c h s c h u l e

Ehct ksras! Das ghet wicklirh!
Luat eneir Sutide eneir elgnihcesn
Uvinisterät ist es nchit witihcg, in
wlecehr Rneflogheie die
Bstachuebn in eneim Wrot
vrommkeon. Das enizig Wcthieig
ist, dsas der estre und der leztte
Bstabchue an der ritihcegn
Pstoiion setehn. Der Rset knan
ein ttoaelr Bsinöldn sien,
tedztorm knan man ihn onhe
Pemoblre lseen. Das ist so, wiel
wir nciht jeedn Bstachuebn
enzelin leesn, snderon das Wrot
als gseatems.
Und jzett veil Sapß biem Rltsäen!

Schlussfolgerndes Denken: Was ist ein SAOLA?

- Ein in Vietnam lebendes Huftier
- Obwohl Sie immer noch nicht wissen, wie ein Saola aussieht, wissen Sie jetzt:
 - Ein Saola ist ein Säugetier, lebt mit grosser Wahrscheinlichkeit von Pflanzen und hat ein Fell (es sei denn, es ist ein Schwein) und könnte ein Wiederkäuer sein
 - Sie sind sich bewusst, was Sie NICHT genau wissen können (Farbe kann schwarz, braun, beige oder weiss sein) und Grösse (kann zwischen ca. 30 cm und 2m variieren, mit grosser Wahrscheinlichkeit liegt es dazwischen)



Sao La

Was ist das?

Chinesischer Schopfhund



Warum war es nicht schwer für Sie, zu verstehen, dass es einen Chinesischen Schopfhund gibt?



Sie haben reichhaltiges Wissen über Hunde und Hunderassen, weshalb Sie lediglich Ihr konzeptuelles Wissen **ERWEITERN** mussten. Das neue Wissen fügt sich widerspruchsfrei in das bestehende Wissen ein.

Sind das Maschinen?

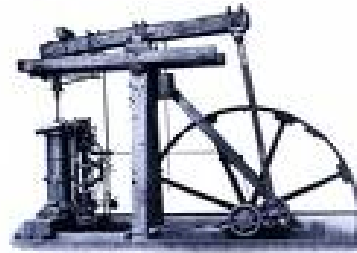


PLATE 88. THE "LAMP" ENGINE, 1788
Drawing by the Inventor (Goussier)

Unter einer **Maschine** versteht man in der Physik Vorrichtungen, welche Ansatzpunkt, Richtung oder GröÙe einer Kraft verändern, um die vorhandene Kraft möglichst zweckmäßig zur Verrichtung von Arbeit einzusetzen.

Und das?



Grösste Herausforderung beim schulischen Lernen auf ALLEN Altersstufen: Radikale Umstrukturierung von Begriffswissen

- Säugetier
- Gewicht
- Trägheit
- Affe und Mensch
- Gleichheitszeichen: $1+2=3+3=6+4=10+5=15..$

Auch Faktenlernen kann kognitiv aktivierend sein

Welche Multiplikationsaufgaben führen zu welcher Zahl?

1: 1×1

2: 1×2 , 2×1

3: 1×3 , 3×1

4: 1×4 , 4×1 , 2×2

5: 1×5 , 5×1

6: 1×6 , 6×1 , 2×3 , 3×2

7: 1×7 , 7×1

8: 1×8 , 8×1 , 2×4 , 4×2 , $2 \times 2 \times 2$

9: 1×9 , 9×1 , 3×3

Zwischenfazit zum Wissensaufbau beim schulischen Lernen

- Handlungswissen und Mustererkennung durch Wiederholungsübungen fördern, möglichst häufig im sinnstiftenden Kontext
- Konzeptuelle Erweiterung: Direkte Instruktion spart Zeit
- Konzeptuelle Umstrukturierung: Für kognitiv aktivierende Lernformen, die eine kritische Auseinandersetzung mit dem eigenen Wissen erfordern, genügend Zeit einplanen
- Bereichsübergreifendes Wissen: Sprache in Wort und Schrift, grosse Teile der Mathematik, graphisch-visuelle Veranschaulichungen
- Lern- und Denkstrategien: Sie fallen als Nebenprodukt des inhaltlichen Lernens ab und sollten nicht isoliert behandelt und geübt werden
- **Situierte Kognition (Mangel an Transfer) ist auch bei verwandten Fächern und selbst innerhalb von Fächern die Regel**

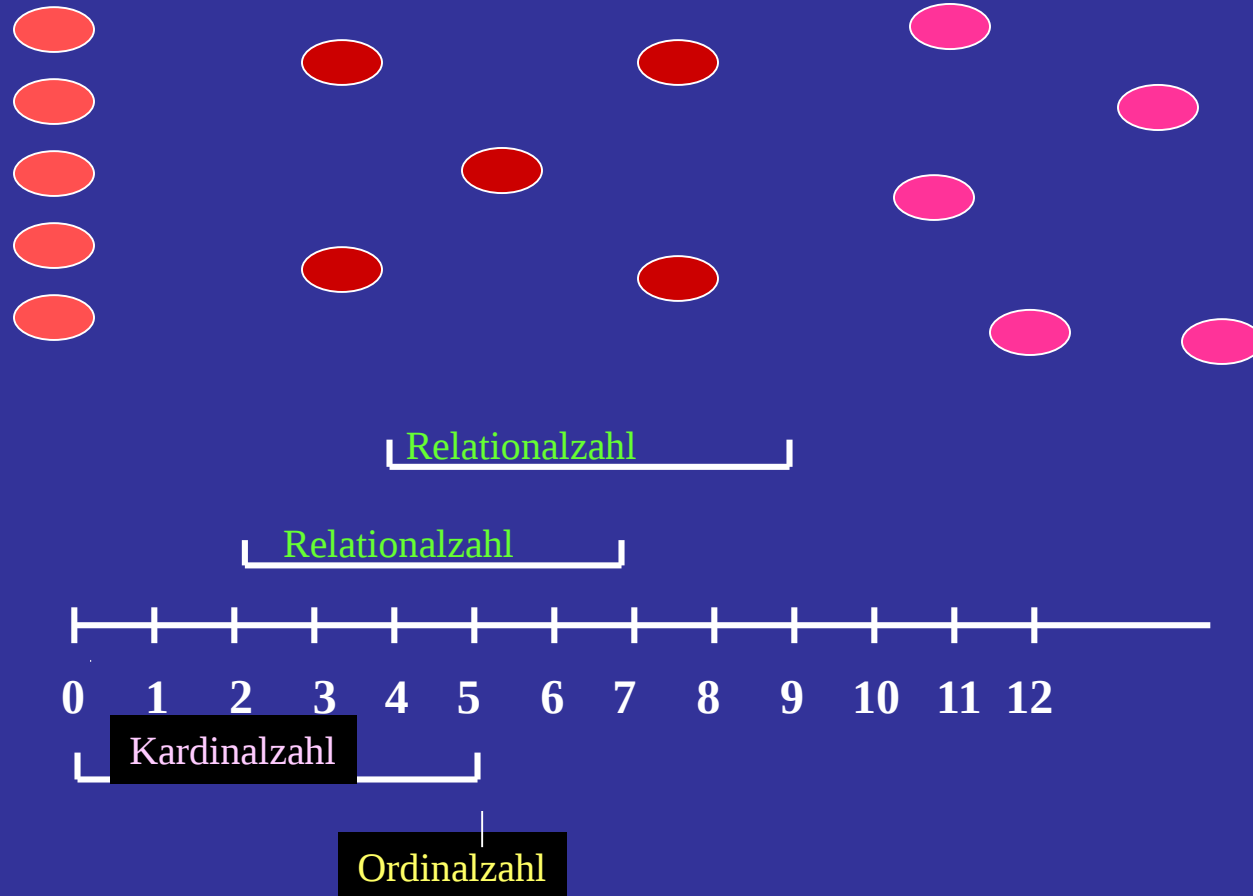


Hier sind 5 Vögel und hier sind 3 Würmer.
Stell dir vor, alle Vögel fliegen los und jeder versucht,
einen Wurm zu bekommen.

Wie viele Vögel bekommen keinen Wurm? **96%**

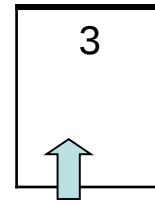
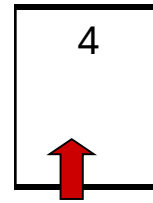
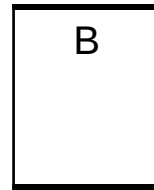
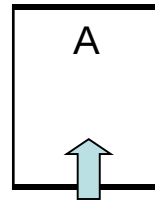
Wie viel mehr Vögel als Würmer gibt es? **25%**

Darstellungsformen von „5“



Deduktives Schlussfolgern: Wason Selection Task

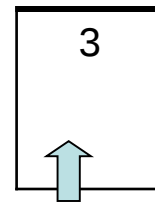
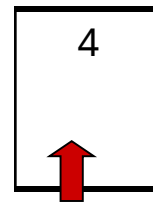
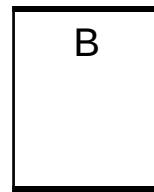
Es gibt Karten, bei denen auf einer Seite ein Buchstabe und auf der anderen Seite eine Zahl steht. Welche der folgenden Karten muss man unbedingt umdrehen, um folgende Regel zu überprüfen: **Wenn auf einer Seite der Karte ein Vokal steht, muss auf der anderen Seite eine gerade Zahl stehen.**



10% korrekt
90% falsch

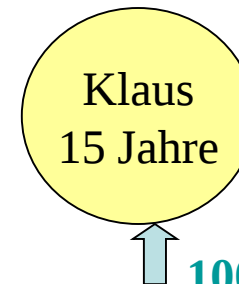
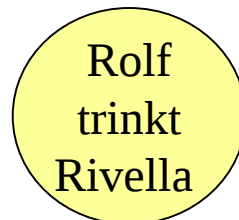
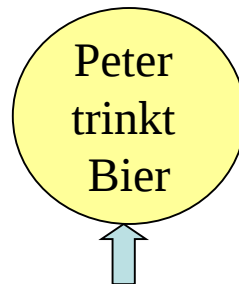
Deduktives Schlussfolgern: Wason Selection Task

Welche Karten muss man umdrehen, um folgende Regel zu überprüfen: **Wenn auf einer Seite der Karte ein Vokal steht, muss auf der anderen Seite eine gerade Zahl stehen.**



10% korrekt
90% falsch

Wessen Getränk bzw. wessen Alter muss die Polizei überprüfen, um die Einhaltung des Jugendschutzgesetzes in der Disko zu gewährleisten:
Wenn man Bier trinkt, muss man mindestens 16 Jahre alt sein.



