

**FAZ 9.7.2001, S. 11**

**Reportage aus einer Kindertagesstätte:**

**11.29 Uhr.**

**Noah löst Alarm bei einem Feuerwehrauto aus. Nichts rührt sich.**

**"Die trinken alle Cola, wenn Alarm ist. Haben keine Zeit" sagt er vor sich hin. Dann schiebt er das Auto durch die Gegend.**

**"Die Feuerwehr fährt bei Rot über die Ampel, die hat's eilig."**

**Manuel: "Das dürfen die nicht."**

**Noah: "Doch, hab' ich schon mal gesehen."**

**Darian: "Und von deiner Mama gehört, ne?"**

**Noah nickt.**

**Manuel: "Ach ja. Ich weiß, warum die Feuerwehr bei Rot fährt. Die ist ja auch rot."**

**Kann man mit diesen Kindern Informatik machen?**

**Vermutlich nicht.**

**Ich weiß, warum die Feuerwehr bei Rot fährt.  
Die ist ja auch rot.**

**Paradebeispiel für transduktives Denken:**

- **Schluß vom Einzelfall auf den Einzelfall**
- **Verknüpfung beliebiger Ereignisse über ein gemeinsames Merkmal**
- **keine Fähigkeit zu induktiven/deduktiven Schlüssen**
- **keine Systematisierung**

# Ab wann kann man mit Kindern Informatik machen?

Studie über informatische Fähigkeiten von Kindern

**Andreas Schwill**  
Institut für Informatik  
Universität Potsdam

## Überblick

- Beispiel für transduktives Denken
- Motivation - Informatik für Kinder?
- Was heißt "Informatik machen"? Was heißt "ab wann"?
- Methodik - empirisch oder deduktiv?
- Kognitive Grundvoraussetzungen
- Einzelergebnisse
  - Rekursion
  - Greedy-Verfahren
  - strukturierte Zerlegung
  - Hierarchisierung
  - Planen
- Unterrichtshilfen
- Zusammenfassung – Ausblick

## **1 Motivation – Informatik für Kinder?**

**Will der Schwill jetzt die Informatik in die Grundschule oder gar in den Kindergarten einführen?**

**NEIN, dies ist**

- kein Plädoyer für
- kein Plädoyer gegen

**die Einführung der Informatik in die Grundschule.**

**Soll man mit Kindern Informatik machen?**

**Ja, wenn man der Ansicht ist, man müsse Kinder auf ein Leben in der Informations-/Wissensgesellschaft vorbereiten.**

**Ab wann soll man mit Kindern Informatik machen?**

**... dann natürlich so früh wie möglich.**

## **Die Realität in der Grundschule:**

- **Medienoffensive einzelner Länder**
- **Medieninseln im Klassenraum und außerhalb**
- **Nutzung von Computern im Fachunterricht**
- **Profilbildung von Schulen – Wettbewerb um Schüler**
- **Greencard-Diskussion – Auswirkungen auf die Schule**

## **Implizite Vermittlung von Informatikprinzipien:**

- **Hierarchien**
- **Informationsstrukturierung**
- **Menü**
- **Suchstrategien**
- **Sortieren**
- **Parametrisierung**
- **Funktionalität**
- **Postfix-Operationen**
- **Makros, einfache Programme**

...

**Möglicherweise wurde die Didaktik durch die aktuellen Entwicklungen schon überholt.**

## **2 Was heißt "Informatik machen"? Was heißt "ab wann"?**

**"Informatik machen" ->**

**fundamentale Ideen der Informatik behandeln,  
vermitteln und ausbilden**

**Eine fundamentale Idee der Informatik ist ein Denk-, Handlungs-,  
Beschreibungs- oder Erklärungsschema, das**

**1) in verschiedenen Gebieten des Bereichs vielfältig anwendbar  
oder erkennbar ist (Horizontalkriterium),**

**2) auf jedem intellektuellen Niveau aufgezeigt und vermittelt  
werden kann (Vertikalkriterium),**

**3) in der historischen Entwicklung des Bereichs deutlich  
wahrnehmbar ist und längerfristig relevant bleibt  
(Zeitkriterium),**

**4) einen Bezug zu Sprache und Denken des Alltags und der  
Lebenswelt besitzt (Sinnkriterium).**

**Vom Vertikalkriterium hängt es entscheidend ab, ob ein  
ideenorientierter Unterricht überhaupt durchführbar ist und ob  
Ideen tatsächlich auf den unterschiedlichen Niveaus vermittelt  
werden können.**

# Algorithmisierung

## Entwurfparadigmen

Greedy-Methode

...

## Programmierkonzepte

Konkatenation (Sequenz, Feld, Verbund) ...

Rekursion (rek. Prozedur, Baum, Suchbaum)

...

## Ablauf

## Evaluation

Korrektheit

...

Komplexität

...

# strukturierte Zerlegung

Modularisierung

Methoden

Hilfsmittel

...

...

Hierarchisierung

Darstellung

Realisierung

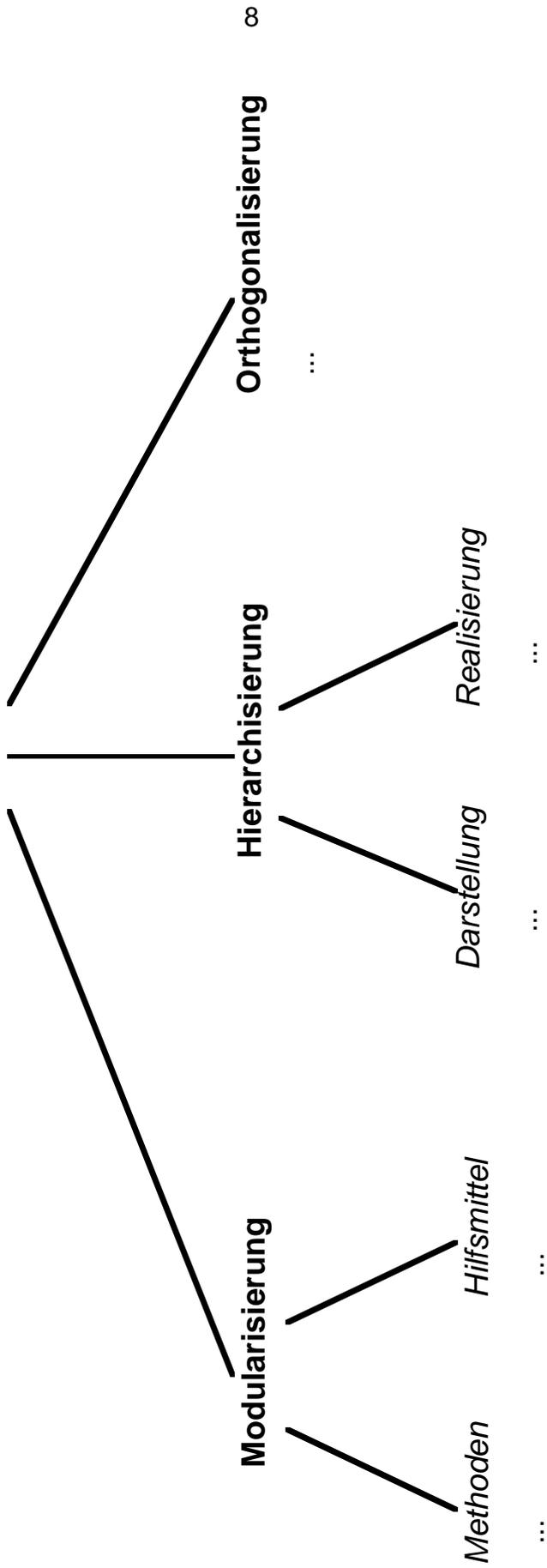
...

