

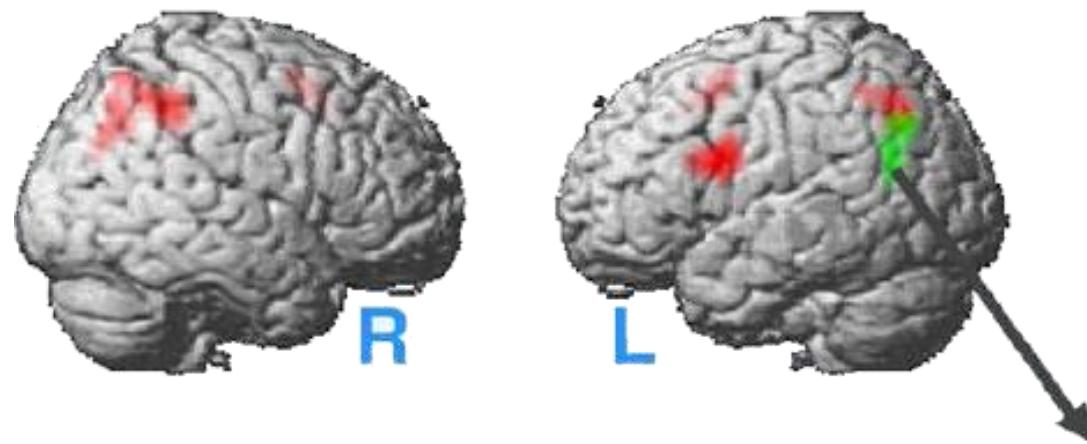
Intelligenzunterschiede beim Lernen und ihre Herausforderung für den Schulunterricht

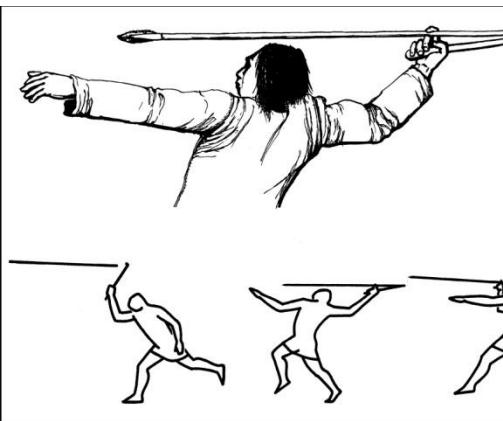
Elsbeth Stern

Professur für Lehr- und Lernforschung

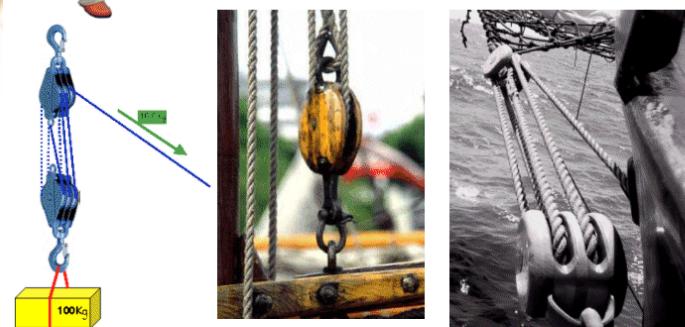
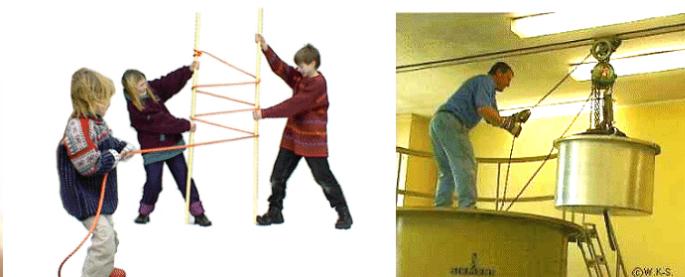
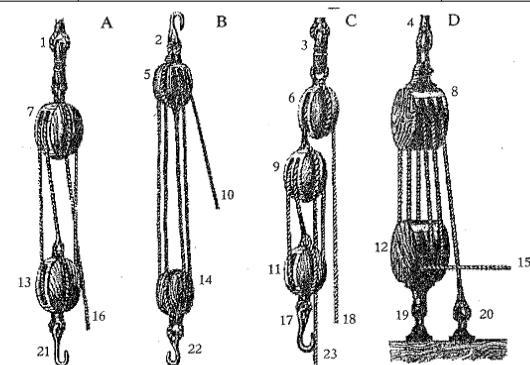


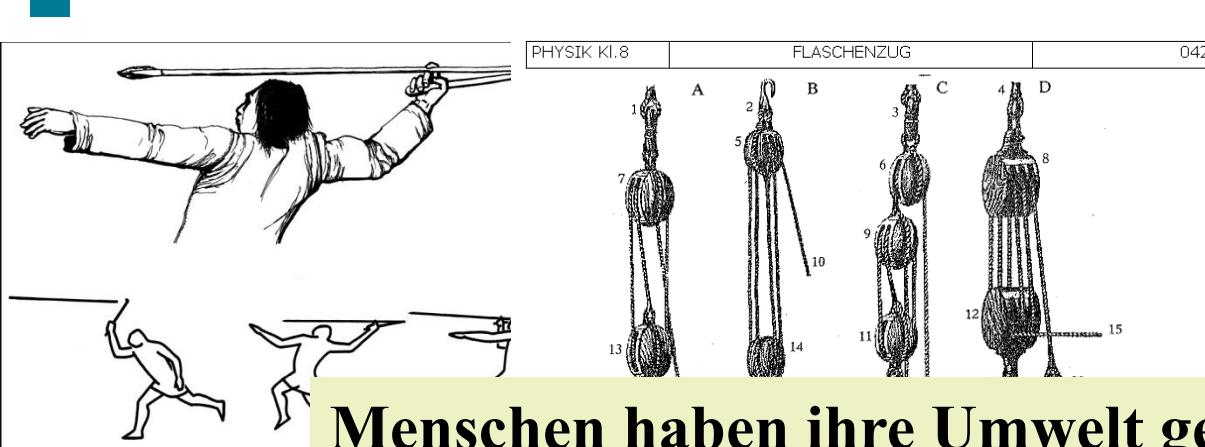
Es geschah vor mindestens 40'000 Jahren: genetischer Bauplan des menschlichen Gehirns



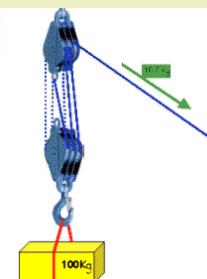


PHYSIK KI.8 FLASCHENZUG 042





**Menschen haben ihre Umwelt gezielt verändert
... obwohl sie mit einem Gehirn ausgestattet sind, dessen genetischer Bauplan mindestens 40 000 Jahre alt ist**





Die technische Entwicklung wurde erst möglich,
weil Menschen Dank ihrer Intelligenz
Institutionen, Regeln und abstrakte Begriffe
geschaffen haben:

- Rechtswesen
- Politische Vertretung und Demokratie
- Bildungswesen/Schulpflicht
- Symbolsysteme als Denkinstrumente

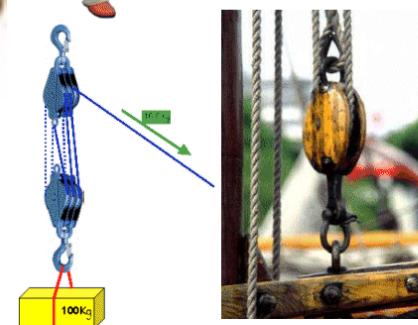


- **40.000: menschliches Genom und damit auch die Funktionsweise des Gehirns unverändert**
- **5.000: Schrift in Gebrauch**
- **3.000: mathematische Symbolsysteme in Gebrauch**
- **2.200: Konzept der Dichte (Archimedes)**
- **800: Arabisches Zahlensystem in Europa gängig**
- **400: Analytische Geometrie entwickelt (Descartes)**
- **300: Mechanik (Newton)**
- **50: Struktur der DNA bekannt**

CIV : XXVI =

104 : 26 =

Menschen unterscheiden sich SEHR STARK in dem Ausmass, in dem sie zur Entwicklung beitragen können, sie weiterführen und von ihr profitieren.





Aufbau

1. Erkenntnisse der Intelligenzforschung, die sie Schule zur Kenntnis nehmen muss
2. Wie zeigen sich Intelligenzunterschiede im schulischen Lernen?
3. Die Rolle der Intelligenz in Ländern mit mehrgliedrigen Schulsystemen



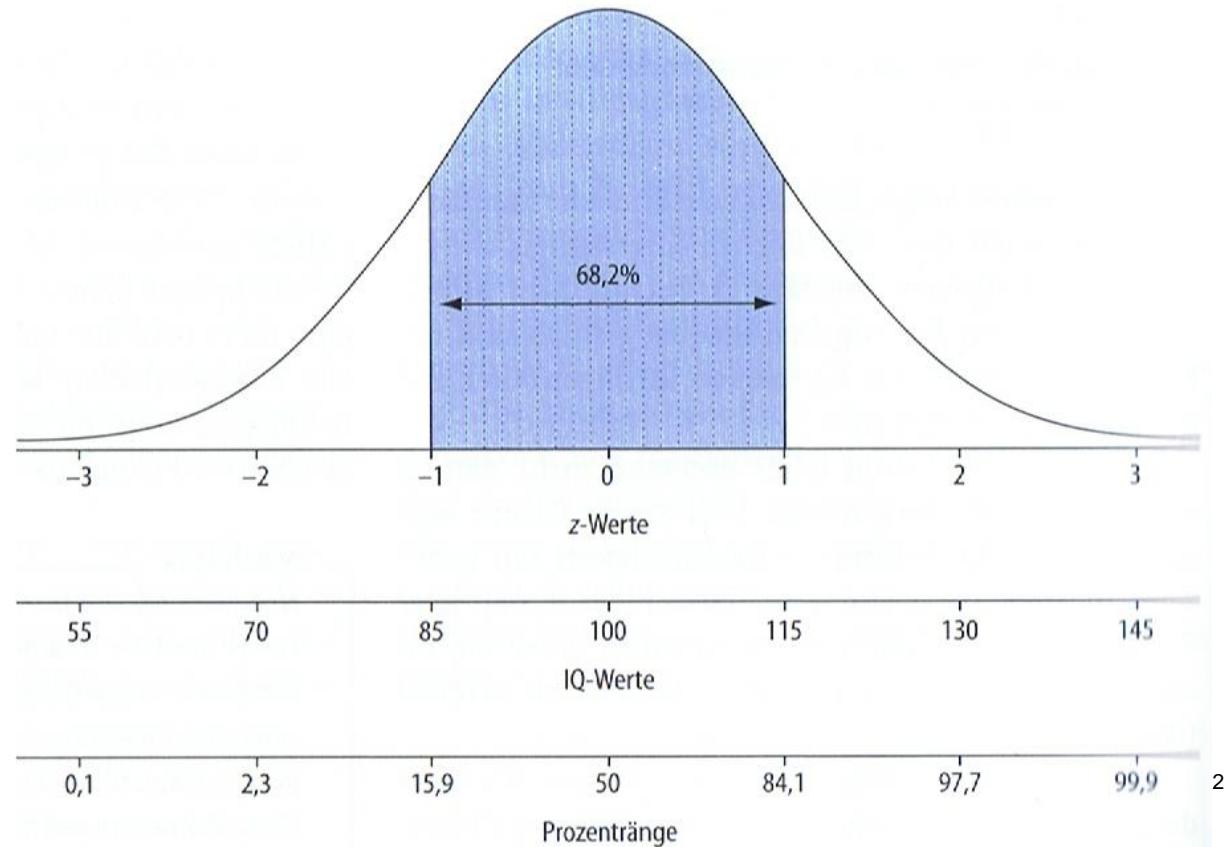
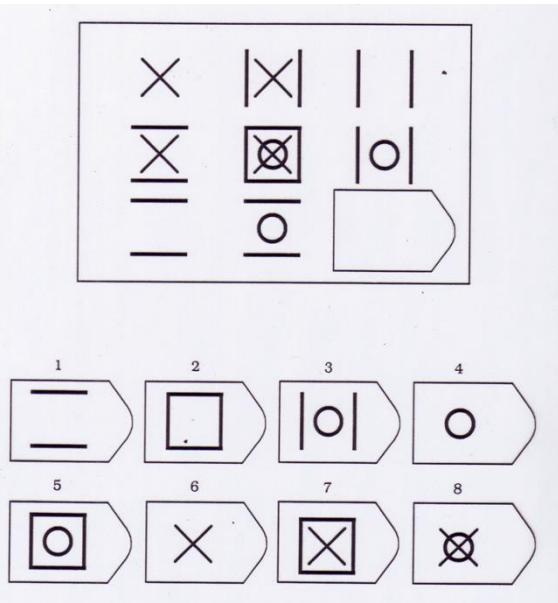
1. Erkenntnisse der Intelligenzforschung, die die Schule zur Kenntnis nehmen muss

