

Beiträge der Objektorientierung zu einem Kompetenzmodell des informatischen Modellierens

Carsten Schulte

Didaktik der Informatik
Freie Universität Berlin
Takustr. 9
D-14195 Berlin
schulte@inf.fu-berlin.de

Torsten Brinda

Didaktik der Informatik
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstr. 3
D-91058 Erlangen
brinda@informatik.uni-erlangen.de

Zusammenfassung: In zwei informatikdidaktischen Forschungsprojekten (Laufzeit 2000-2004) in NRW wurden Konzepte zum objektorientierten Modellieren im Informatikunterricht der Sekundarstufe II entwickelt und erprobt. Dabei wurden Erkenntnisse über Erfolge und Schwierigkeiten von Lernenden in diesem Bereich gewonnen. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse werden im vorliegenden Beitrag mit dem Ziel der Entwicklung eines Kompetenzmodells Schlussfolgerungen zur Identifikation und zur Beschreibung von Kompetenzen und möglichen Abstufungen in diesem Bereich abgeleitet.

1 Motivation und Ausgangslage

Der vorliegende Beitrag hat das Anliegen, Ergebnisse zweier Forschungsprojekte zum objektorientierten Modellieren im Informatikanfangsunterricht¹ der Sekundarstufe II (vgl. [Br04a], [Sc04]; Laufzeit: 2000 bis 2004) zusammenzuführen und Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Entwicklung eines Kompetenzmodells abzuleiten.

Die Ausgangslage für beide Projekte um das Jahr 2000 lässt sich wie folgt charakterisieren. Etwa zeitgleich mit der zunehmenden Orientierung von Informatikunterricht an Modellierungskonzepten, die inzwischen breiter fachdidaktischer Konsens ist [SS04], ließ sich ein zunehmendes informatikdidaktisches Interesse speziell an objektorientierten Modellierungskonzepten feststellen, wie erste didaktische Analysen, Unterrichtskonzepte und -beispiele zeigten. Zwar sprechen fachliche, didaktische und kognitionspsychologische Argumente für eine Orientierung von Informatikanfangsunterricht an objektorientierten Konzepten, entsprechende Unterrichtskonzepte haben aber die breite Unterrichtspraxis noch nicht erreicht (vgl. [Sc95], [Sp00], [HU00], [Br01], [Sc01]). Eine wesentliche Ursache hierfür war, dass in dieser Ausgangssituation die Einführung objektorientierter Konzepte in den Anfangsunterricht oft die Einführung zusätzlicher Lerninhalte bedeutete, für die zudem kaum erprobte Unterrichtsmaterialien vorlagen. Neben der Vermittlung einer Programmiersprache und eines Informatiksystems zum Modellieren und Implementieren sollten nun *zusätzlich* objektorientierte Grundkonzepte, Modellierungstechniken, damit verbundene Notationen sowie Softwareentwicklungsmethoden im Anfangsunterricht behandelt werden. Im Vordergrund des Informatikunterrichtes stand

¹ In NRW kann das Fach Informatik in der Sek. I nur im Wahlpflichtbereich belegt werden. Für viele Schülerinnen und Schüler liegt der Anfangsunterricht daher in der Sek. II.

allerdings oft das Erlernen einer Programmiersprache und der Bedienung damit verbundener Informatiksysteme - obwohl das Erlernen der Anwendung bzw. der Bedienung konkreter Produkte (Versionen von Programmiersprachen, Software-Entwicklungsumgebungen, etc.) in Relation zur Orientierung von Informatikunterricht an Modellierungstechniken geringsten Bildungswert besitzt [Hu00].

Diese Ausgangslage war für die Autoren dieses Beitrags Motivation zur Entwicklung von Unterrichtskonzepten zum objektorientierten Modellieren im Informatikunterricht der Sekundarstufe II. Analysiert und bei der Entwicklung berücksichtigt wurden jeweils insbesondere der Lerner als Adressat sowie fachliche Strukturen des betrachteten Themenfeldes OOM. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die beiden Konzepte nun daraufhin untersucht, inwieweit sie Beiträge zur Entwicklung eines Kompetenzmodells für den Bereich des (objektorientierten) informatischen Modellierens leisten, denn die Identifikation von Kompetenzstufen (z. B. [Fr03], [Pu03], [Br04c]) und die Beschreibung sowie Überprüfung wesentlicher Zusammenhänge in Kompetenzmodellen stellen wichtige Beiträge zur Theorieentwicklung der Didaktik der Informatik dar.

