

Kompetenz – ein tragfähiges Konzept für die Bildungspolitik?

Elsbeth Stern

Leistung als Bildungsziel?

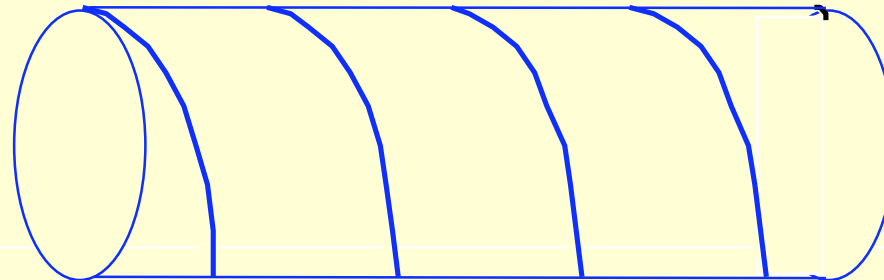
- 1x1 aufsagen
- Schillers Glocke auswendig können
- Hauptstädte aller Städte in Europa nennen
- Definitionen von Kraft und Beschleunigung aufsagen
- Chemische Grundelemente nennen
- Sagen, welche Gegenstände im Wasser schwimmen

- Vorteil: exakt und zuverlässig messbar
- Nachteil: nicht unbedingt valide für das Können

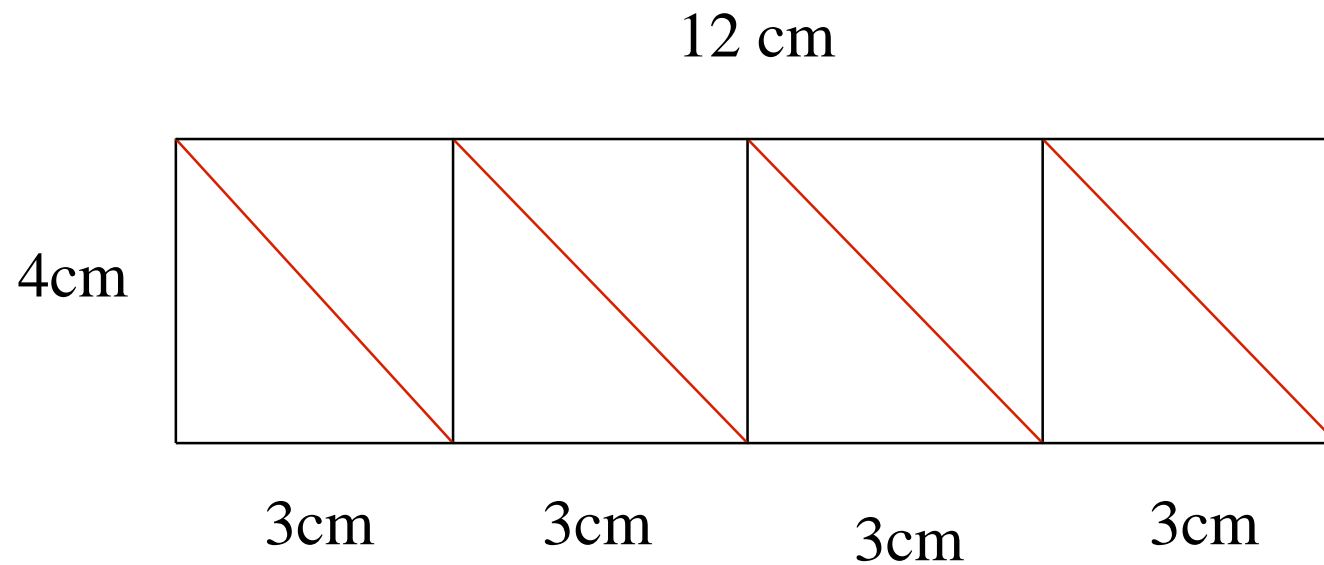
Voruniversitäre Mathematik, Teilgebiet Elementargeometrie

Aufgabe K14

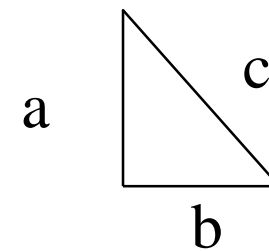
Eine Schnur ist symmetrisch um einen zylindrischen Stab gewickelt. Die Schnur windet sich genau 4mal um den Stab. Der Umfang des Stabs beträgt 4 cm und seine Länge 12 cm.



Bestimmen Sie die Länge der Schnur. Schreiben Sie alle Ihre Arbeitsschritte auf.



Satz des Pythagoras: $a^2 + b^2 = c^2$



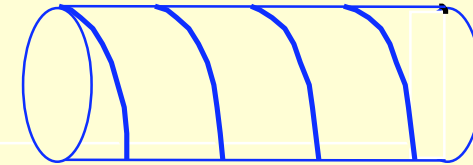
$$16 + 9 = 25$$

Jede Diagonale ist 5 cm lang, also ist die Schnur 20 cm lang

Voruniversitäre Mathematik, Teilgebiet Elementargeometrie

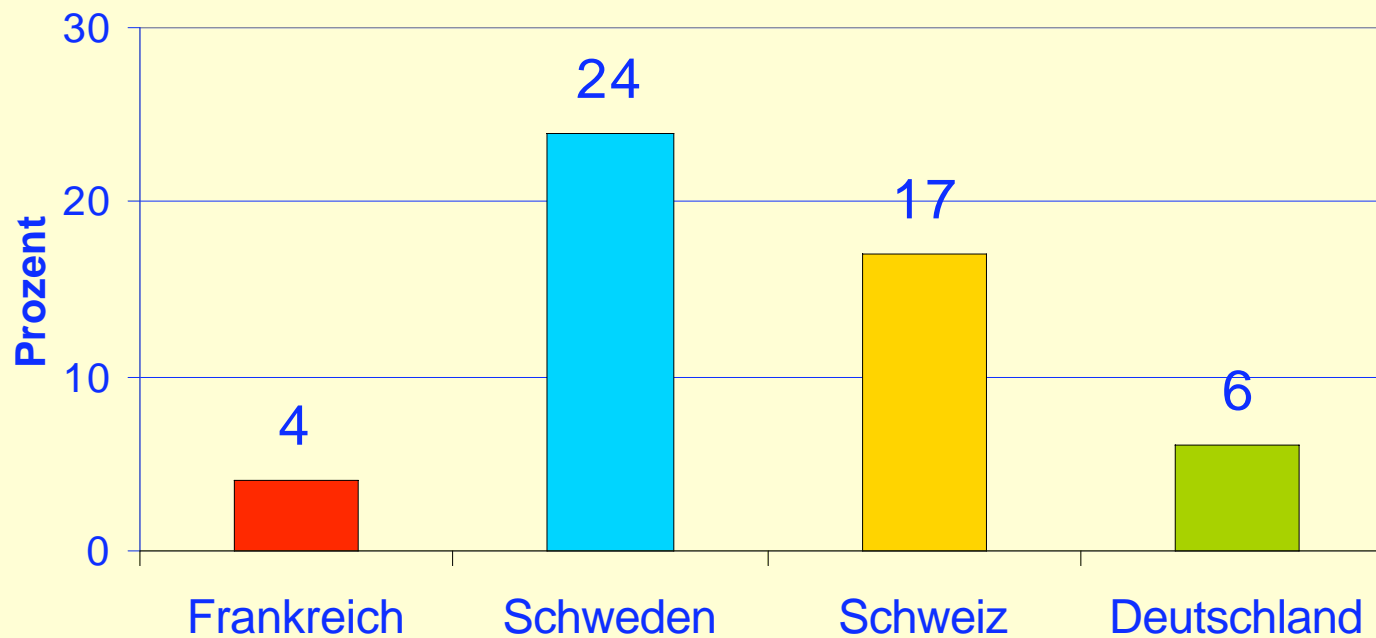
Aufgabe K14

Eine Schnur ist symmetrisch um einen zylindrischen Stab gewickelt. Die Schnur windet sich genau 4mal um den Stab. Der Umfang des Stabs beträgt 4 cm und seine Länge 12 cm.



Bestimmen Sie die Länge der Schnur. Schreiben Sie alle Ihre Arbeitsschritte auf.

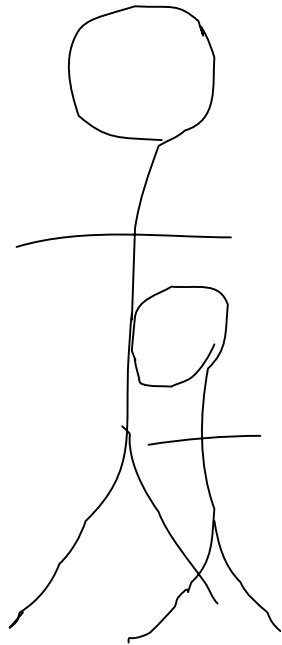
Prozent korrekt gelöst in ausgewählten Ländern



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**
- **Lösungsrate bei Abiturienten**
- **mit Leistungskurs Mathematik: 50%**
- **mit Grundkurs Mathematik: immerhin 44%**
- **International 67%**

Der große Bruder Peter und die kleine Schwester Susanne messen ihre Kräfte, indem sie gegeneinander drücken. Keiner von beiden fällt um.



Welcher Satz stimmt?

