

# Produktives Üben

## Erwerb von Fertigkeiten

Matthias Nückles

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



**UNI  
FREIBURG**

- Wissenskonstruktion
  - Verstehen von Sachverhalten (von Konzepten & Prinzipien)
    - Organisation und Elaboration
- Üben
  - Abruf von deklarativem Wissen trainieren
    - sich an Konzepte, Prinzipien und Fakten erinnern und sie korrekt wiedergeben können
    - deklaratives Wissen flexibel verfügbar haben
  - Fertigkeiten erwerben und einüben
    - von einer deklarativen Repräsentation einer Fertigkeit zur korrekten Ausführung der Fertigkeit gelangen
    - Fertigkeiten automatisiert und situationsangemessen ausführen können

# Phasen des Fertigkeitserwerbs nach Anderson (ACT-R, 1982)



## ■ Deklarative Phase I

- Wissen um Prinzipien wird erworben („Principle Encoding“, Renkl, 2011)
  - Z.B. Grammatik-Prinzipien im Englischen
    - Die Conditional Sentences 2 verwendet man, um zu sagen, was geschehen würde, falls eine Bedingung in Erfüllung ginge.
      - ▶ Was wäre, wenn ...
    - Die Erfüllung dieser Bedingung ist entweder unmöglich oder eher unwahrscheinlich, aber theoretisch möglich.
    - Im *If*-Satz steht das Simple past, im Hauptsatz steht *would* / *could* / *might* mit Infinitiv.
- Prinzipienwissen sprachlich verfügbar, kann aber noch nicht angewandt werden

# Phasen des Fertigkeitserwerbs nach Anderson (ACT-R, 1982)



## ■ Deklarative Phase II

- Erste Anwendung des Prinzipienwissens durch analoges Schließen („Relying on Analogs“, Renkl, 2011)

- Ausgehend von einem Beispielsatz kann ein neuer Satz gebildet werden

If I won the lottery,  
I would buy an aircraft



If I met Robbie Williams, ...  
I would ask him for an autograph

- Lernende sind zwingend auf Beispiele angewiesen, um „Probleme zu lösen“ (hier: neue Sätze zu bilden)

# Phasen des Fertigkeitserwerbs nach Anderson (ACT-R, 1982)



## ■ Phase der Wissenskompilierung

- Bildung von Produktionsregeln („forming declarative rules“, Renkl, 2011)
  - **Wenn** ich einen Conditional-2-Satz bilde, **dann** verwende ich im If-Satz das Simple Past und im Hauptsatz *would/could/might* + Infinitiv
- Prozeduralisierungsprozess
  - Regelwissen muss bereits nicht mehr separat abgerufen werden, sondern kann direkt angewendet werden
    - *If I **had** a million dollar, I **would buy** a big car*

# Phasen des Fertigkeitserwerbs nach Anderson (ACT-R, 1982)



## ■ Prozedurale Phase

- Automatisierung der erworbenen Produktionsregeln wird durch Üben gestärkt
  - Bildung von Konditionalsätzen benötigt immer weniger Arbeitsgedächtnisressourcen
- Flexibilisierung
  - Generalisierung der Regelanwendung
    - *If I won the lottery, I would buy a swimming pool.*
    - *If I had a million dollar, I would buy a big car.*
    - *If I were you, I would ask her for advice.*
    - ....
  - Diskriminierung
    - If I **had** better organized and elaborated the learning contents, I would **have passed** the exam (Conditional 3)

# Phasen des Fertigkeitserwerbs nach Anderson (ACT-R, 1982)



- Trafton & Reiser (1993)
  - “Because all knowledge starts in declarative form in ACT-R, learning procedural skills consists of converting declarative knowledge into productions. The only way to form a production **is through analogy to an elaborated example**”
  - Erwerb von Fertigkeiten (prozedurales Wissen) gelingt also nur über das Lernen aus Beispielen!
  - In der Anfangsphase des Fertigkeitserwerbs (=deklarative Phase) sind somit **Beispiele** zentral, um Problemlösen (z.B. Bilden neuer Sätze) zu ermöglichen!
- Welche Rolle spielen Beispiele im Schulunterricht?

