

Fundamentale Ideen der Informatik aus kognitionspsychologischer Sicht

Andreas Schwill

Institut für Informatik

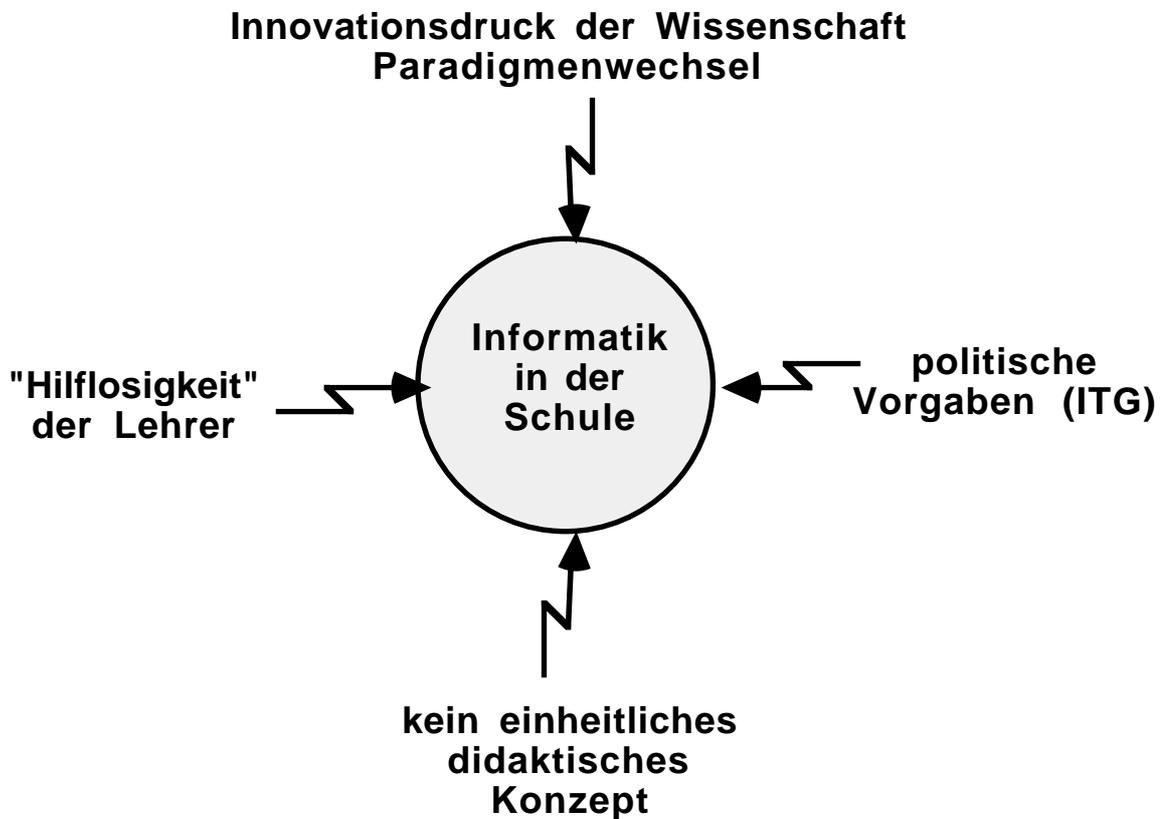
Universität Potsdam

www.informatikdidaktik.de

Überblick

- **Rückblick**
- **Das Konzept der fundamentalen Ideen**
- **Definition von fundamentalen Ideen**
- **Fundamentale Ideen der Informatik**
- **Modellbildung**
- **Psychologische Aspekte des Vertikalkriteriums**
- **Unterrichtshilfen**

1 Rückblick



Ausweg:

- Vermittlung gesicherter Aussagen und langlebiger Grundlagen der Informatik
- Loslösung von aktuellen Strömungen der Wissenschaft
- Einbindung anderer Unterrichtsformen (z.B. ITG) in einen einheitlichen didaktischen Ansatz

=> Betonung der fundamentalen Ideen der Informatik

im Sinne J.S. Bruners (1960)

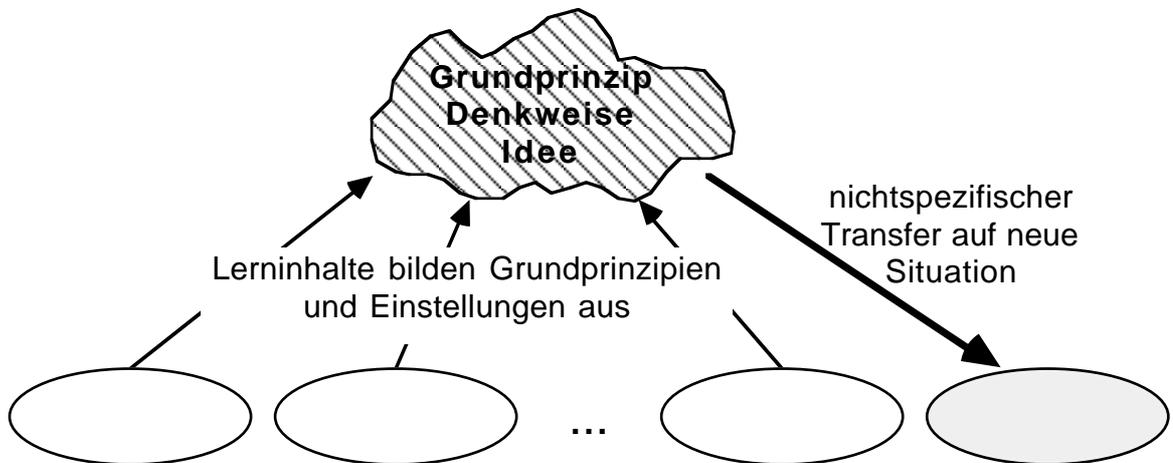
2 Das Konzept der fundamentalen Ideen

NON SCHOLAE, SED VITAE DISCIMUS

Übertragung früher erworbener Kenntnisse durch Adaption oder Erweiterung auf die neuen Situationen (Transfer).

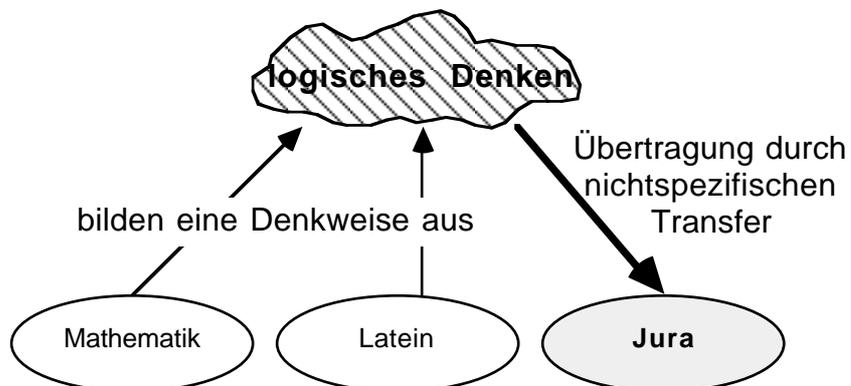
Nichtspezifischer Transfer.

- **Relativ langfristiger (i.a. lebenslanger) Effekt**
- **Lernen von grundlegenden Begriffen, Prinzipien und Denkweisen (sog. fundamentale Ideen)**
- **Ausbildung von Grundhaltungen und Einstellungen, z.B. zum Lernen selbst, zum Forschen, zur Wissenschaft, zu Vermutungen, Heuristiken und Beobachtungen, zur eigenen Leistung usw.**
- **später auftretende Probleme sind Spezialfälle dieser Grundkonzepte**
- **Einbeziehung einer Metaebene.**



**Nichtspezifischer Transfer => Zentrum des gesamten
Bildungsprozesses an allgemeinbildenden Schulen:
Fortwährendes Erzeugen, Erweitern und Vertiefen von Wissen
in Form fundamentaler Ideen.**

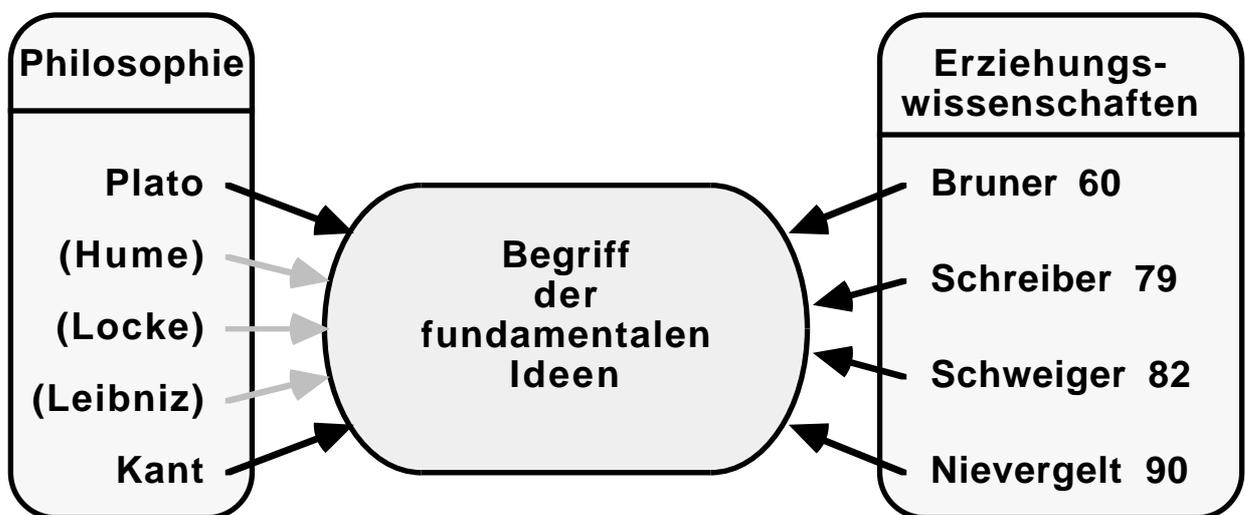
Beispiel:



3 Definition von fundamentalen Ideen

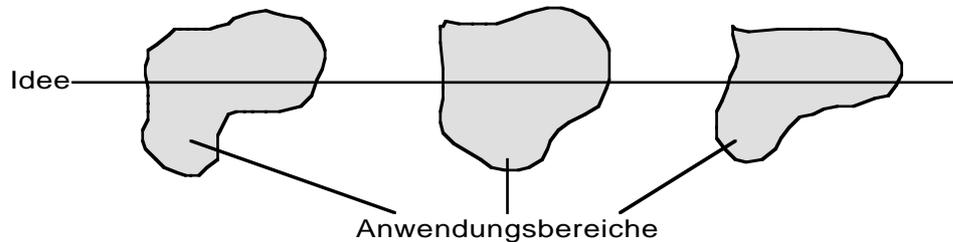
Charakterisierende Aussagen zu fundamentalen Ideen recht dürftig:

- keine Präzisierung des Begriffs
- kaum Kriterien
- keine konkreten Ideen
- kaum Anwendungen, Beispiele
- wissenschaftsübergreifend



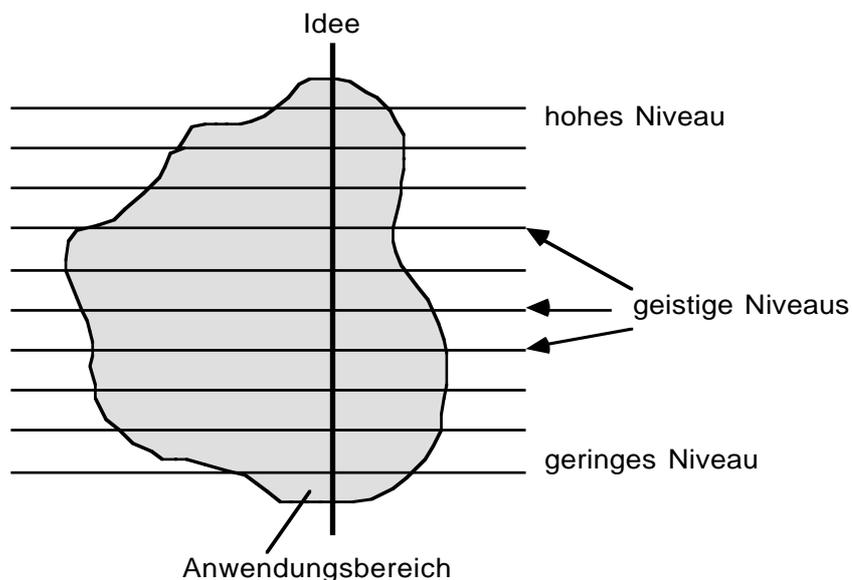
a) Horizontalkriterium:

- umfassende Anwendbarkeit in vielen Bereichen
- Ordnen und Integrieren einer Vielzahl von Phänomenen.



b) Vertikalkriterium:

- Vertikale Strukturierung des Stoffs
- Aufzeigbarkeit auf nahezu jeder beliebigen geistigen Ebene
- Unterschiede auf den verschiedenen Ebenen nur bezgl. Niveau sowie Grad der Detaillierung und Formalisierung.



Eine Idee kann als Richtschnur verwendet werden, um den Unterricht auf jeder Ebene des gesamten Bildungsprozesses daran zu orientieren.

c) Sinnkriterium:

- Verankerung im Alltagsdenken
- lebensweltliche Bedeutung
- vorthoretischer, noch unwissenschaftlicher Kontext
- Idee versus Begriff.

Beispiel: Idee der "Reversibilität" und Begriff der "Umkehrfunktion".

Ideen gehen Begriffen voraus.

Unterrichtliche Relevanz: Verankerung im Alltag als Ausgangspunkt für unterrichtlichen Einstieg

d) Zeitkriterium:

- deutliche Wahrnehmbarkeit in der historischen Entwicklung
- dauerhafter Gegenstand informatischer Arbeiten
- längerfristige Gültigkeit.

e) Zielkriterium:

- dienen zur Annäherung an eine idealisierte, jedoch faktisch möglicherweise unerreichbare Zielvorstellung
- erfassen die zur Zeit gültigen Forschungsziele
- beschreiben Regeln, Prinzipien zum Erkenntnisgewinn
- bilden treibende Kräfte, die zur Forschung anregen

EXKURS

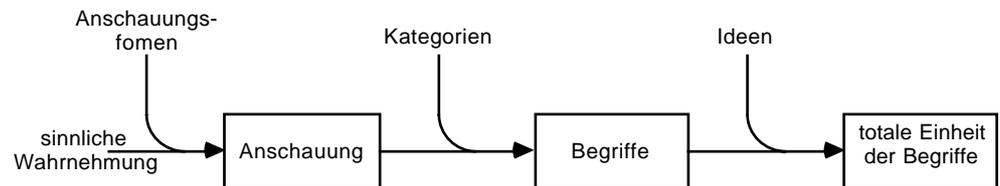
Idee: Denkinhalt, Plan, Gedanke, Vorstellung oder
"Gegenstand einer nicht-sinnlichen intellektuellen Anschauung, in der sich dessen Wesen zu erkennen gibt" [Enzyklop. Phil.]

Plato Ideen sind gewisse abstrakte Idealvorstellungen von in der Wirklichkeit nicht vorfindbaren Gegenständen, die aber als Leitbilder für menschliche Verhaltensweisen oder Modelle für reale Dinge dienen und damit Ziele definieren, denen man sich approximativ zu nähern versucht.

Idee des Kreises, des Stuhls, der Gerechtigkeit, des Guten oder des Schönen

normative Funktion, Richtschnur für den Menschen, reale Dinge sind Abbilder von Ideen

Kant **Ideen = Produkte des reinen Denkens und in der Erfahrung nicht in der gedachten Form, höchstens als unvollkommene Abbilder anzutreffen**



regulative Funktion: leiten den Verstand an, seinen Erkenntnisbestand in Richtung auf die Ziele, die die Ideen beschreiben, zu erweitern

Zusammenfassung:

Ideen sind idealisierte Vorstellungen, mit denen möglicherweise nicht erfahrbare Ziele verbunden sind; sie kanalisieren den menschlichen Forschungsdrang und leiten den Verstand an, seinen Erkenntnisbestand in Richtung auf das Ziel auszudehnen, ohne es womöglich jemals erreichen zu können.

Zielvorstellung der "Algorithmisierung":

Alle Probleme lassen sich durch maschinell nachvollziehbare Verfahren, deren Korrektheit jederzeit gesichert ist, effizient lösen.

Beispiele:

- Versuch, die Algorithmenentwicklung selbst zu automatisieren
- harte KI-These, die entsprechende Forschungen motiviert und ihnen eine Richtung gibt
- Versuch, auch nicht berechenbare Probleme durch Betrachtung immer größerer berechenbarer Teilklassen noch zu attackieren
- Versuch, nicht effizient lösbare Probleme durch andere Rechenmodelle (besser: Gedankenmodelle) doch noch effizient lösen zu können.

Unterrichtliche und wissenschaftliche Bedeutung:

- *methodologischer Aspekt*

Bereitstellung von Regeln, Prinzipien, Methoden, Schemata für die Gewinnung von Erkenntnissen.

- *psychologischer Aspekt*

motivierende, treibende Kräfte, die Menschen zur Forschung anregen und zum Erkenntnisgewinn drängen.

