

Lernen aus kognitionswissenschaftlicher Sicht

Elsbeth Stern

Professur für Lehr- und Lernforschung





Warum können wir uns manches so schwer merken?

- Hans baute ein Boot.
- Urs liess einen Drachen steigen.
- Lutz ass einen Apfel.
- Beat ging über das Dach.
- Jochen versteckte ein Ei.
- Dominik setzte das Segel.
- Peter schrieb ein Drama.
- Viktor drückte den Schalter.

- Wer ass einen Apfel?
- Wer versteckte ein Ei?
- Wer liess einen Drachen steigen?
- Wer ging über das Dach?
- Wer drückte den Schalter?
- Wer setzte das Segel?
- Wer baute ein Boot?
- Wer schrieb das Drama?

- Noah baute ein Boot.
- Benjamin Franklin liess einen Drachen steigen.
- Adam ass einen Apfel.
- Der Weihnachtsmann ging über das Dach.
- Der Osterhase versteckte ein Ei.
- Christoph Kolumbus setzte das Segel.
- William Shakespeare schrieb ein Drama.
- Thomas Edison drückte den Schalter.

- Wer ass einen Apfel?
- Wer versteckte ein Ei?
- Wer liess einen Drachen steigen?
- Wer ging über das Dach?
- Wer drückte den Schalter?
- Wer setzte das Segel?
- Wer baute ein Boot?
- Wer schrieb das Drama?

Chunking (Bündelung)

- Die Merkfähigkeit in einem bestimmten Inhaltsbereich kann man verbessern, indem das Wissen in diesem Bereich systematisch umstrukturiert und vielfach vernetzt wird.

- Geringer Einfluss von Strategiewissen, starker Einfluss von Alzheimer und anderen Gehirnerkrankheiten.
- Es gibt keinen unspezifischen Transfer (weder durch Latein, noch durch Schach, Musik oder Gehirntraining)
- Häufig ist nicht mangelnde Motivation, sondern fehlendes Wissen die Ursache für schlechte Merkleistung (Information geht durch die Maschen).

Ausbleibender Transfer



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%**



TIMS/III Aufgabe: Die Beschleunigung eines sich geradlinig bewegenden Objektes kann bestimmt werden aus

- **Der Steigung des Weg-Zeit-Graphen**
- **Der Fläche unter dem Weg-Zeit-Graphen**
- **Der Steigung des Geschwindigkeits-Zeit-Graphen**
- **Der Fläche unter dem Geschwindigkeits-Zeit-Graphen**

Prozent korrekte Lösung bei deutschen Abiturienten


- **Deutschland: mit Leistungskurs Mathematik: 50%**
- **Deutschland: mit Grundkurs Mathematik: 44%**
- **Schweiz: 60%**
- **International 67%**

Warum können Maturanden die Aufgabe nicht lösen?

- Beschleunigung wurde als Definition in der Physik gelernt und längst wieder vergessen
- Der Graph wurde nicht als Denkinstrument verstanden, sondern als Darstellungsmöglichkeiten
- Weg-Zeit-Graph ist bekannt, mit Bekanntem fährt man besser
- Konzeptuelles Verständnis wie "Rate der Veränderung" wurde nicht erarbeitet
- Graphen werden VIEL zu wenig in der Schule eingesetzt

Wissen als der Schlüssel zum Können

- Wissen DASS
- Deklatives Wissen (Fakten und Begriffe)
- Wissen WIE
- Prozedurales Wissen (automatisierte Handlungen)
- Wie muss Wissen im Gedächtnis einer Person organisiert sein, damit es bei der Bewältigung einer Anforderung zum richtigen Zeitpunkt aktiviert und genutzt wird?



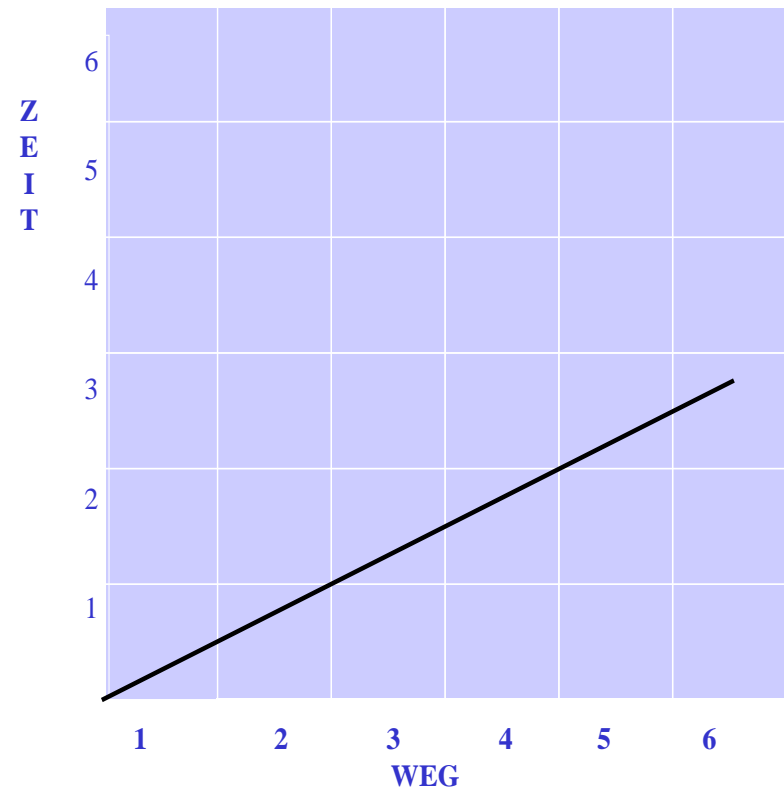
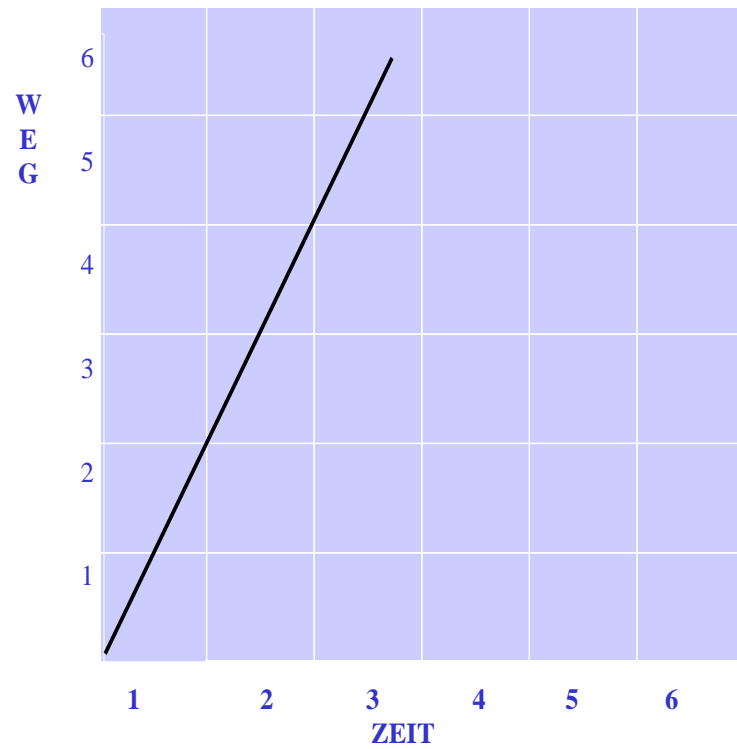
Ehct kstras! Das ghet wicklirh!
Luat eneir Sutide eneir elgnihcesn
Uvinisterät ist es nchit witihcg, in
wlecehr Rneflogheie die
Bstachuebn in eneim Wrot
vrommkeon. Das enizig Wcthieig
ist, dsas der estre und der leztte
Bstabchue an der ritihcegn
Pstoiion setehn. Der Rset knan
ein ttoaerl Bsinöldn sien,
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 Sapsß biem Rltsäen!