# Unterrichts-Skripts

im deutschen und schweizerischen Mathematik-

<i>Variante 1</i> 70% der deutschen Skripts 58% der schweizerischen Skripts	<i>Variante 2</i> 13% der deutschen Skripts 30% der schweizerischen Skripts
<i>Anfangsaktivität</i> D: Wahrscheinlich (HA-Kontrolle, Repetition) CH: Möglich (HA-Kontrolle, Repetition oder Zielformulierung)	<i>Anfangsaktivität</i> D: Wahrscheinlich (HA-Kontrolle, Repetition) CH: Möglich (HA-Kontrolle, Repetition oder Zielformulierung)
<i>Problemstellung</i> <i>Problemlösung</i>	<i>Problemstellung</i> <i>Problemlösung</i>

Meist wird nur ein einziges Beispiel ausführlich besprochen. Danach wird direkt zum eigenständigen Lösen von Aufgaben („problem solving“) übergegangen

	CH) (ca. 70% der Lektion)
<i>Vertiefung</i> Individuelles Üben, z.T. vorher gemeinsames Üben im Klassenunterricht (ca. 40% der Lektion)	<i>Vertiefung</i> Individuelles Üben (ca. 30% der Lektion)
<i>Abschlussaktivität</i> D: Wahrscheinlich (HA erteilen) CH: möglich (HA erteilen)	<i>Abschlussaktivität möglich</i> (HA erteilen)



# Wie Schülerinnen und Schüler oftmals an Aufgaben (= Problemlösen) herangehen.....



## ■ Ein Beispiel aus der achten Klasse:

Bei einem Test erreichten die Schülerinnen und Schüler folgende Punktzahlen. Berechne die durchschnittliche Punktzahl.

Punkte	2	3	5	6	7	9	10	11	12	14	15
Häufigk.	1	1	2	3	2	1	5	7	4	3	2

Schüler A: „Hm..., durchschnittliche Punktzahl ...klingt nach Mittelwert. Was war das nochmal...Mittelwert ist doch genau der Wert in der Mitte! Dann ist die Lösung also 9, denn die 9 liegt in der Mitte.“

Schüler B: „Wir hatten da doch verschiedene Formeln...Medianwert, Modalwert, Mittelwert...ich nehme mal den Mittelwert, weil es doch um Durchschnitt geht....“

Schüler C: „Wir haben hier also eine Häufigkeitsverteilung von Punktzahlen bzw. Werten. Um die durchschnittliche Punktzahl zu bestimmen, muss ich erst alle vorkommenden Punktwerte einzeln aufsummieren und diese Summe dann durch die Anzahl aller Werte dividieren. Also erst:  $2 \times 1$  plus  $3 \times 1$  plus  $5 \times 2$  plus  $6 \times 3$ ..., diese Summe teile ich dann durch die Summe der Häufigkeiten in der unteren Zeile.“

# Noch ein Beispiel...



- Karl hat fünf Freunde und Georg hat sechs Freunde. Karl und Georg beschließen, gemeinsam eine Party zu veranstalten. Sie laden alle ihre Freunde ein. Alle Freunde kommen. Wie viele Freunde befinden sich auf der Party?
  - Unrealistische Antwort:  $5 + 6 = 11$  Freunde;
  - Realistische Antwort: Aufgabe nicht lösbar, da unklar, ob Karl und Georg gemeinsame Freunde haben
  - Bis zu 90% unrealistische Antworten bei Schülern der 4. bis 7. Jahrgangsstufe! (Reusser & Stebler, 1997)
- Die Schüler wollen die Aufgabe lösen, es geht ihnen nicht darum, den Sachverhalt zu **verstehen** und in ein mathematisches Modell zu überführen

# Lösen von Aufgaben in der Anfangsphase des Fertigkeitserwerb ist suboptimal (Renkl, 2005)



- Aufgaben sind zu komplex und überfordernd
  - Lernende haben Prinzipien noch nicht richtig verstanden (deklarative Repräsentation noch unzureichend)
  - Hohe intrinsische kognitive Belastung!
- Lernende wenden unproduktive Lösungsstrategien an (z.B. Orientierung an Oberflächenmerkmalen, Schlüsselwörtern, Mittel-Ziel-Analyse) statt Anwendung von Domänenprinzipien
  - Hohe extrinsische kognitive Belastung!
- Dadurch Lernerfolg gering!

