

# Zentrale Prozesse im Informatikunterricht: eine empirische Grundlegung

Andreas Zendler, Christian Spannagel und Dieter Klaudt

University of Education Ludwigsburg

**Abstract.** Informatikunterricht sollte sich nicht an kurzfristigen Entwicklungen orientieren, sondern an Inhalten – zentralen Konzepten und zentralen Prozessen –, die in vielen Bereichen der Informatik vorkommen, auf unterschiedlichem intellektuellen Niveau vermittelbar sind, längerfristig relevant bleiben und einen Bezug zu Sprache und/oder Denken des Alltags und der Lebenswelt besitzen. Seit kurzem ist ein empirisch bestimmter Katalog mit zentralen Konzepten für den Informatikunterricht (*algorithm, computer, data, system*, u.a.) verfügbar, an dem sich eine curriculare Planung ausrichten kann, die mittel- und langfristig tragfähig ist. In diesem Artikel liegt der Schwerpunkt auf der empirischen Ermittlung zentraler Prozesse. Informatikprofessoren bewerteten 44 allgemeinbildende Prozesse hinsichtlich ihrer Bedeutung in der Informatik. Clusteranalytisch wurden die folgenden zentralen Prozesse für den Informatikunterricht empirisch bestimmt: *problem solving and problem posing, classifying, finding relationships, investigating, analyzing* und *generalizing*.

**Keywords:** Computer science education, central concepts, central processes, fundamental ideas.

**Contact:** {zendler, spannagel, klaudt}@ph-ludwigsburg.de

## 1. Einleitung

Die Inhalte, die im Informatikunterricht behandelt werden sollen, wurden bislang in der informatikdidaktischen Diskussion überwiegend über den Begriff der *fundamentalen Idee* diskutiert (Schwill, 1993). Eine fundamentale Idee ist nach Schwill ein Denk-, Handlungs-, Beschreibungs- oder Erklärungsschema, das vier Kriterien genügt: Es muss in vielen Bereichen der Disziplin relevant sein (Horizontalkriterium). Es muss auf jedem intellektuellen Niveau vermittelt werden können (Vertikalkriterium). Es muss über einen größeren Zeitraum hinweg bedeutsam sein (Zeitkriterium). Und es muss einen Bezug zum Alltag und zur Lebenswelt besitzen (Sinnkriterium).

Viele Autoren haben Kataloge fundamentaler Ideen oder Basiskonzepte bislang vorgestellt (z.B. Nievergelt, 1980, 1990; Knöß, 1989; Schwill, 1993; 1994; Baumann, 1996; Denning, 2003; Modrow, 2003; Wursthorn, 2005a; 2005b; Hartmann, Näf & Reichert, 2006). Diese Kataloge beruhen allerdings auf der subjektiven Einschätzung eines Autors oder einiger weniger Autoren und werfen daher die Frage nach ihrer allgemeinen Gültigkeit auf.

Ein empirisch abgesicherter Katalog mit zentralen Konzepten für den Informatikunterricht, der auf den Einschätzungen vieler Experten beruht, liegt erst seit kurzem vor (Zendler & Spannagel, 2007). In dieser Untersuchung bewerteten Informatikprofessoren 49 Konzepte der Informatik hinsichtlich des Horizontalkriteriums, des Vertikalkriteriums, des Zeitkriteriums und des Sinnkriteriums. Die folgenden 15 zentralen Konzepte für den Informatikunterricht wurden aus der clusteranalytischen Auswertung der Daten bestimmt: *algorithm, computer, data, problem, information, system, language, program, test, communication, software, process, model, structure* und *computation*.

Der vorliegende Artikel beschreibt eine Studie, in der wiederum Informatikprofessoren als Experten unter Verwendung des Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriteriums befragt werden – dieses Mal in Bezug auf Prozesse. Die Einschätzungen der Informatikprofessoren werden wie in der Studie von Zendler und Spannagel (2007) clusteranalytisch ausgewertet. Das Resultat ist ein Katalog mit zentralen Prozessen für den Informatikunterricht, der durch die Meinung zahlreicher Experten abgesichert ist.

In Abschnitt 2 wird zunächst dargelegt, warum Prozesse für die Formulierung von Lehr- und Lerninhalten bedeutsam sind. Dazu wird sowohl auf traditionelle als auch auf wissenschaftsorientierte Ansätze rekurriert. Von zentraler Wichtigkeit ist hier der Ansatz von Parker und Rubin (1966), der eine Renaissance durch Costa und Liebmann (1997a; 1997b; 1997c) erfahren hat. Abschnitt 3 enthält die Ausgangspunkte für die empirische Bestimmung zentraler Prozesse für den Informatikunterricht: die allgemeinbildenden Prozesse von Costa und Liebmann (1997a), die Relevanz allgemeinbildender Prozesse für den Schulunterricht sowie Kriterien zur Bestimmung zentraler Prozesse für den Informatikunterricht. Abschnitt 4 enthält eine detaillierte Beschreibung der empirischen Studie. Dort werden die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert. Der Artikel schließt mit einem Ausblick auf zukünftige Arbeiten, die auf den in dieser Studie gefundenen Ergebnissen aufbauen.

## **2. Formulierung von Lehr- und Lerninhalten**

Die Festlegung von Lehr- und Lerninhalten ist neben der Entscheidung über Lehr- und Lernziele die wohl bedeutsamste bei der curricularen Planung. In der Literatur werden neben traditionellen vor allem wissenschaftsorientierte Ansätze behandelt, die Hilfestellungen bei der Festlegung von Lehr- und Lerninhalten anbieten.

### **2.1 Traditionelle Ansätze**

Wegen ihres Einflusses auf gegenwärtige Ansätze und die nachfolgenden wissenschaftsorientierten Ansätze werden zunächst die traditionellen Ansätze von Heimann (1962), Klafki (1963) und Wagenschein (1966) skizziert.

Heimann (1962) führt Inhaltsentscheidungen auf drei Grundformen zurück: „Die Inhalte präsentieren sich entweder als Wissenschaften, Techniken oder Pragmata.“ (Heimann, 1962, S. 418). Für den Deutschunterricht erläutert Heimann dies beispielhaft: Die *Literaturgeschichte* präsentiert sich etwa als Wissenschaft im

Deutschunterricht, die *grammatische Schulung* als Technik und der *Aufsatz* als Pragma.

Für Klafki (1963) kommen nur elementare strukturierte Inhalte als Unterrichtsinhalte in Frage, die stets ein Besonderes und Allgemeines aufweisen. Mit Blick auf die elementaren strukturierten Inhalte entwickelt er in seiner so genannten *Didaktischen Analyse* eine Fragestruktur mit fünf Fragenkomplexen (exemplarische Bedeutung, Gegenwartsbedeutung, Zukunftsbedeutung, Struktur des Inhalts, unterrichtliche Zugänglichkeit), die Kriterien für die Auswahl von Unterrichtsinhalten darstellen. In späteren Arbeiten hat Klafki (1976) das so genannte *Perspektivenschema* zur Unterrichtsplanung entwickelt, das eine Aktualisierung der Didaktischen Analyse darstellt. Wesentliche Änderungen im Vergleich zur Didaktischen Analyse ergeben sich hinsichtlich dreier Aspekte (vgl. Peterßen, 2000, Teil II): (1) Das Perspektivenschema ist generelles Planungsinstrument; (2) im Perspektivenschema werden den Ziel-, nicht den Inhaltsentscheidungen die größte Bedeutung beigemessen; (3) das Perspektivenschema sieht für die Planung Kontrollmechanismen vor.