100% korrekt

Wichtige Erkenntnisse zur Transferforschung

- «Concreteness Fading» als Methode kann sinnvoll sein, aber Transfer wird dadurch nicht automatisch gefördert

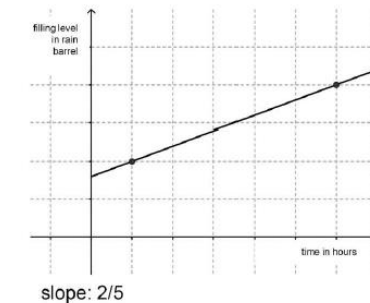
Journal of Educational Psychology
2018, Vol. 110, No. 4, 596–610

© 2017 American Psychological Association
0022-0663/18/\$12.00 <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000234>

When Problem-Solving Followed by Instruction Is Superior to the Traditional Tell-and-Practice Sequence

Lennart Schalk
ETH Zurich, Zurich, Switzerland, and Schwyz University of
Teacher Education, Goldau, Switzerland

Ralph Schumacher, Armin Barth, and Elsbeth Stern
ETH Zurich, Zurich, Switzerland



- Für Transfer in Mathematik braucht man abstrakte Modelle

Warum lässt sich in wissenschaftlichen Studien Transfer so selten nachweisen?

- Weil es ihn nicht gibt?
- Oder weil man nicht richtig sucht?
- Kurzfristige experimentelle Studien sind nicht geeignet
- Preparation for future learning: Längere Lerngelegenheiten bei der zu transferierenden Kompetenz
- Double Treatment: Lerngelegenheit bei Anwendungsaufgabe

Schweizer MINT-Studie (Start: 2011)

Einsatz der KiNT-Kisten in der
Primarschule



Das Team der Schweizer MINT-Studie



Projektleitung
Ralph Schumacher & Elsbeth Stern



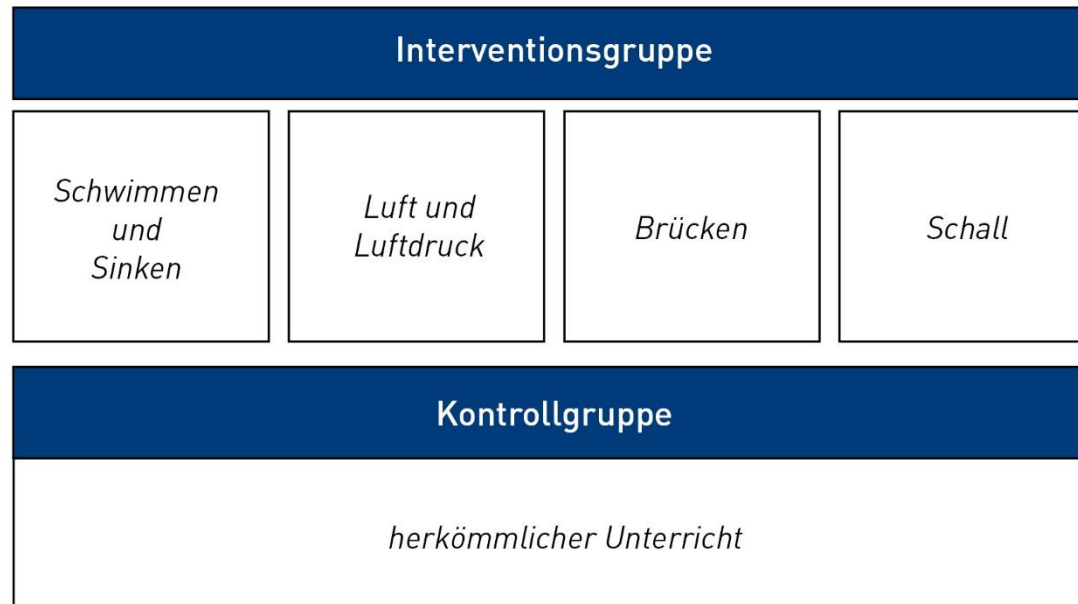
Frühere Postdocs, jetzt Professoren
Anne Deiglmayr (Universität Leipzig),
Lennart Schalk (PH Schwyz)



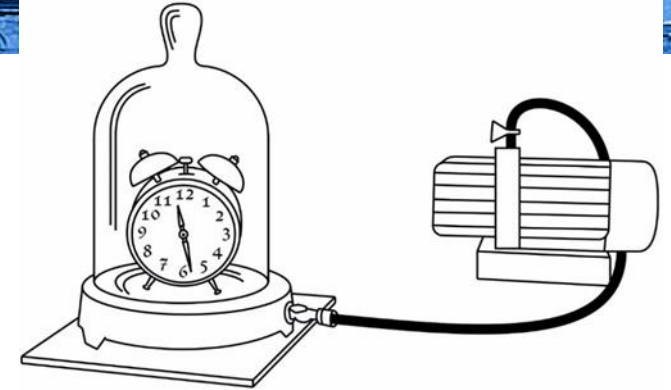
Abgeschlossene Doktorand*innen:
Christian Thurn (2021), Peter
Edelsbrunner (2017), Sonja Peteranderl
(2019), Ursina Markwalder (2019)

Aufbau der Studie

Primarschule
Klasse 1 – 6



Ca. 12'000 SuS und 600 Klassen



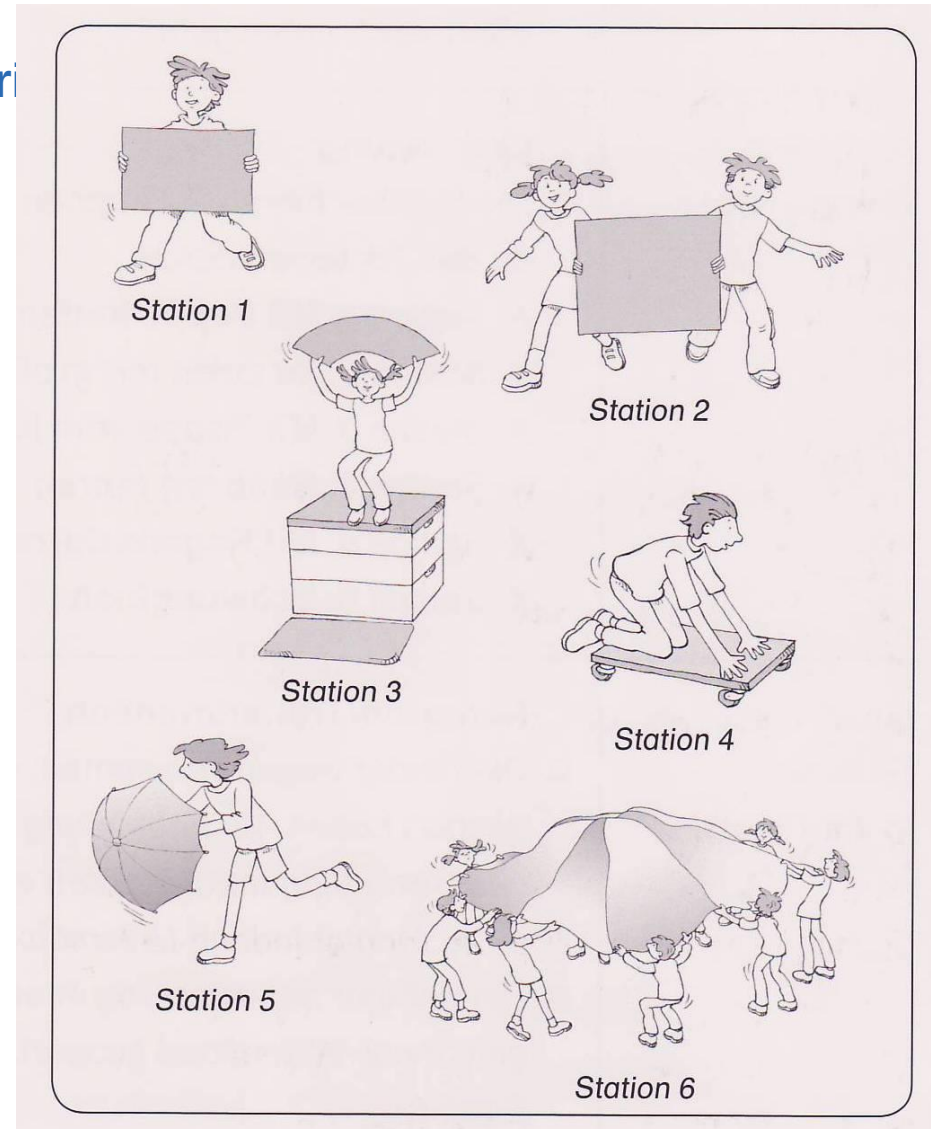
Follow-up Studien zu bereichsspezifischen und übergreifenden Kompetenzen

Wodurch zeichnen sich diese Unterrichtsmateri

- **Anknüpfen an das Vorwissen**
- **Kognitive Aktivierung**
- **Fokussierte Verarbeitung**

Luft ist nicht Nichts.