...

Orthogonalisierung

...

∞



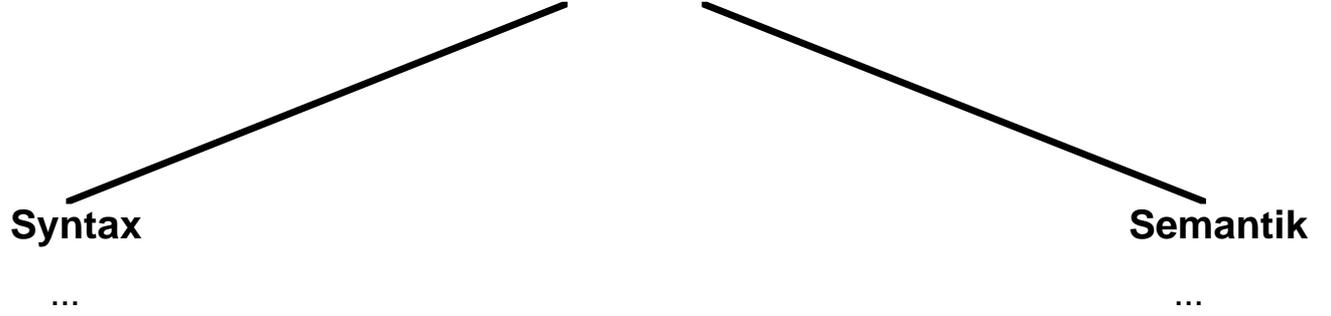
# Sprache

Syntax

...

Semantik

...



**"Informatik ab wann" ->**

**Informatik ist schwierig:**

- **arbeitet mit künstlichen Objekten**
- **immateriellen Gegenständen**
- **ist hochgradig abstrakt**
- **ist systematisch**

**... und einfach:**

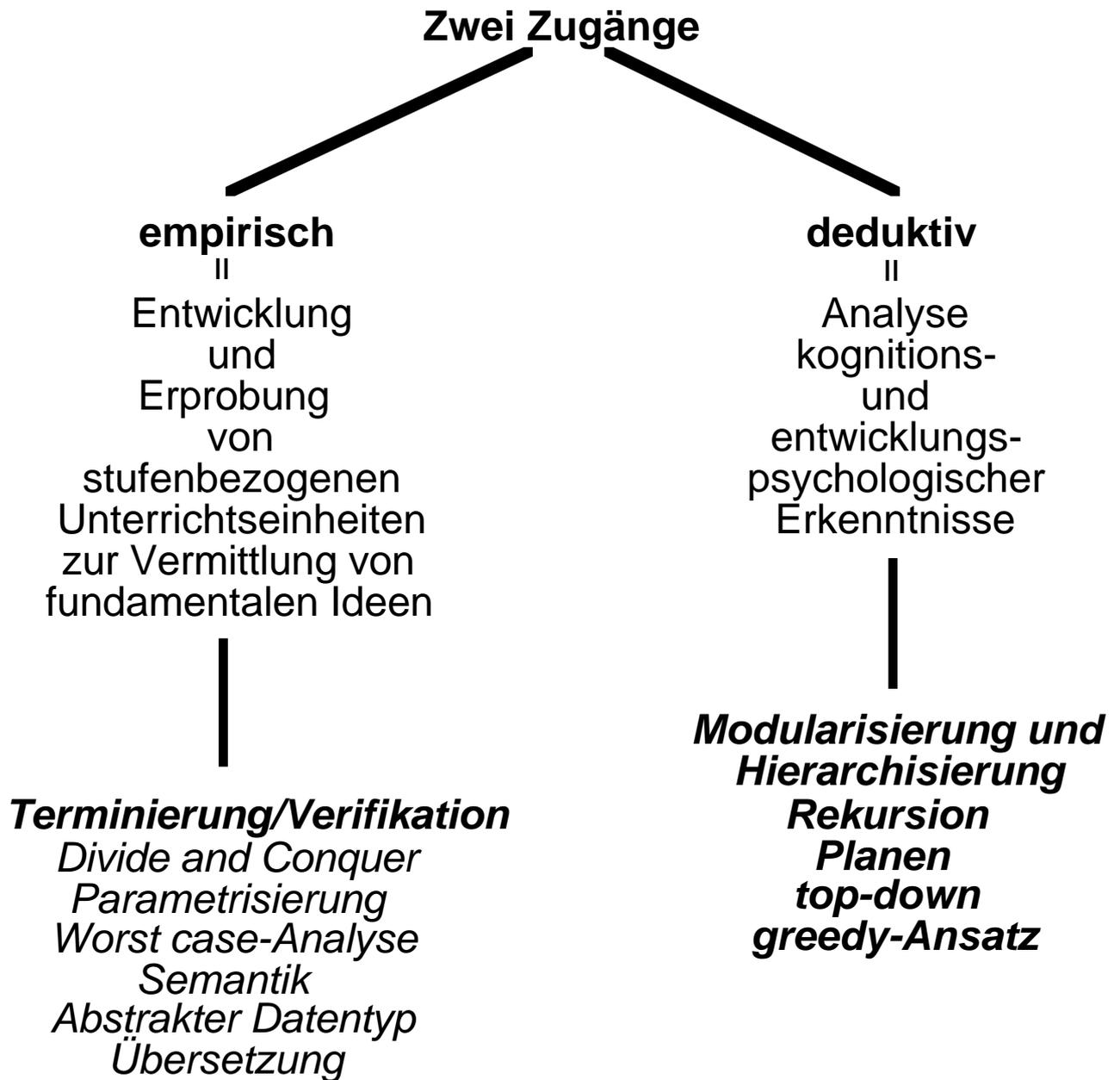
- **ist handlungsorientiert**
- **findet sich in der Realität**
- **konkretisiert sich an einfachen Zusammenhängen**