2 Kurzfassungen der beiden Ansätze

Ziel der Arbeit des ersten Autors war die Entwicklung eines Unterrichtskonzeptes, um den informatikdidaktisch begründeten Schwerpunktwechsel zum Modellieren auch unterrichtspraktisch zu ermöglichen. Das bedeutete, neben unterrichtsmethodischen Überlegungen vor allem Lerninhalte zu straffen, Unterrichtsziele zu präzisieren und dabei insbesondere Überforderungen der Lernenden zu vermeiden. Dieser lernerorientierten Perspektive folgend sollte der Anfangsunterricht nach Lernzielen und Lernvoraussetzungen und nicht im Sinne einer Stoffdidaktik nach innerfachlichen Kriterien organisiert werden. Angesichts der Verbreitung von Informatiksystemen im Alltag wurde die Aufgabe des Anfangsunterrichts als Perspektivwechsel aufgefasst, in der die Anwenderperspektive der Lernenden in die Sichtweise eines Informatikexperten überführt werden soll. Entsprechend wurde das Konzept lerntheoretisch in den Ansatz des Cognitive Apprenticeship eingebettet. Das bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler im Sinne einer kognitiven Meisterlehre in das Fach eingeführt werden, indem sie von Anfang an eigene kleine Aufgaben übernehmen, aber auch durch Beispiele und das Beobachten der Arbeit eines Experten lernen. Anhand dieser lerntheoretischen Einbettung wurde eine Lernumgebung für den Anfangsunterricht Informatik in der Jahrgangsstufe 11 entwickelt und empirisch evaluiert [Sc04].

Ziel der Arbeit des zweiten Autors war es, durch ein geeignetes Konzept zu einem besseren Transfer informatikdidaktischer Empfehlungen in den Informatikunterricht beizutragen. Identifiziert wurde ein Mangel an geeigneten Aufgaben zum Üben und Vertiefen der neuen Inhalte, an lernergeeigneter Software zur Förderung explorativen Lernens im Bereich des objektorientierten Modellierens sowie an Strukturierungsempfehlungen für Informatikunterricht zu dieser Thematik. Basierend auf informatikdidaktischen Analysen fachlicher Aufgaben (und deren Übertragbarkeit in den Informatikunterricht), der Vernetzbarkeit verschiedener Sichten auf objektorientierte Modelle mit dem Ziel der Gestaltung von interaktiver Explorationssoftware und fachlicher sowie fachdidaktischer Vorkennnisstrukturen im Bereich des objektorientierten Modellierens wurde ein so genanntes „Didaktisches System für objektorientiertes Modellieren im Informatikunterricht“

bestehend aus Aufgabenklassen, Explorationsmodulen und Wissensstrukturen entwickelt und dessen Akzeptanz und Tragfähigkeit im Informatikunterricht sowie in der Informatiklehrerbildung nachgewiesen [Br04].

3 Dimensionalität und Bausteine eines Kompetenzmodells

Nachfolgend werden ausgewählte Erprobungsergebnisse zu den Konzepten der beiden Autoren skizziert und im Hinblick auf das Ziel der Entwicklung eines Modells zur Analyse und zur Beschreibung des Grades der erworbenen Kompetenz von Lernenden zum informatischen Modellieren ausgewertet und diskutiert. Der vorliegende Beitrag versteht sich als Diskussionsbeitrag, ein vollständiges und überprüfbares Modell liegt noch nicht vor. Eine systematische Darstellung aller Erprobungsergebnisse ist in [Br04] und [Sc04] nachzulesen.

Zunächst stellt sich die Frage nach der Dimensionalität eines Kompetenzmodells. Hierzu kann eine Analyse der Erkenntnisse z. B. des Faches Mathematik aus dem PISA-Prozess hilfreich sein. So argumentieren die Autoren von [Ba00] für das Fach Mathematik, dass trotz einer großen Bandbreite von Aufgabenstellungen mathematische Kompetenz als ein homogener Leistungsbereich aufgefasst werden kann. Neben den statistischen Korrelationen zwischen den verschiedenen Aufgabenbereichen spricht nach Meinung dieser Autoren für diese Annahme, dass in der Mathematik ein bestimmter Bereich kognitiver Fähigkeiten benötigt wird: logisch-deduktives Denken, die Fähigkeit, Regeln und Muster auf neue Situationen zu übertragen und Verständnis für abstrakte Symbolssysteme [Ba00]. Das nationale PISA-Kompetenzstufenmodell für das Fach Mathematik, welches fünf Stufen mathematischer *Modellierungskompetenz* ausweist und deshalb im Hinblick auf seine Übertragbarkeit in die Informatik bereits überprüft wurde, wurde kritisiert, da verschiedene Kompetenzbereiche in jeder Stufe vermischt und die Zuweisbarkeit von Aufgaben sowie die Aussagekraft der Stufen insgesamt damit in Frage gestellt wurde [Me03]. Vor diesem Hintergrund und auch im Hinblick auf das fachdidaktische Ziel der Verbesserung der Unterrichtsqualität muss ein Kompetenzmodell somit mehrdimensional angelegt sein, wobei mögliche Stufen der Teilkompetenzen die Skalen bilden. Dies steht nicht im grundsätzlichen Widerspruch dazu, die Skalenwerte der Teilkompetenzen eines einzelnen Lernenden abschließend auf geeignete Weise zu einem Kompetenzmaß zu verrechnen, um den direkten Vergleich von einzelnen Lernenden oder Lerngruppen zu erleichtern.