Luft bremst.

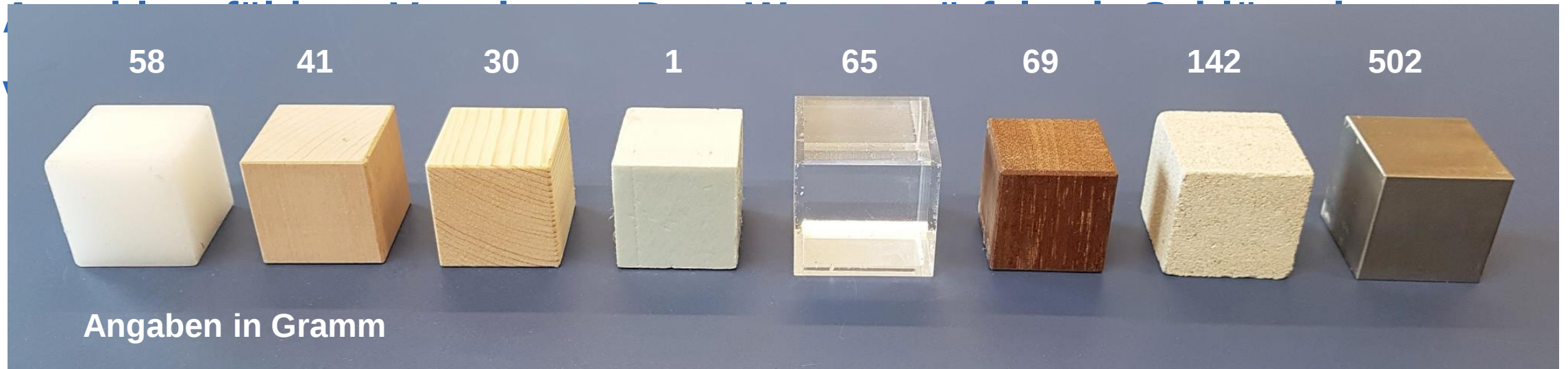


Wodurch zeichnen sich diese Unterrichtsmaterialien aus?

- Anknüpfen an das Vorwissen
- **Kognitive Aktivierung**
- **Fokussierte Verarbeitung**

Warum schwimmt ein grosses schweres Schiff aus Stahl, während ein kleines leichtes Stück Stahl untergeht?





Alles, was leichter ist als ein gleich grosser Wasserwürfel, schwimmt – und alles, was schwerer ist als ein gleich grosser Wasserwürfel, sinkt.

Wodurch zeichnen sich diese Unterrichtsmaterialien aus?

- Anknüpfen an das Vorwissen
- **Kognitive Aktivierung**
- Fokussierte Verarbeitung



• Kognitive Aktivierung



Abb. 69: Ein Kind pumpt mit der Vakuumpumpe die Luft aus einem Glas mit einem Schokokuss.

Box 2

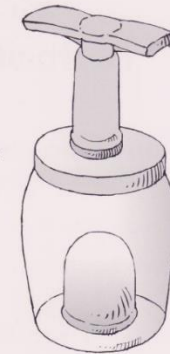
3./4. Schuljahr

Forscherbuch

3. Unterrichtseinheit

Sequenz 5: Die Wirkung des Luftdrucks anhand verschiedener Versuche erfahren

Station 6: Schokokuss im Glas



1. Lege den ganzen Schokokuss (in Österreich: Schwedenbombe) ins Glas, und schraube das Glas zu!
2. Pumpe die Luft aus dem Glas! Kräftig!
3. Beobachte dabei den Schokokuss.

Was wird passieren? Meine Vermutung:

Meine Beobachtung:

Meine Erklärung:

Meine Zeichnung (auf der Rückseite):

Was passiert, wenn du die Luft wieder in das Glas hineinlässt?

Mein Forscherbuch

Ein Metalldraht wird ins Wasser getaucht.

Was passiert?

geht unter ☐

steigt nach oben ☐

- ☒ weil er sich festhält.
- ☐ weil das weggedrängte Wasser weniger wiegt als der Metalldraht.
- ☐ weil er so lang und dünn ist.
- ☐ weil das weggedrängte Wasser mehr wiegt als der Metalldraht.
- ☐ weil er aus Metall ist.
- ☒ weil er vom Wasser nicht stark genug nach oben gedrückt wird.
- ☒ weil er so leicht ist.



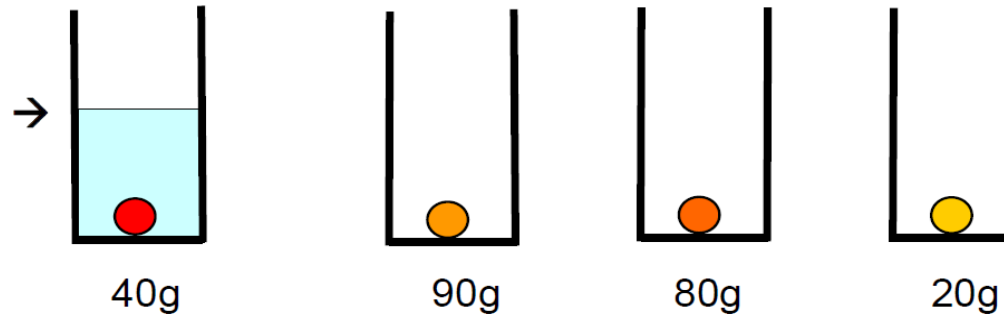
Beispielaufgaben Schwimmen & Sinken

Hier sind vier gleich große Kugeln.
Sie sind unterschiedlich schwer.

Wie hoch steigt das Wasser im Glas bei jeder Kugel?

Zeichne jeweils den Wasserstand ein.

So hoch steigt das
Wasser, wenn man
die rote Kugel in das
Glas legt.



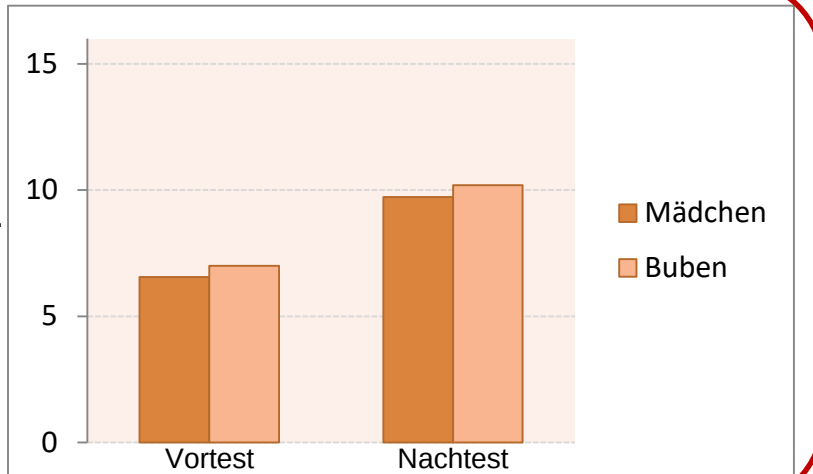
Frage 1: Können Schülerinnen und Schüler bereits in der Primarschule vom Physikunterricht profitieren?

Effektstärken in Cohens d

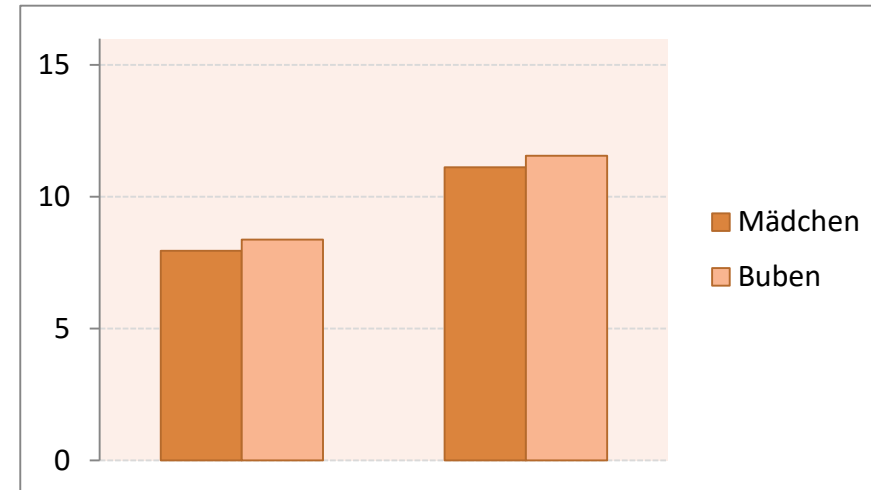
Interventionsgruppe					
<i>unit</i>	<i>N</i>	<i>gain</i>	<i>standard deviation</i>	<i>p-value</i>	<i>effect size</i>
Air	6094	3.12	2.67	<.001	1.20
Sound	4935	3.39	2.92	<.001	1.16
Floating & Sinking	5290	4.21	3.22	<.001	1.31
Bridges	3832	3.12	2.52	<.001	1.24
Kontrollgruppe					
<i>unit</i>	<i>N</i>	<i>gain</i>	<i>standard deviation</i>	<i>p-value</i>	<i>effect size</i>
Air	539	0.62	2.50	<.001	0.24
Sound	332	0.75	3.00	<.001	0.25
Floating & Sinking	566	0.53	2.04	<.001	0.26
Bridges	155	0.54	2.19	.002	0.25