Welche Zahl ist grösser?

9356 oder 10324

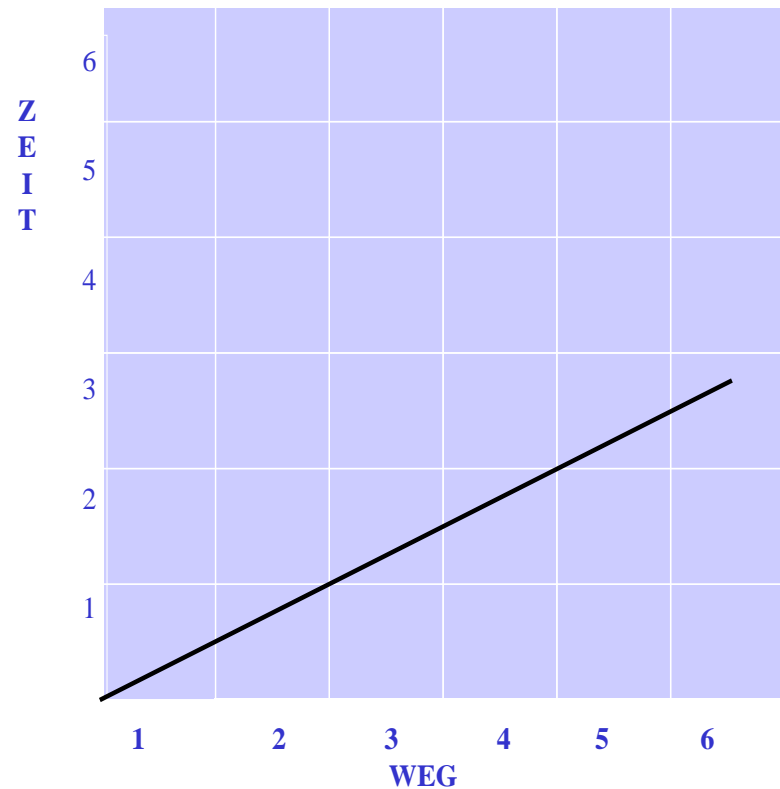
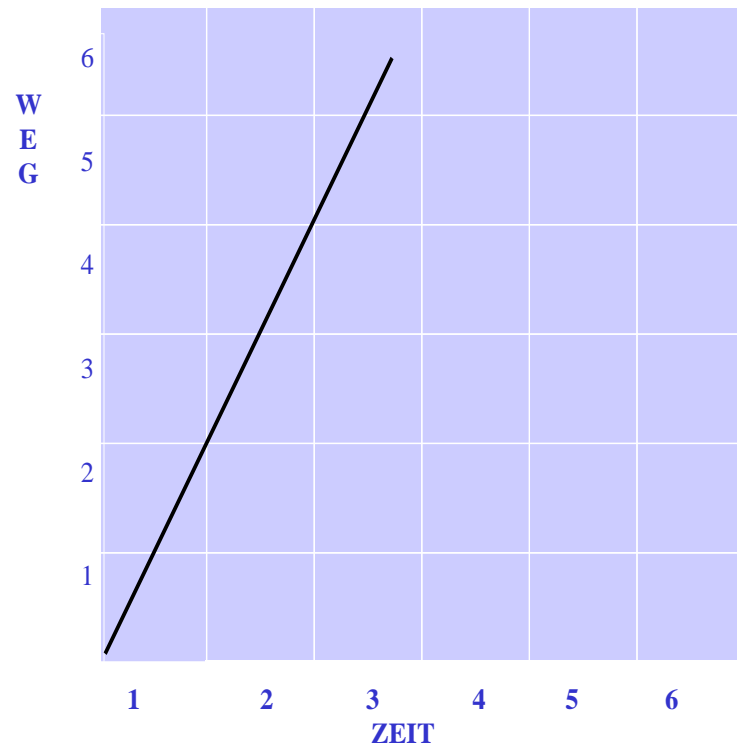
- Automatisierung der Blickbewegung

Welches Auto fährt schneller?



Welches Auto fährt schneller?

Prozeduralisierung beim Lesen von Graphen: Erster Blick gilt der Achsenbeschriftung



Warum der Erwerb von anwendbarem **konzeptuellem** Wissen ungleich schwieriger ist

- Säugetier
- Gewicht
- Trägheit
- Menschen und Affen

Problem: Isoliertes Faktenwissen statt konzeptuelles Netzwerk

- Paris ist die Hauptstadt von Frankreich, aber...
- Kraft = Masse x Beschleunigung, aber...
- Go, went, gone, aber...

Experten (Lehrpersonen) sehen die Welt anders als Novizen (Schüler)

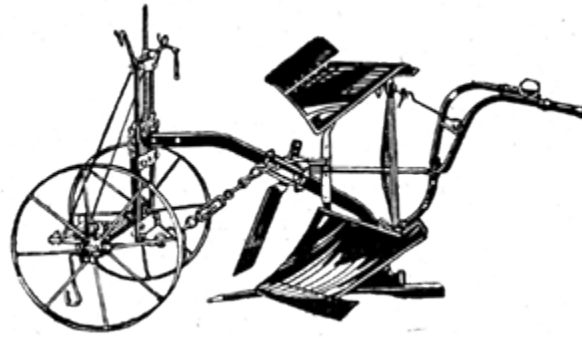
- Charakteristische vs. definatorische Merkmale: Säugetier
- Sinnliche Erfahrung vs. physikalische Begriffe: Gewicht, Bewegung, Trägheit
- Kraft: Funktion statt Eigenschaft

Kategorisierung von Gebrauchsgegenständen

Alltagswissen:
Bestehen aus Stahl



Physikwissen:
Funktion beruht auf der Wirkung von Kräften



Alltagskonzepte: Klassifikation nach dem Einsatzbereich



Haushalt



Landwirtschaft



Handwerk

Klassifikation nach physikalischen Prinzipien



Was ist eine Maschine?

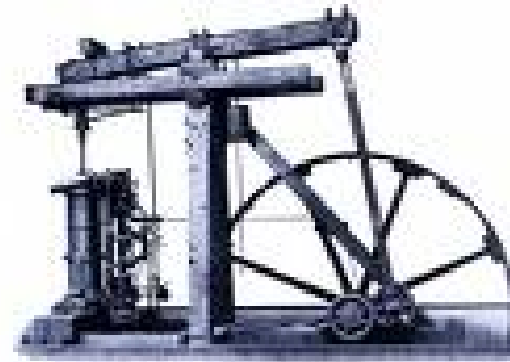


PLATE 66. THE "LAMP" ENGINE, 1784
The first of the James Watt's



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



Wann ist der Gürtel eine Maschine?