Menschliche Intelligenz zeigt sich

- in effizienten Arbeitsgedächtnisfunktionen, die es erlauben, mehrere Ziele gleichzeitig zu verfolgen und zwischen diesen zu wechseln
- in der Fähigkeit, Wissen abstrakt in Symbolen zu speichern und so Komplexität zu reduzieren
- in der Generierung neuen Wissens durch schlussfolgerndes Denken
- **Menschen bringen diese Fähigkeiten in sehr unterschiedlichem Masse mit**

Intelligenztests und IQ

- Zahlenreihen:** 57 60 30 34 17 22 11 ?
- Analogien:** Gramm : Gewicht = Stunde : ?
a) Minuten b) Zeit c) Uhr d) Tag e) Jahr f) Monat.



Wald : Bäume = Wiese : ?

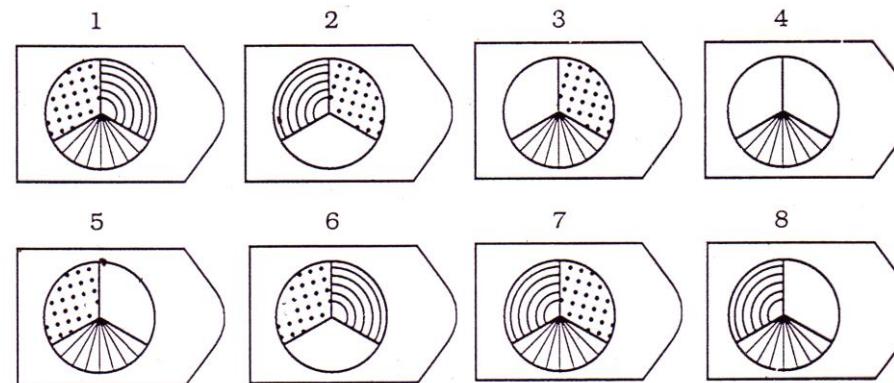
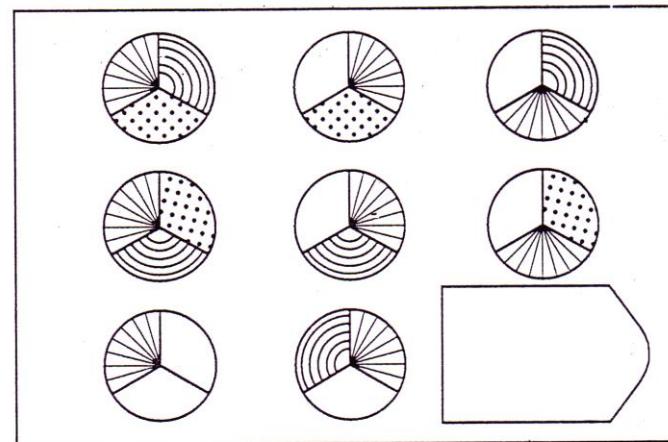
- a. Gräser
- b. Heu
- c. Futter
- d. Grün
- e. Weide

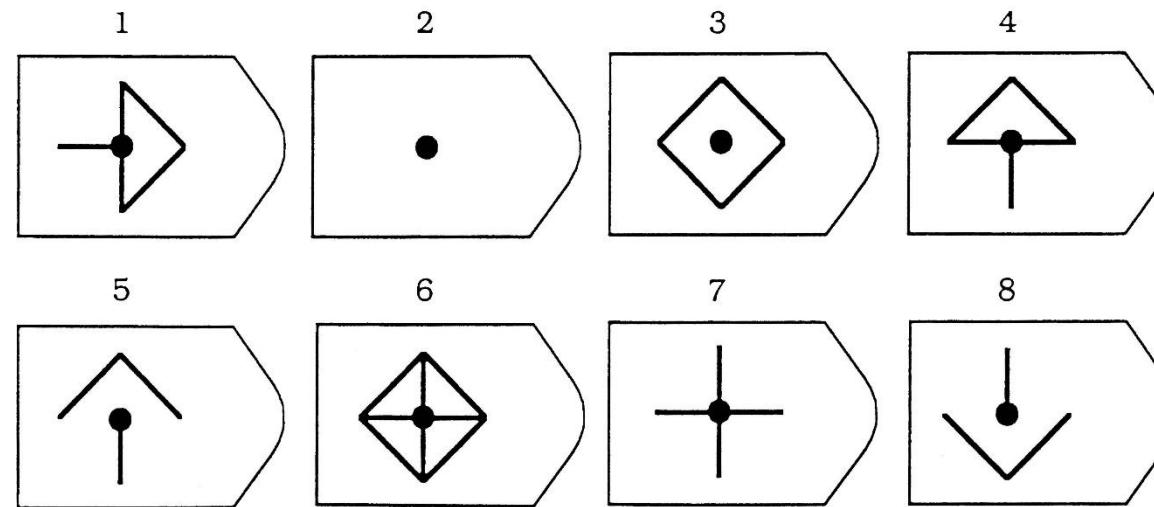
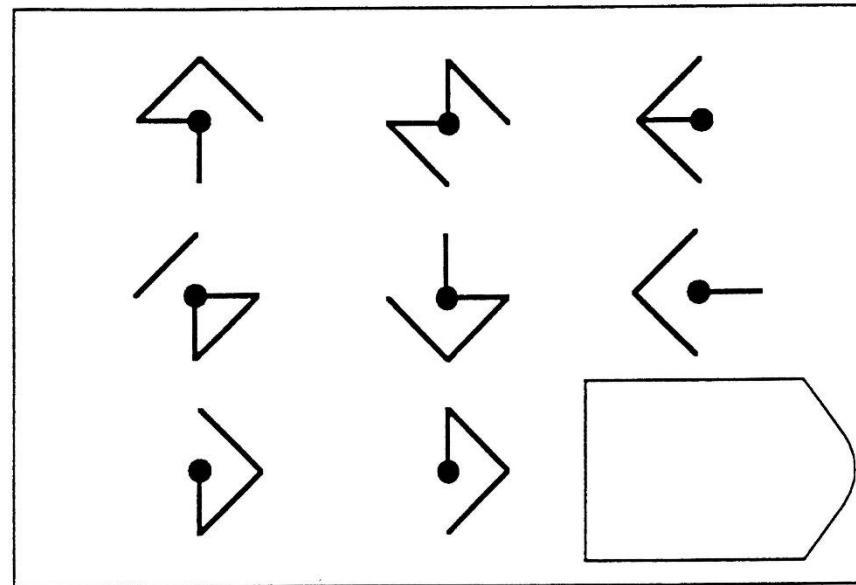


Unter fünf vorgegebenen Wörtern soll das Wort gefunden werden, das vier untereinander ähnlichen Wörtern unähnlich ist. Welches Wort passt nicht zu den anderen vier?

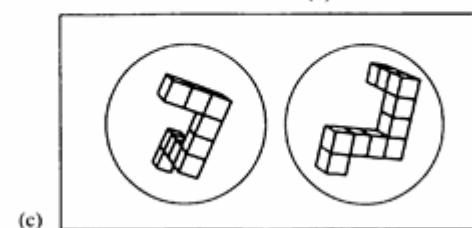
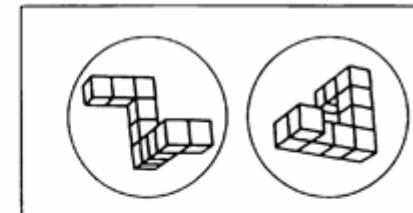
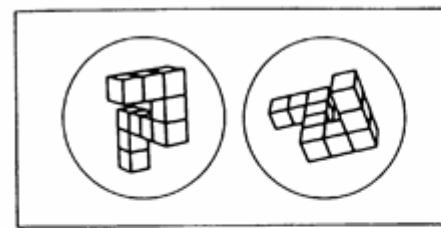
Beispiel:

- a. Tisch
- b. Stuhl
- c. Vogel
- d. Schrank
- e. Bett





Tests zum räumlichen Vorstellungsvermögen



Definition von Intelligenz nach Gottfredson, L. S.

(1997): Why g Matters: The Complexity of Everyday Life. In: Intelligence, 24 (1), S. 79–132.

- “Intelligence is a very general mental capability that, among other things, involves the ability to reason, plan, solve problems, think abstractly, comprehend complex ideas, learn quickly and learn from experience. It is not merely book learning, a narrow academic skill, or test-taking smarts. Rather, it reflects a broader and deeper capability for comprehending our surroundings—‘catching on,’ ‘making sense’ of things, or ‘figuring out’ what to do.”

Wie sieht moderne Intelligenzmessung aus und was macht Tests zu Intelligenztests?