Für die Beschreibung von Dimensionen oder Lernbereichen spielt die zugrunde liegende Theorie des Lernens und Lehrens eine wesentliche Rolle. Nach Meinung der Autoren sollen objektorientierte Grundkonzepte so eingeführt werden, dass sie von den Lernenden bei der Modellierung als Werkzeug zur Problemlösung angewendet werden (können). Damit entsprechen die objektorientierten Grundbegriffe (z. B. Klasse, Objekt, Assoziation, etc.) Werkzeugen zur Problemlösung, deren Erlernen mehr als das Erlernen von Definitionen umfasst. Neben ihren Definitionen gehören auch Vorgehensweisen, Bezüge zu ähnlichen Situationen und Anwendungsregeln dazu. Würden nur Definitionen vermittelt und die Anwendung anhand enger, abgegrenzter Beispielaufgaben geübt, dann würden Definitionen mechanisch abgespeichert, träges Wissen entstünde [GMR00]. Daher sollte „Lernen als Verknüpfung von Kompetenzerwerb in Bezug auf Wissen und auf Handeln“ konzipiert, das heißt Lern- und Anwendungssituationen möglichst ähnlich

gestaltet werden. Entsprechende Lernumgebungen gehen von „Komplexen Ausgangs-problemen“ aus, betonen „Situiertheit und Authentizität“, „Multiple Perspektiven“, „Artikulation und Reflexion“ und das „Lernen im sozialen Austausch“ [GMR00].

Ausgehend von diesem Bild von Lernprozessen spielt die Syntax der verwendeten Programmiersprache eine nachgeordnete Rolle, stattdessen werden prozessuale Kompetenzen betont, mit deren Hilfe die individuelle Herangehensweise (auf der Basis fachlicher Methodiken) bei der Aufgaben- bzw. Problemlösung ermöglicht wird. Gleichzeitig bauen prozessuale Kompetenzen auf begrifflichen Werkzeugen auf, die diesen zugrunde liegen bzw. situativ erlernt und angewendet werden müssen. Die von den Lernenden zu erwerbenden Grundkonzepte der Objektorientierung müssen sich daher auf die Bewältigung von Modellierungsaufgaben beziehen.

Einen ersten Ansatzpunkt zur Beschreibung der Dimensionen bilden die vom ersten Autor begründeten Lernzielbereiche, die im Sinne konstruktivistischer Lerntheorien eng miteinander verknüpft sind. Diese Lernzielbereiche sind:

1. *Verständnis wesentlicher Grundkonzepte aus dem Bereich der objektorientierten Modellierung und Implementierung, jedoch nicht als Einführung in objektorientierte Sprachkonzepte,*
2. *Anwenden dieser Grundkonzepte in Modellierungsprozessen, so dass Lernende Kompetenzen zur Strukturierung und zur formalen Beschreibung von Situationen angemessener Komplexität entwickeln können,*
3. *Einordnen und Bewerten der Lösungen bzw. Ergebnisse im Sinne soziotechnischer Informatiksysteme.*

Obwohl diese Bereiche zunächst auf das ‚lernerzentrierte‘ Unterrichtskonzept bezogen sind, korrespondieren die drei Dimensionen mit den Motiven zur Entwicklung eines Konzeptes zum objektorientierten Modellieren durch den zweiten Autor. Die Entwicklung interaktiver Explorationsmodule korrespondiert mit dem Ziel, Grundverständnis und Überblickswissen zu dieser Thematik bei Lernenden zu entfalten. Die Entwicklung einer Sammlung von Aufgabenklassen korrespondiert weiterhin mit dem Ziel der Anwendung von Grundkonzepten in Modellierungsprozessen, wobei diese Aufgabenklassen so gewählt wurden, dass auch das Üben und / oder Vertiefen einzelner Prozessabschnitte möglich ist.

In diesem Zusammenhang ist auch der dritte Lernzielbereich angesprochen. Im traditionellen Informatikunterricht gelingt es kaum, entsprechende Rückbezüge zum (fiktiven) Einsatzkontext und deren gedankliche Verallgemeinerung in Bezug auf die gesellschaftliche Rolle der Informatik zu erreichen [Sc01]. Ausgehend von der dargelegten notwendigen situativen Einbettung von Lehr-Lern-Prozessen müsste diese Reflexion leichter fallen und sich in den entwickelnden Kompetenzen nachweisen lassen.

Im Folgenden werden ausgehend von diesen drei Dimensionen Aspekte der entwickelten Unterrichtskonzepte dargestellt und Kompetenzstufen innerhalb der Dimensionen abgeleitet.

