

Wie erwerben wir nützliches (intelligentes) Wissen?

Elsbeth Stern

Professur für Lehr- und Lernforschung





Wissen und Gedächtnis



- 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?

1 2 4 1 7 9 8 6 1 1 1 8 4 8

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



1 2. 4. 1 7 9 8:

6. 1 1. 1 8 4 8:

**1 2. 4. 1 7 9 8: Errichtung der Helvetischen
Republik**

**6. 1 1. 1 8 4 8: Erste "Bundesversammlung"
der neuen eidgenössischen
Räte in Bern**

Aus 14 mach 2



- Die Lern- und Gedächtnisleistung hängt (fast) ausschliesslich von der Wissensorganisation ab: Neue Information muss immer an Bestehende angebunden werden.
- Schlechte Merkleistung ist nicht zwangsläufig auf fehlende Motivation zurückzuführen: Information kann buchstäblich durch die Maschen gehen (Beispiel Chemie: zwischenmolekulare Kräfte)
- Man kann die Gedächtnisleistung nicht unspezifisch trainieren. Gehirnjogging ist ein Unsinnsbegriff.
- Kinder lernen viele Dinge langsamer als Erwachsene, weil ihnen das bereichsspezifische Vorwissen fehlt.



Denken und Wissen



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)

Welches Gebäude ist das Schweizer Bundeshaus?



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

- "Bundeshaus" 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. definitorische Merkmale: Säugetier, Onkel
- Sinnliche Erfahrung vs. physikalische Begriffe: Gewicht, Trägheit
- Besonders schwierig: Begriffe, die ihre Bedeutung vom Kontext ableiten

Was ist eine Maschine?

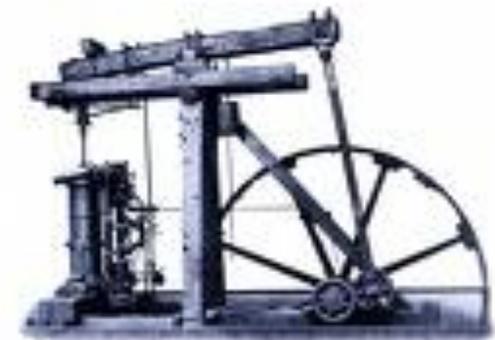


PLATE NO. 101. "LAP" ENGINE, 1784
Patented by James Watt

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?

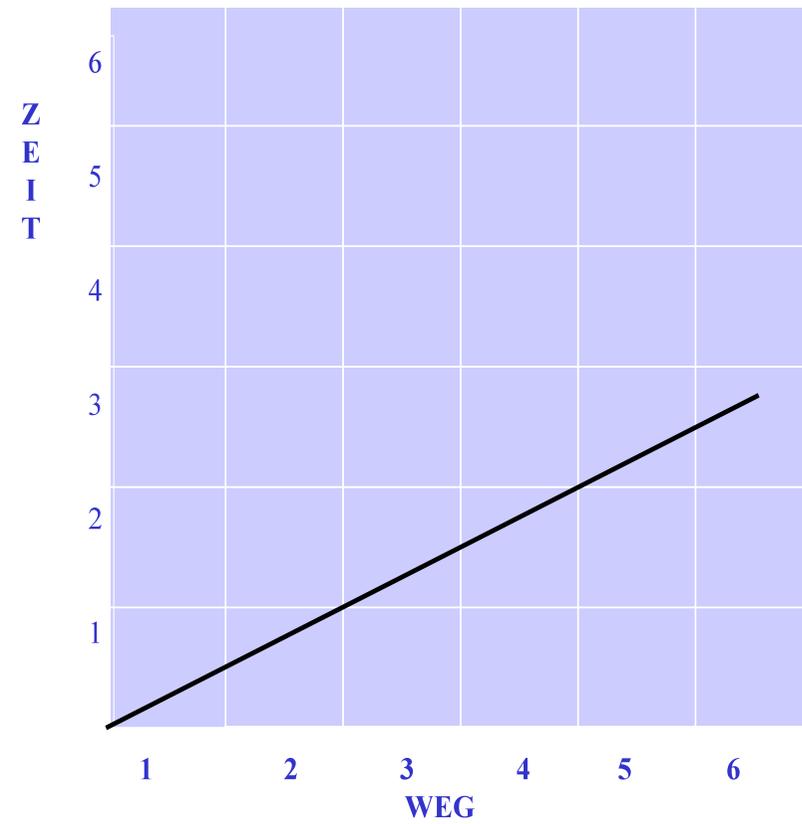
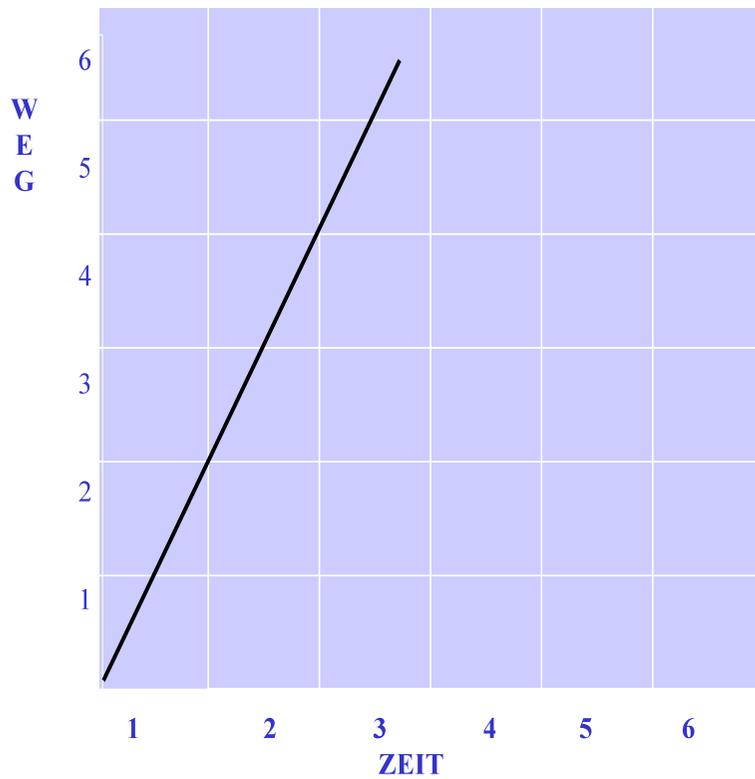
Wissen als der Schlüssel zum Können

