

Vergleich der Prozessprofile der Disziplinen Informatik und Mathematik

Christian Spannagel, Andreas Zendler und Florian Schimpf
University of Education Ludwigsburg

Abstract. Im Rahmen prozessorientierter didaktischer Ansätze eignen sich Lernende nicht nur Inhalte, sondern vor allem auch Denk- und Arbeitsprozesse an. Dabei ist davon auszugehen, dass im Kontext verschiedener Disziplinen auch unterschiedliche Prozesse gefördert werden können. In vorangegangenen Untersuchungen wurden bereits die zentralen Prozesse der Informatik und die zentralen Prozesse der Mathematik durch Expertenbefragung empirisch ermittelt. Die in diesem Artikel beschriebene Studie vergleicht diese Ergebnisse. Mit Hilfe korrelationsanalytischer Berechnungen wurden zunächst Übereinstimmungen zwischen den Informatik- und Mathematikprozessen gefunden. Ein Vergleich der Clusterlösungen hingegen weist auf Unterschiede hin. Eine semantische Analyse unter Verwendung diskriminanzanalytischer Techniken zeigt, dass die Vermittelbarkeit der zentralen Prozesse in der Informatik – im Gegensatz zur Mathematik – eine größere Einheitlichkeit aufweist. In zukünftigen Studien werden weitere Vergleiche durch tiefergehende semantische Analysen vorgenommen.

Keywords: Central process concepts, teaching thinking, computer science education, mathematics education.

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

1. Einleitung

Beim Lernen und Lehren innerhalb eines Fachs spielen neben den zentralen Inhaltskonzepten auch die zentralen Prozesskonzepte der entsprechenden wissenschaftlichen Disziplin eine wesentliche Rolle (Parker & Rubin, 1966; Costa & Liebmann, 1997a, 1997b, 1997c; Spannagel & Zendler, 2008a). Kinder und Jugendliche sollen in die wesentlichen Denk- und Arbeitsweisen der Disziplin eingeführt und diese anwenden lernen. Im Informatikunterricht sollen sie beispielsweise nicht nur die wichtigen informatischen Inhaltskonzepte (wie beispielsweise Algorithmus, Informatik und Computer) kennen lernen, sondern auch die Art, wie Informatiker denken und wie sie methodisch vorgehen.

Über die fachlichen Prozesse hinaus ist es aber auch wichtig, dass Kinder und Jugendliche *Denken im Allgemeinen* lernen. Nach dem *Teaching-Thinking*-Ansatz sollen Lehrpersonen besonderen Wert darauf legen, dass bestimmte allgemeine Denkprozesse erlernt und bewusst und reflektierend angewendet werden (Baron & Sternberg, 1987; Barell, 1995; Costa, 2001; Crawford, Saul, Mathews, & Makinster,

2005; Bowkett, 2006; Marzano & Kendall, 2007; Brady, 2008). Das Erlernen von Denkprozessen findet dabei selbstverständlich nicht kontextlos statt (etwa in direkten Schulungen von Denkprozessen), sondern es wird an konkreten Inhalten in den jeweiligen Fächern verankert. Dabei stellt sich die Frage, welche allgemeinen Denkprozesse in welcher Disziplin besonders gut vermittelt werden können. So kann beispielsweise angenommen werden, dass im Fach Deutsch der Prozess des Kommunizierens besonders gut vermittelt werden kann, während das Fach Mathematik eher für die Entwicklung abstrakter Analyseprozesse geeignet ist. Es sind somit *Prozessprofile* für einzelne Wissenschaften zu erstellen und miteinander zu vergleichen.

Prozessprofile wissenschaftlicher Disziplinen können mittels rationalen Überlegungen von Experten der jeweiligen Fachrichtung konstruiert werden. Diese Methode hat allerdings den Nachteil, dass sie subjektiven Einschätzungen unterliegt und zudem kaum Vergleiche auf quantitativer Basis ermöglicht. Eine Alternative ist die empirische Bestimmung zentraler Prozesse, indem mehrere Experten mittels eines Fragebogens ihre Einschätzungen quantifizieren. Die Prozessprofile einzelner Wissenschaften können dann auf der Basis statistischer Auswertungen der Experteneinschätzungen erstellt und darüber hinaus mit quantitativen Methoden verglichen werden.

In empirischen Untersuchungen wurden bereits die Prozessprofile der Informatik (Zendler, Spannagel, & Klaudt, 2008a) und der Mathematik (Spannagel & Zendler, 2008b) ermittelt. In dem vorliegenden Artikel werden nun die Prozessprofile der beiden Disziplinen miteinander verglichen. Zunächst werden die Ergebnisse der beiden Ausgangsstudien in Abschnitt 2 dargestellt. Anschließend wird in Abschnitt 3 der Vergleich der Prozessprofile vorgenommen. Im letzten Abschnitt werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf weitere Studien gegeben.