4 Ansatzpunkte für Kompetenzstufen in den drei Dimensionen

4.1 Grundverständnis zum OOM

Beide Autoren entwickelten jeweils Teilkonzepte, die auf den Erwerb von Grundverständnis zum objektorientierten Modellieren zielen.

Der erste Autor entwickelte ein Top-Down-Konzept, in dem anhand von authentischen Situationen zunächst Überblickswissen vermittelt wird, um den Lernenden die Einordnung von Detailwissen zu ermöglichen und damit dessen Verständnis und Anwendbarkeit in Problemsituationen zu fördern. Dazu wurden Lernhilfen in Form von Medien, Unterrichtsmethoden und vorgefertigten Teillösungen entwickelt. Dies führte zu der Frage, wie ein solches Überblickswissen im Bereich des objektorientierten Modellierens aussehen kann. Die Lösungsidee bestand darin, zunächst unabhängig von einer Programmiersprache ein grundlegendes Verständnis für Struktur und Dynamik objektorientierter Programme zu vermitteln. Vom ersten Autor wurde dazu das Konzept der dynamischen Objektstruktur als Lernhilfe entwickelt. Eine Objektstruktur ist das zur Ausführungszeit vorhandene Geflecht von Objekten, die durch Interaktion die Funktionalität eines Programms erbringen. Mit Hilfe von UML-Objektdiagrammen lassen sich Objektstrukturen sehr gut visualisieren. Zur Ausführungszeit werden diese Strukturen dynamisch, da sich im Laufe der Programmausführung die Beziehungen zwischen Objekten verändern. Dadurch wird eine (mentale) Verknüpfung der Bereiche Statik und Dynamik gefördert. Dieses gedankliche Modell erlaubt es zudem, mit Hilfe geeigneter Implementierungswerkzeuge auch bei der Implementierung viel näher an der objektorientierten Sichtweise und Modellierungsebene zu bleiben, als dies mit imperativ-objektorientierten Sprachkonzepten möglich ist.

Auch der zweite Autor betonte den Bedarf für einen Zugang über Objektstrukturen und nahm dies zum Ausgangspunkt der Entwicklung eines Gestaltungskonzepts für geeignete Lernhilfen. Den Ansatz für die Entwicklung und Erprobung von Explorationsmodulen zum OOM bildete die Begründung des Bedarfs für unterrichtsgeeignete Informatiksysteme, mit denen sich Handlungsorientierung und explorative Lernstrategien beim Aneignen von Grundkonzepten des objektorientierten Modellierens besser verwirklichen lassen. Mit den zu diesem Zweck oftmals eingesetzten professionellen Software-Entwicklungsumgebungen gelingt dies nur ansatzweise. Damit Lernende einerseits zu aktivem Lernen, andererseits zur individuellen Einnahme vielfältiger Perspektiven auf den Lerngegenstand angeregt werden, bildete den Schwerpunkt die Entwicklung eines Sichtenkonzepts, das Lernenden die Interaktion mit einem Lerngegenstand unter vielfältigen Blickwinkeln ermöglicht. Da diese Sichten synchronisiert sind, können die Lernenden die Auswirkungen ihres Handelns gleichzeitig aus verschiedenen Perspektiven verfolgen und damit zu weiteren Handlungen auf dem Weg zu einem individuellen Lernziel stimuliert werden. Die Synchronisation erleichtert es den Lernenden, verschiedene Einzelsichten auf den Lerngegenstand zu einem mentalen Gesamtbild zu verknüpfen, eine erhebliche kognitive Anforderung bei der Arbeit mit statischen Diagrammen (z. B. an der Tafel, auf Papier oder in einem Modellierungswerkzeug). Im Mittelpunkt hierbei stand die Frage, welche Sichten auf den Fachgegenstand angeboten und wie diese miteinander verknüpft werden sollten. Begründet wurde bei der Sichtengestaltung eine Verknüpfung

von Etappen des Gestaltungsprozesses (Realitätsausschnitt – Modell – Produkt) mit der Unterscheidung von Statik und Dynamik.

Evaluationsergebnisse

Beim ersten Autor zeigte sich in der Evaluation, dass Anfängerinnen und Anfänger die Idee der dynamischen Objektstrukturen verstehen. Beispielsweise zeigte ein Test, dass die Lernenden bis auf wenige Ausnahmen versuchten, unbekannte Syntaxelemente auf dieses Modell abzubilden [Sc04]. Die Idee der Objektstruktur kann daher als einfach bezeichnet werden. Da sie zudem genutzt werden kann, um Detailwissen (z. B. Syntax-details) einzuordnen und Problembereiche (z. B. unter Verwendung einer grafischen Notation, wie UML) objektorientiert darzustellen, stellt sie nach Meinung beider Autoren eine wesentliche Grundlage für den Aufbau von Überblickswissen zum OOM dar, denn auch aus der fachlichen Perspektive des zweiten Autors ist diese Idee bedeutsam.

