

Informatikunterricht und Didaktik der Informatik

Johannes Magenheim & Ralf Romeike

Das Schulfach Informatik ist noch relativ jung, war und ist aber dennoch bereits unter verschiedensten Namen und Konzeptionen in der Schule zu finden, bspw. als Rechnerkunde, Informationstechnische Grundbildung, Medienbildung oder gar Digitalkunde. Im Folgenden beziehen wir uns auf Informatikunterricht, der informatische Bildung zum Ziel und somit die Methoden, Prinzipien und Arbeitsweisen der Wissenschaft ‚Informatik‘ zum Gegenstand hat. Hierbei stellen wir vor allem die Situation in Deutschland dar. Da zunehmend auch in anderen Ländern Informatikunterricht in den Fächerkanon aufgenommen wird, fließt an verschiedenen Stellen auch die internationale Perspektive mit ein.

A. Geschichtlich bedeutsame Kontexte und Entwicklungen zum Fach und zur Fachdidaktik

1. Geschichte und Verständnis des Unterrichtsfachs Informatik und des Fachlichen

Die Geschichte des Unterrichtsfachs ‚Informatik‘ ist unmittelbar an die junge Geschichte der Bezugswissenschaft ‚Informatik‘ geknüpft. Informatik ist die „Wissenschaft von der systematischen Darstellung, Speicherung, Verarbeitung und Übertragung von Informationen, besonders der automatischen Verarbeitung mithilfe von Digitalrechnern“ (Claus & Schwill, 2006).

Dabei knüpft Informatik an ‚vortechnische‘ Traditionen aus der Frühzeit der Menschheitsgeschichte an. Zur *Darstellung* von Information verwendete der Mensch von Anbeginn an Zeichen und Piktogramme (Höhlenmalerei), später folgte die Schrift. Für numerische Information haben das Festhalten (*Speichern*) und *Verarbeiten* tausende Jahre alte Bezüge: Viele frühe Zivilisationen erschufen hierfür bereits Hilfsmittel, bspw. Rechenstäbchen (vgl. Tedre, 2014). Als ältester bekannter nicht-trivialer Algorithmus gilt der euklidische Algorithmus zur Berechnung des größten gemeinsamen Teilers zweier natürlicher Zahlen von um 300 v. Chr.. Über die Jahrtausende wurden verschiedenste (Rechen-)Maschinen entwickelt, bspw. der Mechanismus von Antikythera, einem griechischen analogen „Computer“ zur Berechnung astronomisch-kalendarischer Zusammenhänge, der heute als erster Analogrechner gilt und im 1. Jh. v. Chr. entwickelt wurde (Bruderer, 2015). Der Begriff Algorithmus geht auf den Namen des arabischen Mathematikers und Astronomen Ibn Musa Al-Chwarismi zurück,

der im 9. Jh. in seinem Lehrbuch Regeln über das Rechnen mit indischen Ziffern darstellte (Bruderer, 2015). Weitere Meilensteine in der *automatischen Verarbeitung von Information* folgten: Adam Riese beschrieb 1574 die Rechengesetze des (aus Indien stammenden) Dezimalsystems, welches nun die Automatisierung des Rechengangs ermöglichte, was von Schickard 1623 mit einer Rechenmaschine realisiert wurde. Leibniz konstruierte 1674 eine Rechenmaschine für die vier Grundrechenarten und entwickelte parallel dazu das Dualsystem, die Grundlage heutiger Computer. Mit der *Analytical Engine* legte Babbage 1837 einen Entwurf für eine computerähnliche, d.h. programmierbare Rechenmaschine für allgemeine Anwendungen mit Eingabe- (Lochkarten) und Ausgabefunktion vor. Seine Assistentin Lovelace schrieb hierfür das erste komplexe Computerprogramm.

Neben der Darstellung ist auch der Wunsch der *Übertragung* von Information über weite Entfernungen uralt. Als Beispiele seien hier nur seit prähistorischer Zeit verwendete Rauch- und Feuerzeichen oder die optische Telegraphie des 19. Jahrhunderts genannt.

Das Entwickeln von Codierungen, sodass Informationen in Daten repräsentiert, automatisiert verarbeitet und übertragen werden können, obliegt heute zumeist der Informatik. Es wird deutlich, dass die Wurzeln bis hierhin vor allem in der Mathematik und Nachrichtentechnik zu finden sind, gefolgt von Entwicklungen der Elektrotechnik, die zusammen mit der in den 1930er Jahren entwickelten Booleschen Logik den Entwurf und die Realisierung digitaler Schaltkreise ermöglichten. In dieser Zeit begann sich Informatik als eigenständige Wissenschaft zu entwickeln (Tedre, 2014, S. 3). So wurde mit der nach dem legendären englischen Mathematiker *Turing benannten sogenannten Turing-Maschine* 1936 ein theoretisches Modell der Arbeitsweise, Möglichkeiten und Grenzen eines Computers eingeführt (Was ist (nicht) berechenbar?). Zuse hatte bereits 1934 die Idee, das duale Zahlensystem zum maschinellen Rechnen zu verwenden (Rechenberg, 2000) und sorgte damit für einen Entwicklungssprung, der es letztlich ermöglichte, dass die mechanischen Maschinen zu elektronischen Geräten weiterentwickelt werden konnten.