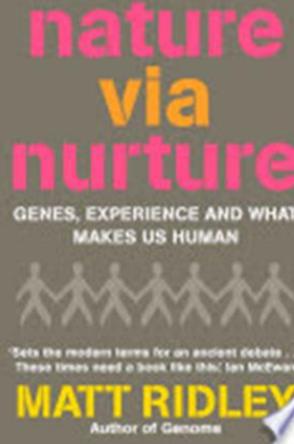
- Ergebnis eindeutig richtig oder falsch
- Umgang mit Symbolen oder kombinierbaren Materialien
- Symbole und Materialien sind bekannt
- Symbole oder Muster müssen erkannt oder neu kombiniert werden
- Bei reinen Erkennungsaufgaben ist eine Zeitbegrenzung vorgesehen
- Das zur Bearbeitung der Tests erforderliche Wissen ist nicht an den Besuch von speziellen Lerngelegenheiten gebunden

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

Erkenntnisse der Intelligenzforschung

- IQ sagt Schul-, Berufs- und Lebenserfolg besser vorher als alle anderen Persönlichkeitsmerkmale
- Intelligenz ist ein genetisch determiniertes Merkmal mit grosser **Reaktionsnorm**, d.h. ALLE Menschen brauchen eine anregende Umwelt, um ihre Intelligenz zu optimieren: Nature **VIA** Nurture
- Intelligenzunterschiede werden durch eine sehr grosse Zahl von über das gesamte Genom verteilte Gene determiniert, **weshalb die Familienähnlichkeit (Geschwister, Eltern) stark schwanken kann**
- Der Schulbesuch trägt entscheidend zur Stabilisierung der Intelligenzunterschiede bei
- **Je stärker die Umwelt für alle optimiert wird, umso grösser ist der Anteil der durch Gene erklärten Unterschiede**

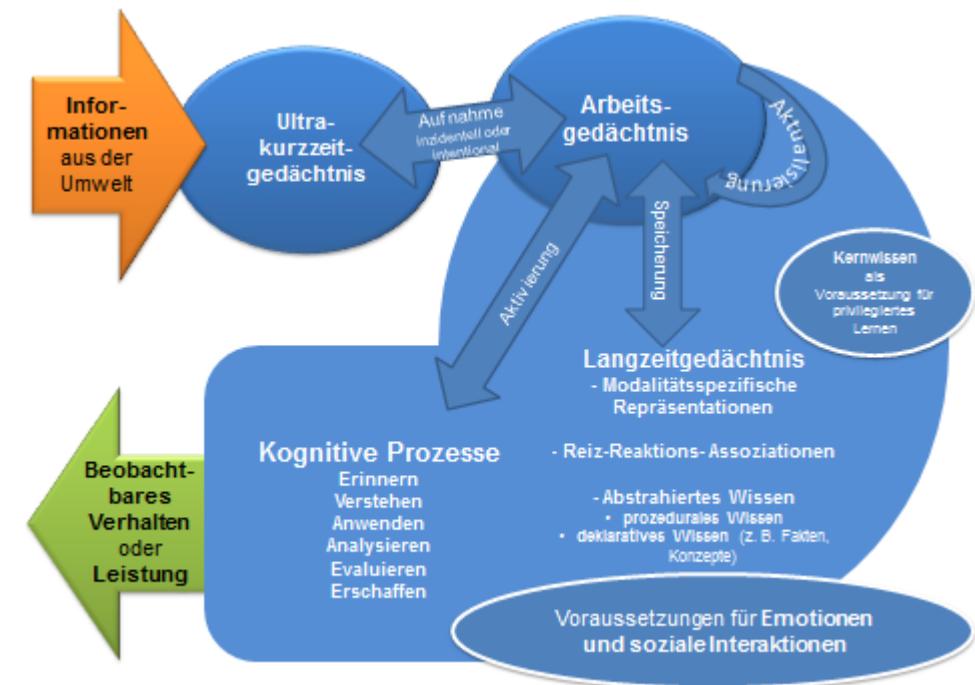
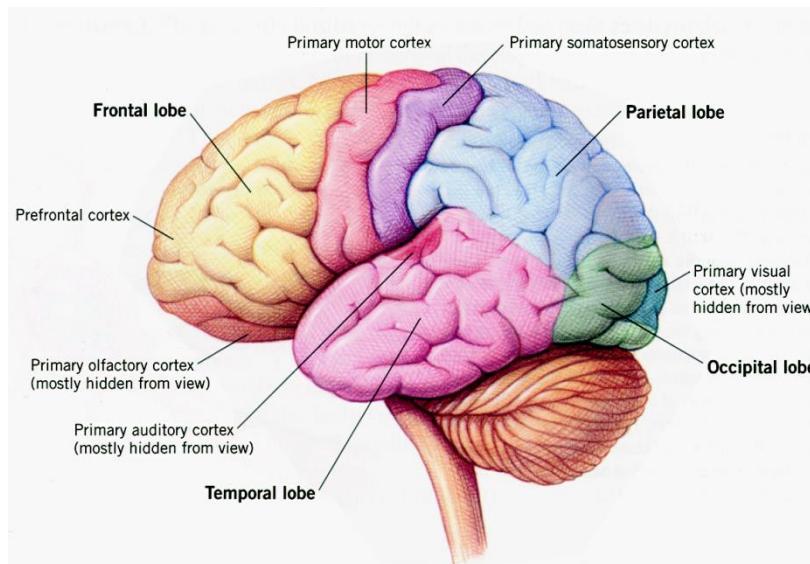


Ursachen für Intelligenzunterschiede

- 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

Wo sitzt die Intelligenz im Gehirn?

- Frontalhirn am stärksten beteiligt
- Entwickelt sich in der Lebensspanne zuletzt (Pubertät)



Die differentielle und die universelle Ebene konvergieren

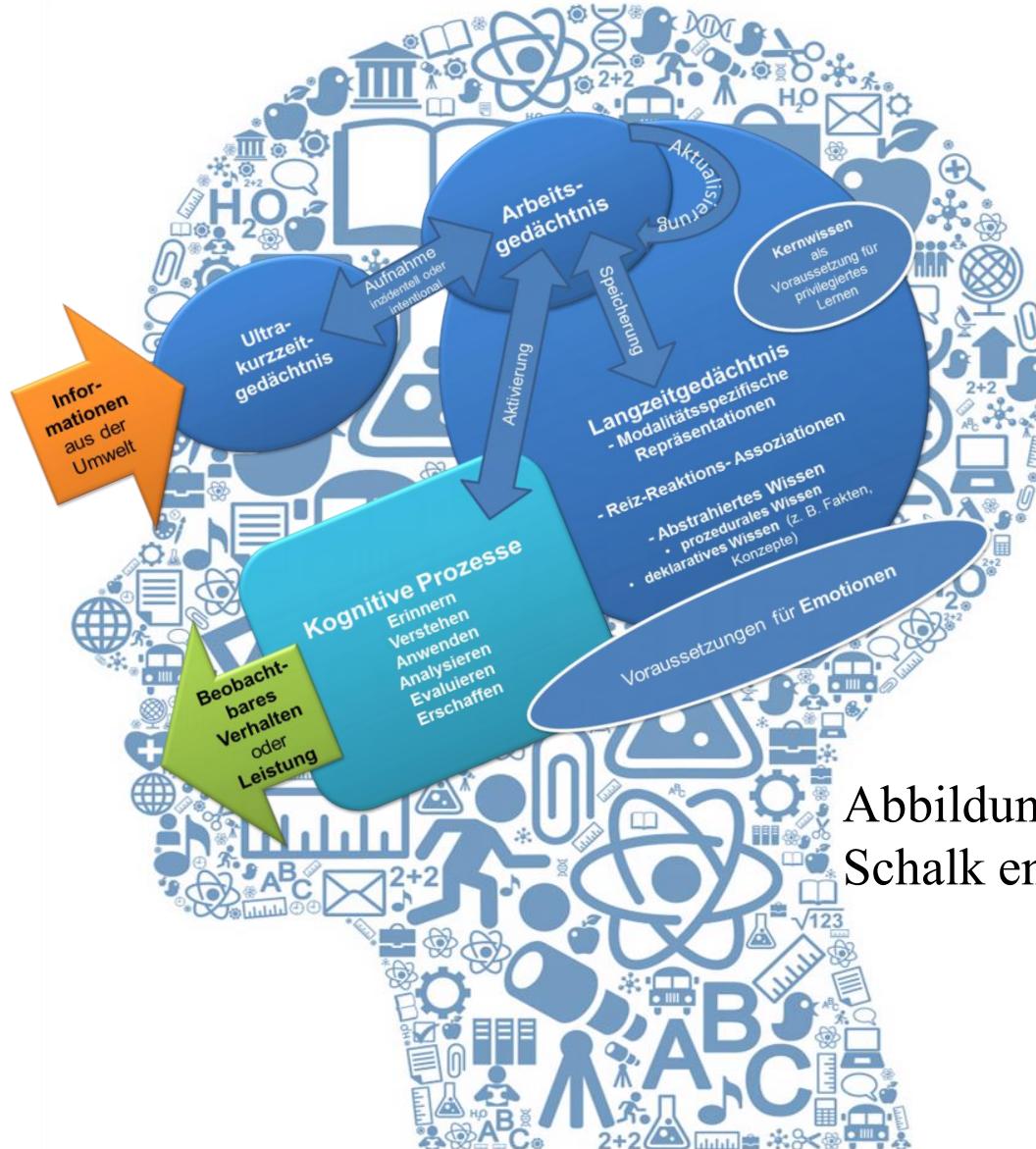
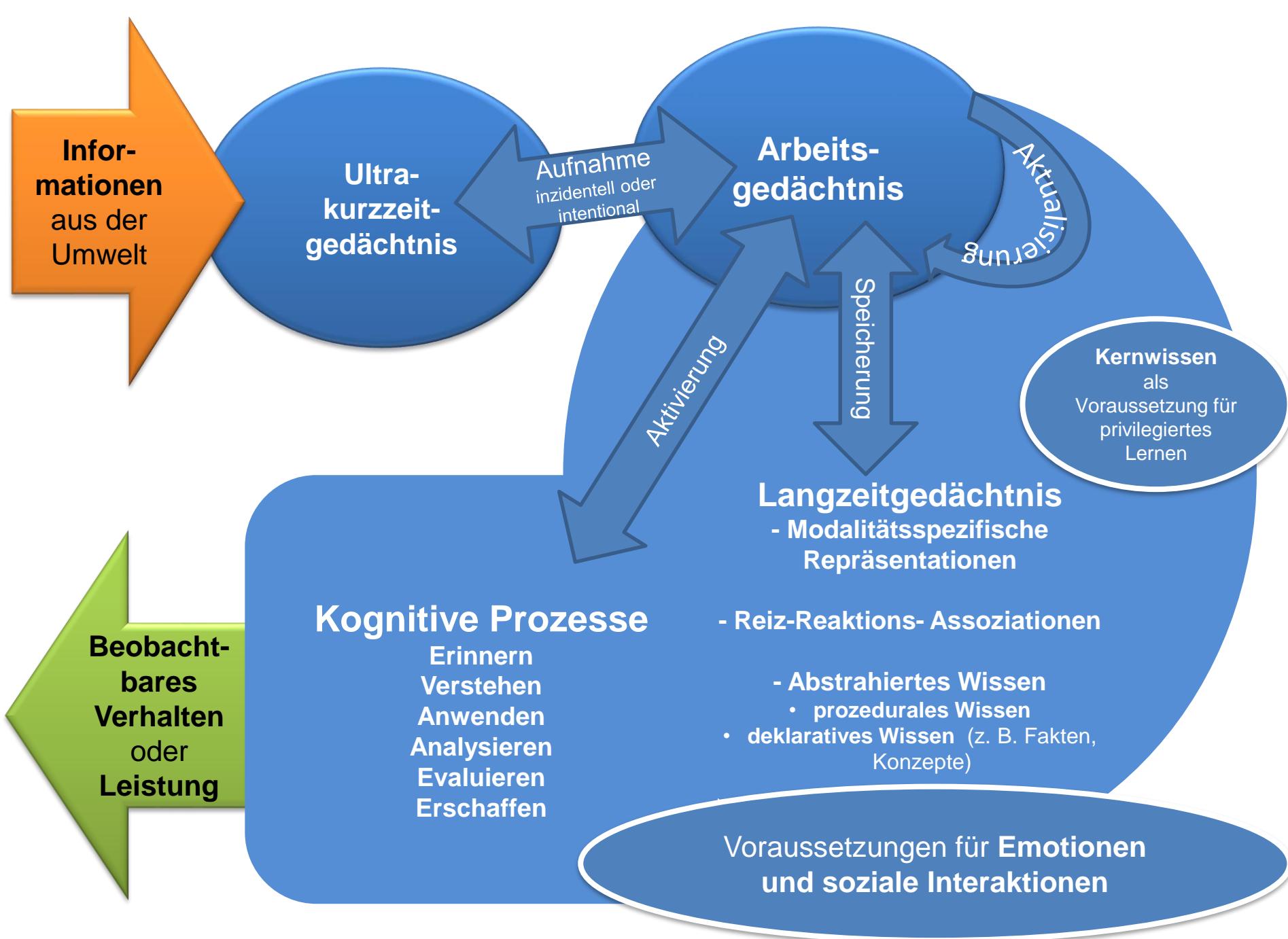


Abbildung mit Dr. Lennart Schalk entwickelt



Infor-
mationen

Ultra-
kurzzeit-

Aufnahme
incidentell oder
contextual

Arbeits-
gedächtnis

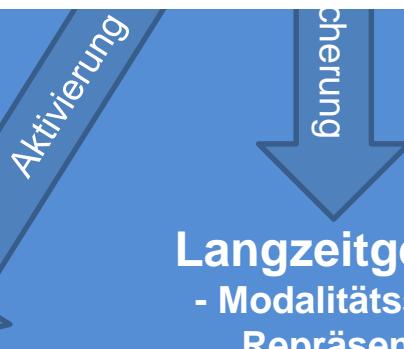
Aktua

Frage: Bei welchen kognitiven Ressourcen Funktionen zeigen sich Intelligenzunterschiede?

