

# Zur Kombination von Inhalts- und Prozesskonzepten für den Informatikunterricht: eine empirische Grundlegung

Andreas Zendler, Christian Spannagel und Dieter Klaudt

University of Education Ludwigsburg

**Abstract.** Die curriculare Planung von Informatikunterricht sollte sich nicht an Moden und Trends orientieren, sondern an zentralen Inhalts- und Prozesskonzepten, die in vielen Bereichen der Informatik eine wichtige Rolle spielen, auf unterschiedlichem intellektuellen Niveaus vermittelbar sind, längerfristig relevant bleiben und einen Bezug zu Sprache und/oder Denken des Alltags und der Lebenswelt besitzen. Seit kurzem sind sowohl ein empirisch ermittelter Katalog mit zentralen Inhaltskonzepten (*algorithm, computer, data, system, u.a.*) als auch ein empirisch ermittelter Katalog mit zentralen Prozesskonzepten (*problem solving and problem solving, analyzing, classifying, generalizing, u.a.*) für den Informatikunterricht verfügbar. In diesem Artikel liegt der Schwerpunkt auf der empirischen Ermittlung von Kombinationen aus Inhalts- und Prozesskonzepten, von sogenannten Blocks für den Informatikunterricht. Mit Hilfe clusteranalytischer Techniken werden 15 zentrale Blocks für den Informatikunterricht empirisch bestimmt. Anschließend wird deren Eignung für den Informatikunterricht diskutiert.

**Keywords:** Computer science education, central content concepts, central process concepts.

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

## 1. Einleitung

Die informatikdidaktische Diskussion der curricularen Gestaltung von Informatikunterricht wurde bislang überwiegend unter Verwendung des Begriffs der *fundamentalen Idee* geführt (Schwill, 1993; 1994). Fundamentale Ideen erfüllen vier Kriterien: das Horizontalkriterium (sie sind in vielen Bereichen der Disziplin relevant), das Vertikalkriterium (sie lassen sich auf allen intellektuellen Stufen vermitteln), das Zeitkriterium (sie sind über einen größeren Zeitraum hinweg bedeutsam) und das Sinnkriterium (sie haben einen Bezug zum Alltag und zur Lebenswelt).

Kataloge fundamentaler Ideen oder Basiskonzepte wurden von verschiedenen Autoren vorgestellt (z.B. Nievergelt, 1980, 1990; Knöß, 1989; Schwill, 1993; 1994; Baumann, 1996; Denning, 2003; Modrow, 2003; Wursthorn, 2005a; 2005b; Hartmann, Näf & Reichert, 2006). Alle Kataloge beruhen allerdings auf didaktischen Überlegungen seitens der Autoren und sind nicht empirisch begründet (Zendler & Spannagel, 2008). Seit kurzem liegen zwei empirisch abgesicherte Kataloge mit zentralen Konzepten für den Informatikunterricht vor, deren

Fundament aus den Daten vieler Experten besteht (Zendler & Spannagel, 2008; Zendler, Spannagel, & Klaudt, 2008).

Der vorliegende Artikel beschreibt eine Untersuchung, die direkt bei den empirischen Ergebnissen von Zendler und Spannagel (2008) sowie Zendler, Spannagel und Klaudt (2008) ansetzt. Das Ziel der Untersuchung ist die empirische Absicherung von Kombinationen aus Inhalts- und Prozesskonzepten für den Informatikunterricht. Die Forschungshypothesen der vorliegenden Studie lassen sich wie folgt formulieren: (1) Zentrale Prozesskonzepte der Informatik sind für den Umgang mit zentralen Inhaltskonzepten der Informatik in unterschiedlichem Maße für den Informatikunterricht relevant. (2) Es lassen sich unterschiedliche Gruppen von Kombinationen aus zentralen Inhalts- und Prozesskonzepten identifizieren, die in unterschiedlichem Maße für den Informatikunterricht relevant sind.

In Abschnitt 2 wird auf wissenschaftsorientierte Ansätze zur Formulierung von Lehr- und Lerninhalten rekurriert. Dabei handelt es sich um die Ansätze *Structure of the Discipline* und *Process as Content* sowie die Kombination der beiden Ansätze. In Abschnitt 3 werden die Ausgangspunkte für die empirische Bestimmung der Kombination zentraler Inhalts- und Prozesskonzepte dargestellt. 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 aus wissenschaftsorientierter Sicht**

Bei der curricularen Planung von Informatikunterricht ist die Festlegung von Lehr- und Lerninhalten äußerst bedeutend. Planungsleitend können dabei wissenschaftsorientierte Ansätze sein. Dabei werden Unterrichtsinhalte aus der Fachwissenschaft entnommen und nach wissenschaftlichen Maßstäben ausgewählt (Peterßen, 2000, S. 384–385). Cooney (1994) beschreibt dies am Beispiel der Fachdisziplin Mathematik. Begründet wird dies mit den folgenden 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.

Es lassen sich zwei wissenschaftsorientierte Ansätze unterscheiden (vgl. auch Zendler & Spannagel, 2008): Zum einen der Ansatz *Structure of the Discipline*, der erstmals von Bruner (1960) vertreten wurde, zum anderen der Ansatz *Process as Content*, der auf Parker und Rubin (1966) zurückgeht und in der Trilogie von Costa und Liebmann (1997a; 1997b; 1997c) eine Renaissance erfahren hat. Der eine Ansatz leitet Lehr- und Lerninhalte aus grundlegenden Inhaltskonzepten der Wissenschaft ab, der andere aus deren wissenschaftlichen Methodenkonzepten. Beide Ansätze sind heute weiterhin stark in der Diskussion. Der *Structure of the Discipline*-Ansatz wird im Kontext *fundamentaler Ideen* und *threshold concepts* (Schwill, 1994; Eckerdal et al., 2006) aufgegriffen und ist Ausgangspunkt für Verbesserungen in curricularen Ausarbeitungen (Franklin & Johnson, 2008). Moderne prozessorientierte Ansätze sind dadurch charakterisiert (Bolhuis, 2003),

dass sie vier Prinzipien betonen: (1) Selbststeuerung, (2) Praxisbezug in multiplen Kontexten, (3) emotionale Aspekte beim Lernen und (4) Lernen als soziales Phänomen. Desweiteren enthalten Unterrichtsansätze einen starken Bezug zur prozessorientierten Sichtweise, die das Lehren und Lernen von Denkstrategien in den Mittelpunkt stellen (*teaching thinking*; Barell, 1995; Crawford, Saul, Mathews, & Makinster, 2005; Bowkett, 2006; Brady, 2008).