Der Begriff ‚Informatik‘ geht auf das vom französischen Ingenieur Philippe Dreyfus aus den Wörtern „**I**nformation + **A**utomatique“ gebildete Kunstwort ‚Informatique‘ zurück, welches durch den damaligen Bundesminister für Wissenschaft und Forschung Stoltenberg 1968 für den Aufbau der ersten Informatikstudiengänge übernommen und so im deutschen Sprachraum verbreitet wurde (Coy, 2001). Zu jener Zeit setzte nicht nur die Entwicklung der damit verbundenen, sehr dynamischen Wissenschaft Informatik ein, die bis heute andauert und regelmäßigen Paradigmenwechseln unterliegt. Auch die Anfänge des Informatikunterrichts reichen in diese Zeit zurück. Der erste Informatikunterricht fand als Wahlfach in der

Sekundarstufe in den späten 1960er Jahren statt, einer Zeit, in der bereits einige spektakuläre Leistungen der Computertechnik für die Allgemeinheit spürbar wurden. Ausgangspunkt des noch als ‚Rechnerkunde‘ (Frank & Meyer, 1974) bezeichneten Schulfachs war die Computertechnik mit dem Ziel, ein Verständnis der Hardware realer Datenverarbeitungsanlagen zu vermitteln, wobei ein Fokus auf die mathematisch-technischen Grundlagen der Datenverarbeitung (bspw. binäre Arithmetik, Schaltalgebra und Aussagenlogik) und deren Realisierung (bspw. mit Schaltnetzen, interner Programmsteuerung und den erforderlichen Komponenten des Rechners) gelegt wurde. Es bestand zudem die Vorstellung, dass mit den ‚Rechnern‘ mittels eines Bildungsalgorithmus Lernprogramme für unterschiedliche Schulfächer entwickelt werden könnten. Rechnerkunde sollte auf diese Weise schulisches Grundlagenfach für die programmierte Unterweisung im Unterricht werden.

Als bald wurde allerdings der allgemeinbildende Beitrag dieser Fokussierung auf mathematisch-technische Grundlagen der Datenverarbeitung in Frage gestellt: „Die Schüler sollen vielmehr eingeführt werden in Methoden der Strukturierung, Mathematisierung und Algorithmisierung von Problemkreisen aus verschiedenen Gebieten (d.h. Methoden der Modellbildung und Problemlösung) sowie vor allem in die Methoden des systematischen Programmierens und Möglichkeiten des Einsatzes von Datenverarbeitungsanlagen zur Behandlung komplexer Aufgaben“ (Brauer & Brauer, 1973).

In diesem Anfang der 1970er Jahre entwickelte Ansatz wurde der Algorithmus als zentraler Begriff und allgemeinbildender Kern eines Informatikunterrichts aufgefasst, was eng verbunden war mit der Anerkennung der Informatik als neuer wissenschaftlicher Disziplin und der zunehmenden Systematisierung der Softwareentwicklung. Mit einem fachwissenschaftspropädeutischen Anspruch sollten die Schülerinnen und Schüler die Gesetze und Methoden der informatischen Problemlösung verstehen lernen und entdecken, dass viele verschiedene Probleme mit derselben Methode bearbeitet werden können. Hierzu gehörte auch das Erlernen einer Programmiersprache als Voraussetzung für die Implementierung. Kern sollte aber die ‚neue Art des Denkens‘ sein, in der dynamische Prozesse unter Berücksichtigung von Zeit (sequentielle und parallele Abläufe) und der Darstellung und Speicherung der benötigten (Daten-)Objekte im Vordergrund stehen, deren Resultat ein lauffähiges Programm darstellt. Eine in der Unterrichtspraxis häufig überzogene Algorithmenorientierung führte aber zu Unterricht, der als Programmierkurs wahrgenommen wurde und in dem Algorithmen vor allem als Selbstzweck aber nicht zur Lösung von Problemen herangezogen wurden, was den Ansprüchen eines allgemeinbildenden Schulfachs nicht gerecht wurde (Hubwieser, 2007).

Mitte der 1980er Jahre erfolgte eine Neuausrichtung des Informatikunterrichts, in dem nun weniger der Computer als vielmehr der Benutzer im Mittelpunkt stehen sollte. Geprägt von der inzwischen auch in Privathaushalten verbreiteten Computertechnik schien es notwendig, Unterricht an der Benutzung/Bedienung der Softwareprodukte auszurichten und somit lebenspraktische Orientierung zu bieten. Ausgangspunkt des auch als ‚Informationstechnische Grundbildung‘ bezeichneten Unterrichts waren somit nicht mehr informatische Prinzipien, sondern die (kommerziellen) Produkte der technologischen Entwicklung (bspw. Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Datenbanksysteme und Graphikanwendungen), mit denen Probleme des Alltags systematisch gelöst werden sollten. Ein tieferes Verständnis der Informatik wurde hierdurch allerdings nicht erreicht (Hubwieser, 2007).

Die Entwicklung des Unterrichtsfachs orientierte sich dabei bereits in seinem Ursprung an gesellschaftlichen Erfordernissen, die insbesondere durch die Entwicklungen der Computertechnik spürbar werden. So ist es ein (in fast allen Curricula allgemeinbildender Schulen weltweit nachvollziehbarer) Konsens, dass zwar auch Anwendungsfertigkeiten, insbesondere aber Konzeptwissen vermittelt werden sollen (vgl. Gander et al., 2013; The Royal Society, 2012). Anwendungsfertigkeiten beziehen sich auf die Nutzung vorhandener Systeme (bspw. Erstellen und Überarbeiten von Dokumenten, Suchen und Ablegen von Informationen), stellen aber nur einen Nebeneffekt informatischer Bildung dar. Davon abgegrenzt werden Informatik und informatische Bildung mit eigenen Themen und Inhalten, wie beispielsweise Information und Daten, Algorithmen, (formalen) Sprachen und Automaten, Informatiksystemen und den gesellschaftlichen Auswirkungen. Durch den Bezug auf die grundlegenden Prinzipien, Methoden und Arbeitsweisen der Bezugswissenschaft Informatik können Kompetenzen erworben werden, die nachhaltig wirken und sich nicht nur auf zeitlich befristete Artefakte beziehen. Als solches wird die Beherrschung der grundlegenden Methoden und Werkzeuge der Informatik auch als vierte Kulturtechnik bezeichnet (Coy, 2008).