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



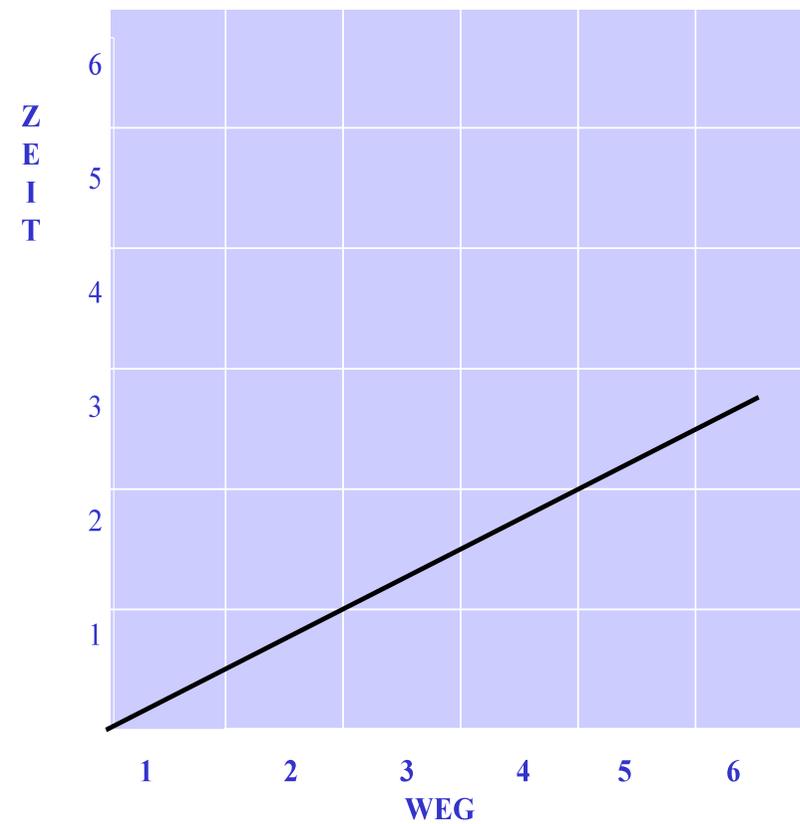
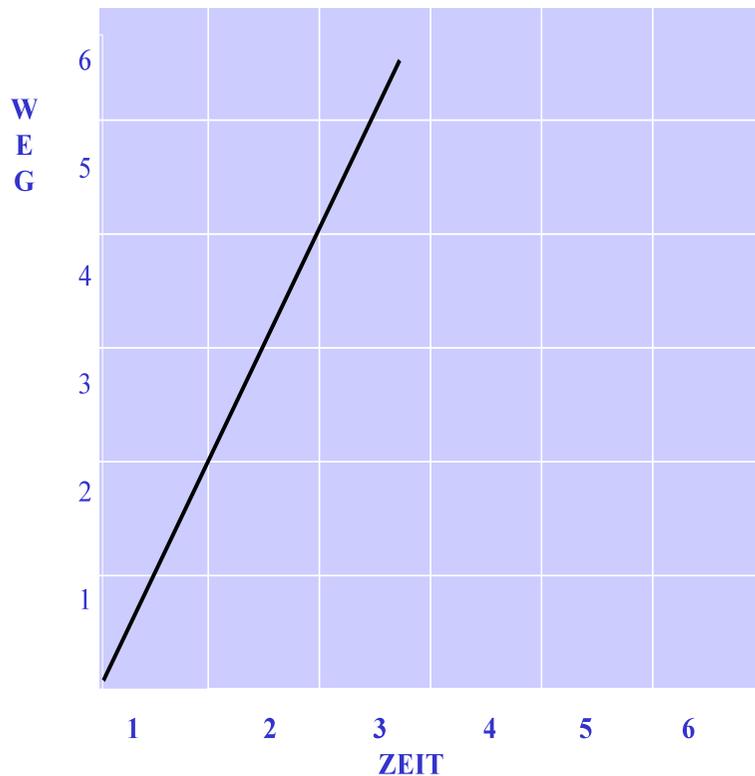
- Welche Zahl ist grösser?
- 9356 oder 10324
- Automatisierung der Blickbewegung

