

Begriffliche Strukturen der Informatik: **Ein empirischer Zugang**

Markus Schneider
Institut für Informatik
Technische Universität München
markus.schneider@in.tum.de



Begriffliche Strukturen: Wozu?

Informatik ist eine Strukturwissenschaft (C.F. v. Weizsäcker)

- *Als solche sollte die Selbst-Strukturierung ein wichtiges Ziel darstellen*

Praktische Motive

- *An der Hochschule: Gestaltung, Konzeption von Vorlesungen, Seminaren; was sind die zentralen Begriffe, die beispielsweise im Rahmen einer Einführungsvorlesung vermittelt werden sollen*
- *An der Schule:*
 - Lehrpläne geben die Grobstruktur vor,
 - wie jedoch ist ein bestimmter Lerninhalt in das Gesamtbild von Informatik einzuordnen
 - Was ist wichtig, was weniger wichtig
 - welche inhaltlichen und didaktischen Abhängigkeiten existieren zwischen den verschiedenen Themen, die gemäß Lehrplan vorgegeben sind



Vorhandene Klassifikationen

ACM- Klassifikation:

- *Bibliographische Klassifikation zur Strukturierung der wissenschaftlichen Literatur der Informatik (rein fachsystematisch)*
- *Kein direkter Bezug zu didaktischen Fragestellungen*

Fundamentale Ideen der Informatik

- *Übertragung der fundamentalen Ideen von J. Bruner auf die Informatik*

Great principles (P. Denning)

- *Strukturierung der Informatik auf verschiedene Weise (Hochschulklassifikation)*
 - Theory, Abstraction, Design vs. Algorithm & Data-structures, Programming Languages, Databases etc
 - Computing Mechanics (computation, communication,), Design, Computing Practices



Fragen im Zusammenhang mit den Klassifikationen

Ableitungskriterien / Gültigkeit?

- *ACM-Klassifikation:*
 - Langer Zeitraum (1960 – 1998)
 - Umfangreiche Zahl von Forschern, die Beiträge liefern
- *Fundamentale Ideen der Informatik:*
 - Vertikalkriterium
 - Horizontalkriterium
 - Zeitkriterium, Sinnkriterium
- *P. Denning:*
 - Die Prinzipien nach denen die Klassifikation deduziert wurde, ist nicht nachvollziehbar



Fundamentale Ideen: Vertikal- und Horizontalkriterium

Vertikalkriterium: Eine fundamentale Idee kann auf nahezu jeder beliebigen geistigen Ebene (also einem Primarschüler ebenso wie einem Hochschüler) erfolgreich vermittelt werden (Schwill, 1993)

Horizontalkriterium: Fundamentale Ideen besitzen also eine umfassende Anwendbarkeit in vielen Bereichen, und sie ordnen und integrieren eine Vielzahl von Phänomenen (Schwill 1993).

Focus: Inwiefern ist das Vertikalkriterium an Schule und Hochschule erfüllt?



Methodik

Die fundamentalen Ideen werden hinsichtlich ihres Auftretens an Schule und Hochschule untersucht:

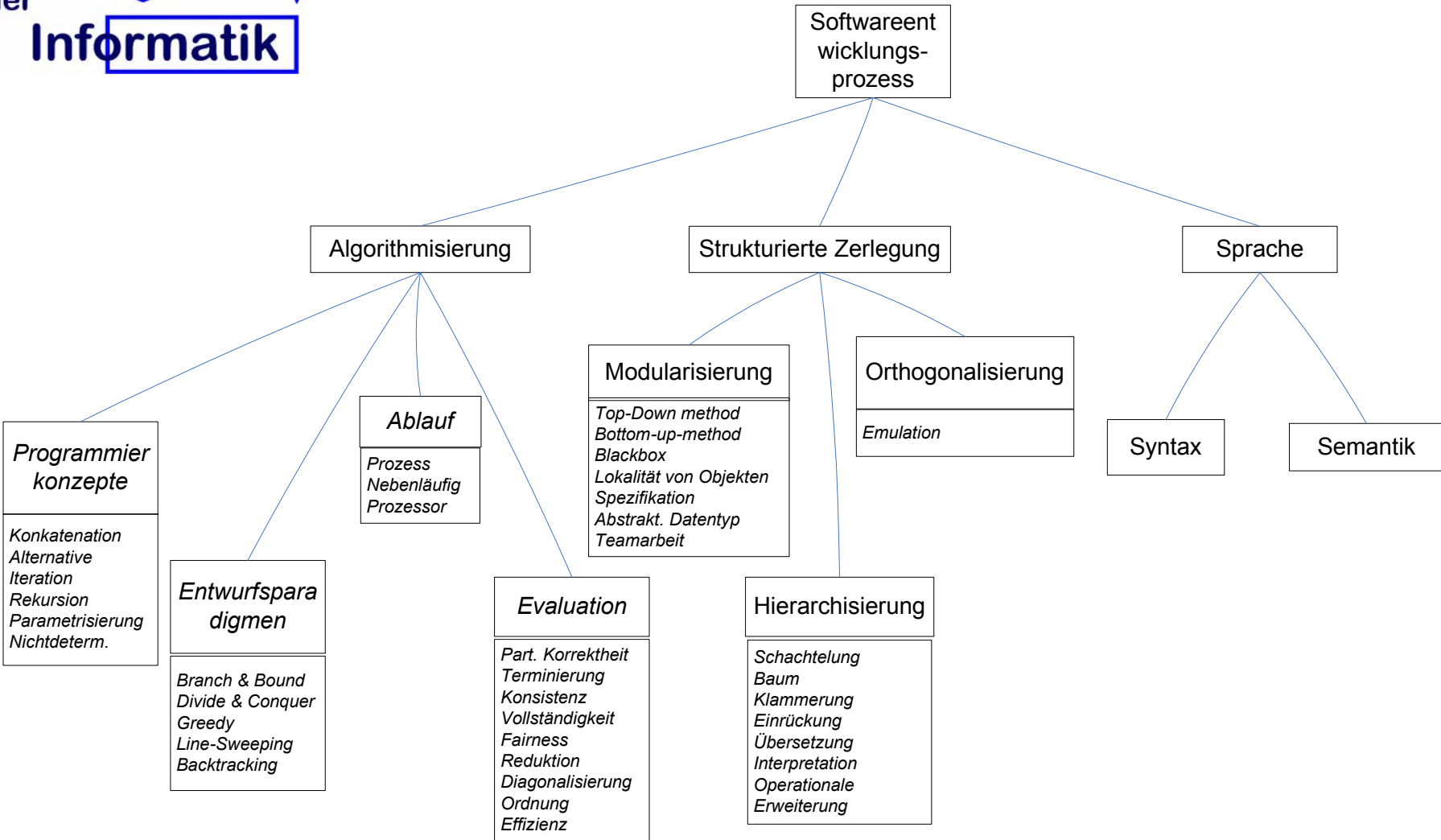
- *Hochschule:*
 - Die Übungen zu den Vorlesungen „Einführung in die Informatik I“ vom WS 2001/2002 bis WS 2004/2005
 - Die Übungsaufgaben stellen klar definierte Lernziele dar
 - Die zur Lösung der einzelnen Aufgaben erforderlichen Fähigkeiten werden einer oder mehreren fundamentalen Ideen zugeordnet
 - Das Auftreten derartiger Zuordnungen wird gezählt und festgehalten
- *Schule:*
 - Analyse des Faches Informatik in den Jahrgangsstufen 6 und 7 des bayerischen Gymnasiums anhand zweier (mehr existieren nicht) Lehrbücher
 - Zuordnung der Lernziele von Aufgaben einschlägiger Lehrbücher zu fundamentalen Ideen



Fundamentale Ideen im Überblick

er

Informatik





Beispiel einer Aufgabenstellung

Ein Buch ist charakterisiert durch den Namen des Autors, den Buchtitel und den Verlagsdaten. Die Verlagsdaten umfassen den Namen des Verlages, die Nummer der Auflage und das Erscheinungsjahr.

- a) Stellen Sie die Klasse Buch in UML dar und definieren Sie sie in Java. Geben Sie dabei auch eine Konstruktordefinition an.
- b) Es soll ein Objekt der Klasse Buch erzeugt werden, das das für die Vorlesung als weiterführende Literatur empfohlene Buch von Professor Brügge repräsentiert.

B. Brügge und A. Dutoit:

"Object-Oriented Software-Engineering: Using UML, Patterns and Java"

2. Auflage, Prentice Hall (2003)

Stellen Sie das Objekt in UML dar und instanziiieren Sie es in Java. Das Objekt sollt mit dem Namen `brueggeObjektorientierung` bezeichnet werden.



