

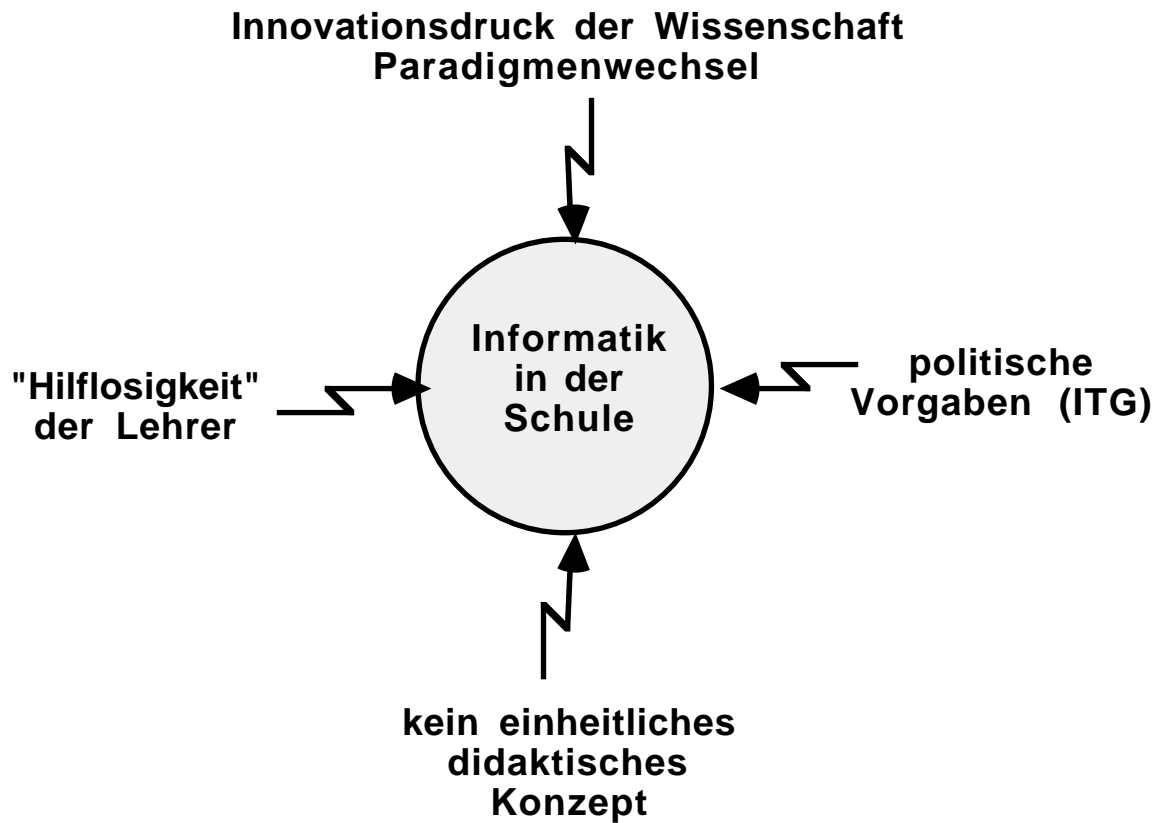
Psychologische und wissenschaftstheoretische Aspekte fundamentaler Ideen der Informatik

Andreas Schwill
Institut für Informatik
Universität Potsdam

Überblick

- **Rückblick**
- **Das Konzept der fundamentalen Ideen**
- **Definition von fundamentalen Ideen**
- **Fundamentale Ideen der Informatik**
- **Modellbildung**
- **Philosophische Aspekte fundamentaler Ideen**
- **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

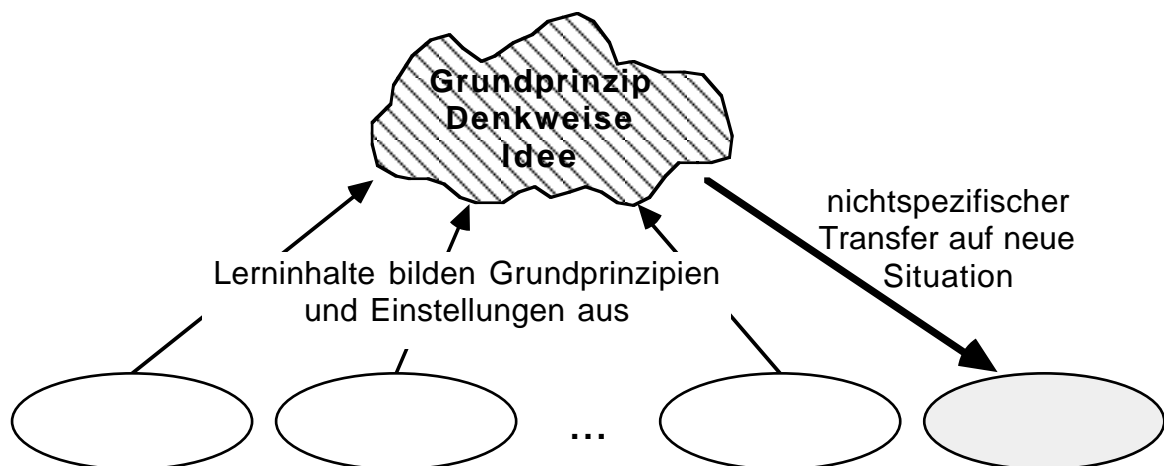
=> Betonung der fundamentalen Ideen der Informatik
im Sinne J.S. Bruners (1960)

2 Das Konzept der fundamentalen Ideen

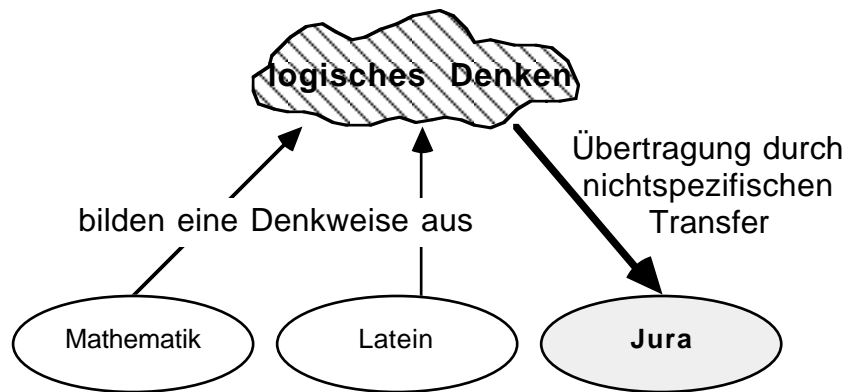
Übertragung früher erworbener Kenntnisse durch Adaption oder Erweiterung auf die neuen Situationen (Transfer).

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.