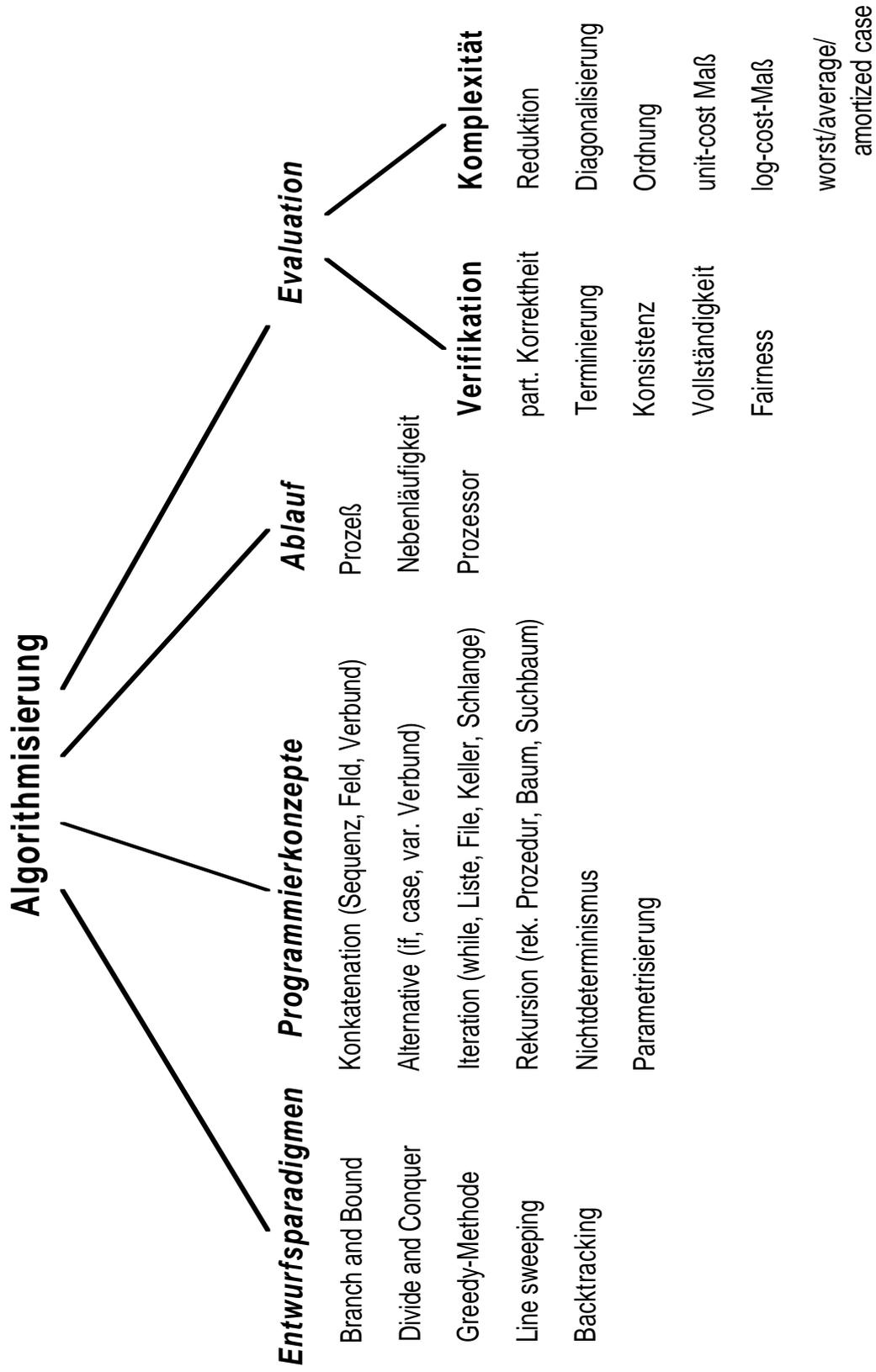
Unterricht wird durchsichtiger und sinnvoller, Antworten auf die Fragen "Was will ich erreichen?", "Wo will ich hin?", Aktivitäten bekommen eine Richtung, werden als Schritte auf einem wissenschaftlichen Weg zu einem Ziel begriffen.

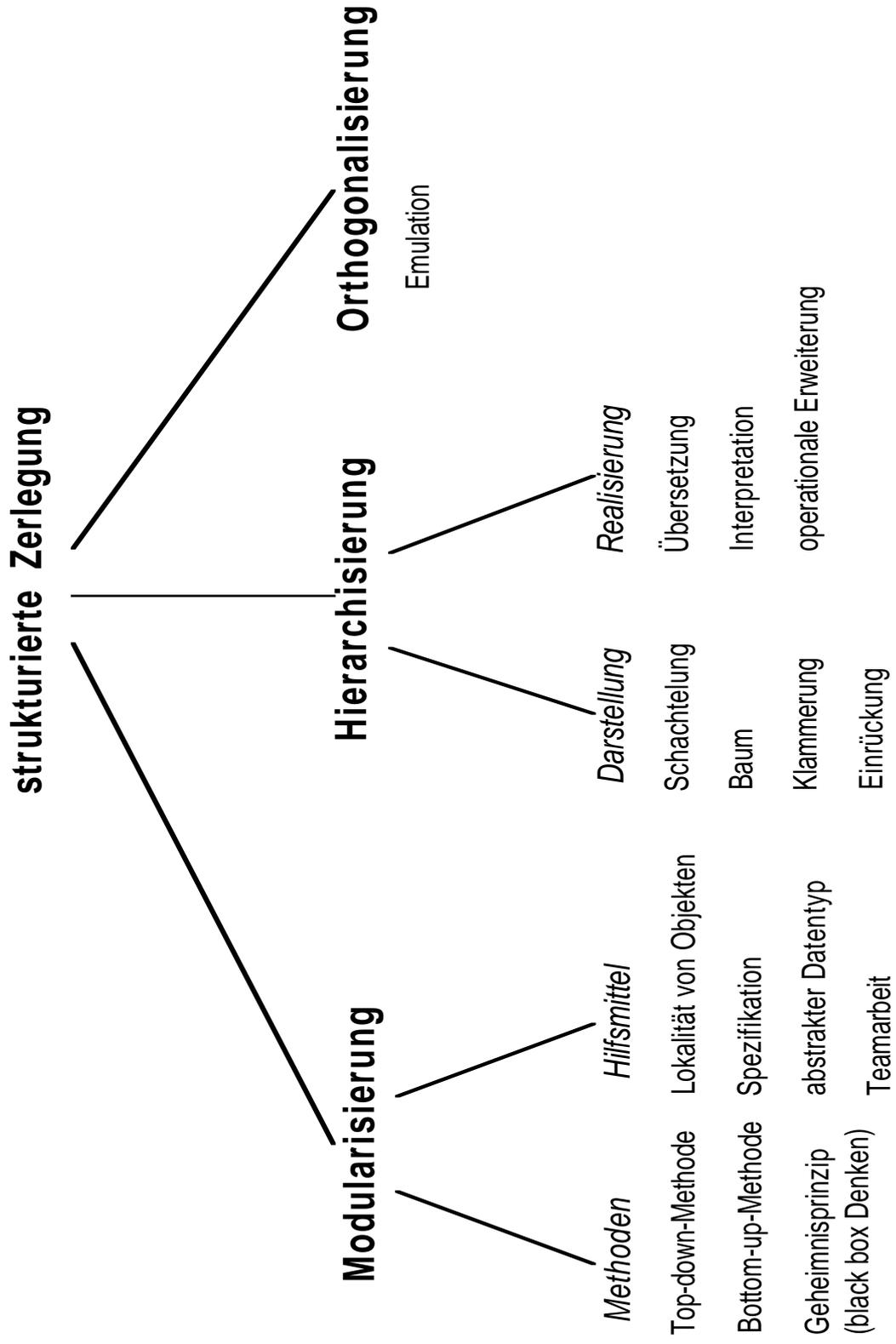
- *normativer Aspekt*

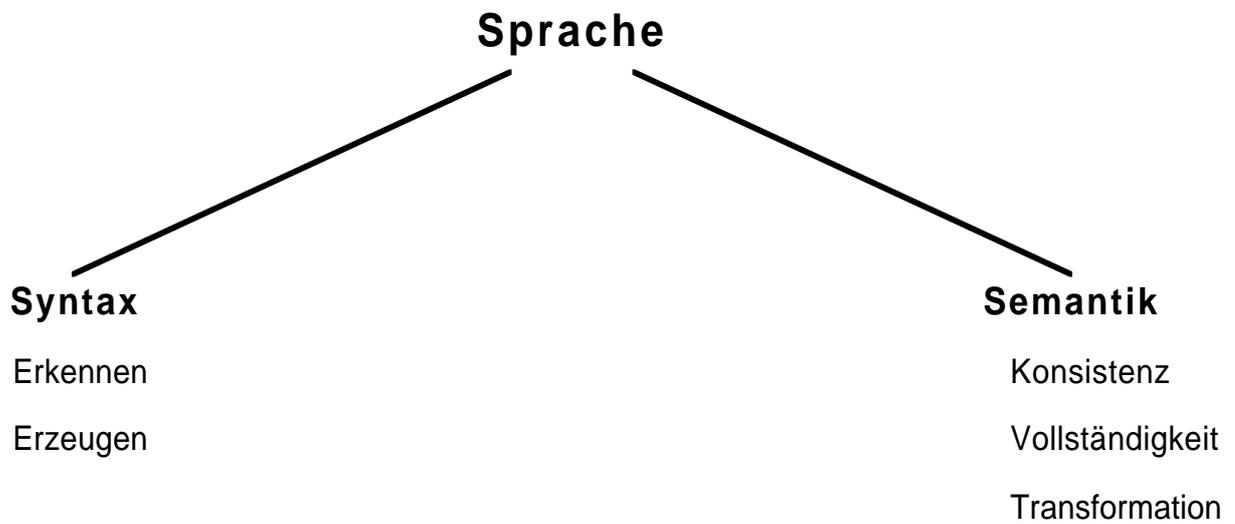
Beschreibung zur Zeit gültiger Ziele der wissenschaftlichen Forschung, Beitrag zur Klärung des Paradigmas der Informatik im Sinne von T.S. Kuhn.