In der aktuellen didaktischen Diskussion wird heute die Kombination der beiden wissenschaftsorientierten Ansätze für wesentlich gehalten (siehe Abschnitt 3). In vielen Fachdidaktiken wurde erkannt, dass das Zusammenspiel von Inhalts- und Prozesskonzepten einen besonderen Stellenwert einnehmen muss. Die NCTM-Standards in der Fachdidaktik Mathematik kombinieren mathematische Inhalte und Arbeitsweisen (1989, 1991, 1995, 2000). Lamb, Sipp und Moncrief III (1995) stellen ein Marketingcurriculum vor, in dem Inhalts- und Prozesskonzepte integriert werden. Kurtz et al. (2003) stellen die Notwendigkeit der Integration von Inhalts- und Prozesskonzepten in der medizinischen Ausbildung heraus und erweitern dementsprechend ihren eigenen sogenannten *Calgary-Cambridge Guide*. d'Ham et al. (2004) unterscheiden explizit zwischen Inhalts- und Prozesskonzepten bei der Darstellung ihrer Lernziele für die Laborarbeit in der Chemie. Christensen, Kyrle und Nystrup (2007) schlagen einen Ansatz für die Medizinausbildung vor, der prozess/inhalts- und ergebnisorientierte Elemente kombiniert. Im deutschsprachigen Raum hat die Gesellschaft für Informatik (GI, 2008) Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule verabschiedet, die sich explizit an den Standards des NCTM orientieren und Bildungsstandards durch Inhalts- und Prozessbereiche strukturieren. Diese Bildungsstandards für die Informatik in der Schule wurden von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern bzw. Informatiklehrerinnen und -lehrern entwickelt und stellen einen ersten Versuch dar, ein einheitliches Informatikcurriculum zu etablieren, das sich aber noch bewähren und weiterentwickelt werden muss. Hierzu kann die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten.

Abschließend soll auf den technologie-getriebenen Ansatz von Pogrow (1997) hingewiesen werden, der es erlaubt, Curricula zu entwickeln, die simultan Inhalts- und Prozesskonzepte kombinieren.

### **3. Empirische Ausgangspunkte für die Kombination zentraler Inhalts- und Prozesskonzepte**

Ausgangspunkt für die empirische Bestimmung der Kombination zentraler Inhalts- und Prozesskonzepte für den Informatikunterricht waren die empirischen Ergebnisse von Zendler und Spannagel (2008) sowie Zendler, Spannagel und Klaudt (2008).

#### **3.1 Zentrale Inhaltskonzepte**

In der ersten Untersuchung (Zendler & Spannagel, 2008), die vor dem Hintergrund des Ansatzes *Structure of the Discipline* durchgeführt wurde, bewerteten 37 Informatikprofessoren 49 Inhaltskonzepte der Informatik. Die Inhaltskonzepte waren vorher auf der Basis einer Häufigkeitsanalyse des *ACM Computing*

*Classification System (1998 Version)*<sup>1</sup> selektiert worden. Die Bewertung der Inhaltskonzepte wurde hinsichtlich des Horizontalkriteriums, des Vertikalkriteriums, des Zeitkriteriums und des Sinnkriteriums vorgenommen. Unter Verwendung einer clusteranalytischen Auswertung wurden die folgenden 15 zentralen Inhaltskonzepte ermittelt: *algorithm, computer, data, problem, information, system, language, program, test, communication, software, process, model, computation* und *structure*.

### 3.2 Zentrale Prozesskonzepte

In der zweiten Untersuchung (Zendler, Spannagel, & Klaudt, 2008), die aus dem Blickwinkel des Ansatzes *Process as Content* durchgeführt wurde, bewerteten 24 Informatikprofessoren 44 Prozesskonzepte nach denselben Kriterien wie in der ersten Untersuchung. Die zweite Untersuchung wurde auch analog zu dieser ausgewertet. Die Prozesskonzepte stammten aus der Liste von Costa und Liebmann (1997d), deren umfassende Trilogie (Costa & Liebmann, 1997a; 1997b; 1997c) eine Renaissance des Ansatzes von Parker und Rubin (1966) darstellt. Die nachfolgenden 16 zentralen Prozesskonzepte wurden bestimmt: *problem solving and problem posing, analyzing, generalizing, finding relationships, classifying, investigating, ordering, communicating, presenting, categorizing, finding cause-and-effect relationships, comparing, collaborating, creating and inventing, transferring* und *questioning*.

## 4. Empirische Untersuchung

### 4.1 Methode

#### 4.1.1 Stichprobe

Für die empirische Untersuchung wurden 120 Informatikprofessoren an deutschen Hochschulen angeschrieben. Es wurden diejenigen Hochschulen berücksichtigt, die nach dem CHE-Ranking 2006<sup>2</sup> bzgl. des Kriteriums „Forschungsreputation“ im Fach Informatik hinter denjenigen Hochschulen, die bereits im Rahmen der Untersuchungen von Zendler und Spannagel (2008) und Zendler, Spannagel und Klaudt (2008) angeschrieben worden waren, am besten abgeschnitten haben. Die Rücklaufquote betrug 20,0% (24 Fragebogen).

#### 4.1.2 Fragebogen

Der Fragebogen bestand aus einer kurzen Einführung, in der die 15 zentralen Inhaltskonzepte und die 16 zentralen Prozesskonzepte tabellarisch in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt wurden, die in der ersten Untersuchung von Zendler und Spannagel (2008) und in der zweiten Untersuchung von Zendler, Spannagel und Klaudt (2008) empirisch ermittelt worden waren.

---

<sup>1</sup> Abrufbar unter <http://www.acm.org/class/1998/> (letzter Zugriff am 27.6.2008).

<sup>2</sup> Abrufbar unter <http://www.ch.de> (letzter Zugriff am 27.6.2008); auszugsweise auch veröffentlicht in „Die Zeit. Studienführer 2006“

Die 15 Inhaltskonzepte und die 16 Prozesskonzepte wurden anschließend in einer Matrix jeweils alphabetisch sortiert dargeboten, mit den Inhaltskonzepten in den Zeilen und den Prozesskonzepten in den Spalten. Für jede Zelle der Matrix musste die folgende Aussage bewertet werden: *Für den Umgang mit dem Informatikkonzept <abc> hat der Informatikprozess <xyz> eine Bedeutung.* Die Bewertung wurde auf einer sechsstufigen Skala von 0 („keine Bedeutung“) bis 5 („sehr große Bedeutung“) vorgenommen.

#### **4.1.3 Datenanalyse**

Die Datenanalyse besteht aus den folgenden Schritten: Zunächst wird eine deskriptive Datenanalyse mit Mittelwertsvergleichen vorgenommen. Daran anschließend werden zwei clusteranalytische Auswertungen der Daten durchgeführt. Das Resultat dieser Auswertung sind zum einen *Cluster* mit Inhaltskonzepten und zum anderen *Cluster* mit Prozesskonzepten. Um die Qualität der Ergebnisse der Clusteranalysen beurteilen zu können, werden Stabilitätsanalysen durchgeführt. Auf der Basis einer Mediandichotomisierung werden abschließend Gruppen von Kombinationen (Blocks) aus Inhalts- und Prozesskonzepten identifiziert.

Die Daten wurden überwiegend mit SPSS 15.0 ausgewertet. Eine Ausnahme bildet die Stabilitätsanalyse, die direkt in R implementiert wurde.