Lerngelegenheiten, die den Aufbau von Begriffsnetzwerken unterstützen

NICHT

- **Lernen von Merksätzen, Definitionen und Formeln**
- **probieren, Versuch und Irrtum**

Sondern

- **Arbeit am Vorwissen: Gelegenheiten zur Ko-Konstruktion von Wissen in Gesprächen (Selbsterklärungen, Metakognitionstraining)**
- **Konzeptwechsel durch Angebote alternativer Begriffe erleichtern: z.B. Trägheit vs Unbeweglichkeit**

MINT- Lernzentrum für die Schule an der ETH

Mathematik

Informatik

Naturwissenschaften

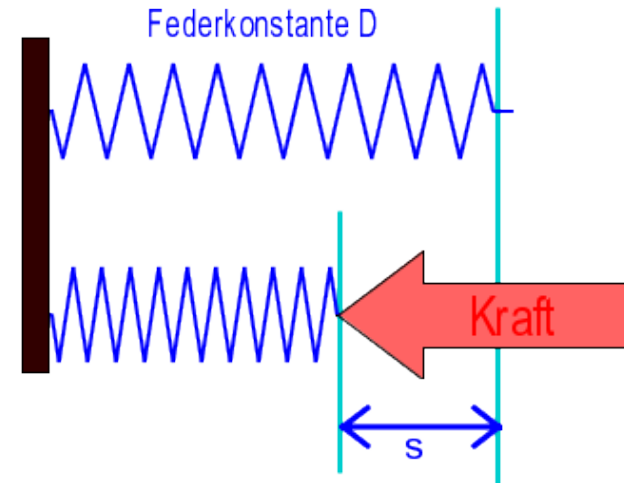
Technik



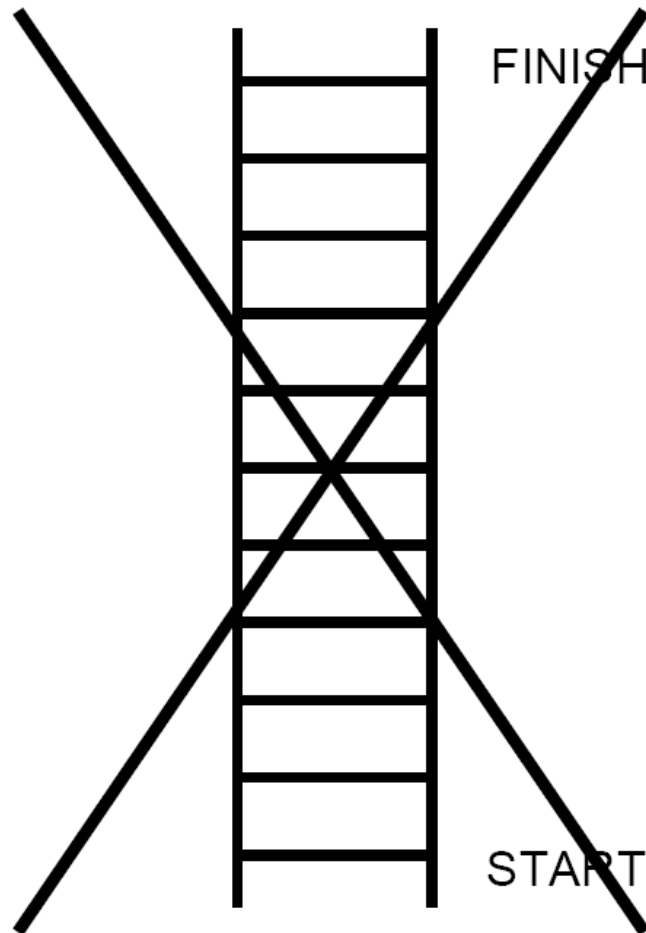
Was heisst es, ein naturwissenschaftliches Konzept verstanden zu haben?

- Man kann es beschreiben und an Beispielen erläutern.
- Man kann es unter Bezug auf andere naturwissenschaftliche Konzepte erklären.
- Man kann es auf oberflächlich unterschiedliche Fälle übertragen.

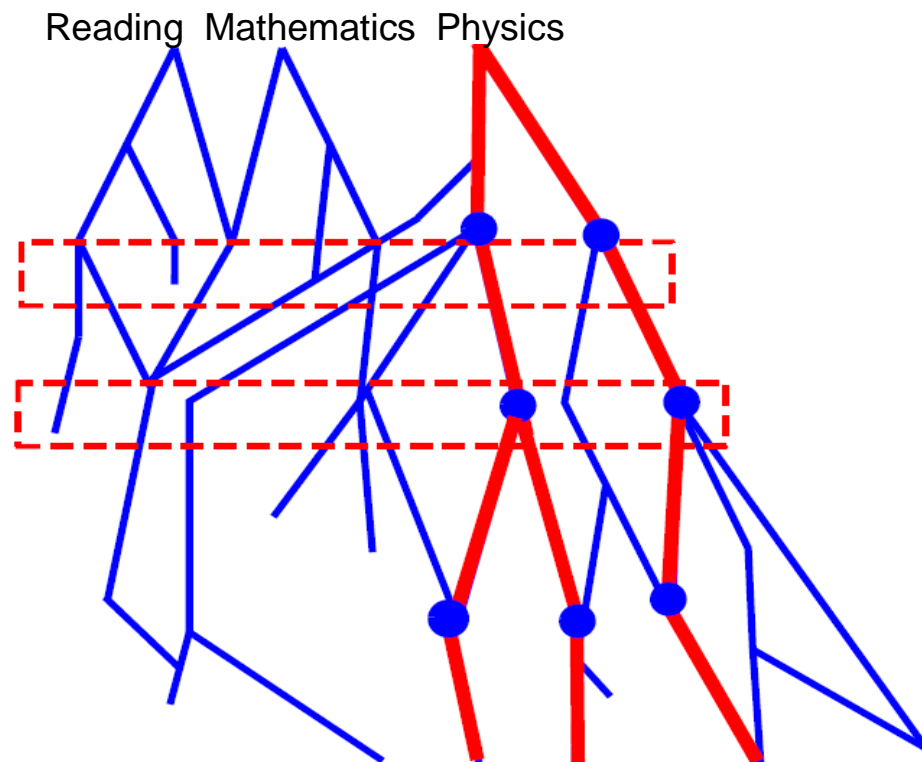
Abstraktes Begriffswissen: Speicherung von Energie



Lernen ist nicht wie das Besteigen einer Leiter

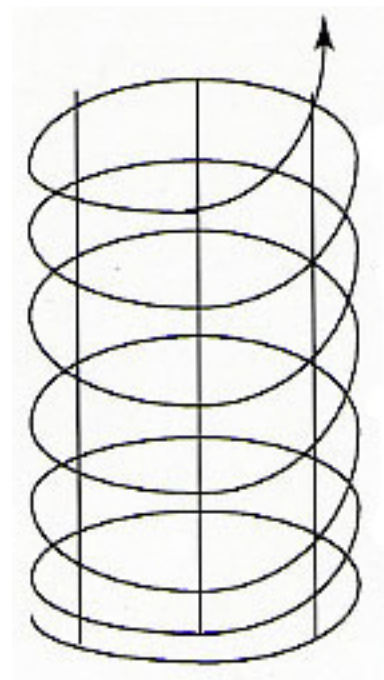


Das Ergebnis von Lernen ist ein Wissensnetzwerk, das sich im günstigen Falle systematisch verzweigt.