Allerdings zeigten sich bei den Tests des ersten Autors Schwächen der Lernenden bei der Unterscheidung der Konzepte Klasse und Objekt. Dieses Phänomen trat auch bei der Erprobung des Aufgabenklassenkonzeptes des zweiten Autors in zwei verschiedenen Fallstudien [BO02] auf und wird auch in der informatikdidaktischen Fachliteratur oft erwähnt (vgl. [Br04], [Sc04]). Weitere Erfahrungen zur unterrichtlichen Umsetzung der Objektstrukturen zeigen, dass es notwendig ist, in Lehr-Lern-Prozessen noch stärker Verstehensprozesse im Sinne der Idee der Objektstrukturen zu fokussieren und die Benutzung von Werkzeugen noch weiter in den Hintergrund zu rücken. In einer wiederholten Durchführung des entsprechenden Tests des ersten Autors ergab sich, dass fast alle Lernenden die Konzepte Klasse und Objekt verstanden hatten und mit eigenen Worten sowie mit Fachbegriffen erläutern konnten. Wesentlich scheint dafür zu sein, Objekte als handelnde Einheiten und Klassen als deren Beschreibung darzustellen. Dieser Schritt ist daher beim Entwurf von Kompetenzniveaus im Bereich Grundverständnis zu berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit der Analyse von Objektstrukturen spielt das Klassenkonzept eine wichtige Rolle. Während Objekte, deren Strukturen, und die zeitliche Veränderung dieser Strukturen besonders die Dynamik betonen, wird durch die Sichtweise, dass Objekte Exemplare von Klassen sind, welche Strukturen festlegen, der Statikaspekt in den Vordergrund gerückt. Die Evaluation des zweiten Autors ergab, dass es Lernenden ohne Programmierkenntnisse leicht fällt, Attribute und Methoden Klassen zuzuordnen (Statik), dass dies dann allerdings oft ohne Berücksichtigung einer späteren Objektkommunikation (Dynamik) erfolgt. Für die exemplarische Verknüpfung von Statik und Dynamik zu einem mentalen Modell wurden daher vom zweiten Autor als Lernhilfe Explorationsmodule gestaltet (vgl. 3.1) und in der informatischen Bildung erfolgreich erprobt [Br04]. Da es sich hierbei um einen schwierigen Bereich handelt, wurde begründet, dass hierzu ein erhöhter Bedarf an geeigneten Aufgaben zur Übung und Vertiefung besteht. Damit ergibt sich als erster Entwurf folgende Gliederung:

A Grundverständnis zum OOM – Überblickswissen

- a. *Objekte als handelnde Einheiten identifizieren und charakterisieren*
- b. *Beziehungen zwischen Objekten / Objektstrukturen verstehen und erläutern*
- c. *Struktur / Statik: Objekte als Exemplare von Klassen und Klassen als Beschreibungen („Baupläne“) von Objekten charakterisieren und voneinander abgrenzen*
- d. *Dynamik: zeitliche Veränderung von Objektstrukturen durch Objektkommunikation verstehen und erläutern*

4.2 Anwenden objektorientierter Grundkonzepte in Modellierungsprozessen

Während im Lernzielbereich 1 objektorientierte Grundkonzepte als Überblickswissen eingeführt werden, sollen diese im Lernzielbereich 2 in Modellierungsprozesse eingeordnet, angewendet und vertieft werden.

Dazu wurde vom ersten Autor ein Phasenmodell entwickelt, nach dem in aufeinander folgenden Phasen und Schritten jeweils ein Beispiel auf verschiedene Arten im Unterricht thematisiert wird. In der zweiten Phase steht das Anwenden der in der ersten Phase vermittelten Grundideen im Mittelpunkt. Dazu entwickeln die Lernenden mit Hilfe des Lehrenden gemeinsam eine kleine Software. Um sich hierbei nicht in Syntaxdetails zu verlieren, wurde die syntaxarme, an UML angelehnte, grafische Programmiersprache von Fujaba² benutzt.