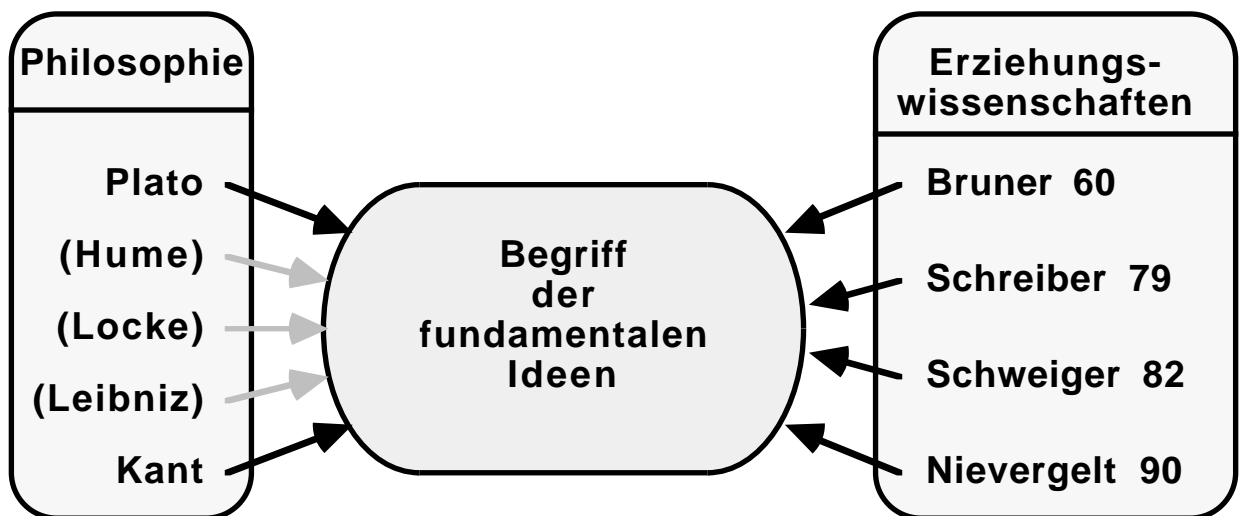
**Nichtspezifischer Transfer => Zentrum des gesamten Bildungsprozesses an allgemeinbildenden Schulen:
Fortwährendes Erzeugen, Erweitern und Vertiefen von Wissen
in Form fundamentaler Ideen.**

Beispiel:

3 Definition von fundamentalen Ideen

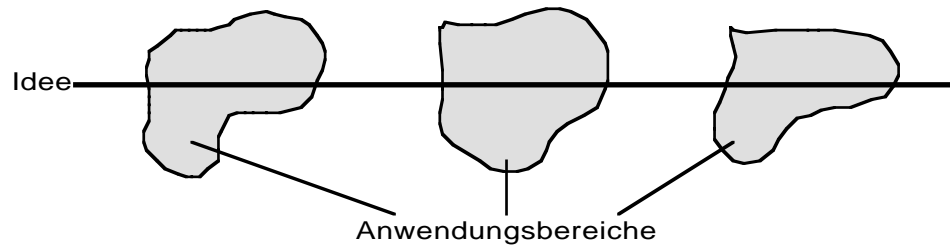
Charakterisierende Aussagen zu fundamentalen Ideen recht dürftig:

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



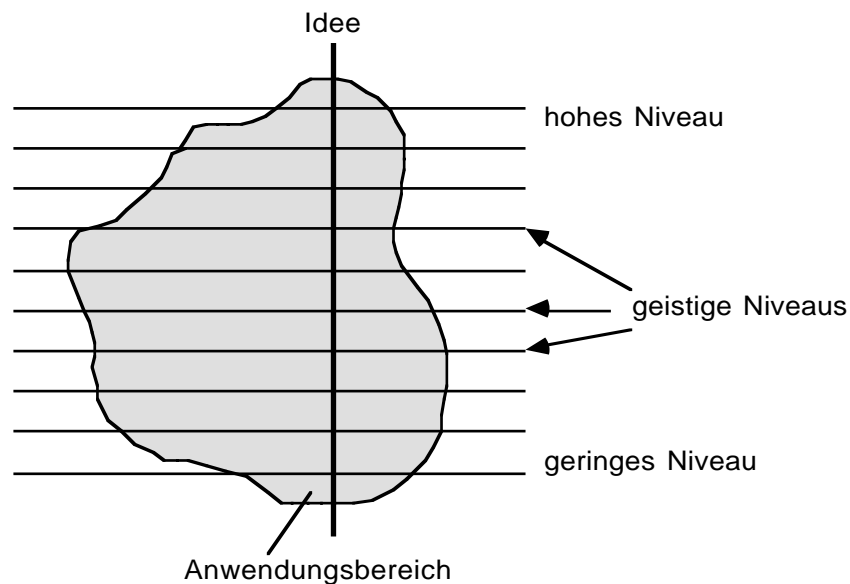
a) Horizontalkriterium:

- 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.

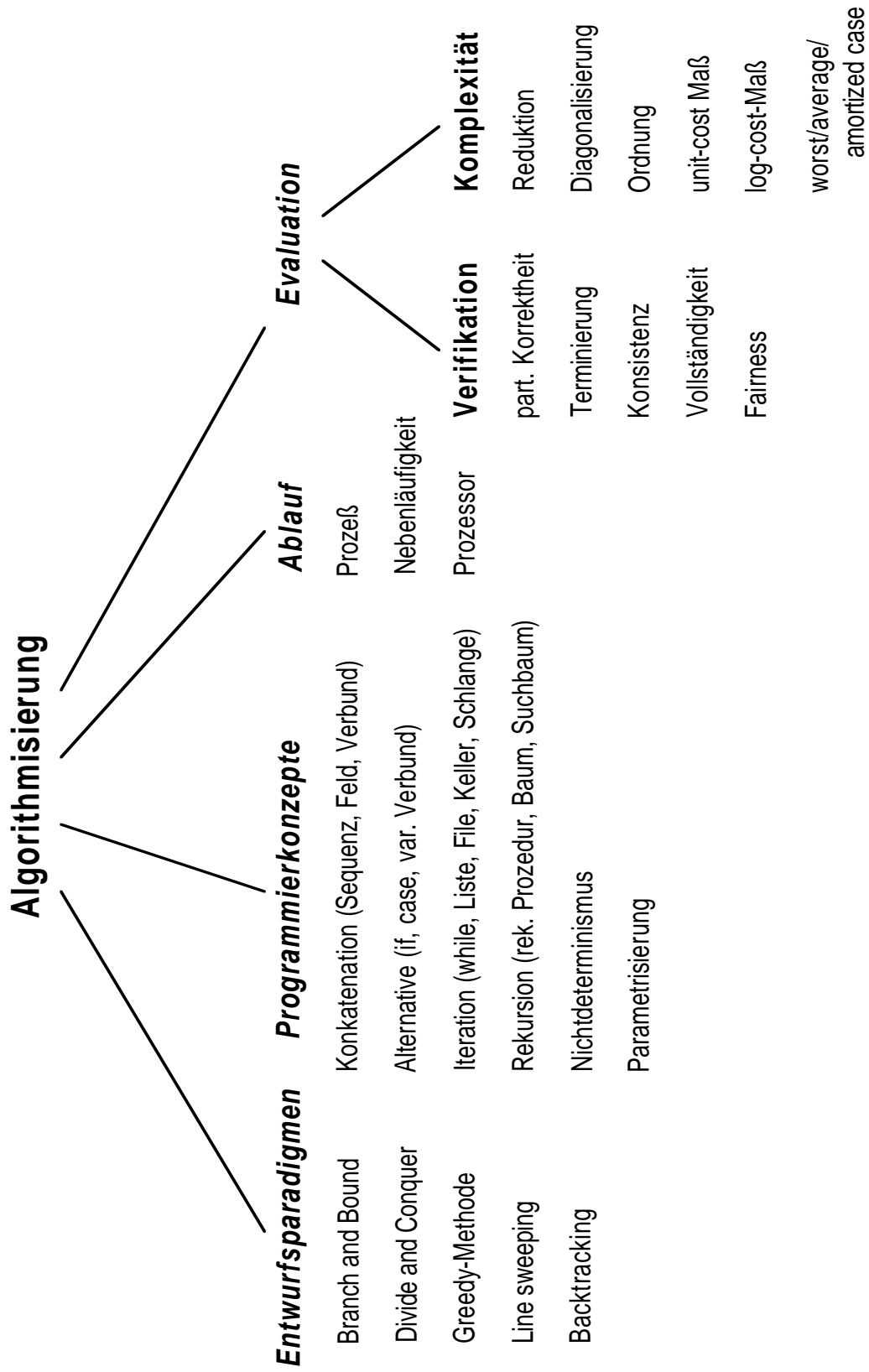
d) Zeitkriterium:

- deutliche Wahrnehmbarkeit in der historischen Entwicklung
- 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

4 Fundamentale Ideen der Informatik



strukturierte Zerlegung

Modularisierung

Methoden

Top-down-Methode

Bottom-up-Methode

Geheimnisprinzip
(black box Denken)

Hilfsmittel

Lokalität von Objekten

Spezifikation

abstrakter Datentyp

Teamarbeit

Hierarchisierung

Darstellung

Schachtelung

Baum

Klammerung

Einrückung

Realisierung

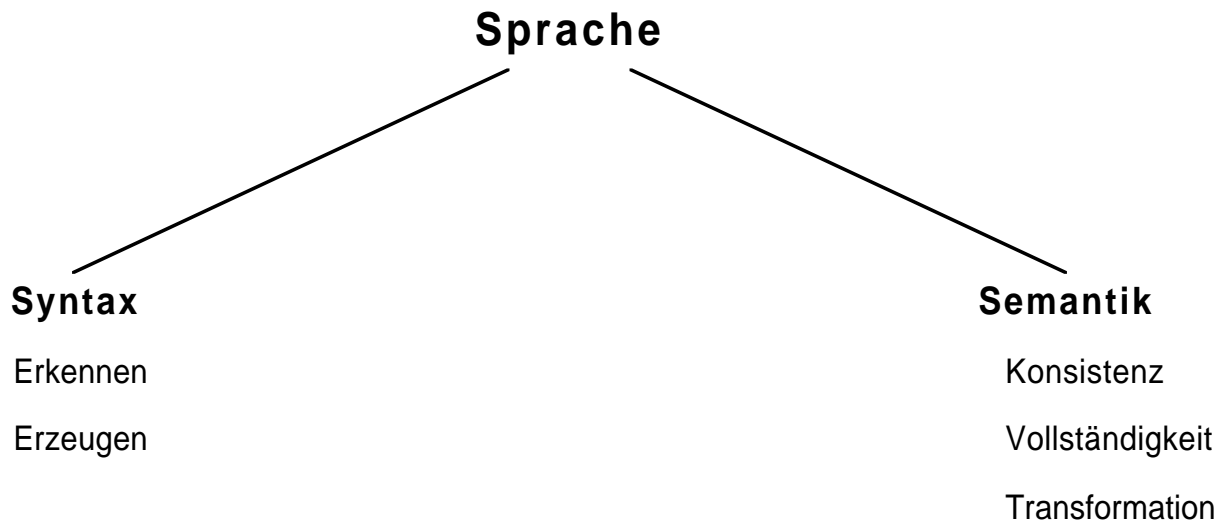
Übersetzung

Interpretation

operationale Erweiterung

Orthogonalisierung

Emulation



Exkurs

Vision eines ideenorientierten Informatikinstituts

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

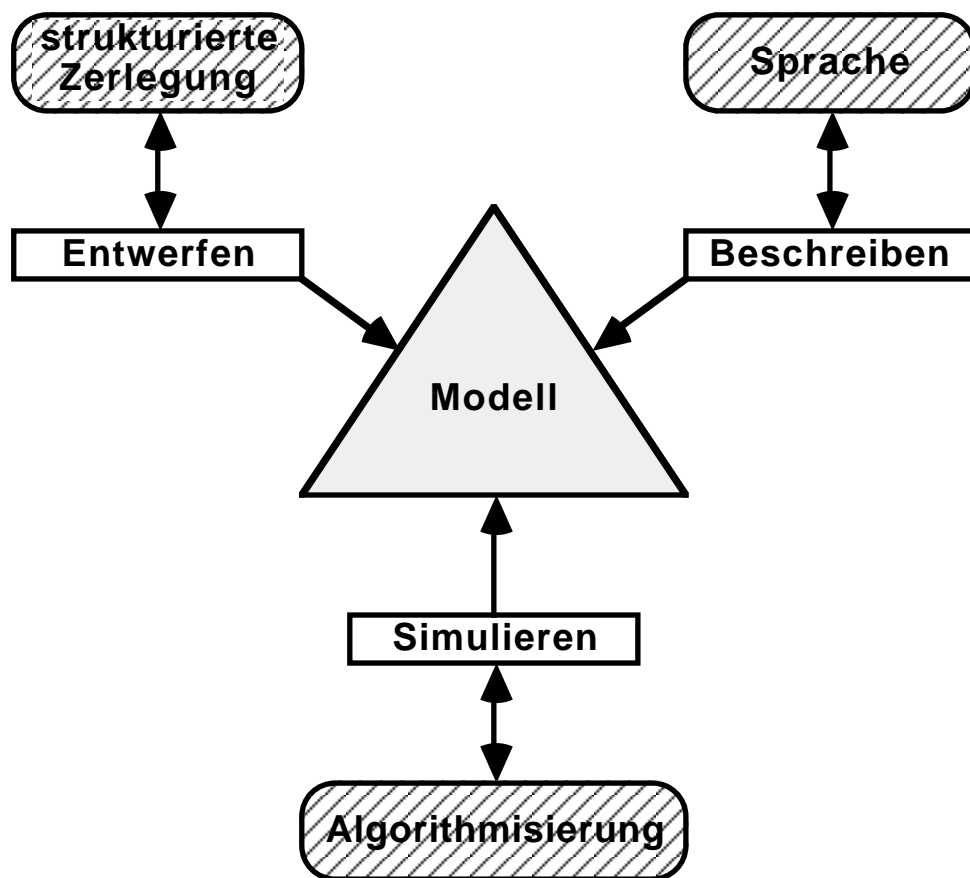
Anwendung

11

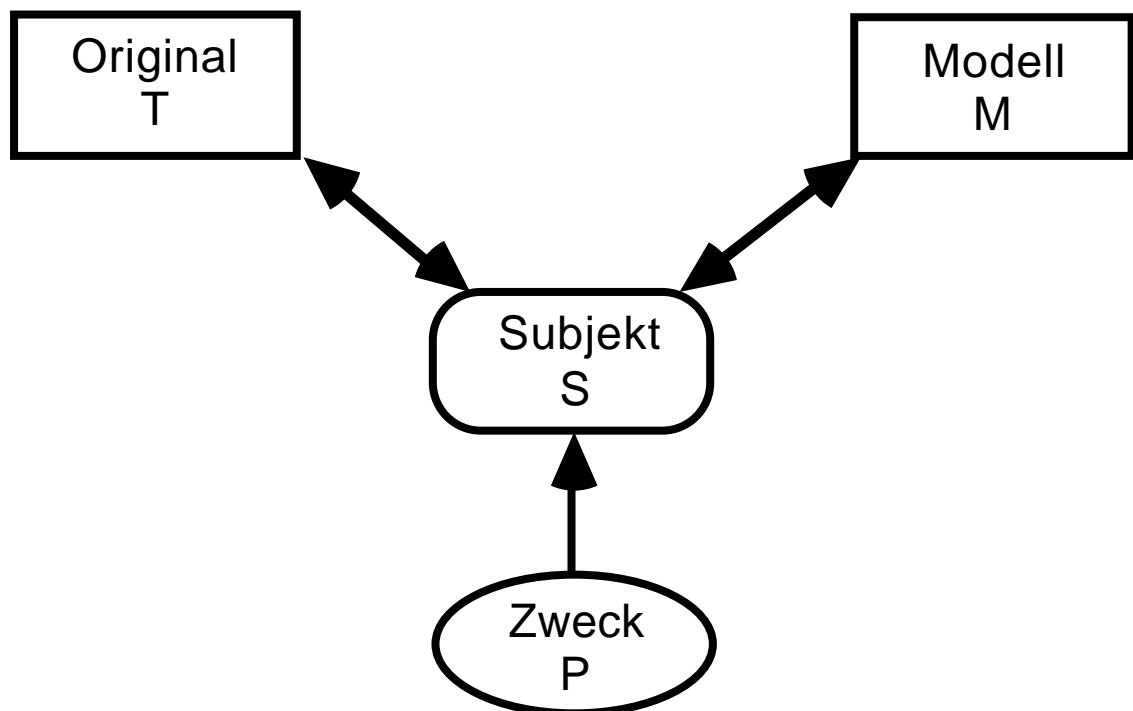
ANWENDUNG Ist Telekommunikation ein geeignetes Thema für den Informatikunterricht? (Einschränkung: elektronisches Bezahlen)		
METHODE Bestimme fundamentale Ideen		
Algorithmisierung Kodierungsalgorithmen Übertragungsprotokolle Routing-Algorithmen Nebenläufigkeit Fairneß Konsistenz Authentifizierung Textsuche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

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**

EXKURS

Informatik

Modelle in der Informatik

Psychologie

kognitionspsychologische Theorien
der menschlichen Wahrnehmung
von Objekten, Denkprozessen,
Repräsentation von Wissen

objektorientierte Systematisierung