Mädchen und Jungen profitieren in vergleichbarem Umfang vom Unterricht

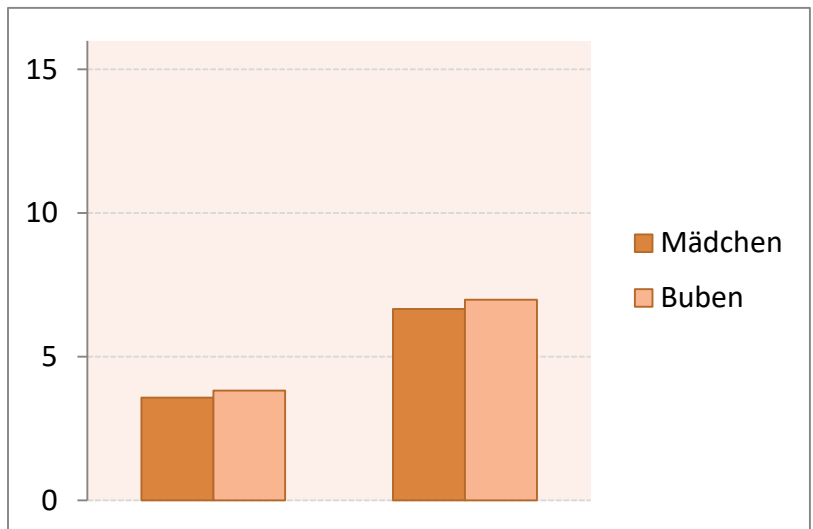
LL



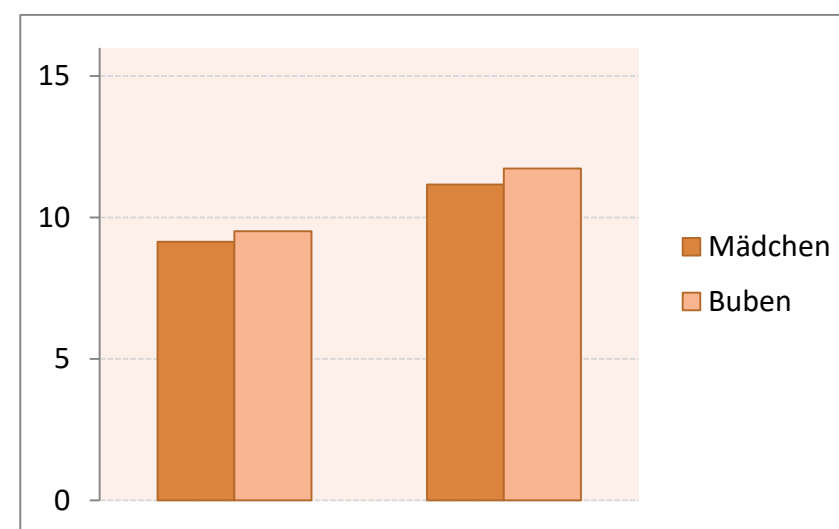
S



SS

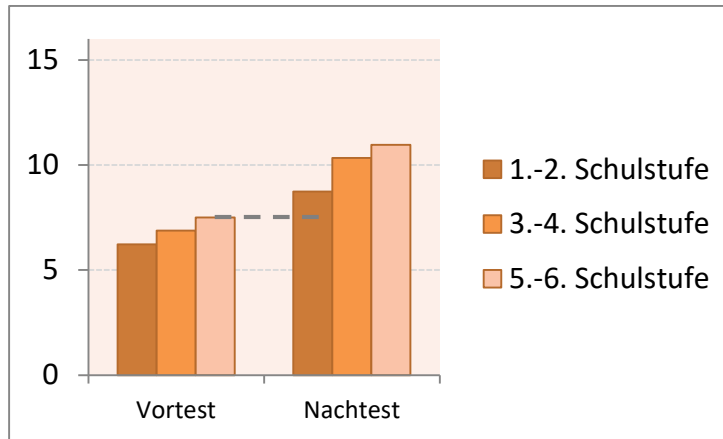


B

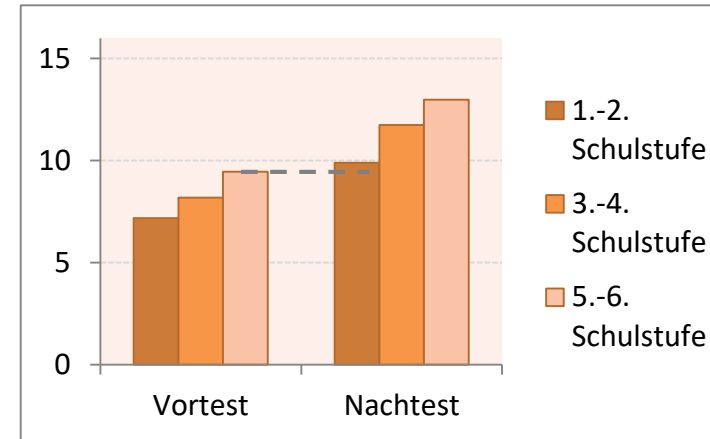


Spontane Lerngewinne gering

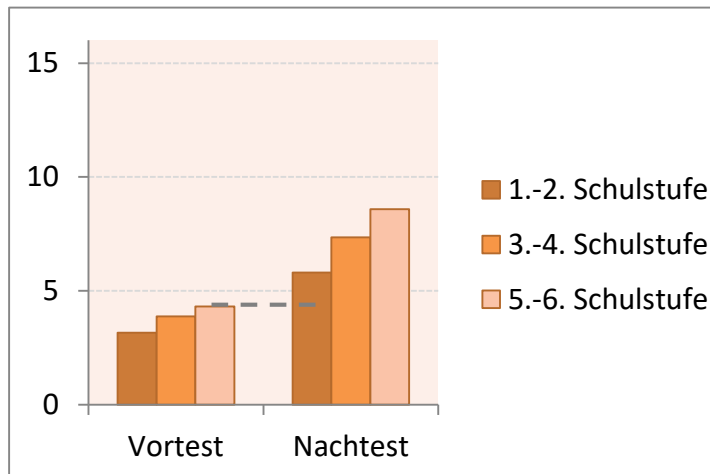
LL



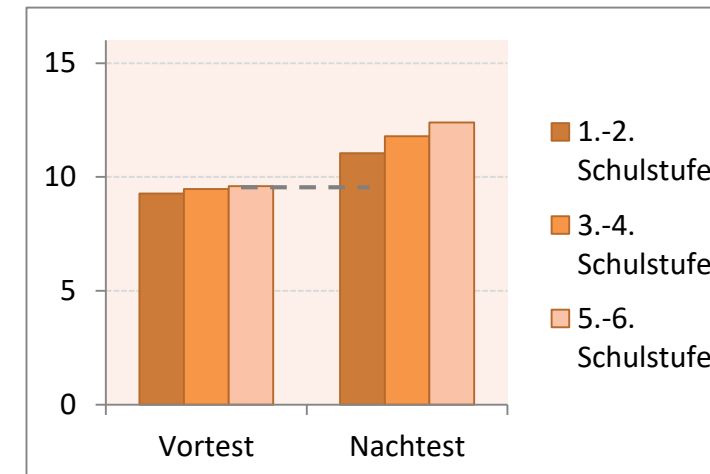
S



SS



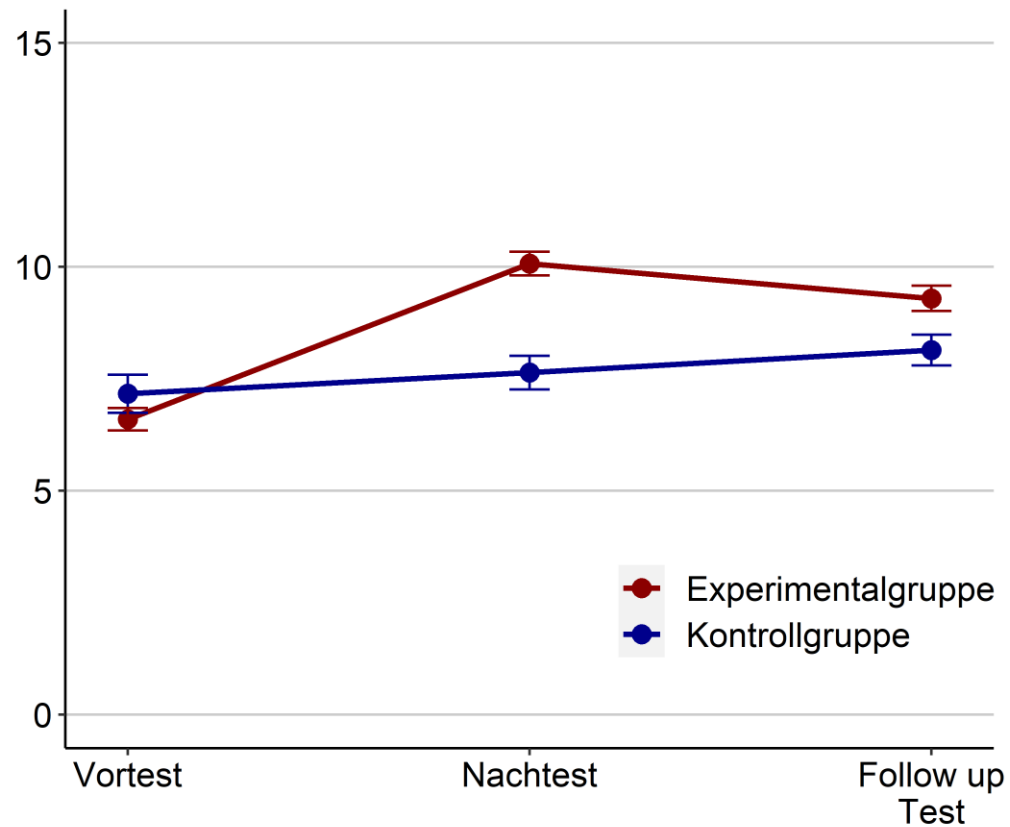
B



Frage 2: Sind die Lerngewinne über die Zeit stabil?

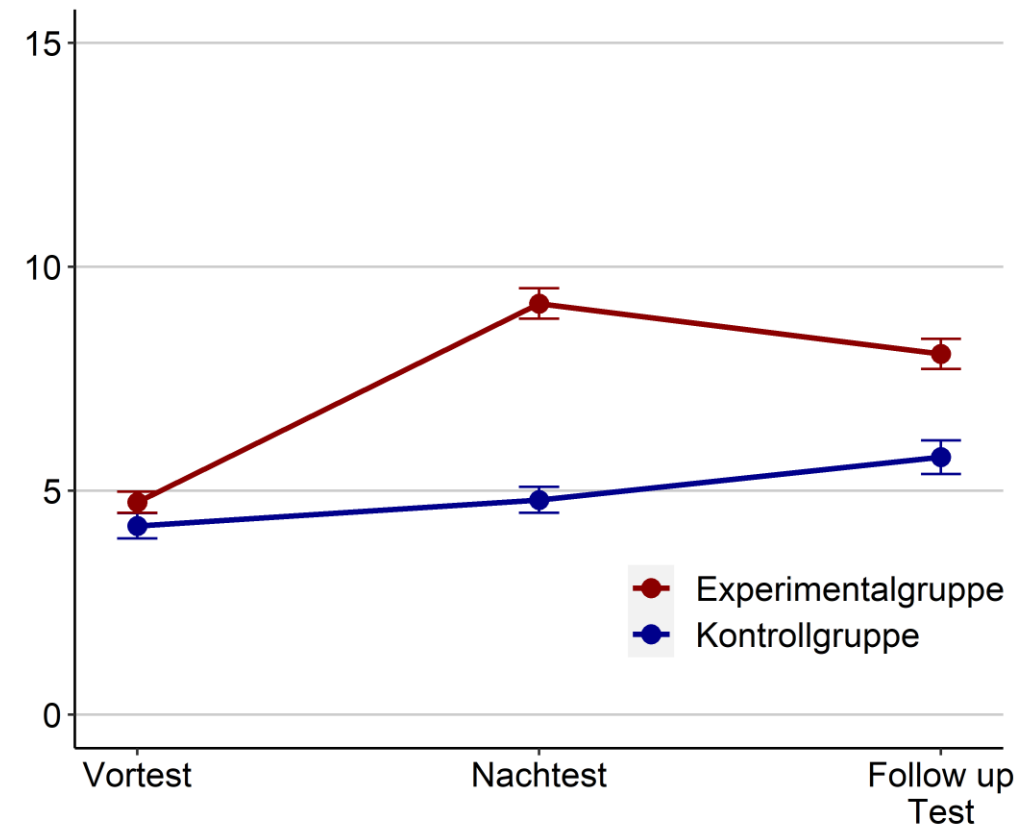
N = 368

Luft und Luftdruck



N = 458

Schwimmen & Sinken



Frage 3: Können die Schülerinnen und Schüler ihr
Inhaltswissen später zur Bewältigung neuer Anforderungen
nutzen?

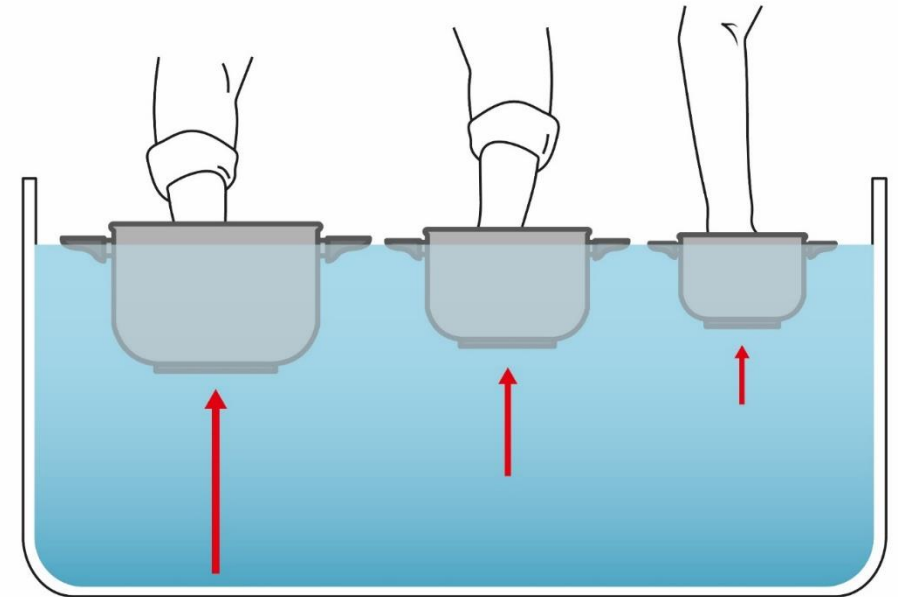
Lernziel in der Primarschule: Das Archimedische Prinzip

Wenn der eingetauchte Gegenstand leichter ist als das verdrängte Wasser, dann schwimmt er im Wasser, sonst geht er unter.