Die Konstruktion von Computern macht dabei heute einen eher geringen Teil der Informatik als Fachwissenschaft aus – mit entsprechenden Konsequenzen für das Schulfach. Vielmehr untersucht die Informatik „elementare Strukturen und Prozesse, Prinzipien und Architekturen von Systemen, Interaktionen in kleinen, mittleren und weltumspannenden Netzen, die Konzeption, Entwicklung und Implementierung von Hardware und Software bis hin zu hochkomplexen Anwendungssystemen und der Reflexion über ihren Einsatz und die Auswirkungen“ (GI, 2006). Informatik hat sich zu einer Grundlagenwissenschaft entwickelt, deren Werkzeuge, Methoden und Denkweisen in alle anderen Wissenschaften eindringen und zu neuen Modellen und Darstellungsweisen führen (ebd.). Sie hat vielfältige Innovationen

hervorgebracht, die die Gesellschaft maßgeblich verändert haben und weiterhin verändern (Stichwort Digitalisierung, bspw. Simulation als neue wissenschaftliche Methode, Künstliche Intelligenz, Internet, Big Data).

Entsprechend gilt heute für den Informatikunterricht: Er soll den Auswirkungen der durch Informatik und Computer durchdrungenen Gesellschaft Rechnung tragen. In der Auseinandersetzung mit den Methoden, Prinzipien und Arbeitsweisen der Wissenschaft Informatik können die Kompetenzen und Denkweisen erworben werden, die notwendig sind, die Grundlagen, Funktions- und Wirkprinzipien digitaler Systeme zu verstehen, sie effizient zu nutzen und deren Auswirkungen zu reflektieren.

2. Ursprünge und Entwicklungen der Didaktik der Informatik

Nachdem die Ausrichtung der Schulinformatik bis Mitte der achtziger Jahre vor allem durch eine engagierte Lehrerschaft und verschiedene, an schulischen Belangen interessierte Fachwissenschaftler geprägt wurde, erfolgte in den 90er Jahren eine fachliche Neuausrichtung, die mit der allmählichen Etablierung der Didaktik der Informatik (DDI) als Teilgebiet der Informatik einhergeht und zu verschiedenen Vorschlägen für die Gestaltung des Schulfachs führte. Mit der Einrichtung der ersten Professuren etablierte sich die DDI langsam als Wissenschaft, die das Unterrichtsfach zunehmend auf eine wissenschaftliche Grundlage stellte und sich für eine fachlich adäquate Ausgestaltung des Unterrichts und der Lehrerbildung einsetzte. Dabei folgten die informatikdidaktischen Ansätze zunächst primär fachwissenschaftlichen Vorgaben. So stellte Schwill (1993) mit den ‚Fundamentalen Ideen der Informatik‘ ein Konzept vor, das Inhalte des Unterrichtsfachs danach auswählt, ob sie langfristig und in der Breite der Wissenschaft relevant, auf verschiedenen kognitiven Niveaus vermittelbar und in der Lebenswelt wahrnehmbar sind. Baumann (1993) stellte fest, dass sich informatisches Problemlösen vor allem in der Entwicklung von Informatiksystemen¹ zeigt und diese deshalb eine zentrale Rolle spielen sollten. Hubwieser und Broy (1997) erachteten die Fähigkeit zum Umgang mit Information als Ziel des Informatikunterrichts, wodurch die charakteristischen Eigenschaften von Informations- und Kommunikationssystemen verstanden werden sollen. Im Unterricht soll, so Hubwieser und Broy, die informatische Modellierung betont und von Problemstellungen der Praxis ausgegangen werden. Ein solcher Unterricht durchläuft die Phasen der Problembeschreibung, formalen Modellierung,

¹ Als Informatiksystem wird eine spezifische Zusammenstellung von Hardware-, Software- und Netzwerkkomponenten bezeichnet, sowie die dazugehörigen nichttechnischen Aspekte, die sich durch die Einbettung in gesellschaftliche Kontexte ergeben.

Realisierung/Simulation bis hin zur Bewertung. Dieser Ansatz wurde grundlegend für die Einführung eines verpflichtenden Unterrichtsfachs in Bayern.

Entsprechend stehen heute auch in der Didaktik der Informatik Fragen der Anwendungs- und Grundlagenforschung in schulisch relevanter Form im Fokus, wie in den Kapitel 3 und 4 noch detaillierter aufgezeigt werden wird. Einfluss auf den Informatikunterricht nimmt die Informatikdidaktik dabei vor alle auch durch die regelmäßigen Positionspapiere der Gesellschaft für Informatik (GI). So wurden im Jahr 2000 mit den ‚Empfehlungen für ein Gesamtkonzept der informatischen Bildung‘ (GI, 2000) Informatik als Bezugswissenschaft herausgestellt und für das Unterrichtsfach die Fokussierung auf Grundlagen, Methoden, Anwendungen, Arbeitsweisen und die gesellschaftliche Bedeutung von Informatiksystemen vorgeschlagen. Als bald begann eine breit angelegte Arbeitsgruppe aus Lehrern und Fachdidaktikern mit der Erarbeitung von Bildungsstandards für das Fach Informatik. Im Jahre 2008 wurde dann die Empfehlung ‚Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule - Bildungsstandards für die Sekundarstufe I‘ (GI, 2008) verabschiedet, die dem Ziel einer zeitgemäßen und fachlich substanziellen informatischen Bildung in den Schulen Nachdruck verlieh und einen spürbaren Einfluss auf die folgenden Lehrpläne nahm. Im Zuge des steigenden Einflusses der Digitalisierung auf alle Lebensbereiche wird informatische Bildung zunehmend als wesentlicher Baustein der Allgemeinbildung wahrgenommen. Derzeit wird Informatikunterricht in drei Bundesländern (Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen) für alle Schülerinnen und Schüler als Pflichtfach in der Sekundarstufe I angeboten. Darüber hinaus existieren in allen Bundesländern unterschiedlichste Angebote im Wahl(pflicht)unterricht ab der Sekundarstufe I bis hin zum Abitur (vgl. Starruß, 2010).