Welches Auto fährt schneller?



Welches Auto fährt schneller?

Prozeduralisierung beim Lesen von Graphen: Erster Blick gilt der Achsenbeschriftung





Wie kann Prozeduralisierung erworben werden?

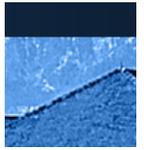
- Büffeln, büffeln, büffeln (1x1, Vokabeln), oder
- Übungsaufgaben so gestalten, dass Prozeduralisierung UND der Aufbau von Konzepten ermöglicht wird



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 $1 \cdot 9 = 9, 9 \cdot 1 = 9, 3 \cdot 3 = 9$



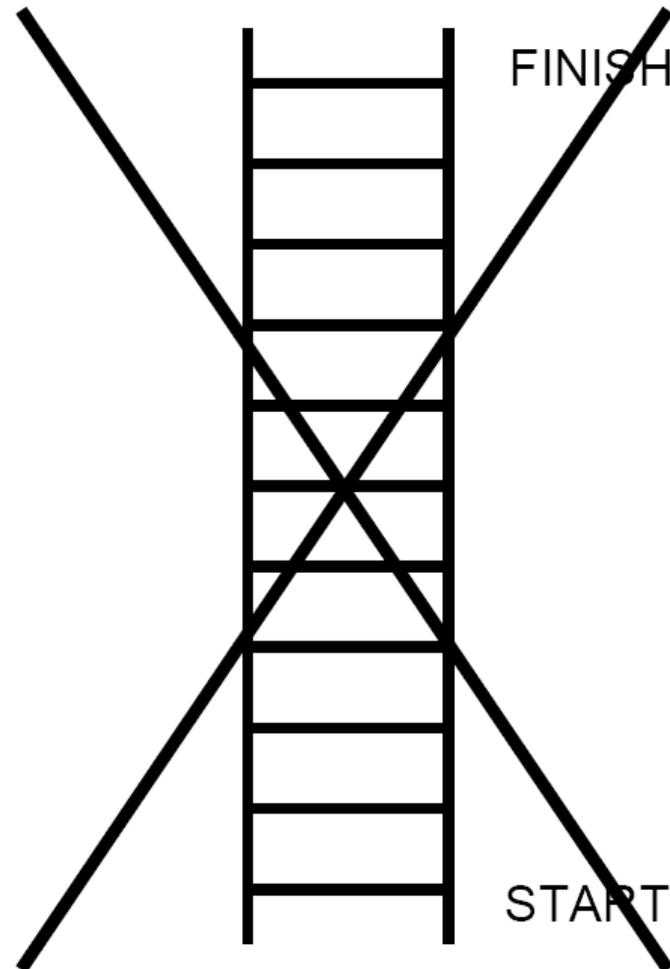
- Basis für das viel später zu erwerbende Konzepte wie Primzahl, Quadratzahl.... wird gelegt
- Direkte Instruktion (Erklärung) ist nur lernwirksam, wenn bereits eine Wissensbasis besteht
- 2 5 $1 \cdot 5 = 5$, $5 \cdot 1 = 5$
- 6 $1 \cdot 6 = 6$, $6 \cdot 1 = 6$, $2 \cdot 3 = 6$, $3 \cdot 2 = 6$
- 7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