Beobacht-
bares
Verhalten
oder
Leistung

Kognitive Prozesse

- Erinnern
- Verstehen
- Anwenden
- Analysieren
- Evaluieren
- Erschaffen



Langzeitgedächtnis
- Modalitätsspezifische
Repräsentationen

- Reiz-Reaktions- Assoziationen
- Abstrahiertes Wissen
 - prozedurales Wissen
 - deklaratives Wissen (z. B. Fakten, Konzepte)

Kernwissen
als
Voraussetzung für
privilegiertes
Lernen

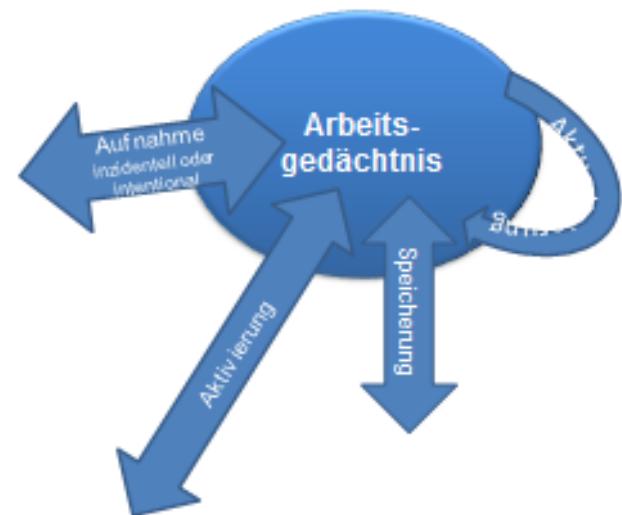
Voraussetzungen für Emotionen
und soziale Interaktionen

- Ultrakurzzeitgedächtnis



- Es gibt niedrige ($r=-.20$) negative Korrelationen zwischen Aufgaben zur Wahrnehmungsgeschwindigkeit und der Intelligenztestleistung

- Arbeitsgedächtnis: Steuert in Abhängigkeit von der zu bewältigenden Anforderung, welche eingehende Information gehemmt wird
Relativ hohe Korrelationen zwischen IQ und AG-Funktionen ($r= .40-.70$)



Herausforderung an das Arbeitsgedächtnis:

1. Information umgruppieren
2. **Information halten, auch wenn zwischenzeitlich ein anderes Ziel verfolgt werden muss**
3. Mehrere Ziele im Auge behalten und ggf. wechseln
4. **Hemmung von Information, die nicht zum Ziel passt**

- Merken Sie sich die Buchstaben in der richtigen Reihenfolge und lösen Sie danach die Gleichung und beurteilen Sie, ob sie richtig oder falsch ist.

G R C B

$$16 - 5 = 4 + 8$$

Gleichung w oder f?

Konsonanten: _____

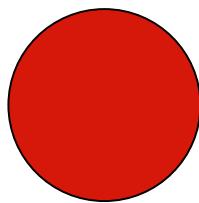
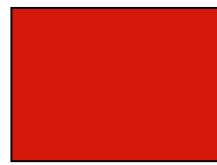
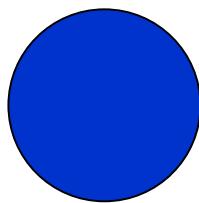
R K T H P

$$17 - 3 = 5 + 9$$

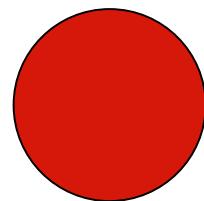
Gleichung w oder f?

Konsonanten: _____

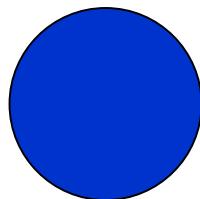
Task Switch-Aufgaben



Wenn rot: Taste drücken

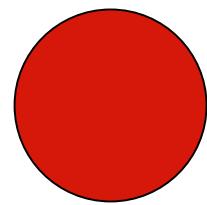


ja

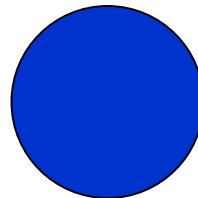


nein

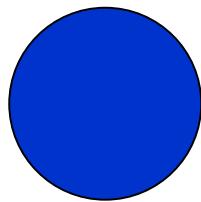
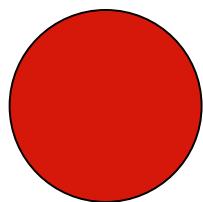








Wenn Kreis: Taste drücken



ja



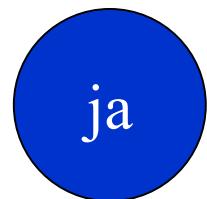
nein

Fehler oder Verzögerung nach Task-Switch

Wenn rot: Taste drücken



Wenn Kreis: Taste drücken

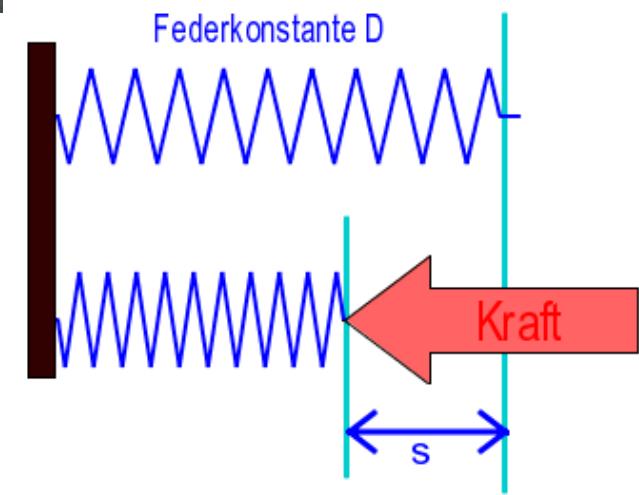


Welche kognitiven Funktionen liegen Intelligenzunterschieden zugrunde?

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

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

Intelligentes Begriffswissen: Speicherung von Energie



Inhaltswissen: Können alle alles lernen?

- Intelligenz ist ein Grundkapital/Rohstoff, nützlich wird sie erst, wenn sie in Wissen umgesetzt wird
- Auch sehr intelligente Schüler müssen lernen und brauchen anregende und anspruchsvolle Lerngelegenheiten:
Underachiever (Minderleister) in Mathematik und Physik am Gymnasium sind ein Problem

Der Aufbau von anspruchsvollem Wissen z.B. in Mathematik und Naturwissenschaften braucht aufeinander abgestimmte Lerngelegenheiten und Zeit



2. Wie zeigen sich Intelligenzunterschiede beim schulischen Lernen

Hohe Intelligenz kann fehlendes Wissen nicht ersetzen

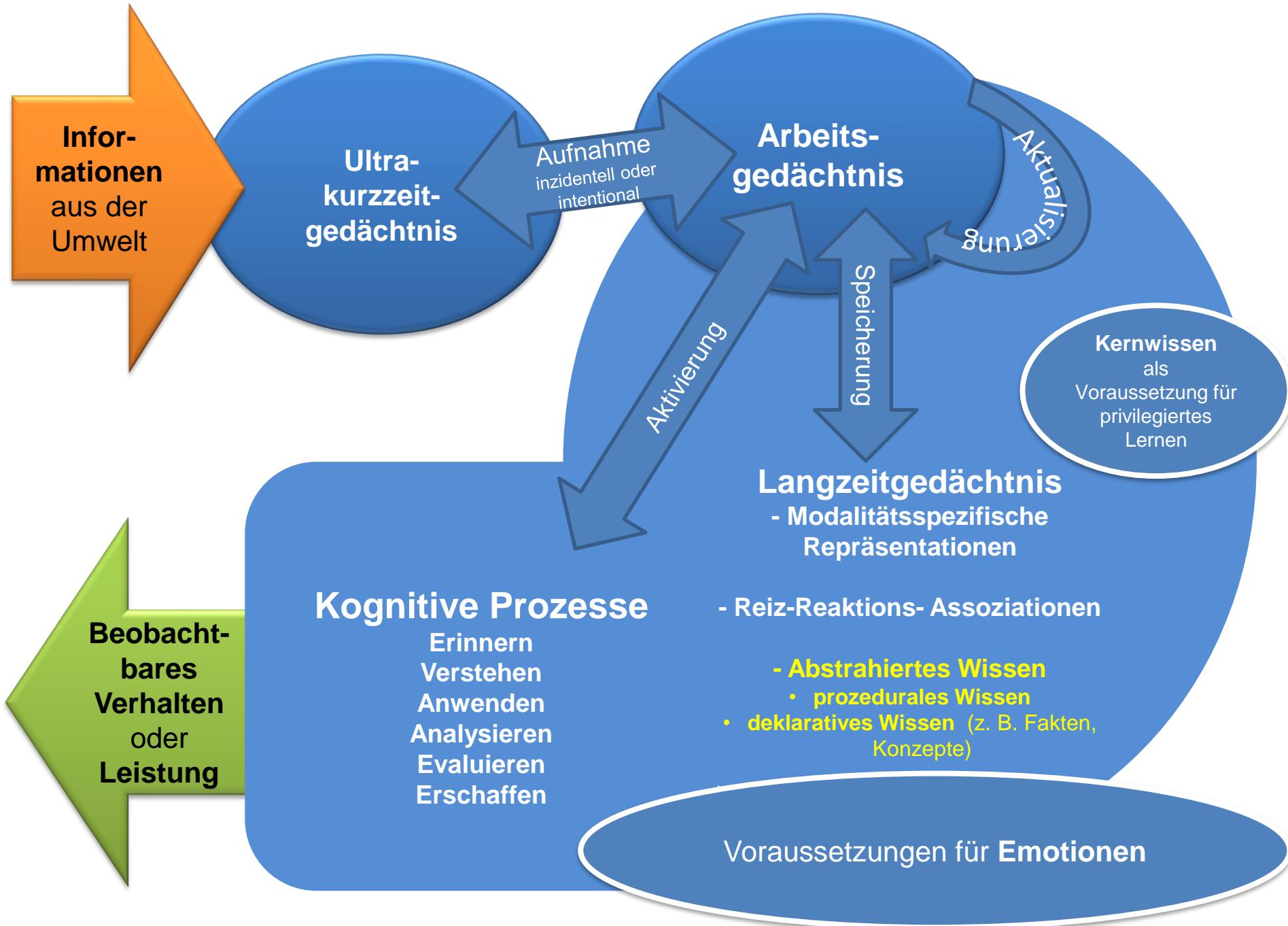
- Hans baute ein Boot.
- Urs liess einen Drachen steigen.
- Lutz ass einen Apfel.
- Beat ging über das Dach.
- Jochen versteckte ein Ei.
- Dominik setzte das Segel.
- Peter schrieb ein Drama.
- Viktor drückte den Schalter.

