

# Zentrale Konzepte im Informatikunterricht: eine empirische Grundlegung

Andreas Zendler und Christian Spannagel

University of Education Ludwigsburg

**Abstract.** Informatikunterricht sollte sich nicht an kurzfristigen Entwicklungen orientieren, sondern an den wesentlichen Inhalten der Disziplin Informatik. Zentrale Konzepte sind solche inhaltlichen Elemente, an der sich eine curriculare Planung ausrichten kann. In der Vergangenheit wurden einige Listen grundlegender Konzepte oder fundamentaler Ideen der Informatik vorgeschlagen. Diese Kataloge sind jedoch subjektiv und empirisch nicht abgesichert. In diesem Artikel werden zentrale Konzepte der Informatik empirisch ermittelt. Informatikprofessoren bewerteten 49 Konzepte der Informatik hinsichtlich vier Kriterien. Dabei wurden die folgenden zentralen Konzepte der Informatik aus der clusteranalytischen Auswertung der Daten gewonnen: *problem, data, computer, test, algorithm, process, system, information, language, communication, software, program, computation, structure* und *model*.

**Keywords:** computer science education, central concepts, fundamental ideas.

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

## 1. Einleitung

Eine interessante und herausfordernde Aufgabe der Fachdidaktik Informatik ist die Beantwortung der Frage, welche Inhalte im Informatikunterricht behandelt werden sollen. Derzeit reicht das Spektrum von Nutzerschulungen über Programmierkurse bis hin zur Bearbeitung theoretischer Aufgabenstellungen. Die Unsicherheit der Lehrpersonen zeigt sich beispielsweise darin, dass Inhalte an den aktuellen Entwicklungen der jeweiligen Zeit ausgerichtet werden und auf kurzlebiges Produktwissen zurückgegriffen wird (Baumann, 1993; Hartmann & Nievergelt, 2002). Die auf diese Weise vermittelten Inhalte werden jedoch durch die rasche Entwicklung im IT-Bereich schnell obsolet. Schülerinnen und Schüler sollten hingegen Konzepte und Kompetenzen im Informatikunterricht erwerben, die längerfristig relevant sind, die sie im Alltag gebrauchen können und die in gewisser Weise für das Fach repräsentativ sind. Berger (1998) beschreibt, dass sich Lehrer in der Pionierzeit des Informatikunterrichts auf verschiedene Hard- und Softwarekenntnisse spezialisiert hatten und diese auch im Unterricht vermittelten. Weil der rasche Wandel ihre Spezialkenntnisse aber schnell obsolet werden ließ, setzten sie immer mehr grundlegende Inhalte wie Algorithmen in den Mittelpunkt des Unterrichts. Eine Konzentration auf die wesentlichen Inhalte eines Fachs sollte allerdings nicht aus Enttäuschung über den schnell vergehenden Nutzen eigener Kenntnisse entstehen, sondern aus der

Motivation heraus, die eigene Unterrichtsgestaltung auf eine didaktisch angemessene Grundlage zu stellen.

Im Buch *The Process of Education* fordert Bruner (1960), der *Struktur* eines Fachs bei der Lehrplangestaltung mehr Beachtung zu schenken. Richtungsweisende, strukturelle Elemente sind dabei nach Bruner die fundamentalen Ideen des Fachs (auch *fundamentale Konzepte*, *Grundkonzepte*, *Leitideen*, *universelle Ideen* oder *zentrale Ideen*). Bruner definiert allerdings den Begriff *fundamentale Idee* nicht. Seine Darlegungen entsprechen eher einem „Schlagwort-System“, welches durch eine gewisse Vagheit teilweise unbestimmt bleibt (Apple, 1992). Dennoch lässt sich aus seinen Ausführungen erkennen, dass die zentralen Elemente eines Fachs zum einen in einem breiten Anwendungskontext Bedeutung haben, zum anderen auf jedem intellektuellen Level vermittelt werden können (vgl. Schwill, 1993, 1994a). Fundamentale Ideen sind vergleichbar mit „tragenden Säulen“ (Schwill, 1994b), auf denen ein Fach ruht, mit „Kristallisationskernen“ (Jung, 1978; Heymann, 1996), mit „roten Fäden“ (Klika, 2003) oder mit chemischen „Elementen“, die in unterschiedlichen Kombinationen verschiedene Stoffe ergeben (Halmos, 1981). Die Bedeutung der Fokussierung zentraler Ideen wurde bereits von Whitehead (1929) hervorgehoben.

Zahlreiche Personen haben bereits Kataloge von Grundkonzepten oder fundamentalen Ideen der Informatik vorgestellt (z.B. Knöß, 1989; Schwill, 1993, 1994a; Wursthorn, 2005a, 2005b). Diese Kataloge sind allerdings subjektiv gefärbt. Ein Katalog, der auf den Einschätzungen vieler Experten beruht, liegt derzeit nicht vor. Die Idee, mehrere Informatikprofessoren zu schulischen Inhalten im Informatikunterricht zu befragen, ist bislang kaum verfolgt worden. König (1993) beschreibt die Ergebnisse einer Umfrage von Hochschulprofessoren, in der unter anderem gefragt wurde, welche Informatikkenntnisse in der gymnasialen Oberstufe vermittelt werden sollen. In der Anlage dieser Umfrage ist aber keine systematische Methode zu erkennen, und ein Katalog von Grundkonzepten ist nicht daraus hervorgegangen.

Dieser Artikel beschreibt eine Studie, in der zahlreiche Experten des Fachs Informatik systematisch befragt wurden. Die einzelnen Einschätzungen wurden clusteranalytisch ausgewertet. Das Resultat ist ein Katalog zentraler Konzepte der Informatik, der durch die Meinung vieler Experten abgesichert ist.

In Abschnitt 2 werden zunächst begriffliche Grundlagen gelegt. Dabei werden die Begriffe *Konzept* und *Idee* geklärt. Anschließend werden Kataloge informatischer Grundkonzepte bzw. fundamentaler Ideen vorgestellt und Kriterien zur Bestimmung zentraler Konzepte der Informatik beschrieben. Abschnitt 3 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. Zentrale Konzepte der Informatik**

In der Diskussion um wesentliche Inhalte des Informatikunterrichts werden verschiedene Begriffe gebraucht. Es wird beispielsweise von grundlegenden Konzepten

oder fundamentalen Ideen gesprochen. Im Rahmen dieser Arbeit werden wesentliche Inhalte *zentrale Konzepte* genannt. Dies wird im nächsten Abschnitt begründet. Anschließend werden bisherige Vorschläge für grundlegende Inhalte vorgestellt. Die Liste der Vorschläge wird sich dabei als heterogen erweisen. Als Voraussetzung der empirischen Grundlegung zentraler Inhalte für Informatikunterricht werden schließlich Kriterien zur Bestimmung von zentralen Konzepten diskutiert.

## 2.1 Konzept und Idee

Ein *Konzept* (auch: *Begriff*) ist eine *Denkeinheit*. Nach DIN 2342 Teil 1 ist *Begriff* definiert als „Denkeinheit, die aus einer Menge von Gegenständen unter Ermittlung der diesen Gegenständen gemeinsamen Eigenschaften mittels Abstraktion gebildet wird.“ (DIN 2342, 1992). In der internationalen Norm ISO 1087-1 ist *concept* definiert als „unit of knowledge created by a unique combination of characteristics.“ (ISO 1087-1, 2000). Konzepte sind abzugrenzen von *Benennungen*, also den Wörtern oder Wortsequenzen, die die Konzepte bezeichnen, und von den referenzierten *Gegenständen und Fakten* (Bunge, 1967a). So enthält beispielsweise der Satz „Der Apfel fällt vom Baum.“ das Wort „Apfel“, das als Benennung das Konzept *Apfel* bezeichnet. Dieses Konzept ist die Abstraktion aller realen Äpfel in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Das Konzept *Apfel* fasst die Eigenschaften dieser realen Früchte zusammen, also beispielsweise die spezielle Form und die Farbe von Äpfeln und die Tatsache, dass sie auf Bäumen wachsen und im Herbst herunterfallen. Der Zusammenhang zwischen Benennung, Konzept und Gegenstand wird im semiotischen Dreieck aufgezeigt (Abbildung 1). Dort werden die Begriffe üblicherweise mit *Symbol*, *Referenz* und *Referent* bezeichnet. Die *Referenz* entspricht dabei Bunges *Konzept*. (Eine ausführliche Diskussion des semiotischen Dreiecks findet sich bei Eco, 1976.)