- Peter übt eine größere Kraft auf Susanne aus als Susanne auf Peter.
- Susanne übt eine größere Kraft auf Peter aus als Peter auf Susanne.
- Peter und Susanne üben gleich große Kräfte aufeinander aus.

Kompetenz als Bildungsziel

- Sozialkompetenz
- Methodenkompetenz

- Vorteil: passt immer
- Nachteil: sind keine überdauernden Persönlichkeitskonstrukte, sehr stark situationsabhängig

Kompetenz als Bildungsziel

- Kompetenz im Umgang mit Neuem
- Lern- und Denkfähigkeit

- Vorteil: klingt gut
- Nachteil: Intelligenztests sind genauer

Wald : Bäume = Wiese : ?

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

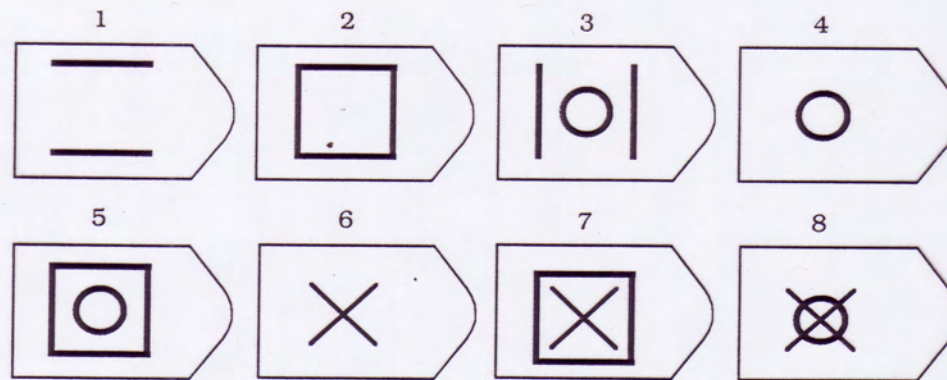
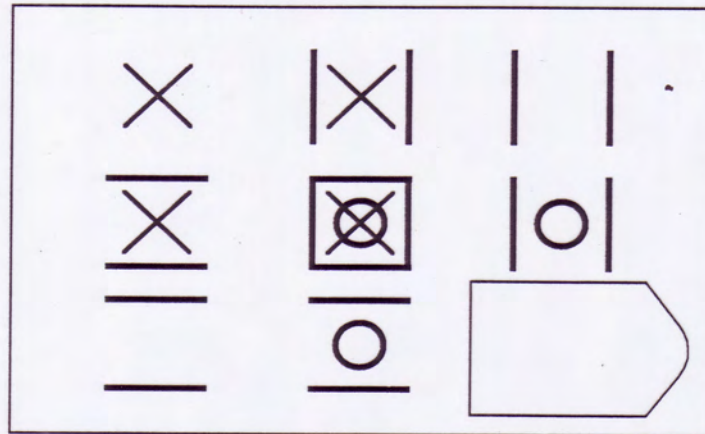
Unter fünf vorgegebenen Wörtern soll das Wort gefunden werden, das vier untereinander ähnlichen Wörtern unähnlich ist. Welches Wort passt nicht zu den anderen vier?

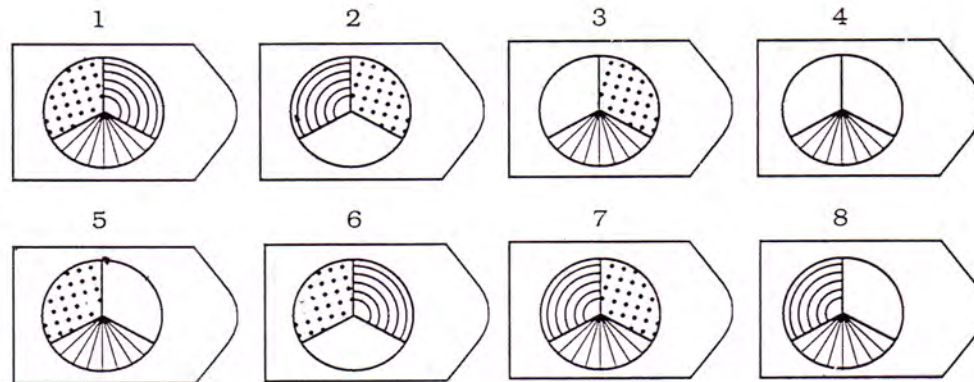
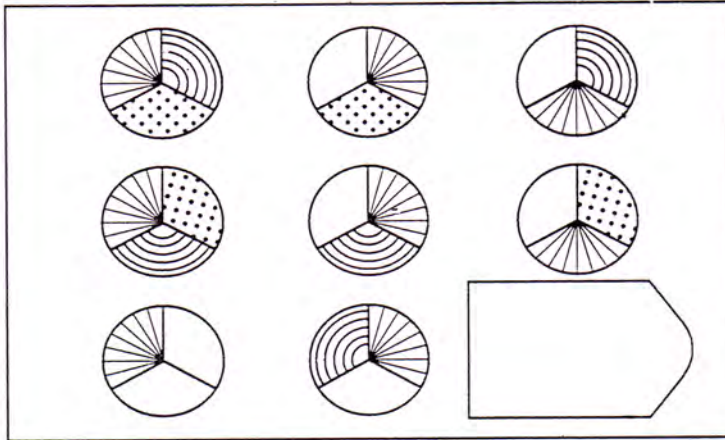
Beispiel:

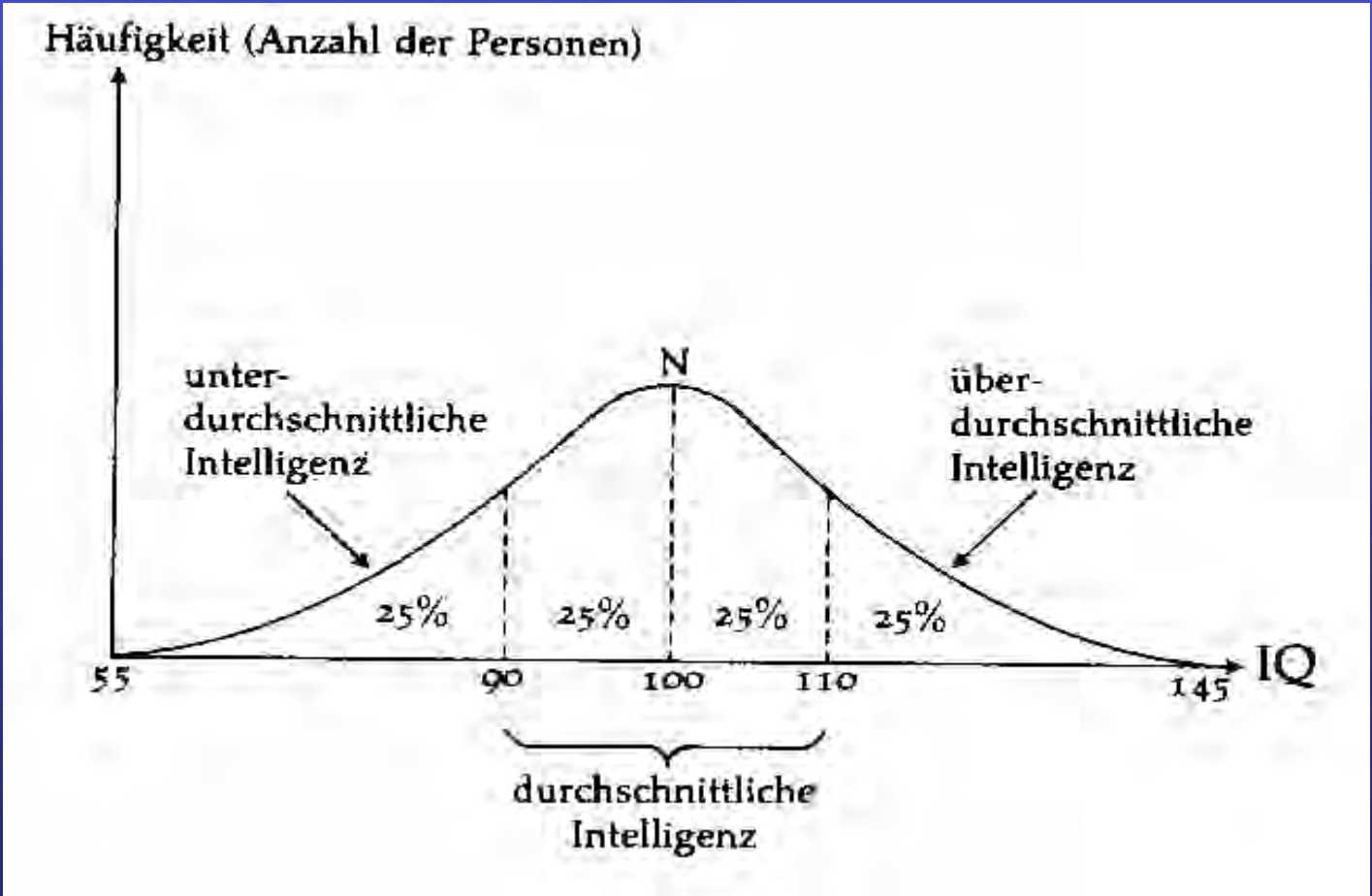
- a. Tisch
- b. Stuhl
- c. Vogel
- d. Schrank
- e. Bett

Zahlen fortsetzen

1 2 4 7 11 16 22 29 ?







