

Lehren als Unterstützung bei der Wissenskonnstruktion

Elsbeth Stern

Professur für Lehr- und Lernforschung



Zwei Fragen und sechs Kernaussagen

1. Warum können sich Schüler manches so schlecht merken und es nicht angemessen anwenden?
2. Was macht die Lehrperson zur Expertin?
 - Sechs Kernaussagen zum verständnisvollen Lernen, auf die sich Lernforscher geeinigt haben.

- 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?

Expertise im Schachspiel

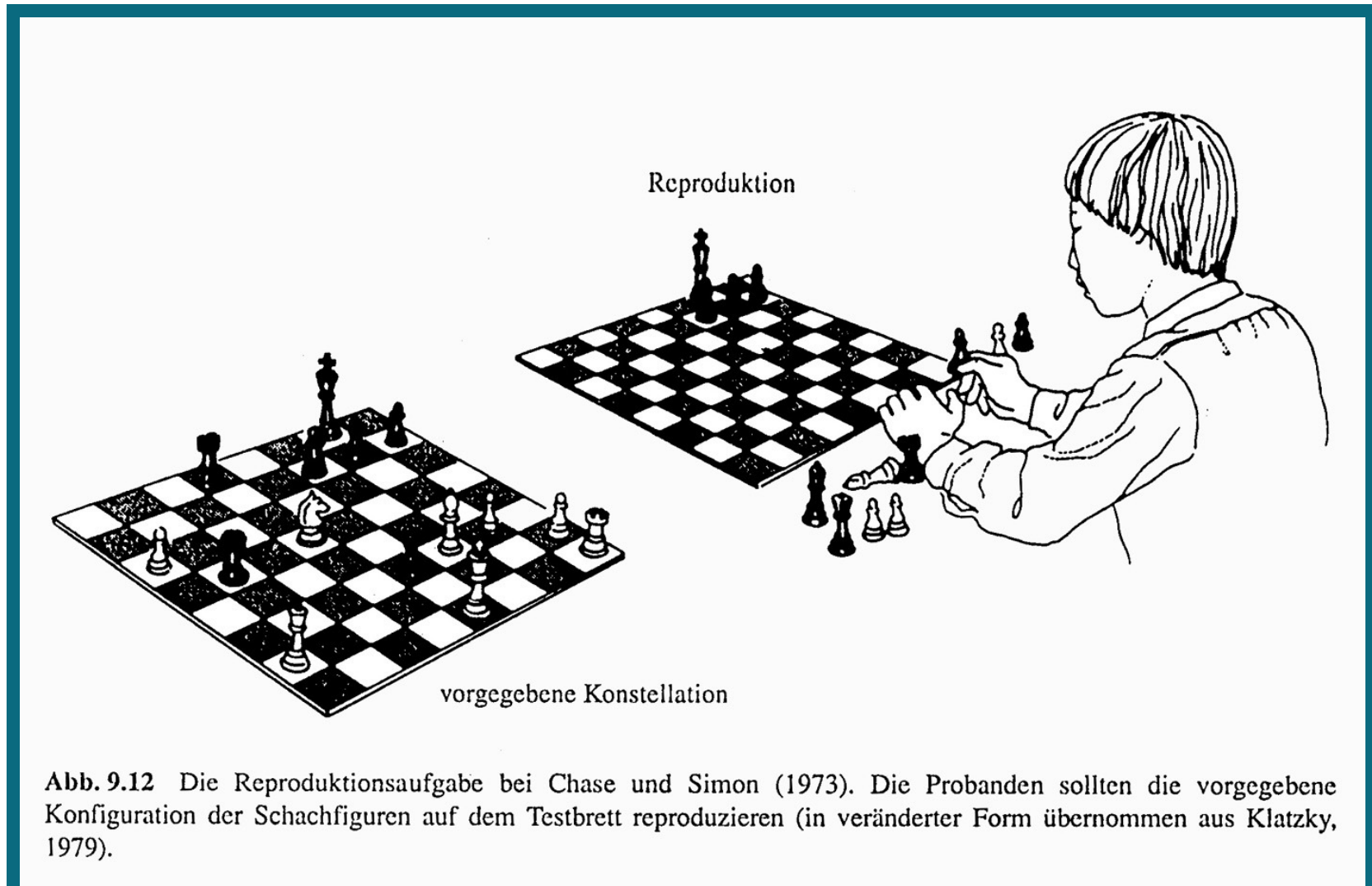


Abb. 9.12 Die Reproduktionsaufgabe bei Chase und Simon (1973). Die Probanden sollten die vorgegebene Konfiguration der Schachfiguren auf dem Testbrett reproduzieren (in veränderter Form übernommen aus Klatzky, 1979).