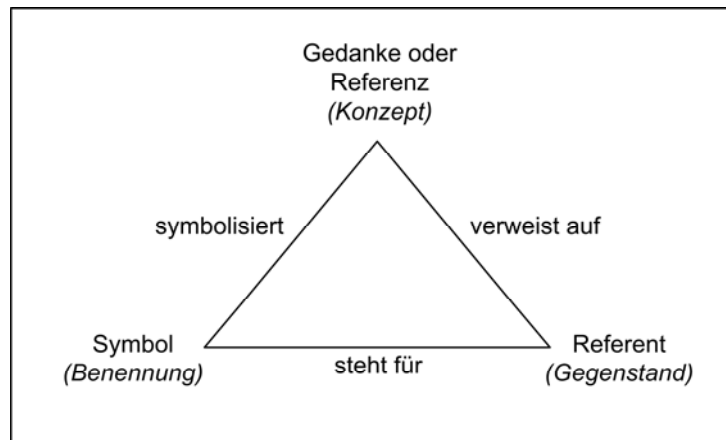


Abbildung 1. Das semiotische Dreieck in Anlehnung an Ogden & Richards (1969) und Arntz, Picht & Mayer (2004)

Die *Intension* eines Konzepts beschreibt die Menge der Eigenschaften, die dieses Konzept ausmachen (also beispielsweise die Form und die Farbe beim Konzept *Apfel* usw.). Die *Extension* eines Konzepts ist die Menge aller referenzierten Objekte (Bunge, 1967a). Konzepte lassen sich zudem in *Taxonomien* anordnen, so dass ein hierarchischer Zusammenhang zwischen ihnen hergestellt werden kann.

Ein Oberbegriff zu *Konzept* ist nach Bunge (1967b) das *Objekt*. Objekte sind alles, was Gegenstand des Denkens oder Handelns ist oder werden kann. Dabei unterscheidet Bunge *Tatsachen* (auch *konkrete Objekte*) und *Ideen* (auch *ideelle Objekte*). Als Tatsache kann alles bezeichnet werden, was der Fall ist, d.h. zur Realität gehört. Hierzu zählen Dinge, Ereignisse, Prozesse und Phänomene. Alle anderen Objekte werden als Ideen bezeichnet. Hierzu zählen nach Bunge neben Formeln und Theorien auch die *Konzepte*. Abbildung 2 gibt hierzu eine Übersicht.

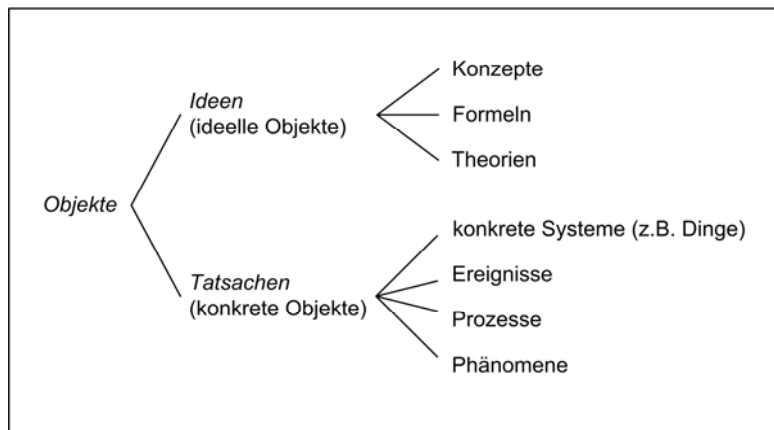


Abbildung 2. Übersicht über verschiedene Formen von Objekten (nach Bunge, 1967b, S. 156)

Es lassen sich in der Literatur zu fundamentalen Ideen noch andere Charakterisierungen von *Idee* finden. Vollrath (1978) bezeichnet mit Idee „[...] den entscheidenden Gedanken eines Themas, den wesentlichen Kern einer Überlegung, den fruchtbaren Einfall bei der Lösung eines Problems, die leitenden Fragestellungen einer Theorie, die zentrale Aussage eines Satzes, die einem Algorithmus zugrundeliegenden Zusammenhänge und die mit Begriffsbildungen verbundenen Vorstellungen.“ (Vollrath, 1978, S. 449). Schwill (2004) gibt einen Abriss über den philosophischen Hintergrund zur Unterscheidung von *Konzept* und *Idee*. Er grenzt dabei *Idee* deutlich von der Denkeinheit *Konzept* ab. „Ideas are idealized imaginations which objectives are attached to that may not be experienced. However, they guide the human impulse to research and instruct the mind to extend its knowledge towards these objectives possibly without ever reaching them.“ (Schwill, 2004, S. 154). Schwill weist auf die Gefahr hin, dass die Verwendung des Begriffs *Konzept* zu einer über-

mäßigen Form der Strukturorientierung verleiten kann, wie dies in Zeiten der *Neuen Mathematik* der Fall war. Jung (1978) kritisiert ebenfalls die Entwicklungen der damaligen Zeit in der Mathematik und charakterisiert *Idee* folgendermaßen:

„Mit ‚Ideen‘ ist nämlich mehr gemeint als mit ‚Struktur‘ oder mit ‚Verfahren‘. Idee schließt die Vorstellung einer geistiges Leben organisierenden Potenz ein. [...] Ideen sind in gewisser Hinsicht auch weniger: Die Idee einer Sache ist etwas vage, braucht keine Detaillierung, macht sie überhaupt erst sinnvoll. Sie entspricht dem, was manche Lernpsychologen ein ‚Schema‘ nennen. Ideen sind geistige Gebilde, an denen *Teilhabe* in mehr oder weniger hohem Grade möglich ist.“ (Jung, 1978, S. 170; Hervorhebung im Original)

Die Charakterisierungen zeigen, dass der Begriff *Idee* schwierig zu fassen ist. Um eine gewisse Konkretheit zu gewährleisten, soll daher im Folgenden von *Konzepten* im Sinne Bunges (1967a) gesprochen werden. Ziel dieser Arbeit ist die Ermittlung von Konzepten, die wesentliche Inhalte des Informatikunterrichts sind und die als relevant für die Schüler angesehen werden können. Um dabei der Gefahr einer übertriebenen Strukturorientierung (wie bei der *Neuen Mathematik*) zu begegnen, sollen diese Konzepte als *zentrale Konzepte* bezeichnet werden. Der Begriff *zentrales Konzept* erhebt nicht unumstößlichen Anspruch, grundlegendes Strukturelement einer Disziplin zu sein, wie beispielsweise *fundamentales Konzept* oder *Grundkonzept*. Durch die Wahl dieses Begriffes soll zudem deutlich gemacht werden, dass entsprechende Konzepte bei der Planung von Curricula und von einzelnen Unterrichtsstunden in den Fokus rücken sollen.

## **2.2 Kataloge grundlegender Konzepte und fundamentaler Ideen der Informatik**

In der Vergangenheit wurden unterschiedliche Vorschläge für fundamentale Ideen (bzw. Grundkonzepte, fundamentale Konzepte, zentrale Kategorien usw.) der Informatik von verschiedenen Autoren vorgestellt (z.B. Nievergelt, 1980; Dörfler, 1984; Lockemann, 1986; Knöß, 1989; Nievergelt, 1990; Schwill, 1993, 1994a; Lehmann, 1995; Baumann, 1996, 1998; Denning, 2003; Modrow, 2003; Loidl, Mühlbacher & Schauer, 2005; Wursthorn, 2005a, 2005b; Hartmann, Näf & Reichert, 2006). Dabei wurde entweder auf die gesamte Informatik oder eines ihrer Teilgebiete Bezug genommen. So identifiziert beispielsweise Schwill (1993, 1994a) die „Masterideen“ *Algorithmisierung*, *strukturierte Zerlegung* und *Sprache*, unter denen er noch zahlreiche weitere fundamentale Ideen anordnet (z.B. *Komplexität*, *Modularisierung*, *Hierarchisierung*, *Orthogonalisierung*, *Syntax*, *Semantik* usw.).