2. Zentrale Prozesse der Informatik und der Mathematik

Als Ausgangspunkt für die vorliegende Untersuchung werden die Studien von Zendler, Spannagel und Klaudt (2008a) zur Bestimmung zentraler Prozesse der Informatik sowie von Spannagel und Zendler (2008b) zur Bestimmung zentraler Prozesse der Mathematik herangezogen. In beiden Studien wurde nach derselben Methodik vorgegangen: Ein Fragebogen wurde an Professoren der jeweiligen Fachrichtung geschickt. In diesem Fragebogen mussten die Experten 44 Prozesse nach Costa und Liebmann (1997d) hinsichtlich vier Kriterien von Schwill (1993,1994) auf einer Skala von 0 bis 5 bewerten. Die Kriterien besagen, dass ein Prozess in vielen Bereichen der Disziplin relevant ist (*Horizontalkriterium*), dass er auf unterschiedlichen intellektuellen Niveaus vermittelt werden kann (*Vertikalkriterium*), dass er über einen längeren Zeitraum in der Disziplin bedeutsam war und bleiben wird (*Zeitkriterium*), und dass er einen Bezug zur Sprache und/oder zum Denken im Alltag besitzt (*Sinnkriterium*). Für beide Disziplinen wurde so jeweils ein Variablensatz bestehend aus Variablen gebildet, die auf die Schwillschen Kriterien bezogen sind (Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium). Innerhalb einer Disziplin wurden die Experteneinschätzungen für jeden Prozess und jede der vier Variablen gemittelt. Auf dieser Datenbasis beruhend wurden die Prozesse mittels Clusteranalysen in

Cluster ähnlich bewerteter Prozesse unterteilt. Hierbei wurden Cluster von Prozessen mit hohen Werten ("Winner"-Cluster oder "W"-Cluster), mit mittleren Werten ("Intermediate"-Cluster oder "I"-Cluster) und mit niedrigen Werten ("Loser"-Cluster oder "L"-Cluster) gebildet.

Abbildung 1 zeigt die Clusterlösungen für die Informatik (N=24) und für die Mathematik (N=12). Dargestellt sind die Ergebnisse der beiden Variablensätze. Jeder Variablensatz besteht aus Variablen, die auf die Schwillschen Kriterien bezogen sind (Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium). Die Farben repräsentieren die Mittelwerte zu den jeweiligen Prozess-Kriteriums-Paaren.