Expertise im Schachspiel

Kinderstudie Schach: Experten Kinder besser als Novizen-Erwachsene

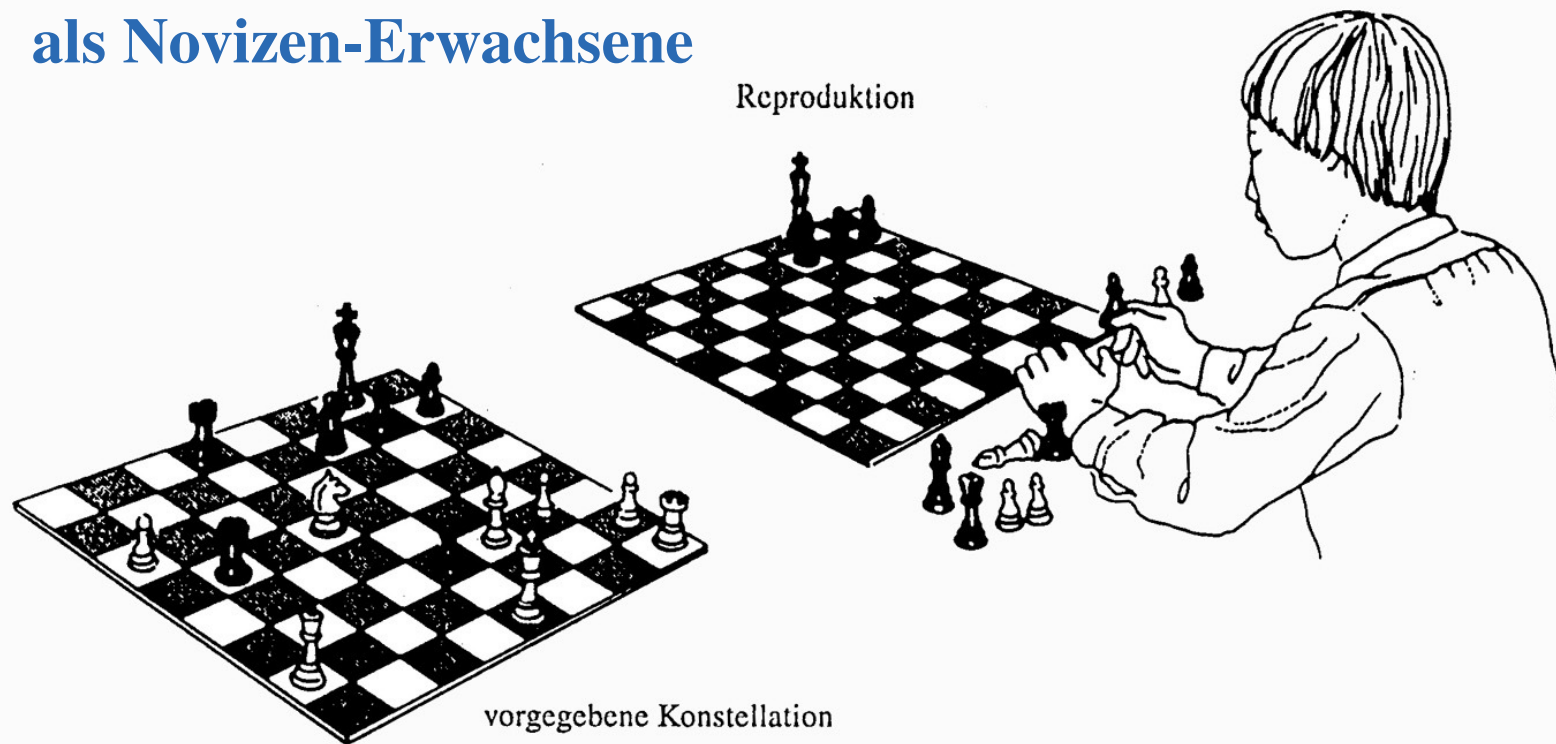


Abb. 9.12 Die Reproduktionsaufgabe bei Chase und Simon (1973). Die Probanden sollten die vorgegebene Konfiguration der Schachfiguren auf dem Testbrett reproduzieren (in veränderter Form übernommen aus Klatzky, 1979).

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



Ein Beispiel für wenig intelligente Wissensrepräsentation

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)

Wissen als der Schlüssel zum Können

- Wissen DASS
- Deklatives Wissen (Fakten und Begriffe/Konzepte)
- Wissen WIE
- Prozedurales Wissen (automatisierte Handlungen)

In welchem Gebäude tagt die Schweizer Bundesversammlung?



Hat man einen Begriff von "Bundesversammlung", wenn man das Gebäude kennt?

- "Bundesversammlung" ist der Name für eine politische Institution
- Fällt unter das Konzept "Parlament"
- Wissen über Aufgabe und Befugnisse von Parlamenten





Was verändert sich durch Lernen und Entwicklung?

- **Nicht: Anders denken, sondern anders wissen**
- Charakteristische vs. definatorische Merkmale: Säugetier, Onkel
- Sinnliche Erfahrung vs. physikalische Begriffe: Gewicht, Trägheit
- Besonders schwierig: Begriffe, die ihre Bedeutung vom Kontext ableiten

Was ist eine Maschine?