Ideen sind { **Ausgangspunkt**
Weg
Ziel } wissenschaftlicher Aktivität

4 Fundamentale Ideen der Informatik







Anwendung 1

**BMBF-Projekt "Neue Medien in der Hochschullehre":
SIMBA - Schlüsselkonzepte der Informatik in verteilten
multimedialen Bausteinen (Dortmund, Paderborn,
Potsdam, Stuttgart)**

**Potsdam: USI - Künstliche Sprachen als universeller
Zugang zu Schlüsselkonzepten der Informatik**

Anwendung 2

ANWENDUNG	
Ist Telekommunikation ein geeignetes Thema für den Informatikunterricht? (Einschränkung: elektronisches Bezahlen)	
METHODE	
Bestimme fundamentale Ideen	
Algorithmisierung	strukturierte Zerlegung
Kodierungsalgorithmen	Netzwerktopologie
Übertragungsprotokolle	Protokollhierarchie
Routing-Algorithmen	Transportstrategien
Nebenläufigkeit	Plazierungsproblem
Fairneß	
Konsistenz	
Authentifizierung	
Textsuche	
Sprache	Syntax (z.B. von HTML) Dokumentendarstellung Übersetzung und Interpretation von Skripten
ERGEBNIS	
Elektronisches Bezahlen ist aus Informatiksicht ein struktureicher Gegenstand. Es trägt wesentlich zur Entwicklung fundamentaler Ideen bei.	

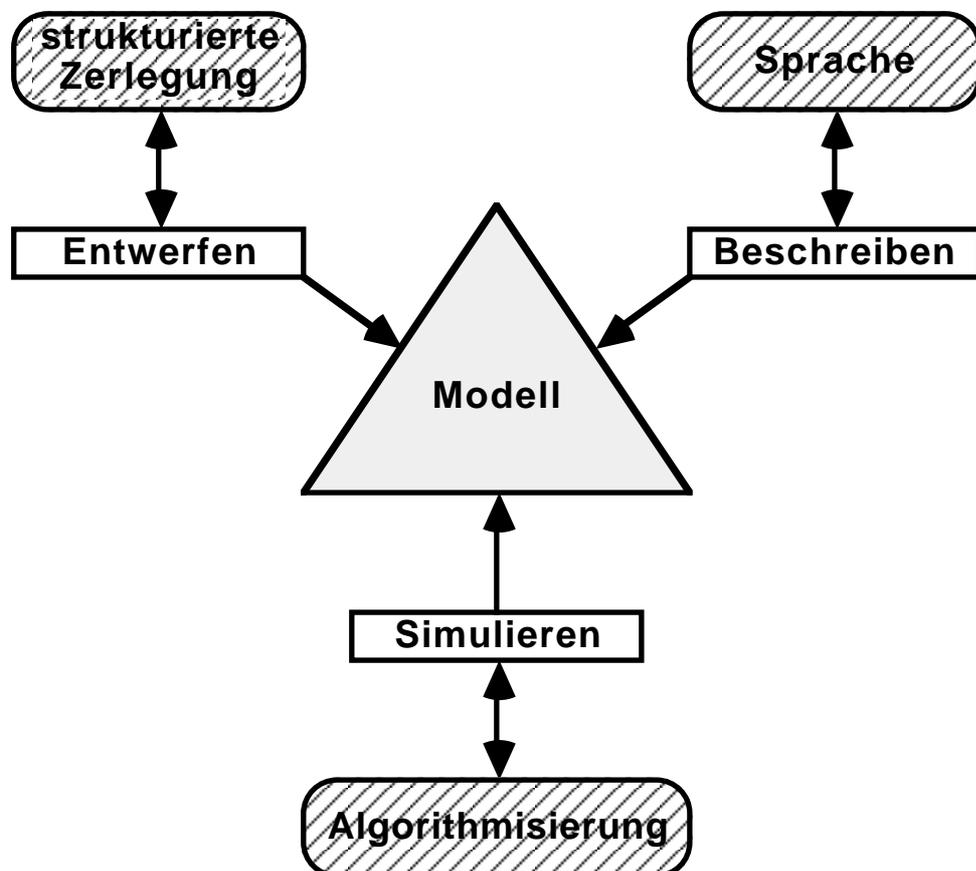
Exkurs

Vision eines ideenorientierten Informatikinstituts

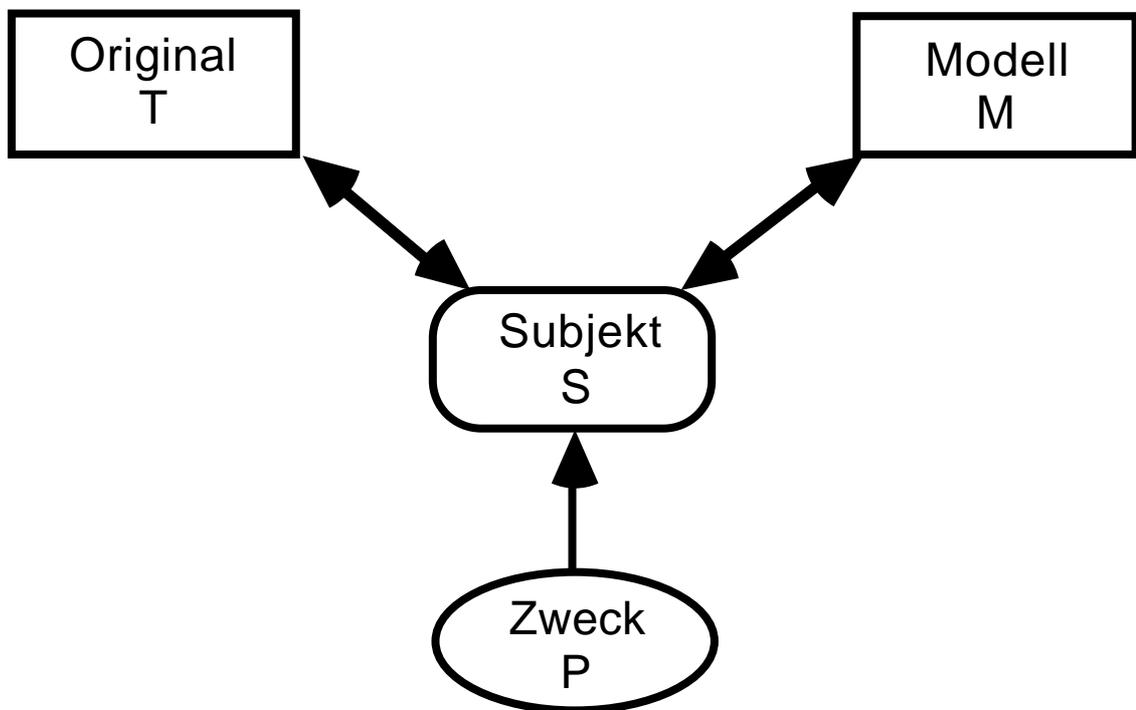
traditionelle Systematik	ideenorientierte Systematik
Vorlesungen sind nach Gebieten strukturiert. Jedes Teilgebiet wird solange behandelt, bis alle Details vermittelt sind.	Vorlesungen sind nach Ideen strukturiert. Jede Idee wird solange behandelt, bis alle Facetten vermittelt sind.
Vorlesungen größerer Teilgebiete überdecken mehrere Semester, z.B. Informationssysteme I, II, III.	Vorlesungen über größere Ideen überdecken mehrere Semester, z.B. Divide-and-Conquer I, II oder Hierarchisierung I, II, III, IV.
Es gibt Lehrstühle für Gebiete, z.B. Datenbanken, Betriebssysteme, Komplexitätstheorie	Es gibt Lehrstühle für Ideen, wie Divide-and-Conquer oder Orthogonalisierung, die alle Fragen behandeln, in denen diese Idee wirksam ist.

5 Modellbildung

Informatik als Modellbildungswissenschaft



Allgemeiner Modellbildungsprozeß



Merkmale informatischer Modellbildung

Originale T.

- **Sachverhalte aus einer vom Menschen geschaffenen Welt (Bürovorgänge, Fahrzeugströme an Kreuzungen, Bibliothekssysteme)**
- **keine "natürliche Einfachheit", sondern willkürliche Komplexität, kaum reduktionistische Regeln**
- **in hohem Maße diskret, hochgradig unstetig**
- **Bestandteile des Originals und sein Verhalten kaum zahlenmäßig zu erfassen (Zahlbereiche nur geringe Rolle)**

Zwecke P.

- **Modellierung der realen durch eine realistische, kaum idealisierte künstliche Welt**
- **Statt Beschreibung der Originale durch Sprache Nachbildung der Originale, "wie sie sind" (z.B. Akten bleiben Akten, Karteikarten bleiben Karteikarten)**
- **bilden eigene (virtuelle) Realität und Ersatz ihrer Originale.**

Modelle M.***Elementarbausteine***

- **Objekte, im wesentlichen übereinstimmend mit ihren Originalen, so wie sie vom menschlichen Bewußtsein wahrgenommen und kognitiv erfaßt und verarbeitet werden**

Zeit

- **stets Teil des Modells**
- **keine Elimination der Zeit durch Quantelung**
- **kein Zerhacken dynamischer Prozesse in Momentaufnahmen mit anschließend statischer Beschreibung**
- **dynamische Vorgänge auch im Modell dynamisch.**

Beispiel: Der freie Fall.