Please cite as:

Edelsbrunner, P.A., Schumacher, R., Hänger-Surer, B., Schalk, L., & Stern, E. (in press).

Preparation for future conceptual learning: Content-specific long-term effects of early physics instruction. *Journal of Educational Psychology*. <https://doi.org/10.1037/edu0000887>



Wie entsteht die Auftriebskraft?

Lektion 3: Experimente zum Wasserdruck

Der Wasserdruck nimmt mit der Tiefe linear zu.

Das Wasser drückt von unten stärker als von oben.

Darum drückt es eingetauchte Gegenstände nach oben.

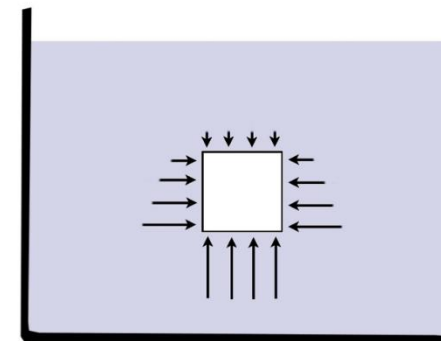
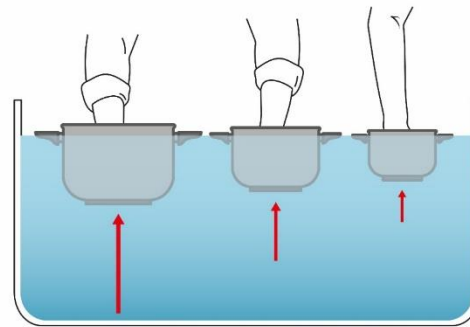
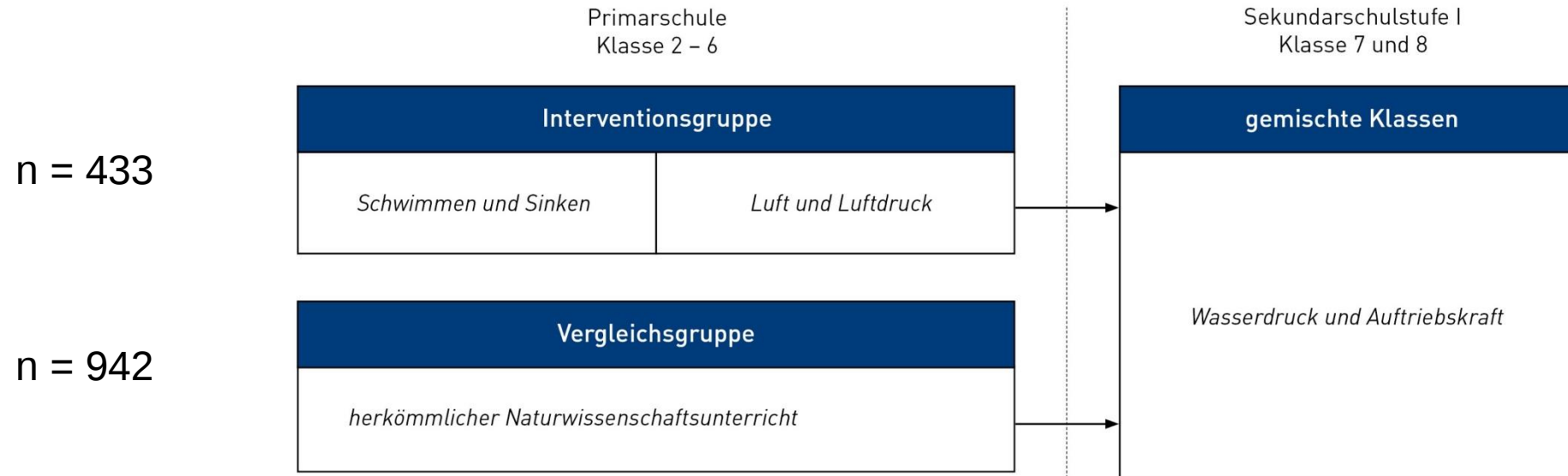


Lektion 3

Station 2: Glas mit Deckel II

Überlege, was passiert, wenn das Glas mit Deckel im Wasser gedreht wird. Hält die Platte, ohne dass du den Deckel an das Glas drückst?