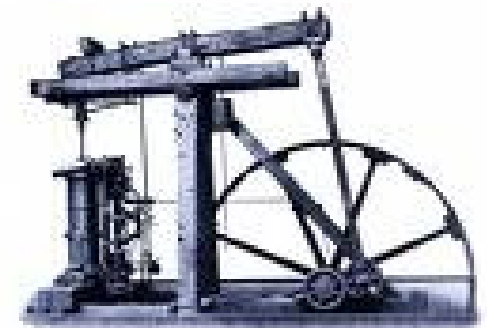


PLATE NO. 101. "LAP" ENGINE, 1870
Courtesy of the Science Museum

Keine Maschinen, auch wenn sie so heissen



Phone with Answering Machine

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 abstrakten Begriffsnetzwerken unterstützen

NICHT

- **Lernen von Merksätzen, Definitionen und Formeln**
- **probieren, Versuch und Irrtum: Gefahr von Hands-on-minds-off**

Sondern

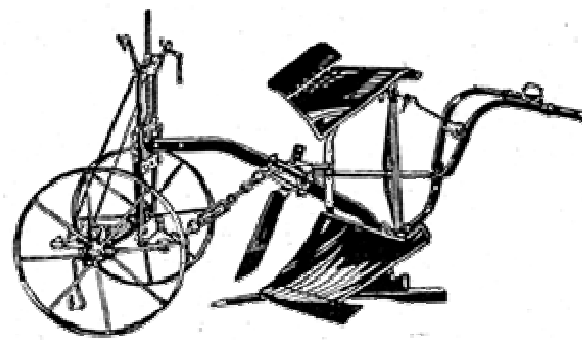
- **Verstehen, wozu man die Begriff braucht**
- ***Nicht:*** Heute lernen wir Auftrieb, morgen Dichte ***Sondern:*** Warum schwimmt ein grosses schweres Schiff aus Stahl im Wasser, während ein kleines Stück Stahl untergeht?
- ***Nicht mit dem Merksatz beginnen:*** Druck breitet sich gleichmässig in Flüssigkeiten aus. ***Sondern:*** Wie kann ich es technisch realisieren, mit einer Hand ein schweres Auto anzuheben?

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



Wissen als der Schlüssel zum Können

- Wissen DASS
- Deklatives Wissen (Fakten und Begriffe)
- Wissen WIE
- Prozedurales Wissen (automatisierte Handlungen)



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!

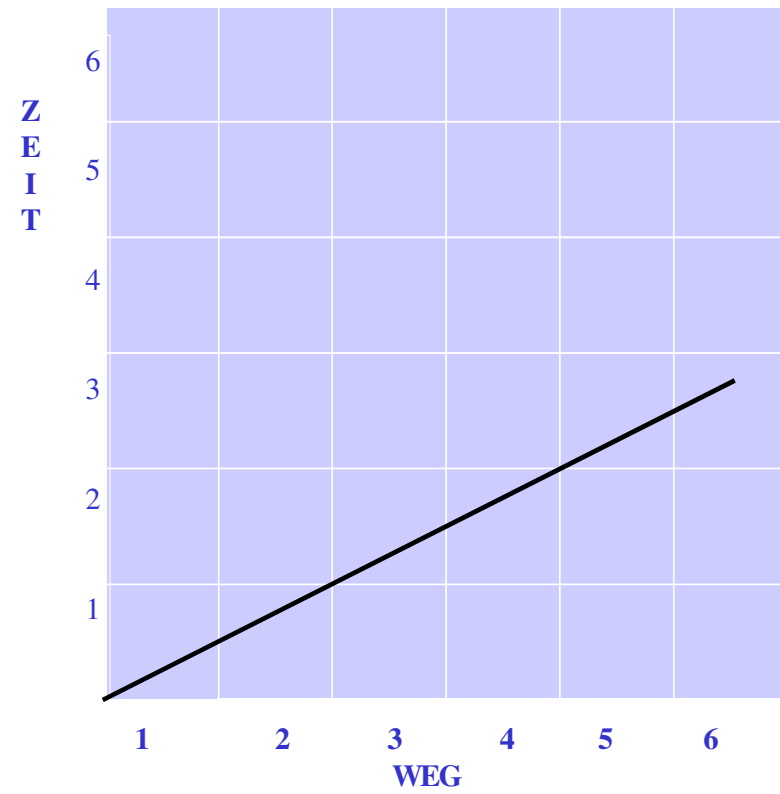
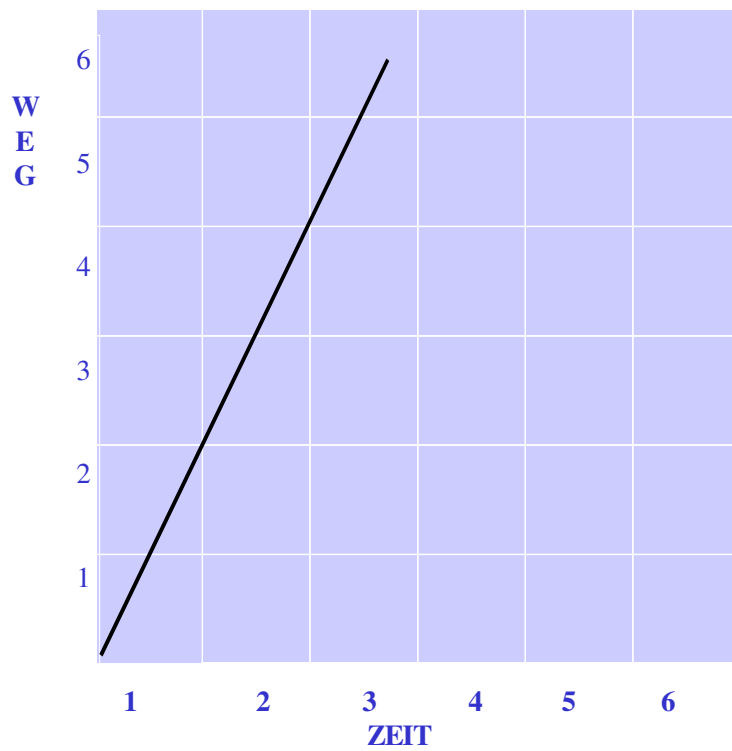