- 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?

- Seit den 1980er Jahren gibt es grosse Fortschritte in der Erforschung des menschlichen Denkens und Lernens



Veränderung von Wissen durch Lernen

- **Verdichtung** : Prozeduralisierung und Chunking (Bündelung)

Ehct ksras! Das ghet wicklirh!
Luat eneir Sutide eneir elgnihcesn
Uvinisterät ist es nchit witihcg, in
wlecehr Rnereflogheie 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 ncicht jeedn Bstachuebn
enzelin leesn, snderon das Wrot
als gseatems.
Und jzett veil Sapß biem Rltsäen!

Veränderung von Wissen durch Lernen

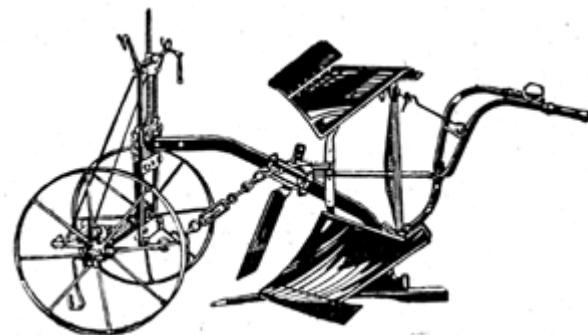
- **Explikation:** Erweiterung und Umstrukturierung von Begriffswissen
- Ein bestehendes Konzept wird durch neue Fakten erweitert
- *Umstrukturierung:* Die Bedeutung eines Begriffs verändert sich durch einen neuen Erklärungszusammenhang
 - Säugetier
 - Gewicht
 - Trägheit
 - Menschen und Affen

Kategorisierung von Gebrauchsgegenständen

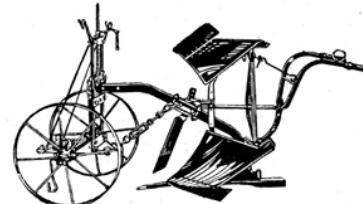
Alltagswissen:
Bestehen aus Stahl



Physikwissen:
Funktion beruht auf der Wirkung
von Kräften



Alltagskonzepte: Klassifikation nach dem Einsatzbereich



Haushalt

Landwirtschaft

Handwerk

Klassifikation nach physikalischen Prinzipien



Hebel



Keil

Was ist eine Maschine?



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.





3. Kompetenzaufbau in der Primarschule

- Beispiele aus der Physik



Die Schweizer MINT Studie

MINT-Lernzentrum der ETH Zürich

Zentrale Ergebnisse
Stand: **März 2019**

Wie können wir die Schülerinnen und Schüler besser auf das Lernen vorbereiten?



Schweizer MINT Studie: Seit 2011

- **Auswirkungen** von optimiertem naturwissenschaftlichem Unterricht ab der Primarschule
 - Derzeit etwa **400 Schulklassen** (13.727 Schülerinnen und Schüler; 60 Kontrollklassen)



- Vorbereitung auf zukünftiges Lernen
- Interessensentwicklung
- Studien- und Berufswahl
- Geschlechterunterschiede
- Sprachliche Entwicklung
- Wissenschaftliches Denken

Schweizer MINT Studie: Seit 2011

- Auswirkungen von **optimiertem naturwissenschaftlichem Unterricht** ab der Primarschule: **Kognitive Aktivierung**

- Erfahrungsbasiert
- Vorwissen
- Argumentation
- Selbsterklärungen
- Luft & Luftdruck
- Schall
- Schwimmen & Sinken
- Brücken

JACOBS
FOUNDATION

D GEES

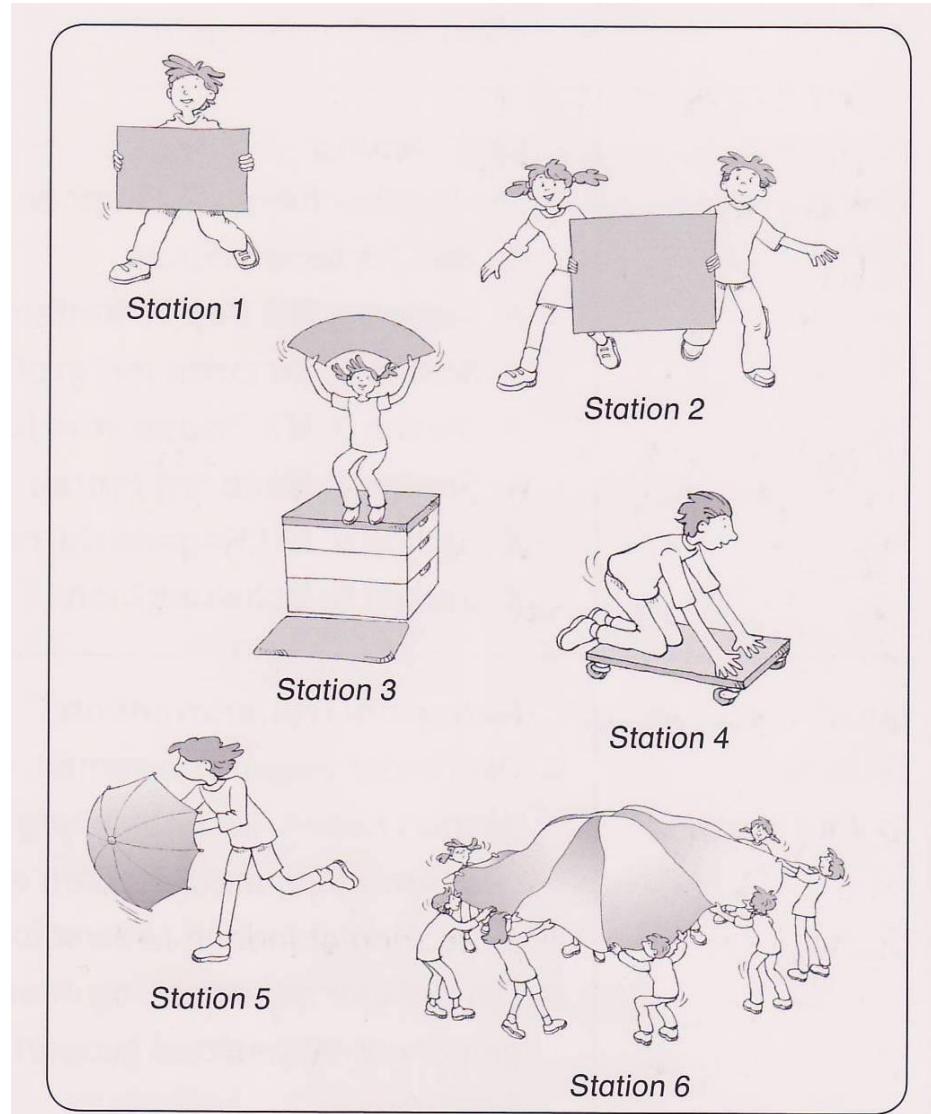


MINT

Worauf wird bei den Unterrichtsmaterialien besonders geachtet?

- Anknüpfen an das Vorwissen
- Kognitive Aktivierung
- Fokussierte Verarbeitung

Sequenz 2: Luft bremst



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





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.

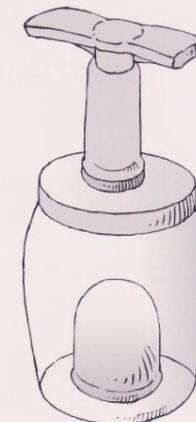
☞ Was wird passieren? Meine Vermutung:

☞ Meine Beobachtung:

☞ Meine Erklärung:

☞ Meine Zeichnung (auf der Rückseite):

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



Mein Forscherbuch

WICHTIGER HINWEIS

- Bei einigen der im Folgenden dargestellten Resultate handelt es sich um vorläufige oder noch nicht veröffentlichte Befunde. Bitte nicht ohne Rücksprache mit mir zitieren.

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.

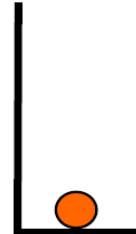
So hoch steigt das
Wasser, wenn man
die rote Kugel in das
Glas legt.



40g



90g



80g



20g

Beispielaufgaben

Schwimmen & Sinken

Experimentalgruppe

Kontrollgruppe

1 Punkt wenn alle 3 Striche richtig gesetzt

Vortest

Nachtest

Vortest

Nachtest

0.16

0.55

0.12

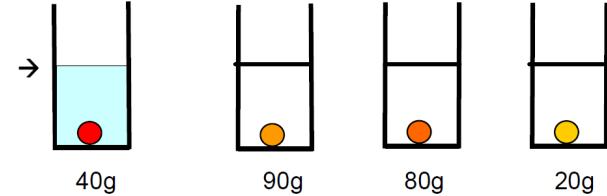
0.15

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.

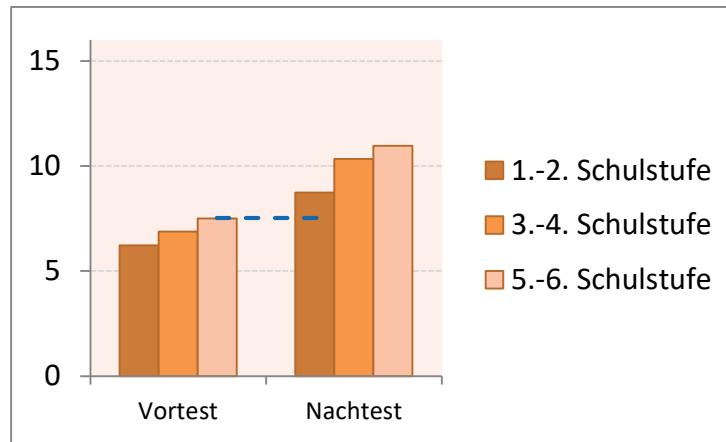


Lernzugewinne

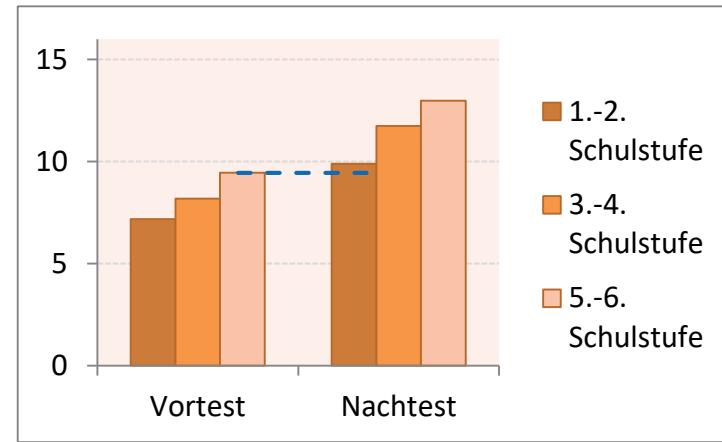
Experimentalgruppe					
Thema	Anzahl SchülerInnen	Zugewinn (Punkte)	Standardabweichung	Signifikanz	Effektgrösse
Luft & Luftdruck	3317/1630	3.12/2.90	2.74/2.56	.000	1.14/1.15
Schall	4882	3.41	2.91	.000	1.17
Schwimmen & Sinken	4573	4.21	3.23	.000	1.31
Brücken	1718/1694	2.67/3.22	2.24/2.53	.000	1.19/1.27
Kontrollgruppe					
Thema	Anzahl SchülerInnen	Zugewinn (Punkte)	Standardabweichung	Signifikanz	Effektgrösse
Luft & Luftdruck	550	0.62	2.53	.000	0.24
Schall	358	0.75	3.00	.000	0.25
Schwimmen & Sinken	412	0.22	1.73	.000	0.29
Brücken	177	0.56	2.19	.000	0.26