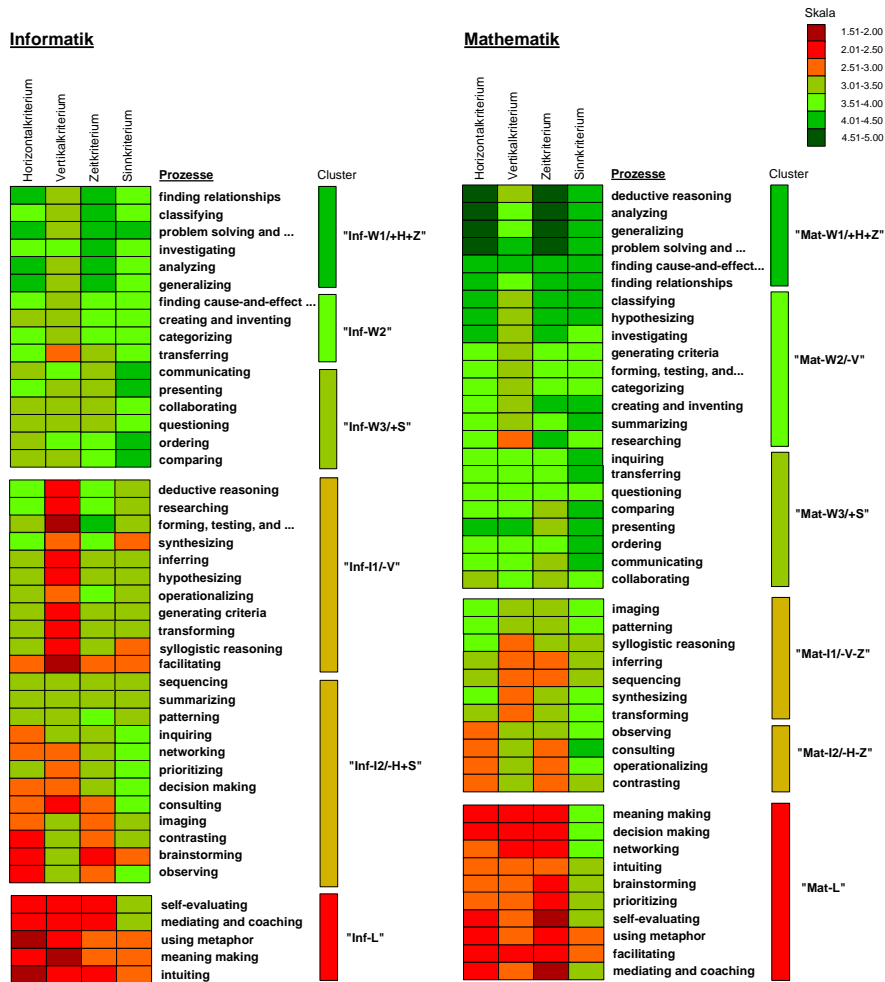


Abbildung 1. Clusterlösungen beider Disziplinen

In beiden Disziplinen wurden jeweils sechs Cluster gebildet: drei “W“-Cluster, drei “I“-Cluster und drei “L“-Cluster. Die zentralen Prozesse der Informatik bzw. der Mathematik sind jeweils in den drei “W“-Clustern enthalten. Die höchstbewerteten Prozesse in der Informatik finden sich im “Inf-W1/+H+Z“-Cluster. Dabei handelt es sich um die Prozesse *finding relationships*, *classifying*, *problem solving and problem posing*, *investigating*, *analyzing* und *generalizing*. In der Mathematik wurden die Prozesse *deductive reasoning*, *analyzing*, *generalizing*, *problem solving and problem posing*, *finding cause-and-effect relationships* und *finding relationships* am höchsten bewertet (“Mat-W1/+H+Z“).

Das “Inf-L“-Cluster enthält nur fünf Prozesse: *self-evaluating*, *mediating and coaching*, *using metaphor*, *meaning making* und *intuiting*. Diese Prozesse haben in der Informatik eine geringe Bedeutung. In der Mathematik zählen neben diesen Prozessen zusätzlich noch die Prozesse *decision making*, *networking*, *brainstorming*, *prioritizing* und *facilitating* zum “Mat-L“-Cluster.

3. Vergleich der Prozessprofile

Im Folgenden werden die Prozessprofile der beiden Disziplinen Informatik und Mathematik verglichen. Wegen der hohen Bewertungen in den vier Kriterien sind vor allem die Prozesse in den “W“-Clustern von Interesse. Daher wird ihnen bei der vergleichenden Auswertung eine besondere Beachtung geschenkt.

Der Vergleich wird in mehreren Schritten vorgenommen:

- Zunächst wird die Übereinstimmung der Bewertungen mittels Korrelationsrechnungen ermittelt (Abschnitt 3.1).
- Anschließend wird die Übereinstimmung der Clusterlösungen berechnet (Abschnitt 3.2).
- Zuletzt wird die Bedeutung der einzelnen Kriterien hinsichtlich der Trennung der “W“-Cluster in beiden Disziplinen über Diskriminanzanalysen bestimmt (Abschnitt 3.3).

Die Korrelationsrechnungen wurden mit Statistica 8 durchgeführt. Der Algorithmus zur Berechnung der Übereinstimmung der Clusterlösungen wurde in der Programmiersprache R implementiert und mit den Datensätzen von Rand (1971) und Eckes und Roßbach (1980) validiert. Alle anderen Berechnungen wurden mit SPSS 16.0 durchgeführt.

3.1 Korrelationsrechnungen

Um die Übereinstimmung der Bewertungen der Informatik und Mathematik zu überprüfen, wird zunächst eine kanonische Korrelationsanalyse für beide Variablensätze durchgeführt (Rencher, 2002; Tabachnick & Fidell, 2007). Anschließend werden Einzelkorrelationen zu den Bewertungen der vier Kriterien berechnet, um einschätzen zu können, inwieweit die Bewertungen hinsichtlich der einzelnen Kriterien übereinstimmen.

Für die kanonische Korrelationsanalyse werden als Variablensatz auf der einen Seite die vier Variablen hinsichtlich der Kriterien von Schwill in der Informatik genom-

men, auf der anderen Seite die entsprechenden vier Variablen in der Mathematik. Als Datenbasis werden jeweils die Mittelwerte der Bewertungen hinsichtlich der vier Kriterien für alle Prozesse verwendet.

In der kanonischen Korrelationsanalyse ergab sich eine erste kanonische Korrelation von $R=0.85$. Der χ^2 -Test ergab für diese Korrelation einen Wert von $\chi^2=95.67$. Dieser Wert ist größer als der kritische χ^2 -Wert bei $\alpha=.01$: $\chi^2_{(16)} = 32.00$. Die erste kanonische Korrelation ist damit als signifikant einzustufen.

Abbildung 2 zeigt die Faktorladungen der einzelnen Kriteriumsvariablen auf die ersten kanonischen Variablen: Sowohl in der Informatik als auch in der Mathematik laden das Horizontalkriterium und das Zeitkriterium auf die ersten kanonischen Variablen am höchsten. Die Ladungen des Sinn- und Vertikalkriteriums sind im Vergleich geringer. Prozesse, die hohe Werte im Horizontalkriterium und im Zeitkriterium in der Informatik erhalten haben, sind somit ebenfalls ähnlich hoch bzgl. derselben Kriterien in der Mathematik bewertet worden.