Der Ansatz Wagenscheins (1966) ist hier von besonderem Interesse, weil er Aspekte der wissenschaftsorientierten Ansätze vorwegnimmt. Das von ihm entwickelte Prinzip des Exemplarischen umfasst bei der Formulierung von Lehr- und Lerninhalten sowohl Sachinhalte als auch Erkenntnisprozesse: Exemplarische Inhalte sind bei Wagenschein fachorientierte Inhalte, die sich an den Fachwissenschaften orientieren. Sie sollen einerseits einen Wissensbereich erschließen und andererseits Einsicht in den besonderen Erkenntnisprozess der zugehörigen Wissenschaft vermitteln (vgl. Peterßen, 2000).

## 2.2 Wissenschaftsorientierte Ansätze

Mit wissenschaftsorientierten Ansätzen ist die Forderung verbunden, Unterrichtsinhalte aus Wissenschaften zu entnehmen und nach wissenschaftlichen Maßstäben auszuwählen (Peterßen, 2000, S. 384-385). Die Begründung dafür basiert auf drei Argumenten (vgl. Tütken, 1970; Peterßen, 2000): (1) Wissenschaften prägen unser Bild von der Welt, (2) Wissenschaften liefern Ordnungsstrukturen für die Organisation von Erfahrungen, (3) Wissenschaften schaffen ein Wissenskontinuum zwischen Laien und Experten.

In der Literatur lassen sich insbesondere zwei wissenschaftsorientierte Ansätze unterscheiden: Zum einen der Ansatz *Structure of the Discipline*, der auf Bruner (1960) zurückgeht, zum anderen der Ansatz *Process as Content*, der von Parker und Rubin (1966) entwickelt wurde und in der Trilogie von Costa und Liebmann (1997a; 1997b; 1997c) momentan eine Renaissance erfährt. Der eine Ansatz leitet Lehr- und Lerninhalte aus den grundlegenden Konzepten der Wissenschaftsdisziplin ab, der andere aus deren wissenschaftlichen Methoden. In der aktuellen Diskussion wird heute die Verschränkung der beiden wissenschaftsorientierten Ansätze als Herausforderung betrachtet. Dieses Zusammenspiel von *Structure* und *Process* wird z.B. in der neueren Mathematikdidaktik als entscheidend für das Lernen gesehen: „One way to explain the idea of “mathematical object” [...] is to say that it is a mental construction created by “extracting” structure from actions.” (Sfard, 2003, S.363).

### ***Structure of the Discipline***

Bruner (1960) fordert, dass bei der Lehrplangestaltung die *Struktur* eines Fachs Ausgangspunkt sein sollte. Der Ansatz geht von der Annahme aus, dass jede wissenschaftliche Disziplin eine eigene und spezifische Struktur entwickelt hat. Als Struktur wird dabei der Zusammenhang von fundamentalen Ideen und Grundkonzepten einer Wissenschaft verstanden. Dabei ist das Strukturverständnis dahingehend zu interpretieren, dass darunter die Zusammenhänge von Grundkonzepten, -kategorien, und -prinzipien verstanden werden, die sich eine Wissenschaft geschaffen hat. Übertragen auf das Lernen in der Schule bedeutet dieser Ansatz, dass Lehr- und Lerninhalte wissenschaftliche Grundkonzepte, -kategorien, und -prinzipien umfassen sollten. Schwab (1962) fasst die Quintessenz des konzeptorientierten Ansatzes wie folgt zusammen: „The conceptual structure of a discipline determines what we shall seek the truth about and in what *terms* that truth shall be couched.“ (Schwab, 1962, S. 205 – Hervorhebung des Autors)

### ***Process as Content***

Parker und Rubin (1966) fordern, dass Lerninhalte nicht aus wissenschaftlichen Strukturen, sondern aus wissenschaftlichen Prozessen abgeleitet werden. Dieser Ansatz geht von der Voraussetzung aus, dass Wissenschaften besonders durch ihre Prozesse gekennzeichnet sind, die sie zur Schaffung von neuem Wissen einsetzen. Mit Prozessen sind wissenschaftliche Methoden einzelner Wissenschaftsdisziplinen gemeint, die diese zur Erkenntnisgewinnung einsetzen (z.B. Beobachten, Experimentieren in der Biologie; Deduzieren, Induzieren in der Mathematik; Beobachten, Befragen in der Psychologie). Auf das Lernen in der Schule angewendet bedeutet dieser Ansatz, dass Lehr- und Lerninhalte sich zunächst an einfachen wissenschaftlichen Methoden orientieren sollen, um später zu methodischen Systemen ausgebaut zu werden. Als methodische Beispiele nennt Peterßen (2000) für den Unterricht in der Primarstufe Beobachten, Messen, Zählen, Beschreiben usw. Parker und Rubin (1966) stellen das Besondere des prozessorientierten Ansatzes im Vergleich zum konzeptorientierten Ansatz wie folgt dar: „Process, in contrast [to the compendium of information], refers to all the random, or ordered, operations which can be associated with knowledge and with human activities. There are variety of processes through which knowledge is created. There are also processes for utilizing knowledge and for communicating it. Processes are involved in arriving at decisions, in evaluating consequences, and in accomodating new insights.“ (Parker & Rubin, 1966, S. 2)

### ***Structure and Process***

Die Verschränkung der beiden wissenschaftsorientierten Ansätze lässt sich z.B. im Bereich der Mathematikdidaktik aufzeigen. Nachdem man sich zunächst auf inhaltliche Leitideen beschränkte, die von Phänomenen und *Strukturen* der mathematischen Welt (Freudenthal, 1983) abgeleitet waren, hat man mit den aktuellen Bildungsplänen eine zweite Dimension eingeführt, die allgemeinen mathematischen Kompetenzen. Die Kompetenzen beschreiben *Prozesse des Mathematiktreibens* (Blum, Drüke-Noe, Hartung & Köller, 2006, S. 33ff.) und orientieren sich an der Tradition der *Standards des NCTM* (1989, 1991, 1995, 2000). Durch die Verschrän-

kung von Struktur und Prozess wird ein Feld mathematischen Lernens aufgespannt, in dem Mathematik kompetenzorientiert erworben und angewendet werden kann.

Für die Informatik wurden im Sinne der Strukturorientierung zentrale Konzepte bereits empirisch bestimmt (Zendler & Spannagel, 2007). Gegenstand dieses Artikels ist die empirische Ermittlung zentraler Prozesse für den Informatikunterricht.

### **3. Wesentliche Ausgangspunkte für die empirische Bestimmung zentraler Prozesse für den Informatikunterricht**

Für die empirische Bestimmung zentraler Prozesse für den Informatikunterricht waren folgende Ausgangspunkte von zentraler Bedeutung: Erstens die allgemeinbildenden Prozesse von Costa und Liebmann (1997a), welche eine Menge potenziell in Frage kommender Prozesse für den Informatikunterricht darstellen. Zweitens die Absicherung, dass es sich bei den allgemeinbildenden Prozessen von Costa und Liebmann um Prozesse handelt, die für den Schulunterricht relevant sind. Drittens die Kriterien (Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium) zur Bewertung der allgemeinbildenden Prozesse in Bezug zur Didaktik der Informatik.

#### **3.1 Die allgemeinbildenden Prozesse von Costa und Liebmann**

Im Vorwort zu ihrer Trilogie *Process as Content* (Costa & Liebmann, 1997d) stellen Costa und Liebmann fest, dass Menschen im Berufsleben Kompetenzen benötigen, die über inhaltliches Wissen hinausgehen: „The members of future organizations will require skills beyond that of content knowledge. The new employees must possess process skills.“ (Costa & Liebmann, 1997d, S. xiv).