#### **4.2 Deskriptive Datenanalyse**

Abbildung 1 zeigt die deskriptive Auswertung ( $N=24$ ) mit den Mittelwerten der Inhaltskonzepte bezüglich der Prozesskonzepte sowie den Mittelwerten der Prozesskonzepte bezüglich der Inhaltskonzepte. Die Inhalts- und die Prozesskonzepte sind jeweils in absteigender Richtung in Bezug auf Gesamtmittelwerte (Mittelwert der Inhaltsmittelwerte bzw. Mittelwert der Prozessmittelwerte) sortiert.

Die Inhaltskonzepte mit den fünf höchsten Werten im Gesamtmittelwert sind: *problem, information, model, algorithm* und *data*; diejenigen mit den fünf niedrigsten Werten sind: *program, test, communication, language* und *computer*.

Die Prozesskonzepte mit den fünf höchsten Werten im Gesamtmittelwert sind: *analyzing, classifying, problem solving and problem posing, categorizing* sowie *investigating*; diejenigen mit den fünf niedrigsten Werten sind: *transferring, communicating, presenting*<sup>3</sup>, *collaborating* und *ordering*.

#### **4.3 Clusteranalytische Auswertungen**

Als Datenbasis für die clusteranalytische Auswertung wird die alphabetisch sortierte  $15 \times 16$  Datenmatrix mit den Mittelwerten der Inhalts- und Prozesskonzepte verwendet. Als clusteranalytische Methode wird das Verfahren nach Ward (1963) verwendet mit der quadrierten euklidischen Distanz als Distanzmaß (Everitt, Landau & Leese, 2001). Bei der Wahl des Abbruchkriteriums wird der C-Index nach Hubert und Levin (1976) berücksichtigt.

---

<sup>3</sup> *communicating* und *presenting* haben denselben Wert.

Es wurden zwei unabhängige Clusteranalysen gerechnet: zum einen über die Reihen mit den Inhaltskonzepten als Objekten und den Prozesskonzepten als Kriterien, zum anderen über die Spalten mit den Prozesskonzepten als Objekten und den Inhaltskonzepten als Kriterien.

<u>Inhaltskonzepte</u>	<u>Prozesskonzepte</u>															Gesamtmittelwert	
	analyzing	classifying	problem solving and posing	categorizing	investigating	finding relationships	generalizing	creating and inventing	comparing	finding cause-and-effect r.	questioning	transferring	communicating	presenting	collaborating		ordering
problem	4.54	3.83	4.50	3.63	4.00	3.08	3.17	2.04	2.88	2.88	3.54	2.83	2.50	2.50	2.58	1.75	<b>3.14</b>
information	4.29	4.21	2.63	3.79	2.83	3.79	3.42	1.83	3.25	2.50	3.00	2.92	2.58	3.54	1.96	3.33	<b>3.12</b>
model	4.17	3.38	3.46	3.42	3.29	3.46	4.13	3.58	3.13	2.75	2.63	3.13	2.38	2.58	2.46	1.88	<b>3.11</b>
algorithm	4.46	3.42	4.25	3.04	3.58	2.54	3.83	4.13	3.46	2.67	2.38	3.33	1.96	2.46	1.42	1.67	<b>3.04</b>
data	4.00	3.83	2.50	3.75	2.83	3.71	2.92	1.50	3.25	2.79	2.75	2.33	2.17	3.42	1.54	3.71	<b>2.94</b>
structure	4.29	3.33	2.33	3.08	3.13	3.50	3.79	2.67	2.42	2.75	2.58	2.71	1.54	2.88	1.42	2.17	<b>2.79</b>
system	4.25	2.79	3.17	2.75	3.17	2.92	2.79	2.83	2.04	2.63	2.46	2.46	2.46	2.79	2.71	1.38	<b>2.72</b>
computation	3.79	3.00	3.71	2.67	3.08	2.92	3.04	2.67	2.75	2.71	2.46	2.46	2.08	2.42	2.13	1.58	<b>2.72</b>
process	4.13	2.96	2.63	3.04	3.04	2.71	2.42	2.00	2.42	2.92	2.38	2.33	3.00	2.13	2.67	1.71	<b>2.65</b>
software	4.04	2.79	3.17	2.71	2.67	2.29	2.50	3.67	2.08	2.38	2.25	2.46	2.79	2.17	3.00	1.13	<b>2.63</b>
program	4.08	2.63	3.50	2.38	2.71	2.21	2.50	3.38	2.13	2.33	2.04	2.75	2.38	2.25	2.42	1.42	<b>2.57</b>
test	3.29	2.38	2.71	2.63	3.04	2.79	1.92	3.00	2.88	3.63	3.21	2.08	1.83	2.17	1.96	1.42	<b>2.56</b>
communication	3.38	2.42	2.25	2.29	2.71	2.63	2.17	2.25	2.08	2.58	2.63	2.13	4.13	2.33	3.50	1.38	<b>2.55</b>
language	3.46	2.92	2.83	3.08	2.42	2.67	2.71	2.67	2.33	1.75	1.88	2.13	2.88	2.08	2.17	1.33	<b>2.46</b>
computer	2.83	2.58	2.25	2.92	2.21	1.67	1.50	2.50	2.21	1.96	2.29	1.96	2.88	1.79	2.83	1.04	<b>2.21</b>
<b>Gesamtmittelwert</b>	<b>3.93</b>	<b>3.10</b>	<b>3.06</b>	<b>3.01</b>	<b>2.98</b>	<b>2.86</b>	<b>2.85</b>	<b>2.71</b>	<b>2.62</b>	<b>2.61</b>	<b>2.56</b>	<b>2.53</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	<b>2.32</b>	<b>1.79</b>	

Abbildung 1. Mittelwerte der Inhalts- und Prozesskonzepte (N=24)  
– sortiert nach Gesamtmittelwerten

Abbildung 2 veranschaulicht die beiden Clusterlösungen für die Inhalts- und Prozesskonzepte. Die Heatmap (Grinstein, Trutschl & Cvek, 2001) aus der Abbildung 2 enthält für jedes Inhaltskonzept bezogen auf die Prozesskonzepte (und umgekehrt) einen visualisierten Wert (Originalwerte siehe in Abbildung 1). Zudem verdeutlicht die Abbildung 2 anhand zweier Dendrogramme die auf den einzelnen Fusionsstufen vorgenommenen Clusterbildungen sowohl für die Inhaltskonzepte als auch für die Prozesskonzepte.