- Welche Zahl ist grösser?
- 9356 oder 10324
- Automatisierung der Blickbewegung

Welche Lernvorgänge erzeugen automatisiertes prozedurales Wissen?

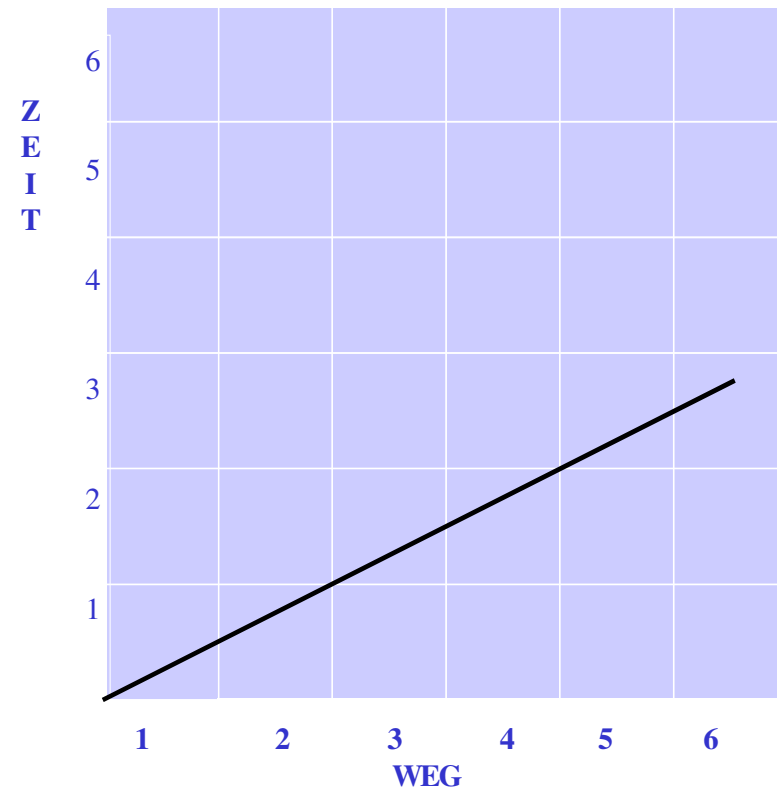
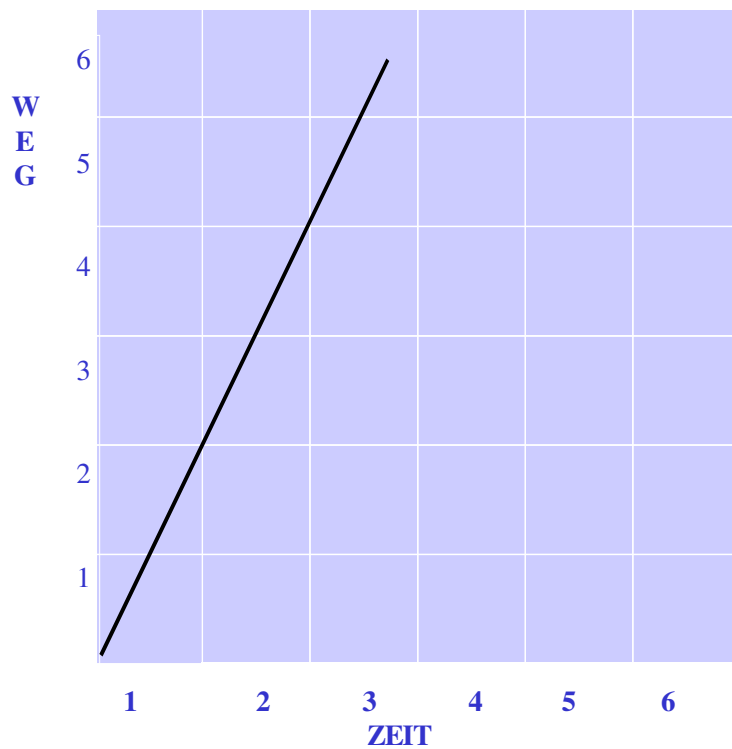
- Wiederholung
- Lernen am Erfolg
- Eventuell durch externe Steuerung (operantes Konditionieren)
- Fehler können den Lernprozess verzögern

Welches Auto fährt schneller?