In ihrer intensionalen Definition von Prozessen folgen Costa und Liebmann (1997e) den Ausführungen von Parker und Rubin (1966) fast wörtlich: „Process [...] refers to all random, or ordered operations which can be associated with knowledge and human activities.“ (Costa & Liebmann, 1997e, S. 1). Extensional stellen Costa und Liebmann (1997e) insgesamt 44 konkrete allgemeinbildende Prozesse vor, die in Tabelle 1 alphabetisch aufgeführt sind. Für jeden dieser allgemeinbildenden Prozesse geben Costa und Liebmann eine Definition. Beispielsweise lautet die Definition für den Prozess *analyzing*: „Separating or breaking up a whole into its parts according to some plan or reason.“ (Costa & Liebmann, 1997e, S. 17), die Definition für *brainstorming*: „Spontaneously generating numerous alternative ideas while deferring judgment.“ (Costa & Liebmann, 1997e, S. 17) sowie die Definition für *categorizing*: „Arranging items that possess the same properties according to a predetermined scheme, criterion, or rule.“ (Costa & Liebmann, 1997e, S. 17).

#### **3.2 Relevanz der allgemeinbildenden Prozesse nach Costa und Liebmann für den Schulunterricht**

Der prozessorientierte Ansatz von Parker und Rubin (1966) beansprucht, dass Lehr- und Lerninhalte aus wissenschaftlichen Methoden einzelner Wissenschaftsdisziplinen abgeleitet werden. Dieser Anspruch wird besonders deutlich, wenn die Autoren die sogenannte „Funktion einer Disziplin“ (*The function of the discipline*) behandeln: „The predominant value of a subject lies not so much in its accumulated information

or in its intellectual artifacts, but in its special way of looking at phenomena, in its methods of inquiry, its procedures for utilizing research, and in its models of systematic thought.” (Parker & Rubin, 1966, S. 22).

Tabelle 1. Die 44 allgemeinbildenden Prozesse nach Costa und Liebmann (alphabetisch)

Nr.	Prozess	Nr.	Prozess
1	analyzing	23	intuiting
2	brainstorming	24	investigating
3	categorizing	25	meaning making
4	classifying	26	mediating and coaching
5	collaborating	27	networking
6	communicating	28	observing
7	comparing	29	operationalizing
8	consulting	30	ordering
9	contrasting	31	patterning
10	creating and inventing	32	presenting
11	decision making	33	prioritizing
12	deductive reasoning	34	problem solving and problem posing
13	facilitating	35	questioning
14	finding cause-and-effect relationships	36	researching
15	finding relationships	37	self-evaluating
16	forming, testing, and revising concepts and generalizations	38	sequencing
17	generalizing	39	summarizing
18	generating criteria	40	sylogistic reasoning
19	hypothesizing	41	synthesizing
20	imaging	42	transferring
21	inferring	43	transforming
22	inquiring	44	using metaphor

Eine erste Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, befasst sich damit, ob die Prozesse von Costa und Liebmann (1976a) in Beziehung zu wissenschaftlichen Methoden in einzelnen Wissenschaftsdisziplinen stehen und damit unter diesem Gesichtspunkt relevant für den Schulunterricht sind. Nach Mahner und Bunge (1997) werden Methoden als wissenschaftlich bezeichnet, wenn sie den Bedingungen der (i) Intersubjektivität, (ii) Prüfbarkeit und (iii) Erklärbarkeit standhalten. Bringt man die Prozesse von Costa und Liebmann mit wissenschaftlichen Methoden in Verbindung, wie sie in der wissenschaftstheoretischen Spezialliteratur zur allgemeinen und speziellen Methodologie beschrieben sind (Bocheński, 1954; Bunge, 1967a; Bunge 1967b; Bunge 1983a; Bunge 1983b; Bunge 1985a; Bunge 1985b; Popper, 1968; Wartofsky, 1968; Kuhn, 1970; Kraft, 1973; Scriven, 1976; Speck, 1980; Balzer, 1997; Curd & Cover, 1998; Mahner & Bunge, 1997; Newton-Smith, 2000; Machamer & Silberstein, 2002) und für welche die genannten Bedingungen außer Frage stehen, dann kann man zur folgenden Einschätzung kommen: Für mindestens die Hälfte der 44 Prozesse von Costa und Liebmann lässt sich der Nachweis erbringen, dass sie in Verbindung zu wissenschaftlichen Methoden stehen und damit für den Schulunterricht unter diesem Aspekt eine besondere Be-

deutsamkeit besitzen. Die Verbindung von Prozessen, wie sie von Costa und Liebmann beschrieben sind, zu wissenschaftlichen Methoden lässt sich im Einzelnen nachweisen: *analyzing* bei Bunge (1967a), *categorizing* bei Kraft (1973), *classifying* bei Bunge (1967a; 1983a), *creating and inventing* bei Bunge (1985b), *deductive reasoning* bei Scriven (1976), *finding relationships* bei Kraft (1973), *finding cause-and-effect relationships* bei Popper (1968) und Bunge (1985b), *forming, testing, and revising concepts* bei Popper (1968), *generalizing* bei Kraft (1973) und Wartofsky (1968), *hypothesizing* bei Bunge (1983a) und Wartofsky (1968), *inferring* bei Bunge (1983a) und Lipton (2000), *inquiring* bei Bunge (1967a; 1983a), *intuiting* bei Bunge (1983a) und Balzer (1997), *investigating* bei Popper (1968), *networking* bei Bunge (1985a) und Gibbons et al. (1994), *observing* bei Wartofsky (1968), *operationalizing* bei Bunge (1967a), *ordering* bei Wartofsky (1968), *problem solving and problem posing* bei Pólya (1957), Bunge (1967a) sowie Sternberg und Frensch (1991), *questioning* bei Bunge (1967a), *researching* bei Kuhn (1970), Bunge (1967a; 1967b) und Popper (1968), *sylogistic reasoning* bei Scriven (1976), *synthesizing* bei Bunge (1983a; 1985b) und *transferring* bei Sounder, Nashar und Padmanabhan (1990) sowie Bunge (1985b).

Eine zweite Frage, die sich hier stellt, betrifft den Umstand, ob die Prozesse, die Costa und Liebmann vorstellen und die in Verbindung zu wissenschaftlichen Methoden stehen, repräsentativ sind für die Gesamtmenge der Methoden, die in Formal-, Natur-, Geistes- und Sozial-, sowie Technikwissenschaften verwendet werden. Eine relativ gute Übersicht über die Gesamtmenge dieser Methoden ergibt sich, wenn man eine Liste mit den Methoden erstellt, die in den wissenschaftstheoretischen Monographien von Bocheński (1954), Bunge (1967a; 1967b; 1983a; 1983b; 1985a; 1985b), Popper (1968), Wartofsky (1968), Kraft (1973), Balzer (1997), Curd und Cover (1998), Mahner und Bunge (1997), Newton-Smith (2000) sowie Machamer und Silberstein (2002) aufgeführt sind. Vergleicht man eine solche Liste mit den in Frage stehenden Prozessen von Costa und Liebmann, dann lassen sich fast alle Prozesse mit den in den Monographien beschriebenen wissenschaftlichen Methoden kreuzreferenzieren. Ausnahmen sind etwa die wissenschaftliche Methode der Theorienbildung, die in allen Wissenschaftsdisziplinen verwendet wird, und die Methode des Prototypenbaus, die vornehmlich in den Technikwissenschaften benutzt wird.