Beispiel: Korrelierung mit den fundamentalen Ideen

- Aus der angegebenen Spezifikation müssen sinnvolle Klassen abgeleitet werden: → Top-Down, Black-Box
 - Den Klassen müssen sinnvolle Attribute zugeordnet werden: → Parametrisierung
 - Die Klassen sind als neue Datentypen zu interpretieren: → Abstrakter Datentyp
 - Es sind konkrete Objekte zu instanzieren: → Lokalität von Objekten
 - Es ist eine Implementierung in Java durchzuführen: → Übersetzung
- Problem: Die Bedeutung der einzelnen Ideen ist nicht scharf definiert, so besteht eine zu große Zuordnungsfreiheit**



Fundamentale Ideen:
Strukt. Zerlegung

Globale Analyse: WS 2001/2002 – WS 2004/2005

	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Top-down	0	7	> 10	> 10
Bottom-up	5	2	4	1
Black-box	> 10	> 10	> 10	> 10
Lokalität von Objekten	1	0	5	7
Spezifikation	4	5	2	4
Abstrakter Datentyp	> 10	> 10	> 10	> 10
Teamarbeit	> 0	> 0	> 0	> 0
Schachtelung	> 10	5	0	2
Baum	1	4	4	4
Klammerung	> 10	4	6	0
Einrückung	0	0	0	0
Übersetzung	0	0	> 10	> 10
Interpretation	> 10	> 10	> 10	0
Operationale Erw.	0	0	0	0
Emulation	1	0	0	0



Globale Analyse: WS 2001/2002 – WS 2004/2005

Fundamentale Ideen:
Algorithmisierung I

	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Branch & Bound	0	0	0	0
Divide & Conquer	1	0	2	1
Greedy	0	0	0	0
Line-Sweeping	0	0	0	0
Backtracking	0	3	0	1
Konkatenation	> 10	>10	>10	>10
Alternative	> 10	>10	>10	>10
Iteration	5	2	> 10	> 10
Rekursion	>10	> 10	> 10	> 10
Parametrisierung	> 10	> 10	> 10	> 10
Nichtdeterminismus	1	1	2	0



Globale Analyse: WS 2001/2002 – WS 2004/2005

Fundamentale Ideen:
Algorithmisierung II

	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Nebenläufigkeit	0	0	0	3
Prozess	0	0	0	0
Prozessor	0	0	0	0
Part. Korrektheit	6	1	3	0
Terminierung	3	1	2	0
Konsistenz	0	0	0	0
Vollständigkeit	0	0	0	0
Fairness	0	0	0	0
Reduktion	0	0	0	0
Diagonalisierung	0	0	0	0
Ordnung	1	1	3	0
Unit-/ Log - cost	2	0	0	0
Worst/average case	1	0	0	0



Fundamentale Ideen im Informatikunterricht der 6. und 7. Jahrgangsstufe an bayerischen Gymnasien

Prinzipielle Vorgehensweise:

- *Lehrbuchanalyse*
- *Hypothese: Die einzelnen Aufgaben der Lehrbücher repräsentieren die Lernziele*
- *Die Lernziele sind Konkretisierungen der jeweils zu vermittelnden Konzepte und damit der fundamentalen Ideen, die hinter diesen Konzepten stehen.*
- *Häufigkeitsanalyse: Gezählt wird in den einzelnen Lehrbüchern, wie häufig eine bestimmte Idee durch eine Aufgabe repräsentiert ist*
- *Beschränkung auf die Ideen, die der Masteridee Strukturierten Zerlegung zu zuordnen sind*



Inhaltliche Gliederung der Jahrgangsstufe 6/7

Thema	Konzepte
1. Information und ihre Darstellung	Repräsentation von Information
2. Informationsdarstellung mit Graphikdokumenten	Klasse, Objekt, Attribut, Methode
3. Informationsdarstellung mit Textdokumenten	Objekt- und Klassendiagramme, Aggregation
4. Informationsdarstellung mit einfachen Multimediadokumenten	Vertiefung der Konzepte der OO-Modellierung
5. Hierarchische Informationsstrukturen	Bäume (Objektdiagramme) und zugehörige Klassendiagramme (Rekursionspropädeutik)
6. Vernetzte Informationsstrukturen	Hypertext, Nichthierarchische vernetzte Strukturen (Graphen)
7. Informationsaustausch mit E-Mail	Vertiefung der OO-Konzepte
8. Algorithmische Ablaufmodellierung	Informelle Ablaufmodellierung, Anweisung, Sequenz, Bedingte Anweisung, Wiederholung, Programmierung