Intelligenzunterschiede in Ländern mit allgemeiner Schulpflicht

- Der IQ weist bereits im frühen und mittleren Kindesalter eine mittlere Langzeitstabilität auf (ca. $r=.50$), und ab dem Alter von 10 erreicht die Stabilität die Reliabilitätsgrenze. Die Stabilisierung erfolgt früher für den verbalen als für den nicht-verbalen IQ.
- Zwillings- und Adoptionsdesigns zeigen überzeugend: Mindestens 50% der IQ-Varianz ist genetisch bedingt. Je größer die Chancengerechtigkeit in Bezug auf Bildung ist, um so größer ist der Einfluss der Gene auf die Erklärung von Unterschieden.
- Genetische Unterschiede zeigen sich in der Effizienz von allgemeinen und spezifischen Hirnfunktionen.

Leerer Begriff: Schlüsselkompetenzen

- Lassen sich nicht zuverlässig messen
- Erlauben keine valide Vorhersage (höchstens bei extrem negativen Fällen)
- Lassen sich nicht direkt verbessern
 - Lernbar, aber keinesfalls direkt lehrbar

Warum reichen Intelligenztests zur Beurteilung der geistigen Leistungsfähigkeit nicht aus?

- Bereichsspezifisches Vorwissen sagt Schulleistung besser vorher als der IQ
- Expertiseforschung (Wissenschaft, Musik, Sport, Schach): Intelligenz und Spezialbegabungen können jenseits eines Schwellenwertes nicht das Zustandekommen von Höchstleistung erklären

9 1 1 1 9 8 9 3 1 0 1 9 9 0

9.11.1989 3.10.1990

Aus 14 mach 2

Expertise im Schachspiel

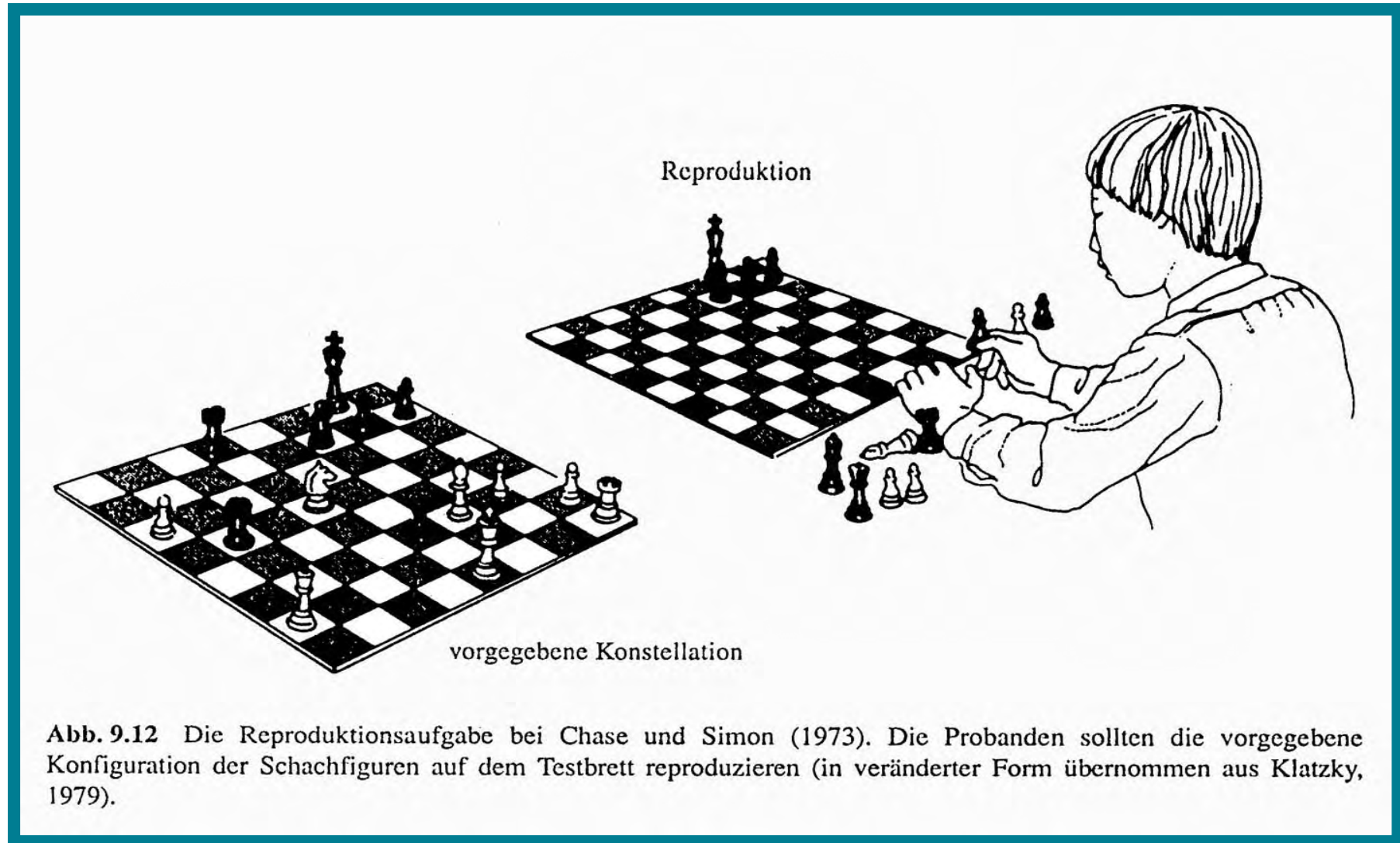


Abb. 9.12 Die Reproduktionsaufgabe bei Chase und Simon (1973). Die Probanden sollten die vorgegebene Konfiguration der Schachfiguren auf dem Testbrett reproduzieren (in veränderter Form übernommen aus Klatzky, 1979).

Unspezifischer Transfer?

- 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.“

Unspezifischer Transfer?

- Keine allgemeinen Transfereffekte durch Latein
 - Thorndike 1920
 - Nürnberger Lateinstudie (Haag & Stern, 2000, 2003)
- Keine nennenswerten Effekte von Intelligenztrainings
- Thorndike & Woodworth (1902): gemeinsame Wissensselemente zwischen Lern- und Anwendungssituation

Leistungssteigerung jenseits des Wissenstransfers durch Verbesserung der neurophysiologischen Basis (Brain Enhancement)?

- Mozart-Effekt
 - Mood and Arousal (Schellenberg, Toronto)
- Verbesserung in Tests zu räumlich-visuellen Fähigkeiten durch Magnetstimulation (Arbeitsgruppe Klimesch, Salzburg)
- Bilinguale Menschen
 - zeigen größere Flexibilität bei einfachen nicht-sprachlichen Tests
 - besitzen eine größere Neuronendichte im Frontalhirn (Arbeitsgruppe Bialystok, Toronto)
- Unspezifische Verbesserung der neurophysiologischen Basis kann gezieltes Lernen nicht ersetzen – ohne Wissen kein Transfer

Wissenstransfer: Was sind gemeinsame Elemente?

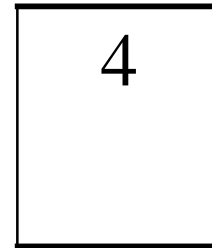
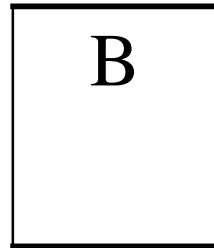
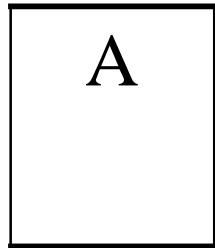
- Fakten
- Muster
- Prozeduren

- Konzeptuelles Wissen?

- Kein Transfer zwischen Aufgaben mit isomorpher formaler Struktur

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.

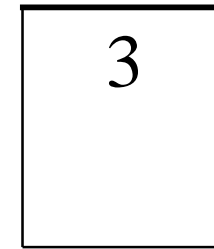
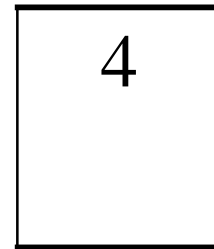
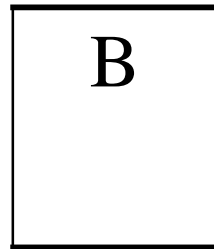
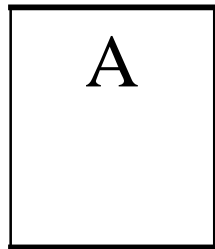


10% korrekt

90% falsch

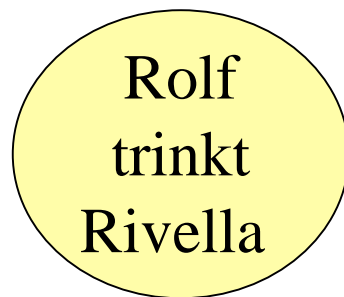
Deduktives Schlussfolgern: Wason Selection Task

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 bestellt, muss man mindestens 16 Jahre alt sein.**



100% korrekt

Mathematische Textaufgaben mit isomorpher
Struktur können sich vehement in der
Schwierigkeit unterscheiden

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%**

Angleichung:

Peter hat 8 Murmeln.