### 3.3 Kriterien zur Bestimmung zentraler Prozesse für den Informatikunterricht

Für die Bestimmung der zentralen Prozesse für den Informatikunterricht aus den allgemeinbildenden Prozessen von Costa und Liebmann (1997a) sollen die Kriterien verwendet werden, die sich in der Fachdidaktik Informatik etabliert haben. Es handelt sich um die Kriterien von Schwill (1993, 1994). Im Einzelnen sind dies das Horizontalkriterium, das Vertikalkriterium, das Zeitkriterium und das Sinnkriterium.

- **Horizontalkriterium:** Der Prozess ist in vielen Bereichen der Disziplin vielfältig anwendbar oder erkennbar.
- **Vertikalkriterium:** Der Prozess kann auf jedem intellektuellen Niveau aufgezeigt und vermittelt werden (in der Primarstufe, in den Sekundarstufen, im Studium).

- **Zeitkriterium:** Der Prozess ist in der historischen Entwicklung der Disziplin deutlich wahrnehmbar und bleibt längerfristig relevant.
- **Sinnkriterium:** Der Prozess besitzt einen Bezug zu Sprache und/oder Denken des Alltags und der Lebenswelt.

## 4. Empirische Untersuchung

### 4.1 Methode

#### 4.1.1 Stichprobe

Insgesamt wurden 128 Informatikprofessoren an deutschen Hochschulen angeschrieben. Dabei handelt es sich um diejenigen Hochschulen, die nach dem CHE-Ranking 2006<sup>1</sup> bzgl. des Kriteriums „Forschungsreputation“ im Fach Informatik am Besten abgeschnitten haben. 24 Rücksendungen (ca. 18,8%) waren gültig und bildeten die Datenbasis für die Auswertung.

#### 4.1.2 Fragebogen

Den Informatikprofessoren wurde ein Fragebogen zur Bestimmung der zentralen Prozesse in der Informatik zugesandt. Dieser Fragebogen war analog gestaltet zu dem Fragebogen aus Zendler & Spannagel (2007). Der erste Teil des Fragebogens bestand u. a. aus einer ausführlichen Erläuterung der vier Kriterien. Der zweite Teil bestand aus vier Abschnitten, je einem Abschnitt für jedes Kriterium. In jedem dieser Abschnitte sollten die 44 allgemeinbildenden Prozesse von Costa und Liebmann danach beurteilt werden, inwieweit sie das jeweilige Kriterium erfüllen. Für das Horizontalkriterium beispielsweise musste die folgende Aussage bewertet werden: *Der Prozess ist in vielen Bereichen der Informatik vielfältig anwendbar oder erkennbar.* Die Bewertung wurde auf einer sechsstufigen Skala von 0 („trifft nicht zu“) bis 5 („trifft voll zu“) vorgenommen.

#### 4.1.3 Datenanalyse

Die Datenanalyse gliedert sich in mehrere Schritte (vgl. auch Zendler & Spannagel, 2007). Als erstes wird eine clusteranalytische Auswertung der Daten vorgenommen. Das Resultat dieser Auswertung sind mehrere Gruppen (*Cluster*) von Prozessen, die hinsichtlich der vier Kriterien ähnlich bewertet wurden. Anschließend werden die Stabilität und die Validität des Ergebnisses untersucht, um die Qualität der clusteranalytischen Lösung beurteilen zu können.

### 4.2 Ergebnisse

Zunächst werden einige Resultate der deskriptiven Datenanalyse beschrieben. Anschließend werden die clusteranalytischen Ergebnisse dargestellt und die Cluster im Einzelnen genauer erläutert. Schließlich werden die Resultate der Stabilitäts- und

---

<sup>1</sup> abrufbar unter <http://www.che.de> (letzter Zugriff am 11.9.2006); auszugsweise auch veröffentlicht in „Die Zeit. Studienführer 2006“



Validitätsanalysen aufgeführt. Die Auswertung der Daten erfolgte weitgehend mit SPSS 12.0. Die Stabilitätsanalyse wurde direkt in R implementiert.

#### 4.2.1 Deskriptive Datenanalyse

Abbildung 1 zeigt die deskriptive Auswertung mit den Mittelwerten der Prozesse bezüglich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium. Zur Sortierung in absteigender Richtung wurde ein Gesamtscore (Mittelwert aus den vier Kriterien) verwendet.

Die Prozesse mit den fünf höchsten Werten im Gesamtscore sind: *problem solving and problem posing*, *analyzing*, *generalizing*, *finding relationships* und *classifying*. Die Prozesse mit den fünf niedrigsten Werten sind: *self-evaluating*, *mediating and coaching*, *using methaphor*, *meaning making* und *intuiting*.

Horizontalkriterium	Vertikalkriterium	Zeitkriterium	Sinnkriterium	Gesamtscore	Prozesse	Horizontalkriterium	Vertikalkriterium	Zeitkriterium	Sinnkriterium	Gesamtscore	Prozesse
4.17	3.50	4.38	4.13	4.04	problem solving and problem posing	3.46	2.00	4.04	3.29	3.20	forming, testing, and revising concepts and generalizations
4.50	3.17	4.50	3.83	4.00	analyzing	3.13	3.17	3.17	3.33	3.20	sequencing
4.29	3.04	4.33	3.88	3.89	generalizing	3.25	3.17	3.21	3.08	3.18	summarizing
4.13	3.38	4.04	3.96	3.88	finding relationships	3.42	2.50	3.50	3.29	3.18	transforming
3.96	3.42	4.25	3.38	3.88	classifying	2.88	2.58	3.25	3.96	3.17	decision making
3.83	3.58	4.21	3.67	3.82	investigating	3.33	2.58	3.54	3.17	3.16	operationalizing
3.42	3.63	3.79	4.08	3.73	ordering	2.96	2.79	3.21	3.63	3.15	networking
3.42	3.54	3.46	4.29	3.68	communicating	2.50	3.42	2.88	3.75	3.14	observing
3.58	3.50	3.17	4.42	3.67	presenting	3.38	2.46	3.50	3.13	3.11	generating criteria
3.79	3.17	3.79	3.75	3.63	categorizing	3.04	2.46	3.50	3.04	3.01	inferring
3.58	3.04	3.88	3.83	3.58	finding cause-and-effect relationships	3.04	2.29	3.38	3.33	3.01	hypothesizing
3.04	3.50	3.71	4.04	3.57	comparing	2.79	2.38	2.88	3.88	2.98	consulting
3.42	3.50	3.38	3.96	3.56	collaborating	2.67	3.13	2.88	3.17	2.96	imaging
3.50	3.13	3.88	3.63	3.53	creating and inventing	2.29	3.04	2.79	3.21	2.83	contrasting
3.83	2.96	3.50	3.58	3.47	transferring	3.13	2.25	3.08	2.67	2.78	sylogistic reasoning
3.25	3.42	3.33	3.83	3.46	questioning	2.46	3.08	2.50	2.83	2.72	brainstorming
3.33	2.75	3.50	3.92	3.38	prioritizing	2.96	1.83	2.79	3.00	2.65	facilitating
3.75	2.46	3.88	3.29	3.34	deductive reasoning	2.46	2.08	2.25	3.08	2.47	self-evaluating
3.29	3.17	3.54	3.25	3.31	patterning	2.21	2.04	2.29	3.29	2.46	mediating and coaching
3.75	2.71	3.75	2.96	3.29	synthesizing	1.96	2.29	2.75	2.79	2.45	using methaphor
3.58	2.29	4.00	3.17	3.26	researching	2.21	1.92	2.58	2.92	2.41	meaning making
2.88	3.13	3.33	3.54	3.22	inquiring	1.79	2.42	2.21	3.00	2.35	intuiting

Abbildung 1. Mittelwerte der Prozesse (N=24)

#### 4.2.2 Clusteranalytische Auswertung

Als Datenbasis für die clusteranalytische Auswertung wurden die vier Mittelwerte der Prozesse bzgl. der vier Kriterien herangezogen. Als clusteranalytische Methode wird das Verfahren nach Ward verwendet, gemeinsam mit der quadrierten euklidischen Distanz als Distanzmaß. Bei der Wahl des Abbruchkriteriums wurde der C-Index nach Hubert und Levin (1976) berücksichtigt (zur Methodik vgl. auch Zandler & Spannagel, 2007). In den folgenden Abschnitten werden die sechs Cluster vorge-

stellt, die aus Gründen der Übersichtlichkeit in die so genannten "W"-, "L"- und "T"-Cluster zusammengefasst werden.