Welches Auto fährt schneller?

Prozeduralisierung beim Lesen von Graphen: Erster Blick gilt der Achsenbeschriftung





Wie kann Prozeduralisierung erworben werden?

- Büffeln, büffeln, büffeln (1x1, Vokabeln), oder
- Übungsaufgaben so gestalten, dass Prozeduralisierung UND der Aufbau von Konzepten ermöglicht wird

Zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen

- Automatisierung und die Bildung konzeptueller Grundlagen können gleichzeitig gefördert werden
- $1 \cdot 2 = 2$, $2 \cdot 1 = 2$, $1 \cdot 3 = 3$, $3 \cdot 1 = 3$, $1 \cdot 4 = 4$, $4 \cdot 1 = 4$, $2 \cdot 2 = 4$, $1 \cdot 8 = 8$,
 $8 \cdot 1 = 8$, $2 \cdot 4 = 8$, $4 \cdot 2 = 8$, $1 \cdot 9 = 9$, $9 \cdot 1 = 9$, $3 \cdot 3 = 9$



Welche Multiplikationsaufgaben führen zu einem bestimmten Ergebnis?

- 2 $1 \cdot 2 = 2$, $2 \cdot 1 = 2$
- 3 $1 \cdot 3 = 3$, $3 \cdot 1 = 3$
- 4: $1 \cdot 4 = 4$, $4 \cdot 1 = 4$, $2 \cdot 2 = 4$
- 5 $1 \cdot 5 = 5$, $5 \cdot 1 = 5$
- 6 $1 \cdot 6 = 6$, $6 \cdot 1 = 6$, $2 \cdot 3 = 6$, $3 \cdot 2 = 6$
- 7 $1 \cdot 7 = 7$, $7 \cdot 1 = 7$
- 8 $1 \cdot 8 = 8$, $8 \cdot 1 = 8$, $2 \cdot 4 = 8$, $4 \cdot 2 = 8$, $2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$
- 9 $1 \cdot 9 = 9$, $9 \cdot 1 = 9$, $3 \cdot 3 = 9$

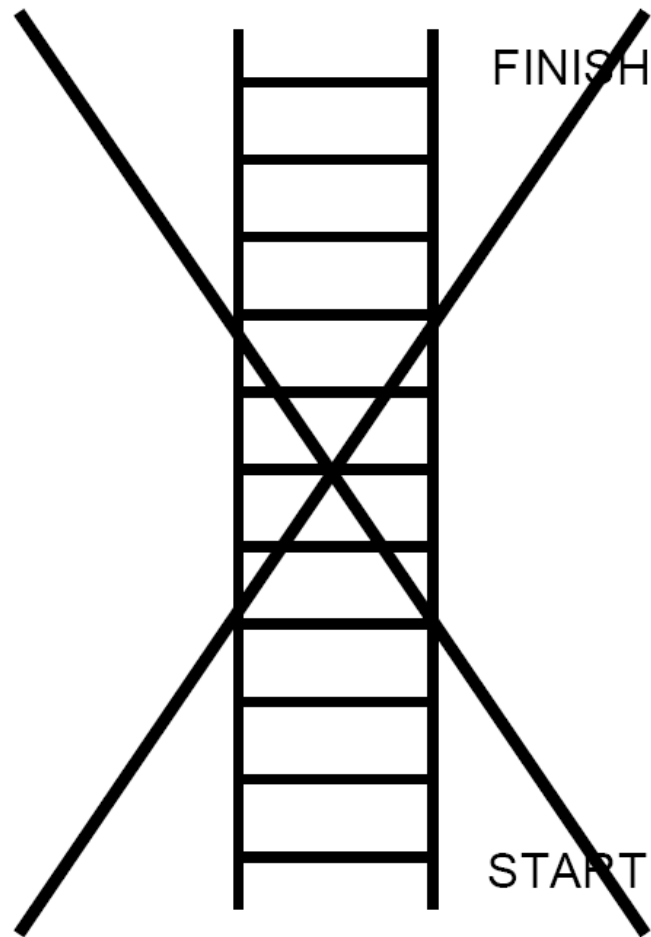
- Basis für das viel später zu erwerbende Konzepte wie Primzahl, Quadratzahl.... wird gelegt
- Direkte Instruktion (Erklärung) ist nur lernwirksam, wenn bereits eine Wissensbasis besteht
- 2 5 $1 \cdot 5 = 5, 5 \cdot 1 = 5$
- 6 $1 \cdot 6 = 6, 6 \cdot 1 = 6, 2 \cdot 3 = 6, 3 \cdot 2 = 6$
- 7 $1 \cdot 7 = 7, 7 \cdot 1 = 7$
- 8 $1 \cdot 8 = 8, 8 \cdot 1 = 8, 2 \cdot 4 = 8, 4 \cdot 2 = 8, 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$
- 9 $1 \cdot 9 = 9, 9 \cdot 1 = 9, 3 \cdot 3 = 9$