Zeitperspektive

- Vom Ende denken
- Spiralcurriculum: Wissen anlegen, das später umstrukturiert werden kann
- Schweizer MINT-Studie (SMS): Physik in der Primarschule





DIE SCHWEIZER MINT-STUDIE



KiNT-Unterrichtsmaterialien

Luft und Luftdruck
Schall – was ist das?
Schwimmen und Sinken
Brücken – und was sie stabil macht



WESTFÄLISCHE
WILHELMS-UNIVERSITÄT
MÜNSTER

> KiNT
Kinder lernen Naturwissenschaften
und Technik

Klasse(n)kisten
für den
Sachunterricht
in Grundschulen

Klasse(n)kisten
für den Sachunterricht

Box 2

Box 3

WISSEN LEBEN
WWU Münster

KiNT-Unterrichtsmaterialien

Luft und Luftdruck

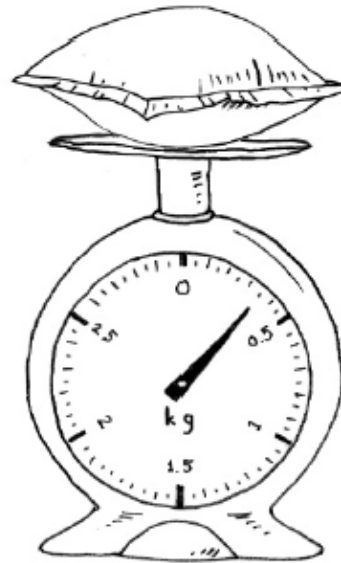
Schall – was ist das?

Schwimmen und Sinken

Brücken – und was sie stabil macht



Das Schwimmkissen ist zuerst nicht aufgepumpt. Du wiegst es. Dann pumpst du es ganz fest auf und wiegst es noch einmal.



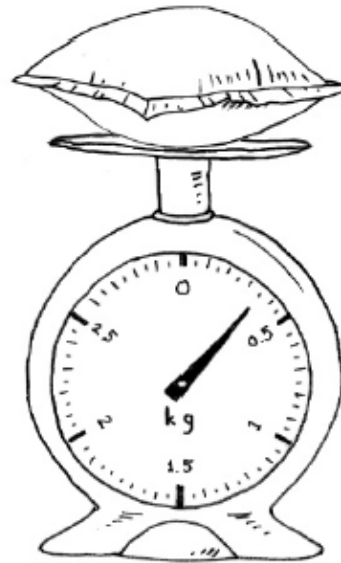
- Nun ist es ein bisschen schwerer als vorher, weil die Luft im Schwimmkissen auch etwas wiegt.
- Es ist genauso schwer wie vorher, weil die Luft im Schwimmkissen nichts wiegt.
- Es ist ein bisschen leichter als vorher, weil es die Luft im Schwimmkissen nach oben zieht.

Sequenz 1: Hat Luft Gewicht?



Abb. 48: Die Kinder pumpen den Ball auf und wiegen ihn. Sie stellen fest, dass er mehr wiegt als der nicht aufgepumpte Ball.

Das Schwimmkissen ist zuerst nicht aufgepumpt. Du wiegst es. Dann pumpst du es ganz fest auf und wiegst es noch einmal.



- Nun ist es ein bisschen schwerer als vorher, weil die Luft im Schwimmkissen auch etwas wiegt.
- Es ist genauso schwer wie vorher, weil die Luft im Schwimmkissen nichts wiegt.
- Es ist ein bisschen leichter als vorher, weil es die Luft im Schwimmkissen nach oben zieht.

Die Wirkung des Luftdrucks anhand verschiedener Versuche erfahren: Glas am Mund



Abb. 64: Ein Kind hält einen Becher vollständig über den Mund und atmet durch den Mund ein.



Abb. 65: Das Kind lässt den Becher los und beobachtet, dass der Becher über dem Mund haften bleibt.



**Wie kommt es, dass ein kleines Stück Stahl untergeht,
aber ein grosses, schweres Schiff aus Stahl schwimmt?**



Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Why does a large ship of iron float? Conceptual change in elementary school children. *Journal of Educational Psychology*.

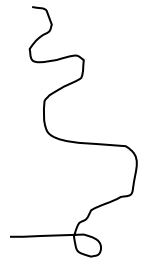
Ein Metalldraht wird ins Wasser getaucht.

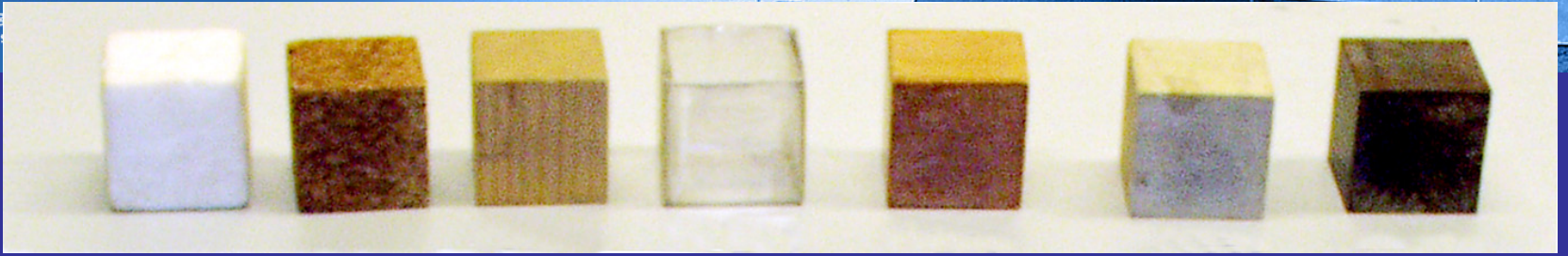
Was passiert?

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.





Styropor

Kork

Holz

Wasser

Ton

Stein

Eisen



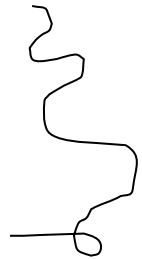
Ein Metalldraht wird ins Wasser getaucht.

Was passiert?