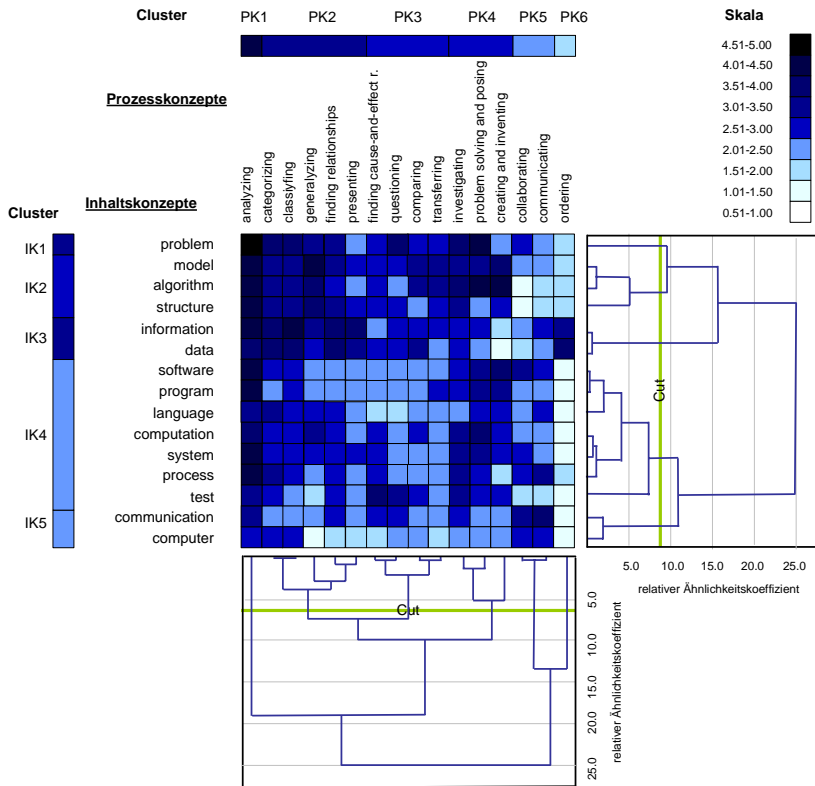


Abbildung 2. Clusterlösungen zu den Inhalts- und Prozesskonzepten ( $N=24$ )

In den folgenden Abschnitten werden zunächst die fünf Cluster der Inhaltskonzepte und dann die sechs Cluster der Prozesskonzepte vorgestellt.

### 4.3.1 Die Cluster der Inhaltskonzepte

Die Clusterlösung für die Inhaltskonzepte besteht aus den Clustern *IK1*, *IK2*, *IK3*, *IK4* und *IK5*.

*IK1-Cluster.* Dieses Cluster enthält nur ein Inhaltskonzept, nämlich *problem*. Es ist charakterisiert durch sehr hohe Werte hinsichtlich der Prozesskonzepte *analyzing*, *categorizing*, *classifying*, *generalizing*, *finding relationships*, *questioning*, *investigating* sowie *problem solving* and *problem posing*. Das Dendrogramm zeigt, dass *problem* aufgrund des Wertes für den C-Index (siehe „Cut“ in Abbildung 2) nicht mit anderen Inhaltskonzepten fusioniert werden kann.

*IK2-Cluster.* Zu diesem Cluster gehören drei Inhaltskonzepte: *model*, *algorithm* und *structure*. Diese zeichnen sich durch sehr hohe Werte hinsichtlich der Prozesskonzepte *analyzing*, *categorizing*, *classifying* und *generalizing* aus, haben andererseits relativ niedrige Werte in den Prozesskonzepten *communicating* und *ordering*.

*IK3-Cluster.* Das Cluster *IK3*, welches das homogenste Cluster der Clusterlösung für die Inhaltskonzepte darstellt, besteht aus zwei Inhaltskonzepten: *information* und *data*. Diese sind dadurch gekennzeichnet, dass sie ein sehr einheitliches Profil über alle Prozesskonzepte besitzen. Auffallend sind die sehr hohen Werte für *analyzing*, *categorizing*, *classifying*, *generalizing*, *finding relationships*, *presenting*, *comparing* und *ordering*.

*IK4-Cluster.* Dieses Cluster ist dasjenige mit den meisten Konzepten; es besteht aus den folgenden sieben Inhaltskonzepten: *software*, *program*, *language*, *computation*, *system*, *process* und *test*. Auffallend für dieses Cluster sind die beiden Subcluster mit *software* und *program* sowie *computation* und *system*, die wegen ihres sehr ähnlichen Profils in den Prozesskonzepten früh fusioniert werden. Während *software* und *program* hohe Werte in den Prozesskonzepten *analyzing*, *classifying*, *investigating*, *problem solving and problem posing* und *creating and inventing* besitzen, zeichnen sich *computation* und *system* durch hohe Werte in den Prozesskonzepten *analyzing*, *categorizing*, *classifying*, *generalizing*, *finding relationships*, *presenting*, *questioning*, *investigating* sowie *problem solving and problem posing* aus. Das Dendrogramm zeigt, dass *language*, *process* und *test* relativ spät zu den beiden Subclustern zugeordnet werden und somit eine gewisse Sonderstellung im Cluster *IK4* einnehmen.

*IK5-Cluster.* Dieses Cluster umfasst zwei Inhaltskonzepte: *communication* und *computer*. Die Konzepte in diesem Cluster sind charakterisiert durch hohe Werte hinsichtlich der Prozesskonzepte *analyzing*, *collaborating* und *communicating*. Zudem haben *communication* und *computer* ähnliche Werte für die Prozesskonzepte *questioning*, *comparing*, *transferring*, *problem solving and problem posing* und *creating and inventing*.

#### 4.3.2 Die Cluster der Prozesskonzepte

Die Clusterlösung für die Prozesskonzepte umfasst die Cluster *PK1*, *PK2*, *PK3*, *PK4*, *PK5* und *PK6*.

*PK1-Cluster.* Dieses Cluster besteht aus dem Prozesskonzept *analyzing*. Es zeichnet sich durch sehr hohe Werte hinsichtlich fast aller Inhaltskonzepte aus [Gesamtmittelwert des *PK1*-Clusters = 3.93]. Die Besonderheit dieses Clusters mit dem einzigen Prozesskonzept *analyzing* zeigt sich im Dendrogramm dadurch, dass eine Fusionierung aufgrund des relativen Ähnlichkeitskoeffizienten mit anderen Clustern nicht möglich ist.

*PK2-Cluster.* Zu diesem Cluster gehören die folgenden fünf Prozesskonzepte: *categorizing*, *classifying*, *generalizing*, *finding relationships* und *presenting*. Auffallend in diesem Cluster ist die frühe Gruppierung der beiden Prozesskonzepte *categorizing* und *classifying* wegen der ähnlichen Werte hinsichtlich fast aller Inhaltskonzepte. *Finding relationships* und *presenting* sind die beiden Prozesskonzepte, die anschließend fusioniert werden und denen dann *generalizing* zugeordnet ist.

*PK3-Cluster.* Dieses Cluster umfasst vier Prozesskonzepte. Für das *PK3*-Cluster sind die beiden Subcluster auffällig mit *finding-cause-and-effect relationships* und



*questioning* sowie *comparing* und *transferring*. Beide Subcluster konnten bezüglich des relativen Ähnlichkeitskoeffizienten (siehe Abbildung 2) früh identifiziert werden, die darin enthaltenen Prozesskonzepte sind relativ einheitlich hinsichtlich ihrer Werte für die Inhaltskonzepte.