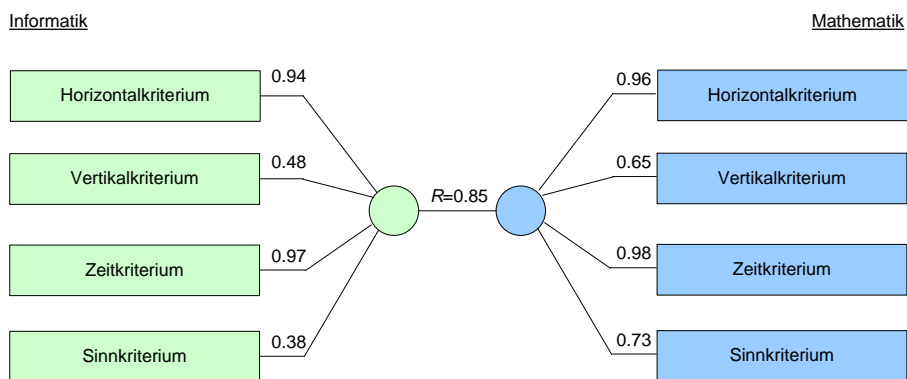


Abbildung 2. Faktorladungen der Kriteriumsvariablen auf die ersten kanonischen Variablen

In Tabelle 1 sind die Korrelationskoeffizienten r nach Pearson für die Einzelkorrelationen der vier Kriterien einschließlich der t -Statistiken und der Übertrittswahrscheinlichkeiten angegeben. Alle vier t -Werte sind größer als der kritische t -Wert bei $\alpha=0.01$: $t_{(42)} = 2.42$. Die Einzelkorrelationen sind damit als signifikant einzustufen.

Insbesondere die Einzelkorrelationen bezüglich des Horizontalkriteriums ($r=0.79$) und des Zeitkriteriums ($r=0.83$) fallen im Vergleich sehr hoch aus. Zusammen mit den Faktorladungen im Rahmen der kanonischen Korrelationsanalyse lässt sich schließen, dass die Übereinstimmungen in den Bewertungen des Horizontal- und Zeitkriteriums bei beiden Disziplinen sehr ähnlich sind: Prozesse, die in der Informatik hohe Werte im Horizontalkriterium erzielt haben, sind auch in der Mathematik hoch bewertet worden. Analoges gilt für das Zeitkriterium. Die Korrelationen

bzgl. des Vertikal- und des Sinnkriteriums fallen niedriger aus. Aber auch hier lässt sich sagen, dass die Korrelationen recht groß sind.

Tabelle 1. Ergebnisse der Korrelationskoeffizienten nach Pearson bzgl. der einzelnen Kriterien

Informatik		Mathematik		
Kriterium	Kriterium	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Horizontalkriterium	Horizontalkriterium	0.79	8.22	<0.001
Vertikalkriterium	Vertikalkriterium	0.67	5.90	<0.001
Zeitkriterium	Zeitkriterium	0.83	9.63	<0.001
Sinnkriterium	Sinnkriterium	0.66	6.01	<0.001

3.2 Übereinstimmung der Clusterlösungen

Mit Hilfe des Rand-Indexes *RI* (Rand, 1971; Hubert & Arabie, 1985) kann die Übereinstimmung von Clusterlösungen quantifiziert werden. Ein *RI*-Wert von 1 gibt an, dass zwei Clusterlösungen identisch sind. Vergleicht man die Clusterlösungen der Informatik und der Mathematik, dann erhält man einen *RI*-Wert von 0.78. Aus diesem Wert kann geschlossen werden, dass die Clusterlösungen Unterschiede aufweisen (vgl. Everitt, Landau & Leese, 2001, S. 183).

Dies lässt sich nachvollziehen, wenn man die einzelnen einander analogen Cluster in der Informatik und der Mathematik betrachtet. Die Cluster unterscheiden sich jeweils erheblich in ihrer Größe. So enthält beispielweise das “Inf-W2“-Cluster nur 4 Prozesse, während das “Mat-W2/-V“-Cluster 9 Prozesse beinhaltet. Ähnlich ist es bei den anderen Clustern. Lediglich die “W1“-Cluster enthalten ähnlich viele Prozesse. Die Cluster unterscheiden sich zudem auch in ihren Prozess-Zusammensetzungen, was nur zum Teil auf die unterschiedlichen Größen zurückzuführen ist.

Diese Unterschiede werden relativiert, wenn man die “W“-Cluster, “I“-Cluster und “L“-Cluster als Ganzes betrachtet. Dies macht sich beispielsweise dadurch bemerkbar, dass alle Prozesse in den “Inf-W“-Clustern auch in den “Mat-W“-Clustern enthalten sind. Darüber hinaus finden sich in den “Mat-W“-Clustern noch die Prozesse *deductive reasoning, hypothesizing, generating criteria, forming, testing, and revising concepts and generalizations, summarizing, researching* und *inquiring*. Ähnliche Übereinstimmungen lassen sich in den “I“-Clustern und “L“-Clustern finden. Alle Prozesse der “Mat-I“-Cluster sind auch in den “Inf-I“-Clustern enthalten. Darüber hinaus enthält das “Mat-L“-Cluster alle Prozesse des “Inf-L“-Clusters.