Hans hat 5 Murmeln.

Wie viele Murmeln muss Hans bekommen,
um genauso viele Murmeln wie Peter zu haben?

95%

Vergleich:

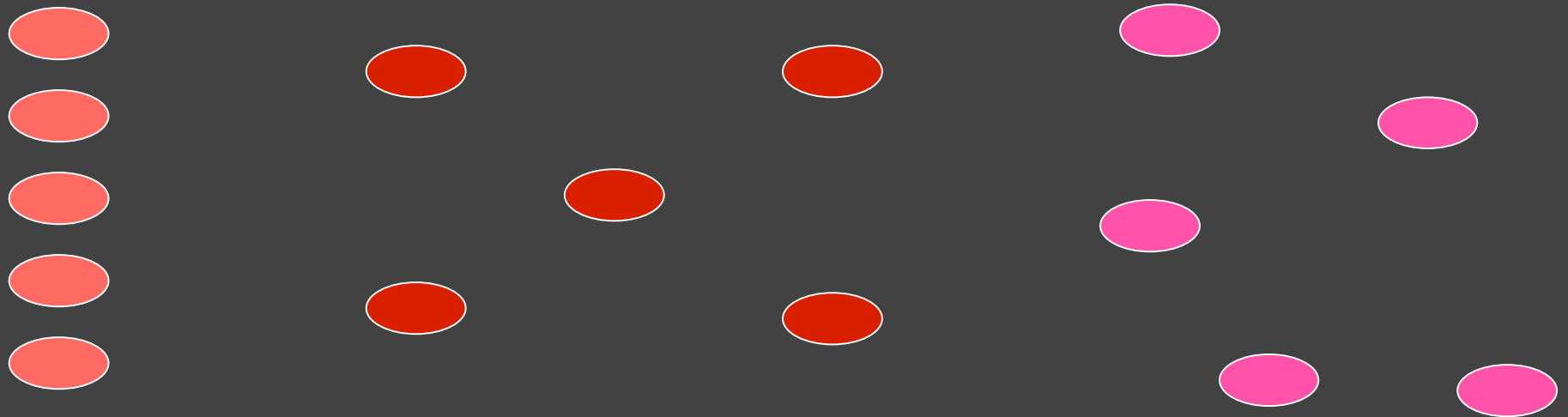
Peter hat 8 Murmeln.

Hans hat 5 Murmeln.

Wie viele Murmeln hat Peter mehr als Hans?

20%

Von der intuitiven zur kulturellen Mathematik: Das Verständnis der Zahl „5“



Relationalzahl

Relationalzahl



Kardinalzahl

Ordinalzahl

Weitere Belege für ausbleibenden Transfer bei formal isomorphen Aufgaben (auch bei weit überdurchschnittlich intelligenten Menschen)

- Physik: Kraftbegriff; Doppler-Effekt bei Schall und Licht
- Problemlöseaufgaben
- Mathematische Textaufgaben: lineares Wachstum, geometrische Reihen

Transfer bleibt aus, weil die gemeinsame konzeptuelle Basis der Aufgaben nicht gesehen wird.

Was haben ein Heißluftballon und ein Schiff gemeinsam?

- Beide sind Transportmittel.
- Beide lassen sich für Ausflüge nutzen.
- Bei beiden hat die Fortbewegung die Auftriebskraft zur Voraussetzung.
- Es besteht eine Auftriebskraft, weil die mittlere Dichte des Mediums, in dem sich die Transportmittel bewegen, größer ist als deren eigene mittlere Dichte.

Formale Begriffe als gemeinsame Wissensgrundlage

- basieren auf Symbolsystemen (kognitive Werkzeuge)
 - Mathematik
 - Bilder/Graphen/Diagramme
 - Sprache/Schrift
- Transfer basiert auf der Nutzung der im kulturellen Kontext entstandenen kognitiven Werkzeuge

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**
- **Lösungsrate bei Abiturienten**
- **mit Leistungskurs Mathematik: 50%**
- **mit Grundkurs Mathematik: immerhin 44%**
- **International 67%**

Unzureichendes Wissen

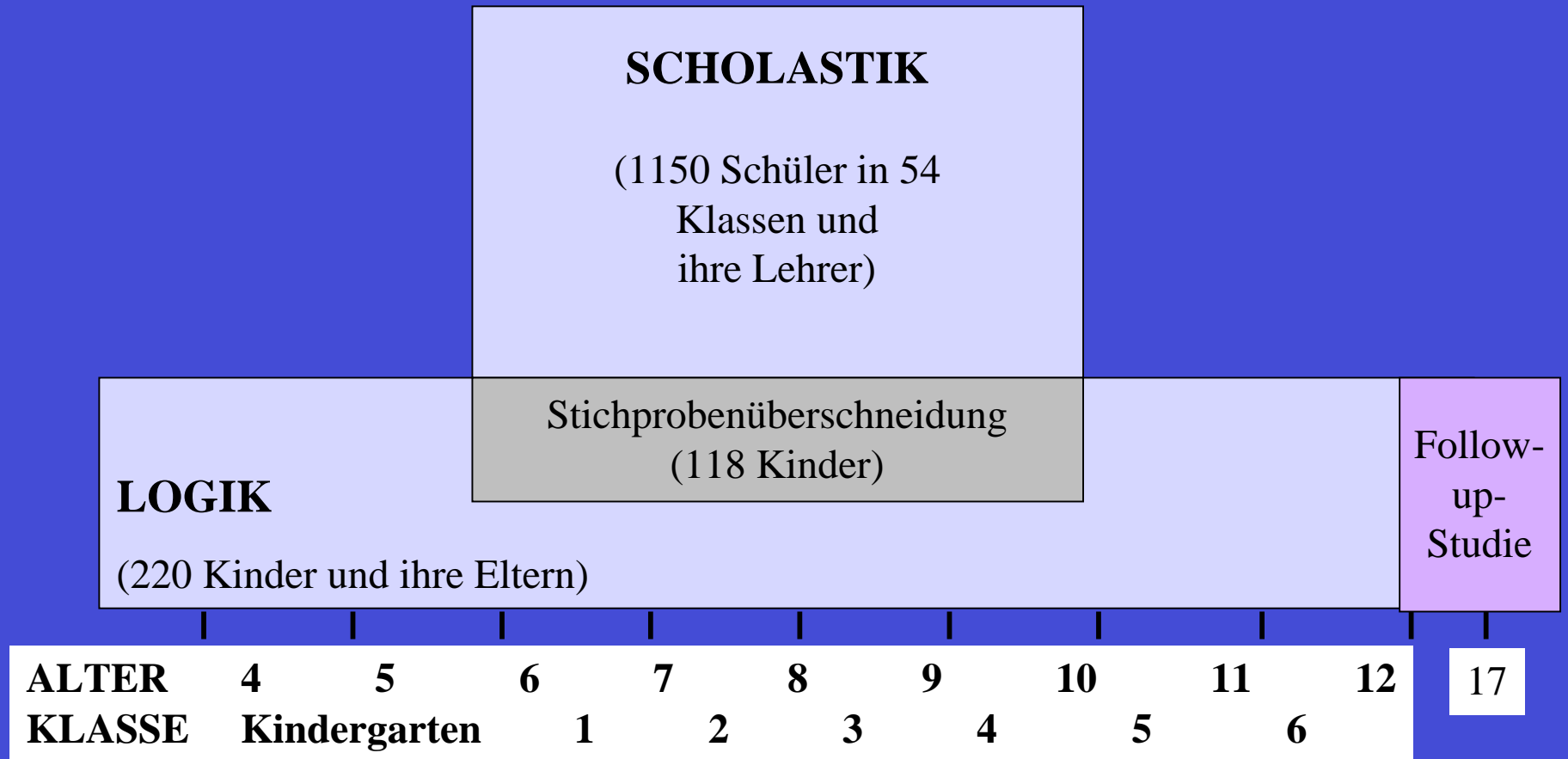
- Deklarativ/Konzeptuell (z.B.: Steigung= Rate der Veränderung)
- Prozedural (keine automatisierte Mustererkennung)
- Strategisch (Konstruktion von Graphen als Denkhilfen in quantitativen Inhaltsbereichen)

Kompetenz = Wissen, das zur
Bewältigung einer Klasse von
Anforderungen herangezogen werden
kann

Kompetenz= Breit anwendbares Wissen

Wissen

- Wissensarten sind vernetzt
- Perfekte Routinen
- Veränderungen im Zugriff sind steuerbar
- Kann in unterschiedlichen Modalitäten und Symbolsystemen ausgedrückt werden
- transferierbar
- Isolierte Fakten
- Nicht integrierte Routinen
- Einseitiger Zugriff
- Wenig Flexibilität in der Repräsentation
- Nicht transferierbar (situiert)



11. Klasse

Welchem x-Wert entspricht die Gleichung $x^2 - 14x + 49 = 0$

- A) 7 und 0
- B) 7
- C) -14
- D) 7 und -7
- E) 14 und 0

Warum können Gymnasiasten der 11. Klasse derartige Aufgaben nicht lösen?