*PK4-Cluster*. Dieses Cluster besteht aus drei Prozesskonzepten: *investigating*, *problem solving and problem posing* und *creating and inventing*. Bemerkenswert für dieses Cluster sind die ähnlichen Werte, welche die Prozesskonzepte für die Inhaltskonzepte *model*, *algorithm*, *software*, *program*, *system*, *test* und *computer* erzielten. Wegen der niedrigen Werte in den Inhaltskonzepten *information* und *data* wird *creating and inventing* spät zu den anderen beiden Prozesskonzepten zugeordnet.

*PK5-Cluster*. Das *PK5-Cluster* stellt das homogenste Cluster der Clusterlösung für die Prozesskonzepte dar. Zu diesem Cluster gehören die beiden Prozesskonzepte *collaborating* und *communicating*. Die beiden Prozesskonzepte sind durch ein sehr einheitliches Profil über alle Inhaltskonzepte charakterisiert. Auffallend sind die niedrigen Werte für *algorithm* und *structure* sowie die hohen Werte für *process*, *communication* und *computer*.

*PK6-Cluster*. Dieses Cluster besteht aus nur einem Prozesskonzept, nämlich *ordering*. Das Cluster zeichnet sich zum einen aus durch niedrige Werte hinsichtlich fast aller Inhaltskonzepte, zum anderen aber durch hohe Werte bezüglich der Inhaltskonzepte *information* und *data*.

### 4.3.3 Stabilität der clusteranalytischen Ergebnisse

Zur Überprüfung der Qualität der clusteranalytischen Resultate wurden Stabilitätsanalysen mit Hilfe des Rand-Indexes *RI* durchgeführt (Rand, 1971; Hubert & Arabie, 1985; vgl. Zendler & Spannagel, 2008).

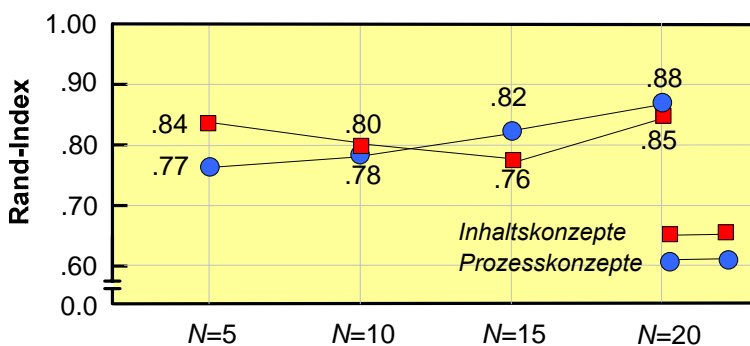


Abbildung 3. Rand-Indizes in Abhängigkeit von *N*

Die Stabilitätsanalyse wurde auf der Basis verschiedener clusteranalytischer Ergebnisse bei einer unterschiedlichen Anzahl von Datenfällen ( $N=5$ ,  $N=10$ ,  $N=15$ ,  $N=20$ ) durchgeführt, und zwar sowohl für die Inhaltskonzepte als auch für die

Prozesskonzepte. Abbildung 3 zeigt die RI-Werte für die Inhaltskonzepte und die Prozesskonzepte bezüglich der verschiedenen Datensätze im Vergleich mit dem Datensatz bei  $N=24$ . Bereits bei  $N=10$  kann von einer hohen Übereinstimmung ausgegangen werden (Everitt, Landau & Leese, 2001, S. 183). Die Clusterlösungen können als stabil eingestuft werden, weil die Übereinstimmung der Datensätze mit dem Enddatensatz bei steigendem  $N$  zunimmt.

#### 4.4 Blockbildung aus Inhalts- und Prozessclustern

Das Ziel der Blockbildung besteht darin, Blocks aus Inhalts- und Prozesskonzepten zu identifizieren, die sich für den Informatikunterricht eignen.

Für die Blockbildung wird ein pragmatisches Verfahren verwendet, das sogenannte Blocks als Schnittmengen der Cluster mit Inhalts- und Prozesskonzepten bestimmt. Diejenigen Blocks werden für den Informatikunterricht identifiziert, die nach Mediandichotomisierung die obere Hälfte besetzen. Abbildung 4 veranschaulicht die Blockbildung für die Inhalts- und Prozesskonzepte. Insgesamt wurden nach der Mediandichotomisierung [Median=2.89] 15 Blocks identifiziert, nämlich die Blocks  $IK1 \cap PK1$ ,  $IK1 \cap PK2$ ,  $IK1 \cap PK3$ ,  $IK1 \cap PK4$ ,  $IK2 \cap PK1$ ,  $IK2 \cap PK2$ ,  $IK2 \cap PK3$ ,  $IK2 \cap PK4$ ,  $IK3 \cap PK1$ ,  $IK3 \cap PK2$ ,  $IK3 \cap PK6$ ,  $IK4 \cap PK1$ ,  $IK4 \cap PK4$ ,  $IK5 \cap PK1$  und  $IK5 \cap PK5$ .

*IK1 ∩ PK1-Block.* Dieser Block enthält das Inhaltskonzept *problem* bezüglich des Prozesskonzeptes *analyzing*. Damit setzt dieser Block den Schwerpunkt im Informatikunterricht auf die Behandlung von Problemen und deren Analyse, insbesondere auf die Zerlegung von Problemen in Teilprobleme.

*IK1 ∩ PK2-Block.* Zu diesem Block gehört das Inhaltskonzept *problem*, das in Verbindung zu den Prozesskonzepten *categorizing*, *classifying*, *generalizing*, *finding relationships* und *presenting* zu sehen ist. Demzufolge konzentriert sich dieser Block auf den Umgang mit Problemen unter Kategorisierungs-, Ordnungs-, Verallgemeinerungs- und Präsentationsgesichtspunkten für das Lehren und Lernen.

*IK1 ∩ PK3-Block.* Dieser Block umfasst das Inhaltskonzept *problem* unter Berücksichtigung der Prozesskonzepte *finding-cause-and-effect relationships*, *questioning*, *comparing* und *transferring*. Infolgedessen betont dieser Block das Inhaltskonzept *problem* aus dem Blickwinkel von Ursache-Wirkungszusammenhängen, des Hinterfragens, des Vergleichens und des Übertragens auf andere Situationen.

*IK1 ∩ PK4-Block.* Zu diesem Block gehört das Inhaltskonzept *problem* unter Berücksichtigung der Prozesskonzepte *investigating*, *problem solving and problem posing* und *creating and inventing*. Dementsprechend sollte dieser Block *problem* aus der Perspektive des wissenschaftlichen Untersuchens, der Problemdefinition, -verfeinerung, -beschreibung, und -lösung sowie des Erfindens zum Inhalt haben.