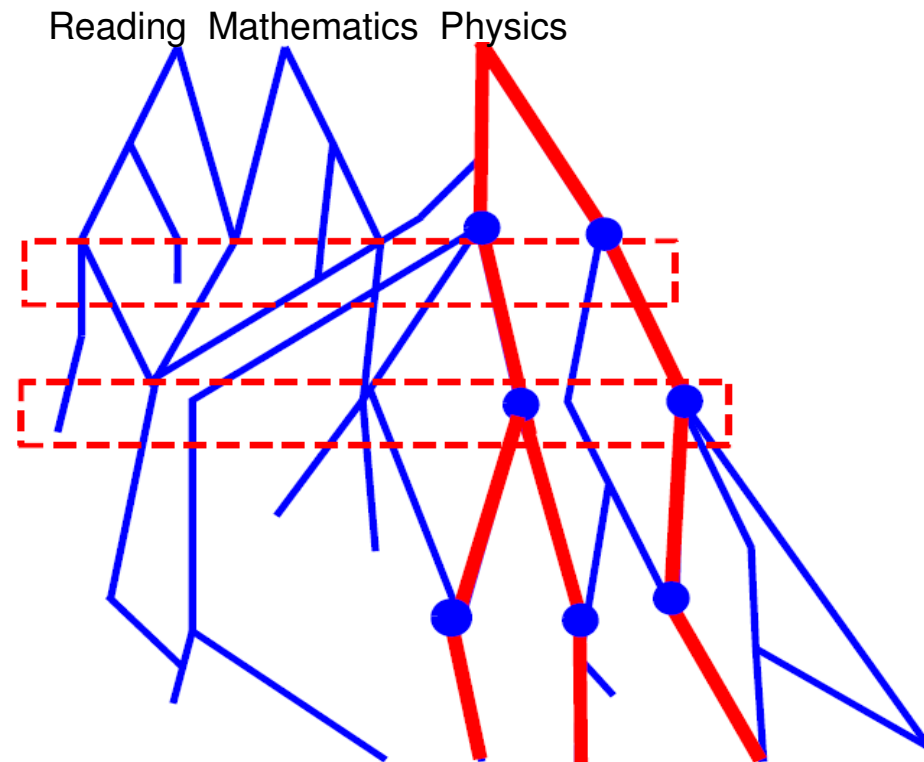
Wo im Mathematikunterricht der Sekundarschule mehr Prozeduralisierung sinnvoll wäre

- $\text{Log}_{10}(1000)=?$
- $\text{Log}_{10}(1000)=3$
- $10^{-9}=?$
- Ein Milliardstel = 0,000.000.001
- Nanotechnologie und Astronomie: Automatisierter Umgang mit sehr kleinen bzw. sehr grossen Zahlen notwendig

Lernen ist nicht wie das Besteigen einer Leiter



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



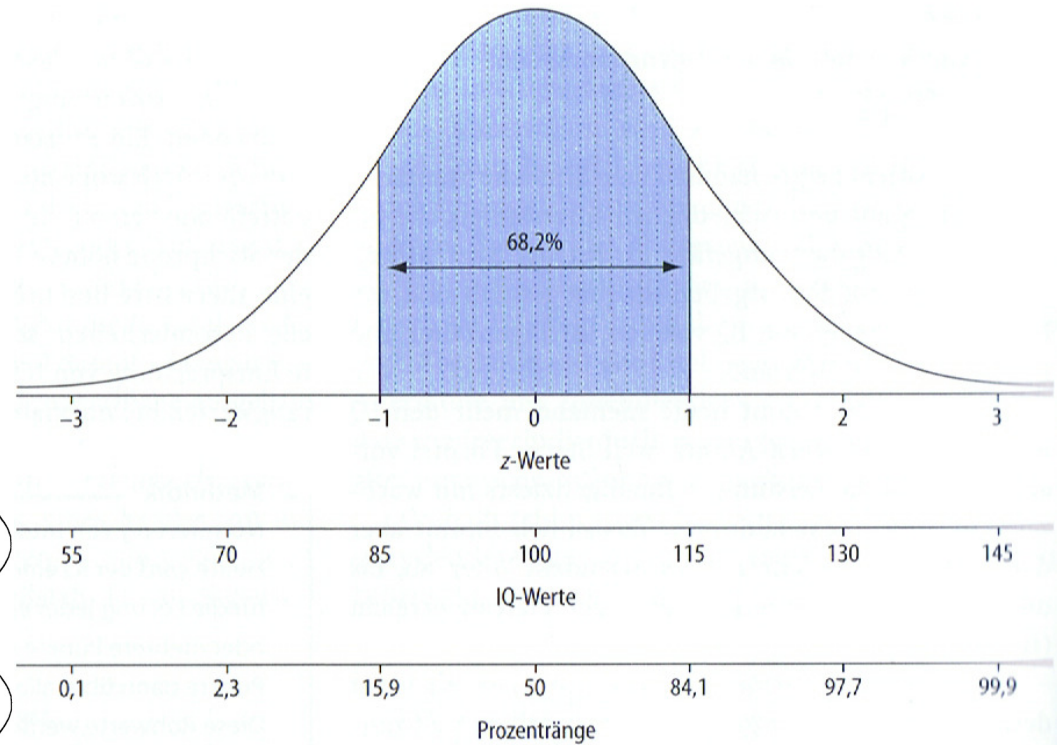
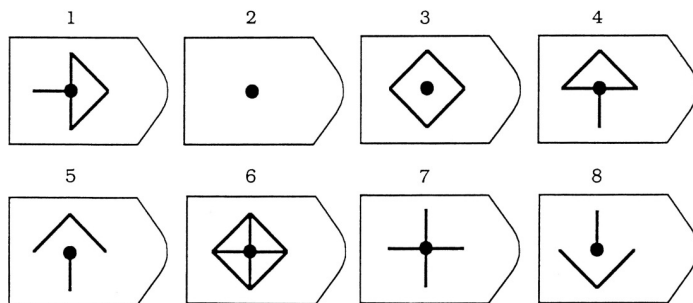
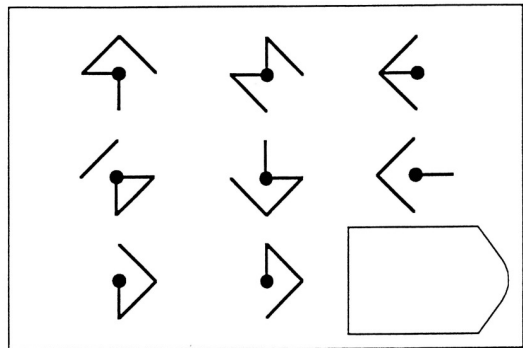