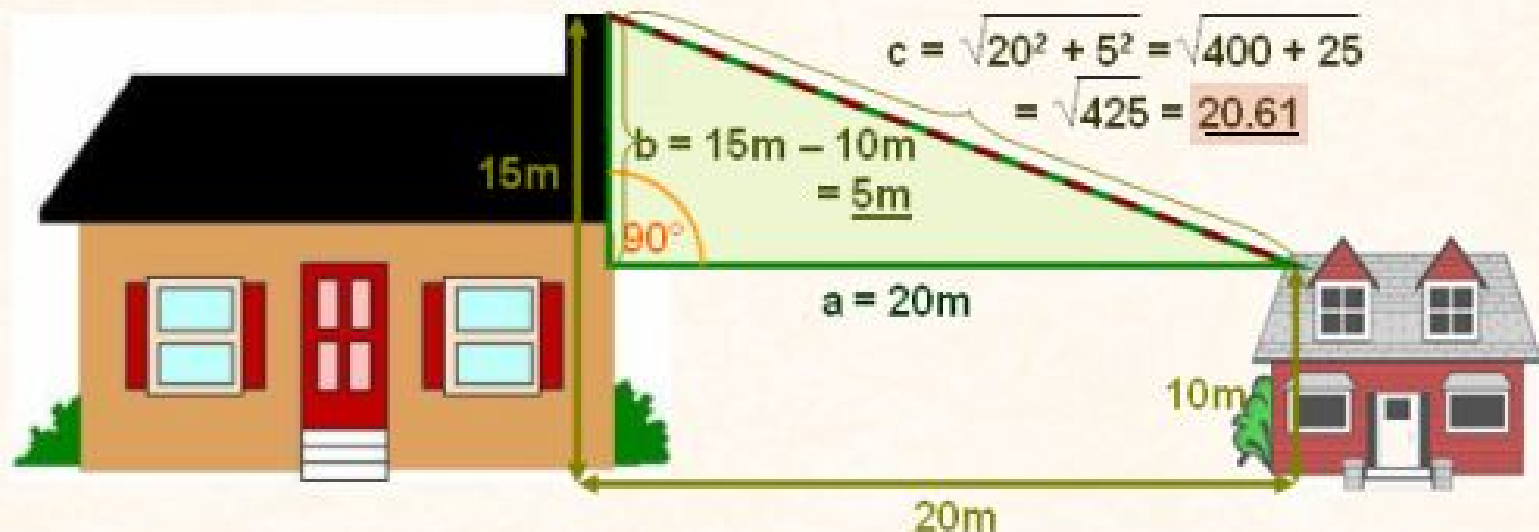
# Daher in der Anfangsphase des Fertigkeitserwerbs Lernen durch Beispiele

- Abhilfe durch ausgearbeitete Lösungsbeispiele
  - Ein Lösungsbeispiel besteht aus:
    - (1) der Aufgabenstellung
    - (2) den Lösungsschritten
    - (3) der Lösung
  - Ermöglicht Konzentration auf Verstehen der Prinzipien bei hoher intrinsischer Belastung in der Anfangsphase des Fertigkeitserwerbs
    - Erleichtert Problemlösen durch analoges Schließen
    - Erleichtert Bildung von Produktionsregeln

Zwischen den Giebelspitzen zweier Häuser mit einer Höhe von 15m bzw. 10m, die 20m voneinander entfernt stehen, soll ein Elektrokabel gespannt werden. Wie lang muss das Kabel mindestens sein?

Satz des Pythagoras:

$$c^2 = a^2 + b^2 \rightarrow c = \sqrt{a^2 + b^2}$$



Um das Elektrokabel zwischen den beiden Häusern spannen zu können, muss es mindestens 20,61m lang sein.