**Fragestellungen:**

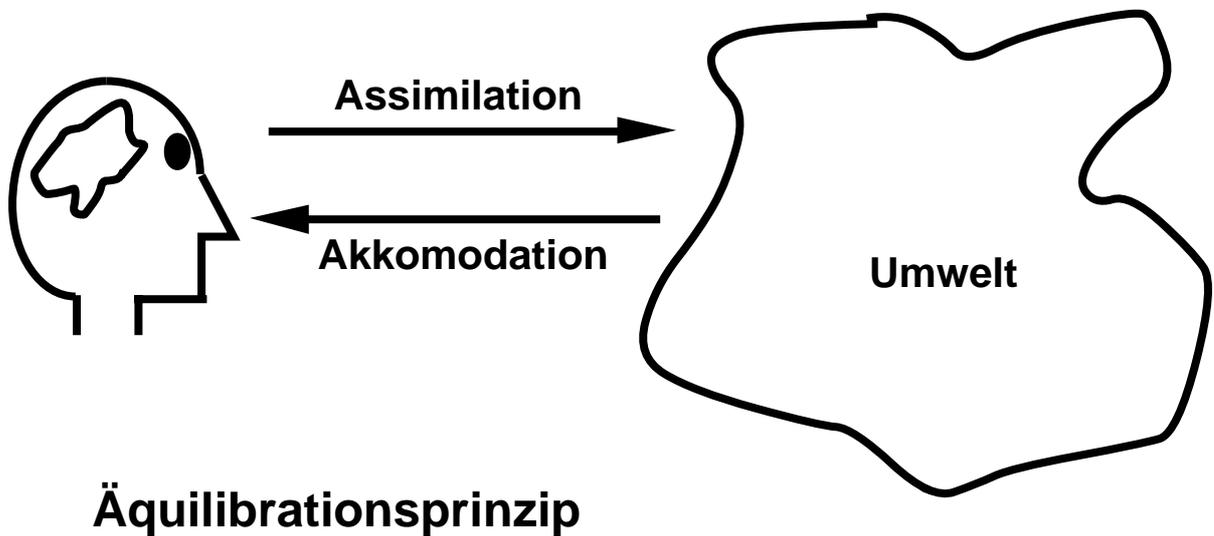
**Welche kognitiven Voraussetzungen benötigen Kinder, um fundamentale Ideen der Informatik zu verstehen?**

**Welche kognitiven Voraussetzungen bestehen bei Kindern und wie lassen sie sich für einen altersbezogenen Informatikunterricht verwenden?**

### 3 Methodik - empirisch oder deduktiv?



## 4 Kognitive Grundvoraussetzungen



**Akkomodation: Anpassung der bestehenden kognitiven Strukturen an die Wahrnehmung/Umwelt**

**Assimilation: Anpassung der Wahrnehmung/Umwelt an die bestehenden kognitiven Strukturen**

**Äquilibration: Herstellung und Aufrechterhaltung eines dynamischen Gleichgewichts zwischen Assimilation und Akkomodation**

## **Piaget'sches Stufenmodell**

**0-2 Jahre            sensomotorische Phase**

**3-7 Jahre            präoperationale Phase**

**Erwerb von Sprache, Symbolik, Kausalität,  
Funktionalität**

-----  
**7-11 Jahre        konkret-operationale Phase**

**planerische Fähigkeiten, gedankliche  
Operationen, Standpunktverlagerung,  
Reversibilität, Konsistenz in der Anschauung**

**ab 11 Jahre        formal-operationale Phase**

**Hypothesenbildung, Systematik, Logik,  
Abstraktion**

## **Kognitive Voraussetzungen aus Informatiksicht:**

- **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**

## 5 Einzelergebnisse

### Rekursion

- rekursives Zählen bei Kleinkindern [Gelman/Gallistel78]

iterative Version:  $n+m$

Zähle eine Menge  $S$  mit  $n$  Elementen aus;  
Zähle eine Menge  $T$  mit  $m$  Elementen aus;  
Zähle die Vereinigungsmenge ab

Formal:

```
(S,n):=zähle_aus(n);  
(T,m):=zähle_aus(m);  
return(zähle( $S \cup T$ )).
```

Effizienz:  $2(n+m)$  elementare Zähloperationen

**rekursive Version:  $n+m$**

**Zähle eine Menge S mit n Elementen zuzüglich so vielen aus, wie durch Abzählen einer Menge T mit m Elementen hinzukommen**