Klassifikation von Objekten durch die möglichen Operationen
(Psychologie: Kategorien, Schemata)

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

$$v(t)=at,$$

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

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

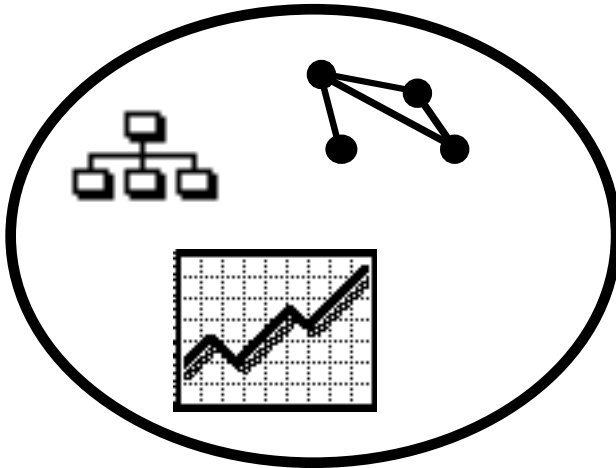
Dynamisches Modell der Informatik: Virtuelles Fallen.

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 Philosophische Aspekte fundamentaler Ideen

Idee: Denkinhalt, Plan, Gedanke, Vorstellung oder

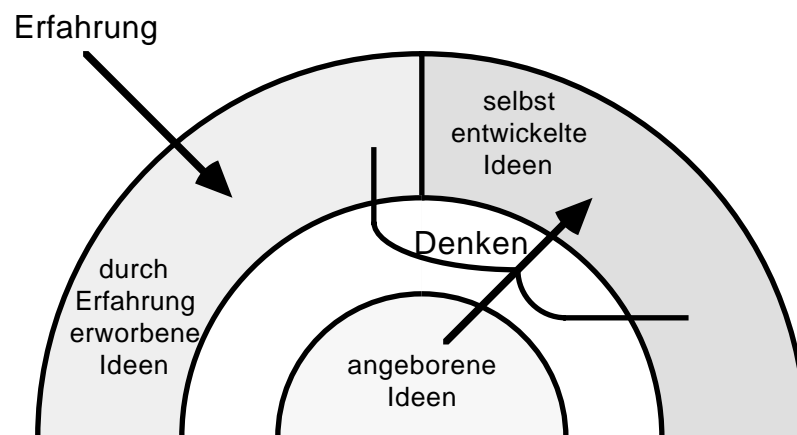
"Gegenstand einer nicht-sinnlichen intellektuellen Anschauung, in der sich dessen Wesen zu erkennen gibt" [Enzyklop. Phil.]

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.

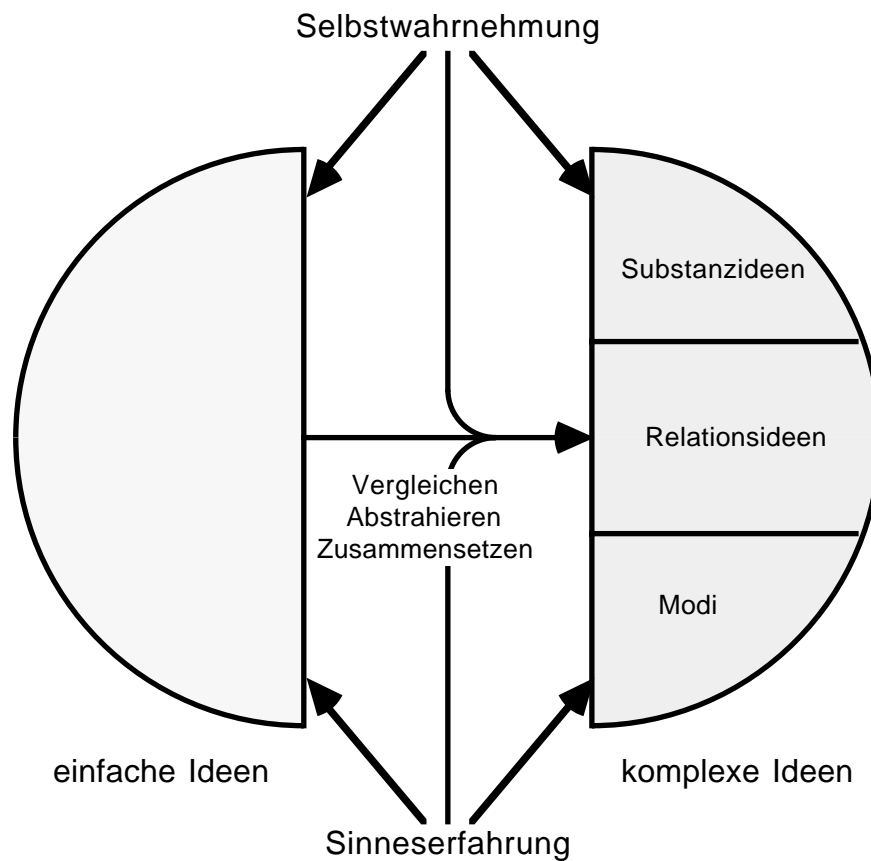
Idee des Kreises, des Stuhls, der Gerechtigkeit, des Guten oder des Schönen

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

Descartes Ideen sind Abbilder wahrgenommener Dinge



Locke **Idee = alles, was "den Geist beim Denken beschäftigen kann"**
keine angeborenen Ideen, Geist bei Geburt "tabula rasa" (Empirismus)



Leibniz **Widerlegung der Annahme "keine angeborenen Ideen",**
Begriffe gehören zu den Ideen



sorgfältige Abgrenzung von Ideen zu Begriffen und Vorstellungen
Ideen = Produkte des reinen Denkens und in der Erfahrung nicht in der gedachten Form, höchstens als unvollkommene Abbilder anzutreffen



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.