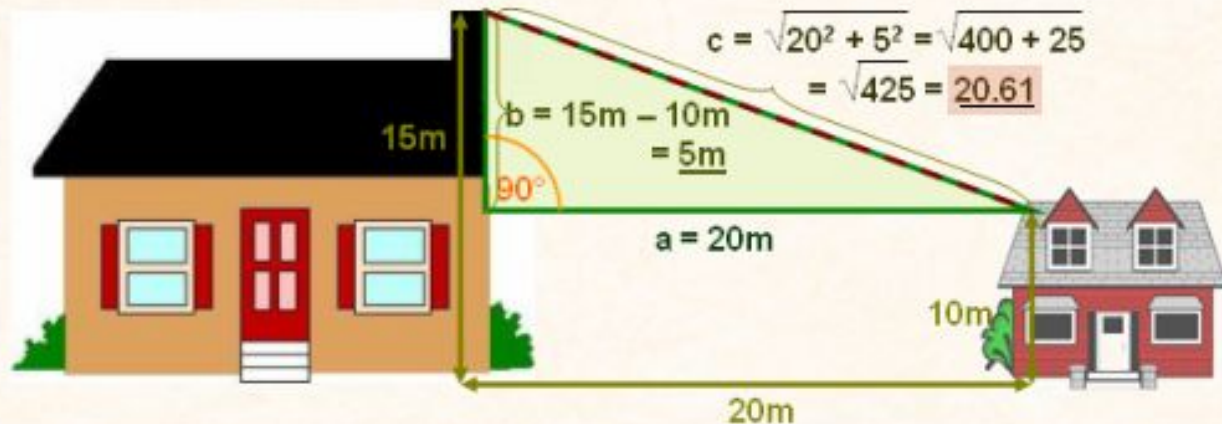
# Lernen durch Selbsterklären von Beispielen

## Selbsterklärungs- Prompts

Zwischen den Giebelspitzen zweier Häuser mit einer Höhe von 15m bzw. 10m, die 20m voneinander entfernt stehen, soll ein Elektrokabel gespannt werden. Wie lang muss das Kabel mindestens sein?

Satz des Pythagoras:

$$c^2 = a^2 + b^2 \rightarrow c = \sqrt{a^2 + b^2}$$



Um das Elektrokabel zwischen den beiden Häusern spannen zu können, muss es mindestens 20,61m lang sein.

1. Erkläre, warum in diesem Beispiel der Satz des Pythagoras angewendet wurde und welche Bedingungen dafür erfüllt sein müssen!
2. Warum ist es nötig, die Länge der Seite b zu berechnen und wie erklärst Du Dir diesen Rechenschritt?