Beispielaufgabe

Attribute von Ländern

Vergleiche in einer Tabelle die Länder Deutschland, Österreich, USA und China bezüglich der Attribute Kontinent, Größe, Einwohnerzahl, Binnenland und Hauptstadt. Schlage dazu in einem Lexikon oder Atlas nach. Wähle ein weiteres Land deiner Wahl und trage es mit allen Werten in die Tabelle ein

Zu assoziierende fundamentale Ideen:

- Top-Down
- Black Box
- Parametrisierung
- Lokalität von Objekten

Noch nicht zu zuordnen sind (vorerst):

- Abstrakter Datentyp



Assoziierung der Lernziele von Übungsaufgaben (Jgstf. 6 und 7) und fundamentalen Ideen

Fundamentale Ideen:
Strukt. Zerlegung

	Ikarus	Informatik I
Top-down	> 20	> 20
Bottom-up	0	0
Black-box	> 20	> 20
Lokalität von Objekten	> 20	> 20
Spezifikation	> 0	> 0
Abstrakter Datentyp	> 20	> 20
Teamarbeit	> 0	> 0
Schachtelung	> 10	> 10
Baum	> 10	> 10
Klammerung	0	0
Einrückung	0	0
Übersetzung	0	0
Interpretation	> 10	> 10
Operationale Erweiterung	0	0
Orthogonal./ Emulation	0	0



Folgerungen

Es gibt Ideen, die weder im Rahmen der betrachteten Vorlesungen noch im Rahmen des Informatikunterrichts (Jgstf. 6 und 7, bayerisches Gymnasium) thematisiert werden

- *Algorithmisierung: Branch & Bound, Greedy, Line sweeping, Prozessor, Konsistenz, Vollständigkeit, Reduktion, Diagonalisierung, Fairness*
- *Strukt. Zerlegung: Operationale Erweiterung*

Es gibt Ideen, die im Rahmen der betrachteten Vorlesungen jedoch nicht im Rahmen des Informatikunterrichts (Jgstf. 6 und 7, bayerisches Gymnasium) thematisiert werden

- *Algorithmisierung: Part. Korrektheit, Terminierung, Effizienz (worst-case, unit-/ log-cost, etc), Ordnung, Nichtdeterminismus, Backtracking*
- *Strukt. Zerlegung: Bottom-Up, Klammerung, Einrückung, Orthogonalisierung*



Folgerungen

Es gibt Ideen, die sowohl im Rahmen der betrachteten Einführungsvorlesungen als auch im Informatikunterricht der Jgstf. 6 und 7 an bayerischen Gymnasien thematisiert werden

- *Algorithmisierung: Konkatenation, Alternative, Rekursion, Iteration, Parametrisierung*
- *Strukt. Zerlegung: Top-Down, Black-Box, Lokalität von Objekten, Spezifikation, Abstrakter Datentyp, Schachtelung, Baum, Interpretation*

Thematische Stränge?

- *Dagstuhl 2004: Diskussion möglicher thematischer Stränge*
- *Lassen sich aus dieser Diskussion ähnliche Stränge, ähnlich den mathematischen Strängen „Zahlen“, „Algebra“, ... ableiten?*



Thematische Stränge der Informatik

Können die durchgehend auftretenden Ideen (Konkatenation, Rekursion, etc.) als mögliche Stränge angesehen werden ?

- *Zu speziell; erfassen nur einen relativ eng gefassten Bereich von Phänomenen*
- *Vergleich: Die thematischen Stränge Algebra, Geometrie, etc. in der Mathematik umfassen einen sehr viel weiter gefassten Themenkreis*

Algorithmisierung und Strukturierte Zerlegung als mögliche thematische Stränge?

- *Hinsichtlich ihrer thematischen Mächtigkeit potentielle Kandidaten*
- *Probleme: Nichtorthogonalität der einzelnen Ideen*
 - Lineare Datenstrukturen (Liste, Stack) etc. beinhalten sicherlich Aspekte, die der strukturierten Zerlegung zu zuordnen sind
 - Gemäß den fundamentalen Ideen werden sie jedoch durch die Idee der Konkatenation repräsentiert



Probleme

Wie sind die einzelnen fundamentalen Ideen definiert?

Es gibt Konzepte, die nur schwer einer Idee zu zuordnen sind:

- *Zustand, Zustandsdiagramm*
- *Automat (→ Modrow'sche Erweiterung ?)*

Viele Konzepte sind keiner Idee zu zuordnen:

- *Informationstheorie und Codierung*
- *Nichthierarchische Relationen:*
 - Kontrollflussdiagramme
 - Hypertextstrukturen
 - Allgemeine Graphen