- **mangelnde Intelligenz?**
- **aufsummierte Wissensdefizite in
Mathematik?**

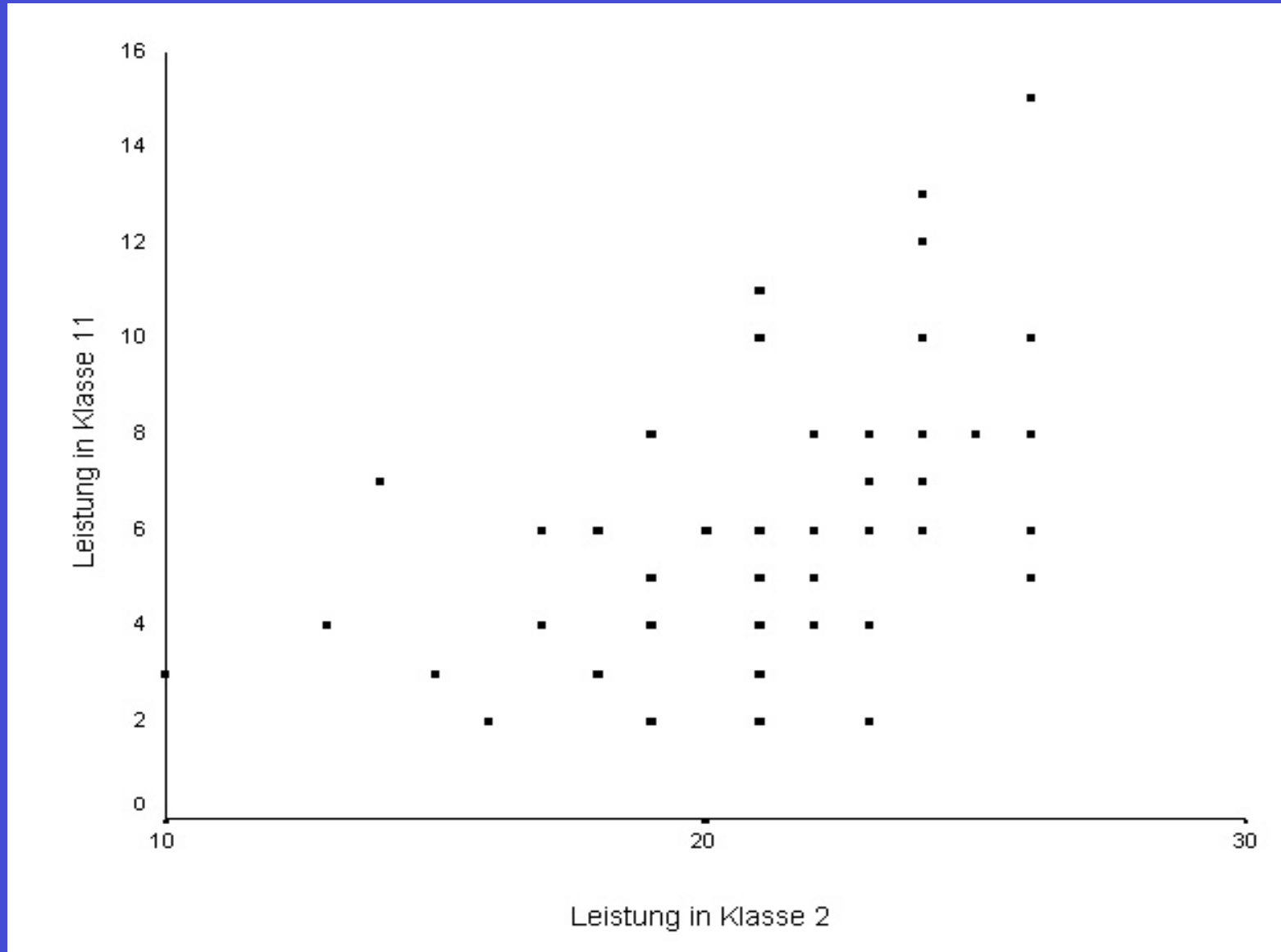
- **Mathematikleistung in den Klassen 2,3,4,6**
 - **Anspruchsvolle Textaufgaben, Beispiel 2. Klasse:**
Peter hat 5 Murmeln. Susanne hat 3 Murmeln mehr als Peter. Wie viele Murmeln haben Susanne und Peter zusammen?
- **Intelligenz in den Klassen 2,3,4,6 und 11**

**Korrelation zwischen Mathematikleistung in der 11. Klasse und anderen
Maßen in früheren Klassen.**

Klasse	Mathematisches Denken	Intelligenz
2	.58	.04 (ns)
3	.45	.45
4	.42	.44
6	.49	.42
11		.41

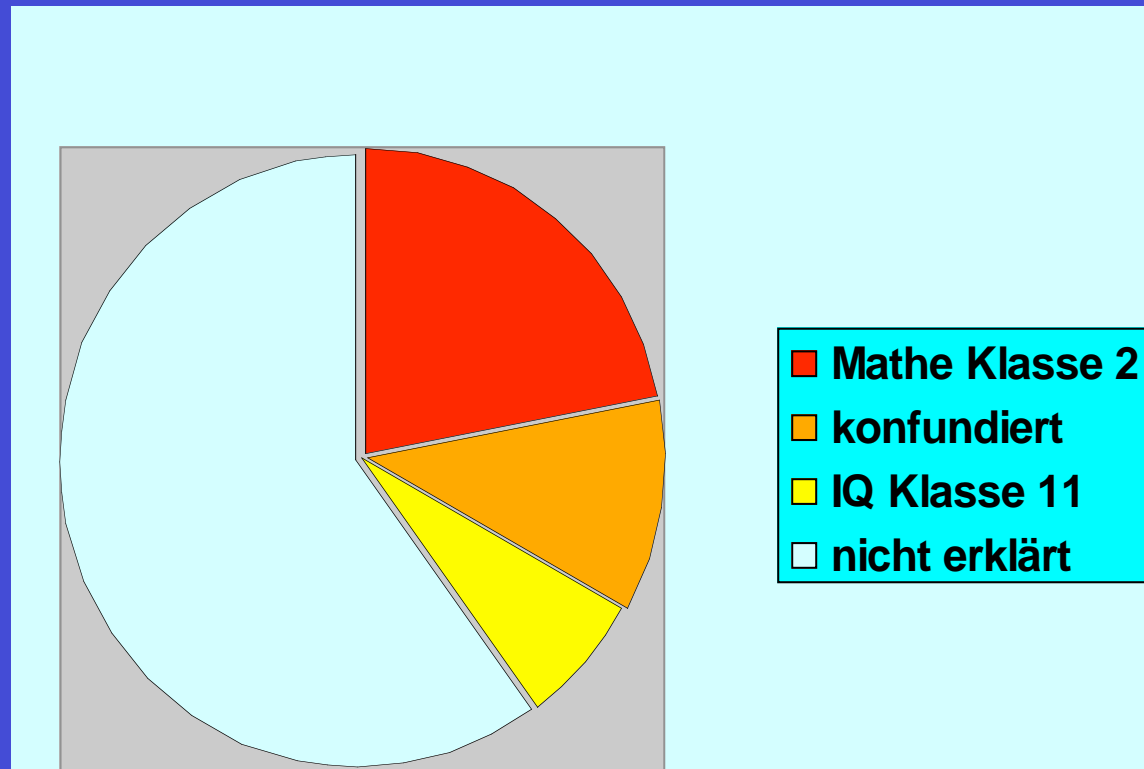
Langzeitstabilität der Mathematikleistung

$$r_{(KI\ 2, KI\ 11)} = .58$$

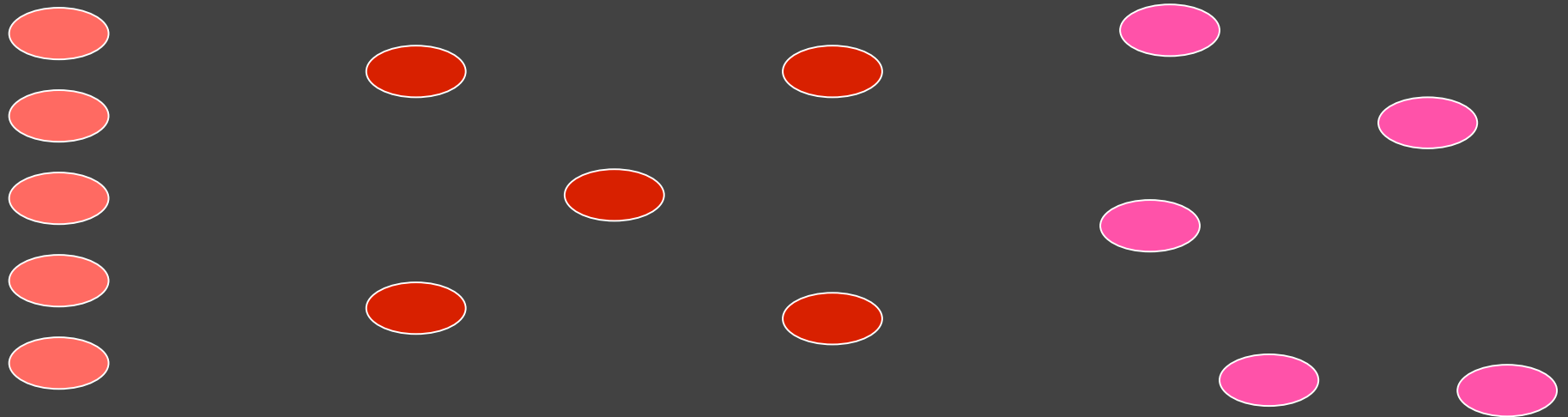


Erklärte Varianz der Mathematikleistung in Klasse 11:

- IQ (sprachlich und nicht-sprachlich) in Klasse 11
- Mathematikleistung Klasse 2



Von der intuitiven zur kulturellen Mathematik: Das Verständnis der Zahl „5“



Relationalzahl

Relationalzahl



Kardinalzahl

Ordinalzahl

Anspruchsvolle Textaufgaben in Schulbüchern:

Peter hat 5 Murmeln.