Und die Intelligenz?



Intelligenz und Begabung

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





Was sagt der IQ aus?

- Je höher der IQ, umso wahrscheinlicher ist akademischer Lernerfolg.
- Dies gilt auch für Höchstintelligente.
- IQ-Unterschiede offenbaren sich erst durch den Schulbesuch.



Wie kommt es zu den Unterschieden in der Intelligenz?

- Zwillingen- und Adoptionsdesigns zeigen überzeugend: Mindestens 50% der IQ-Varianz ist genetisch bedingt. Aber
- Gibt es DAS Intelligenz-Gen?
- Keine sehr hohe Familienähnlichkeit im IQ
- Je größer die Chancengerechtigkeit in Bezug auf Bildung ist, um so größer ist der Einfluss der Gene auf die Erklärung von Unterschieden.
- Chancengerechtigkeit ist nicht nur eine Frage der Moral



2. Was macht die Lehrperson zum Experten?

- **Im Gegensatz zu vielen anderen Berufen werden Lehrer nicht automatisch durch wiederholte Ausübung ihrer Tätigkeit zu Experten: Bisher wurde kein Zusammenhang zwischen Berufsdauer und Lernwirksamkeit des Unterrichts gefunden**

Wie geht man mit der Tatsache um, dass Berufserfahrung nicht zwangsläufig zu besserem Unterricht führt?

- Antwort in den 1980er Jahren: Lehrer brauchen Anleitung im Umgang mit neuern Unterrichtsmethoden
- Prozess-Produkt-Pardigma in der Forschung: Ergebnisse unbefriedigend
- "Guter Unterricht kann auf unterschiedliche, aber nicht auf beliebige Weise realisiert werden." *Franz E. Weinert*



Fazit: Das einfache Modell des Expertiseerwerbes lässt sich nicht auf den Lehrerberuf übertragen

- **Parallele Forschungsentwicklung: Erweiterung des
Expertisebegriffs**

Experten lösen Probleme

- Problem: Anforderung, zu deren Bewältigung noch keine abrufbare Lösung vorliegt
- Wohldefinierte Probleme: Das Ziel ist klar, und aus Expertensicht gibt es eine optimale Lösung (Schach, Physik, Fachmedizin), die aber erst noch konstruiert werden muss
- Schlecht definierte (ill-defined) Probleme

Charakteristika schlecht definierter Probleme

- Zielkonflikte: Eine grössere Zahl teils sogar widersprüchlicher Ziele müssen verfolgt werden
- Die Entscheidung für ein Ziel ist immer auch die Entscheidung gegen ein anderes Ziel
- Es können sich jederzeit neue Ziele ergeben, die man nicht unter Kontrolle hat
- Es stehen zu jedem Zeitpunkt unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten zur Verfügung, deren Auswirkungen jedoch nicht vorhersagbar sind.
- Fazit: Man trifft ständig Entscheidungen unter Unsicherheit

Zwei Arten der Expertise


- **Routine Experten** lösen wohl definierte Probleme:
Fachärzte, Ingenieure
- Mit zunehmender Erfahrung bündeln sie Wissen und erkennen auf einen Blick, was zu tun ist.
- **Adaptive Experten** lösen schlecht definierte Probleme:
Lehrer, Manager, Unternehmer, Wissenschaftler
- Faktor Zeitersparnis greift nur bei Routineexpertise
- Adaptive Expertise erfordert:
 - Monitoring: Sicher stellen, dass man nicht Volldampf in die falsche Richtung fährt
 - Keine voreilige Ursachenzuschreibung



Expertiseforschung: Unterrichten heisst, permanent schlecht definierte Probleme zu lösen

- **Erfahrungsfalle!!!!**

Wie erwirbt eine Lehrperson adaptive Expertise?