3.3 Bedeutung der Kriterien bei der Trennung der “W“-Cluster

Mittels einer Diskriminanzanalyse soll ermittelt werden, welche der vier Schwillischen Kriterien am meisten zur Trennung der “Winner-Cluster“ bei beiden Disziplinen beitragen. Die Vorgehensweise orientiert sich dabei an Ausführungen wie bei-

spielsweise Timm (2002), Huberty und Olejnik (2006) sowie Zendler, Klaudt, Spannagel und Reuter (2009).

Als Datenbasis wird bei der Informatik die 16×4 Datenmatrix der drei ‘‘Inf-W‘‘-Cluster genommen, bei der Mathematik die 23×4 Datenmatrix der ‘‘Mat-W‘‘-Cluster. Zunächst werden zwei einfaktorielle 4-variate Varianzanalysen gerechnet, um zu testen, ob sich die einzelnen ‘‘W‘‘-Cluster jeweils unterscheiden. Anschließend wird mittels zweier Diskriminanzanalysen ermittelt, welche Anteile die einzelnen Kriterien an der Trennung der Cluster haben.

Bei den Varianzanalysen wurde Wilks’ Λ als Prüfgröße verwendet und in F-Werte transformiert. Bei den drei ‘‘Inf-W‘‘-Clustern ergibt sich $F=13.59$, bei den ‘‘Mat-W‘‘-Clustern beträgt $F=8.92$. Beide Werte sind größer als die kritischen F-Werte bei $\alpha=.01$: $F_{(8, 20)} < 3.56$ bzw. $F_{(8, 34)} < 3.09$. Das heißt, die ‘‘Winner‘‘-Cluster unterscheiden sich jeweils innerhalb der beiden Disziplinen signifikant.

Anschließend wurden lineare Diskriminanzfunktionen ermittelt, mit denen die Trennung der Cluster beschrieben werden kann. In Tabelle 2 können die Kennwerte der Diskriminanzfunktionen abgelesen werden: der relative Diskriminanzanteil λ , das Λ -Kriterium von Wilks, der χ^2 -Wert, die Anzahl der Freiheitsgrade df sowie die Übertrittswahrscheinlichkeiten p .

Man erkennt, dass bei der Informatik die Diskriminanzfunktion #1 einen recht großen Diskriminanzanteil von 83% besitzt, während die Diskriminanzfunktion #2 lediglich mit 17% Diskriminanzanteil eingeht. Bei der Mathematik ist dies nicht so deutlich: Der Diskriminanzanteil der Funktion #1 beträgt 69%, von Funktion #2 31%.

Tabelle 2. Kennwerte zur Bestimmung der Dimensionalität und des Diskriminanzanteils

Informatik						Mathematik					
Diskriminanzfunktion	λ	Wilks Λ	χ^2	df	p	Diskriminanzfunktion	λ	Wilks Λ	χ^2	df	p
# 1 - #2	0.83	0.02	42.82	8	< 0.01	# 1 - #2	0.69	0.10	41.86	8	< 0.01
# 2	0.17	0.30	13.78	3	< 0.01	# 2	0.31	0.42	15.94	3	< 0.01

Zur Bestimmung der Bedeutung der einzelnen Kriterien hinsichtlich der Trennung der ‘‘W‘‘-Cluster in den jeweiligen Disziplinen wurden standardisierte Diskriminanzkoeffizienten bezüglich aller Kriterien (Horizontal-, Vertikal-, Zeit- und Sinnkriterium) ermittelt. Tabelle 3 zeigt die Diskriminanzkoeffizienten der Diskriminanzfunktionen für die Informatikprozesse und die Mathematikprozesse.

In der Informatik haben bei der Diskriminanzfunktion #1 das Horizontal- und das Zeitkriterium die mit den Werten 1.04 bzw. 0.67 die größte Bedeutung. Ebenso spielen das Vertikalkriterium (0.42) und das Sinnkriterium eine Rolle, wobei das Sinnkriterium negativ eingeht. Bei der Diskriminanzfunktion #2 hat nur das Vertikalkriterium einen hohen Wert (0.94), wobei dieser durch die geringe Bedeutung der Diskriminanzfunktion #2 aufgrund des Diskriminanzanteils von 17% im Gesamtkontext eine untergeordnete Rolle spielt.

In der Mathematik sind nur das Horizontal- und das Zeitkriterium bei der Diskriminanzfunktion #1 bedeutsam (Werte 0.55 bzw. 0.61). Bei Diskriminanzfunktion #2 hat lediglich das Vertikalkriterium einen hohen Wert mit 0.84.

Abbildung 3 veranschaulicht beide Diskriminanzräume. Bei der Informatik wird deutlich, dass eine Trennung der “W“-Cluster alleine mit Hilfe der Diskriminanzfunktion #1 möglich wäre. In der Mathematik wird im Gegensatz hierzu noch die zweite Diskriminanzfunktion benötigt.