Vom zweiten Autor wurden auf der Basis informatikdidaktischer Analysen fachlicher Aufgaben und Zusammenhänge so genannte Aufgabenklassen zum OOM für den Informatikunterricht gestaltet, mit denen sich vielfältige Lernziele erreichen und Kompetenzen entwickeln lassen. Diese unterstützen das beim Anwenden der objektorientierten Grundkonzepte anhand der Entwicklung realitätsnaher Programme, durch erforderliches Wiederholen, Üben und Vertiefen einzelner Konzepte. Aufgrund des Mangels an unterrichtsbezogenen Aufgaben wurden in fachwissenschaftlichen Standardlehrbüchern zum OOM enthaltene Übungsaufgaben analysiert. Da diese Aufgaben (analysiert wurden über 320 Aufgaben) andere Zielgruppen adressierten, nämlich Informatikstudierende oder im Beruf stehende Informatikerinnen und Informatiker, wurden Kriterien (Fachkonzepte des Informatikunterrichts, Betonung der Modellierung, Sprachenunabhängigkeit) entwickelt, mit denen unterrichtsgerechte Aufgaben ausgewählt bzw. mit denen nicht unterrichtsgerechte in geeignete Aufgaben transformiert werden konnten. Nach der Auswahl wurden die Aufgaben zu so genannten Aufgabenklassen abstrahiert, indem sie von konkreten Erläuterungstexten, Kontexten und Bezeichnungen getrennt wurden. Jede so entstandene Aufgabenklasse verknüpft eine Menge von Angaben (textuelle Informa-

² <http://www.fujaba.de/> (zuletzt aufgerufen am 04.05.2005)

tion; Grafiken, z. B. Diagramme) mit einem Arbeitsauftrag. Während bereits die o. g. Auswahlkriterien durch übergreifende Zielsetzungen allgemein bildenden Informatikunterrichts beeinflusst wurden, war die Lernzielorientierung in der anschließenden Strukturierungsphase expliziter. Das Ziel hierbei bestand darin, die Aufgabenklassen in einer Sammlung so zu strukturieren, dass der Zugriff für Lehrende und Lernende leicht möglich ist. Dazu wurden die identifizierten Aufgabenklassen hinsichtlich der Eigenschaftsdimensionen Fachkern, Gegenstand und Aufgabentyp klassifiziert. Im Bereich des Fachkerns wurden Aufgaben zum statischen Modell, zum dynamischen Modell und zu deren Verknüpfung identifiziert. Bei den Gegenständen wurden Aufgaben zu Fachkonzepten der Objektorientierung, zu Modellelementen und zu Modellen unterschieden. Es lassen sich leicht Aufgaben konstruieren, die durch Berücksichtigung mehrerer Teilmodelle vernetztes Denken und untrennbar damit verbunden die Bewältigung von Komplexität fordern und fördern. Ferner wurden die Aufgabentypen Wissens- und Verständnisfragen, Beschreibungs-, Zuordnungs-, Spezifikations-, Ordnungs-, Diskussions-, Analyse-, Vergleichs-, Validierungs-, Identifikations-, Modifikations-, Transformations- und Konstruktionsaufgaben identifiziert. Diese Aufgabentypen wurden verknüpft mit der Bloom'schen Taxonomie für kognitive Lernziele und begründet, dass für alle kognitiven Anforderungsstufen Aufgaben gestaltet werden können [Br04a, 64ff]. Dies ist ein wichtiges Ergebnis vor dem Hintergrund, dass Informatikunterricht in dem Ruf steht, vorwiegend Aufgabenstellungen für den oberen Anforderungsbereich bereitzustellen.

Evaluationsergebnisse

In der Evaluation des zweiten Autors zeigte sich, dass Modellierungsaufgaben durch die Anzahl der Lösungsschritte komplex werden [BO02]. Das Verstehen des dynamischen Modells und dessen Verknüpfung mit dem statischen Modell ist anspruchsvoll. Für bestimmte Lerngruppen ist eine Vorstrukturierung des Lösungswegs komplexer Aufgaben erforderlich. Das deutet daraufhin, dass die Fähigkeit, den Lösungsweg zu steuern, eine wesentliche Bedingung darstellt.

In der Evaluation des lernerzentrierten Zugangs überraschte die Fähigkeit der Lernenden, in Gruppenarbeit ein eigenes Modell zu entwickeln und zu implementieren. Die Steuerung eines einfachen Vorgehensmodells kann also auch Lernenden im Anfangsunterricht gelingen, wenn dies entsprechend situiert vermittelt wird. Dennoch zeigte sich, dass bei Problemen in nur einem Implementierungsdetail die Kontrolle über den Prozess verloren gehen kann. Das deutet auf verschiedene Aspekte hin: Erstens müssen die Lernenden den Prozess an die jeweilige Aufgabe anpassen können, zweitens benötigen sie Kenntnisse, mit spezifischen Problemen umzugehen, und drittens aufgabenabhängige Detailkenntnisse z. B. über bestimmte objektorientierte Konzepte oder gute Objektstrukturen z. B. Architekturen, Entwurfsmuster.