- Herausfinden, welche Tätigkeiten im Lehrerberuf sich zur Prozeduralisierung und Routinebildung eignen (z.B. Berichte schreiben, Material finden, Umgang mit Disziplinproblemen, ***Tests und Aufträge entwickeln***)
 - Herausfinden, wo Routine schädlich ist (Themen schneller abhandeln, Routinefragen stellen, Stereotype bilden)
 - Immer wieder über Ziele nachdenken und überprüfen, ob man wirklich die angestrebten Ziele verfolgt
 - Sich bei der Ursachenzuschreibung von eigenen Handlungsmöglichkeiten leiten lassen
- 

Wie erwirbt eine Lehrperson adaptive Expertise?

- Handlungsalternativen auch in unkritischen Situationen erwägen
- Immer wieder erwünschte und unerwünschte Konsequenzen des eigenen Handelns bedenken

Gute Lehrer wissen, wie Schüler lernen

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*)



Handlungsmöglichkeiten von Lehrern

- TTT
- Task
- Tool
- Talk
- Fokussierung der Aufmerksamkeit der Schüler

Kernexpertise der Lehrpersonen: Die Vorgabe lernwirksamer Aufgaben und Aufträge

- Lerngewinn ist am grössten bei Aufgaben
- ...für die noch keine fertige Lösung abgerufen werden kann.
-die aber auf der Grundlage des bestehenden Wissens durch dessen Umstrukturierung gelöst werden können.

- 1) Verständnisvolles Lernen ist ein aktiver **individueller Konstruktionsprozess**, in dem **Wissensstrukturen verändert, erweitert, vernetzt, hierarchisch** geordnet oder neu generiert werden. Entscheidend für verständnisvolles Lernen ist die aktive mentale Verarbeitung, die sich in der handelnden Auseinandersetzung mit der sozialen oder natürlichen Umwelt **oder** im Umgang mit **Symbolsystemen** vollzieht.

Am konzeptuellen Wissen arbeiten

- Fehler der Schüler als wichtigste Informationsquelle sehen
- Falsches während der Lernphase respektieren:
 $1+2=3+3=6+4=10+5=,$
- NICHT zwingen: $1+2=3$, $3+3=6$, $6+4=10$, $10+5=1$
- Alternative Begriffe anbieten: Schwere vs. Gewicht, Trägheit vs. Beweglichkeit



2) Verständnisvolles Lernen wird durch kognitive **Entlastungsmechanismen** unterstützt. Dazu gehören die durch **multiple Repräsentation** förderbare Herausbildung informationsreicher Wissensseinheiten, die als Ganzes erinnert und abgerufen werden können (**Chunks**), sowie die **Automatisierung von Handlungsabläufen** und Denkvorgängen.



Wie nutzt man die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses effizient?

- Bedeutung von Üben und Wiederholung
- Einbettung der Repetition in sinnstiftende Aktivitäten



3) Verständnisvolles Lernen erfolgt trotz aller Systematik stets auch **situiert und kontextuiert**. Die Situietheit begrenzt oft die Anwendbarkeit erworbenen Wissens. Um den Anwendungsbereich zu erweitern, ist eine **Variation der Erwerbs- und Anwendungskontexte** notwendig.



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**



4) Verständnisvolles Lernen ist von den individuellen kognitiven Voraussetzungen, **vor allem** aber vom bereichsspezifischen Vorwissen abhängig. Umfang und Organisation der verfügbaren Wissensbasis entscheiden über Qualität und Leichtigkeit des Weiterlernens.



5) Verständnisvolles Lernen ist **sinnstiftend**, indem neue Zusammenhänge erschlossen werden, die Wissen organisieren und ordnen. Dazu gehört, dass der **Gegenstand für die Lernenden ein Mindestmaß an intellektueller und/ oder praktischer Bedeutung besitzt.**

Einbettung in Erklärungszusammenhänge

- Mit einer Frage beginnen
- Wie kommt es, dass ein kleines Stück Stahl untergeht, aber ein grosses, schweres Schiff aus Stahl schwimmt?
- Beispiel: Chemie
- Technik
- ABER: Antworten müssen am Schluss von den Schüler verstanden werden
- Erfolg von "Physik im Kontext" bisher nicht nachgewiesen



6) Verständnisvolles Lernen wird durch Motivation und metakognitive Prozesse (z.B. Planung, Kontrolle, Bewertung) reguliert.

Guter Unterricht fördert automatisch Motivation und Lernstrategien.

- Förderung der Motivation ist mehr als Begeisterung wecken: **Kompetenzerleben kann intrinsische Motivation ersetzen**
- NICHT Lernen lernen, statt Wissen aneignen. **Lern- und Denkstrategien sind lernbar, aber nicht direkt lehrbar.**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