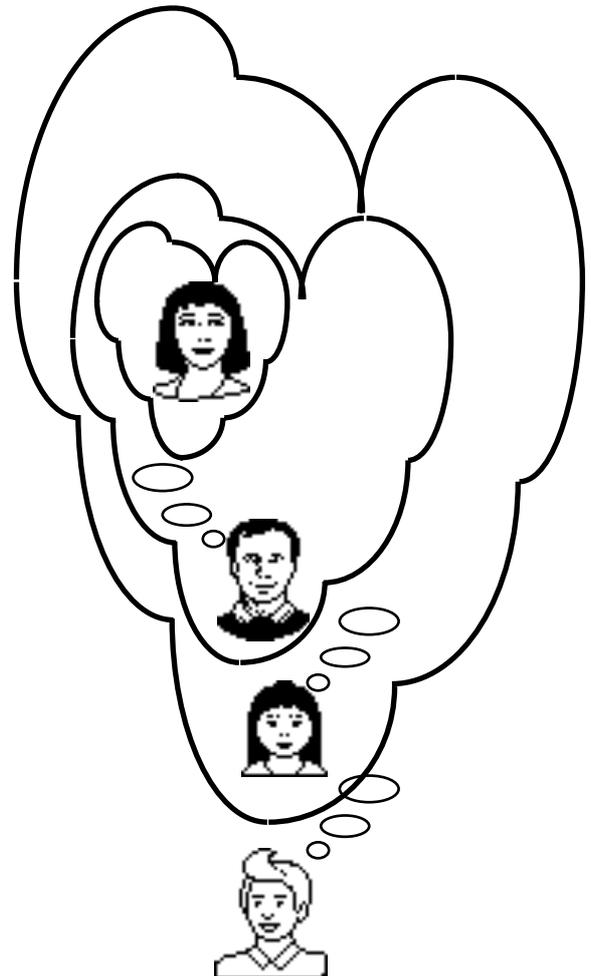
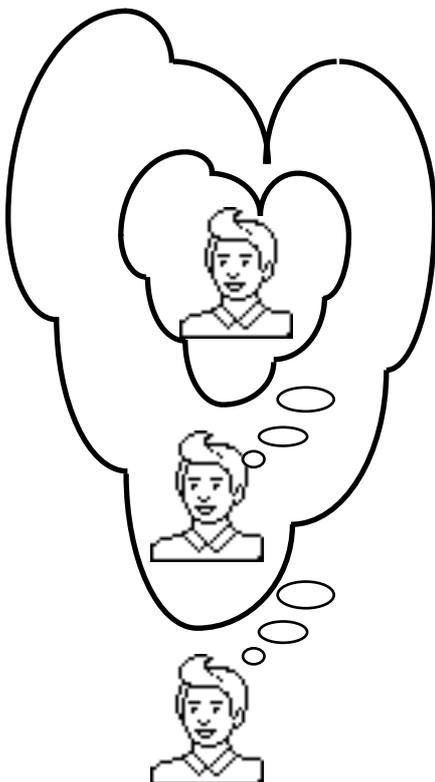
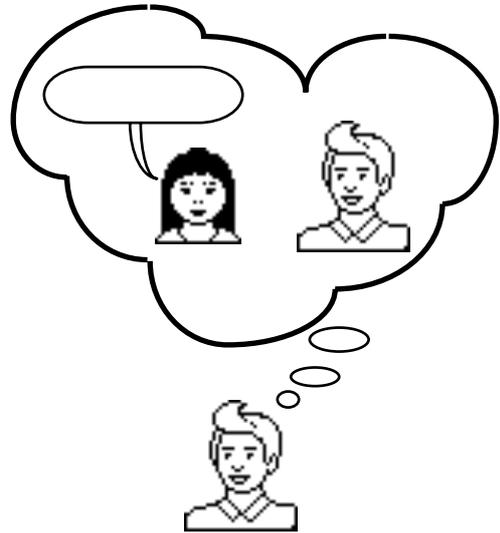
**Formal:**

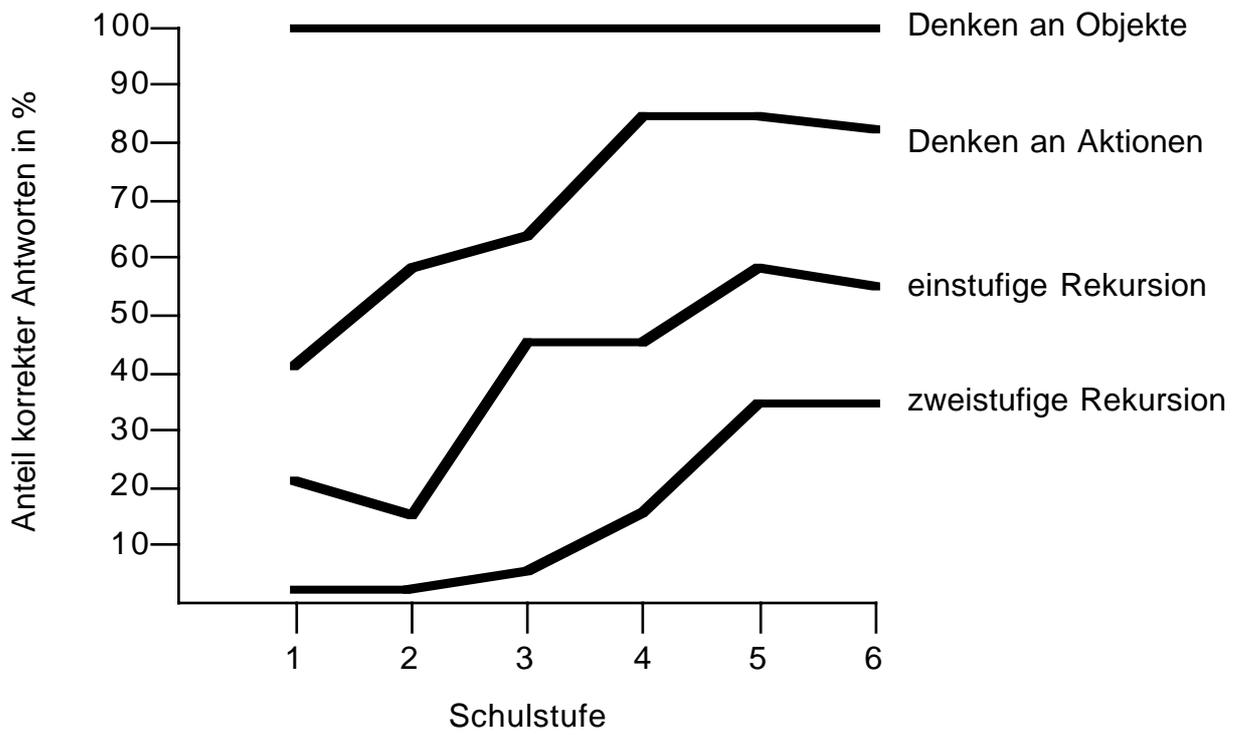
**`return(zähle_aus( $n+\pi_2$ (zähle_aus(m))))`**

**"einstufige Rekursion"**

**Effizienz:  $n+m$  elementare Zähloperationen**

- **Beschreibung rekursiver Comics [Miller et al. 70]**





- **Türme von Hanoi [Piaget76, Klahr81, Kotovsky90,...]**

#### **Versuchsordnung:**

- **Präsentation des 2-, 3-, Mehrscheibenproblems, z.T. eingebettet in eine Geschichte**
- **Aufforderung, den Endzustand herzustellen**

#### **Allgemeines Hanoi-Problem**

<b>Problem</b>	<b>Piaget76</b>	<b>Byrnes/Spitz77: 2 aufeinanderfolgende korrekte Lösungen</b>
<b><i>5-6-jährige Kinder</i></b>		
<b>2 Scheiben</b>	<b>Probierlösungen</b>	<b>4 Versuche</b>
<b>3 Scheiben</b>	<b>keine Lösung</b>	<b>6-7 Versuche</b>
<b><i>8-jährige Kinder</i></b>		
<b>2 Scheiben</b>		<b>2 Versuche</b>
<b>3 Scheiben</b>		<b>5-6 Versuche</b>
<b><i>11-jährige Kinder</i></b>		
<b>2 Scheiben</b>		<b>sofort</b>
<b>3 Scheiben</b>		<b>3-4 Versuche</b>