Die einzelnen Listen haben zwar Überschneidungspunkte, es sind aber zahlreiche Differenzen vorhanden. Weiterhin sind einige der Kataloge sehr lang. Modrow (2003) kritisiert beispielsweise den Schwillschen Katalog hinsichtlich des Aspektes, dass bei derart vielen fundamentalen Ideen die Fundamentalität verloren geht. Zudem beziehen sich einige der Kataloge nur auf Teilgebiete der Informatik, z.B. auf die Theoretische Informatik (Modrow, 2003) oder auf den Softwareentwicklungs-

prozess (Schwill, 1993; 1994a). Hierbei bleibt die Frage offen, ob Konzepte, die beispielsweise fundamental für den Softwareentwicklungsprozess sind, auch für das gesamte Fach Informatik als fundamental angesehen werden können.

Sämtliche Kataloge grundlegender informatischer Konzepte und Ideen sind auf der Basis persönlicher Einschätzungen jeweils einzelner Autoren erstellt worden. Daher sind sie subjektiv gefärbt und scheinen willkürlich zu sein (Baumann, 1998). „Proposing a list of fundamental stochastic ideas is a venture since such lists heavily depend on viewpoints, which may widely differ.“ (Heitele, 1975, S. 188) In der Regel werden von den Autoren selbst die Kataloge als „Diskussionsvorschläge“ präsentiert. Diese Tatsache ist allerdings für die Bestimmung der wesentlichen Inhalte eines Fachs unbefriedigend. Um eine verlässliche Aussage über die zentralen Konzepte eines Fachs treffen zu können, sollten die Einschätzungen vieler fachkompetenter Personen eingeholt werden. Hierbei müssen den Experten Kriterien an die Hand gegeben werden, mit deren Hilfe sie entscheiden können, ob es sich bei einem Konzept um ein zentrales Konzept handelt. Diese Kriterien werden im nächsten Abschnitt beschrieben.

### 2.3 Kriterien zur Bestimmung zentraler Konzepte

Von verschiedenen Autoren wurden Listen von Gesichtspunkten vorgeschlagen, die zur Bestimmung fundamentaler Ideen herangezogen werden können (Schweiger, 1982; Schreiber, 1983; Heymann, 1996; eine ausführliche Diskussion findet sich bei Schwill, 1993, 1994a). In der Fachdidaktik Informatik haben sich die Kriterien von Schwill (1993, 1994a) etabliert, die sich auch zur Charakterisierung von zentralen Konzepten im oben beschriebenen Sinne eignen. Es handelt sich dabei um das Horizontalkriterium, das Vertikalkriterium, das Zeitkriterium und das Sinnkriterium:

- **Horizontalkriterium:** Das Konzept ist in vielen Bereichen der Disziplin vielfältig anwendbar oder erkennbar.
- **Vertikalkriterium:** Das Konzept kann auf jedem intellektuellen Niveau aufgezeigt und vermittelt werden (in der Primarstufe, in den Sekundarstufen, im Studium).
- **Zeitkriterium:** Das Konzept ist in der historischen Entwicklung der Disziplin deutlich wahrnehmbar und bleibt längerfristig relevant.
- **Sinnkriterium:** Das Konzept besitzt einen Bezug zu Sprache und/oder Denken des Alltags und der Lebenswelt.

**Horizontalkriterium.** Das Horizontalkriterium stellt sicher, dass ein Konzept in unterschiedlichen Bereichen der Disziplin relevant ist. Nur so kann es ein strukturbildendes Merkmal des gesamten Wissenschaftszweigs sein. Spezielle Kenntnisse in Teilgebieten der Informatik können so als Instanzen allgemeiner Prinzipien verstanden werden (Schwill, 1994a).

**Vertikalkriterium.** Das Vertikalkriterium besagt, dass zentrale Inhalte in allen Alterstufen behandelt werden können müssen. Sie helfen Schülern, sich Sachverhal-

te des entsprechenden Fachs in jedem Stadium ihrer Entwicklung zu erklären. Diese erklärenden Modelle unterscheiden sich dabei nicht strukturell, sondern in ihrer sprachlichen Form und im Grad der Elaboration (Heitele, 1975). Die Inhalte werden auf frühen Stufen zunächst intuitiv vermittelt und schließlich im Laufe der Schulbahn immer weiter verfeinert und immer mehr mit formalen Mitteln der jeweiligen Disziplin, d.h. auf weniger intuitiven Repräsentationsstufen, beschrieben. Das regelmäßige Aufgreifen der Inhalte auf unterschiedlichen Stufen wird als *Spiralcurriculum* bezeichnet (Bruner, 1960). Harden und Stamper (1999) geben mehrere Vorteile des Spiralcurriculums an: Inhalte werden durch die mehrmalige Behandlung gefestigt. Die systematische, vertikale Anordnung führt zu einer geordneten Sequenz mit fortschreitender Komplexität. Aufeinanderfolgende Kurse werden durch einen inhaltlichen Leitfaden integriert, wodurch eine gewisse Kontinuität erreicht wird. Höherwertige Ziele werden mit einbezogen. Und schließlich kann mit der Kursabfolge flexibel auf die Vorkenntnisse der Lernenden reagieren. Auch Knight (2001) argumentiert, dass ein Curriculum kohärent und fortschreitend sein sollte, damit komplexes Lernen ermöglicht wird.

**Sinnkriterium.** Die Inhalte sollten in ihren Bezügen zur Alltagswelt die Bedeutsamkeit eines Fachs für unsere Kultur aufzeigen können (vgl. Heymann, 1996). So können sie den Schülern den *Sinn* eines Fachs verständlich machen. Dazu sollten die entsprechenden Konzepte bereits im Alltagsdenken in intuitiver, vortheoretischer Form vorhanden sein (Schreiber, 1983).

**Zeitkriterium.** Vor allem in der Informatik ist das Zeitkriterium von besonderer Bedeutung. Da das Fach raschen Entwicklungen unterworfen ist, sollten diejenigen Inhalte in der Schule behandelt werden, die langlebig sind. „*How do we recognize ideas of long-lasting value among the crowd of fads?* The ‘test of time’ is the most obvious selector. Other things being equal, ideas that have impressed our predecessors are more likely to continue to impress our successors than our latest discoveries will.” (Nievergelt, 1990, S. 5; Hervorhebung im Original)

Schubert und Schwill (2004) ergänzen diese Liste noch durch das *Zielkriterium*, welches besagt, dass eine fundamentale Idee „zur Annäherung an eine gewisse idealisierte Zielvorstellung dient, die jedoch faktisch möglicherweise unerreichbar ist.“ (Schubert & Schwill, 2004, S. 85). Dieses Kriterium resultiert aus der Schwillischen Trennung von Konzept und Idee (s.o.). Hartmann, Näf & Reichert (2006) fügen zu den vier Schwillischen Kriterien noch ein *Repräsentationskriterium* hinzu. Fundamentale Ideen müssen sich demnach auf verschiedenen kognitiven Repräsentationsstufen (enaktiv, ikonisch, symbolisch) darstellen lassen. Dieses Kriterium soll eine intuitive Vorstellung des Sachverhalts sichern. Das Zielkriterium ist relativ schwer fassbar, und die Arbeit von Hartmann und Kollegen lag bei der Planung unserer Untersuchung noch nicht vor. Daher haben wir nur auf die vier ursprünglichen Kriterien von Schwill Bezug genommen.

### 3. Empirische Untersuchung

#### 3.1 Methode

##### 3.1.1 Stichprobe

Es wurden 98 Informatikprofessoren aus verschiedenen Hochschulen in Deutschland angeschrieben. Als Hochschulen wurden überwiegend diejenigen ausgewählt, die nach dem CHE-Ranking 2006<sup>1</sup> bzgl. des Kriteriums „Forschungsreputation“ im Fach Informatik am Besten abgeschnitten haben. 37 Rücksendungen waren gültig und gingen in die Untersuchung ein (ca. 37,8%).