Statisches Modell der Physik: Erklärung des Falls

$$v(t)=at,$$

$$s(t)=\frac{1}{2} at^2,$$

$$E(t)=\frac{1}{2} m(v(t))^2$$

Dynamisches Modell der Informatik: Virtuelles Fallen.

Modellierung des Steins, wie er in der Realität wahrgenommen wird, d.h. als Objekt mit gewissen Eigenschaften und Operationsmöglichkeiten:

define Stein = object

liegt auf ...;

hat räumliche Ausdehnung;

ist grau;

ist schwer;

ist hart;

kann man werfen;

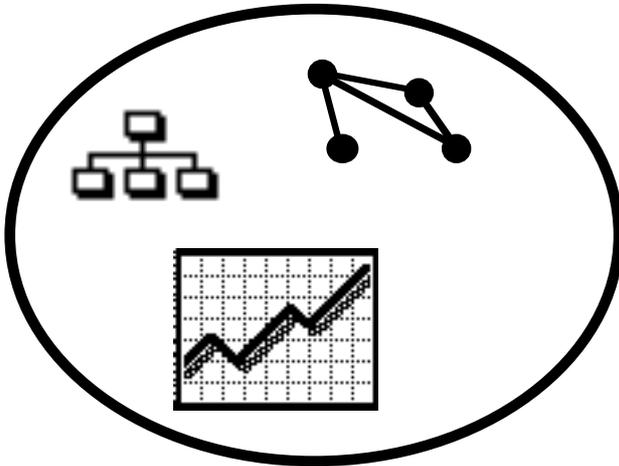
kann man mit hämmern;

...

end.

Klassifikation von Modellen

Ikonische Modelle

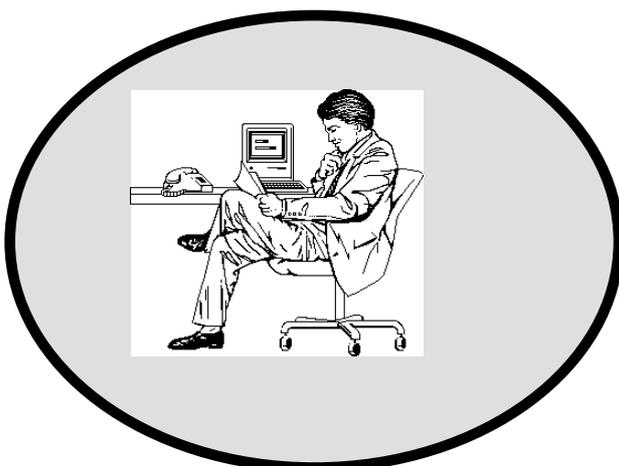


Veranschaulichung/Beschreibung
keine Erklärung

Erklärung
Voraussagen

$P_j := P_j[s_j, x'''] \cdot (x''', y_{a,x''}) \cdot P_j[x'', t_j]$

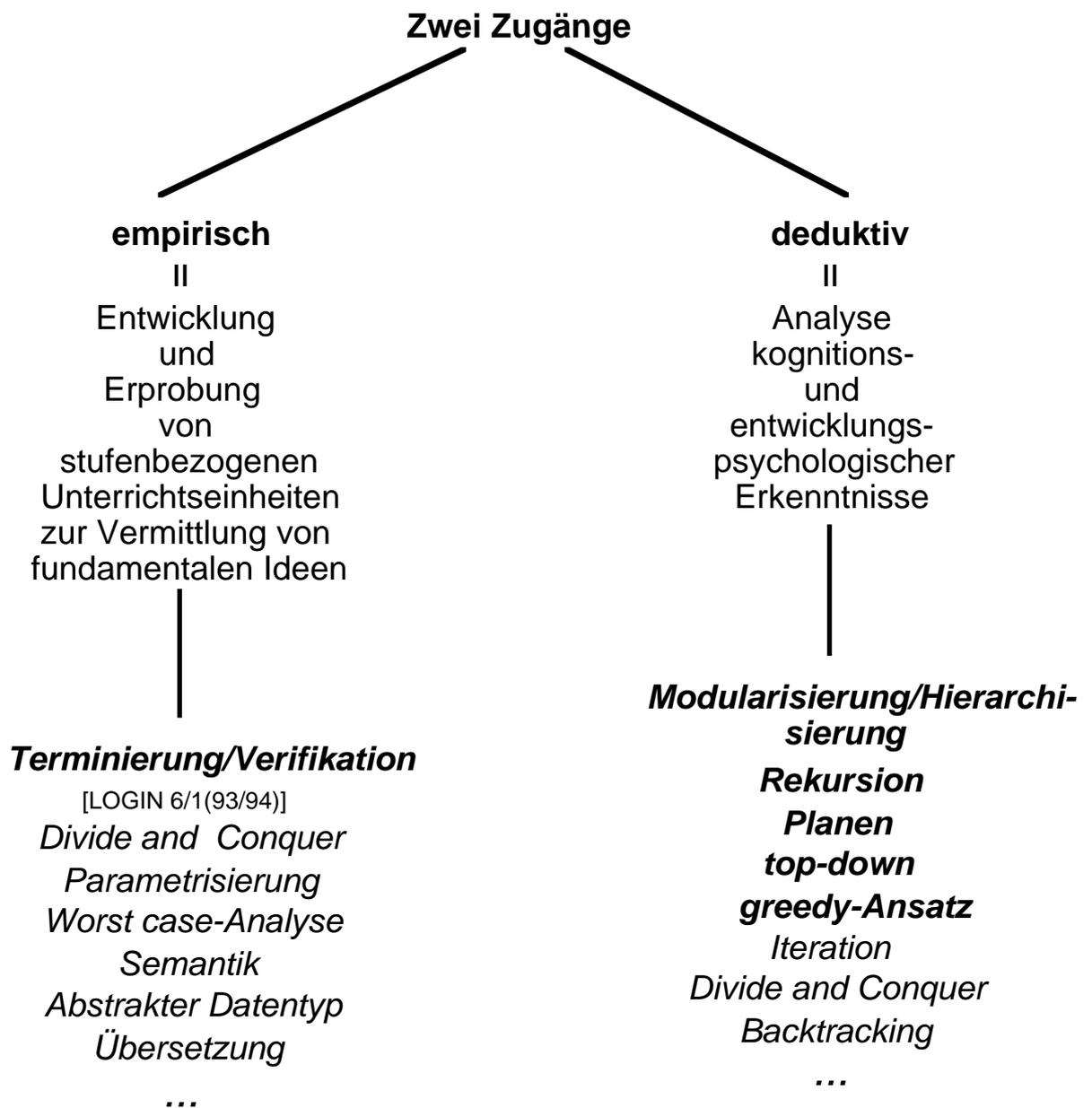
Symbolische Modelle



keine Erklärung
keine Voraussagen
keine Veranschaulichung

Enaktive Modelle (virtuelle Welten)