# Modell der „Kognitiven Meisterlehre“ (Collins, Brown & Newman, 1989)



## Zentrale Komponenten

„Self-Explanation“

Artikulation und Reflexion

Modellieren  Unterstütztes Problemlösen  Exploration

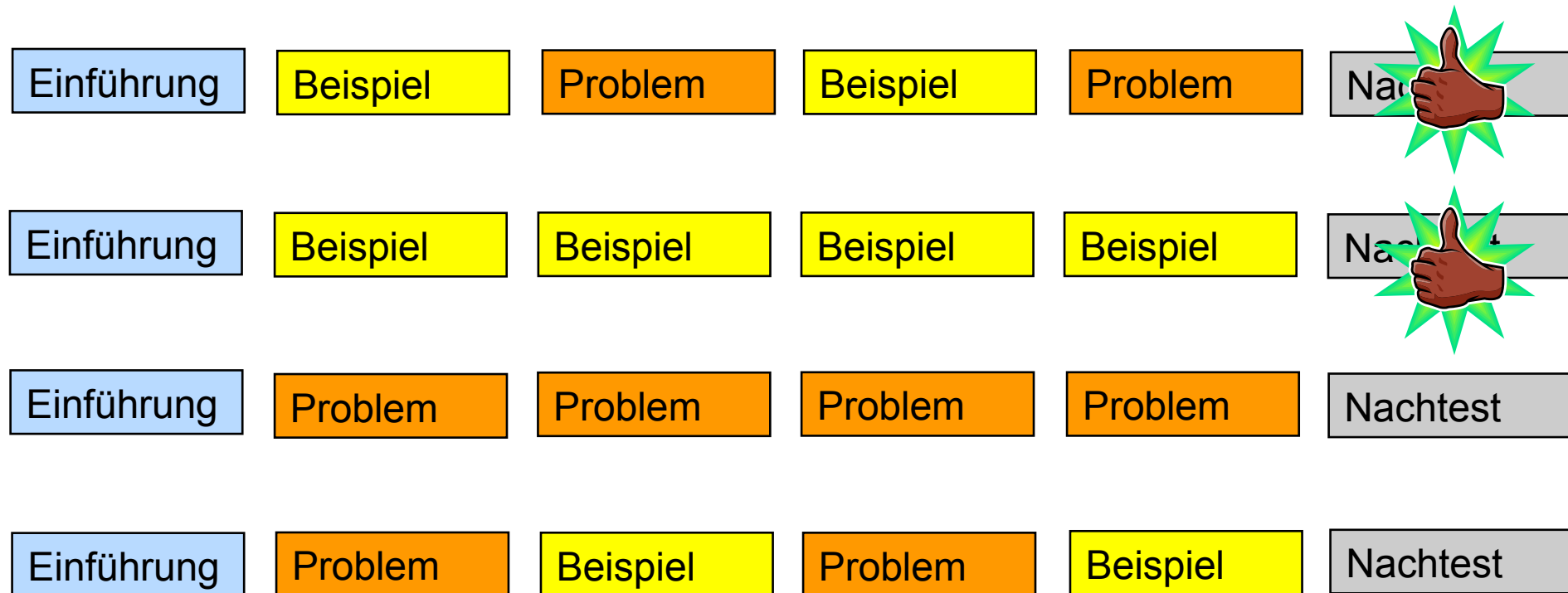
Unterstützung (Fading) ausblenden



# Versuchspläne beim Lernen aus Lösungsbeispielen (z.B. Sweller & Cooper (1985), van Gog et al. (2011))



BURG



- Größerer Lernerfolg durch Worked-Examples (naher, aber auch weiter Transfer)
- Niedrigere kognitive Belastung
- Lernen sehr viel effizienter (weniger Lernzeit)