Einfluss hat zunehmend auch das im internationalen Bildungsbereich einflussreiche Konzept des ‚Computational Thinking‘. In England, Neuseeland oder der Schweiz hat dieses bei der Einführung eines für alle Schülerinnen und Schüler verpflichtenden Schulfachs geholfen. “Computational Thinking is the thought processes involved in formulating problems and their solutions so that the solutions are represented in a form that can be effectively carried out by an information-processing agent (eg. combinations of humans and machines)” (Wing, 2006). Damit rücken Konzepte wie Logisches Denken, Abstraktion, Algorithmen, Dekomposition und Evaluation sowie Arbeitsweisen wie Experimentieren, Kreativität, Fehlerfinden und Kollaboration in den Fokus. Diese sind notwendig, um ein Problem oder eine Fragestellung so zu bearbeiten, dass ein Computer bei der Lösung helfen kann (Barefoot, 2017). Konzeptwissen der Informatik hilft hierbei, digitale Medien nicht nur effizient und effektiv zu benutzen (vgl. Voss, 2006), sondern sie auch zu verstehen, weshalb im Kontext der bildungsbezogenen

Strategien zur Digitalisierung dem Stellenwert der informatischen Bildung zunehmend Rechnung getragen wird.

Dabei ist die Informatikdidaktik mit dem Problem konfrontiert, dass bis heute die mit früheren Anwendungspraxen von Lehrkräften verbundenen Erfahrungen, überlieferte Unterrichtsmaterialien und Bücher in nicht geringem Maße die Vorstellungen, Denkweisen und Erwartungen von Lehrkräften, Eltern und Bildungsverantwortlichen prägen. Es bleibt eine Herausforderung der DDI, das inzwischen recht stabile Fachverständnis, das sich in den letzten 20 Jahren als Konsens gebildet hat, inhaltlich und methodisch abzusichern und zugleich die fachliche Weiterentwicklung der Informatik aufzugreifen und für den Informatikunterricht fachdidaktisch aufzuarbeiten (bspw. Big Data (Grillenberger & Romeike, 2017), Agile Methoden der Softwareentwicklung (Kastl & Romeike, 2015)). Jüngere Ansätze, die auch durch internationale Entwicklungen bestärkt werden, fordern Informatikunterricht bereits in jüngeren Jahren, was derzeit in einer verstärkten Hinwendung zur Primarstufe und ersten Versuchen im Kindergarten resultiert (Bergner et al., 2018).

B. Lernen im Fach Informatik und seine fachdidaktische Erforschung

3. Ziele, Inhalte und Kompetenzen des Informatikunterrichts und der informatischen Bildung

Die didaktische Diskussion über Ziele, Inhalte und Methoden des Unterrichtsfachs ‚Informatik‘ und Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler hier entwickeln sollen, ist seit jeher durch einen starken Legitimationsdruck geprägt gewesen. Dies führte und führt dazu, dass in Curricula zum Informatikunterricht oft das Ziel leitend ist, den allgemeinbildenden Charakter des Unterrichtsfaches im Kanon der etablierten Fächer nachzuweisen. Dabei wird zumeist der eigenständige Wert informatischer Bildung in einer in vielen Bereichen durch Digitalisierung geprägten Gesellschaft betont. Ein zentrales Argument ist in diesem Zusammenhang, dass das Verstehen wesentlicher informatischer Prinzipien wie das Strukturieren, Verarbeiten, Speichern und Verteilen von Daten und der kompetente Umgang mit Informatiksystemen als ‚Vierte Kulturtechnik‘ anzusehen sei. Auf diese Weise wird trotz der ingenieurwissenschaftlichen Wurzeln des Faches und inhaltlicher Überschneidungen zur Mathematik der besondere Stellenwert des Faches hervorgehoben. Dabei wird die Entwicklung von Informatiksystemen als Ergebnis eines auf normativen Entscheidungen beruhenden Gestaltungsprozesses begriffen. Informatische Bildung hat in diesem Sinne dazu beizutragen, die vermeintlich alternativlose Zweckrationalität von Informatiksystemen kritisch zu hinterfragen und Schülerinnen und Schüler zur kritischen Nutzung und ggf. Gestaltung

derartiger Systeme zu befähigen.² Als Orientierungspunkte sind dabei die folgenden Schlüsselfragen verbreitet:

- (1) *Was*: Welches sind die zentralen Inhalte des Unterrichtsfachs Informatik?
- (2) *Warum*: Nach welchen Kriterien werden die Inhalte aus der Vielfalt der informatischen Themen der Fachwissenschaft ausgewählt, und welche spezifische allgemeinbildende Bedeutung kommt ihnen zu?
- (3) *Wozu*: Welches sind die zentralen Bildungsziele des Unterrichtsfachs Informatik?
- (4) *Wie*: Mit welchen spezifischen Unterrichtsmethoden sollen die Inhalte im Informatikunterricht vermittelt werden und in welcher Relation stehen diese zu den fachwissenschaftlichen Methoden der Informatik?
- (5) *Womit*: Welche spezifischen Medien können im Unterrichtsfach eingesetzt werden und welche Bedeutung kommt dabei professionellen Entwicklungswerkzeugen der Informatik zu?
- (6) *Für wen*: Für welche Zielgruppen soll Informatik bzw. informatische Bildung in den einzelnen schulischen Organisationsformen angeboten werden? (vgl. Magenheim, 2008; Magenheim & Schulte, 2006; Schubert & Schwill, 2011).