Vergleich zu Lernzuwachs der Kontrollgruppe

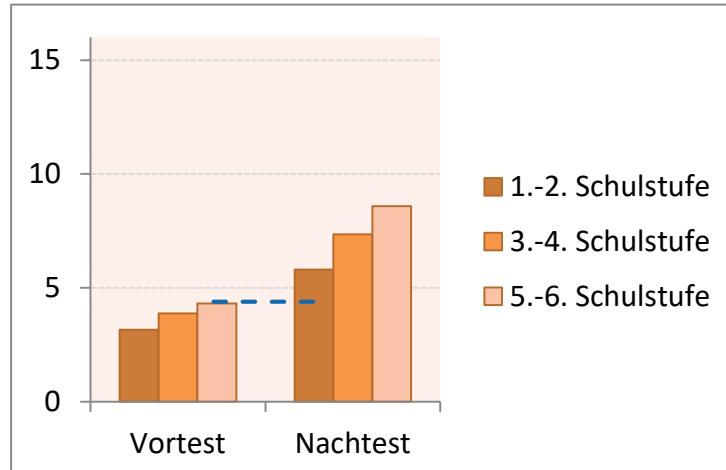
LL



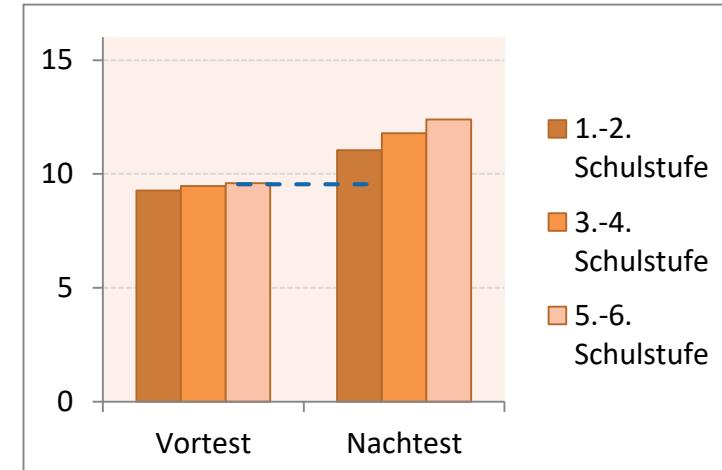
S



SS

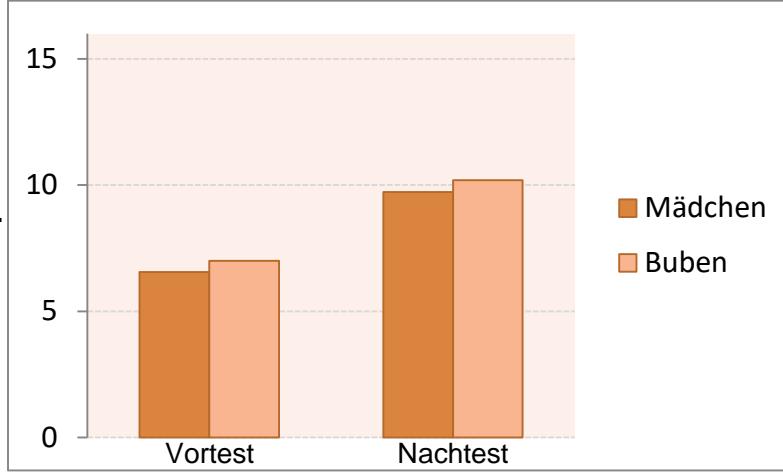


B

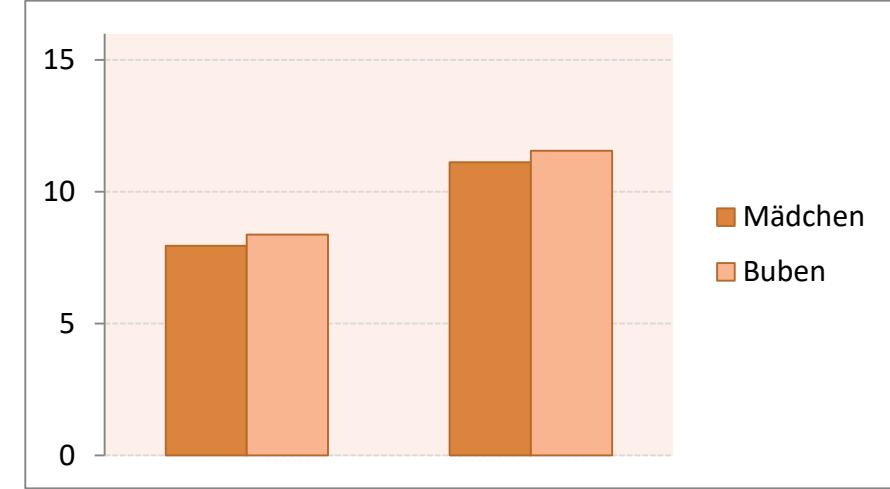


Entwicklung von Geschlechterunterschieden

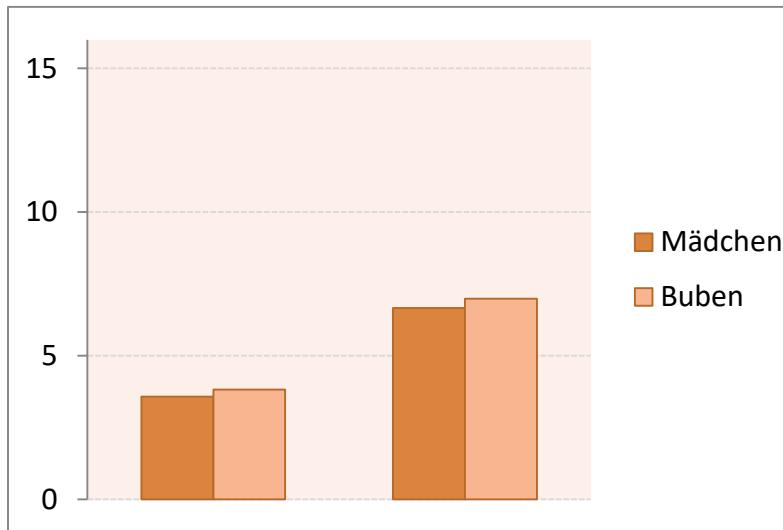
LL



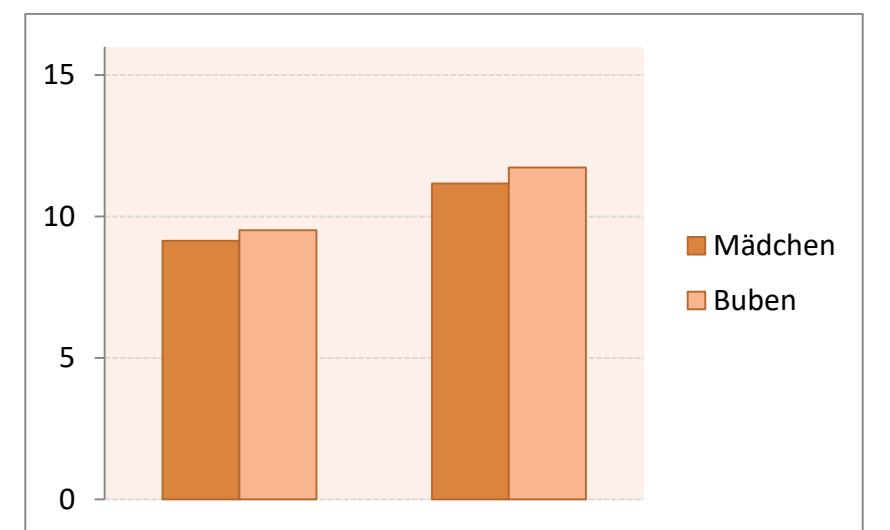
S



SS



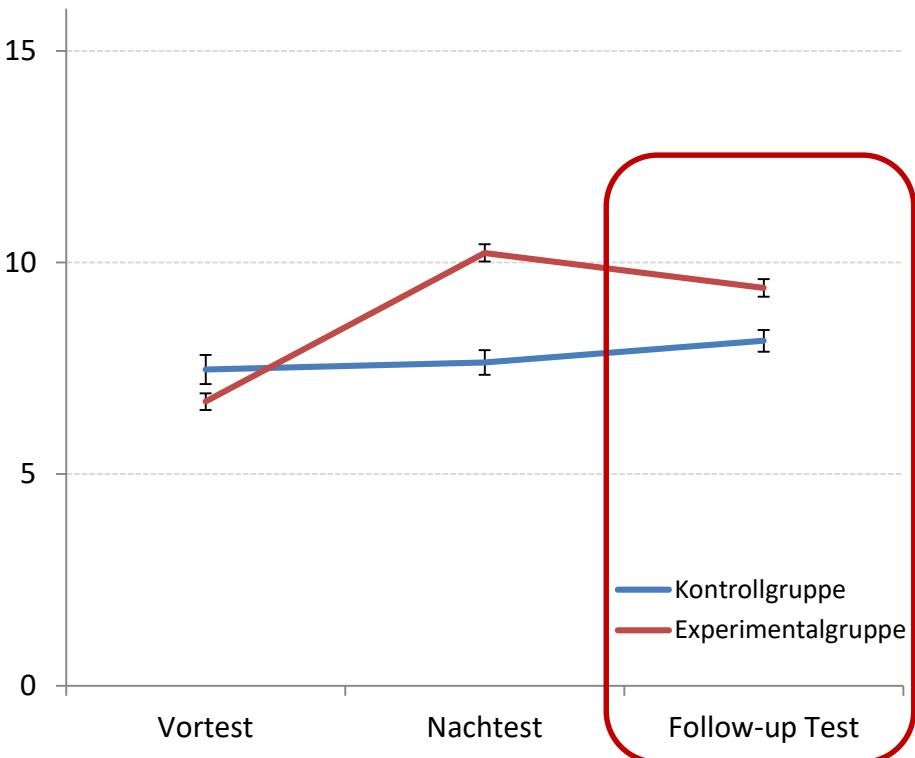
B



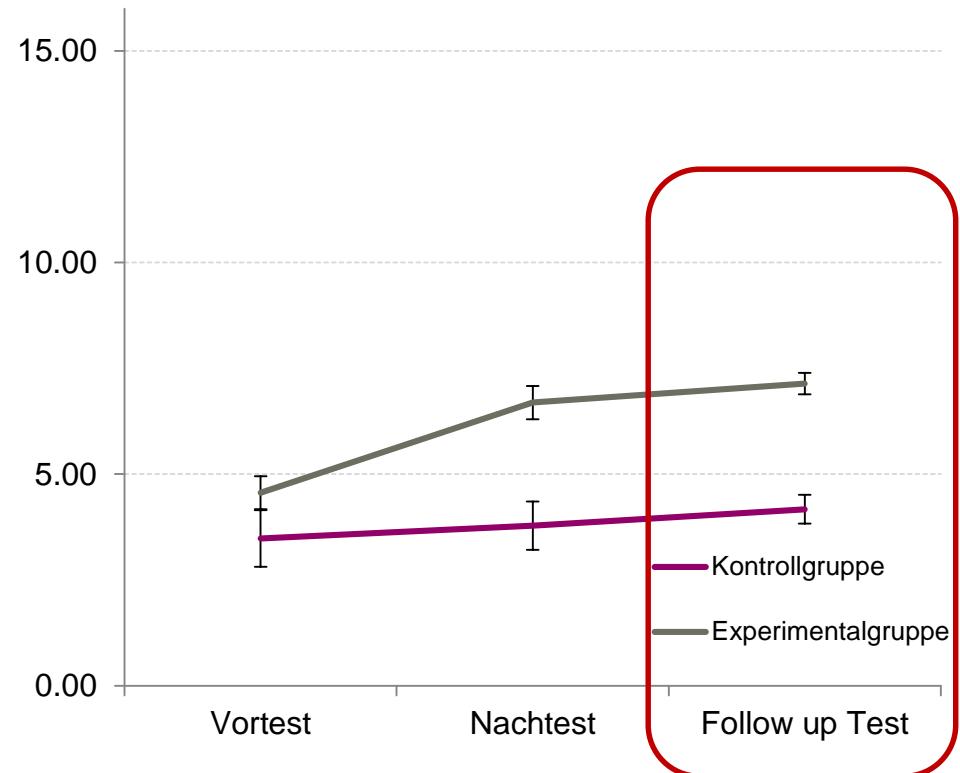
D GESS

Follow-up Test nach einem Jahr

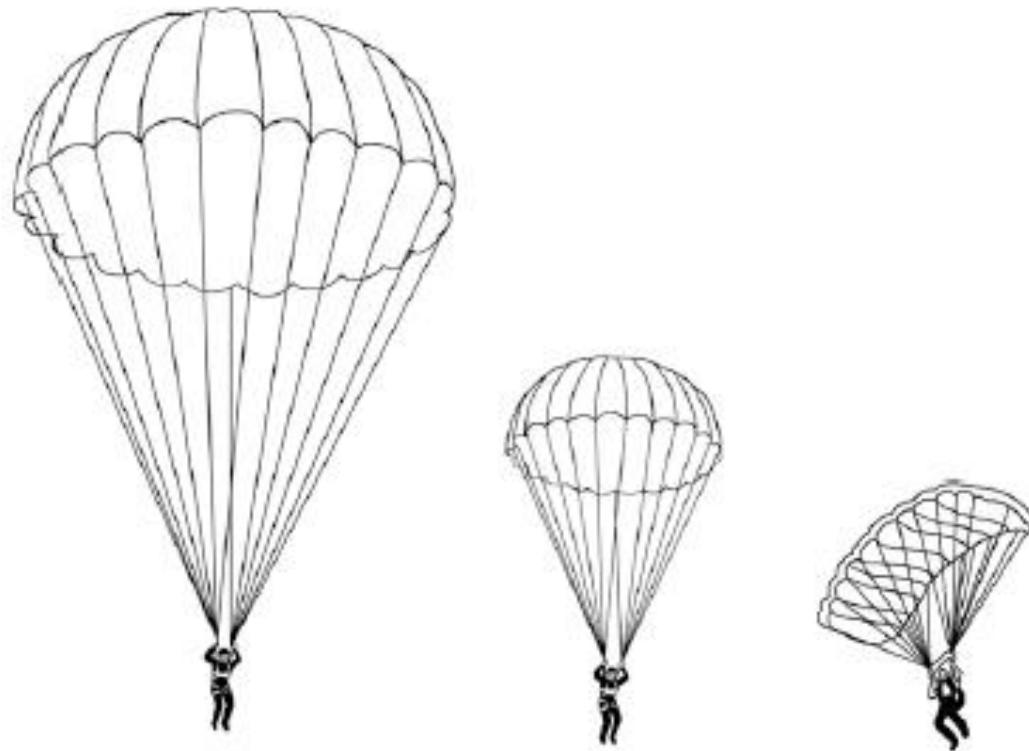