##### 3.1.2 Fragebogen

Die Professoren erhielten einen Fragebogen zur Bestimmung zentraler Konzepte in der Informatik. Dieser Fragebogen enthielt zunächst eine kurze Erläuterung. Der Hauptteil des Fragebogens bestand aus vier Abschnitten. Es war je ein Abschnitt für das *Horizontalkriterium*, das *Vertikalkriterium*, das *Zeitkriterium* und das *Sinnkriterium* vorgesehen. In jedem dieser Abschnitte sollten 49 Konzepte danach beurteilt werden, inwieweit sie das jeweilige Kriterium erfüllen. Für das Horizontalkriterium beispielsweise musste die folgende Aussage bewertet werden: *Das Konzept ist in vielen Bereichen der Informatik vielfältig anwendbar oder erkennbar*. Die Bewertung wurde auf einer Skala von 0 („trifft nicht zu“) bis 5 („trifft voll zu“) vorgenommen.

Die 49 Konzepte wurden aus einer Analyse des *ACM Computing Classification System (1998 Version)*<sup>2</sup> gewonnen. Es wurden diejenigen Begriffe ausgewählt, die mehr als zehn Mal in dieser Übersicht genannt werden. Dabei wurden auch Vorkommen in zusammengesetzten Begriffen und Vorkommen in gebeugter Form berücksichtigt. So wurde beispielsweise *distributed objects* auch zu *distribution* und zu *object* gezählt. Die 49 Begriffe sind mit der Anzahl ihres Vorkommens in Tabelle 1 aufgelistet. Im Fragebogen wurden diese Begriffe in zufälliger Anordnung dargeboten.

##### 3.1.3 Datenanalyse

Für die Auswertung der Daten wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen. Zunächst sollen mit clusteranalytischen Techniken Gruppen von Konzepten identifiziert werden, die ähnlich sind hinsichtlich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium und so vergleichsweise beurteilt werden können. Zur Absicherung, dass es sich tatsächlich um wohlunterscheidbare Gruppen von Konzepten handelt, sollen die Gruppen

---

<sup>1</sup> Abrufbar unter <http://www.che.de> (letzter Zugriff am 11.9.2006). Ein Auszug daraus wurde ebenfalls in „Die Zeit. Studienführer 2006“ veröffentlicht.

<sup>2</sup> Abrufbar unter <http://www.acm.org/class/1998/> (letzter Zugriff am 11.9.2006).



mit den darin enthaltenen Konzepten einem multivariaten Mittelwertsvergleich mit anschließenden Einzelvergleichen unterzogen werden.

### 3.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der deskriptiven Datenanalyse dargestellt. Anschließend folgt die Beschreibung der clusteranalytischen Resultate. Die Überprüfung der Ergebnisse hinsichtlich Stabilität und Validität wird im letzten Teil dieses Abschnitts erläutert. Zur Auswertung wurde überwiegend SPSS 12.0 verwendet. Das Verfahren zur Berechnung der Stabilität wurde in R implementiert.

Tabelle 1. Die 49 Begriffe des Fragebogens und die Anzahl ihres Vorkommens im *ACM Computing Classification System (1998 Version)*

Nr.	Begriff	Vorkommen	Nr.	Begriff	Vorkommen
1	system	75	26	simulation	17
2	language	57	27	generation***	17
3	program	54	28	representation	16
4	method/methodology	48	29	code	15
5	design	47	30	reliability	15
6	data	43	31	parallelism	15
7	computer	39	32	equation	15
8	analysis*	37	33	device	15
9	model	32	34	graphics	15
10	software	30	35	application****	14
11	computation	29	36	interface	14
12	theory	28	37	error	14
13	test	28	38	verification	14
14	network	27	39	problem	13
15	control	26	40	performance	13
16	architecture	25	41	technique	12
17	structure	24	42	management*****	12
18	information	24	43	standard	12
19	logic	22	44	hardware	12
20	algorithm	22	45	automation	12
21	processor	21	46	communication	11
22	distribution**	21	47	statistics	11
23	memory	21	48	approximation	11
24	database	19	49	process	11
25	processing	19			

\* *analysis* im Sinne von *Analyse* (nicht im Sinne von *Analysis* als Teilgebiet der Mathematik)

\*\* *distribution* im Sinne von *Verteilungsaspekten bei verteilten Anwendungen*

\*\*\* *generation* im Sinne von *Generierung*

\*\*\*\* *application* im Sinne von *Anwendungssystem*

\*\*\*\*\* *management* im Sinne von *Produkt- oder Prozessmanagement*

#### 3.2.1 Deskriptive Datenanalyse

Abbildung 3 zeigt eine erste deskriptive Auswertung mit den Mittelwerten der Konzepte bezüglich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium; ein Gesamtscore –

Mittelwert aus den vier Kriterien – wurde für die Sortierung der Konzepte in absteigender Richtung verwendet.

Die Konzepte mit den fünf höchsten Werten im Gesamtscore sind: *algorithm*, *computer*, *data*, *problem* und *information*. Die Konzepte mit den fünf niedrigsten Werten sind: *management*, *generation*, *approximation*, *equation* und *statistics*.

Horizontalkriterium	Vertikalkriterium	Zeitkriterium	Sinnkriterium	Gesamtscore	Konzepte	Horizontalkriterium	Vertikalkriterium	Zeitkriterium	Sinnkriterium	Gesamtscore	Konzepte
4.24	4.08	4.62	3.54	4.12	algorithm	2.76	2.86	3.92	3.16	3.18	distribution
3.57	4.05	4.46	4.14	4.06	computer	3.81	2.43	4.08	2.41	3.18	theory
3.84	3.89	4.41	3.95	4.02	data	2.76	3.03	3.84	3.05	3.17	parallelism
3.70	3.86	4.30	4.08	3.99	problem	3.30	2.68	3.97	2.70	3.16	processing
3.86	3.46	4.38	4.19	3.97	information	2.38	3.08	3.92	3.08	3.12	memory
3.97	3.32	4.35	3.78	3.86	system	3.35	2.32	3.68	3.03	3.10	design
3.76	3.19	4.35	4.03	3.83	language	2.70	2.86	4.08	2.54	3.05	processor
3.65	3.54	4.32	3.59	3.78	program	2.57	2.70	3.92	2.97	3.04	database
3.49	3.78	3.73	4.05	3.76	test	3.14	2.49	3.95	2.43	3.00	logic
3.46	3.35	4.16	3.89	3.72	communication	3.00	2.81	3.19	2.76	2.94	technique
3.70	3.62	4.35	3.22	3.72	software	2.51	2.41	3.59	3.14	2.91	automation
3.69	3.11	4.19	3.65	3.66	process	3.35	2.27	3.38	2.51	2.88	analysis
4.05	3.00	4.19	3.14	3.60	model	2.97	2.42	3.25	2.81	2.86	control
3.51	3.24	4.30	3.27	3.58	computation	2.78	2.78	3.92	1.97	2.86	code
2.84	3.16	4.14	4.05	3.55	network	2.19	2.62	3.51	3.08	2.85	graphics
3.00	3.54	3.89	3.78	3.55	error	3.14	2.22	3.84	2.00	2.80	verification
2.78	3.59	4.30	3.43	3.52	hardware	2.30	2.54	3.22	3.11	2.79	standard
3.70	3.32	3.76	3.24	3.51	structure	2.68	2.03	3.54	2.47	2.68	simulation
3.46	2.62	4.11	3.27	3.37	architecture	1.95	2.32	3.32	2.51	2.53	device
3.11	3.00	3.84	3.24	3.30	application	1.92	1.70	3.11	3.11	2.46	management
3.57	3.03	3.84	2.68	3.28	representation	2.59	1.65	3.16	1.76	2.29	generation
3.65	2.49	3.95	2.89	3.25	method/methodology	1.92	2.16	2.54	2.11	2.18	approximation
3.24	3.00	3.81	2.86	3.23	interface	1.95	2.14	2.95	1.65	2.17	equation
3.03	2.49	3.84	3.51	3.22	reliability	1.81	1.65	2.32	2.59	2.09	statistics
3.11	2.70	3.76	3.24	3.20	performance						

Abbildung 3. Mittelwerte der Konzepte (N=37)

### 3.2.2 Clusteranalytische Auswertung

Ausgangspunkt für die clusteranalytische Auswertung sind die Mittelwerte der Konzepte für das Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium. Als clusteranalytisches Verfahren wird die Clusteranalyse nach Ward verwendet, ein hierarchisches Verfahren, das eine Folge von Clusterbildungen berechnet (Everitt, Landau & Leese, 2001). Als Distanzmaß wird die quadrierte euklidische Distanz verwendet.