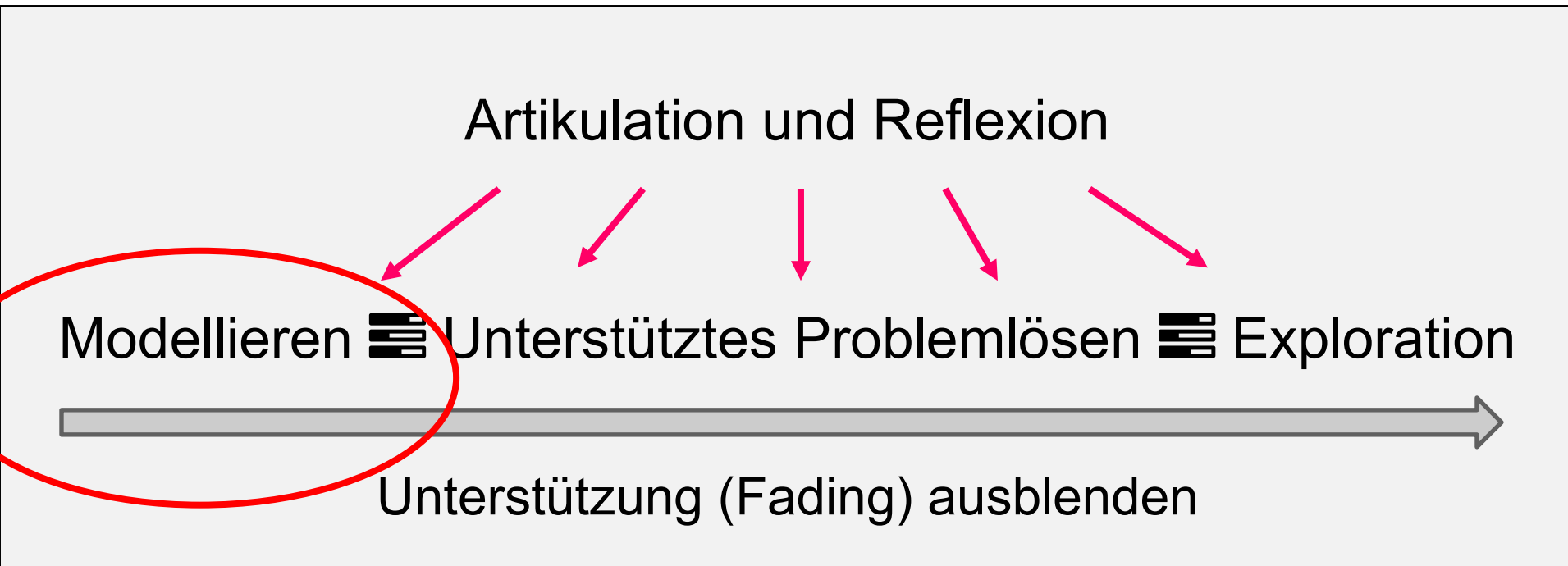


- **Algorithmische Domänen** („wohlstrukturierte Probleme“)
  - Lösungsschritte, die mit Notwendigkeit zur Lösung führen angebbar
  - Aufgabenstellung und Lösungsschritte können präsentiert werden
  - Mathematik, Physik, Chemie, Informatik...
- **Nicht-algorithmische Domänen** („schlecht strukturierte Probleme“)
  - Statt Lösungsschritte heuristische Vorgehensweisen
    - Keine allgemeingültige Abfolge von Schritten angebbar
  - Beispiele für gelungene Problemlösungen statt Lösungsbeispiele („Modelling Examples“)
  - Learning Domain versus Exemplifying Domain
  - Schreiben in Deutsch, Geschichte, Beweisen in der Mathematik ...

# Modell der „Kognitiven Meisterlehre“ (Collins, Brown & Newman, 1989)



## Zentrale Komponenten



# Nicht-algorithmische Aufgabenstellung: Lernen, wie man Lerntagebuch schreibt



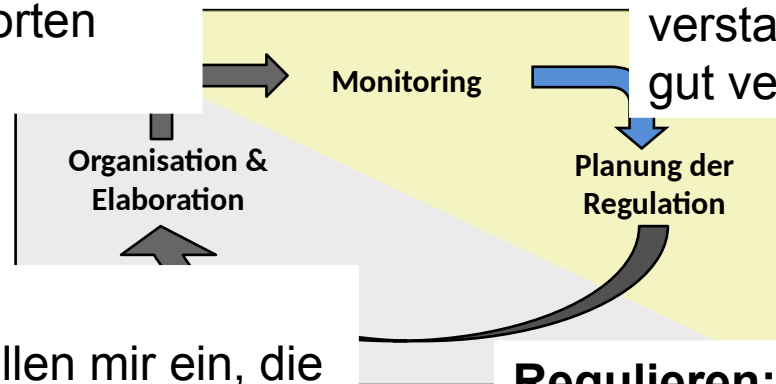
- Schüler sollen als Hausaufgabe ein Lerntagebuch verfassen
- Erläuterung, auf welche Lernprozesse es beim Lerntagebuchschreiben ankommt:

## Organisieren:

“Wie kann ich die zentralen Punkte in eigenen Worten wiedergeben?”

## Überwachen:

“Was habe ich noch nicht verstanden? Was habe ich gut verstanden?”



## Elaborieren:

“Welche Beispiele fallen mir ein, die das Gelernte illustrieren, bestätigen oder ihm widersprechen?”

## Regulieren:

“Was könnte ich tun, um meine Verständnis-schwierigkeiten zu klären?”

- Darbietung von Beispielen für gute Lerntagebucheinträge

# Auszug aus einem Lerntagebuch



BURG

## „Fallen Fußbälle schneller als Tennisbälle?“

Heute haben wir in Physik über das Thema „Erdbeschleunigung“ gesprochen. Erdbeschleunigung meint, dass die Erde eine Anziehungskraft in Richtung ihres Mittelpunktes ausübt.

Diese bewirkt zum Beis

**Leitfrage:**

**Leitfrage:**

„Welche Beispiele oder Erfahrungen fallen mir ein, die den Lernstoff illustrieren, bestätigen oder ihm widersprechen?“

**Leitfrage:**

**Leitfrage:**

„Was hab ich noch nicht verstanden?“  
„Was hab ich richtig gut verstanden?“

**Leitfrage:**

„Welche Beispiele oder Erfahrungen fallen mir ein, die den Lernstoff illustrieren, bestätigen oder ihm widersprechen?“

springen. Was mir allerdings noch nicht eigentlich zu Stande kommt.

Dazu müsste ich wohl noch mal ein paar Kapitel im Physikbuch nachlesen. ...