### Die "W"-Cluster

Abbildung 2 veranschaulicht die Clusterlösung für das so genannte „Winner“-Cluster (kurz: "W"-Cluster), das aus den Subclustern "W1/+H+Z", "W2" und "W3/+S" besteht und insgesamt 16 Prozesse enthält. Die Heatmap aus der Abbildung 2 enthält für jeden Prozess einen visualisierten Wert (Originalwert siehe in Abbildung 1) für Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium. Zudem verdeutlicht die Abbildung 2 anhand eines Dendrogramms die auf den einzelnen Fusionsstufen vorgenommenen Clusterbildungen.

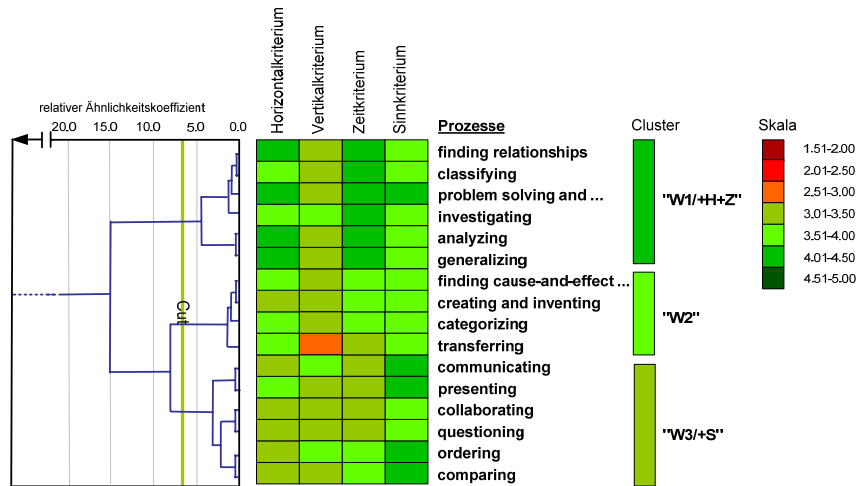


Abbildung 2. Clusterlösung für das „Winner“-Cluster

**"W1/+H+T"-Cluster.** Das Subcluster "W1/+H+T" umfasst insgesamt sechs Prozesse. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Vergleich zu den Prozessen in den anderen Subclustern besonders hohe Werte hinsichtlich Horizontal- und Zeitkriterium besitzen. Zum "W1/+H+T"-Cluster gehören *finding relationships*, *classifying*, *problem solving and problem posing*, *investigating*, *analyzing* und *generalizing* [Zentroid des "W1/+H+T"-Clusters = (4.15, 3.35, 4.28, 3.89)]. Das Dendrogramm zeigt, dass *finding relationships* und *classifying* wegen ihrer ähnlichen Werte bezüglich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium zuerst fusioniert werden. Auffallend ist, dass *analyzing* und *generalizing* auch schon zum Beginn der Clusterbildung gruppiert werden, dann aber spät den anderen Prozessen zugeordnet werden. Hervorzuheben ist der Prozess *problem solving and problem posing*, der als einziger aller Prozesse hohe Werte in drei Kriterien aufweist.

**"W2"-Cluster.** Die Prozesse im "W2"-Cluster, die im Mittel bei allen vier Kriterien deutlich niedrigere Werte aufweisen als die Prozesse im "W1"-Cluster [Zentroid des "W2"-Clusters = (3.68, 3.07, 3.76, 3.70)], sind *finding cause-and-effect relation-*

ships, creating and inventing, categorizing und transferring. Aus dem Dendrogramm kann entnommen werden, dass die Prozesse beginnend mit finding cause-and-effect relationship und creating and inventing nacheinander gruppiert werden.

**“W3/+S“-Cluster.** Das “W3/+S“-Cluster umfasst sechs Prozesse: communicating, presenting, collaborating, questioning, ordering und comparing. Die Prozesse zeichnen sich durch relativ hohe Werte im Sinnkriterium aus, ansonsten sind die Werte im Horizontal-, Vertikal- und Zeitkriterium niedriger als diejenigen der Prozesse in den beiden anderen Subclustern [Zentroid des “W3/+S“-Clusters = (3.35, 3.51, 3.47, 4.10)]. Interessant sind die Fusionierungen, die das Dendrogramm zeigt: Jeweils zwei Prozesse werden aufgrund ihrer Ähnlichkeit relativ früh paarweise gruppiert: communicating und presenting, collaborating und questioning, ordering und comparing.

### Die “I“-Cluster

Abbildung 3 zeigt die Clusterlösung für das so genannte „Intermediate“-Cluster (kurz: “I“-Cluster), mit 23 Prozessen, das aus den Subclustern “I1/-V“ und “I2/-H+S“ besteht. Aufgrund des Wertes für den C-Indexes (siehe „Cut“ in Abbildung 3) hätte man sich auch für vier Cluster entscheiden können mit den Prozessen *syllogistic reasoning* und *facilitating* in einem zusätzlichen Subcluster sowie *imaging*, *contrasting*, *brainstorming* und *observing* in einem weiteren Subcluster. Wegen der geringen Anzahl von Prozessen in diesen Clustern wurde darauf verzichtet. Die Prozesse sind charakterisiert durch die in der Heatmap visualisierten Werte hinsichtlich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium (N=24).

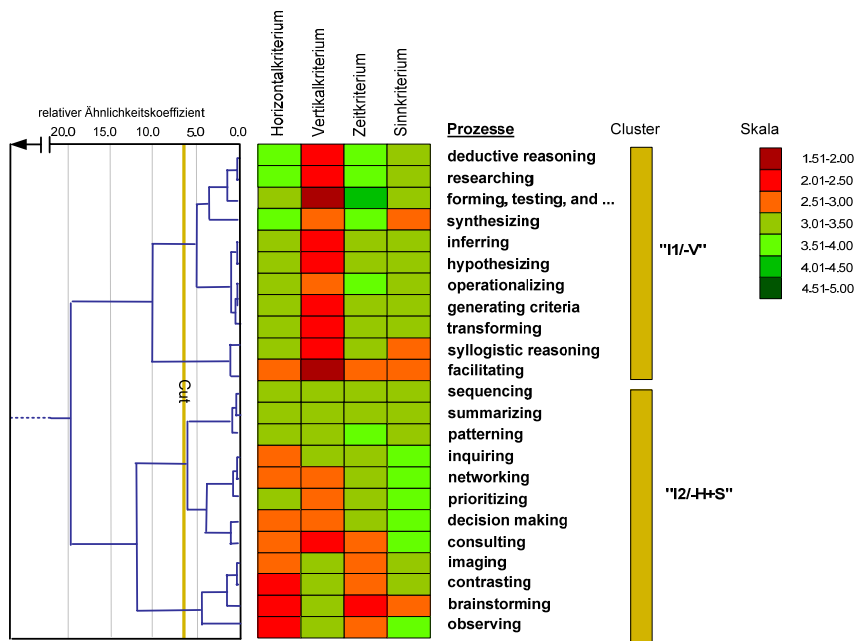


Abbildung 3. Clusterlösung für das „Intermediate“-Cluster

**“I1/-V“-Cluster.** Die Prozesse im “I1/-V“-Cluster erreichen mittelhohe Werte bezüglich des Horizontal-, Zeit- und Sinnkriteriums, niedrige Werte im Vertikalkriterium [Zentroid des “I1/-V“-Clusters = (3.35, 2.35, 3.54, 3.12)]. Das “I1/-V“-Cluster besteht aus den folgenden Prozessen: *deductive reasoning, researching, forming, testing, and revising concepts and generalizations, synthesizing, inferring, hypothesizing, operationalizing, generating criteria, transforming, syllogistic reasoning* und *facilitating*. Erwähnenswert ist der Prozess *facilitating*, der niedrige Werte in allen Kriterien besitzt. Im Dendrogramm sind die paarweisen frühen Fusionierungen von *deductive reasoning* und *researching*, *inferring* und *hypothesizing* sowie *operationalizing* und *generating criteria* auffällig.