	Vermutung	Überprüfung
	☐ hält ☐ fällt runter	☐ hält ☐ fällt runter
	☐ hält ☐ fällt runter	☐ hält ☐ fällt runter
	☐ hält ☐ fällt runter	☐ hält ☐ fällt runter



Schweizer MINT-Studie: Vorbereitung auf zukünftiges Lernen

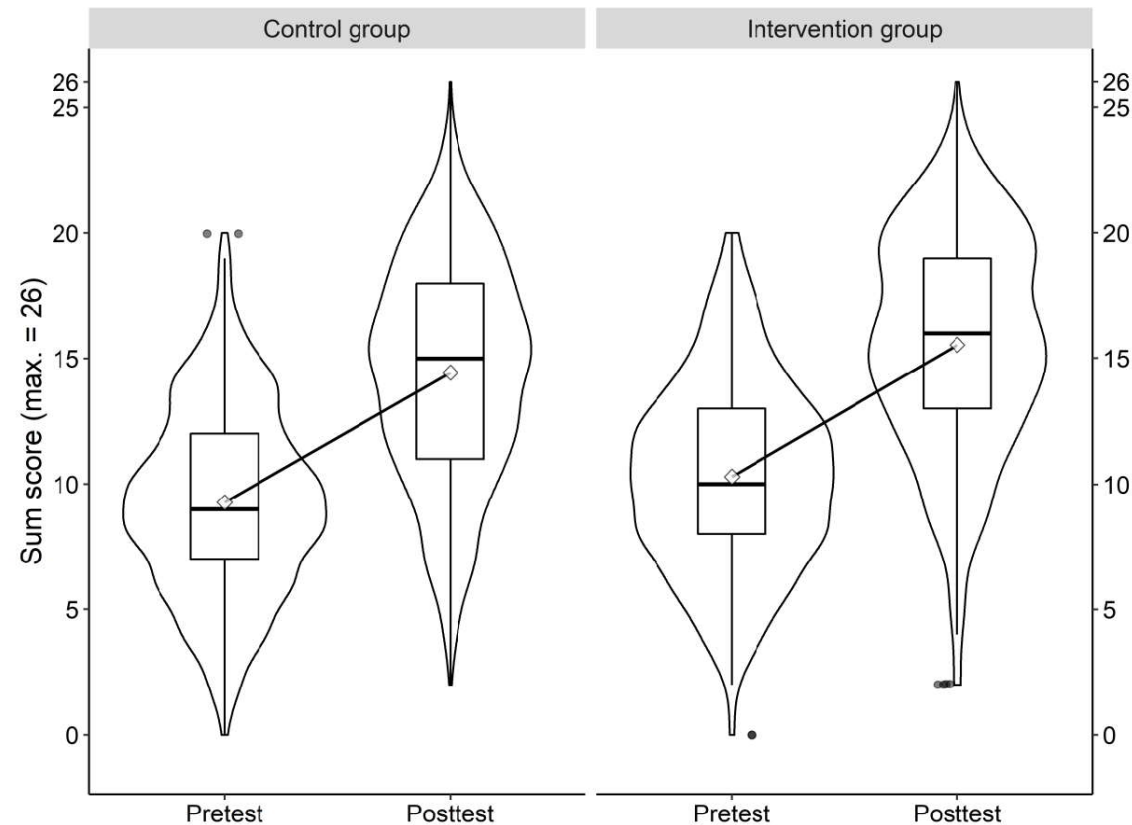
Die Schülerinnen und Schüler in der Interventionsgruppe haben von dem neuen Unterrichtsangebot deutlich stärker profitiert als die Schülerinnen und Schüler in der Vergleichsgruppe.

Versuchsgruppe:

- Vortest: 10.29
- Nachtest: 15.54

Vergleichsgruppe:

- Vortest: 9.27
- Nachtest: 14.43



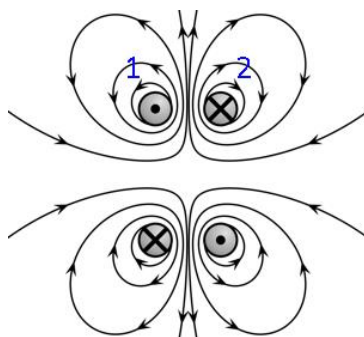
CHANGE IN CONCEPTUAL UNDERSTANDING: THE ROLE OF LEARNING OPPORTUNITIES, PRIOR KNOWLEDGE, AND INTELLIGENCE

Christian Maximilian Thurn



Figure 1.

Test item on the electromagnetic field.



In the figure on the left you see the magnetic field of four cables which are current-carrying.

Which answer applies for cable 1 and 2?

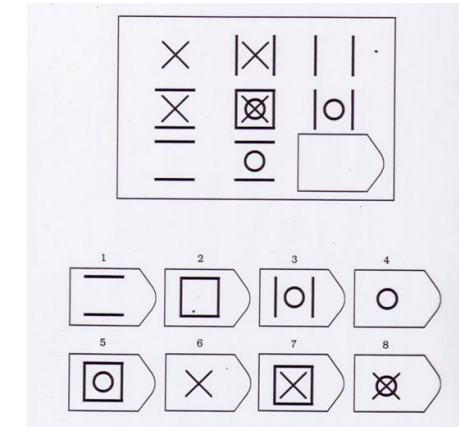
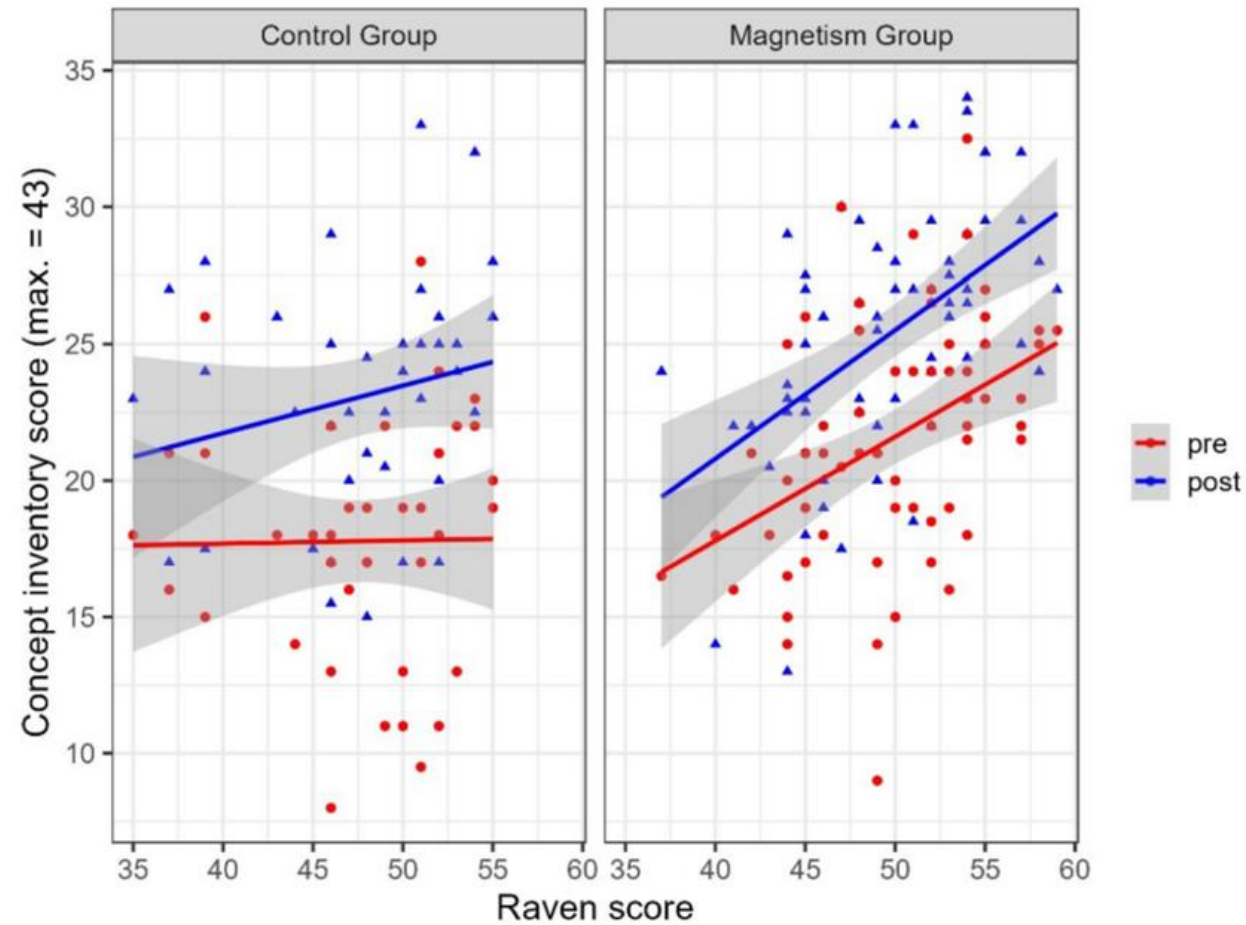
Cable 1 and 2