Neben diesen Schlüsselfragen ist für die Begründung von Inhalten und Zielen des Unterrichtsfachs Informatik auch die Entwicklung der zugehörigen Fachwissenschaft von Bedeutung. Diese ist z.T. nämlich durch eine relative Kurzlebigkeit angewandter fachwissenschaftlicher Methoden, Gegenstandsbereichen und Werkzeugen gekennzeichnet. Schwill (1993) hat vor diesem Hintergrund in Anlehnung an entwicklungspsychologische Überlegungen von Bruner (1966) mit seinem Konzept der ‚fundamentalen Ideen der Informatik‘ Kriterien zur Identifikation stabiler fachlicher Gegenstandsbereiche geliefert, die unabhängig von fachwissenschaftlichen ‚Moden‘ auch als Kategorien zur Auswahl geeigneter Lerninhalte dienen können. Diese Kriterien sind:

- **Horizontalkriterium** (Fachinhalt ist in vielen Teildisziplinen des Faches Informatik relevant),
- **Vertikalkriterium** (Fachinhalt ist auf unterschiedlichen kognitiven Niveaustufen erschließbar),

² Das in der Curriculumdiskussion seit jeher bekannte Problem der normativen Fundierung (vgl. Robinsohn, 1967) wurde in der fachdidaktischen Diskussion der Informatik im Hinblick auf die allgemeinbildende Funktion des Faches vor allem mit Bezug auf Klafki (1996) und auf Bussmann und Heymann (1987) geführt. Verschiedene fachdidaktische Ansätze betonten und betonen den Beitrag des Unterrichtsfachs ‚Informatik‘ zum Verständnis und implizit zur Bewältigung des für das 21. Jahrhundert grundlegenden Schlüsselproblems ‚Informations- und Kommunikationstechnologien‘ und der damit verbundenen Schlüsselkompetenzen.

- Zeitkriterium (Fachinhalt ist über einen längeren Zeitraum von Bedeutung für das Fach Informatik),
- Sinnkriterium (Fachinhalt lässt sich über die Erfahrung der Zielgruppe in ihrer Alltagswelt erschließen) und
- Zielkriterium (Fachinhalt erschließt einen Bezug zu aktuellen Forschungsfragen des Faches Informatik).

Als fundamentale Ideen der Informatik, die den genannten Kriterien genügen, werden z. B. ‚Algorithmisierung‘, ‚Sprache‘ und ‚strukturierte Zerlegung‘ genannt. Diese abstrakten Konzepte (Masterideen) stellen zentrale Säulen der informatischen Modellbildung dar, die ihrerseits in Unterkategorien eingeteilt werden können. Zu nennen sind beispielsweise ‚Algorithmisierung‘ in ‚Entwurfparadigmen‘, ‚Programmierkonzepte‘, ‚Ablauf‘ und ‚Evaluation‘. Bei allen handelt es sich um wesentliche Aufgabengebiete der Software-Entwicklung und der informatischen Systemgestaltung. Anknüpfungspunkte für die Begründung relevanter fachwissenschaftlicher Inhalte im Informatikunterricht liefert überdies der internationale Diskurs, etwa der Beitrag ‚Great Principles of Computing‘ von Denning (2004) oder internationale Empfehlungen zur Gestaltung von Informatikcurricula in den Bereichen ‚Higher‘ und ‚Secondary Education‘ (ACM, 2003, 2004; CSTA, 2011; Mulder & van Weert, 2000).

Fast alle fachdidaktischen Ansätze im deutschsprachigen Raum greifen zumindest einige der erläuterten informatischen Leitideen auf, um Inhalte und Zielsetzungen des Schulfaches Informatik aus ihrer jeweiligen Perspektive zu begründen. Nachfolgend sollen besonders einflussreiche Konzepte in ihren inhaltlichen Akzenten und Zielen skizziert werden.

1. In einer frühen Phase des Informatikunterrichts, in der zwar kleinere Hardwaresysteme, aber kaum verfügbare Anwendersoftware vorhanden war, konzentrierte sich der Unterricht auf die hardwarenahe Programmierung von Computern (*hardwareorientierter Ansatz*) und deren potenzielle Fähigkeit zur programmierten Unterweisung (Frank & Meyer, 1974). Auf diese Weise sollte Schülerinnen und Schülern ein fundamentales Verständnis für einfache Rechnerarchitekturen und Grundlagen hardwarenaher Programmierung vermittelt werden. Mit der weiteren fachwissenschaftlichen Entwicklung rückte die Softwarenutzung und deren Bedeutung für die informatische Bildung immer stärker in den Mittelpunkt. Gleichzeitig wurde die Beziehung zwischen Computer und Informatik im Hinblick auf fachliches Lehren und Lernen diskutiert. Mittermeir betont in diesem Zusammenhang allerdings, dass Informatikunterricht nicht auf die Computernutzung reduziert werden dürfe. In der Informatik gehe es „doch eigentlich nicht um den Computer, sondern um konstruierte (also technische)