**Feinere Abstufung durch Variation der Ausgangsstellung beim  
3-Scheiben-Problem [Klahr78ff.]:**

**Mindestzahl der Züge bis zur Endstellung.**

<b>Züge</b>	<b>3-jährige</b>	<b>4-jährige</b>	<b>5-jährige</b>
<b>2 Züge</b>	<b>50%</b>		
<b>3 Züge</b>		<b>20%</b>	
<b>4 Züge</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	
<b>5 Züge</b>		<b>10%</b>	<b>50%</b>
<b>6 Züge</b>		<b>20%</b>	<b>40%</b>
<b>7 Züge</b>			<b>10%</b>

## Fazit und Kritik

Rekursive Expertise bedeutet:

- einfachste Instanz definieren
- Beziehungen zwischen Instanz und nächst einfacherer Instanz herstellen
- Aufstellen einer Rekursionsgleichung

Rekursive Expertise bedeutet nicht:

- rekursive Darstellungen ausführen zu können
- rekursive Abläufe beschreiben zu können

Probleme

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

=> gemessene Fähigkeiten sind eher untere Schranken für die Expertise von Kindern bei Rekursion

## **Greedy-Verfahren**

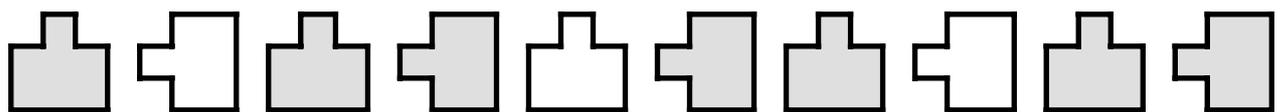
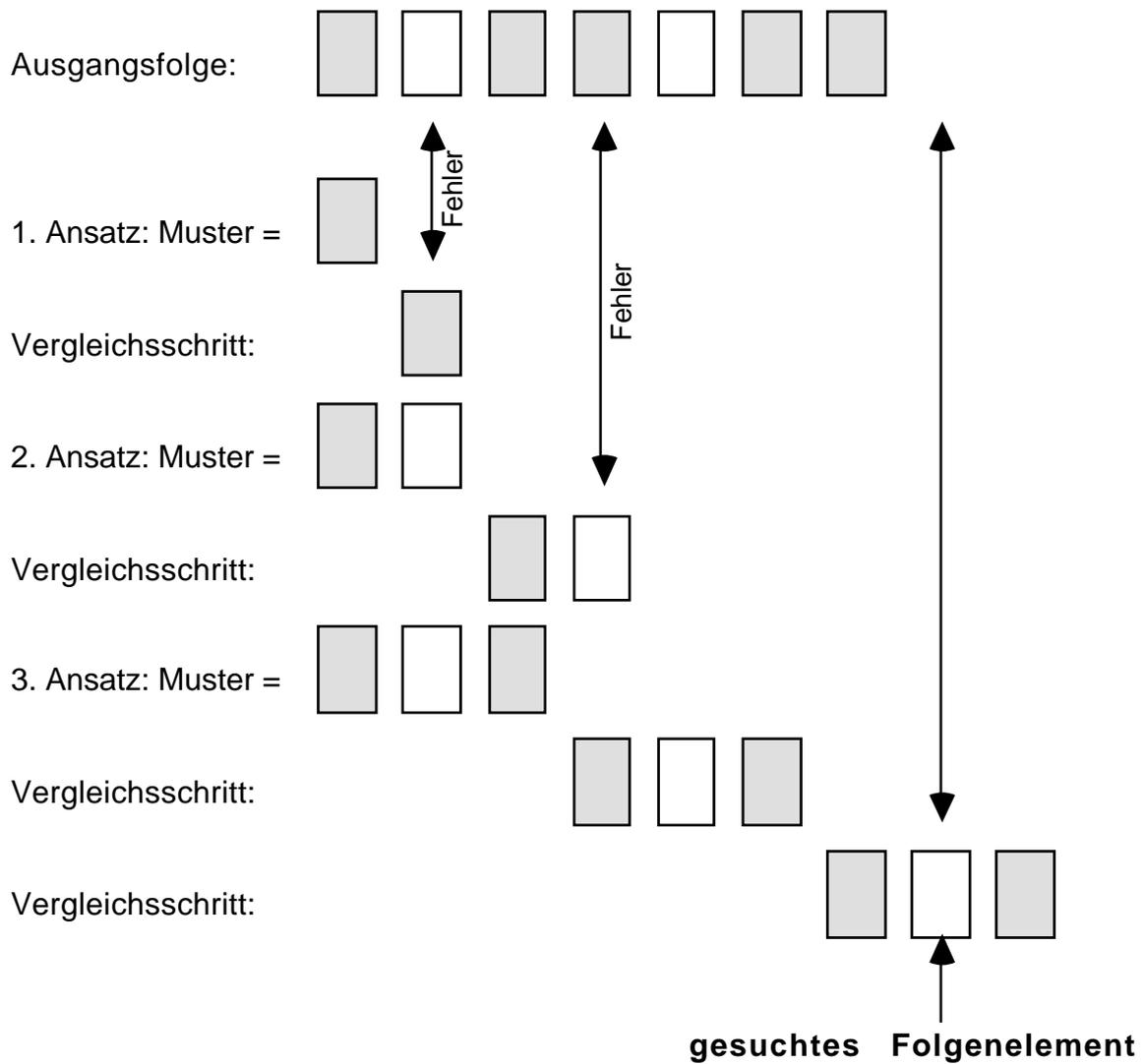
**In der Informatik:**

**Algorithmisches Paradigma, Teillösungen eines Problems monoton zu Gesamtlösungen auszubauen (Bsp.: Problem des minimalen Spannbaums).**

**In der Psychologie: forward-chaining oder hill-climbing**

- **Menschen aller Altersgruppen entwickeln Lösungen für Entwurfsprobleme fast immer inkrementell [Goel/Pirolli92]**
- **Auch Kleinkinder sind mit Entwurfsproblemen befaßt, z.B. Bauen von Sandburgen, Baumhütten, Baukastenmodellen**

## Strategien beim Fortsetzen von Folgen (Alter 5-7) [Klahr/Wallace70]



## Strukturierte Zerlegung

Grundvoraussetzung:

Reduktionismus <-> Holismus

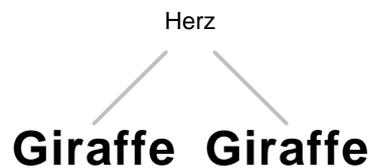
[Piaget/Inhelder56]: ab konkret-operationales Stadium

[Elkind/Koegler/  
Go64]:

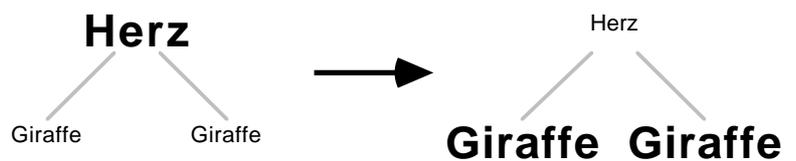
strukturierte Bilder



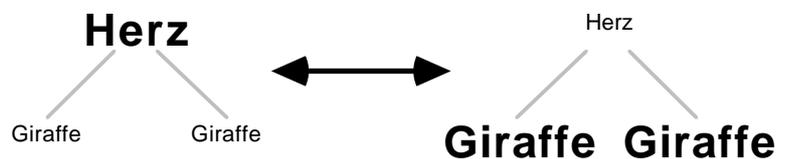
Altersgruppe: 5-6



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



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

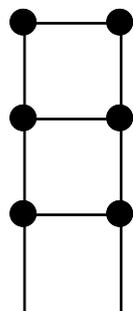
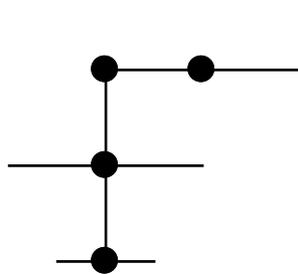
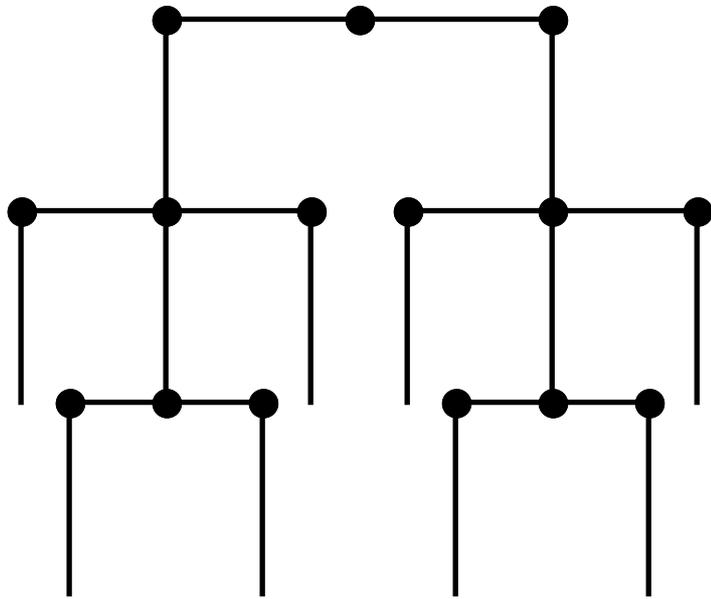


Altersgruppe: 8  
("Ein Herz aus zwei  
Giraffen")

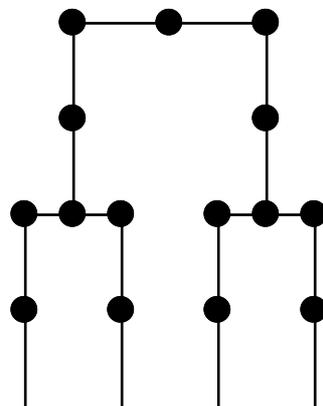
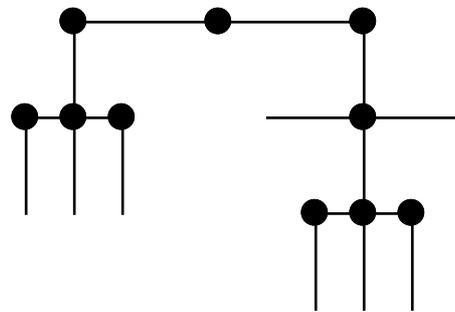


# Hierarchisierung - Basteln von Mobiles

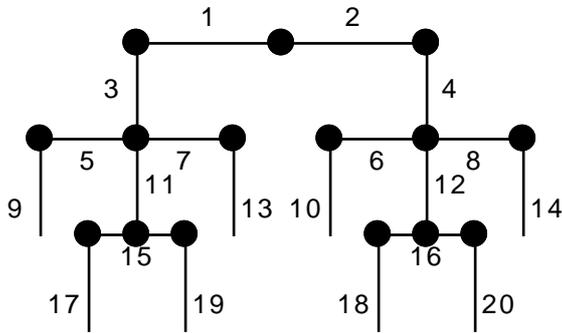
[Goodson/Greenfield75,Greenfield/Schneider77]:



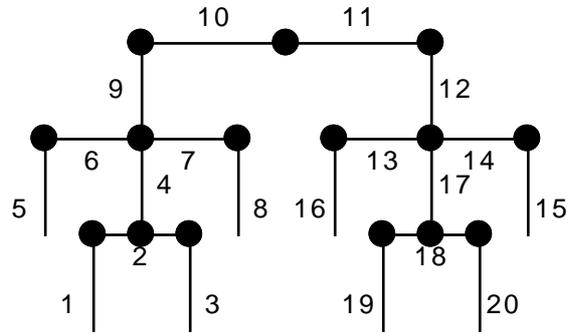
4 Jahre



5 Jahre



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



**Kettenstrategie  
(bis 6 Jahre)**

## **Planen**

### **Kognitive Voraussetzungen**

- **Bildung von Teilzielen**
- **Beurteilung von Konsequenzen von Teilschritten**
- **Gedächtniskapazität**