Nach Durchführung der Clusteranalyse ergaben sich für die 49 Konzepte acht Cluster. Bei der Wahl des Abbruchkriteriums zur Bestimmung der Clusteranzahl (als „Cut“ in den folgenden Abbildungen veranschaulicht) wurde der C-Index nach Hubert und Levin (1976) berücksichtigt. Im Folgenden werden die acht Cluster vorge-

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

### Die "W"-Cluster

Abbildung 4 veranschaulicht die Clusterlösung für das so genannte „Winner“-Cluster (kurz: "W"-Cluster), das aus den Subclustern "W1", "W2" und "W3/-H" besteht. Die Heatmap aus der Abbildung enthält für jedes Konzept einen visualisierten Wert (Originalwert siehe in Abbildung 3) für Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium. Zudem verdeutlicht die Abbildung 4 anhand eines Dendrogramms die auf den einzelnen Fusionsstufen vorgenommenen Clusterbildungen.

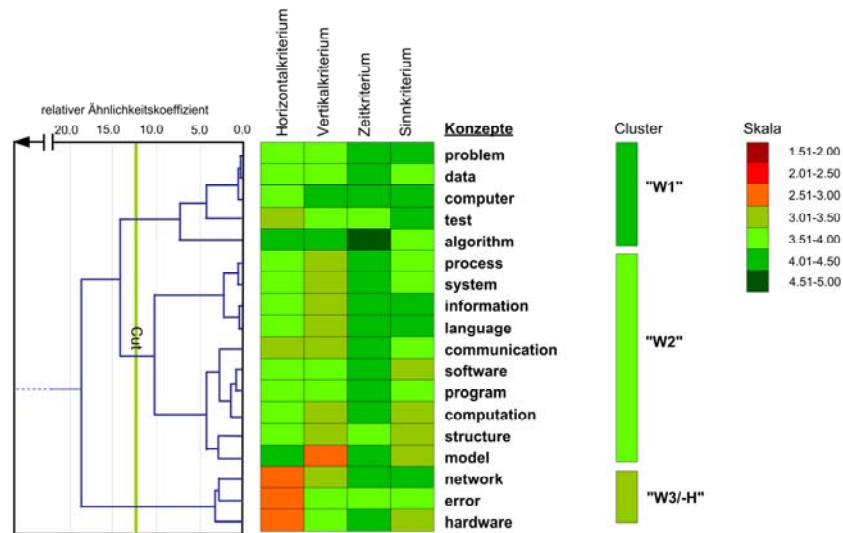


Abbildung 4. Clusterlösung für das „Winner“-Cluster

**"W1"- und "W2"-Cluster.** Die beiden Subcluster "W1" und "W2" umfassen insgesamt 15 Konzepte. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Vergleich zu den Konzepten in den anderen Clustern die höchsten Werte hinsichtlich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium besitzen. Zum "W1"-Cluster gehören *algorithm*, *computer*, *data*, *problem* und *test* [Zentroid des "W1"-Clusters = (3.77, 3.93, 4.30, 3.95)]. Die Konzepte im "W2"-Cluster, die im Mittel [Zentroid des "W2"-Clusters = (3.74, 3.32, 4.24, 3.60)] entweder beim Vertikal- oder Sinnkriterium deutlich niedrigere Werte aufweisen als die Konzepte im "W1"-Cluster, sind: *information*, *system*, *language*, *program*, *communication*, *software*, *process*, *model*, *computation* und *structure*. Das Dendrogramm zeigt, dass *problem*, *data* und *computer* ("W1"-Cluster) wegen ihrer ähnlichen Werte bezüglich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium zuerst fusioniert werden. Auffallend ist, dass *process* und *system* sowie *information* und *language* im "W2"-Cluster gleich zu Beginn der Clusterbildung gruppiert werden. Bemerkenswert ist auch, dass *soft-*

ware, program, computation und communication früh fusioniert werden wie auch structure und model. Relativ spät wird test zum "W1"-Cluster eingebunden sowie algorithm, das die höchsten Mittelwerte aller Konzepte im Horizontal-, Vertikal- und Zeitkriterium besitzt.

**"W3/-H"-Cluster.** Zum "W3/-H"-Cluster gehören drei Konzepte: network, error und hardware. Die Konzepte sind dadurch charakterisiert, dass sie hohe Werte für das Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium aufweisen, relativ niedrige Werte für das Horizontalkriterium [Zentroid des "W3/-H"-Clusters = (2.87, 3.43, 4.11, 3.75)]. Die Daten belegen, dass die Konzepte – abgesehen vom Horizontalkriterium – ein ähnliches Profil haben wie die Konzepte im "W1"- und "W2"-Cluster, allerdings sind die Werte niedriger.

### Die "I"-Cluster

Abbildung 5 zeigt die Clusterlösung für das so genannte „Intermediate“-Cluster (kurz: "I"-Cluster), das aus den Subclustern "I1" und "I2/-S" besteht. Das "I"-Cluster ist das größte Cluster und umfasst insgesamt 20 Konzepte. Die Konzepte sind charakterisiert durch die in der Heatmap visualisierten Werte hinsichtlich Horizontal-, Vertikal- und Zeitkriterium ( $N=37$ ).

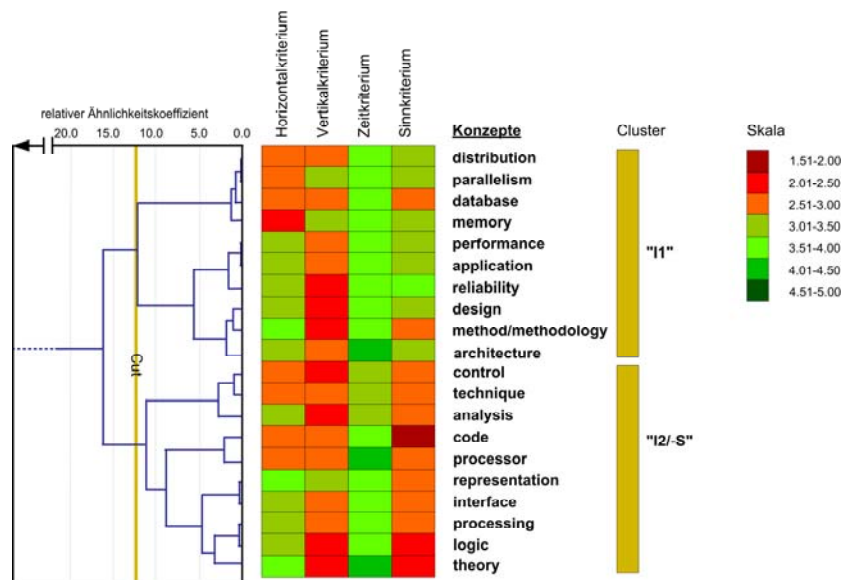


Abbildung 5. Clusterlösung für das „Intermediate“-Cluster

**"I1"-Cluster.** Die Konzepte im "I1"-Cluster erreichen mittelhohe Werte bezüglich des Sinnkriteriums, relativ niedrige Werte im Vertikalkriterium und relativ hohe Wert im Zeitkriterium [Zentroid des "I1"-Clusters = (3.02, 2.73, 3.88, 3.14)]. Das "I1"-Cluster besteht aus den folgenden Konzepten: *distribution, parallelism,*

*database, memory, performance, application, reliability, design, method/methodology* und *architecture*. Im Dendrogramm ist die frühe Fusionierung von *distribution, parallelism, database* und *memory* auffallend; zudem zeigen sich solche frühen Konzeptgruppierungen auch für *performance, application, reliability* sowie für *design, method/methodology, architecture*.