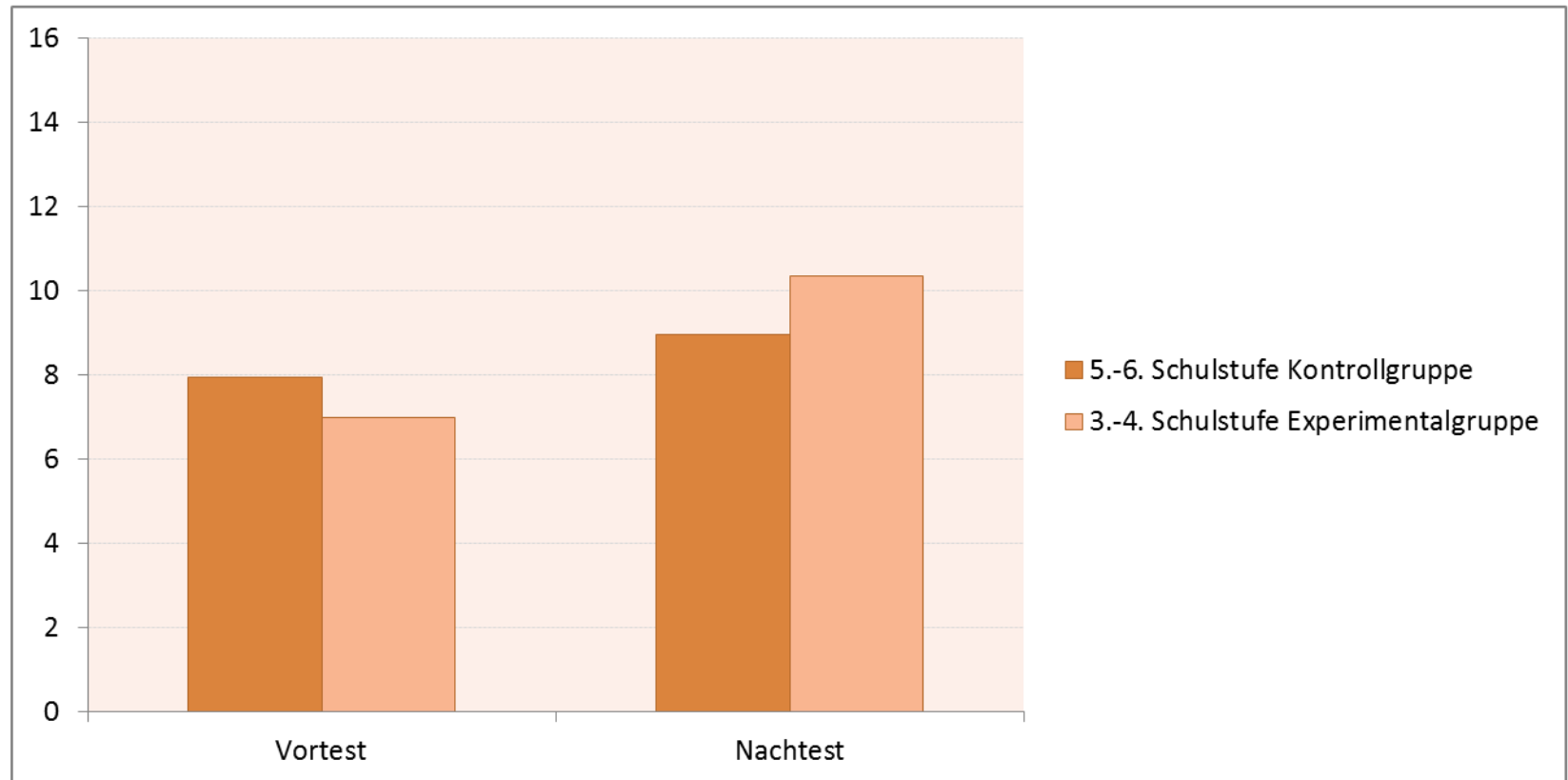
geht unter

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.