Susanne hat 3 Murmeln mehr als Peter.

Wie viele Murmeln haben Susanne und Peter zusammen?

- Frühere Sowjetunion: $> 45\%$
- Slowakei: $> 40\%$
- Ehemalige DDR: $> 30\%$
- (West) Deutschland: $< 3\%$

Ergebnisse aus SCHOLASTIK: Bedeutung des fachsspezifischen pädagogischen Wissens der Lehrer für den Lernfortschritt der Schüler

Fachspezifisches pädagogisches Wissen ist “die Zusammenführung von Inhalt und Pädagogik zu einem Verständnis dessen, wie bestimmte Themen, Probleme oder Fragen strukturiert, dargestellt und an die Interessen und Fähigkeiten der Lernenden angepaßt und für den Unterricht aufbereitet werden sollten” (Shulman, 1987)

Staub, F., Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: quasi-experimental evidence from elementary mathematics. Journal of Educational Psychology.

Fragebogen zu inhaltsbezogenen pädagogischen Überzeugungen
von *Peterson, Fennema et al. (1989)*

Konstruktivistische Sicht:

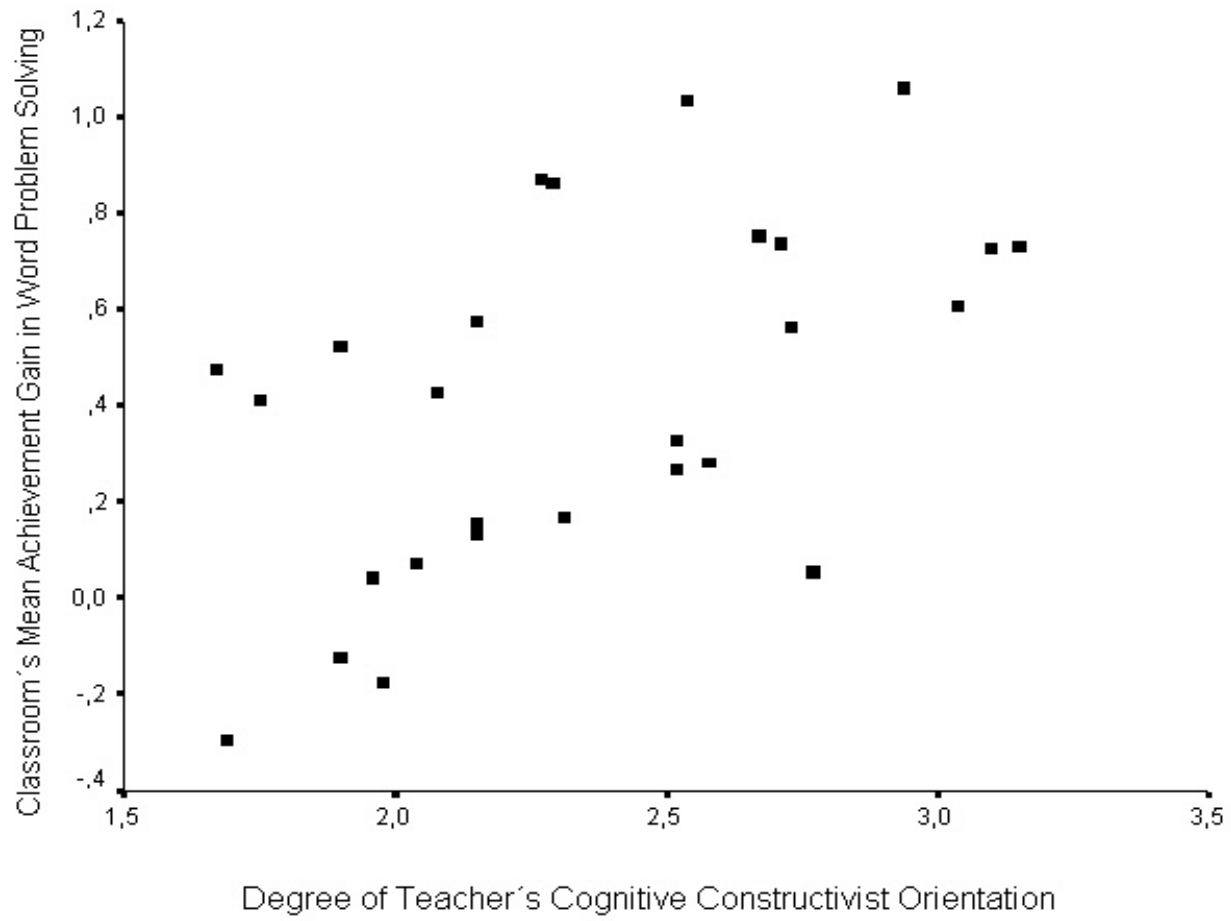
Kinder lernen Mathematik am besten, indem sie selber herausfinden, wie sie zu Antworten auf einfache Textaufgaben kommen.

Kinder sollten viele informelle Erfahrungen mit dem Lösen von einfachen Textaufgaben sammeln, ehe man von ihnen erwarten kann, daß sie Rechenprozeduren perfekt beherrschen.

Direkte Übertragung:

Ein guter Lehrer führt vor, auf welche Weise man eine Textaufgabe am besten löst.

Es sollte Zeit auf das Üben von Rechnverfahren verwendet werden, ehe man von Kindern erwarten kann, dass sie die Verfahren verstehen.



$r = .50$

Wie kommt es, dass ein großes, schweres Schiff aus Eisen nicht untergeht?



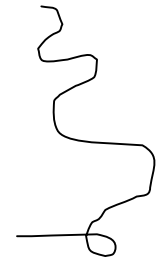
Hardy, I., Schneider, M. Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2005). *Swiss Journal of Psychology*.