**Zentrale Punkte der Präsentation und in eigenen Worten wiedergeben?**

ist.

**Zentrale Punkte der Präsentation und in eigenen Worten wiedergeben?**

traum ganz leicht und schweben. Ich mich im Wasser bewege.

en: Die Kraft, mit der wir von der Produkt aus unserer eigenen

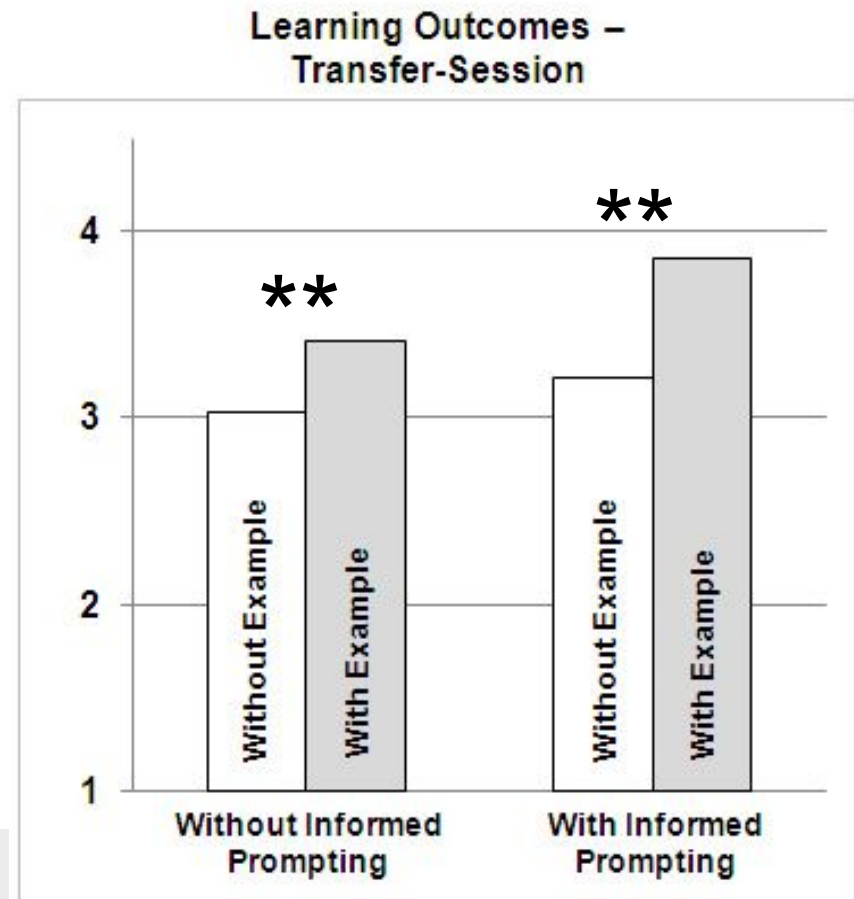
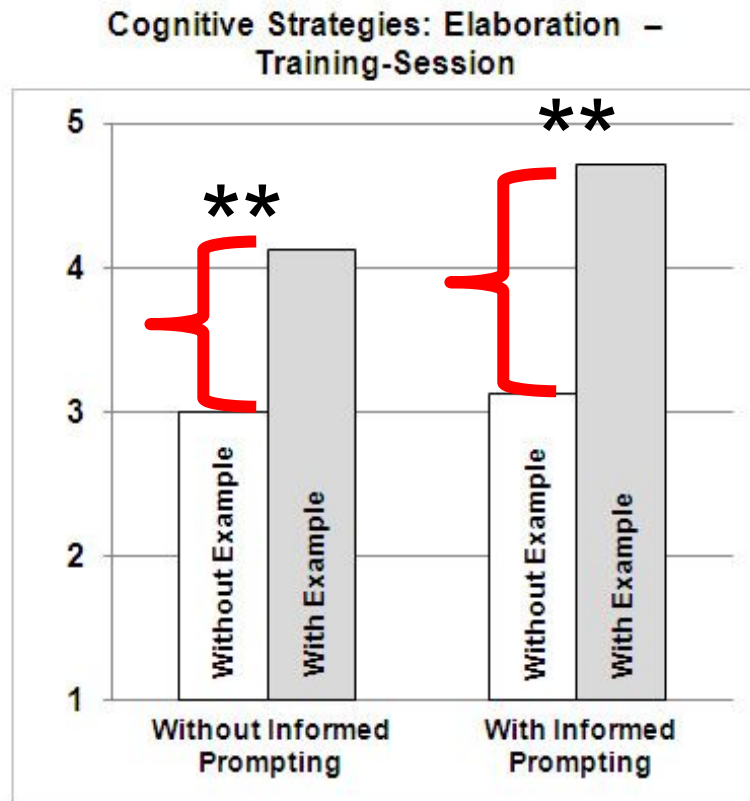
**Leitfrage:**