Systeme, die es erlauben, Daten (im weitesten Sinne) so zu interpretieren, dass Aktionen bewirkt werden“ (Mittermeir, 2010, S. 57). Eine Gegenposition vertritt Rechenberg, der argumentiert, dass „die Informatik sich nicht mit Informationsprozessen in Gesellschaft und Natur beschäftigt“. Man müsse „darauf beharren, daß Informatik heute die Wissenschaft und Technik vom Computer und seinen Anwendungen ist, also Computerwissenschaft“ (Rechenberg, 2010, S. 47). Allerdings ist mit Brandhofer zu konstatieren, dass eine Trennung von Informatik und Computer(anwendung) in der fachdidaktischen Diskussion kaum stattfindet (Brandhofer, 2014, S. 3). Die Zielsetzungen der meisten informatikdidaktischen Konzepte beinhalten daher sowohl die Vermittlung fundamentaler Kompetenzen in der Programmierung eines Computers als auch von Kenntnissen über seine Anwendungen und gesellschaftlichen Auswirkungen.³

2. Im *algorithmienorientierten Ansatz* (z. B. Nievergelt, 1993) soll Schülerinnen und Schülern der zentrale Stellenwert von Algorithmen bei der Modellierung und Gestaltung von Informatiksystemen nahegebracht werden, wobei die Entwicklung von Algorithmen auch immer mit der Perspektive der Entwicklung von Software in Verbindung steht und zu behandeln ist. Damit sind Fragen des Speicherbedarfs, des Laufzeitverhaltens und der Verteilung der Systemkomponenten zu bedenken. Dies u.a. unterscheidet den Informatik- vom Mathematikunterricht im Hinblick auf den Umgang mit Algorithmen.

3. Im *anwendungsorientierten Ansatz* (Arlt & Koerber, 1981; Koerber & Peters, 1993) standen hingegen nicht die Algorithmen und deren Implementierung mittels einer Programmiersprache im Fokus des Informatikunterrichts, sondern der Anwendungskontext und die sozialen Implikationen des Einsatzes von Informatiksystemen. Dies geschah nicht zuletzt aus einer Kritik am algorithmienorientierten Ansatz, dem u.a. vorgehalten wurde, sich zu nah an den Zielen und Inhalten des Mathematikunterrichts zu orientieren. Am anwendungsorientierten Ansatz wiederum wurde kritisiert, dass er Schülerinnen und Schüler mit dem breiten Spektrum seiner z. T. divergierenden Zielsetzungen - Modellierung und Implementierung von Informatiksystemen, Bewertung des Einsatzes derartiger Systeme und deren sozialer Folgewirkungen - im Unterricht mit einer nicht zu bewältigenden Komplexität von Aufgaben konfrontiert. Überdies stehe er in der Gefahr, so ein weiterer Kritikpunkt, sich zu weit von

³ Bei der Bewertung der damit verbundenen fachdidaktischen Diskurse ist der jeweilige historische Kontext der fachwissenschaftlichen Entwicklung und die damit verbundene Verfügbarkeit von Hard- und Softwaresystemen im Unterricht zu berücksichtigen. Damit wird zugleich auch eine Besonderheit des Unterrichtsfaches Informatik deutlich: Die ‚apparative Abhängigkeit‘ von verfügbarer (Informations-)technik in der Schule, die in der Informatik wohl noch stärker ausgeprägt ist als in anderen Fächern des MINT-Bereichs.

genuin informatischen Fragestellungen zu entfernen und zu einem verkappten Sozialkundeunterricht zu mutieren.

4. Im *benutzerorientierten Ansatz* (Forneck, 1990) wurde ein Ausweg aus diesem Dilemma in der Möglichkeit gesehen, als wesentliches Ziel des Informatikunterrichts die Erziehung zum verständnisvollen reflektierten Benutzen von Informatiksystemen zu priorisieren. Damit wurde der Tatsache Rechnung getragen, dass die immer komplexer werdenden Softwaresysteme im Unterricht ohnehin nicht von Schülerinnen und Schülern entwickelt oder zumindest durchschaut werden könnten. Die Fokussierung auf den Nutzungsaspekt kann überdies auch einen Beitrag zur Erziehung von mündigen Bürgerinnen leisten. Als Problem des Ansatzes stellte sich allerdings heraus, dass für die Lernenden oft nur die äußeren funktionalen Strukturen der Benutzungsoberflächen deutlich wurden und damit Wissen im Vordergrund stand, dass aufgrund der technischen Entwicklungen schnell veraltete.

5. Dieses Problem wurde im *informationszentrierten Ansatz* durch eine spezifische Verbindung von Programmier- und Anwendungsbezug überwunden. Denn mit den Begriffen ‚Daten‘ und ‚Information‘ rückten zwei wesentliche Grundideen der Informatik in den Mittelpunkt der Betrachtung (Breier, 2004; Hubwieser, 2007). Ziel des Ansatzes war und ist es, Schülerinnen und Schüler im Informatikunterricht die Fähigkeit zu vermitteln, beide Bereiche zu unterscheiden und deren Beziehung zueinander zu erfassen. Daten werden im Modellierungsprozess aus einer Eingangsinformation formal beschrieben und mittels geeigneter Algorithmen und Datenstrukturen auf Computern verarbeitet. Dabei werden die Eingabe der Daten und die Darstellung der Ergebnisse auf Computern mittels Software symbolisch repräsentiert. Es bleibt dann den Nutzern überlassen, aus der Eingangsinformation und dem Ergebnis der formalen Berechnung vor dem Hintergrund eines (subjektiven) Interpretationskontextes eine neue Information zu generieren bzw. diese zu interpretieren. Computer und Informatik sind aus dieser Perspektive wesentliche integrale Bestandteile der Informationsgewinnung und -verbreitung. Damit zusammenhängende Fragestellungen z. B. nach der Form und Angemessenheit der Datenmodellierung (objektorientiert, funktional, prozessorientiert, zustandsorientiert, als ER-Modell) beschreiben wichtige Gegenstandsbereiche, in denen Schülerinnen und Schüler Kompetenzen erwerben sollen. Die Rolle von Modellen und Modellierungen in diesem Zusammenhang ist insbesondere von (Thomas, 2002) thematisiert und als wichtiger Kompetenzbereich des Informatikunterrichts beschrieben worden.