Die Bedienung der verwendeten Informatiksysteme bereitete dagegen in den Evaluationen beider Autoren keine Probleme. Da jedoch der Bildungswert der Bedienung konkreter Softwareprodukte als relativ gering angesehen wird (z. B. [Hu00]), wird dieser Aspekt für ein Kompetenzmodell nicht weiter berücksichtigt. Insgesamt ergibt das folgende mögliche Stufung:

B Modellierungskompetenz

a. Struktur / Statik

- i) Struktur von Problembereichen unter Anwendung geeigneter Modellierungstechniken repräsentieren: konkrete und abstrakte Entitäten und deren Beziehungen als Objektstrukturen formalisieren*
- ii) zielbezogene Verfeinerungen der Strukturierung von Modellen durch Anwendung geeigneter Strukturkonzepte (z. B. (ggf. didaktisch aufbereitete) Entwurfsmuster, Architekturen)*
- iii) Modell anhand der Struktur beurteilen*

b. Dynamik

- i) zeitliche Abläufe mit Hilfe des gewählten Modells erfassen*
- ii) Modell ändern und Auswirkungen auf zeitliche Abläufe vorhersagen*
- iii) Modell an ein gewünschtes Zeitverhalten anpassen*
- iv) anhand der Dynamik das gewählte Modell beurteilen*

4.3 Einordnen und Bewerten der Lösungen

Zu diesem Bereich liegen bei den beiden Autoren noch keine Evaluationsergebnisse vor. Aufgrund informatikdidaktischer Überlegungen ergibt sich aber die Wichtigkeit dieses Bereiches unmittelbar. Da er in die vorangegangenen Bereiche noch nicht integriert wurde, handelt es sich offensichtlich um einen eigenen Bereich. Folgende Stufungen können hier als erster Ansatz dienen:

C Bewertungskompetenz

- a. Zusammenhang zwischen Problembereich und Modell darstellen*
- b. Zweckgebundenheit der Modellierung bewerten*
- c. Nutzen und Auswirkungen für den Anwender einschätzen*

5 Diskussion zur Entwicklung eines Kompetenzmodells

Die Erprobungsergebnisse wurden hier insbesondere im Hinblick auf Erfolge und Lernschwierigkeiten dargestellt und untersucht. Lernschwierigkeiten wurden hierbei als Indikatoren für höhere Kompetenzniveaus verwendet. Die Analyse schwieriger Aspekte des Lernfeldes und der zu ihrer Bewältigung erforderlichen Kompetenzen ermöglichte Schlussfolgerungen im Hinblick auf unterschiedliche Kompetenzniveaus. Den Autoren ist bewusst, dass auftretende Schwierigkeiten ebenso durch Schwächen der Lehr-Lern-Prozesse und der verwendeten Lernhilfen verursacht werden können. Diese Gefahr der Fehlinterpretation wird aber durch die unterschiedlichen Zugänge der beiden Arbeiten

(lernerbezogener vs. fachbezogener) erheblich eingeschränkt. Dazu wurden aufgetretene Probleme vor dem Hintergrund der Ergebnisse des jeweils anderen Ansatzes diskutiert. Die Verdichtung der Ergebnisse der beiden Forschungsprojekte zu möglichen Kompetenzbereichen und -stufen stellt einen ersten Schritt auf dem Weg zur Entwicklung eines Kompetenzmodells für den Bereich des informatischen Modellierens dar. Kompetenzmodelle sind ein wichtiges Instrument didaktischer Forschung, da sie einerseits helfen können, den Bildungskern des Faches herauszuarbeiten und damit theoretisch-normativ wirken, andererseits stellen sie die Grundlage für die Entwicklung von Messinstrumenten dar, mit denen informatische Kompetenzen nachgewiesen werden können (wie für andere Fächer bereits im Rahmen der PISA-Studien geschehen).

Die vorgeschlagenen Bereiche und Stufen sind nun als nächstes zu verfeinern und mit geeigneten Aufgaben zu verknüpfen, mit denen das Vorhandensein der jeweiligen Kompetenz überprüft werden kann. Die vorgeschlagenen Kompetenzbereiche sind jedoch nicht völlig trennscharf. Problematisch ist, dass beispielsweise Struktur bzw. Statik und Dynamik sowie Konzepte und Prozesse zwar analytisch trennbar, in Problemlösungen jedoch miteinander vernetzt sind. Vermutet wird, dass der Grad dieser Vernetzung jeweils entscheidend den Schwierigkeitsgrad bestimmt. Zudem fehlen Bewertungsmaßstäbe, um unterschiedliche korrekte Modelle zu vergleichen. Kriterien hierfür sollten von den Lernenden auf ihrem jeweiligen Ausbildungsniveau leicht nachvollziehbar sein. Softwarequalitätskriterien sind hier nur bedingt geeignet, können jedoch als Orientierung dienen.

Offen ist auch die Frage nach Kompetenzmodellen für andere Alters- und Themenbereiche des Informatikunterrichts sowie der Zusammenhang bzw. die Übertragbarkeit der hier vorgeschlagenen Bereiche und Stufungen auf andere Modellierungstechniken (vgl. [HU00]).