„Was könnte ich tun, um Verständnisschwierigkeiten zu beseitigen?“

# Studie von Hübner, Nückles & Renkl (2010)



- Modelling-Example regt in hohem Maße Ausführung von Lernstrategien im Lerntagebuch an
- Mehr Lernstrategien bewirken höheren Lernerfolg



# Procedural Facilitation (Scardamalia & Bereiter, 1984)



- Kognitive Modellierung der Planungsphase beim Schreiben
- Mit Hilfe von Planungshinweisen (Cue Cards)
- Trainieren anspruchsvoller Schreibstrategien
- Lehrer modelliert, Schüler probieren aus (soloing), andere beobachten und kritisieren

- a) Generating a new idea
  - „An important point I haven't considered yet is...”
- b) Improving an idea
  - „But many readers won't agree that...”
- c) Elaborating an idea
  - „I could develop this idea by adding...”
- d) Identifying goals
  - „My purpose...”
- e) Putting ideas into a cohesive whole
  - I can tie this together by...

# Beispiel für kognitive Modellierung bei der Aufsatzplanung



## *Aufgabenstellung durch die Schüler:*

Schreiben Sie einen Aufsatz zu dem Thema

**„Rockstars von heute sind talentierter als frühere Musiker“.**

## *Auszug aus der modellhaften Aufsatzplanung eines Lehrers:*

Ich weiß überhaupt nichts von modernen Rockstars. Mir fällt nicht mal ein einziger Name eines Rockstars ein. Was ist mit David Bowie oder Mick Jagger ... Aber viele Leser würden nicht sagen, dass sie moderne Rockstars sind. Ich glaube, sie sind beide so alt wie ich. Mal sehen, mein Gefühl lässt mich daran zweifeln, ob heutige Rockstars wirklich die Talentiertesten sind. Trotzdem, wie kann ich es wissen? So kann ich nicht argumentieren ... Ich brauche eine neue Idee ... Ein wichtiger Punkt, den ich bis jetzt noch nicht berücksichtigt habe, ist ... ah ... gut ... was verstehen wir unter Talent? Spreche ich über musikalisches Talent oder über die Fähigkeit zu unterhalten – Akrobatik zu zeigen? Also, vielleicht habe ich den Einstieg in das Thema. Ich könnte diese Idee weiterführen, indem ...

Anmerkung: Unterstrichene Phrasen entsprechen Planungshinweisen, die den Schülern im Rahmen des Strategietrainings auf entsprechenden Kärtchen vorgegeben werden.



- Ausgearbeitete Lösungsbeispiele und Modelling-Examples sind zentral für den Erwerb von Fertigkeiten
  - Rolle von Beispielen wird im Rahmen von ACT-R deutlich
  - Lösungsbeispiele sind in allen Fächern bei algorithmischen und Problemen einsetzbar
  - Modelling-Examples („gelöste Beispielp Probleme“) bei nicht-algorithmischen Problemen
  - Kognitives Modellieren dann wichtig, wenn verdeckte, expertenhafte Denk- bzw. Problemlöseprozesse zugänglich werden sollten
  - Lösungsbeispiele, Modelling-Examples und kognitives Modellieren sind nachweislich sehr effektive Vermittlungsweisen
  - Dennoch werden sie im Unterrichtsalltag bislang eher selten eingesetzt!

- Renkl, A. (2016). Instruction based on examples. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instruction* (pp. 272-295). Routledge.
- Hilbert, T. & Renkl, A. (2007). Lernen mit Lösungsbeispielen. In J. Zumbach, & H. Mandl. *Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis* (S. 15-24). Hogrefe.