**“I2/-S“-Cluster.** Die Konzepte im “I2/-S“-Cluster weisen im Horizontal-, Vertikal- und Zeitkriterium ähnliche Werte auf wie die Konzepte im “I1“-Cluster. Während die Konzepte im “I1“-Cluster allerdings mittelhohe Werte bezüglich des Sinnkriteriums erreichen, besitzen die Konzepte im I2/-S“-Cluster niedrigere Werte für dieses Kriterium [Zentroid des “I2/-S“-Clusters = (3.19, 2.68, 3.75, 2.57)]. Das “I2/-S“-Cluster umfasst die Konzepte *control, technique, analysis, code, processor, representation, interface, processing, logic* und *theory*. Bemerkenswert sind die sehr frühen Gruppierungen von *representation* und *interface* sowie von *processing* und *logic*.

### Die “L“-Cluster

Aus Abbildung 6 lässt sich die Clusterlösung für das so genannte „Verlierer-Cluster“ bzw. „Loser-Cluster“ (kurz: “L“-Cluster) entnehmen, das aus den Subclustern “L1/+Z+S“, “L2/+Z“ und “L3“ besteht. Das “L“-Cluster umfasst 11 Konzepte, für die visualisierte Werte bezüglich Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium als Heatmap in der Abbildung angegeben sind; ein Dendrogramm zeigt wieder die Abfolgen der Clusterbildungen.

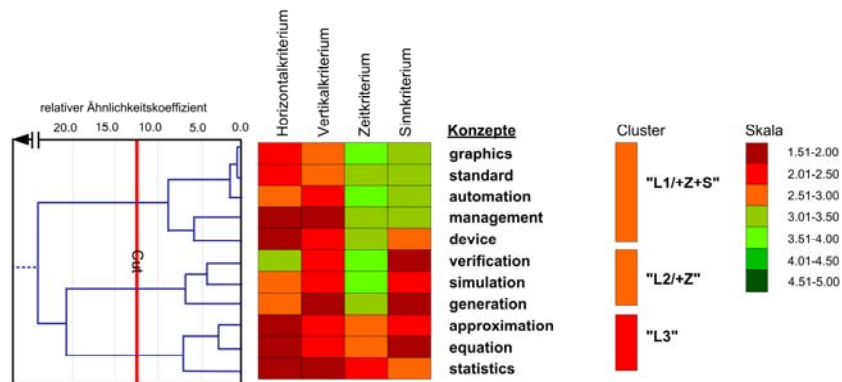


Abbildung 6. Clusterlösung für das „Loser“-Cluster

**“L1/+Z+S“-Cluster.** Das “L1/+Z+S“-Cluster umfasst fünf Konzepte: *graphics, standard, automation, management* und *device*. Die Konzepte zeichnen sich aus durch relativ niedrige Werte im Horizontal- und Vertikalkriterium, relativ hohe Werte im Zeit- und Sinnkriterium [Zentroid des “L1/+Z+S“-Clusters = (2.17, 2.32,

3.35, 2.99)]. Während *graphics*, *standard* und *automation* wegen ihrer ähnlichen Werte relativ früh fusioniert werden, werden *management* und *device* aufgrund ihrer Unähnlichkeit relativ spät in das "L1/+Z+S"-Cluster eingebunden.

**"L2/+Z"-Cluster.** Die Konzepte *verification*, *simulation* und *generation* des "L2/+Z"-Clusters weisen für das Vertikal- und Sinnkriterium niedrige Werte auf, im Vergleich zu den Konzepten im "L3"-Cluster allerdings relativ hohe Werte für das Zeitkriterium [Zentroid des "L2/+Z"-Clusters = (2.80, 1.97, 3.51, 2.08)]. Die Fusionierungen von *verification*, *simulation* und *generation* finden relativ spät statt

**"L3"-Cluster.** Das "L3"-Cluster enthält die Konzepte, welche die niedrigsten Werte für das Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium überhaupt aufweisen [Zentroid des "L3"-Clusters = (1.89, 1.98, 2.60, 2.12)]. Die Konzepte in diesem Cluster sind: *approximation*, *equation* und *statistics*.

### 3.2.3 Stabilität und Validität der clusteranalytischen Ergebnisse

Zur Überprüfung der clusteranalytischen Ergebnisse wurden zwei Evaluationen zur Stabilität und zur Validität durchgeführt.

*Stabilität.* Die Stabilität des clusteranalytischen Ergebnisses wurde mit Hilfe des Rand-Indexes *RI* (Rand, 1971; Hubert & Arabie, 1985) überprüft. Dazu wurden Clusteranalysen für die Fragebogen-Datensätze bei  $N=10$ ,  $N=20$ ,  $N=30$  berechnet und verglichen mit der Clusteranalyse bei  $N=37$ . Abbildung 7 zeigt die Rand-Indices in Abhängigkeit von der Anzahl der in die Clusteranalysen einbezogenen Datenfälle. Schon bei  $N=10$  ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung (Everitt, Landau & Leese, 2001, S. 183) mit der Clusteranalyse bei  $N=37$ . Die Übereinstimmung verbessert sich weiter für  $N=20$  und  $N=30$ .

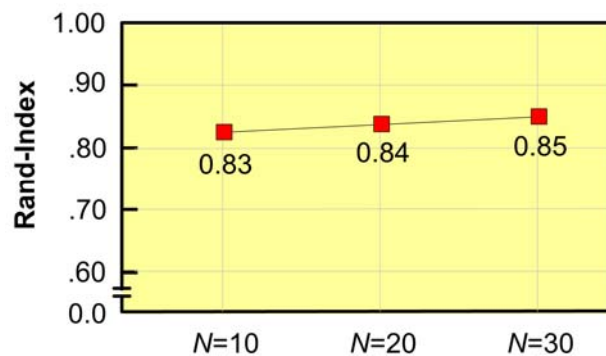


Abbildung 7. Rand-Index in Abhängigkeit von  $N$

*Validität.* Die Validität des clusteranalytischen Ergebnisses wurde mit Hilfe einer einfaktoriellen 4-variaten Varianzanalyse und anschließenden Einzelvergleichen *a posteriori* überprüft. Ziel der varianzanalytischen Auswertung war die

Überprüfung, ob sich die acht Cluster hinsichtlich der vier Kriterien (Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium) signifikant („Overall-Signifikanz“) unterscheiden. Ziel der anschließenden Einzelvergleiche war die Überprüfung, zwischen welchen einzelnen Clustern signifikante Unterschiede bestehen.

Als Prüfgröße für die einfaktorielle 4-variate Varianzanalyse wurde Wilks  $\lambda$  herangezogen und in einen F-Wert transformiert, für den sich  $F=11.85$  ergibt. Dieser Wert ist größer als der kritische F-Wert bei  $\alpha=.01$ :  $F_{(28, 138)} < 1.80$ , d.h. die acht gefundenen Cluster unterscheiden sich signifikant.

Als Prüfgröße für die Einzelvergleiche wurde ebenfalls Wilks  $\lambda$  herangezogen, wieder wurden F-Werte berechnet. Aus Abbildung 8 können die berechneten F-Werte für die Einzelvergleiche der einzelnen Cluster entnommen werden; in jedem Fall wurden die Zähler- und Nennerfreiheitsgrade mit angegeben. Im rechten Teil der Abbildung sind die kritischen F-Werte für  $\alpha=.01$  und  $\alpha=.05$  gelistet. Abbildung 8 zeigt, dass von 28 Einzelvergleichen 20 bei  $\alpha=.01$  (\*\*) und 6 bei  $\alpha=.05$  (\*) signifikant sind. Zwei Einzelvergleiche sind nicht signifikant, nämlich diejenigen für die Cluster „L2/+Z“ und „L3“ sowie für die Cluster „L2/+Z“ und „W3/-H“. Zusammenfassend kann aufgrund der Einzelvergleiche festgestellt werden, dass sich die vorgestellten acht Cluster statistisch deutlich unterscheiden.