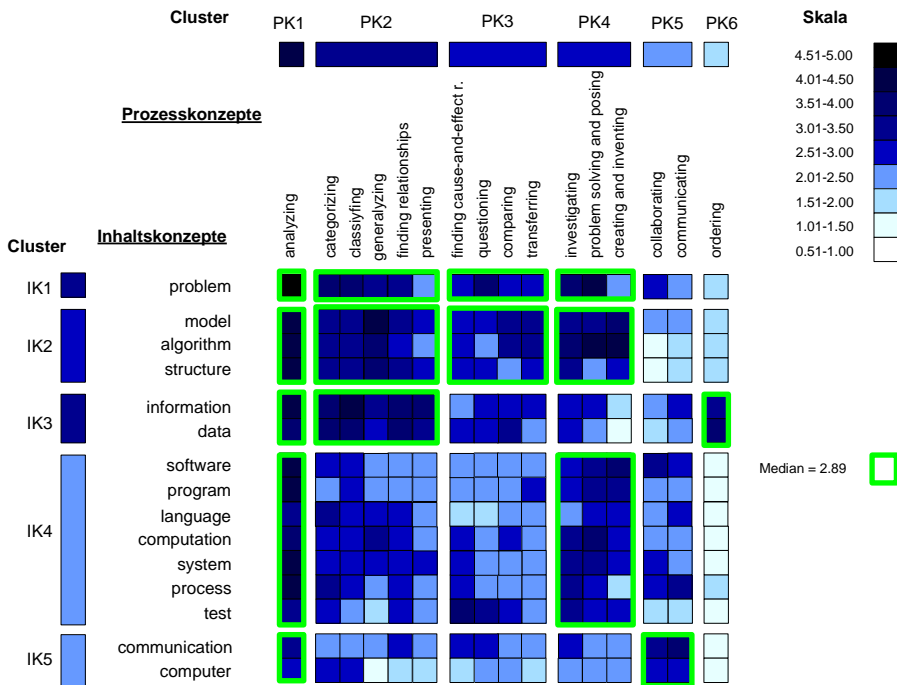


Abbildung 4. Blockbildung der Inhalts- und Prozesskonzepte

*IK2∩PK1-Block.* Dieser Block besteht aus den Inhaltskonzepten *model*, *algorithm* und *structure* in Verbindung zum Prozesskonzept *analyzing*. Was das Lehren und Lernen betrifft, sollte dieser Block die Tätigkeit des Analysierens von Modellen, von Algorithmen und von Strukturen zum Gegenstand haben.

*IK2∩PK2-Block.* Dieser Block umfasst die Inhaltskonzepte *model*, *algorithm* und *structure* in bezug auf die Prozesskonzepte *categorizing*, *classifying*, *generalizing*, *finding relationships* und *presenting*. Mithin sollte der Schwerpunkt für diesen Block im Informatikunterricht sein, wie mit den Inhaltskonzepten unter Ordnungs-, Verallgemeinerung- und Präsentationsgesichtspunkten umzugehen ist.

*IK2∩PK3-Block.* Dieser Block enthält die Inhaltskonzepte *model*, *algorithm* und *structure* unter Berücksichtigung der Prozesskonzepte *finding-cause-and-effect relationships*, *questioning*, *comparing* und *transferring*. Mithin unterstreicht dieser Block, dass die drei Inhaltskonzepte *model*, *algorithm* und *structure* aus der Perspektive von Ursache-Wirkungszusammenhängen, des Hinterfragens, des Vergleichens und des Übertragens auf andere Situationen für das Unterrichten anzubieten sind.

*IK2∩PK4-Block.* Dieser Block enthält die Inhaltskonzepte *model*, *algorithm* und *structure* unter Berücksichtigung der Prozesskonzepte *investigating*, *problem solving and problem posing* sowie *creating and inventing*. Was das Unterrichten angeht, sollten die Inhaltskonzepte aus diesem Block unter praktischen

Gesichtspunkten behandelt werden. Am Beispiel von *model* sollen dies hier kurz exemplifiziert werden: Verwendung von Modellen zur Untersuchung eines Gegenstandsbereiches, Einsatz von Modellen zur Problemfeststellung und -beschreibung, Verwendung von Modellen beim Erfinden.

*IK3∩PK1-Block*. Zu diesem Block gehören die Inhaltskonzepte *information* und *data* bezüglich des Prozesskonzeptes *analyzing*. Für das Lehren und Lernen setzt dieser Block damit den Schwerpunkt auf die Behandlung von *information* und *data* unter Zerlegungsgesichtspunkten.

*IK3∩PK2-Block*. Dieser Block enthält die Inhaltskonzepte *information* und *data* hinsichtlich der Prozesskonzepte *categorizing*, *classifying*, *generalizing*, *finding relationships* und *presenting*. Dementsprechend sollte der Schwerpunkt für das Lehren und Lernen sein, Kategorisierungs-, Verallgemeinerungs- und Präsentationstätigkeiten für den Umgang mit *information* und *data* anzubieten.

*IK3∩PK6-Block*. Zu diesem Block gehören die Inhaltskonzepte *information* und *data* in bezug zum Prozesskonzept *ordering*. Für das Unterrichten betont dieser Block, dass für die beiden Inhaltskonzepte *information* und *data* Tätigkeiten behandelt werden sollten, welche die Anordnung von Daten und Informationen unter Berücksichtigung von Kriterien oder Beziehungen zum Inhalt haben.

*IK4∩PK1-Block*. Dieser Block enthält die Inhaltskonzepte *software*, *program*, *computation*, *system*, *language* und *test* bezüglich des Prozesskonzeptes *analyzing*. Was das Unterrichten betrifft, sollte dieser Block die Tätigkeiten des Analysierens von Software und Programmen, von Berechnungen, Systemen und Tests(formalen) Sprachen zum Inhalt haben. Dabei kommen Tests zum Einsatz.

*IK4∩PK4-Block*. Dieser Block umfasst die Inhaltskonzepte *software*, *program*, *computation*, *system*, *language* und *test*, wobei die Prozesskonzepte *investigating*, *problem solving and problem posing* und *creating and inventing* berücksichtigt sind. Dementsprechend sollte dieser Block die beteiligten Inhaltskonzepte aus dem Blickwinkel des wissenschaftlichen Untersuchens, der Problemdefinition, -verfeinerung, -beschreibung, und -lösung sowie der Ideenfindung und -umsetzung zum Gegenstand haben.

*IK5∩PK1-Block*. Dieser Block umfasst die Inhaltskonzepte *process*, *communication* und *computer* hinsichtlich des Prozesskonzeptes *analyzing*. Für das Unterrichten betont dieser Block, dass für die beteiligten Konzepte Tätigkeiten behandelt werden sollten, welche das Zerlegen in den Vordergrund des Unterrichts stellen.

*IK5∩PK5-Block*. Zu diesem Block gehören die Inhaltskonzepte *process*, *communication* und *computer* in bezug zu den Prozesskonzepten *collaborating* und *communicating*. Für das Unterrichten betont dieser Block, dass der Umgang mit den drei Inhaltskonzepten Kollaborationsformen (z.B. synchrone/asynchrone Formen, lokal/verteilte Formen, horizontale/vertikale Formen) und Kommunikationsarten (z.B. sprachlicher, visueller, technologischer Arten) einbeziehen sollte, welche darauf abzielen, gemeinsam Ziele zu erreichen.