Wenn in die Modellierungskompetenz auch der Prozess der Aufgabenlösung mit einbezogen wird und dafür sprechen allgemeine Überlegungen zum Bildungswert des Faches, dann spielen neben den verwendeten Werkzeugen die eingesetzten Unterrichtsmethoden eine wichtige, aber bislang kaum untersuchte Rolle, da sie die Begegnung und den Umgang der Lernenden mit den Aufgaben zumindest vorstrukturieren. Kompetenzbereiche sind ein interessanter Weg, genauer als bislang die im Unterricht zu vermittelnden und jeweils vorausgesetzten Kompetenzen zu erfassen. Entsprechende Modelle für die Informatik liegen noch nicht vor. Auf dem Weg ihrer Entwicklung und Validierung sind umfangreiche empirische Überprüfungen erforderlich. Anhand der im Rahmen des vorliegenden Beitrags vorgestellten empirischen Ergebnisse zeichnet sich ab, dass verschiedene Kompetenzbereiche unterschieden werden können. Inwieweit sich für vergleichende Studien durch geeignete Verrechnung daraus eine aussagekräftige, eindimensionale Skala konstruieren lässt, ist davon zunächst unberührt.

Literaturverzeichnis

- [Ba00] Baumert, J.; u. a.: PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Leske u. Budrich, 2001.
- [BO02] Brinda, T.; Ortman, T.: Fallstudien zur unterrichtlichen Einbettung spezieller Aufgabenklassen. In: Schubert, S.; Magenheim, J.; Hubwieser, P.; Brinda, T. (Hrsg.): Forschungsbeiträge zur „Didaktik der Informatik“ – Theorie, Praxis, Evaluation. 1. GI-Workshop DDI'02 (Schwerpunkt: Modellierung in der informatischen Bildung). Köllen, Bonn, 2002, S. 13-22.
- [Br01] Brinda, T.: Einfluss fachwissenschaftlicher Erkenntnisse zum objektorientierten Modellieren auf die Gestaltung von Konzepten in der Didaktik der Informatik. In: Keil-Slawik, R.; Magenheim, J. (Hrsg.): Informatikunterricht und Medienbildung. Köllen, Bonn, 2001, S. 75-86.
- [Br04a] Brinda, T.: Didaktisches System für objektorientiertes Modellieren im Informatikunterricht der Sek. II. Dissertation, Fachbereich Elektrotechnik und Informatik, Universität Siegen, 2004.
- [Br04b] Brinda, T.: Integration of New Exercise Classes into the Informatics Education in the Field of Object-Oriented Modelling. In: Education and Information Technologies 9 (2004) 2, S. 117-130.
- [Br04c] Brinda, T.: Preparing educational standards in the field of object-oriented modelling. In: [MS04], 11-22.
- [Fr03] Friedrich, S.: Informatik und PISA – vom Wehe zum Wohl der Schulinformatik. In [Hu03]; S. 133-144.
- [GMR00] Gruber, H.; Mandl, H.; Renkl, A.: Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen? In: Mandl, H.; Gerstenmaier, J.: Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze. Hogrefe, 2000, S. 139-156.
- [Hu00] Hubwieser, P.: Didaktik der Informatik. Springer, Berlin, 2000.
- [Hu03] Hubwieser, P. (ed.): Informatische Fachkonzepte im Unterricht. Köllen, Bonn, 2003.
- [Me03] Meyerhöfer, W.: Was testen Tests. Objektiv-hermeneutische Analysen am Beispiel von TIMSS und PISA. Dissertation, Universität Potsdam, 2003.
- [MS04] Magenheim, J.; Schubert, S. E. (eds.): Informatics and student assessment. Concepts of empirical research and standardization of measurement in the area of didactics of informatics. GI-Edition – Lecture Notes in Informatics (LNI) – Seminars, Volume S-1, Köllen, Bonn, 2004.
- [Pu03] Puhlmann, H.: Informatische Literalität nach dem PISA-Muster. In: [Hu03], S. 145-154.
- [Sc95] Schwill, A.: Programmierstile im Anfangsunterricht. In: Schubert, S. (Hrsg.): Innovative Konzepte für die Ausbildung. Springer, Berlin, 1995, S. 178-187.
- [Sc01] Schulte, C.: Vom Modellieren zum Gestalten - Objektorientierung als Impuls für einen neuen Informatikunterricht? In: Informatica Didactica 3, 2001. URL:

<http://www.informatica-didactica.de/InformaticaDidactica/Schulte2001.pdf> (aufgerufen am 10.01.05).

- [Sc04] Schulte, C.: Lehr-Lernprozesse im Informatik-Anfangsunterricht – Theoriegeleitete Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zur Objektorientierung in der Sek. II. Fachbereich Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, 2004.
- [Sp00] Spolwig, S.: Modellieren und Programmieren. In: LOG IN 20 (2000) 2, S. 53-59.
- [SS04] Schubert, S.; Schwill, A.: Didaktik der Informatik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2004.