Tabelle 3. Diskriminanzkoeffizienten der abhängigen Variablen

Informatik					Mathematik				
Diskriminanzfunktion	Horizontalkriterium	Vertikalkriterium	Zeitkriterium	Sinnkriterium	Diskriminanzfunktion	Horizontalkriterium	Vertikalkriterium	Zeitkriterium	Sinnkriterium
#1	1.04	0.42	0.67	-0.53	#1	0.55	-0.13	0.61	0.19
#2	0.28	0.94	0.01	0.38	#2	0.07	0.84	-0.20	0.30

In der Informatik lassen sich die “W“-Cluster somit relativ gut durch eine einzige Diskriminanzfunktion aufteilen, bei der das Horizontal- und das Zeitkriterium besonders bedeutend sind. Daraus lässt sich schließen, dass die Prozesse im “Inf-W1“-Cluster in vielen Bereichen der Informatik vorkommen und auch über die Zeit hinweg eine besondere Relevanz besitzen, während die Prozesse im “Inf-W3“-Cluster bzgl. dieser Aspekte eher eine geringere Bedeutung haben. In der Mathematik lassen sich die drei “W“-Cluster ebenfalls mittels der Diskriminanzfunktion #1 und bezüglich des Horizontal- und Zeitkriteriums analog charakterisieren. Darüber hinaus ist hier aber eine weitere Diskriminanzfunktion zur Trennung der Cluster notwendig. Diese trennt im Wesentlichen aufgrund des Vertikalkriteriums: Die Prozesse im “Mat-W1“-Cluster und im “Mat-W3“-Cluster haben hohe Werte, die Prozesse im “Mat-W2“-Cluster im Vergleich eher niedrige Werte im Vertikalkriterium.

3.5 Diskussion

In den Korrelationsrechnungen ergaben sich hohe Übereinstimmungen in den Bewertungen der beiden Disziplinen. Diese Übereinstimmungen sind insbesondere in den Bewertungen bezüglich des Horizontal- und Zeitkriteriums auffällig. Hieraus lässt sich schließen, dass Prozesse, die in der Informatik hohe Werte in diesen beiden Kriterien erzielt haben, auch entsprechend hoch in der Mathematik bewertet wurden. Bemerkenswert ist, dass die Einzelkorrelationen der Bewertungen im Horizontal- und im Zeitkriterium höher ausgefallen sind als im Vertikal- und im Sinnkriterium, obwohl das Horizontal- und das Zeitkriterium spezifischer auf ein Fach ausgerichtet sein sollten als die anderen beiden Kriterien.

Aus dem Rand-Index kann geschlossen werden, dass die Clusterlösungen der Informatik und der Mathematik Unterschiede aufweisen. Diese Unterschiede machen sich

im direkten Vergleich einander entsprechender Cluster bemerkbar, beispielsweise im Größenvergleich. Übereinstimmungen lassen sich hingegen finden, wenn man die Großcluster vergleicht: Die Prozesse sind hier wechselseitig im Cluster der jeweils anderen Disziplin entweder in der einen oder der anderen Richtung enthalten.

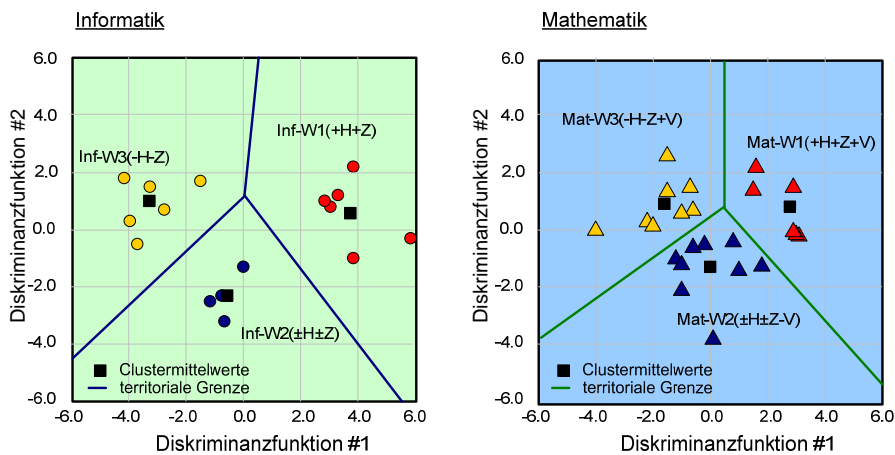


Abbildung 3. Diskriminanzräume für die Informatik und die Mathematik

Es fällt dabei auf, dass sich der Prozess *deductive reasoning* in der Mathematik im “Mat-W1“-Cluster wiederfindet und den dritthöchsten Gesamtmittelwert aufweist, während er in der Informatik nur Platz 18 der Gesamtmittelwerte einnimmt und im “Inf-I1“-Cluster enthalten ist. Daraus lässt sich folgern, dass sich in der Mathematik insbesondere im Vergleich zur Informatik das Schließen vom Allgemeinen zum Besonderen gut vermitteln lässt. Darüber hinaus sind Prozesse wie *hypothesizing*, *inquiring* und *researching* unter den zentralen Prozessen der Mathematik, aber nicht unter denen der Informatik. Hieraus kann geschlossen werden, dass das fragende Forschen und Untersuchen in der Mathematik eine größere Rolle spielt als in der Informatik.