### **Ergebnisse:**

**[Piaget53]: Zerlegung in zwei Teilschritte bei Kindern unter 6 Jahren**

**[Wellman85]: planvolles Vorgehen beim effizienten Suchen von verlorenen/versteckten Gegenständen**

**[Brown87]: planvolles Handeln bereits in frühester Kindheit**

## Detaillierte Analyse anhand der Ergebnisse beim Hanoi-Problem [Klahr et al. 78 und 81]:

### Planungsbreite:

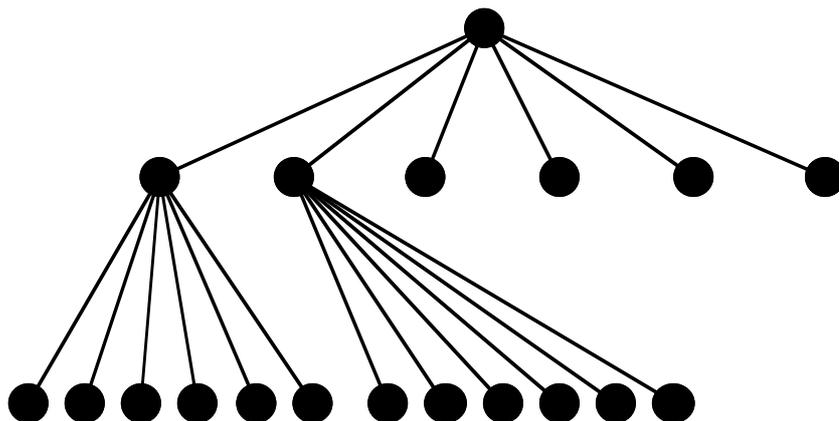
>50% der 4-, 5- und 6-jährigen können  
3-, 4- bzw. 6-Züge-Probleme vorausplanen

### Planungstiefe:

Analyse der Lösungsstrategien zeigt Fähigkeit zur  
einmaligen Zerlegung von Teilzielen in weitere Teilziele

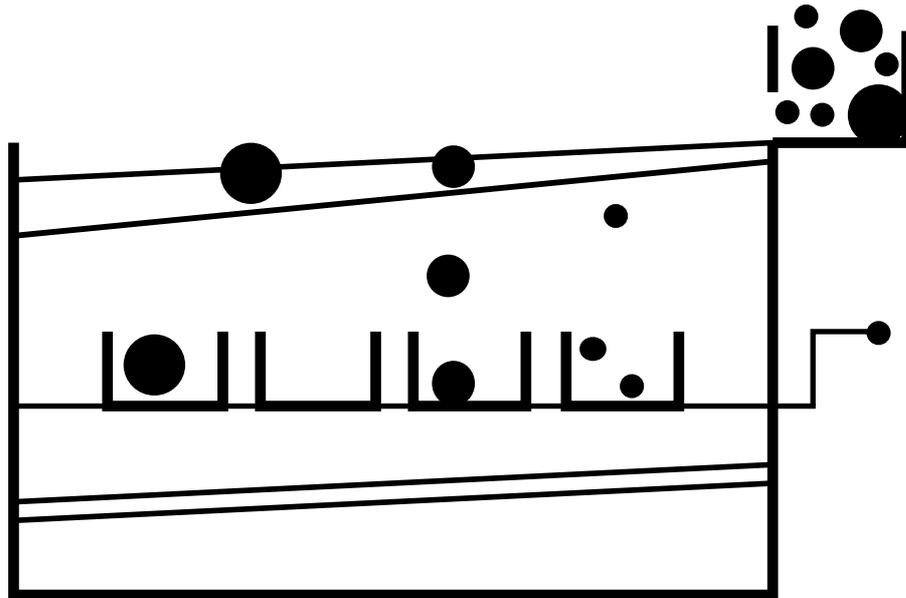
### Zusammenfassendes Ergebnis:

Planungsfähigkeit von Kindern der Altersstufe etwa 3-7 ist ein  
Teilbaum folgenden Baumes der Höhe 3 mit max.  
Verzweigungsgrad 6.