**“I2/-H+S“-Cluster.** Die Prozesse im “I2/-H+S“-Cluster sind charakterisiert durch relativ hohe Werte im Sinnkriterium und niedrige Werte im Horizontalkriterium [Zentroid des “I2/-H+S“-Clusters = (2.87, 2.98, 3.09, 3.46)]. Ausnahme sind die drei Prozesse *sequencing, summarizing* und *patterning*, die ähnliche Werte in allen Kriterien besitzen. Das “I2/-H+S“-Cluster umfasst die Prozesse *sequencing, summarizing, patterning, inquiring, networking, prioritizing, decision making, consulting, imaging, contrasting, brainstorming* und *observing*.

### Das “L“-Cluster

Aus Abbildung 4 lässt sich die Clusterlösung für das so genannte „Verlierer-Cluster“ bzw. „Loser-Cluster“ (kurz: “L“-Cluster) entnehmen. Das “L“-Cluster umfasst 5 Prozesse (*self-evaluating, mediating and coaching, using metaphor, meaning making, intuiting*), für die visualisierte Werte bezüglich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium als Heatmap in der Abbildung angegeben sind. Ein Dendrogramm zeigt wieder die Abfolgen der Clusterbildung. Die Prozesse zeichnen sich durch sehr niedrige Werte im Horizontal-, Vertikal- und Zeitkriterium aus, höhere Werte ergeben sich nur für das Sinnkriterium [Zentroid des “L“-Clusters = (2.13, 2.15, 2.42, 3.02)]. Auffallend ist, dass die Prozesse *self-evaluating* und *mediating and coaching* sehr früh fusioniert werden, dann werden *using metaphor, meaning making* und *intuiting* gemeinsam in das Cluster eingebunden.

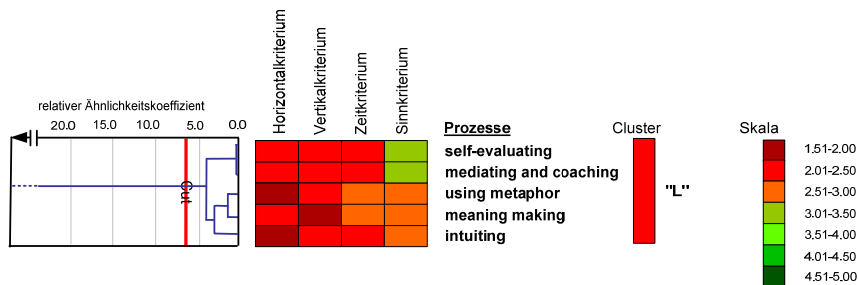


Abbildung 4. Clusterlösung für das „Loser“-Cluster

#### 4.2.3 Stabilität und Validität der clusteranalytischen Ergebnisse

Um die Qualität der clusteranalytischen Resultate zu überprüfen, wurden eine Analyse der Stabilität und eine Analyse der Validität durchgeführt. Das Vorgehen ist identisch mit dem bei Zendler und Spannagel (2007).

*Stabilität.* Mit Hilfe des Rand-Indexes  $RI$  (Rand, 1971; Hubert & Arabie, 1985) wurde die Stabilität des clusteranalytischen Ergebnisses untersucht. Hierzu wurden Clusteranalysen zu Datensätzen mit einer unterschiedlichen Anzahl von Datenfällen ( $N=5$ ,  $N=10$ ,  $N=15$ ,  $N=20$ ) durchgeführt. In Abbildung 5 sind die Rand-Indizes für die verschiedenen Datensätze abgetragen. Ein höherer Index gibt eine größere Übereinstimmung mit dem Datensatz bei  $N=24$  an. Schon bei  $N=10$  ist die Übereinstimmung als hoch einzustufen (Everitt, Landau & Leese, 2001, S. 183). Die Übereinstimmung der clusteranalytischen Ergebnisse mit denen der Clusteranalyse bei  $N=24$  verbessert sich außerdem mit steigendem  $N$ . Aufgrund der konvergierenden Rand-Indizes wären bei Datensätzen mit  $N>24$  größere Abweichungen von den clusteranalytischen Resultaten bei  $N=24$  nicht zu erwarten. Die Clusterlösung bei  $N=24$  kann somit als stabil eingestuft werden.

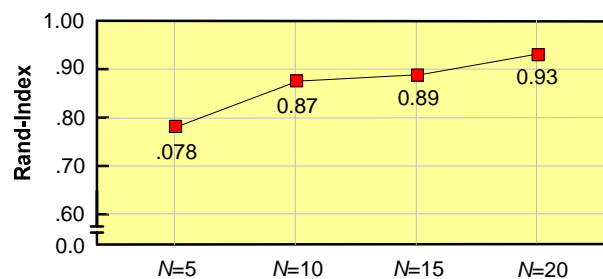


Abbildung 5. Rand-Index in Abhängigkeit von  $N$

*Validität.* Zur Prüfung der Validität des clusteranalytischen Resultats wurde zunächst eine einfaktorische 4-variate Varianzanalyse durchgeführt. Dabei wurde getestet, ob es einen signifikanten Unterschied („Overall-Signifikanz“) zwischen den sechs Clustern hinsichtlich der vier erhobenen Kriterien (Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium) gibt. Anschließend wurden Einzelvergleiche durchgeführt (*a posteriori*), um zu ermitteln, welche Cluster sich im Einzelnen signifikant unterscheiden.

Bei der einfaktorischen 4-variaten Varianzanalyse wurde Wilks  $\Lambda$  als Prüfgröße herangezogen und in einen F-Wert transformiert. Es ergab sich ein F-Wert von  $F=14.78$ . Bei einem kritischen Wert von  $F_{(20, 117)} < 2.04$  ( $\alpha=.01$ ) unterscheiden sich die sechs Cluster somit signifikant.

Bei den anschließenden Einzelvergleichen wurde wiederum Wilks  $\Lambda$  als Prüfgröße herangezogen und in einen F-Wert transformiert. In Abbildung 6 können für jeden Einzelvergleich der berechnete F-Wert und die Zähler- und Nennerfreiheitsgrade abgelesen werden. In der Tabelle rechts daneben sind die kritischen Werte für zwei

verschiedene  $\alpha$ -Niveaus ( $\alpha=.01$  und  $\alpha=.05$ ) angegeben. Von insgesamt 15 Einzelvergleichen sind 14 bei  $\alpha=.01$  (\*\*) und einer bei  $\alpha=.05$  (\*) signifikant. Somit kann festgestellt werden, dass sich alle Cluster voneinander statistisch unterscheiden.