6 Psychologische Aspekte des Vertikalkriteriums



Grundsätzliches zu kognitiven Voraussetzungen

Piaget'sche Stufen

0-2 Jahre sensomotorische Phase

3-7 Jahre präoperationale Phase

7-11 Jahre konkret-operationale Phase

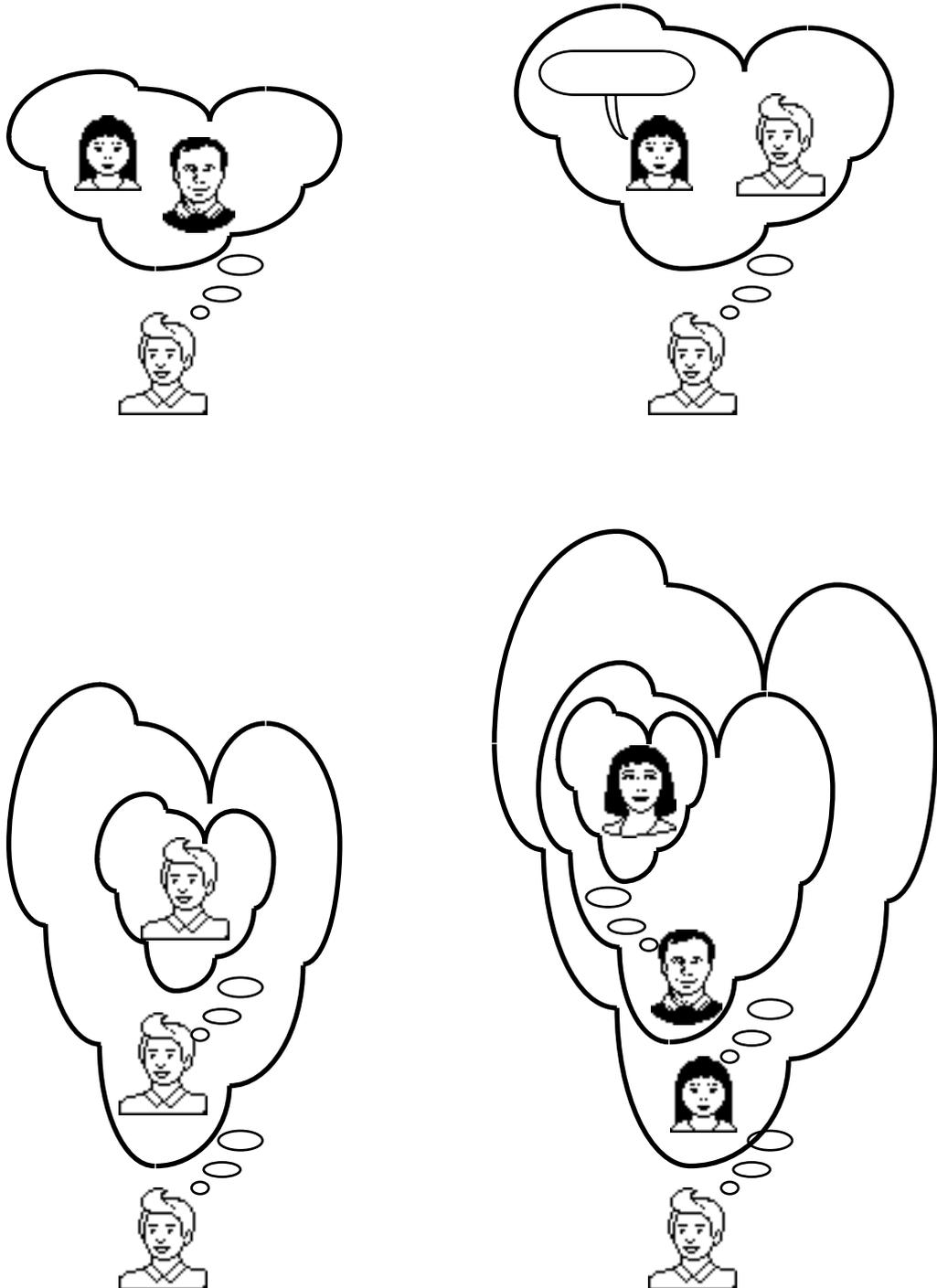
ab 11 Jahre formal-operationale Phase

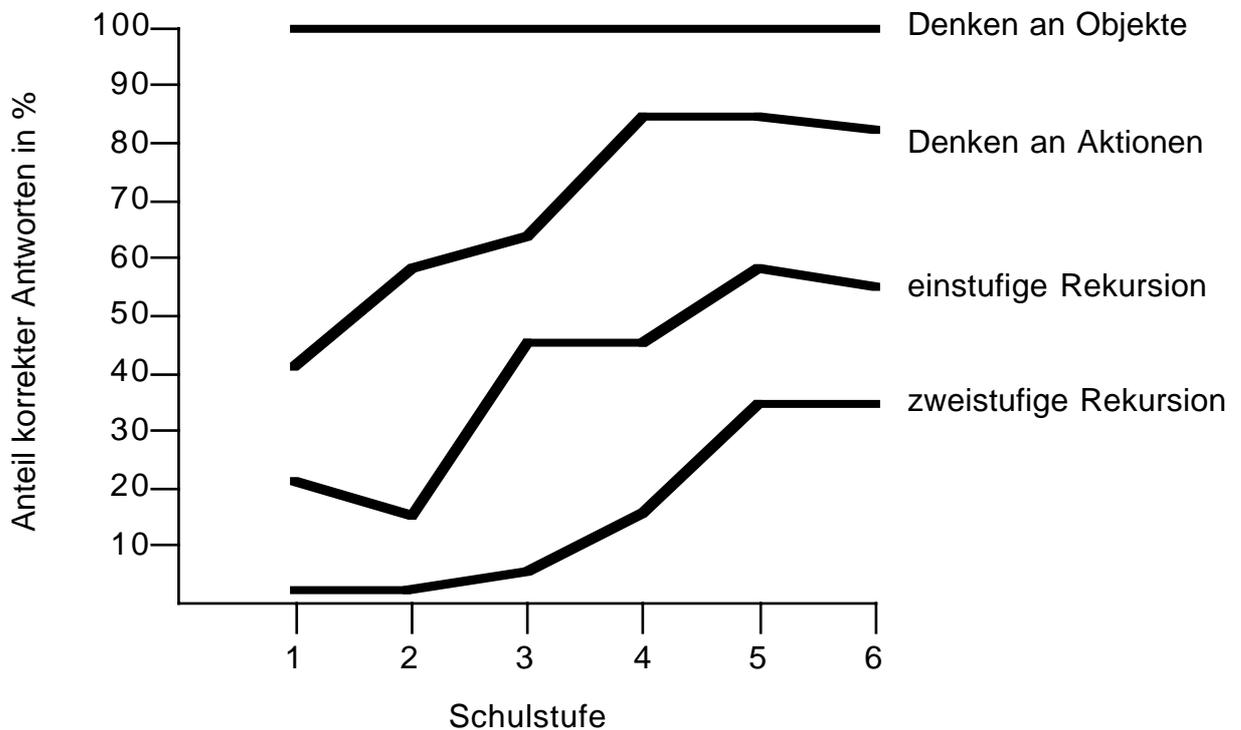
Kognitive Voraussetzungen:

- Übergang vom transduktiven zum empirisch-induktiven schließlich zum hypothetisch-deduktiven Denken
- Ausbildung eines kognitiven Operationssystems mit Metaoperationen (Assoziation, Klassifikation, Komposition,...)
- Planerische Fähigkeiten, Hypothesenbildung
- konkrete Stützen in Form von Handlungen oder realen Objekten erforderlich

Rekursion

- rekursives Zählen bei Kleinkindern [Gelman/Gallistel78]
- Beschreibung rekursiver Comics





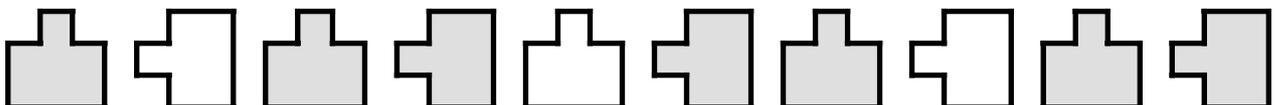
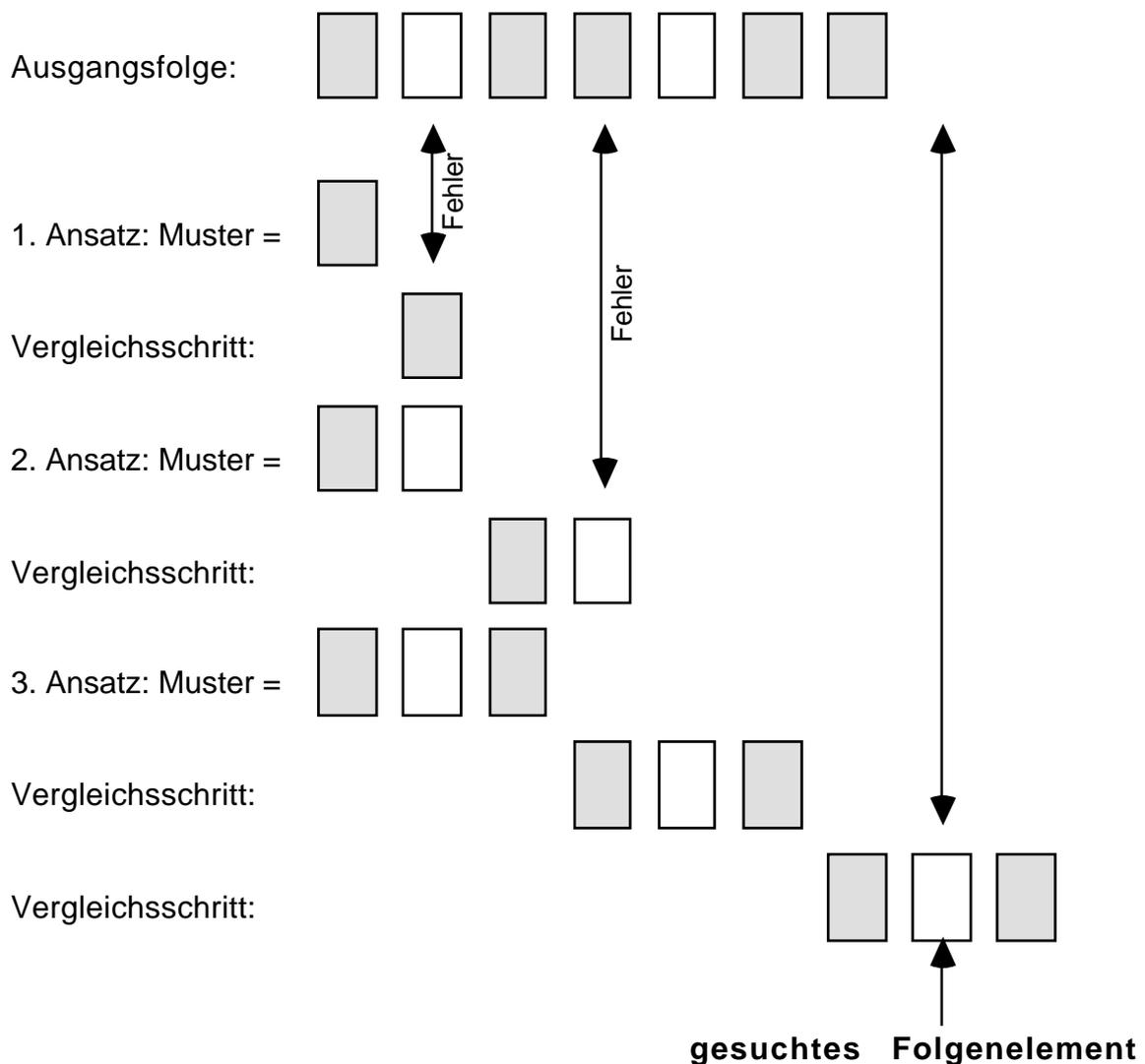
Kritik: Versuchsanordnung