Bei beiden Disziplinen finden sich die Prozesse *self-evaluating*, *mediating and coaching*, *using metaphor*, *meaning making* und *intuiting* in den “L“-Clustern. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass diese Prozesse weder in der Informatik noch in der Mathematik eine Rolle spielen und sich daher auch nicht für die Vermittlung im jeweiligen Fachunterricht eignen.

Aus den Diskriminanzanalysen lässt sich schließen, dass sich die Prozesse sowohl in den “W“-Clustern der Informatik als auch in den “W“-Cluster der Mathematik zunächst überwiegend aufgrund ihrer Werte im Horizontal- und Zeitkriterium unterscheiden. Die Bedeutung der Prozesse in der jeweiligen Disziplin hinsichtlich des Vorkommens in verschiedenen Bereichen und hinsichtlich der Zeit nimmt durch die “W“-Cluster hindurch ab. Bei der Mathematik kommt jedoch noch hinzu, dass die Prozesse im “Mat-W2“-Cluster niedrigere Werte im Vertikalkriterium haben im Vergleich mit den Prozessen in den anderen beiden “Mat-W“-Clustern. Daraus kann geschlossen werden, dass alle zentralen Prozesse der Informatik sich in gleichem

Maße auf allen intellektuellen Niveaus vermitteln lassen, während dies in der Mathematik nicht der Fall ist: Die Vermittelbarkeit der Prozesse im “Mat-W2“-Cluster ist im Vergleich zu den Prozessen in den anderen “Mat-W“-Clustern eingeschränkt. Hierbei handelt es sich um Prozesse wie beispielsweise *classifying, generating criteria, forming, testing, and revising concepts and generalizations, categorizing* und *summarizing* – also Prozesse, bei denen Abstraktion eine wesentliche Rolle spielt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Informatik hat ihre Wurzeln in den Ingenieurwissenschaften und in der Mathematik (Baumann, 1996; Broy & Schmidt, 1999; Ceruzzi, 2003). „Die Informatik entstand im Spannungsfeld zwischen Mathematik auf der einen und Elektro- und Nachrichtentechnik auf der anderen Seite.“ (Baumann, 1996, S. 87). In verschiedenen Bereichen der Informatik (z.B. den Bereichen *Algorithmik, Formale Sprachen* und *Graphische Datenverarbeitung*) ist der Einfluss der Mathematik immer noch von zentraler Bedeutung. Daher ist es nicht verwunderlich, dass gewisse Übereinstimmungen in den Prozessprofilen der Informatik und der Mathematik gefunden wurden. Die Korrelationsanalyse weist darauf hin, dass die Prozesse insbesondere hinsichtlich des Horizontalkriteriums und des Zeitkriteriums in beiden Disziplinen ähnlich bewertet werden. Zudem können insgesamt 16 Prozesse sowohl zu den zentralen Prozessen der Informatik als auch der Mathematik gezählt werden. Die gemeinsamen zentralen Prozesse können somit zum einen im Zusammenhang mit Inhaltskonzepten der Informatik, zum anderen im Zusammenhang mit Inhaltskonzepten der Mathematik vermittelt werden. Nimmt man eine prozessorientierte Perspektive bei der Planung von Unterricht ein, so kann aus dieser Tatsache geschlossen werden, dass sich die Fächer Informatik und Mathematik für einen fächerübergreifenden, prozessorientierten Unterricht eignen.

Trotz der Verwandtschaft beider Disziplinen sind in der vorliegenden Studie Unterschiede gefunden worden. So sind die einzelnen sich entsprechenden Cluster unterschiedlich groß und differieren auch in ihren Zusammensetzungen. Lediglich bei der Betrachtung der Großcluster lassen sich größere Übereinstimmungen in den Prozesszusammensetzungen feststellen. Dies weist darauf hin, dass die Prozessprofile der Informatik und der Mathematik in der Makrosicht Ähnlichkeiten aufweisen, aber im Detail unterschiedlich sind.

In der Informatik lassen sich alle Prozesse in den “Inf-W“-Clustern in gleichem Maße auf allen intellektuellen Niveaus vermitteln. In der Mathematik ist dies nicht der Fall: Die Prozesse “Mat-W2/-V“-Cluster lassen sich weniger gut auf allen Stufen vermitteln als die Prozesse in den anderen “Mat-W“-Clustern. Dies deutet darauf hin, dass Lehrende in mathematischen Kontexten beachten müssen, dass die zentralen Prozesse der Mathematik eine unterschiedlich gute Vermittelbarkeit aufweisen. In der Informatik können hingegen Lehrende davon ausgehen, dass die Prozesse in den “Inf-W“-Clustern in etwa gleich gut vermittelbar sind.