### 4.3 Diskussion

Von den 44 beurteilten Prozesse erreichten 33 Prozesse hohe und mittelhohe Werte im Zeitkriterium (Ausnahme: die Prozesse im "I2/-H+S"-Cluster, die Prozesse im "L"-Cluster sowie der Prozess *facilitating*), was dafür spricht, dass mit den vorgeschlagenen Prozessen tatsächlich Prozesse gewonnen wurden, die in der Wissenschaftsdisziplin Informatik längerfristig relevant sind.

	"W2"	"W3/+S"	"I1/-V"	"I2/-H+S"	"L"
"W2"	12.52** (4; 5)	21.74** (4; 7)	30.89** (4; 12)	21.51** (4; 13)	284.46** (4; 6)
"W3/+S"		89.24** (4; 5)	15.33** (4; 10)	4.52* (4; 11)	162.20** (4; 4)
"I1/-V"			60.09** (4; 12)	15.04** (4; 13)	139.11* (4; 6)
"I2/-H+S"				24.75** (4; 18)	14.57** (4; 11)
"L"					20.94** (4; 12)

df	F <sub>krit, .99</sub>	F <sub>krit, .95</sub>
(4; 4)	16.0	6.39
(4; 5)	11.39	5.19
(4; 6)	9.15	4.53
(4; 7)	7.85	4.12
(4; 10)	5.99	3.48
(4; 11)	5.67	3.36
(4; 12)	5.41	3.26
(4; 13)	5.21	3.18
(4; 18)	4.58	2.93

Abbildung 6 . Berechnete und kritische F-Werte für die Einzelvergleiche

Im "W1/+H+Z"-Cluster befinden sich die folgenden zentralen Prozesse für den Informatikunterricht: *problem solving and problem posing, classifying, finding relationships, investigating, analyzing* und *generalizing*. Wegen der höchsten Werte im Gesamtscore (4.04 bzw. 4.00) scheinen *problem solving and problem posing* sowie *analyzing* (siehe Abbildung 3) die wichtigsten Prozesse für den Informatikunterricht zu sein. Für die Prozesse im "W1/+H+Z"-Cluster lassen sich aufgrund ihrer hohen Werte in allen Kriterien die folgenden Aussagen treffen: Sie spielen in allen Bereichen der Informatik eine Rolle (hohe Werte im Horizontalkriterium), sie lassen sich nach Einschätzung der Experten durchaus auf verschiedenen Altersstufen vermitteln (mittelhohe Werte im Vertikalkriterium); sie bleiben zeitlich langfristig relevant (hohe Werte im Zeitkriterium); und sie sind von großer Bedeutung in Sprache und/oder Denken des Alltags und der Lebenswelt (hohe Werte im Sinnkriterium). Die Prozesse im "W2"-Cluster sind gegenüber den Prozessen im "W1/+H+Z"-Cluster deutlich schwächer in allen Kriterien. Sie sind insbesondere im

Vertikalkriterium schwächer, das heißt, es ist schwieriger, diese Prozesse im Vergleich zu den Prozessen im "W1/+H+Z"-Cluster auf allen Klassenstufen zu vermitteln. Die Prozesse im "W3/+S"-Cluster sind wegen ihrer hohen Werte im Sinnkriterium (die Werte sind im Mittel höher als die Werte der Prozesse im "W1/+H+Z") interessant für einen fächerverbindenden Unterricht unter Beteiligung des Fachs Informatik.

Bei den Prozessen im "I1/-V"-Cluster scheint es aufgrund der niedrigen Werte im Vertikalkriterium so zu sein, dass die darin enthaltenen Prozesse sich nicht zur Vermittlung auf allen Klassenstufen eignen. Interessanter für den Schulunterricht dagegen sind die Prozesse aus dem "I2/-H+S"-Cluster, die zwar niedrige Werte im Horizontalkriterium, teilweise auch im Zeitkriterium aufweisen, aber mittelhohe Werte im Sinnkriterium besitzen. Das könnte ein Indiz dafür sein, dass sie sich für einen fächerübergreifenden Unterricht eignen könnten, in den auch die Informatik einbezogen werden sollte.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass manche Prozesse aus dem "W"- und dem "I"-Cluster auch im Kontext der bestehenden Kataloge fundamentaler Ideen bzw. grundlegender Konzepte (vgl. Abschnitt 1) herausgearbeitet worden sind, insbesondere *communicating* bei Denning (2003) sowie *classifying* bei Loidl, Mühlbacher und Schauer (2005).

Die Prozesse im "L"-Cluster besitzen in allen Kriterien niedrige Werte. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Prozesse nur eine geringe Rolle in der Informatik spielen und daher im Informatikunterricht nicht behandelt werden sollten.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Aus den Ergebnissen der Untersuchung kann geschlossen werden, dass es sich bei den Prozessen *problem solving and problem posing*, *classifying*, *finding relationships*, *investigating*, *analyzing* und *generalizing* aus dem "W1/+H+Z"-Cluster um zentrale Prozesse für den Informatikunterricht handelt. Sie sind besonders deswegen für den Schulunterricht relevant, weil sie dem Anspruch genügen, aus wissenschaftlichen Methoden ableitbar zu sein. Vor allem aufgrund der hohen Werte im Horizontal- und Zeitkriterium sollten die Prozesse *problem solving and problem posing* und *analyzing* eine zentrale Bedeutung für den Informatikunterricht haben. Obwohl Prozesse aus dem "W2"-Cluster auch für den Informatikunterricht interessant sein könnten, seien an dieser Stelle indes die Prozesse *communicating*, *presenting*, *collaborating*, *questioning*, *ordering* und *comparing* aus dem "W3/+S"-Cluster hervorgehoben, die wegen ihrer hohen Werte im Sinnkriterium für den praktischen Informatikunterricht bedeutsam sein sollten.

In Folgearbeiten müssen nun die zentralen Prozesse für den Informatikunterricht genauer spezifiziert werden. Dies ist beispielsweise durch das Anfertigen eines semantischen Netzes, das Prozesse und Subprozesse in Beziehung setzt und wesentliche Eigenschaften beschreibt, möglich. Daneben können die Prozesse in Verbindung mit den zentralen Konzepten der Informatik gebracht werden (Zendler & Spannagel, 2007). Vor diesem Hintergrund ist die Fachdisziplin Didaktik der Informatik, was den Informatikunterricht in der Schule angeht, in der hervorragenden

Position, einen ähnlichen Standard aufstellen zu können, wie dies durch die NCTM-Standards für die Mathematik schon gegeben ist (NCTM, 2000). In den NCTM-Standards werden neben mathematischen Inhaltsbereichen wie *Zahl und Operation* und *Datenanalyse und Wahrscheinlichkeit* auch mathematische Prozesse wie *Problemlösen* und *Begründen und Beweisen* berücksichtigt.

Insgesamt zeigt diese Arbeit gemeinsam mit der Arbeit von Zender & Spannagel (2007), dass zentrale Konzepte und zentrale Prozesse einer Disziplin empirisch ermittelt werden können. Der dadurch entstehende Prozess-Konzept-Katalog ist aufgrund der Einschätzungen zahlreicher Experten gegenüber subjektiven Einflüssen, die in Katalogen einzelner Personen wirken, abgesichert.

## Danksagung

Wir danken Anne Nittmann für die Hilfe bei der Durchführung der Fragebogenaktion und Thomas Reuter für die Unterstützung bei der Erhebung der Daten.