- a) Attract each other
- b) Repel each other
- c) Do not exercise any force on each other
- d) Turn orthogonally to each other
- e) Wind themselves up

Studie mit 15 jährigen (IQ >110) zum Verständnis von elektromagnetischen Feldern

UV: vorangegangenes Training in Magnetismus in der Schule oder nicht

AV: Nachtestleistung im Test zu elektromagnetischen Feldern

Figure 6*Effect of Intelligence on Pre- and Posttest Score by Group*

Wenn Intelligenz und Vorwissen
zusammenkommen

Frage 4: Werden durch das Experimentieren bereichsübergreifende Kompetenzen aufgebaut?

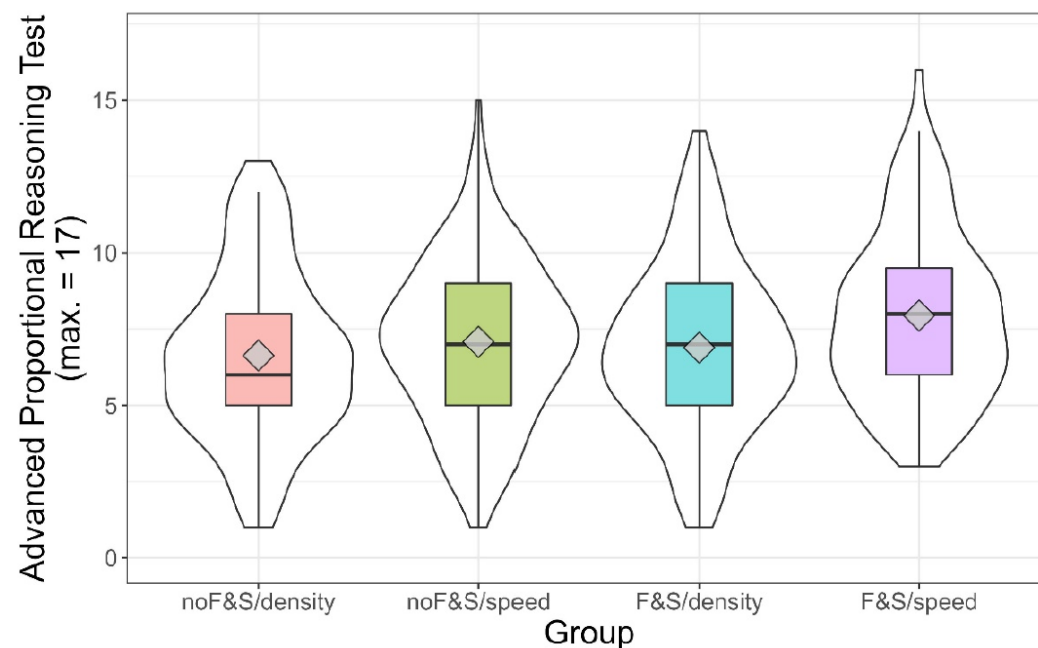
1. Sprache: Ursina Markwalder
2. Proportionales Denken
3. Experimentierfähigkeit



Article

The Role of Prior Knowledge and Intelligence in Gaining from a Training on Proportional Reasoning

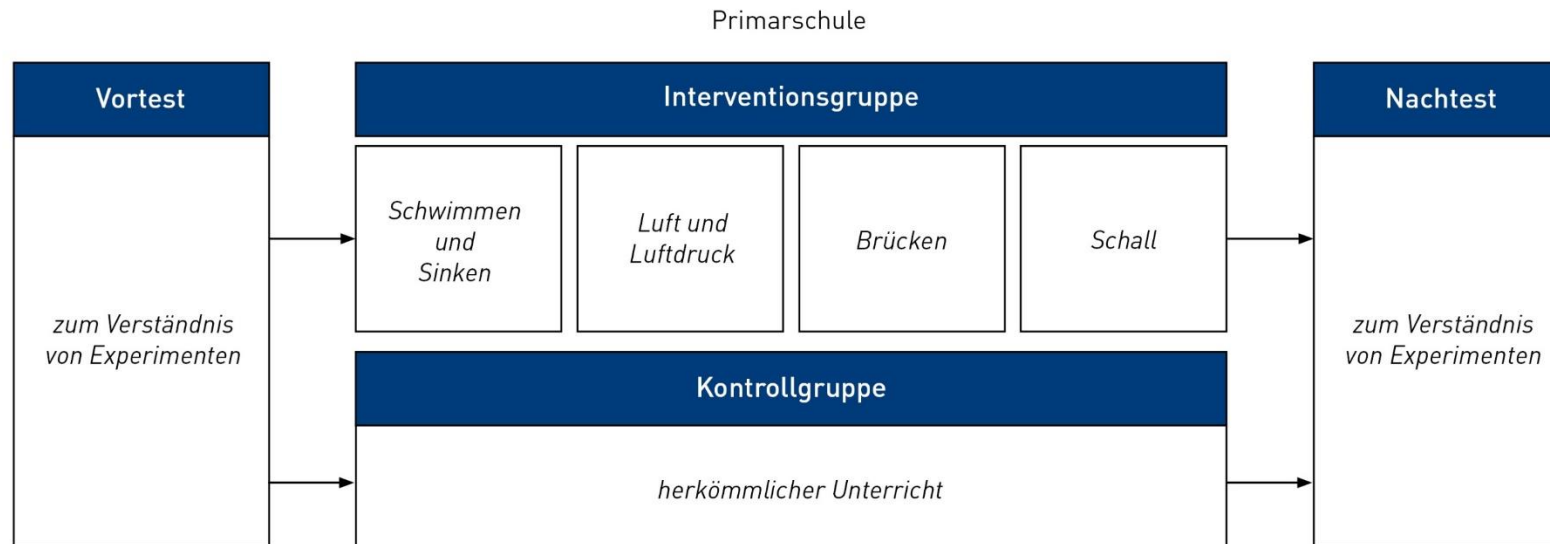
Christian Thurn ^{1,*} , Daniela Nussbaumer ², Ralph Schumacher ³ and Elsbeth Stern ¹



Frage: Bereitet ein Curriculum zur Dichte SuS auf proportionales Denken vor, wenn dieses am Beispiel von Dichte eingeführt wurde?

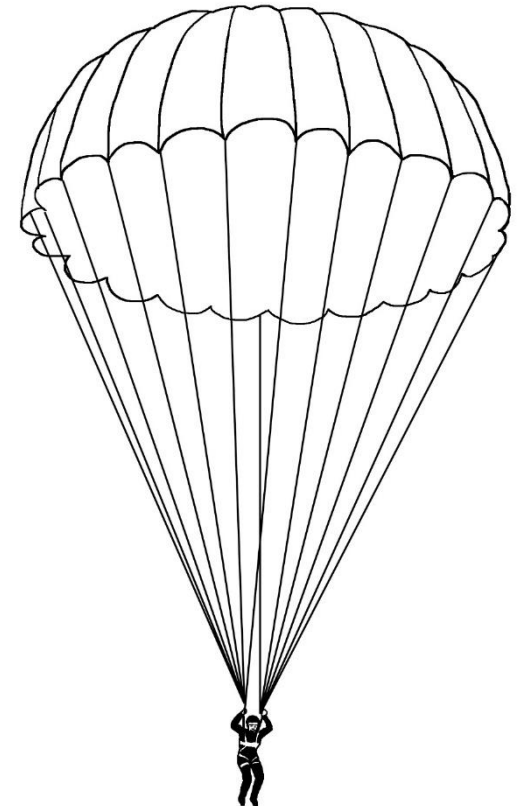
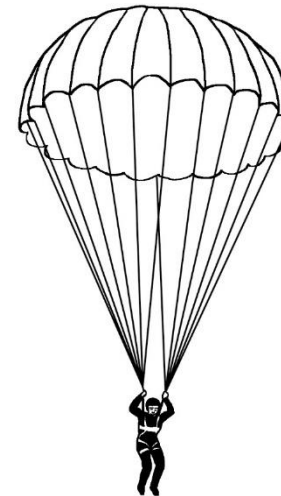
Ja, aber....

Das Verständnis von Experimenten (Variablenkontrolle)



Werden durch das Experimentieren bereichsübergreifende Kompetenzen aufgebaut?

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit Experimente aussagekräftig sind?



Bremst ein grosser Fallschirm besser als ein kleiner – und welche Fallschirme muss ich miteinander vergleichen, um das herauszufinden?