**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.

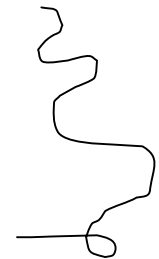


**Ein Metalldraht wird ins Wasser getaucht.
Was passiert?**

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

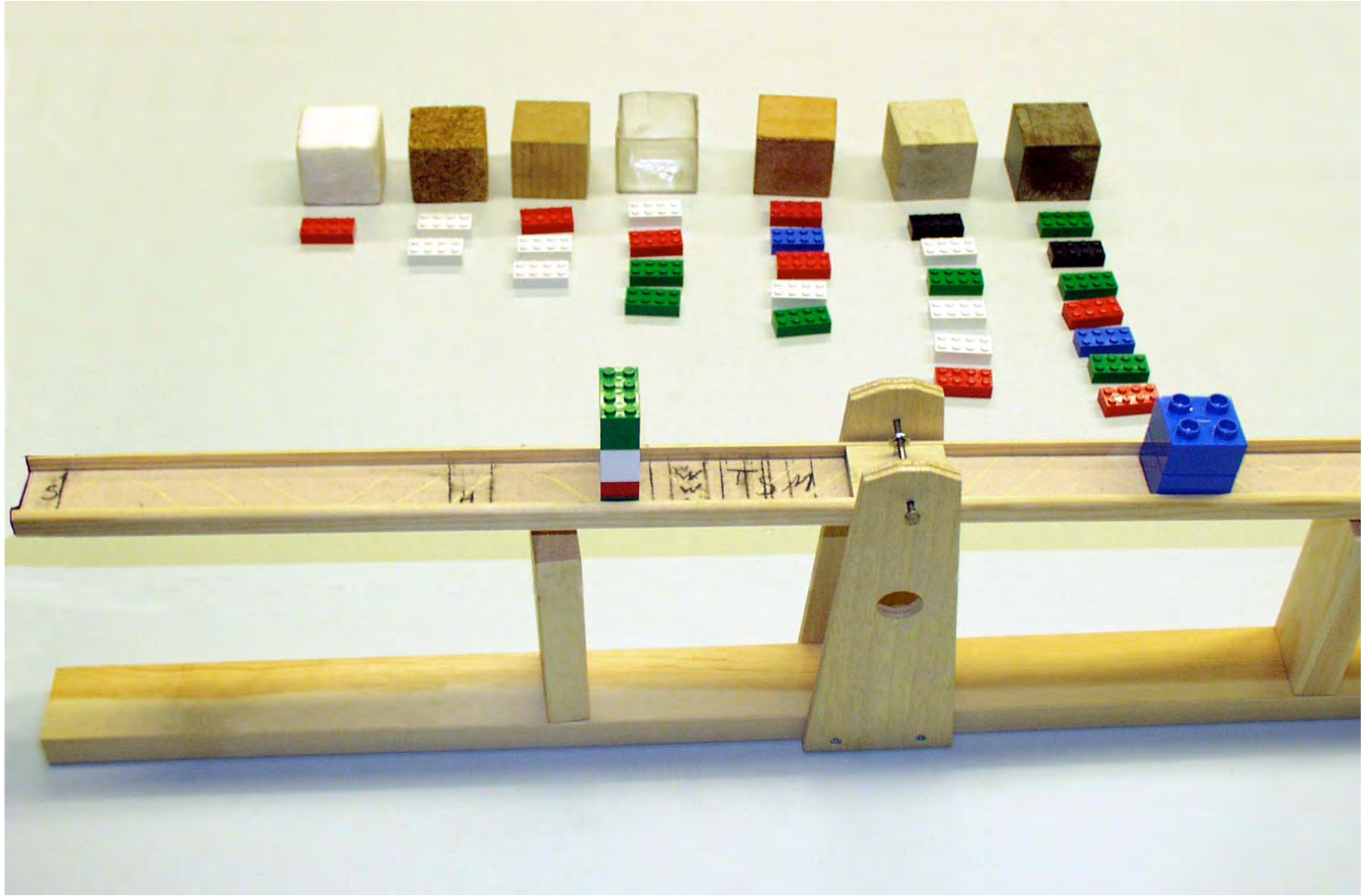
Wasser

Ton

Stein

Eisen







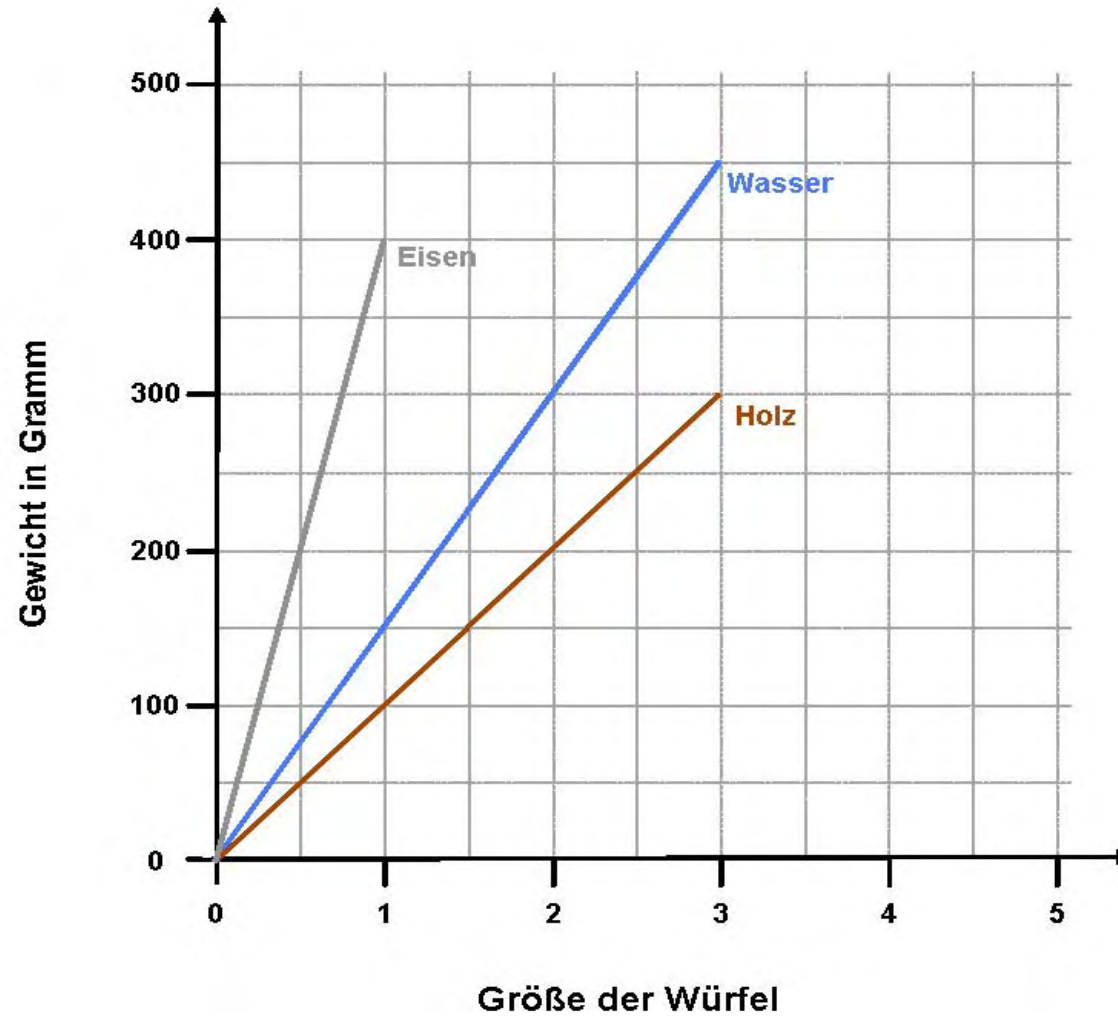
Unterstützt die Nutzung der Balkenwaage das Verständnis des Graphen als Transferwerkzeug?

Balkenwaage und Graph unterscheiden sich äußerlich, aber beide ermöglichen die Darstellung und Integration zweier Dimensionen

Design: Vergleich von Balkenwaage und selbst konstruierter Repräsentationsform

(Geheimmaterial: Größe 2, Gewicht 400)

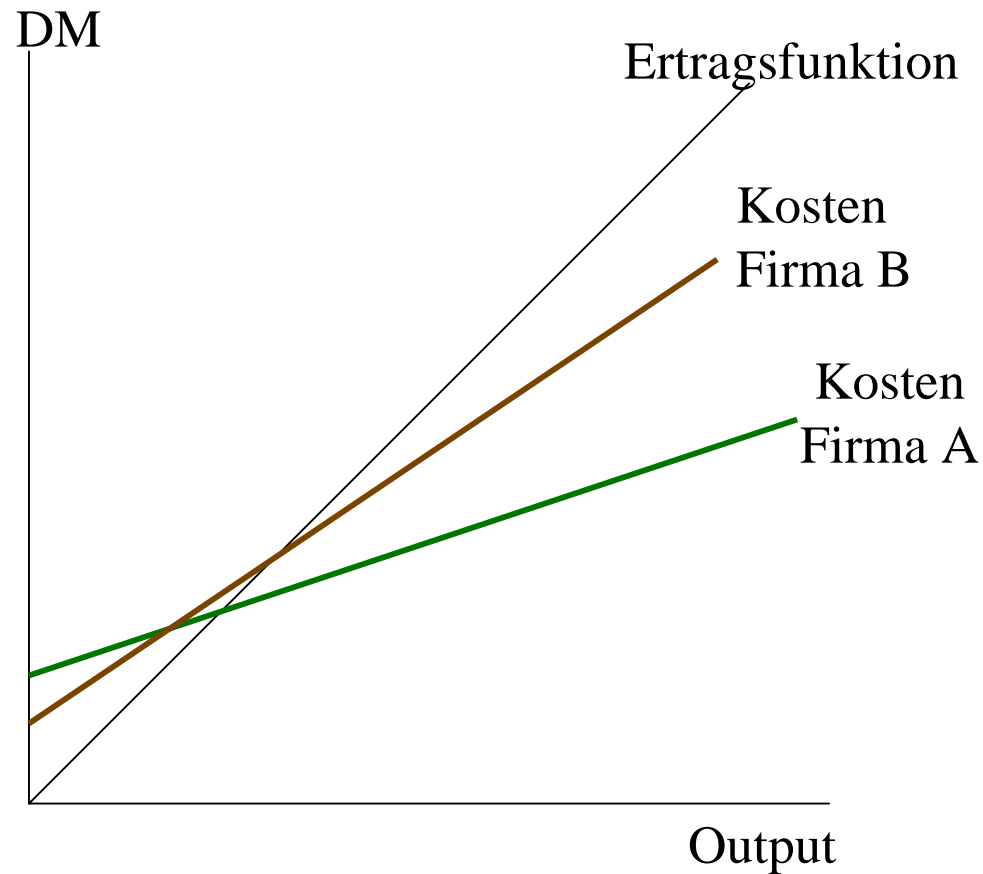
Wird das Geheimmaterial sinken oder schwimmen?