--> Zielkriterium von Ideen (oder Konsequenz?!)

Zielkriterium 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 { $\begin{array}{c} \text{Ausgangspunkt} \\ \text{Weg} \\ \text{Ziel} \end{array} \}$ wissenschaftlicher Aktivität

Idee und Begriff

Beispiele: Idee der "Reversibilität" und Begriff der "Umkehrfunktion";
Ist die Turingmaschine eine fundamentale Idee?

Begriff

Begriffe entstehen aus den Dingen durch Abbildung ihres Wesens, also durch Abstraktion wesentlicher Merkmale unterschiedlicher Einzelgegenstände und ihre Zusammenfassung zu einer Einheit.

Begriffe sind statisch und produktorientiert. Sie bilden Momentaufnahmen eines Lern- oder Forschungsprozesses, geben aber selbst keinen Hinweis auf diesen Prozeß, seinen Ausgangspunkt oder sein Ziel.

Begriffe stellen Tatsachen fest (konstitutiver Aspekt).

Ohne Begriffe ist keine Wissenschaft möglich, da andernfalls innerhalb der Flut möglicher und tatsächlicher Einzelerfahrungen kein systematischer Zusammenhang hergestellt werden kann.

Idee

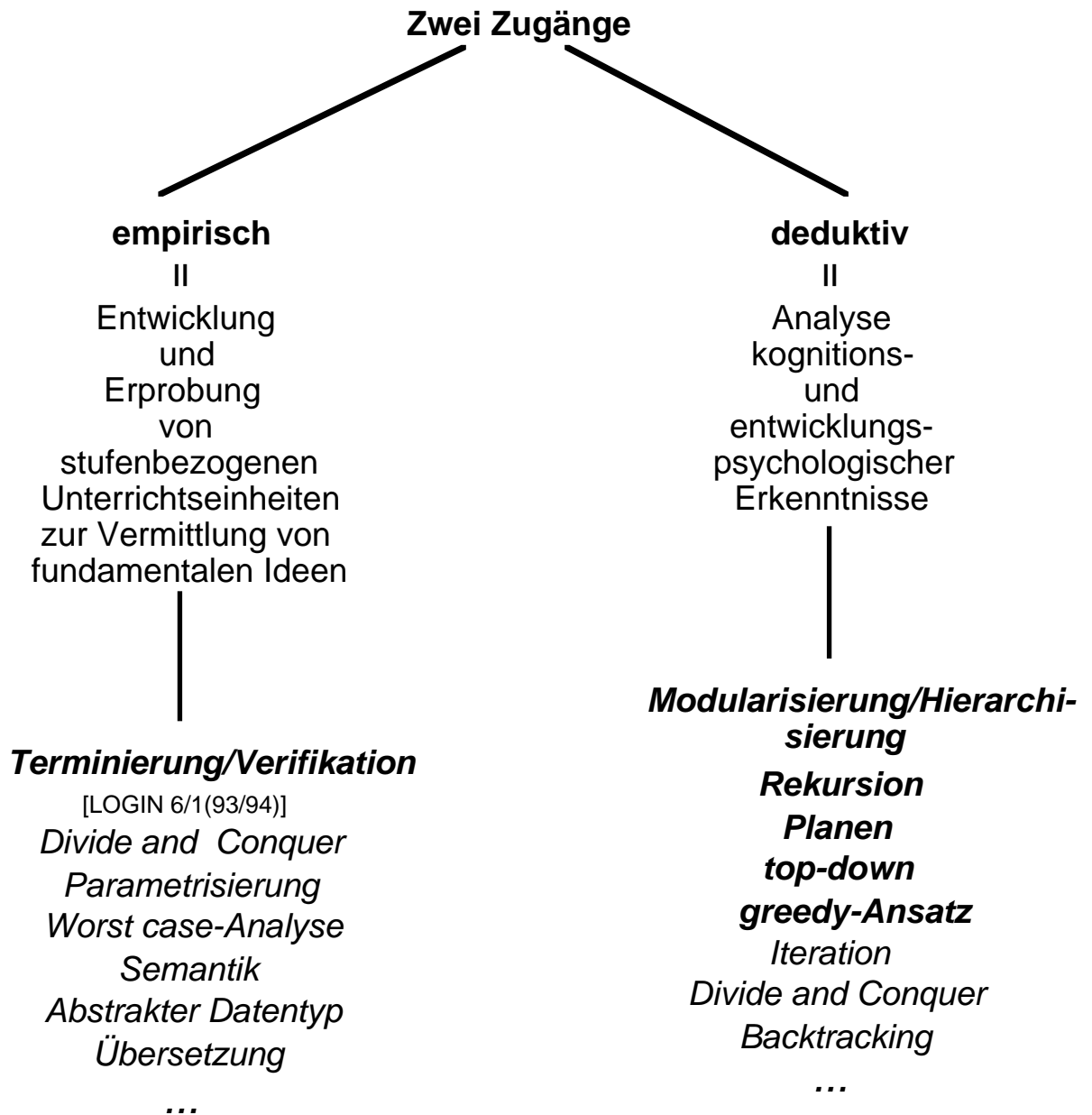
Ideen gehen den Dingen als ewiges, vollkommenes Urbild voraus. Gegenstände (wenn auch unvollkommene) entstehen durch Konkretisierung von Ideen.

Ideen sind dynamisch, lebendig und beschreiben einen methodischen Prozeß, d.h. einen Weg, der mit Begriffen "gepflastert" ist, sowie Ursprung und Ziel dieses Prozesses.

Ideen formulieren (möglicherweise unlösbare) Aufgaben, Tatsachen zu schaffen (normativer/regulativer Aspekt).

Ohne Ideen ist Wissenschaft zwar möglich, es fehlt aber der Wille, sie zu betreiben. Erst Ideen liefern die Motivation, Begriffe zu bilden, nach Erkenntnissen zu streben und sie in eine gewisse Richtung zu erweitern.