	"W2"	"W3/-H"	"I1"	"I2/-S"	"L1/+Z+S"	"L2/+Z"	"L3"
"W1"	11.20** (4;10)	14.12* (4; 3)	75.47** (4; 10)	41.91** (4; 10)	29.32** (4; 5)	59.39** (4; 3)	193.36** (4; 3)
"W2"		10.76** (4; 8)	30.54** (4; 15)	22.74** (4; 15)	41.91** (4; 10)	31.99** (4; 8)	92.17** (4; 8)
"W3/-H"			12.49** (4; 8)	16.36** (4; 8)	7.97* (4; 3)	8.38 (4; 1)	281.10* (4; 1)
"I1"				11.53** (4; 15)	10.16** (4; 10)	13.46** (4; 8)	79.88** (4; 8)
"I2/-S"					12.61** (4; 10)	3.99* (4; 8)	16.11** (4; 8)
"L1/+Z+S"						8.17* (4; 3)	15.97* (4; 3)
"L2/+Z"							5.06 (4; 1)

df	F <sub>krit, .99</sub>	F <sub>krit, .95</sub>
(4; 1)	5624.26	224.58
(4; 3)	28.71	9.12
(4; 5)	11.39	5.19
(4; 8)	7.01	3.84
(4; 10)	5.99	3.48
(4; 15)	4.89	3.06

Abbildung 8. Berechnete und kritische F-Werte für die Einzelvergleiche

### 3.3 Diskussion

Fast alle beurteilten Konzepte erreichen hohe Werte im Zeitkriterium (Ausnahme: *approximation, equation, statistics*), was dafür spricht, dass wir mit der quantitativen Auswertung des *ACM Computing Classification System* tatsächlich Konzepte gewonnen haben, die langfristig relevant in der Wissenschaftsdisziplin Informatik sind.

Im "W1"-Cluster befinden sich die folgenden zentralen Konzepte: *algorithm, computer, data, problem* und *test*. Das wichtigste zentrale Konzept ist *algorithm*, das dreimal die Platzierung 1 – und zwar im Horizontal-, im Vertikal- und im Zeitkriterium – erreichte und im Zeitkriterium mit einem Wert von 4.62 die höchste Bewertung überhaupt erzielte. Aufgrund ihrer hohen Werte in allen Kriterien lassen sich für die Konzepte im "W1"-Cluster folgende Aussagen treffen: Sie spielen in allen Bereichen der Informatik eine Rolle (hohe Werte im Horizontalkriterium), sie lassen sich auf jeder Alterstufe vermitteln (hohe 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 Konzepte im "W2"-Cluster sind gegenüber den Konzepten im "W1"-Cluster deutlich schwächer im Vertikalkriterium, das heißt, es ist schwieriger, diese Konzepte im Vergleich zu den Konzepten im "W1"-Cluster auf allen Klassenstufen zu vermitteln. Viele Konzepte im "W"-Cluster sind in der Literatur genannt, in der im Kontext der "fundamentalen Ideen" die besondere Bedeutung dieser Konzepte für den Informatikunterricht herausgearbeitet worden ist, insbesondere *algorithm* und *language* bei Schwill (1993, 1994a), *computation* und *communication* bei Denning (2003) sowie *data* und *information* bei Loidl, Mühlbacher und Schauer (2005). Überdies ist festzustellen, dass dem Konzept *model* nicht eine solch hohe Bedeutung zuzukommen scheint, wie dies aufgrund der Diskussion in der fachdidaktischen Literatur angenommen werden könnte (vgl. Thomas, 2002; Baumann, 1996; Hubwieser & Broy, 1999; Wursthorn, 2005a, 2005b). Für die Konzepte *network, error* und *hardware* im "W3/-H"-Cluster gilt: sie sind nicht in allen Teildisziplinen der Informatik relevant (niedrige Werte im Horizontalkriterium), scheinen aber dennoch in denjenigen Teildisziplinen, in denen sie vorkommen, hinreichend bedeutsam zu sein (hohe Werte im Vertikalkriterium, Zeit- und Sinnkriterium).

Bei den Konzepten im gesamten "I"-Cluster scheint es aufgrund der niedrigen Werte im Vertikalkriterium so zu sein, dass die darin enthaltenen Konzepte sich nicht zur Vermittlung auf allen Klassenstufen eignen. Die Ausnahmen sind *parallelism, memory* und *representation*. Die Konzepte im "I2/-S"-Cluster besitzen neben den niedrigen Werten im Vertikalkriterium zusätzlich noch niedrige Werte im Sinnkriterium. Das deutet darauf hin, dass die Konzepte in Sprache und/oder Denken des Alltags und der Lebenswelt eine nur geringe Rolle spielen. Es handelt sich um eher technische Konzepte (Ausnahme: *representation, theory*), so dass das "I2/-S"-Cluster auch als Technik-Cluster bezeichnet werden und sich eventuell für den Informatikunterricht einer naturwissenschaftlich/technisch ausgerichteten Sekundarstufe II eignen könnte.



Die Konzepte im "L"-Cluster besitzen niedrige Werte sowohl im Horizontal- als auch im Vertikalkriterium (insbesondere trifft das für *management* und *statistics* zu). Mithin kann davon ausgegangen werden, dass die Konzepte nur in spezifischen Gebieten der Informatik relevant sind und allenfalls in höheren Klassenstufen unterrichtet werden sollten. Die Konzepte im "L1/+Z+S"-Cluster spielen in Sprache und/oder Denken des Alltags und der Lebenswelt eine Rolle. Daher sollten sie punktuell in den Unterricht aufgenommen werden. Dies trifft insbesondere für *graphics*, *standard*, *automation* und *management* zu.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Aus den Ergebnissen der Untersuchung kann geschlossen werden, dass es sich bei den folgenden Konzepten um zentrale Konzepte der Informatik handelt: *problem*, *data*, *computer*, *test*, *algorithm*, *process*, *system*, *information*, *language*, *communication*, *software*, *program*, *computation*, *structure* und *model*. Vor allem die herausragende Position des Konzepts *algorithm* bestätigt dessen Zentralität im Fach Informatik. Interessant ist die niedrige Rangposition des Konzepts *model*. Obwohl *model* den Ergebnissen dieser Untersuchung zufolge zu den zentralen Konzepten der Informatik gezählt werden kann, hat es nicht die Bedeutsamkeit, die ihm bisweilen zugesprochen wird (vgl. Thomas, 2002).

In einem nächsten Schritt müssen die ermittelten zentralen Konzepte genauer spezifiziert werden. Dies kann zum einen über die Bestimmung der Intension und Extension eines jeden Konzepts erfolgen. Die charakteristische Eigenschaften der Konzepte müssen dargelegt und (typische) Referenten im Sinne des semiotischen Dreiecks beschrieben werden. Zum anderen kann die Ermittlung von Unterkonzepten zu einer genaueren Darstellung der zentralen Konzepte dienen. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei den hier gefundenen Konzepten um Konzepte oberster Ebene handelt. Es ist nun zu prüfen, welche Konzepte im Kontext der gefundenen zentralen Konzepte zu deren Unterkonzepten gezählt werden können. Eine derartige Ausarbeitung dient der fachlichen Präzisierung der Elemente der obersten Ebene (Modrow, 2003). So ist beispielsweise das zentrale Konzept *Prozess* nicht gänzlich informatikspezifisch. Seine Relevanz in der Informatik kann aber durch die Konkretisierung seiner Unterkonzepte herausgestellt werden.

Weiterhin wurden in dieser Untersuchung lediglich zentrale *Inhalte* des Fachs Informatik bestimmt. Eine Disziplin zeichnet sich aber nicht nur durch bestimmte Gegenstände aus, sondern auch durch charakteristische *Prozesse* und *Methoden*. Diese Prozesse sollten ebenfalls zu Unterrichtsinhalten gemacht werden (*process as content*; vgl. Parker & Rubin, 1966; Costa & Liebmann, 1997). Zur Bestimmung der *zentralen Prozesse der Informatik* kann ähnlich wie in dieser Untersuchung in empirischer Weise vorgegangen werden. Dies sollte zu einer Verschränkung von Inhalten und Methoden führen, wie sie beispielsweise in den NCTM-Standards für die Mathematik gegeben ist (NCTM, 2000). Dort werden nämlich nicht nur die zentralen mathematischen Inhalte wie beispielsweise *Zahl und Operationen* und *Datenanalyse und Wahrscheinlichkeit* genannt, sondern auch die für die Mathe-

matik charakteristischen Prozesse wie *Problemlösen* und *Begründen und Beweisen*.