Transfer auf Wissenschaftsverständnis

Aktive Konstruktion von Graphen als Transferhilfe (Stern,
Aprea, Ebner (2003). *Learning & Instruction*)

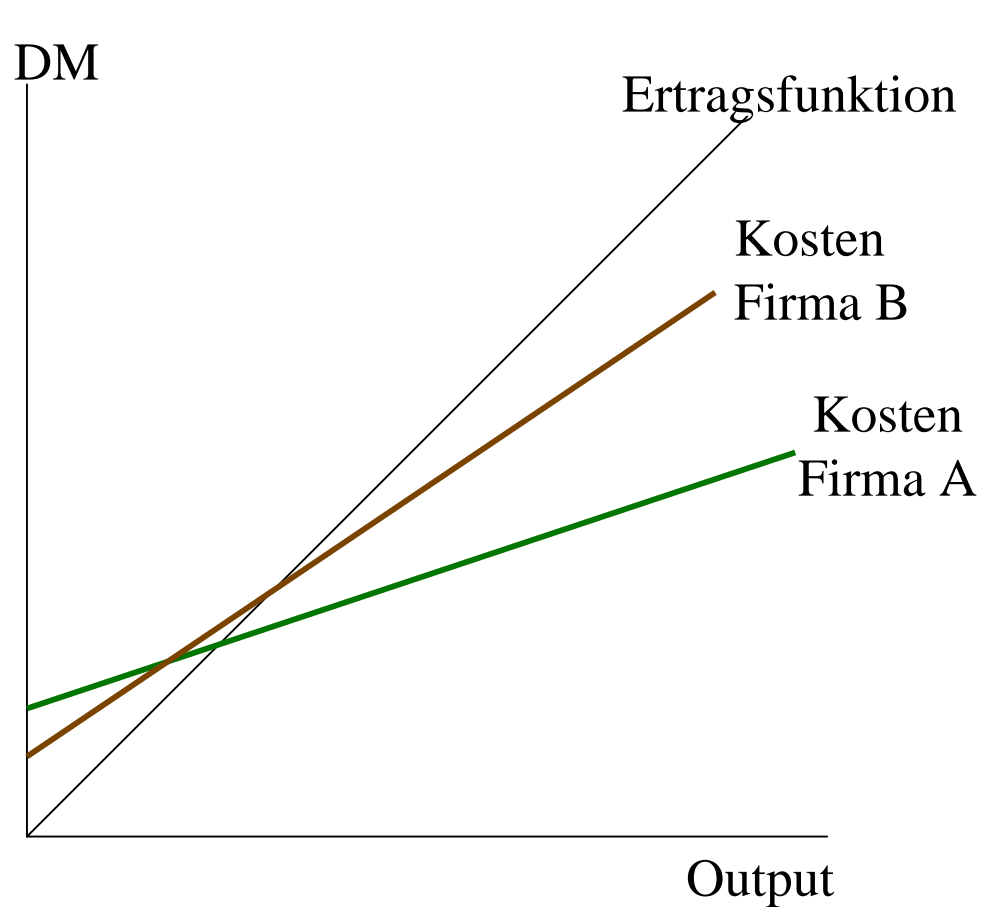
Aktive Konstruktion von Graphen als Transferhilfe (Stern, Aprea, Ebner (2003). *Learning & Instruction*)



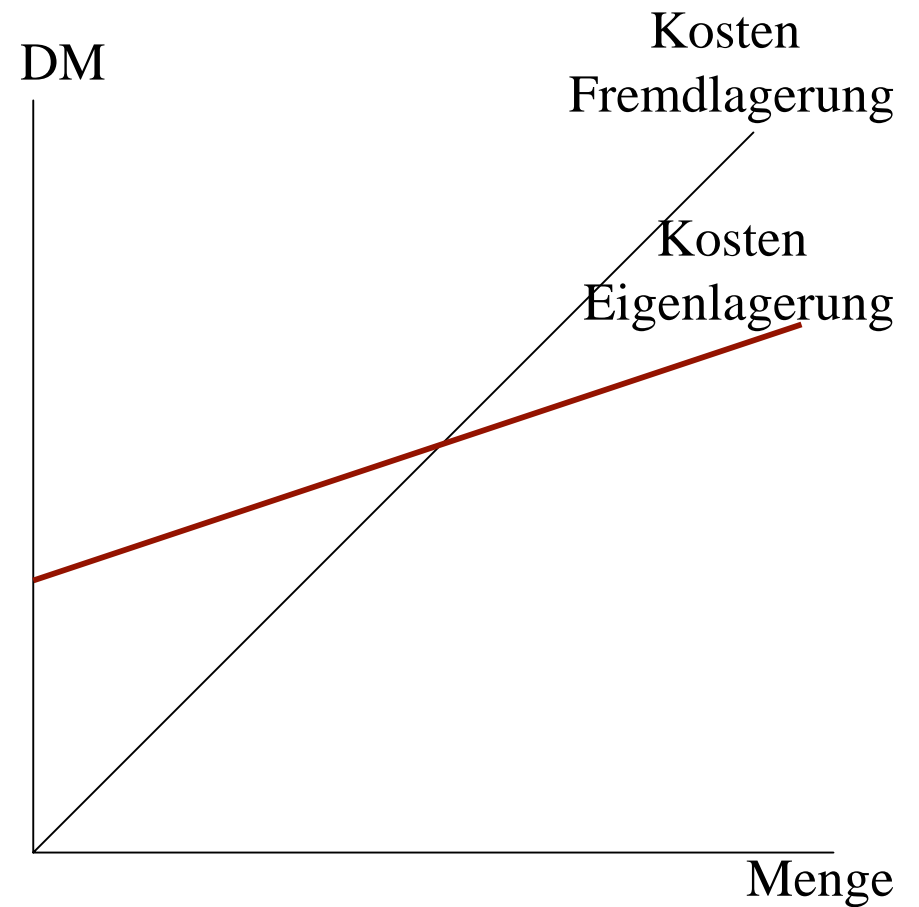
Transferaufgabe:
Rentabilitätsschwelle

Studie 4: Aktive Konstruktion von Graphen als Transferhilfe

(Stern, Aprea, Ebner (2003). *Learning & Instruction*)



Transferaufgabe:
Rentabilitätsschwelle



Lernaufgabe:
Fremd- vs. Eigenlagerung

Variation der Lernaufgaben in drei Gruppen:

- 1) Passiv Graph: Text zur Lagerhaltung mit Graph
- 2) Aktiv Graph: Text zur Lagerhaltung mit Aufforderung zur Konstruktion eines Graphen
- 3) Kontrollgruppe (gleicher Inhalt, kein Graph): Text zur Rentabilitätsschwelle

Studienteilnehmer:

- Berufsschüler kaufmännische Erstausbildung
- Studierende der Mathematik
- Studierende der Betriebswirtschaft

Ergebnis: Transfereffekte

- 1) Passiv Graph: Text zur Lagerhaltung mit Graph
- 2) Aktiv Graph: Text zur Lagerhaltung mit Aufforderung zur Konstruktion eines Graphen
- 3) Kontrollgruppe (gleicher Inhalt, kein Graph): Text zur Rentabilitätsschwelle

Studienteilnehmer:

- Berufsschüler kaufmännische Erstausbildung
- Studierende der Mathematik
- Studierende der Betriebswirtschaft

Anschlussstudie: Eine intensivere
Unterstützung der **Berufsschüler** bei der
Konstruktion von Graphen erbrachte
Transfereffekte.

Kompetenz = Wissen, das zur
Bewältigung einer Klasse von
Anforderungen herangezogen werden
kann

Kompetenz= Breit anwendbares Wissen

Kompetenz= breit anwendbares Wissen

- Lesekompetenz
- Kompetenz zur mathematischen Modellierung
- Kompetenz zur wissenschaftlichen Argumentation

Lesekompetenz: zugrundeliegendes Wissen

- Automatisierung der Buchstaben- und Wortdekodierung
- Anknüpfbares Inhaltswissen
- Lesestrategien

Kompetenz zur mathematischen Modellierung: Wissen

- Konzeptuelles Wissen über Möglichkeiten und Einschränkungen im Umgang mit mathematischen Symbolsystemen
- Generalisierte Inhaltskonzepte
- Automatisierung in der Mustererkennen und Ausführung von Operationen
- Metastrategisches Wissen

Kompetenz zur wissenschaftlichen Argumentation: Wissen

- Wissenschaftsverständnis: Ziel wissenschaftlicher Erklärungen ist es, korrekte Vorhersagen zu machen
- Strategisches Wissen: Nach Gegenevidenzen suchen, Falsifizierbarkeit von Aussagen sicher stellen

Wie werden Kompetenzen gemessen?

Transferaufgaben: Nutzung von verfügbarem
Wissen in neuen Kontexten

Fachspezifisches pädagogisches Wissen

- Vorwissen erfassen, Misskonzepte identifizieren
- Effekte von Informationsdarbietung kennen
- **Ein großes Repertoire an kognitiv aktivierenden Aufgaben für Schüler verfügbar haben**
- Möglichkeiten zur Förderung fächerübergreifender Kompetenzen erkennen
- **Systematische Einzelfallbeobachtung beim Lernen**

- 1) Suchen Sie sich für ein von Ihnen unterrichtetes Fach für eine bestimmte Jahrgangsstufe eine Kompetenz aus und beschreiben Sie diese kurz
- 2) Welches Vorwissen setzen Sie bei den Schülern voraus und durch welche Aufgaben und Fragen bringen Sie in Erfahrung, ob das Vorwissen vorliegt?
- 3) Welche Fehlerquellen erwarten Sie? Gibt es Misskonzepte und ungünstige Routinen?
- 4) Welche Fragen und Aufgaben helfen den Schülern, Fehlvorstellungen zu überwinden?
- 5) Welche Aufgaben und Fragen helfen Schülern beim Aufbau des neuen Wissens?
- 6) Welche Aufgaben unterstützen den Aufbau von Routinen?
- 7) Können die Kompetenzen, die Ihre Schüler erwerben sollen, durch andere Fachlehrer unterstützt werden? Wie müssten Aufgaben und Fragen in den anderen Fächern aussehen? Geben Sie Beispiele.
- 8) Können Sie Kompetenzen in anderen Inhaltsgebieten und Fächern fördern? Wie müssten Aufgaben und Fragen aussehen?
- 9) Welche fächerübergreifende Kompetenzen können gefördert werden? Wie könnten Aufgaben und Fragen aussehen, die diese Kompetenzen fördern?