Vor dem Hintergrund der dargestellten Blockbildung für die Inhalts- und Prozesskonzepte kann – die Ergebnisse zusammenfassend – festgestellt werden, dass

sich die in der Einleitung formulierten Forschungshypothesen bestätigt haben: (1) Zentrale Prozesskonzepte der Informatik sind für den Umgang mit zentralen Inhaltskonzepten der Informatik in unterschiedlichem Maße für den Informatikunterricht relevant. (2) Es lassen sich unterschiedliche Gruppen von Kombinationen aus zentralen Inhalts- und Prozesskonzepten identifizieren, die in unterschiedlichem Maße für den Informatikunterricht relevant sind.

#### 4.5 Diskussion

Die Matrix mit den Blocks aus Inhalts- und Prozesskonzepten (Abbildung 4) zeigt, dass es bestimmte Gruppen von Inhaltskonzepten gibt, die mit bestimmten Gruppen von Prozesskonzepten kombiniert werden. Sowohl die Inhalts- als auch die Prozesskonzepte waren vorher in empirischen Untersuchungen als besonders wichtig für den Informatikunterricht bestimmt worden (Zendler & Spannagel, 2008; Zendler, Spannagel & Klaudt, 2008). Insofern kann gefolgert werden, dass die empirisch ermittelten Kombinationen auch für den Informatikunterricht eine besondere Bedeutung haben.

Die Matrix veranschaulicht, dass das Inhaltskonzept *problem* mit Bezug zu den Prozesskonzepten aus vier Clustern (*PK1*, *PK2*, *PK3*, *PK4*) besonders hohe Werte aufweist. Demzufolge muss *problem* unter Einbeziehung einer ganzen Reihe von Prozesskonzepten im Informatikunterricht ein besonderer Stellenwert zukommen. Anders ausgedrückt: Das Inhaltskonzept *problem* dient im Informatikunterricht dazu, eine Vielzahl von Prozesskonzepten vermitteln zu können. Dasselbe gilt für das Prozesskonzept *analyzing* für die Vermittlung von Inhaltskonzepten. Wie aus der Matrix zu entnehmen ist, besitzt *analyzing* hinsichtlich der Inhaltskonzepte aus den Clustern *IK1* bis *IK5* hohe Werte. Demnach ist *analyzing* für den Informatikunterricht besonders interessant, wenn es für das Unterrichten aller Inhaltskonzepte eingesetzt wird.

Betrachtet man die Matrix in Verbindung mit den Werten aus Abbildung 2, dann kann für den Informatikunterricht festgestellt werden, dass das Analysieren (*analyzing*) von Problemen (*problem*) – Block  $IK1 \cap PK1$  – wohl der allerwichtigste Unterrichtsinhalt sein sollte; der Block hat mit Abstand den höchsten Gesamtmittelwert<sup>4</sup> [4.54].

In der Matrix fällt auf, dass die Inhaltskonzepte *data* und *information* sehr ähnliche Werte in Bezug zu fast allen Prozesskonzepten besitzen. Deshalb scheint es folgerichtig zu sein, im Informatikunterricht diese beiden Inhaltskonzepte in Verbindung mit denselben Prozesskonzepten zu unterrichten. Das Gleiche gilt für die Prozesskonzepte *communicating* und *collaborating*. Diese beiden Prozesskonzepte haben sehr ähnliche Werte hinsichtlich fast aller Inhaltskonzepte. Deshalb sollte auch diese gemeinsam in Verbindung mit denselben Inhaltskonzepten unterrichtet werden.

---

<sup>4</sup> Für diesen Block entspricht der Gesamtmittelwert dem Mittelwert der Kombination von *problem* und *analyzing*, da der Block nur aus einem einzigen Wert besteht.

In der Untersuchung von Zender und Spannagel (2008) hatte das Inhaltskonzept *model* nur einen bescheidenen Rangplatz 13 erreicht, noch hinter den Inhaltskonzepten *communication*, *language* und *test*, die in der vorliegenden Studie die letzten Plätze besetzen. Durch die Einbeziehung von Prozesskonzepten ist das Inhaltskonzept *model* aber erheblich aufgewertet worden. Es nimmt nun Platz 3 ein und folgt dicht den Inhaltskonzepten *problem* und *information*, welche die vordersten Plätze einnehmen. Somit kann gefolgert werden, dass weniger die exakte begriffliche Definition des Inhaltskonzepts *model* im Informatikunterricht eine Rolle spielen sollte, sondern mehr der *Umgang mit Modellen*. Eine Abwertung hat hingegen das Inhaltskonzept *computer* erfahren, das in der genannten Untersuchung Rangplatz 2 erreicht und hier unter Berücksichtigung der Prozesskonzepte den letzten Platz belegt. Dies bedeutet, dass *computer* zwar ein zentrales Konzept der Informatik ist, aber nicht unter methodischen Gesichtspunkten.

Von besonderem Interesse ist auch das Prozesskonzept *ordering*, das unabhängig von Inhaltskonzepten in der Untersuchung von Zender, Spannagel und Klaudt (2008) einen vorderen Rangplatz einnimmt und dort im sogenannten "Winner"-Cluster Rangplatz 7 besitzt. In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass *ordering* für den Informatikunterricht nur in Bezug auf die Inhaltskonzepte *information* und *data* eine große Bedeutung hat.

Bemerkenswert in der Matrix sind die drei Blocks  $IK1 \cap PK2$ ,  $IK2 \cap PK2$  und  $IK3 \cap PK2$  im Vergleich zum Block  $IK4 \cap PK4$ . Die Inhaltskonzepte der ersten drei Blocks (*problem*, *model*, *algorithm*, *structure*, *information* und *data*) sollten im Informatikunterricht in Verbindung mit Prozesskonzepten unterrichtet werden, die abstrahierende Tätigkeiten zum Schwerpunkt machen: *categorizing*, *classifying*, *generalizing* und *finding cause-and-effect relationships*. Dagegen sollten die Inhaltskonzepte aus dem Block  $IK4 \cap PK4$  (*software*, *program*, *language*, *computation*, *system*, *process*, *test*) im Kontext eher konkreter Tätigkeiten vermittelt werden: *investigating*, *problem solving and problem posing*, *creating and inventing*.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel wurde eine Untersuchung beschrieben, in der diejenigen Kombinationen aus Inhalts- und Prozesskonzepten empirisch ermittelt wurden, die für den Informatikunterricht eine besondere Bedeutung besitzen. Sie sind besonders deswegen für den Schulunterricht bedeutsam, weil die in die Kombinationen eingehenden Inhalts- wie auch Prozesskonzepte aufgrund hoher Werte bzgl. schulrelevanter Kriterien (Horizontal-, Vertikal-, Sinn- und Zeitkriterium) in vorgeschalteten Untersuchungen empirisch bestimmt wurden.

In der vorliegenden Arbeit wurden in der Fragebogenaktion die Inhaltskonzepte in Abhängigkeit von Prozesskonzepten betrachtet. In Folgearbeiten sollten die Prozesskonzepte in Abhängigkeit von Inhaltskonzepten untersucht werden – mit anschließendem Vergleich der Ergebnisse mit denen der vorliegenden Untersuchung. Dies ließe dann eine noch differenzierte Betrachtung zu, welche Inhalts- und welche Prozesskonzepte im Informatikunterricht in Kombination unterrichtet werden sollten.