6. Der *systemorientierte Ansatz* (vgl. Magenheimer, 2008) geht bei der Behandlung komplexer Informatiksysteme im Unterricht einen anderen Weg. Es sollen für unterrichtliche

Rahmenbedingungen relativ komplexe Informatiksysteme didaktisch so vorbereitet werden, dass für die Schülerinnen und Schüler im Unterricht ein multipler Zugang zu deren innerer (Algorithmen, Softwaredesign) und äußerer Struktur (GUI: Grafische Benutzungsschnittstelle) ermöglicht wird. Durch Dekonstruktion sollen wesentliche Designkonzepte der Software exploriert, d.h. gezielt erkundet, und dann ggf. auch modifiziert werden. Auf diese Weise soll das Systemverständnis der Lernenden und ihre Gestaltungskompetenzen für Informatiksysteme gefördert werden. Dieses didaktische Prinzip weist einen hohen Grad an Übereinstimmung mit dem Reengineering im Bereich professioneller informatischer Aufgabenfelder auf. Insbesondere soll Schülerinnen und Schülern mit diesem didaktischen Konzept verdeutlicht werden, dass Designentscheidungen auf Soft- und Hardwareebene wesentlichen Einfluss auf den Anwendungskontext der Informatiksysteme und deren gesellschaftlichen Auswirkungen haben. Da die mit einem Informatiksystem assoziierten sozialen Handlungssysteme von interagierenden Personen bei der Modellierung und Implementierung mit bedacht werden müssen, wird hier auch von sozio-technischen Informatiksystemen gesprochen. Bei Brinda (2004) rücken in seinem Konzept des *didaktischen Systems* mit der Bestimmung von wesentlichen Determinanten der unterrichtlichen Umsetzung von Informatikinhalten und der Klassifizierung von Aufgabenstellungen des Informatikunterrichts hinsichtlich ihrer Komplexität und ihres Schwierigkeitsgrades weitere Einflussfaktoren in den Fokus.

7. Die besondere Bedeutung des Einsatzkontextes von Informatiksystemen als Unterrichtsgegenstand und dessen Beziehung zur Systemgestaltung werden auch in dem *fachdidaktischen Konzept* ‚Informatik im Kontext‘ (INIK) und dem damit verbundenen fachwissenschaftlich akzentuierten Konzept der ‚*Kontextuellen Informatik*‘ betont. Für das INIK-Konzept wurden auch praktische Vorschläge für die Gestaltung des Informatikunterrichts erarbeitet (Engbring, 2003; Keil-Slawik & Magenheimer, 2001; Koubek et al., 2009; Krohn, 1992). Schülerinnen und Schüler sollen bei diesem Ansatz die Modellierung von Informatiksystemen als wichtiges Element eines Gestaltungsprozesses des sozio-technischen Einsatzkontextes dieser Systeme kennen lernen.

8. Dem systematischen Erkunden der vermuteten inneren Struktur und der von außen sichtbaren Funktion von Informatiksystemen wird auch im fachdidaktischen Ansatz zur *Dualitätsrekonstruktion* erhebliche Bedeutung beigemessen. Dabei soll an die Alltagserfahrungen der Lernenden mit Informatiksystemen angeknüpft und die Dualität von Struktur und Funktion digitaler Artefakte mittels systematischer Nutzung erschlossen werden (Schulte, 2009). Digitale Artefakte werden hierbei als kleinere und weniger komplexe Informatiksysteme angesehen. Einen ähnlichen fachdidaktischen Zugang, in dem von dem

äußerlich sichtbaren Verhalten auf die innere Struktur von Informatiksystem geschlossen wird, schlägt Stechert (2009) vor. Auf die an der *Dualitätsrekonstruktion* orientierten Ansätze hat die informatikdidaktische Kompetenzforschung später Bezug genommen und die Fähigkeit zum Erkunden und Anwenden von Informatiksystemen als eine wesentliche Voraussetzung ihres Verständnisses identifiziert (z. B. Magenheim et al., 2010).

9. In fast allen genannten informatikdidaktischen Ansätzen wird betont, dass bei der Auswahl von Informatiksystemen, mit denen sich die Schülerinnen und Schüler im Informatikunterricht auseinandersetzen, auf eine für die Zielgruppe geeignete Zugangsweise und auf den Bezug des Anwendungskontextes des Informatiksystems zur Alltagswelt der Zielgruppe geachtet werden muss. Im *phänomenorientierten* Ansatz wird dieses Prinzip in den Mittelpunkt gerückt. So postulieren Humbert und Puhlmann (2004) drei Gruppen von Phänomenen, die Gegenstand des Informatikunterrichts sein können.

- a) Mit Informatiksystemen direkt verknüpfte Phänomene, die beim Nutzen eines Informatiksystems auftreten,
- b) Mit Informatiksystemen indirekt verbundene Phänomene, die nicht sofort ersichtlich, in ihrem Informatikbezug wahrgenommen werden, sondern sich erst bei genauerer Betrachtung als informatikhaltig erweisen.
- c) Von Informatiksystemen unabhängige Phänomene, die sich dadurch auszeichnen, dass sie eine inhärente informatische Struktur aufweisen und/oder informatisches Denken nahelegen, ohne bestimmte digitale Systeme vorauszusetzen.