- Fähigkeit, rekursive Sachverhalte zu *beschreiben* oder *auszuführen*, versus Fähigkeit, rekursive Sachverhalte zu *verstehen*
- Gedächtniskapazität (auch von Experten)
- vertikale Décalage (vertikale Verzögerung)

=> gemessene Fähigkeiten sind eher untere Schranken

Greedy-Methode

- Menschen aller Altersgruppen entwickeln Lösungen für Entwurfsprobleme fast immer inkrementell. [Goel/Pirolli92]
- Übertragung auf Entwurfsprobleme von Kleinkindern
- Strategien beim Fortsetzen von Folgen (Alter 5-7) [Klahr/Wallace70]



Strukturierte Zerlegung

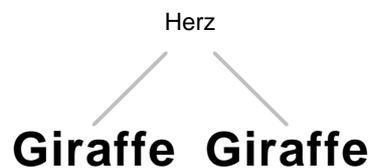
Grundvoraussetzung: Reduktionismus <-> Holismus

(ab konkret-operationales Stadium [Piaget/Inhelder56])

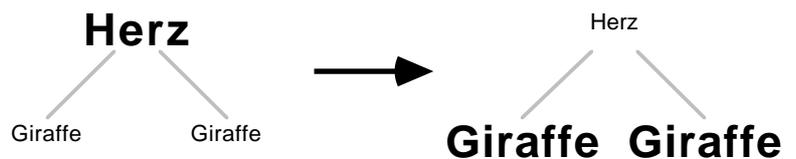
[Elkind/Koegler/Go64]: strukturierte Bilder



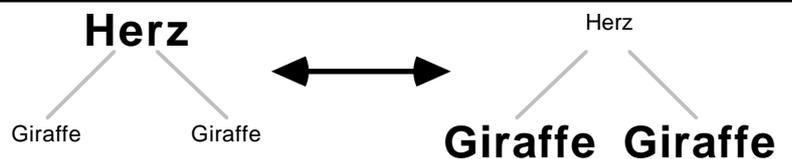
Altersgruppe: 5-6



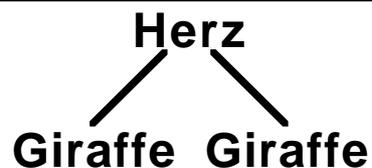
Altersgruppe: 6
 ("Ein Herz. Nein.
 Zwei Giraffen.",
 "Kannst Du mir das
 Herz zeigen?",
 "Nein")



Altersgruppe: 7-8
 ("Zwei Giraffen. Oh!
 Ein Herz")

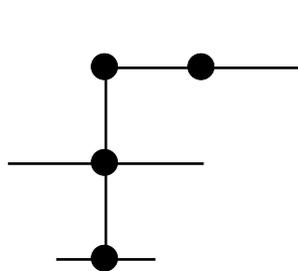
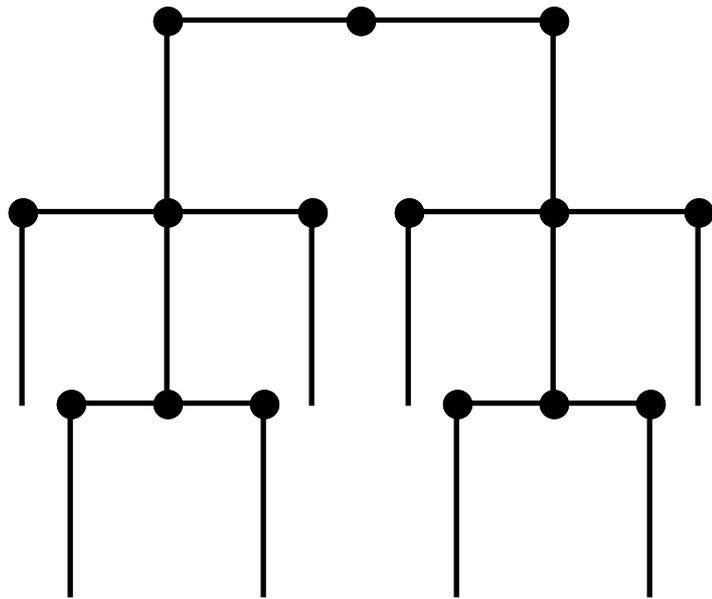


Altersgruppe: 8
 ("Ein Herz aus zwei
 Giraffen")

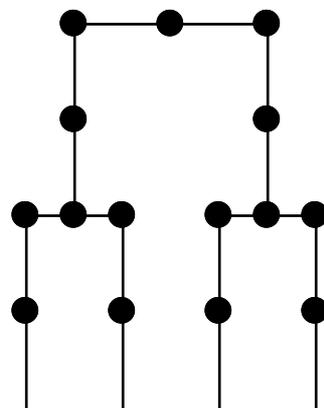
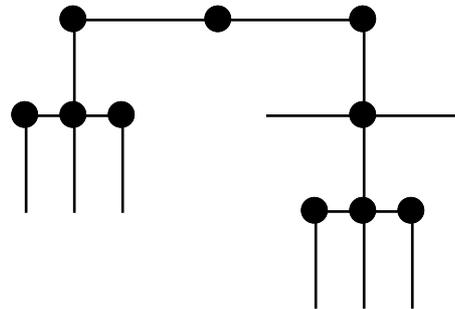


Hierarchisierung - Basteln von Mobiles

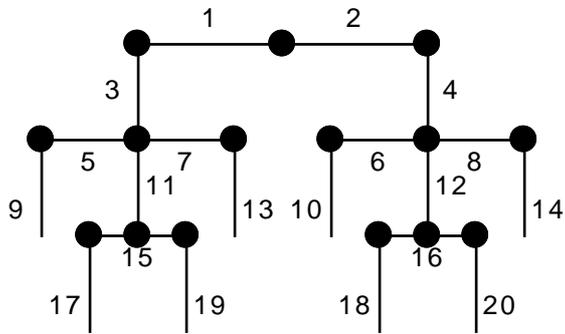
[Goodson/Greenfield75, Greenfield/Schneider77]:



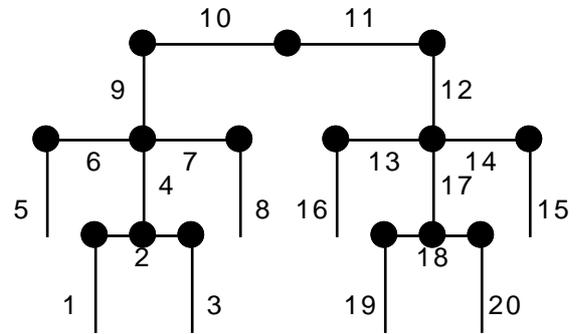
4 Jahre



5 Jahre



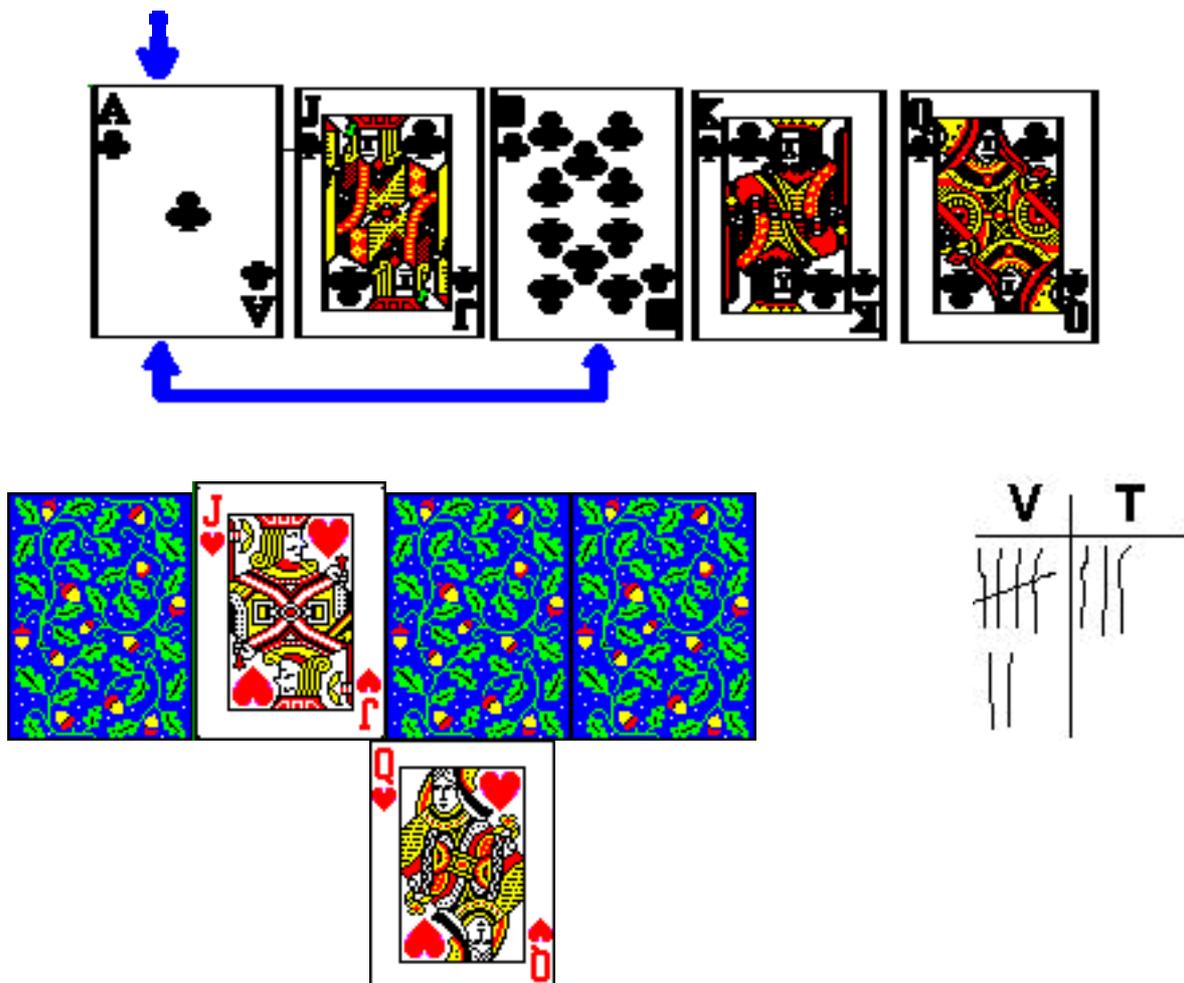
**Top-down
(ab 7 Jahre)**



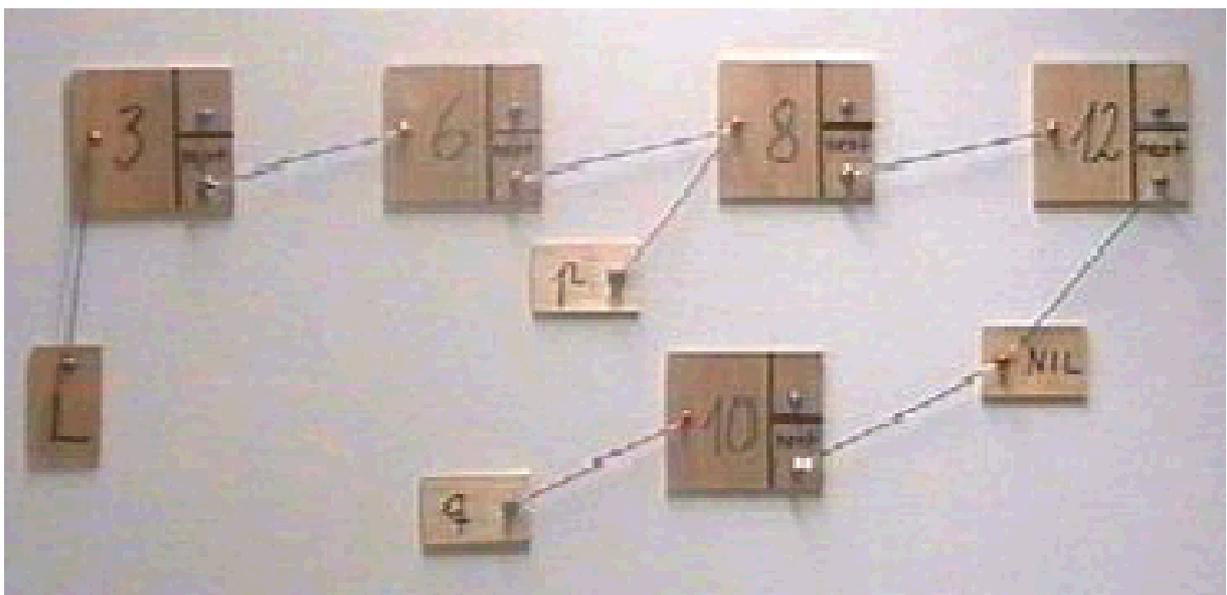
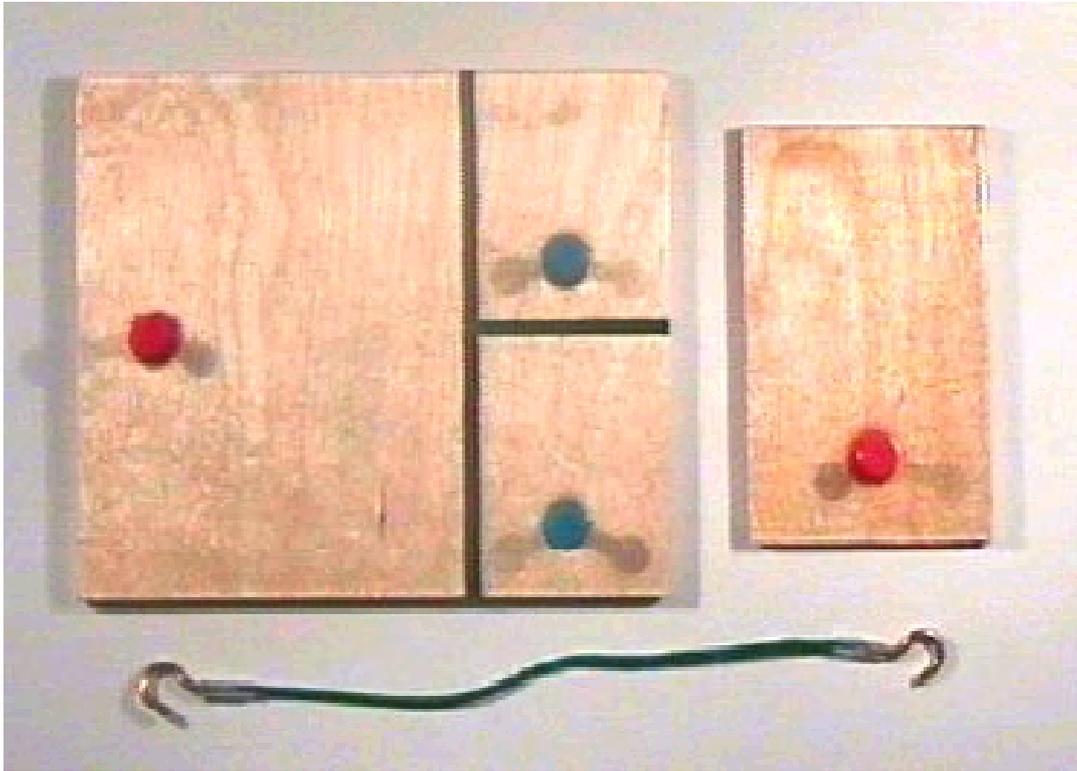
**Kettenstrategie
(bis 6 Jahre)**

Kartenspiel

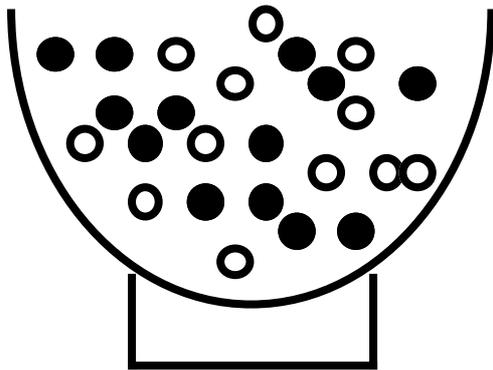
- Demonstration von Verfahren
- mündliche Übungen oder Prüfungen
- Schülervorträge
- ausgezeichnete technische Ausführung



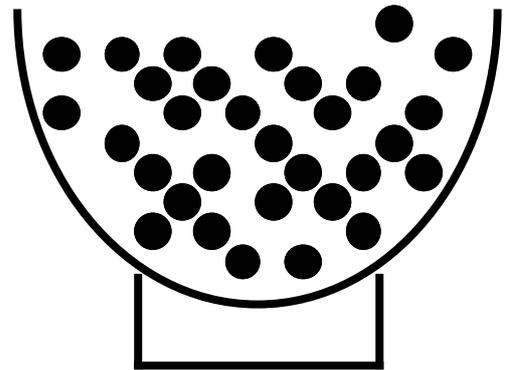
Pointermodell



Terminierung/Verifikation



Spielurne



Vorratsurne

Spielregel

Ziehe blind zwei Bohnen aus der Spielurne.

Falls sie die gleiche Farbe besitzen, wirf beide weg und lege eine Bohne aus der Vorratsurne in die Spielurne.

Anderenfalls wirf die schwarze Bohne weg und gib die weiße zurück in die Spielurne.

Terminierung ???

Farbe der letzten Bohne ??? -> Verifikation

"ziehe blind ..." -> Nichtdeterminismus, aber Determiniertheit