Weitere Unterschiede werden erwartet, wenn die Prozesse in nachfolgenden Studien hinsichtlich ihrer Semantik in beiden Disziplinen noch weiter differenziert werden. So kann mittels einer multidimensionalen Skalierung untersucht werden, wie die Prozesse der Informatik und der Mathematik semantisch in Beziehung stehen (vgl.

Borg & Groenen, 2005; Borg & Staufenbiehl, 2007). Zudem müssen die zentralen Prozesse der Mathematik noch mit mathematischen Inhaltskonzepten verknüpft werden, ähnlich wie dies bereits bei der Informatik vorgenommen wurde (Zendler, Spannagel, & Klaudt, 2008b; Spannagel & Zendler, 2008a). Es kann erwartet werden, dass die Prozesse in beiden Disziplinen eine unterschiedliche Qualität bekommen, wenn die Prozesskonzepte mit den jeweiligen Inhaltskonzepten in Zusammenhang gebracht werden. Dabei ist zu erwarten, dass die Prozesse durch die Verknüpfung mit Inhaltskonzepten der Informatik einen stärkeren Realitätsbezug erhalten, während die inhaltliche Prozessausprägung in der Mathematik eher abstrakter Natur sein wird.

In folgenden Studien werden außerdem die Prozessprofile weiterer Wissenschaften (Biologie, Chemie, Germanistik, Psychologie, Musik, ...) durch Expertenbefragung erstellt. Hierdurch lassen sich die Prozessprofile vieler Wissenschaften miteinander vergleichen. Auf diese Weise kann der Grundstock einer empirisch fundierten, prozessorientierten Didaktik über die verschiedenen Disziplinen hinweg gelegt werden.

Danksagung

Dank gilt der LANDESSTIFTUNG Baden-Württemberg für die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeit im Rahmen des Eliteprogramms für Postdoktorandinnen und Postdoktoranden.

Literatur

- Barell, J. (1995). *Teaching for thoughtfulness. Classroom strategies to enhance intellectual development*. White Plains, NY: Longman.
- Baron, J. B. & Sternberg, R. J. (Eds.) (1987). *Teaching thinking skills. Theory and practice*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Baumann, R. (1996). *Didaktik der Informatik* (2., vollst. neu bearb. Aufl.). Stuttgart: Klett.
- Borg, I., & Groenen, P. J. F. (2005). *Modern multidimensional scaling*. Berlin: Springer.
- Borg, I., & Staufenbiel, T. (2007). *Lehrbuch Theorien und Methoden der Skalierung*. Bern: Huber.
- 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.
- Broy, M. & Schmidt, J. W. (1999). Informatik: Grundlagenwissenschaft oder Ingenieurdisziplin? *Informatik-Spektrum*, 22(3), 206–209.
- Ceruzzi, P. E. (2003). *A history of modern computing* (2. Ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

- Costa, A. L. (Ed.) (2001). *Developing minds. A resource book for teaching thinking* (3. Ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- 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.
- Eckes, T. & Roßbach, H. (1980). *Clusteranalysen*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Everitt, B.S., Landau, S., & Leese, M. (2001). *Cluster analysis*. London: Arnold.
- Hubert, L. J., & Arabie, P. (1985). Comparing partitions. *Journal of Classification*, 2, 193–218.
- Huberty, C. J., & Olejnik, S. (2006). *Applied MANOVA and discriminant analysis*. New York: Wiley.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives* (2. ed). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Parker, J. C., & Rubin, L. J. (1966). *Process as content. Curriculum Design and the application of knowledge*. Chicago: Rand McNally & Company.
- Rand, W. M. (1971). Objective criteria for the evaluation of clustering methods. *Journal of the American Statistical Association*, 66, 846–850.
- Rencher, A. C. (2002). *Methods of multivariate analysis*. New York: Wiley.
- 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.
- Spannagel, C., & Zendler, A. (2008a). Prozessorientierte Informatikdidaktik: Welche Inhaltskonzepte sind relevant? *Notes on Educational Informatics – Section A: Concepts and Techniques*, 4(2), 19–32.
- Spannagel, C., & Zendler, A. (2008b). *Teaching Thinking in der Mathematik - Eine empirische Bestimmung zentraler Prozesse. Notes on Educational Informatics - Section A: Concepts and Techniques*, 4(2), 33–46.

- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics*. Boston: Pearson.
- Timm, N.H. (2002). *Applied multivariate analysis*. Berlin: Springer.
- Zendler, A., Klaut, D., Spannagel, C., & Reuter, T. (2009). Semantische Einordnung informatischer Inhalts- und Prozesskonzepte. *Notes on Educational Informatics - Section A: Concepts and Techniques*, 5(1), 13–22.
- Zendler, A., Spannagel, C., & Klaut, D. (2008a). Process as content in computer science education: empirical determination of central processes. *Computer Science Education*, 18(4), 231–245.
- Zendler, A., Spannagel, C., & Klaut, D. (2008b). Zur Kombination von Inhalts- und Prozesskonzepten für den Informatikunterricht: eine empirische Grundlegung. *Notes on Educational Informatics - Section A: Concepts and Techniques*, 4(2), 1–18.