Insgesamt zeigt diese Arbeit, dass die wesentlichen Konzepte eines Fachs auf Basis der Einschätzungen vieler Experten der Disziplin bestimmt werden können. In Verbindung mit einem empirischen Vorgehen wird so der Katalog der zentralen Konzepte gegenüber subjektiven Wertungen einzelner Personen abgesichert.

## Danksagung

Wir danken Thomas Reuter für die Unterstützung bei der Erhebung der Daten.

## Literatur

- Apple, M. W. (1992). Do the standards go far enough? Power, policy, and practice in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education* 23 (5), 412–431.
- Arntz, R., Picht, H. & Mayer, F. (2004). *Einführung in die Terminologiearbeit*. Hildesheim, Zürich, New York: Georg Olms Verlag.
- Baumann, R. (1993). Ziele und Inhalte des Informatikunterrichts. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 25 (1), 9–19.
- Baumann, R. (1996). *Didaktik der Informatik* (2., völlig neu bearbeitete Auflage). Stuttgart u.a.: Klett.
- Baumann, R. (1998). Fundamentale Ideen der Informatik – gibt es das? In: B. Koerber & I.-R. Peters (Hrsg.), *Informatische Bildung in Deutschland. Perspektiven für das 21. Jahrhundert* (S. 89–107). Berlin: LOG IN Verlag.
- Berger, P. (1998). Computer World Views of Teachers. Professional Beliefs, Attitudes, and Conceptions of German Mathematics and Computer Science Teachers. In: T. W. Chan, A. Collins & J. Lin (Eds.), *Global Education on the Net. Proceedings of the 6th International Conference on Computers in Education (ICCE '98), Beijing, China, October 14–17, 1998* (S. 670–679). Beijing: China Higher Education Press / Berlin: Springer, Vol. 1.
- Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bunge, M. (1967a). *Scientific Research I. The Search for System*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Bunge, M. (1967b). *Scientific Research II. The Search for Truth*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Costa, A. L. & Liebmann, R. M. (Hrsg.) (1997). *Envisioning process as content. Toward a renaissance curriculum*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Denning, P. J. (2003). Great principles of computing. *Communications of the ACM* 46 (11), 15–20.

- DIN 2342 Teil 1 (1992). *Begriffe der Terminologielehre: Grundbegriffe*. Berlin, Köln: Beuth.
- Dörfler, W. (1984). Fundamentale Ideen der Informatik und Mathematikunterricht. *Didaktik Reihe der Österreichischen Mathematischen Gesellschaft 10*, 19–40.
- Eco, U. (1976). *A Theory of Semiotics*. Bloomington: Indiana University Press.
- Everitt, B. S., Landau, S. & Leese, M. (2001). *Cluster Analysis*. London: Arnold.
- Halmos, P. R. (1981). Does Mathematics Have Elements? *The Mathematical Intelligencer 3*, 147–153.
- Harden, R. M. & Stamper, N. (1999). What is a spiral curriculum? *Medical Teacher, 21* (2), 141–143.
- Hartmann, W., Näf, M. & Reichert, R. (2006). *Informatikunterricht planen und durchführen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hartmann, W. & Nievergelt, J. (2002). Informatik und Bildung zwischen Wandel und Beständigkeit. *Informatik Spektrum 25* (6), 465–476.
- Heitele, D. (1975). An Epistemological View on Fundamental Stochastic Ideas. *Educational Studies in Mathematics 6*, 187–205.
- Heymann, H. W. (1996). *Allgemeinbildung und Mathematik*. Weinheim, Basel: Beltz.
- 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.
- Hubwieser, P. & Broy, M. (1999). Educating Surfers or Craftsmen: Introducing an ICT Curriculum for the 21st century. In: T. Downes T. & D. Watson (Hrsg.), *Communications and Networking in Education: Learning in a Networked Society. IFIP WG 3.1 and 3.5 Open Conference. Aulanko-Hämeenlinna, Finland, June 13-18*. Yliopisto, Helsinki.
- Klika, M. (2003). Zentrale Ideen – echte Hilfen. *Mathematik lehren 119*, 4–7.
- ISO 1087-1 (2000). *Terminology Work – Vocabulary – Part 1: Theory and application*. Geneva: ISO.
- Jung, W. (1978). Zum Begriff einer mathematischen Bildung. Rückblick auf 15 Jahre Mathematikdidaktik. *Mathematica didactica 1*, 161–176.
- Knight, P. T. (2001). Complexity and Curriculum: a process approach to curriculum-making. *Teaching in Higher Education 6* (3), 369–381.
- Knöß, P. (1989). *Fundamentale Ideen der Informatik im Mathematikunterricht: grundsätzliche Überlegungen und Beispiele für die Primarstufe*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

- König, G. (1993). Informatikunterricht aus der Sicht der Hochschule. Ergebnisse einer Umfrage. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 25(1), 1–8.
- Lehmann, E. (1995). Komplexe Systeme. Eine fundamentale Idee im Informatikunterricht. *LOG IN 15* (1), 29–37.
- Lockemann, P. C. (1986). Konsistenz, Konkurrenz, Persistenz – Grundbegriffe der Informatik? *Informatik Spektrum* 9, 300–305.
- Loidl, S., Mühlbacher, J. & Schauer, H. (2005). Preparatory Knowledge: Propaedeutic in Informatics. In: R. T. Mittermeir (Hrsg.), *From Computer Literacy to Informatics Fundamentals* (S. 105–115). Berlin, Heidelberg, New York: 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 (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Nievergelt, J. (1980). Computer science education: An emerging consensus on basic concepts. In: S.H. Lavington (Hrsg.), *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 (Hrsg.), *Computer Assisted Learning, Lecture Notes in Computer Science 438* (S. 2–15). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Ogden, C. K. & Richards, I. A. (1969). *The Meaning of Meaning. A Study of The Influence of Language upon Thought and of The Science of Symbolism* (10. ed.). London: Routledge & Kegan Paul Ltd.
- Parker, J. C. & Rubin, L. J. (1966). *Process as content. Curriculum design and the application of knowledge*. Chicago: Rand McNally.
- Rand, W. M. (1971). Objective criteria for the evaluation of clustering methods. *Journal of the American Statistical Association* 66, 846–850.
- Schreiber, A. (1979). Universelle Ideen im mathematischen Denken – ein Forschungsgegenstand der Fachdidaktik. *Mathematica didactica* 2, 165–171.
- Schreiber, A. (1983). Bemerkungen zur Rolle universeller Ideen im mathematischen Denken. *Mathematica didactica* 6, 65–76.
- Schubert, S. & Schwill, A. (2004). *Didaktik der Informatik*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Schweiger, F. (1982). "Fundamentale Ideen" der Analysis und handlungsorientierter Unterricht. *Beiträge zum Mathematikunterricht* (1982), 103–111.
- Schwill, A. (1993). Fundamentale Ideen der Informatik. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 25(1), 20–31.

- Schwill, A. (1994a). Fundamental Ideas of Computer Science. *EATCS Bulletin* 53, 274–295.
- Schwill, A. (1994b). Fundamentale Ideen in Mathematik und Informatik. In: Hischer, H. (Hrsg.). *Fundamentale Ideen. Bericht über die 12. Tagung des Arbeitskreises Mathematikunterricht und Informatik* (S. 18–25). Hildesheim: Franzbecker.
- Schwill, A. (2004). Philosophical aspects of fundamental ideas: Ideas and concepts. In: J. Magenheimer & S. Schubert (Hrsg.), *Informatics and Student Assessment – Concepts of Empirical Research and the Standardisation of Measurement in the Area of Didactics of Informatics, Lecture Notes in Informatics Vol. 1* (S. 145–157). Bonn: Köllen Druck + Verlag.
- Thomas, M. (2002). *Informatische Modellbildung. Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht*. Dissertation. Potsdam: Universität Potsdam.
- Vollrath, H.-J. (1978). Rettet die Ideen! *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 31 (8), 449–455.
- Whitehead, A. N. (1929). *The aims of education*. New York: The Free Press.
- Wursthorn, B. (2005a). Fundamental concepts of computer science in a Logo-environment. In: G. Gregorczyk, A. Walat, Kranas, W. & Borowiecki, M. (Hrsg.). *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. (Hrsg.). *Unterrichtskonzepte für informatische Bildung* (S. 91–100). Bonn: Köllen Druck + Verlag.