Luft und Luftdruck



Schwimmen und Sinken



Das Verständnis von Experimenten (Variablenkontrolle)

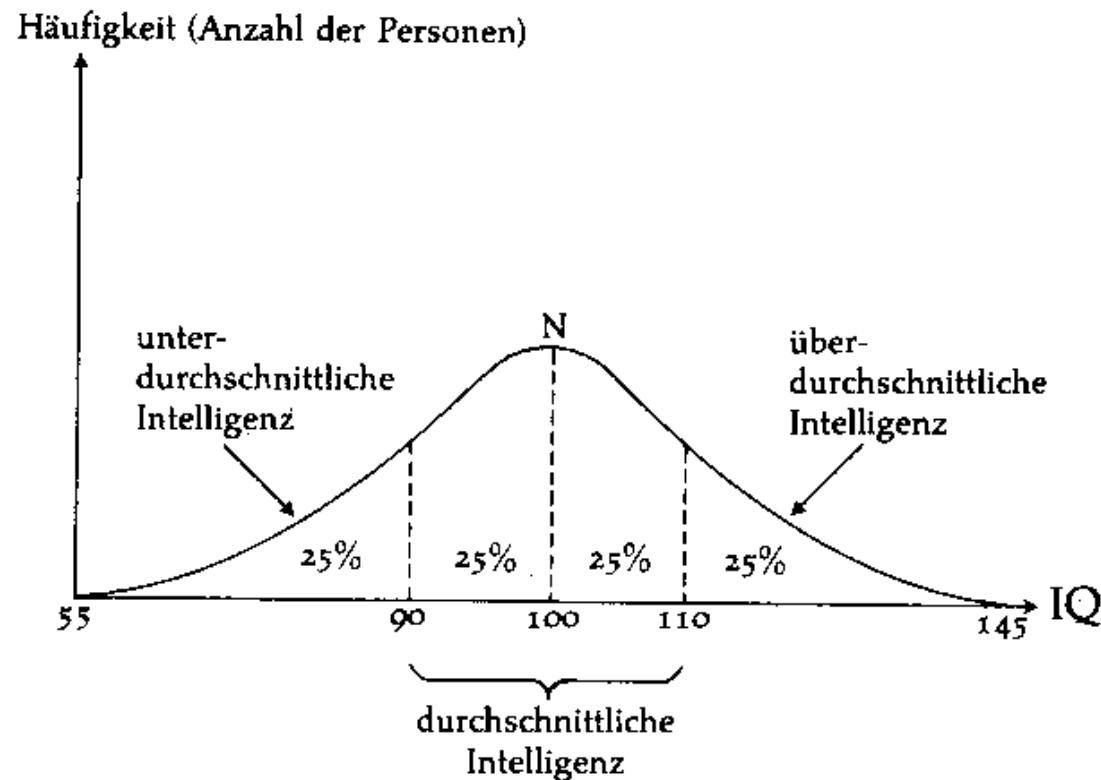


Bremst ein grosser Fallschirm besser als ein kleiner – und welche Fallschirme muss ich miteinander vergleichen, um das herauszufinden?

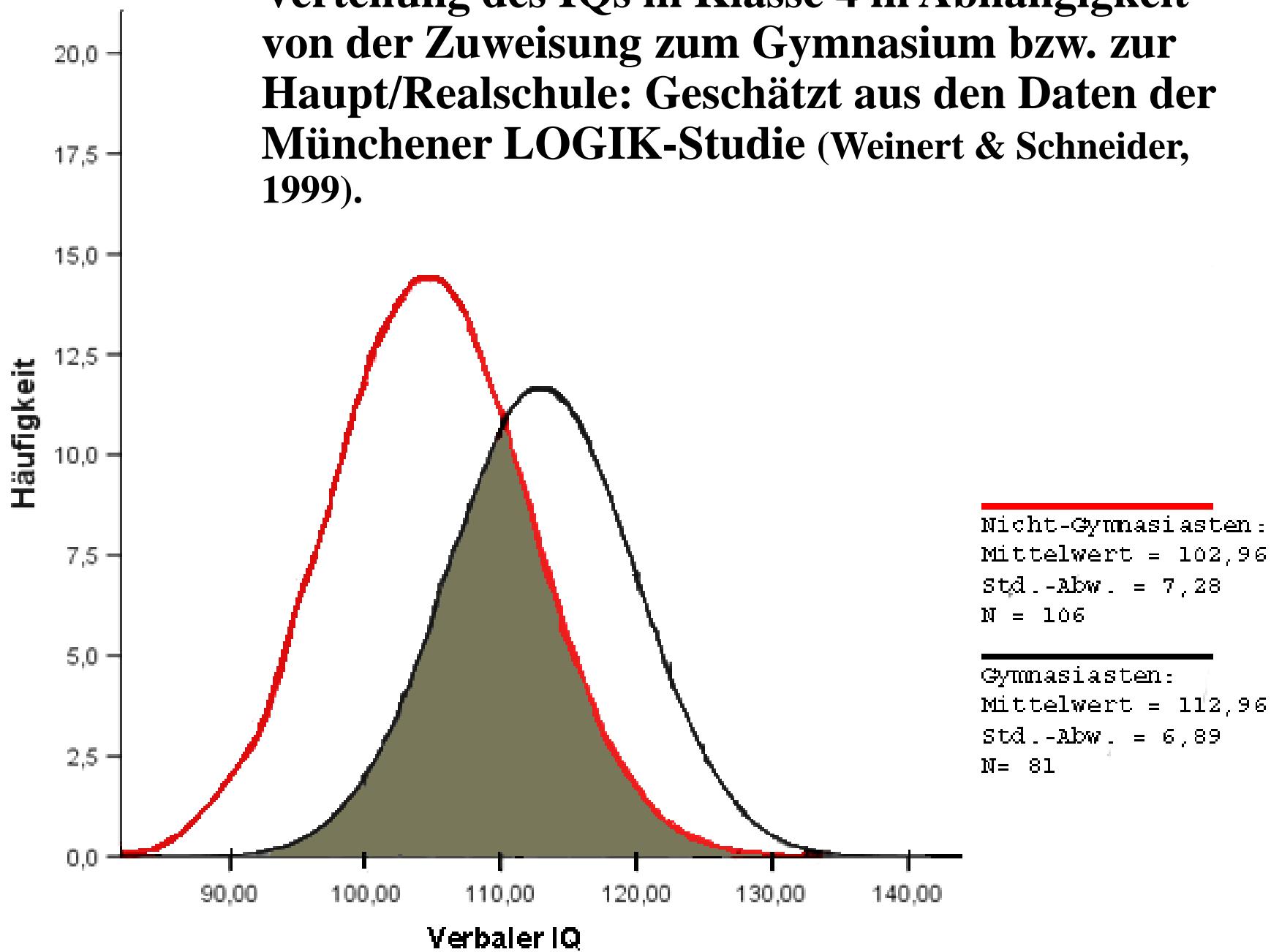


4. Die Rolle der Intelligenz in Ländern mit mehrgliedrigen Schulsystemen

Zur Rolle der Intelligenz in mehrgliedrigen Schulsystemen



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).