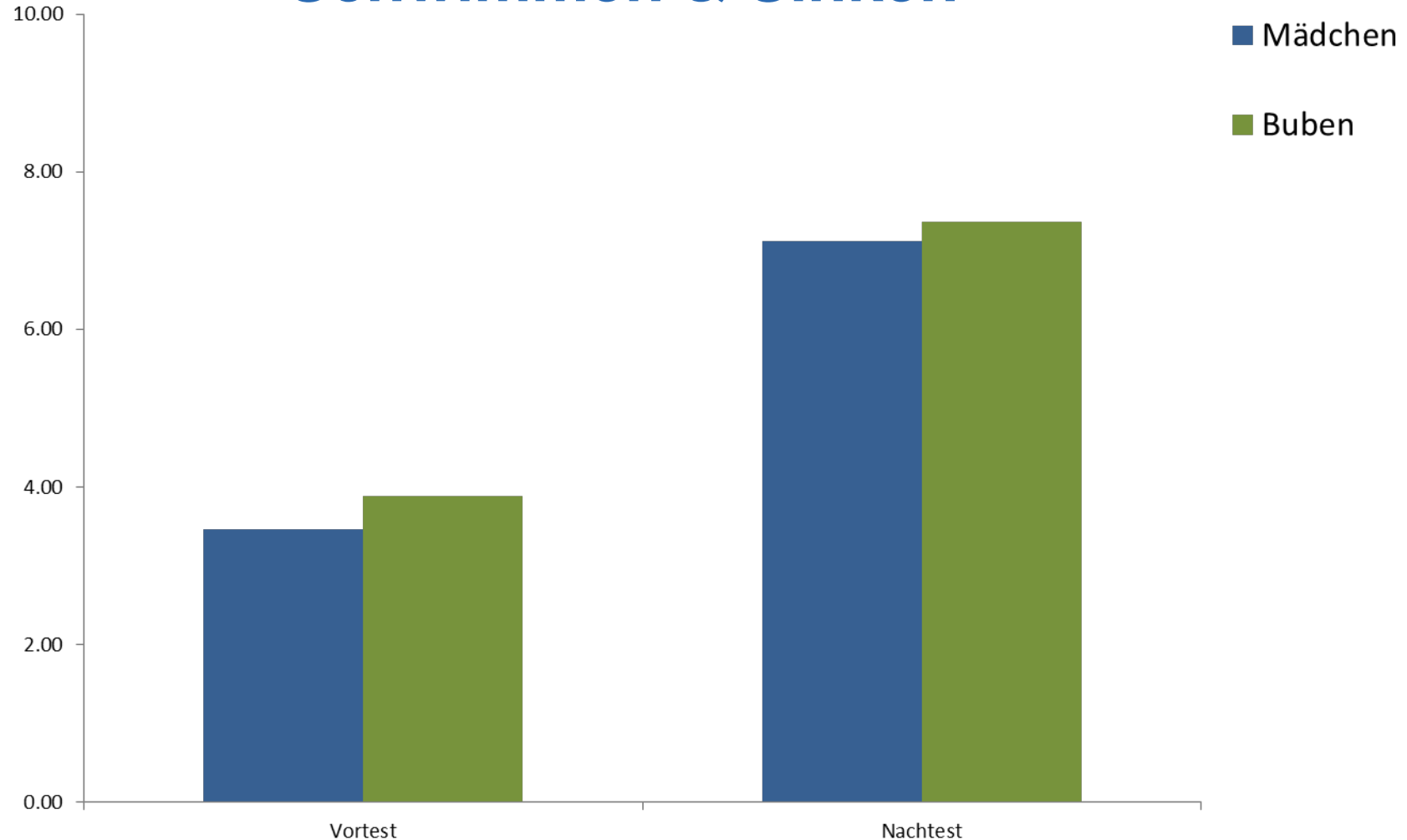


Luft und Luftdruck: Vergleich von Kindern mit und ohne Unterricht



Geschlecht

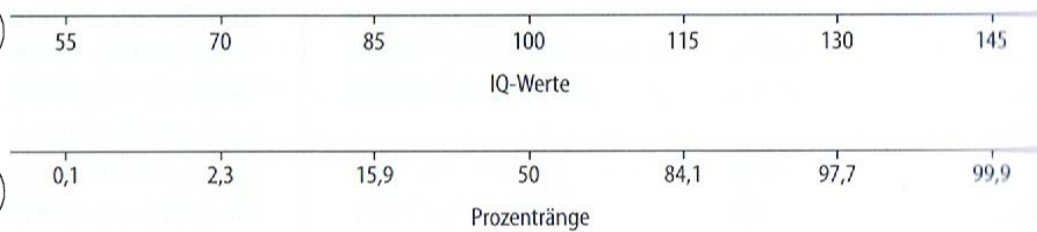
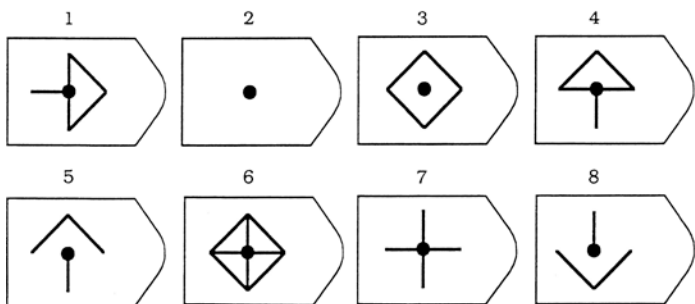
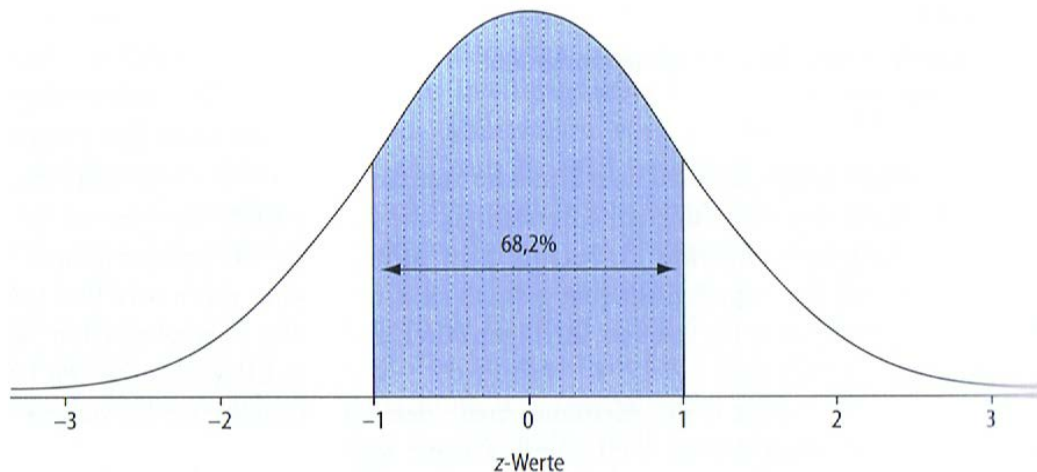
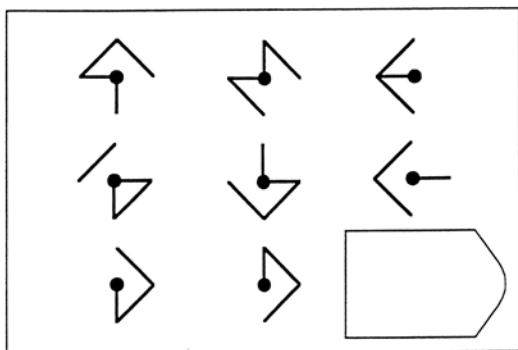
Schwimmen & Sinken



Und die Begabungsunterschiede???

Intelligenztests und IQ

- **Zahlenreihen:** 57 60 30 34 17 22 11 ?
- **Analogien:** *Gramm : Gewicht = Stunde : ?*



Was sagt der IQ aus?

- Je höher der IQ, um so wahrscheinlicher sind akademischer Lernerfolg sowie Berufs- und Lebenserfolg
- IQ-Unterschiede offenbaren sich erst durch den Schulbesuch

Welche kognitiven Funktionen liegen Intelligenzunterschieden zugrunde?

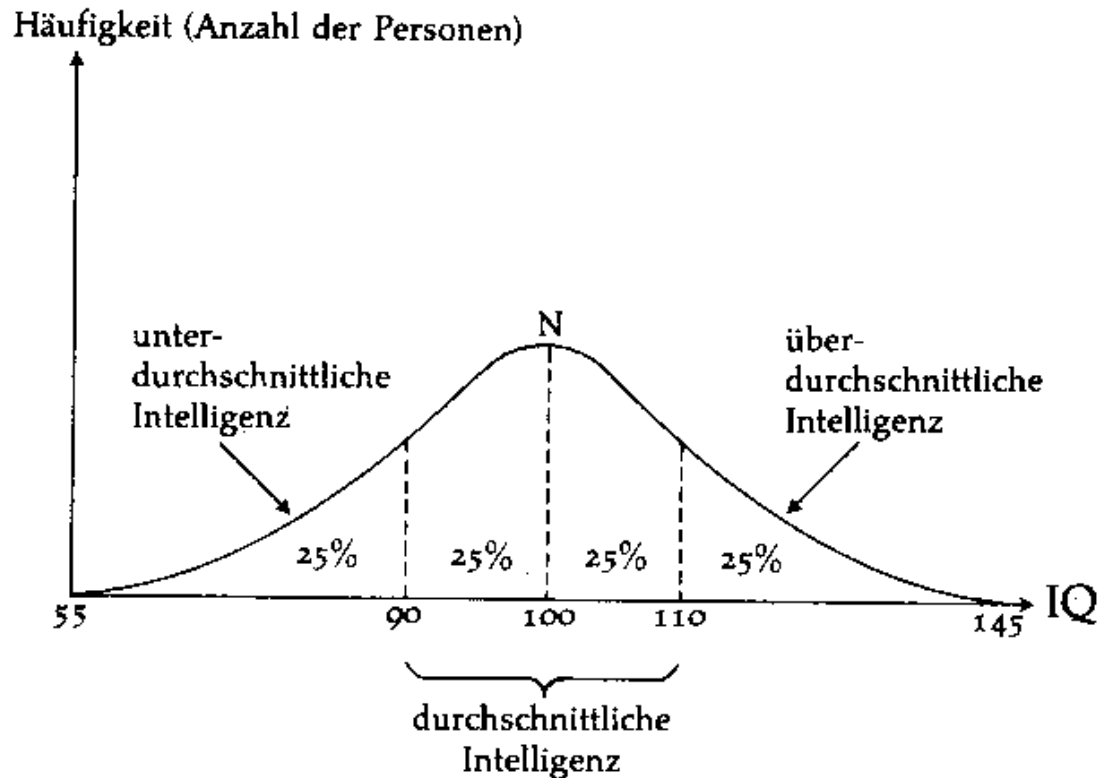
- Exekutive Funktionen: Ziel nicht aus den Augen verlieren
- Irrelevante Information hemmen (Inhibition)
- Symbole müssen durch die Aktivierung von Wissen mit Bedeutung versehen werden