7 Psychologische Aspekte des Vertikalkriteriums



Grundsätzliches zu kognitiven Voraussetzungen

Piaget'sche Stufen

0-2 Jahre	sensomotorische Phase
3-7 Jahre	präoperationale Phase

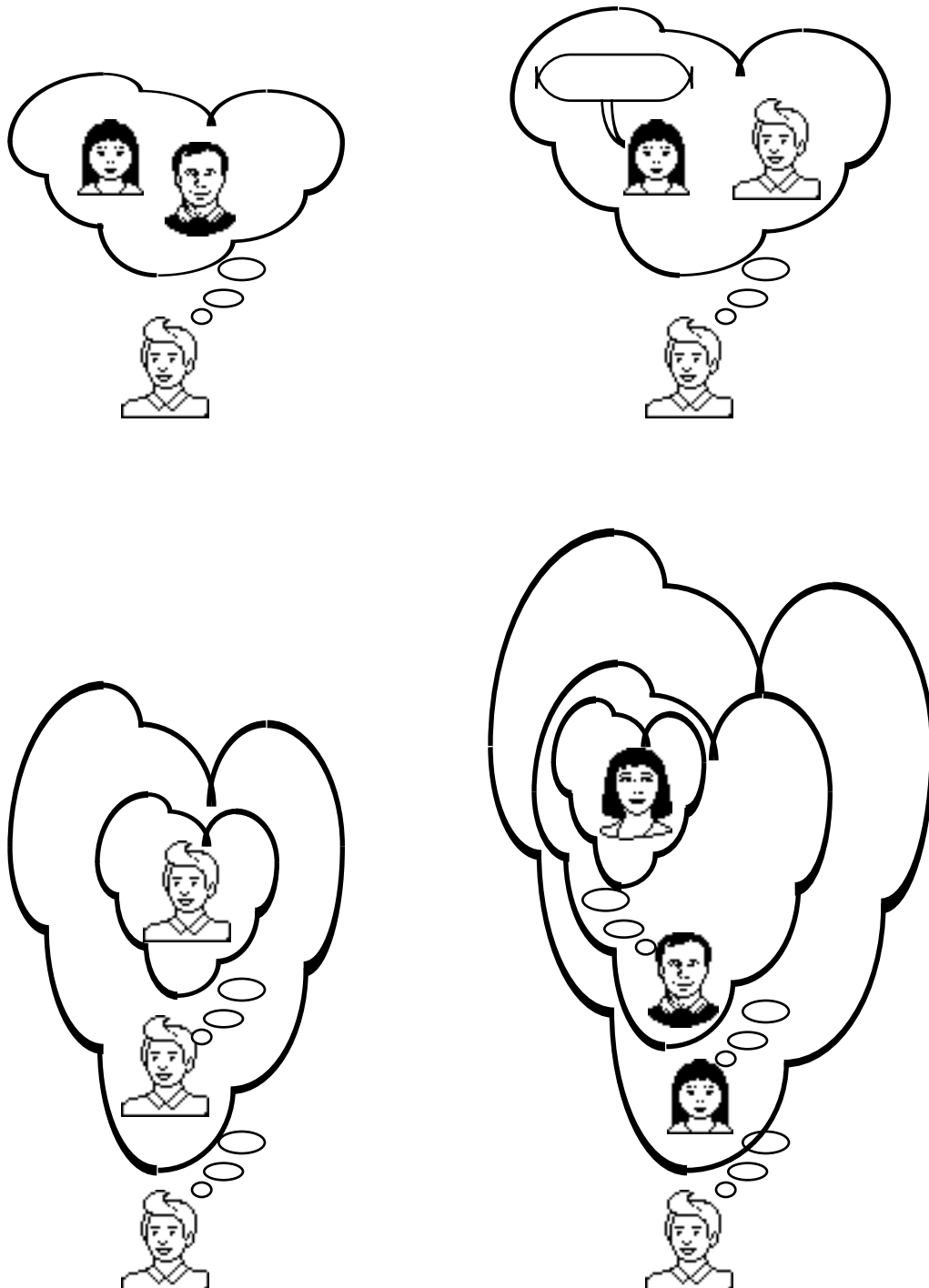
7-11 Jahre	konkret-operationale Phase
ab 11 Jahre	formal-operationale Phase

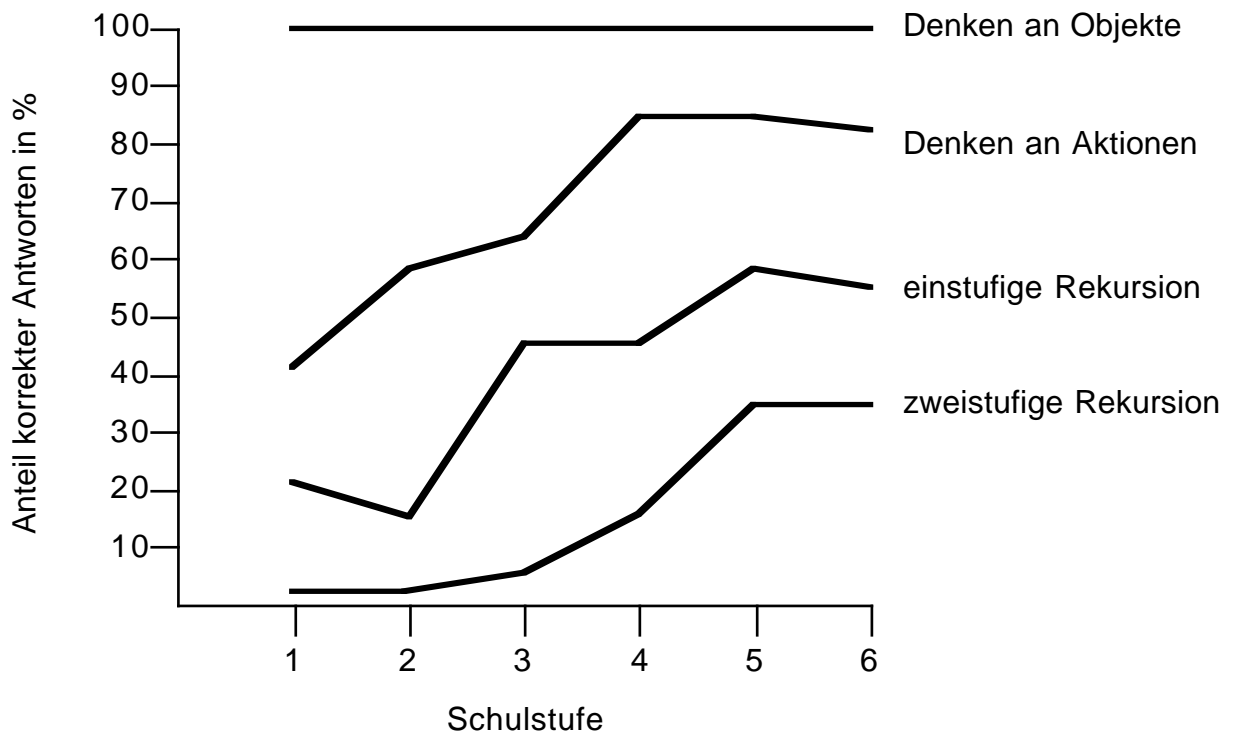
Kognitive Voraussetzungen:

- **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





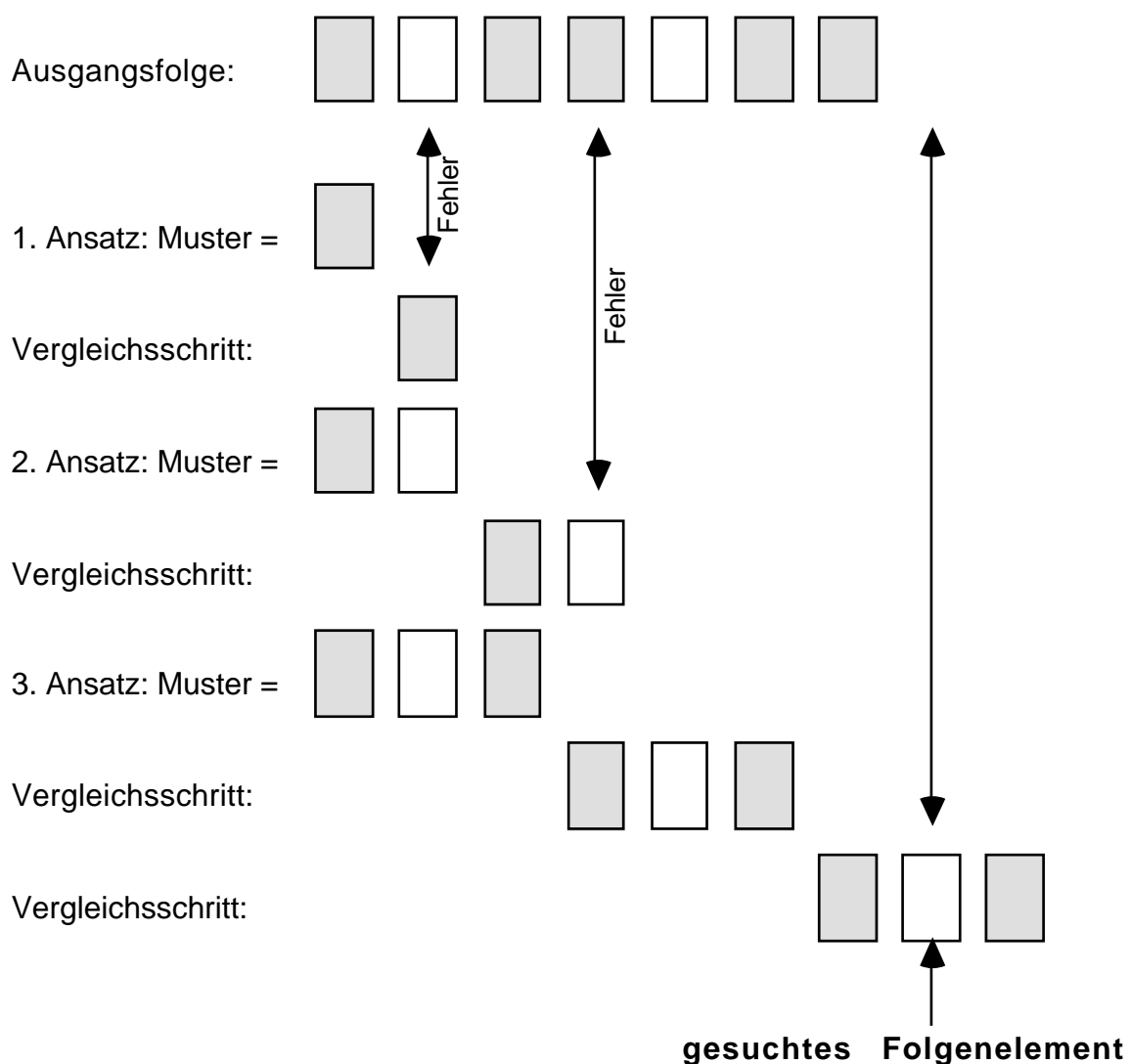
Kritik: Versuchsanordnung

- 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

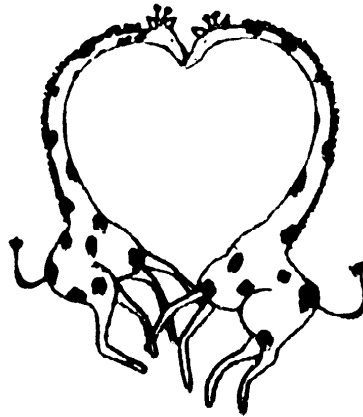
- Menschen aller Altersgruppen entwickeln Lösungen für Entwurfsprobleme fast immer inkrementell. [Goel/Pirolli92]
- Übertragung auf Entwurfsprobleme von Kleinkindern
- Strategien beim Fortsetzen von Folgen (Alter 5-7) [Klahr/Wallace70]



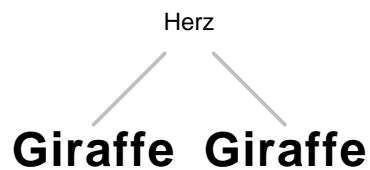
Strukturierte Zerlegung

Grundvoraussetzung: Reduktionismus \leftrightarrow Holismus
(ab konkret-operationales Stadium [Piaget/Inhelder56])

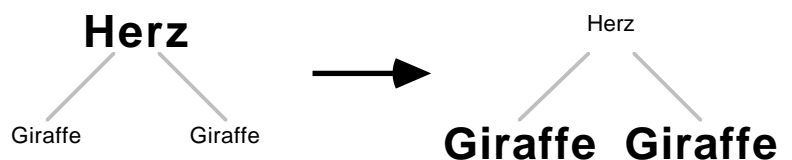
[Elkind/Koegler/Go64]: strukturierte Bilder



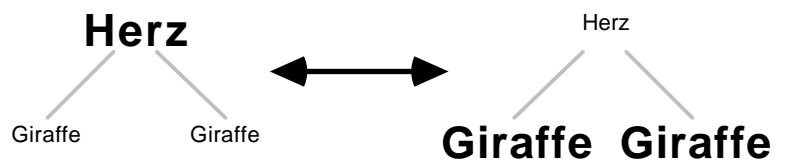
Altersgruppe: 5-6



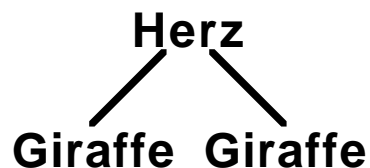
Altersgruppe: 6
("Ein Herz. Nein.
Zwei Giraffen.",
"Kannst Du mir das
Herz zeigen?",
"Nein")



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

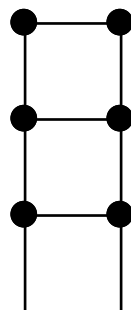
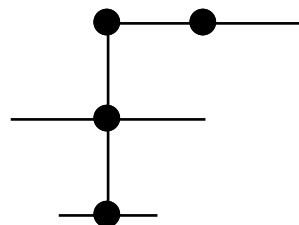
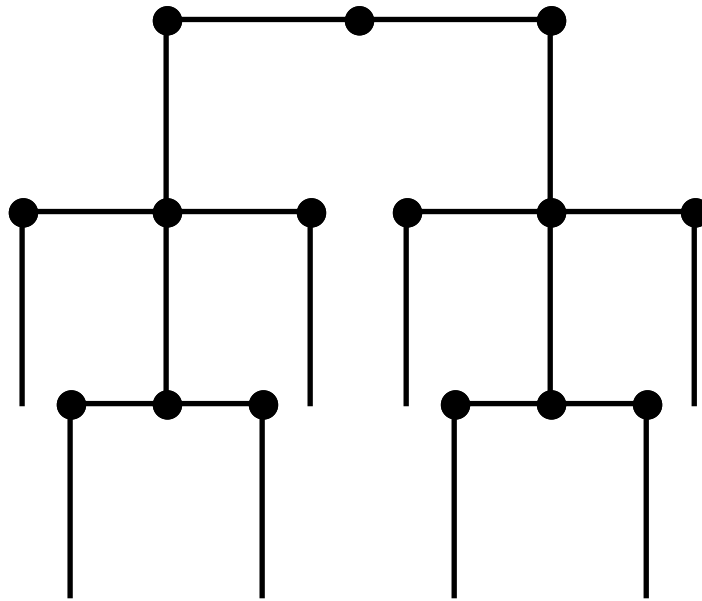


Altersgruppe: 8
("Ein Herz aus zwei
Giraffen")

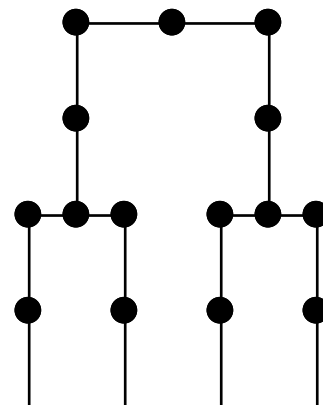
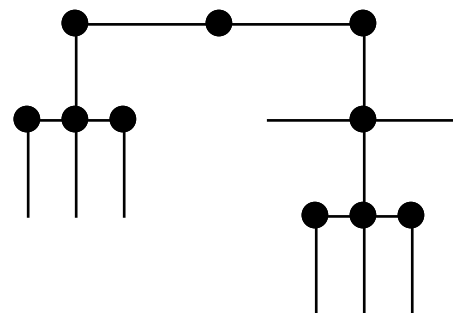