## 6 Unterrichtshilfen als Stützen

### Bucketsort

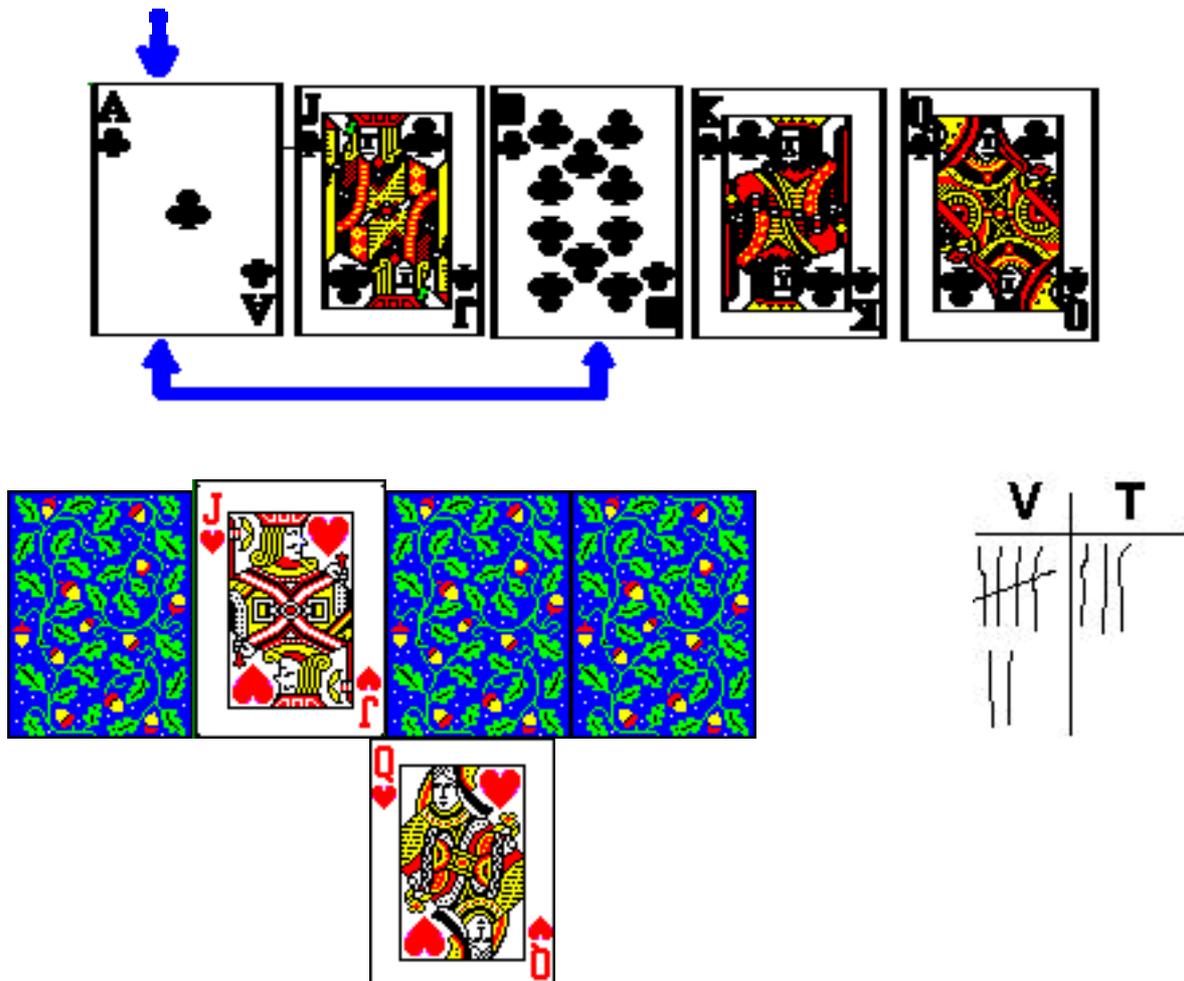


#### Merkmale:

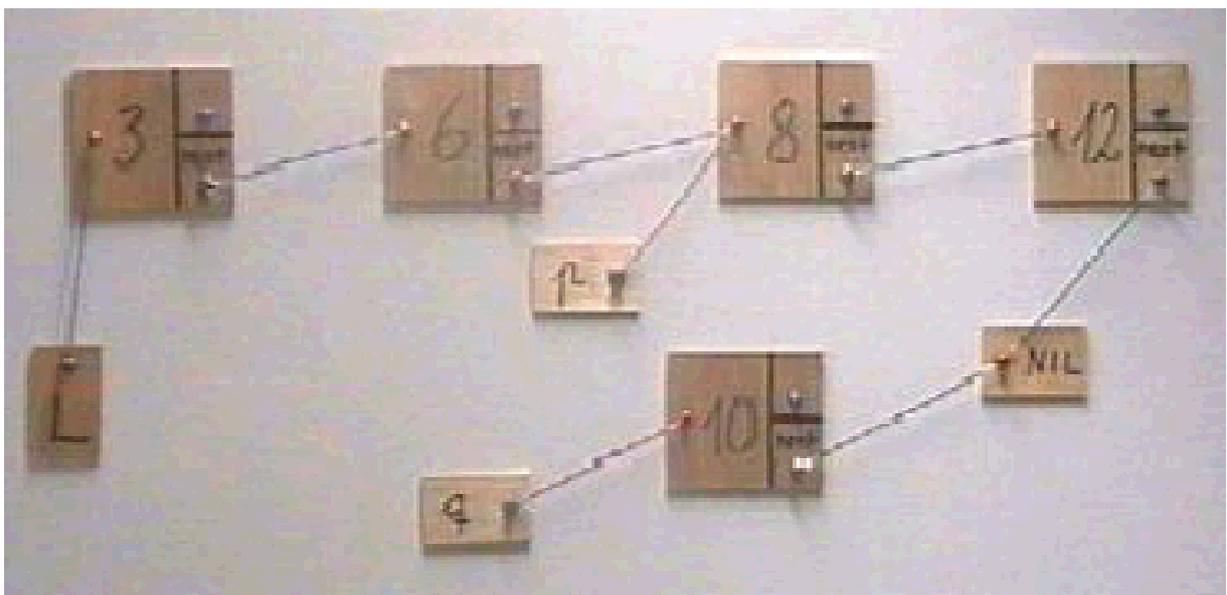
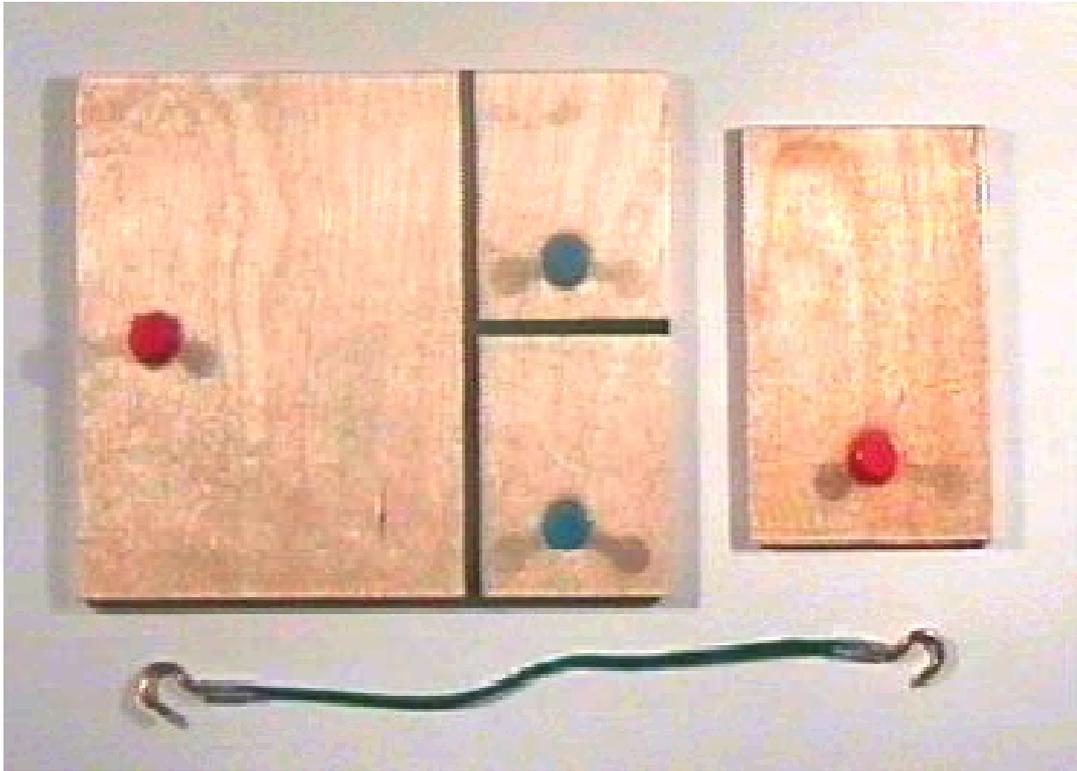
- kein paarweiser Vergleich
- nur spezifische Sortierräume
- Linearzeit
- Programmaufbau: 2 Phasen

## Kartenspiel

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



## Pointermodell



## **7 Zusammenfassung – Ausblick**

- **eine Reihe fundamentaler Ideen ist Kindern im Grundschulalter vermittelbar**
- **Aufbereitung für die kognitiven Strukturen erforderlich**
- **Unterstützung durch Handlungen, reale Gegenstände oder Unterrichtshilfen**
- **Informatikunterricht wird in fachzentrierter Weise in der Grundschule möglich, wenn auch nicht notwendig**
- **Wird der Boom der Informatikausbildung schließlich auch die Grundschule erfassen? Wir sollten vorbereitet sein.**