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

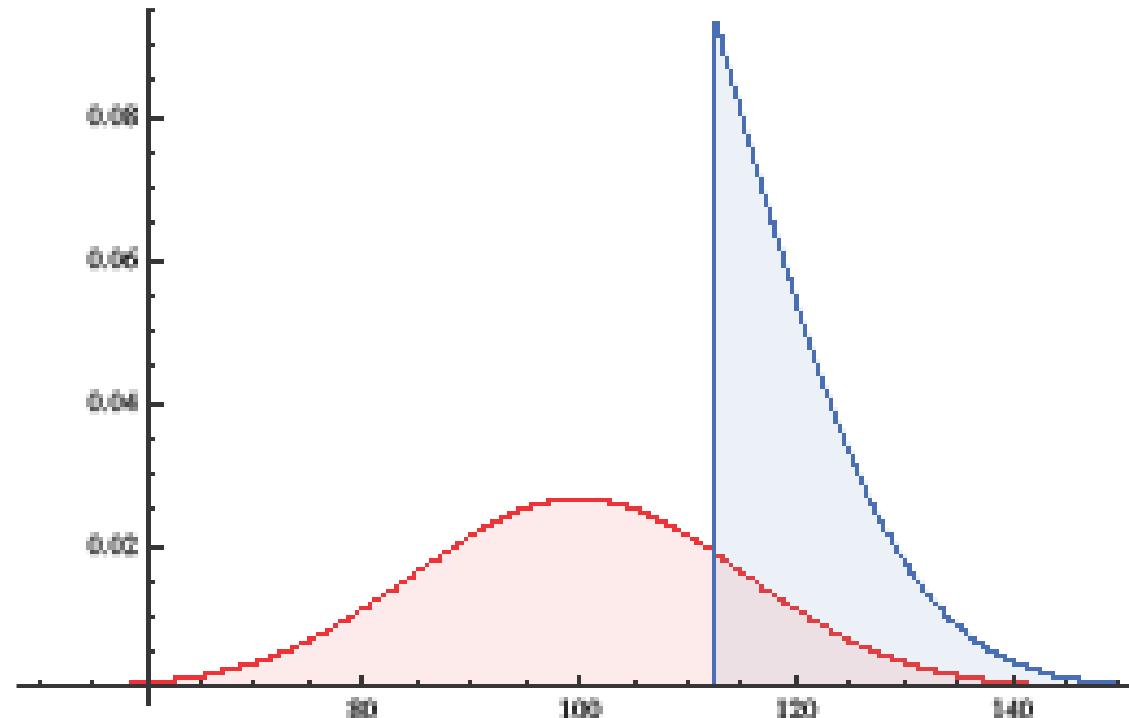
Wahrscheinlichkeit einer Gymnasialempfehlung

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

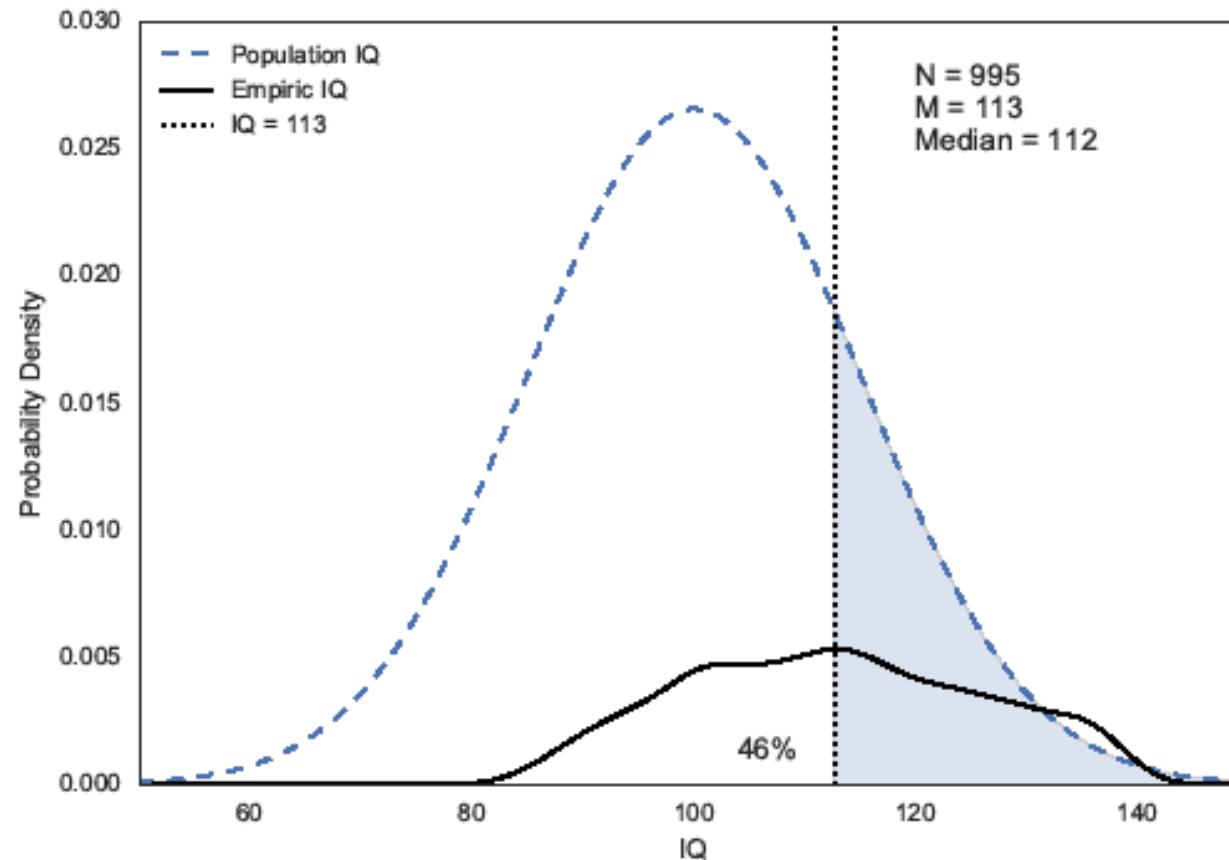
Theoretische Verteilungen

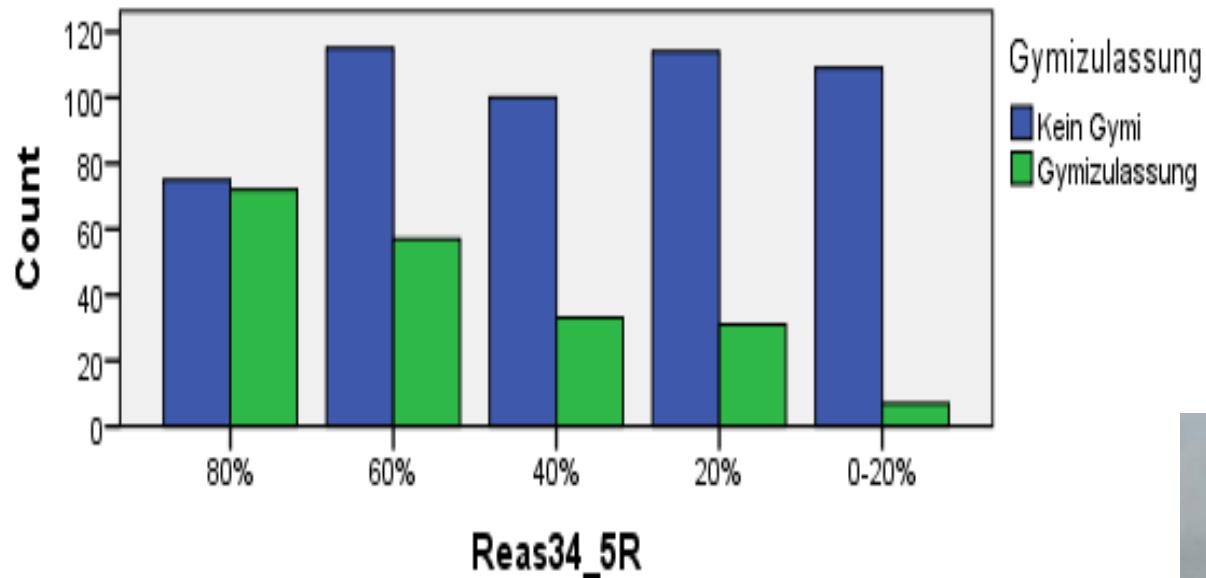
Die obersten 20% haben einen IQ zwischen 112.6 und (theoretisch) Unendlich.

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



Intelligenz bei Schweizer Gymnasiasten



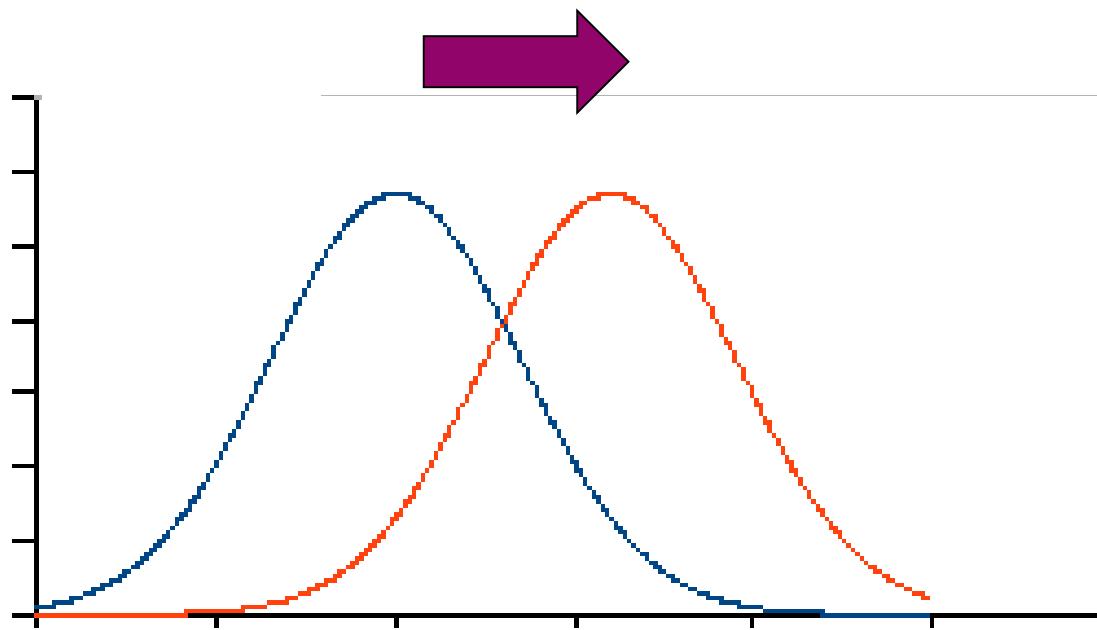


Esther Ziegler

Lassen sich mit Intelligenzunterschieden mehrgliedrige Schulsysteme rechtfertigen?

- Ja und nein
- Ja: Es gibt stabile Begabungsunterschiede, die bei guten Lerngelegenheiten hoch mit Intelligenz korrelieren sollten.
- Nein: Mehr oder weniger intelligente Lerner unterscheiden sich vorwiegend in der benötigten Zeit: Innere Differenzierung und jahrgangsübergreifender Unterricht
- Nein: Normalverteilung des IQs ist unvereinbar mit dem Schubladensystem: Fehler bei der Umwandlung einer kontinuierlichen Variablen (IQ) in diskrete Merkmale (Schulformen)

Nicht vergessen: Was heisst Bildungsgerechtigkeit?



Umwelteinflüsse erklären Mittelwertverschiebungen, Gene erklären die Unterschiede zwischen Menschen bei vergleichbaren Lernbedingungen

Elisabeth Stern | Aljoscha Weißbauer

Intelligenz

Große
Unterschiede
und ihre
Folgen

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Elisabeth Stern | Aljoscha Weißbauer

Lernwirksam unterrichten

Im Schulalltag von der Forschung profitieren

Cornelsen

www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum.html