Hierarchisierung - Basteln von Mobiles

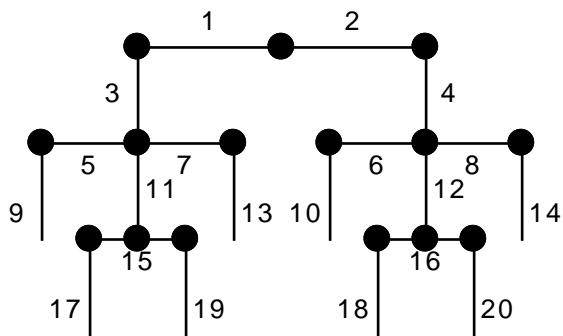
[Goodson/Greenfield75,Greenfield/Schneider77]:



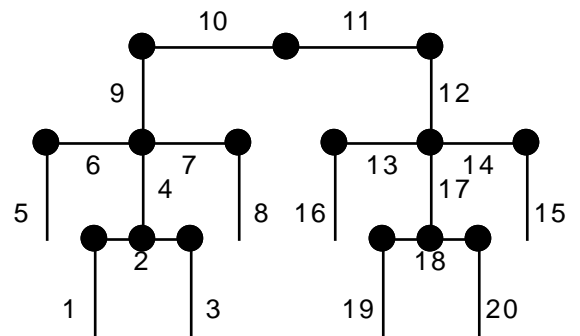
4 Jahre



5 Jahre



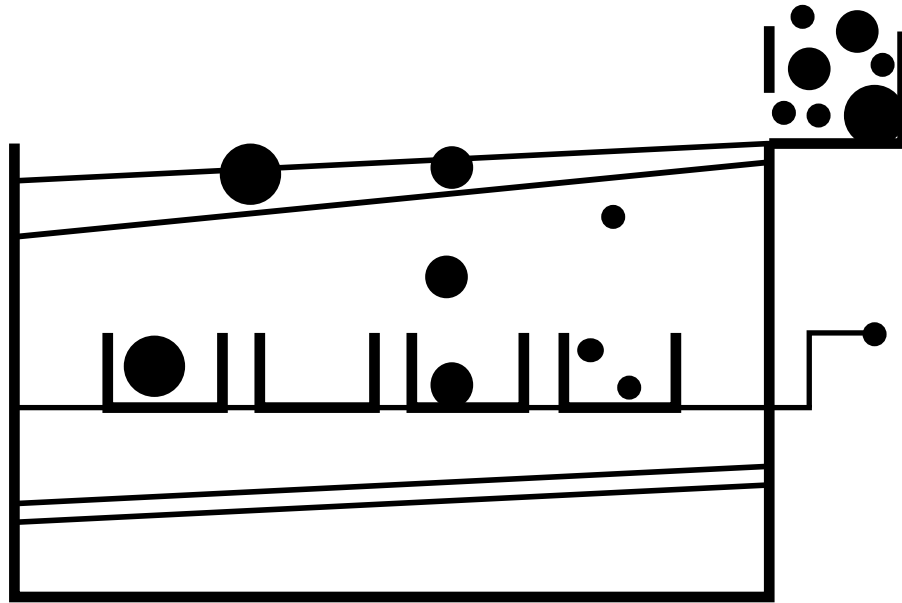
**Top-down
(ab 7 Jahre)**



**Kettenstrategie
(bis 6 Jahre)**

8 Unterrichtshilfen

Bucketsort

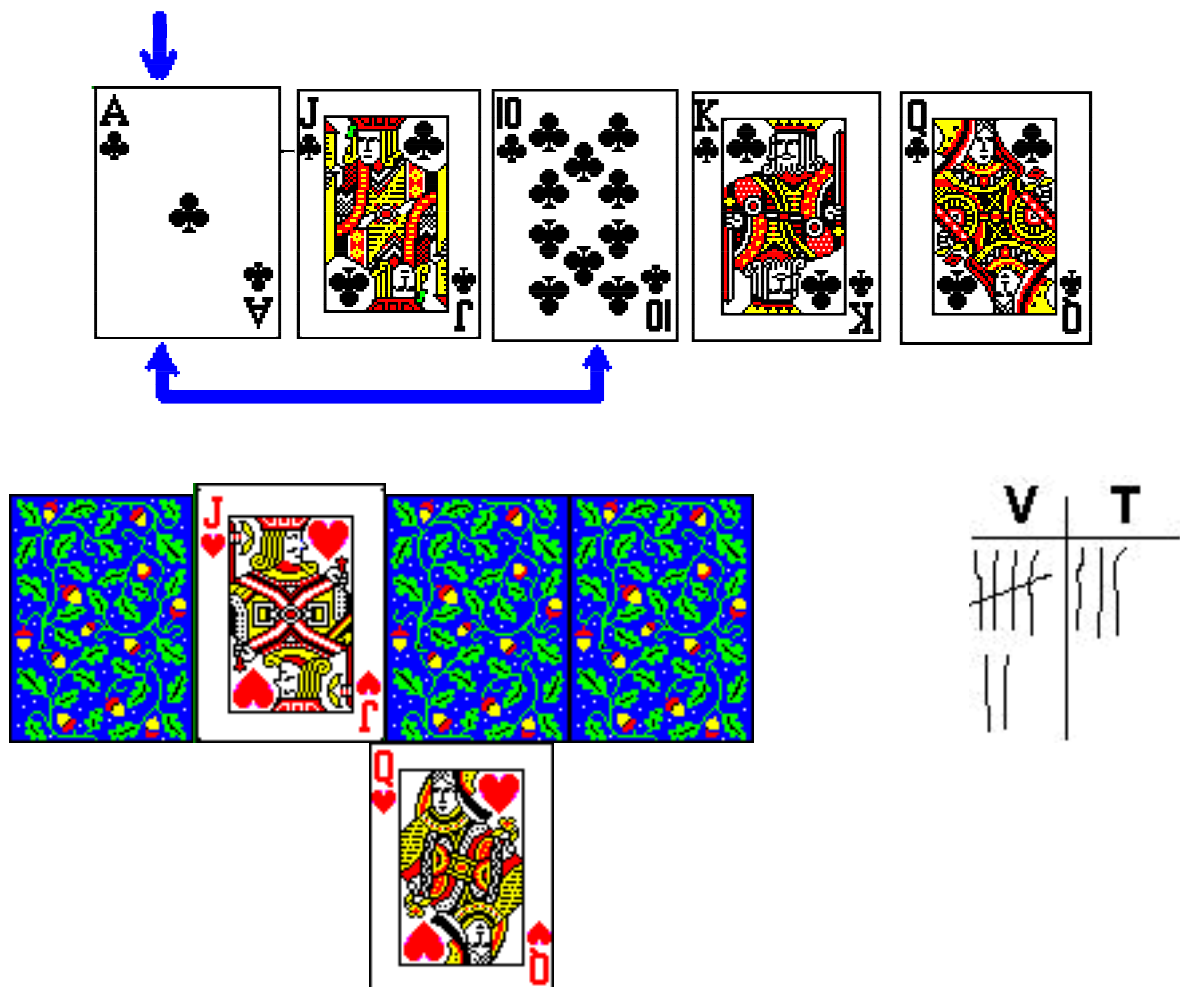


Merkmale:

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

Kartenspiel

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



Pointermodell