$$p(H_1 | D) = \frac{p(H_1)p(D | H_1)}{p(H_1)p(D | H_1) + p(H_2)p(D | H_2)}$$

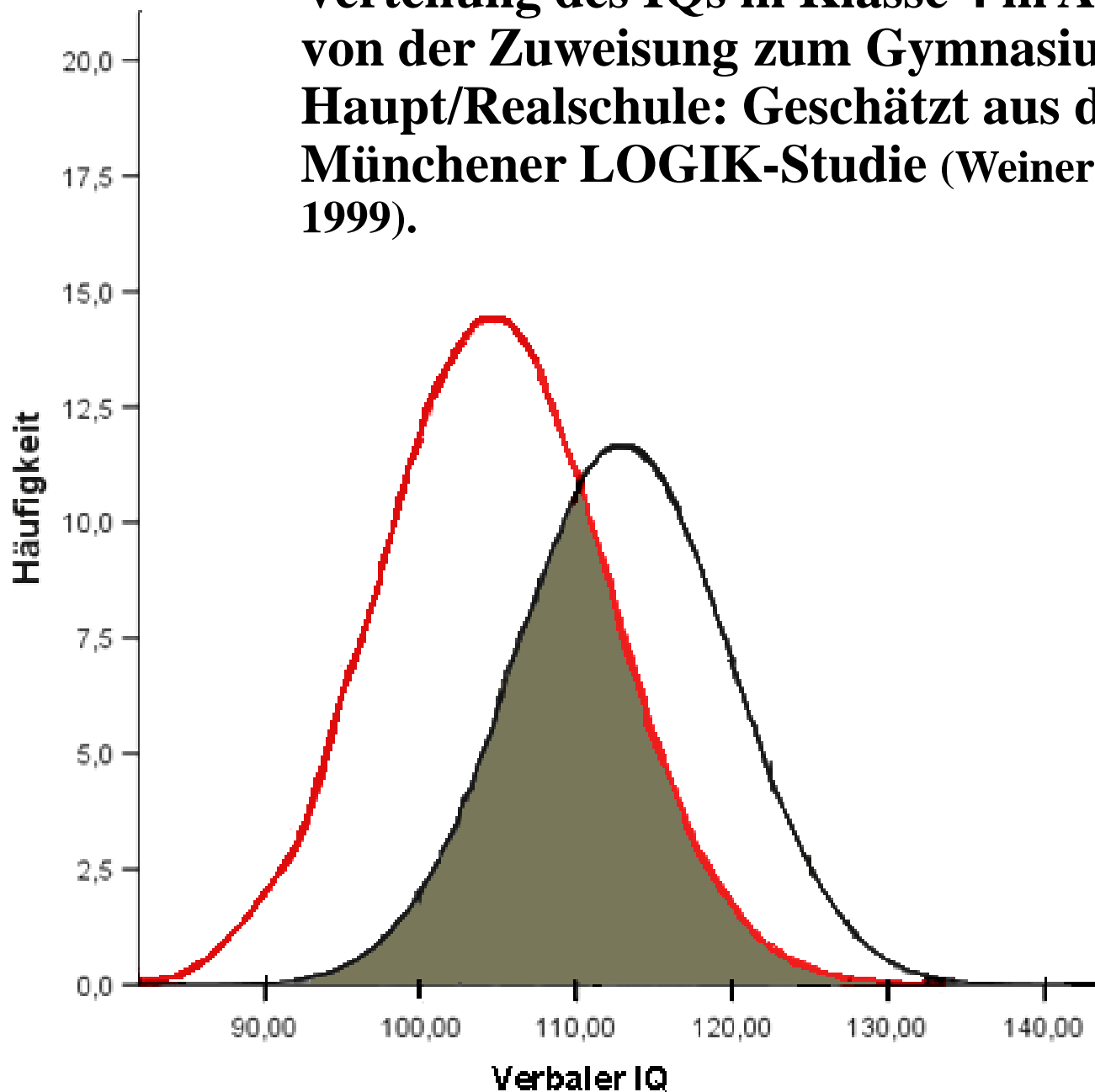
Ursachen für Intelligenzunterschiede

- Gene versus Umwelt
- Ergebnisse aus Zwillings- und Adoptionsstudien
- Nicht Nature *versus* Nurture, sondern Nature **via** Nurture
- Zwei zunächst paradoxe Effekte:
 1. Je grösser die Chancengerechtigkeit in einer Gesellschaft ist, um so grösser ist der auf Gene zurückzuführende Anteil der Intelligenzunterschiede
 2. Mit zunehmendem Alter lassen sich Intelligenzunterschiede stärker durch Unterschiede in den Genen als in den Umweltbedingungen erklären
- Es gibt nicht DAS Intelligenzgen

Intelligenzunterschiede und Schule: Das homogene Gymnasium.....



Verteilung des IQs in Klasse 4 in Abhängigkeit von der Zuweisung zum Gymnasium bzw. zur Haupt/Realschule: Geschätzt aus den Daten der Münchener LOGIK-Studie (Weinert & Schneider, 1999).



Nicht-Gymnasiasten:
Mittelwert = 102,96
Std.-Abw. = 7,28
N = 106

Gymnasiasten:
Mittelwert = 112,96
Std.-Abw. = 6,89
N = 81

Und 20 Jahre später?

- Bedeutung von IQ und sozialer Herkunft bei der Gymnasialempfehlung
- Frage: Verliert bei sehr hoher Intelligenz (+1 SD) die soziale Herkunft an Bedeutung?
- **IGLU-Studie** (Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung)
- Technische Universität Dortmund: Institut für Schulentwicklungsforschung
- Prof. Dr. Wilfried Bos, Benjamin Euen, Irmela Tarelli und Heike Wendt

Wahrscheinlichkeit einer Gymnasialempfehlung

Soziale Herkunft	IQ < 100	IQ 100-115	IQ > 115
hoch	.50	.70	.80
mittel	.20	.40	.70
niedrig	.10	.30	.50

Wahrscheinlichkeit einer Gymnasialempfehlung

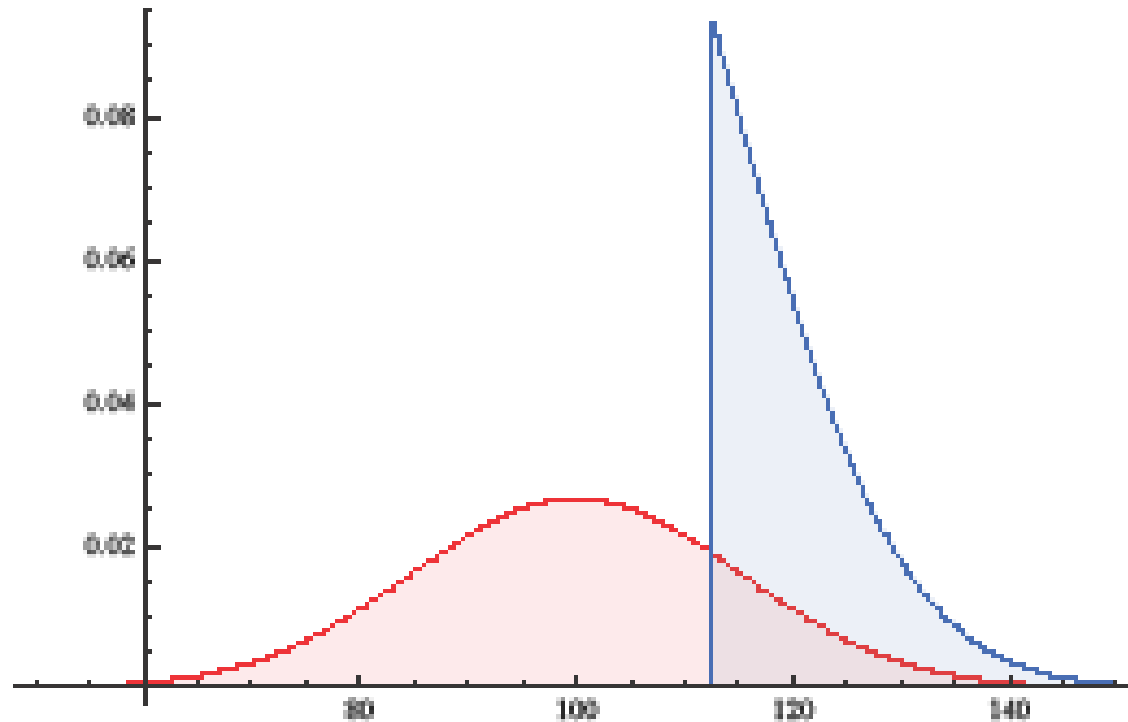
Soziale Herkunft	IQ<100	IQ 100-115	IQ > 115
hoch	.50	.70	.80
mittel	.20	.40	.70
niedrig	.10	.30	.50