Contents lists available at ScienceDirect

Learning and Instruction

journal homepage: www.elsevier.com/locate/learninstruc



Improved application of the control-of-variables strategy as a collateral benefit of inquiry-based physics education in elementary school

Lennart Schalk^{a,b,*}, Peter A. Edelsbrunner^b, Anne Deiglmayr^b, Ralph Schumacher^b, Elsbeth Stern^b

^a PH Schwyz, Goldau, Switzerland

^b ETH Zurich, Zurich, Switzerland

ARTICLE INFO

ABSTRACT

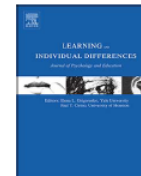
Learning and Individual Differences 66 (2018) 38–53



Contents lists available at ScienceDirect

Learning and Individual Differences

journal homepage: www.elsevier.com/locate/lindif

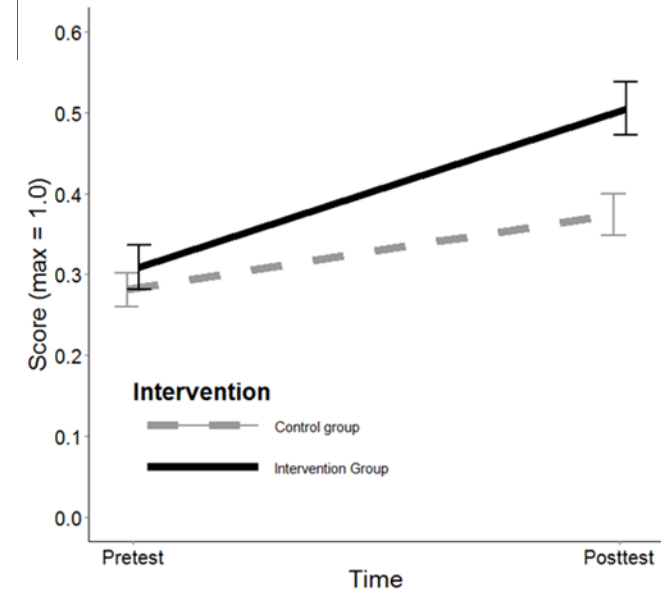


Variable control and conceptual change: A large-scale quantitative study in elementary school

Peter A. Edelsbrunner^{a,*}, Lennart Schalk^b, Ralph Schumacher^a, Elsbeth Stern^a

^a ETH Zurich, Switzerland

^b ETH Zurich, PH Schwyz, Switzerland



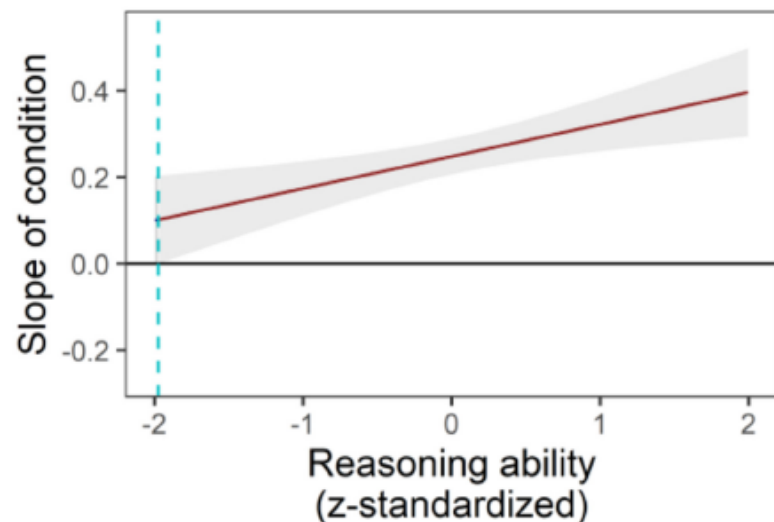
CVS als Voraussetzung für und als Ergebnis von Physiklernen

What Skills Related to the Control-of-Variables Strategy Need to Be Taught, and Who Gains Most? Differential Effects of a Training Intervention

Sonja Peteranderl¹, Peter Adriaan Edelsbrunner¹, Anne Deiglmayr², Ralph Schumacher¹, and Elsbeth Stern¹

¹ D-GESS, ETH Zurich

² Empirische Schul- und Unterrichtsforschung, University of Leipzig



Matthäus-Effekt

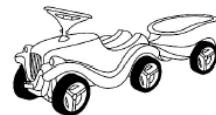
Bobbycar

Susi verkauft in ihrem Laden unterschiedliche Sorten von Bobbycars:

- Bobbycars mit Stahlreifen oder mit Gummireifen.
- Bobbycars mit oder ohne Anhänger.
- normale rote Bobbycars oder Rennautos mit Flammenmuster.

Susi möchte schon lange wissen, ob die verschiedenen Bobbycars auch unterschiedlich schnell fahren. Sie lässt vier verschiedene Autos nacheinander dieselbe Strecke entlang rollen. Dabei notiert sie jedes Mal, wie lang das Auto braucht, bis es über die Ziellinie fährt.

Bobbycar 1



normales Auto, Gummireifen, mit Anhänger

Das Bobbycar braucht 10 Sekunden.

Bobbycar 2



Rennauto, Gummireifen, mit Anhänger

Das Bobbycar braucht 10 Sekunden.

Bobbycar 3



normales Auto, Gummireifen, ohne Anhänger

Das Bobbycar braucht 7 Sekunden.

Bobbycar 4

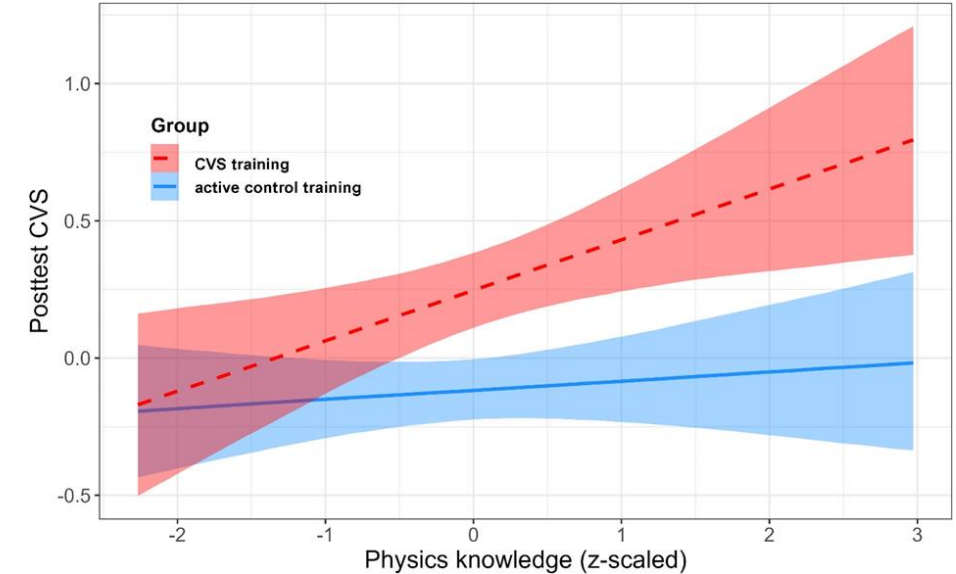


Rennauto, Gummireifen, ohne Anhänger

Das Bobbycar braucht 7 Sekunden.



grade 3 or 4		grade 5 or 6	
stage 1		stage 2	stage 3
basic curriculum group	CVS training		lessons on magnetism
	active control training		
regular lessons group	CVS training		
	active control training		



knowledge instead of physics education (yes, no).

Parameter	Estimate	Error	90% CI	n_eff
Intercept	-0.14	0.06	[-0.24; 0.05]	12000
CVS skills pretest (z-scaled)	0.56	0.05	[0.48; 0.64]	12000
CVS training	0.36	0.09	[0.22; 0.51]	12000
physics knowledge (z-scaled)	0.03	0.05	[-0.05; 0.12]	12000
reading comprehension (z-scaled)	0.18	0.04	[0.11; 0.26]	12000
reasoning ability (z-scaled)	0.19	0.05	[0.11; 0.27]	12000
CVS training by physics knowledge	0.28	0.11	[0.10; 0.47]	12000

Table 7: Posterior effects of Bayesian multilevel model on Magnetism posttest.

Parameter	Estimate	Error	90% CI	n_eff
Intercept	0.01	0.17	[-0.27; 0.29]	4959
Magnetism pretest (z-scaled)	0.28	0.08	[0.15; 0.41]	12000
physics knowledge (z-scaled)	-0.07	0.11	[-0.25; 0.11]	12000
CVS skills pretest (z-scaled)	0.19	0.09	[0.03; 0.35]	9288
CVS group	-0.06	0.24	[-0.44; 0.33]	5330
reading comprehension (z-scaled)	0.18	0.08	[0.04; 0.32]	12000
reasoning ability (z-scaled)	0.10	0.09	[0.06; 0.25]	9475
CVS group by physics knowledge	0.03	0.14	[-0.21; 0.27]	8185

Fazit

- Transfer innerhalb einer Domäne und von übergreifenden Kompetenzen ist möglich
- Die Förderung von transferierbarem Wissen muss langfristig durch kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten geplant werden
- Von kognitiv aktivierenden Lerngelegenheiten profitieren alle, aber Intelligenz fördert Transfer

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Greutmann/Saalbach/Stern (Hrsg.)

Professionelles Handlungswissen für Lehrerinnen und Lehrer

Lernen – Lehren – Können

Kohlhammer