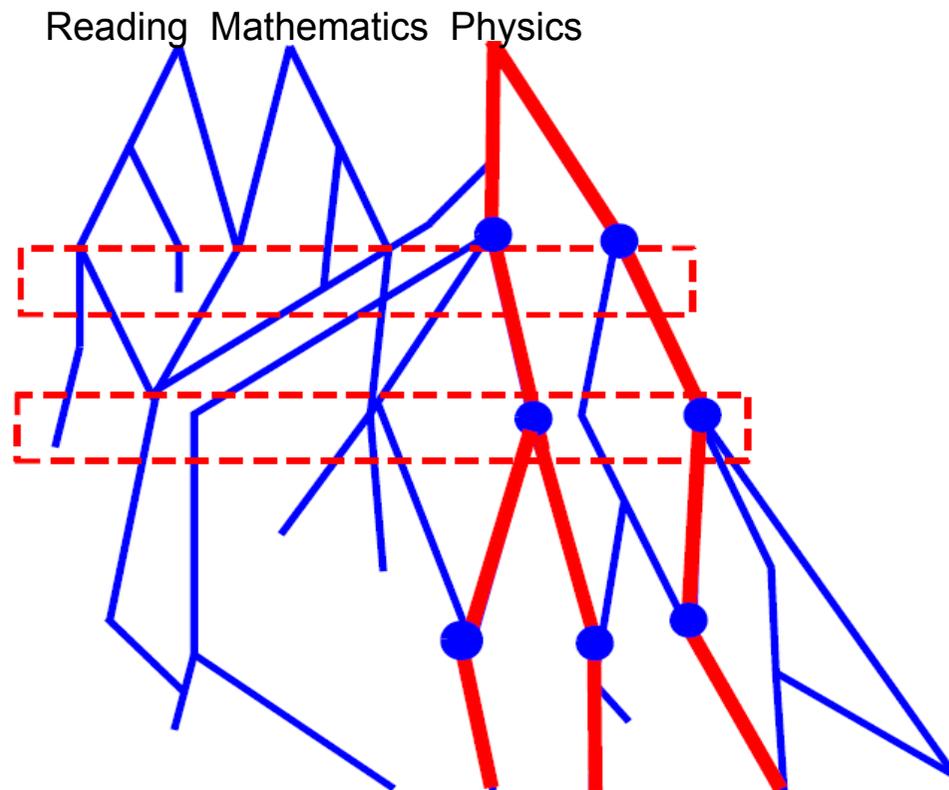
Wo im gymnasialen Mathematikunterricht mehr Prozeduralisierung sinnvoll wäre

- $\text{Log}_{10}(1000)=?$
- $\text{Log}_{10}(1000)=3$
- $10^{-9}=?$
- 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.



Wer ist studierfähig?

- Wer erlebt hat, wie es sich anfühlt, nach grosser Anstrengung etwas zunächst Kontraintuitives verstanden zu haben (d.h. es auf neue Aufgaben anwenden kann).
- Gute Lerngelegenheiten bietet der Physikunterricht
- Wer das eigene konzeptuelle Wissen in einem Gebiet richtig einschätzen kann, d.h. auch dessen Grenzen erkennt
- Weniger ist mehr, oder wer ist besser auf das Physikstudium vorbereitet?



Handlungsmöglichkeiten von Lehrpersonen

- 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.
- **Nicht jede Lehrperson kann und soll das Rad neu erfinden: Kultur der Kooperation optimieren**

MINT- Lernzentrum für die Schule

Mathematik

Informatik

Naturwissenschaften

Technik



MINT- Lernzentrum für die Schule

ETH:

**Ralph Schumacher, Elsbeth Stern, Andreas
Vaterlaus**

PHZH

Susanne Metzger, Paul Weymuth



Säulen des MINT- Lernzentrums

- **Schnittstelle Primar- und Sek. I (in Zusammenarbeit mit der PHZH)**
- **Ausgangspunkt Technik**
- **Mathematische Modellierung als Kompetenz**
- **Mitarbeit von Lehrpersonen (Sabbatical)**



Zwei Schwerpunkte

- Spiralcurriculum in Physik: Finanziert durch die Jacobsfoundation
- **Wie kommt es, dass ein kleines Stück Stahl untergeht, aber ein grosses, schweres Schiff aus Stahl schwimmt?**





Zwei Schwerpunkte

- Der Erwerb eines fächerübergreifenden Konzeptes:
Was ist Energie?
- Finanziert durch VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