Überdies sollten in weiterführenden Arbeiten die Inhaltskonzepte in Abhängigkeit der Prozesskonzepte für den Informatikunterricht genauer spezifiziert werden. Dies ist beispielsweise durch das Anfertigen von Topic Maps möglich, welche Inhalts- und Prozesskonzepte durch Äquivalenz-, assoziative und hierarchische Relationen näher bestimmen.

Vor diesem Hintergrund sollten dann weiterführende empirische Untersuchungen durchgeführt werden, die konkreter auf didaktische Fragestellungen eingehen. So sollte etwa empirisch ermittelt werden, welche zentralen Konzepte (Inhalts- und Prozesskonzepte) sich für welche Jahrgangsstufe eignen, mit welchen Methoden und Sozialformen zentrale Konzepte zu unterrichten sind, oder welche zentrale Konzepte sich für den Anfangsunterricht eignen.

Die vorliegende Studie bildet gemeinsam mit den Untersuchungen von Zendler und Spannagel (2008) sowie von Zendler, Spannagel und Klaudt (2008) eine empirische Basis für die Festlegung von Lerninhalten für den Informatikunterricht. Der empirisch abgesicherte Katalog von Inhaltskonzepten und Prozesskonzepten kann so z.B. zur Diskussion der kürzlich verabschiedeten GI-Bildungsstandards für den Informatikunterricht (GI, 2008) oder zur Bildung eines eigenständigen, empirisch bestimmten Curriculums dienen.

## **Danksagung**

Wir danken Josef Beck für die Hilfe bei der Durchführung der Fragebogenaktion und Thomas Reuter für abschließende redaktionelle Überarbeitungen. Das Projekt wurde gefördert von der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg.

## **6. Literatur**

- Barell, J. (1995). *Teaching for thoughtfulness. classroom strategies to enhance intellectual development*. White Plains, NY: Longman.
- Baumann, R. (1996). *Didaktik der Informatik* (2. völlig neu bearbeitete Auflage). Stuttgart: Klett.
- Bolhuis, S. (2003). Towards process-oriented teaching for self-directed lifelong learning: a multidimensional perspective. *Learning and Instruction, 12*, 327–347.
- Bowkett, S. (2006). *100 ideas for teaching thinking skills*. London, New York: Continuum.
- Brady, M. (2008). Cover the Material – Or Teach Students To Think? *Educational Leadership, 65*(5), 64–67.
- Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Christensen, L., Karle, H., & Nystrup, J. (2007). Process-oriented interrelationship and standard setting in medical education: the need for a comprehensive approach. *Medical Teacher, 29*, 672–667.

- Cooney, T. J. (1994). On the application of science to teaching and teacher education. In R. Biehler, R. W. Scholz, R. Strässer, & B. Winkelmann (Eds.), *Didactics of mathematics as a scientific discipline* (pp. 103–116). Dordrecht, Boston, London: Kluwer.
- 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). Toward renaissance curriculum. In L.A. Costa & R.M. Liebmann (Eds.), *Envisioning process as content. Toward a renaissance curriculum* (pp. 1–20). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Crawford, A., Saul, W., Mathews, S. R., & Makinster, J. (2005). *Teaching and learning strategies for the thinking classroom*. New York: The International Debate Education Association.
- Denning, P. J. (2003). Great principles of computing. *Communications of the ACM*, 46(11), 15–20.
- d’Ham, C., Vries, de E., Girault, I., & Marzin, P. (2004). Exploiting distance technology to foster experimental design as neglected learning objective in labwork in chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 13 (4), 1–13.
- Eckerdal, A., McCartney, R., Moström, J. E., Ratcliffe, M., Sanders, K., & Zander, C. (2006). Putting threshold concepts into context in computer science education. In *Proceedings of the 11th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education* (pp. 103–107). New York: ACM.
- Everitt, B. S., Landau, S., & Leese, M. (2001). *Cluster analysis*. London: Arnold.
- Franklin, B. M., & Johnson, C. C. (2008). What the Schools teach. In F. M. Connelly, M. F. He, & J. Phillion (Eds.), *The SAGE handbook of curriculum and instruction* (pp. 460–477) Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Dordrecht: Reidel.
- GI. Gesellschaft für Informatik (2008). *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I*. Beilage zu LOG IN, 28 (150/151).
- Grinstein, G., Trutschl, M., & Cvek, U. (2001). High-Dimensional Visualizations. In *Data mining conference KDD workshop 2001* (pp. 7–19). New York: ACM Press.
- Hartmann, W., Näf, M., & Reichert, R. (2006). *Informatikunterricht planen und durchführen*. Berlin: Springer.



- 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.
- Knöß, P. (1989). *Fundamentale Ideen der Informatik im Mathematikunterricht: grundsätzliche Überlegungen und Beispiele für die Primarstufe*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Kurtz, S., Silverman, J., Benson, J., & Draper, J. (2003). Marrying content and process in clinical method teaching: enhancing the Calgary-Cambridge guides. *Academic Medicine*, 78 (8), 802–809.
- Lamb, C. W., Shipp, S. H., & Moncrief III, W. C. (1995). Integrating skills and content knowledge in the marketing curriculum. *Journal of Marketing Education*, 17 (2), 10–19.
- Modrow, E. (2003). *Pragmatischer Konstruktivismus und fundamentale Ideen als Leitlinien der Curriculumentwicklung*. 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.
- Nievergelt, J. (1980). Computer science education: An emerging consensus on basic concepts. In S. H. Lavington (Ed.), *Information processing 80* (pp. 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 & H. W. Six (Eds.), *Computer assisted Learning, Lecture Notes in Computer Science 438* (pp. 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.
- Pogrow, S. (1997). Using technology to combine process and content. In A. L. Costa, & R. M. Liebmann (Eds.), *Supporting the spirit of learning. When process is content* (pp. 98–116). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- 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.
- Tütken, H. (1970). Curriculum und Begabung in der Grundschule. *Grundschulkongreß 69* (Bd.3) Inhalte grundlegender Bildung. Frankfurt: Arbeitskreis Grundschule.
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical groupings to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.
- Wursthorn, B. (2005a). Fundamental concepts of computer science in a Logo-environment. In G. Gregorczyk, A. Walat, W. Kranas, & M. Borowiecki (Eds.), *Digital tools for lifelong learning. Proceedings of the tenth European Logo Conference* (pp. 219–227). Warsaw: Centre for Informatics and Technology in Education.
- Wursthorn, B. (2005b). Informatische Grundkonzepte zu Beginn der Sekundarstufe I. In S. Friedrich (Ed.), *Unterrichtskonzepte für informatische Bildung* (pp. 91–100). Bonn: Köllen Druck + Verlag.
- Zendler, A., & Spannagel, C. (2008). Empirical foundation of central concepts for computer science education. *ACM Journal on Educational Resources in Computing*, 8(2), Article No. 6.
- Zendler, A., Spannagel, C., & Klaudt, D. (2008). Process as content in computer science education: empirical determination of central processes. *Computer Science Education* (accepted).