Intelligenz bei Schweizer Gymnasiasten

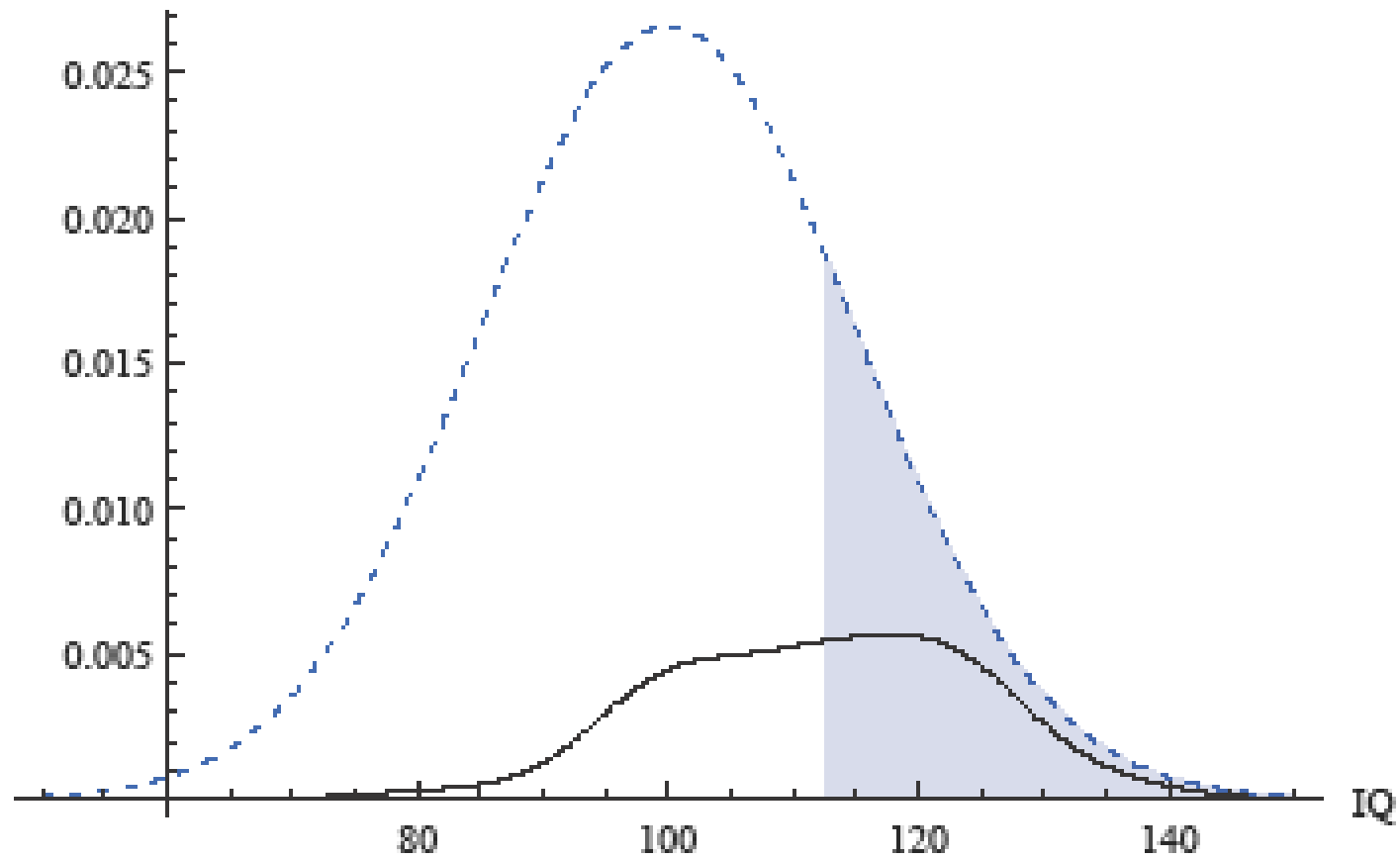
Theoretische Verteilungen

Die obersten 20% haben einen IQ zwischen 112.6 und (theoretisch) Unendlich.

- der Median (halbe Fläche) ist bei 119.2
- der Mittelwert ist bei 121.



Wahrscheinlichkeitsdichte



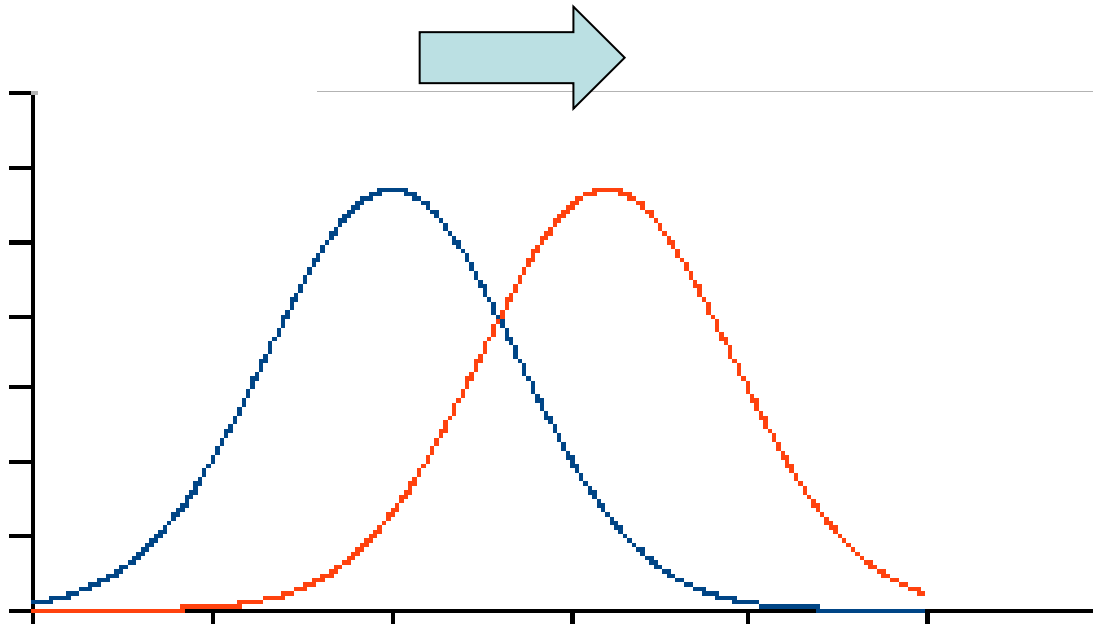
- Fazit: Auch an Schweizer Gymnasien gibt es einen beachtlichen Anteil an weniger intelligenten SuS
- Daraus folgt: Ein beachtlicher Anteil von sehr intelligenten SuS geht NICHT auf das Gymnasium



3. Gehen die Intelligentesten auf das Gymnasium?

- Nein, weder in der Schweiz noch in Deutschland
- Eine geringe Maturitätsquote (20%) garantiert per se noch keine positive Auswahl
- Eine höhere Maturitätsquote (40%) macht immerhin die Ausschöpfung des Intelligenzpotenzials wahrscheinlicher

Was heisst Bildungsgerechtigkeit?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Elisbeth Stern | Aljoscha Reinbauer

Intelligenz
Große
Unterschiede
und ihre
Folgen