## 6. Literatur

- Balzer, W. (1997). *Die Wissenschaft und ihre Methoden*. Freiburg: Alber.
- Baumann, R. (1996). *Didaktik der Informatik* (2., völlig neu bearbeitete Auflage). Stuttgart: Klett.
- Blum, W., Dürke-Noe, C., Hartung, R., & Köller, O. (Hrsg.) (2006). *Bildungsstandards Mathematik konkret*. Berlin: Cornelsen.
- Bocheński, I. M. (1954). *Die zeitgenössischen Denkmethoden*. München: Lehnen.
- Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bunge, M. (1967a). *Scientific research I. The search for system*. Berlin: Springer.
- Bunge, M. (1967b). *Scientific research II. The search for truth*. Berlin: Springer.
- Bunge, M. (1983a). *Treatise on basic philosophy. Vol 5: Epistemology & methodology I: Exploring the world*. Dordrecht: Reidel.
- Bunge, M. (1983b). *Treatise on basic philosophy. Vol 6: Epistemology & methodology II: Understanding the world*. Dordrecht: Reidel.
- Bunge, M. (1985a). *Treatise on basic philosophy. Vol 7: Epistemology & methodology III: Philosophy of science and technology. Part I: Formal and physical sciences*. Dordrecht: Reidel.
- Bunge, M. (1985b). *Treatise on basic philosophy. Vol 7: Epistemology & methodology III: Philosophy of science and technology. Part II: Life science, social science, and technology*. Dordrecht: Reidel.
- Costa, A. L. & Liebmann, R. M. (Eds.) (1997a). *Envisioning process as content. Toward a renaissance curriculum*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.



- Costa, A. L. & Liebmann, R. M. (Eds.) (1997b). *The process-centered school. Sustaining a renaissance community*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Costa, A. L. & Liebmann, R. M. (Eds.) (1997c). *Supporting the spirit of learning. When process is content*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Costa, A. L. & Liebmann, R. M. (1997d). Preface to the trilogy. In L.A. Costa & R.M. Liebmann (Eds.), *Envisioning process as content. Toward a renaissance curriculum* (S. xiii–xix). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Costa, A. L. & Liebmann, R. M. (1997e). Toward renaissance curriculum. In L. A. Costa & R. M. Liebmann (Eds.), *Envisioning process as content. Toward a renaissance curriculum* (S. 1–20). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Curd, M. & Cover, J. A. (1998). *Philosophy of science*. New York: Norton & Company.
- Denning, P. J. (2003). Great principles of computing. *Communications of the ACM* 46 (11), 15–20.
- Everitt, B. S., Landau, S. & Leese, M. (2001). *Cluster analysis*. London: Arnold.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Dordrecht: Reidel.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.
- Hartmann, W., Näf, M. & Reichert, R. (2006). *Informatikunterricht planen und durchführen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Heimann, P. (1962). Didaktik als Theorie und Lehre. *Die Deutsche Schule*, 54, 407–427.
- Hubert, L. J. & Arabie, P. (1985). Comparing partitions. *Journal of Classification* 2, 193–218.
- Hubert, L. J. & Levin, J. R. (1976). A general statistical framework for assessing categorical clustering in free recall. *Psychological Bulletin* 83, 1072–1080.
- Klafki, W. (1963). *Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung*. Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1976). *Aspekte kritisch-konstruktiver Erziehungswissenschaft*. Weinheim: Beltz.
- Knöß, P. (1989). *Fundamentale Ideen der Informatik im Mathematikunterricht: grundsätzliche Überlegungen und Beispiele für die Primarstufe*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Kraft, V. (1973). *Die Grundformen der wissenschaftlichen Methoden*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Kuhn, T.S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University Press.

- Lipton, P. (2000). Inference to the best explanation. In W. H. Newton-Smith (Ed.), *A companion to the philosophy of science* (S. 184–193). Oxford: Blackwell Publishers.
- Loidl, S., Mühlbacher, J. & Schauer, H. (2005). Preparatory knowledge: Propaedeutic in informatics. In: R. T. Mittermeir (Eds.), *From computer literacy to informatics fundamentals* (S. 105–115). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Machamer, P. & Silberstein, M. (2002). *Philosophy of science*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Mahner, M. & Bunge, M. (1997). *Foundations of biophilosophy*. Berlin: Springer.
- Modrow, E. (2003). *Pragmatischer Konstruktivismus und fundamentale Ideen als Leitlinien der Curriculumsentwicklung*. Dissertation. Halle (Saale): Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- NCTM – National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- NCTM – National Council of Teachers of Mathematics (1991). *Professional standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- NCTM – National Council of Teachers of Mathematics (1995). *Assessment standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- NCTM – National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Newton-Smith, W. H. (2000). *A companion to the philosophy of science*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Nievergelt, J. (1980). Computer science education: An emerging consensus on basic concepts. In: S.H. Lavington (Eds.), *Information processing 80* (S. 927–933). Amsterdam: North Holland.
- Nievergelt, J. (1990). Computer science for teachers: A quest for classics and how to present them. In: D. H. Norrie and H. W. Six (Eds.), *Computer assisted Learning, Lecture Notes in Computer Science 438* (S. 2–15). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Parker, J. C. & Rubin, L. J. (1966). *Process as content. Curriculum Design and the application of knowledge*. Chicago: Rand McNally & Company.
- Peterßen, W.H. (2000). *Handbuch Unterrichtsplanung*. München: Oldenbourg.
- Pólya, G. (1957). *How to solve it?* New York: Doubleday Anchor Books.
- Popper, K.R. (1968). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson & Co.
- Rand, W. M. (1971). Objective criteria for the evaluation of clustering methods. *Journal of the American Statistical Association* 66, 846–850.
- Schwab, J. J. (1962). The concept of the structure of a discipline. *The Educational Review*, 43, 197-205.

- Schwill, A. (1993). Fundamentale Ideen der Informatik. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 25(1), 20–31.
- Schwill, A. (1994). Fundamental ideas of computer science. *EATCS Bulletin* 53, 274–295.
- Scriven, M. (1976). *Reasoning*. New York: McGraw-Hill.
- Sfard, A. (2003). Balancing the unbalanceable: The NCTM standards in light of theories of learning mathematics. In: J. Kilpatrick, G. Martin, & D. Schifter (Hrsg.), *A research companion of principles and standards for school mathematics* (S. 353–392). Reston, VA: NCTM.
- Sounder, W. E., Nashar, A. S., & Padmanabhan, W. (1990). A guide to the best technology-transfer practices. *Journal of Technology Transfer* 15, 1/2, 5–15.
- Speck, J. (1980). *Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Sternberg, R. J. & Frensch, P. A. (Eds.) (1991). *Complex problem solving: Principles and mechanisms*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tütken, H. (1970). Curriculum und Begabung in der Grundschule. *Grundschulkongreß 69* (Bd.3) Inhalte grundlegender Bildung. Frankfurt: Arbeitskreis Grundschule.
- Wagenschein, M. (1966). *Verstehen lehren* (9. Auflage). Weinheim: Beltz.
- Wartofsky, M.W. (1968). *Conceptual foundations of scientific thought*. New York: Macmillan Company.
- Wursthorn, B. (2005a). Fundamental concepts of computer science in a Logo-environment. In: G. Gregorczyk, A. Walat, Kranas, W. & Borowiecki, M. (Eds.). *Digital tools for lifelong learning. Proceedings of the tenth European Logo Conference* (S. 219–227). Warsaw: Centre for Informatics and Technology in Education.
- Wursthorn, B. (2005b). Informatische Grundkonzepte zu Beginn der Sekundarstufe I. In: Friedrich, S. (Ed.). *Unterrichtskonzepte für informatische Bildung* (S. 91–100). Bonn: Köllen Druck + Verlag.
- Zendler, A. & Spannagel, C. (2007). Empirical foundation of central concepts for computer science education. *Journal on Educational Resources in Computing* (in review)