Ganz ähnlich hat die Forschergruppe um Diethelm (Diethelm et al., 2011) in Anlehnung an den Ansatz von Kattmann u. a. (1997) ein *Konzept der didaktischen Reduktion* zur Gestaltung des Informatikunterrichts vorgeschlagen, das als zentrales Element Phänomene der Informatik aus der Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler als Unterrichtsgegenstand vorschlägt.

10. Betrachtet man die dargestellten informatikdidaktischen Ansätze, so wird deutlich, dass neben allgemeinbildenden Aspekten und den Bezügen zu den fachwissenschaftlichen Methoden der Informatik vor allem auch die Orientierung an den Interessen und der Motivation der Schülerinnen und Schüler ein wesentliches Element der Zielbestimmung und der Inhaltsauswahl für den Informatikunterricht darstellt. Romeike (2008a) betont vor diesem Hintergrund die Bedeutung von Kreativität und Motivation für die Praxis des Informatikunterrichts. Hinzu kommt die preisgünstige Verfügbarkeit von digitalen Bausteinen, Mikrocontrollern etc. - etwa in Gestalt des *Arduino* und anderer unterrichtsgerechter didaktischer Informatiksysteme (*Lego Mindstorms*, *Calliope*, etc.). Diese hat dazu geführt, dass technische Aspekte und Fragen der Steuerung und Regelung wieder stärker als Themen des

Informatikunterrichts angesehen werden können. Besonders Modrow (2010) und Strecker (2009) haben diese Aspekte in die aktuelle fachdidaktische Diskussion eingebracht. Przybylla und Romeike (2014) haben diese Ansätze aufgegriffen und durch die Integration technischer Aspekte in den Informatikunterricht in Richtung ‚Physical Computing‘ vertieft. Auf diese Weise soll bei den Schülerinnen und Schülern ein grundlegendes Verständnis für die technischen und algorithmischen Aspekte von Informatiksystemen gefördert werden. Hierzu werden oft auch spielerische, handlungsorientierte Unterrichtsmethoden ohne Computereinsatz vorgeschlagen (CS-unplugged; vgl. z. B. Bell et al., 2009; Bergner et al., 2018, S. 86-91).

Mit den aufgezeigten informatikdidaktischen Konzeptionen sind teils explizit, teils implizit Annahmen und Zielbestimmungen zum Kompetenzerwerb im Informatikunterricht verbunden. Diese haben den aktuellen Diskurs um fachspezifische Kompetenzen nachhaltig beeinflusst und Eingang in die GI-Bildungsstandards gefunden, deren Zielsetzungen und Kompetenzbeschreibungen in der Informatikdidaktik bis zu einem gewissen Grad als konsensfähig angesehen werden. Dies ist vor allem auch deshalb der Fall, weil in den jeweiligen GI-Arbeitsgruppen zahlreiche Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker beteiligt waren und die Dokumente vor ihrer endgültigen Verabschiedung in der Fachcommunity intensiv und breit diskutiert worden sind. Die GI-Bildungsstandards (GI, 2008; GI, 2016) dienen wiederum als wesentliche Grundlage für die Gestaltung der Informatiklehrpläne in den Bundesländern. Allerdings kam es hier zu sehr unterschiedlichen Formen der Implementierung von Informatikcurricula in den verschiedenen Schultypen und Jahrgangsstufen.

Die Empfehlungen für Informatikstandards orientieren sich dabei an dem NCTM-Kompetenzstrukturmodell (NCTM, 2000), das auch den Bildungsstandards der Mathematik in Deutschland zugrunde liegt. In den NCTM- und den GI-Empfehlungen werden Kompetenzen dabei im Sinne von Weinert (2001) als beobachtbare und von den Schülerinnen und Schülern ausführbare Handlungsdispositionen (Prozesse) angesehen, die sich im jeweiligen Inhaltsbereich kontextualisieren. Daher können die zu erwerbenden Kompetenzen jeweils als Ergebnis einer Kombination von Inhalts- und Prozessaspekten beschrieben werden. Die Bereiche sind dabei nicht trennscharf voneinander abzugrenzen. Dieses Konzept liegt allen GI-Empfehlungen und den meisten Informatiklehrplänen zugrunde und wurde jüngst auch als Empfehlung für den Bereich der frühkindlichen außerschulischen informatischen Bildung adaptiert (Bergner et al., 2018).

Gemäß den Empfehlungen ist es das übergeordnete Ziel des Informatikunterrichts, alle Schülerinnen und Schüler für ein Leben in einer digital geprägten Welt vorzubereiten. Dabei werden fünf Kompetenzbereiche unterschieden:

- Die Fähigkeit, das Verständnis für den grundlegenden Aufbau von Informatiksystemen und deren Funktionsweise zu vermitteln, um damit „einerseits deren zielgerichtete Anwendung bei der Lösung von Problemen, aber auch die leichte Erschließung anderer Systeme der gleichen Anwendung zu ermöglichen“.
- Die Fähigkeit, Daten, die von Informatiksystemen produziert sind, im Hinblick auf die darin enthaltene Information zu interpretieren.
- Die Fähigkeit, Information in festgelegter Art und Weise als Daten zu strukturieren, damit diese mittels Algorithmen bzw. in Form von Automaten unter Verwendung von Programmiersprachen von einem Informatiksystem verarbeitet werden können.
- Die Fähigkeit, Methoden der informatischen Modellierung zu kennen und sie exemplarisch für die Implementierung von Informatiksystemen zu nutzen.
- Die Fähigkeit, prinzipielle Möglichkeiten und potenziellen Gefahren und Risiken der Nutzung von Informatiksystemen in einem bestimmten Kontext zu erkennen und darauf sachgerecht zu reagieren.
- Die Fähigkeit, relevante Zusammenhänge zwischen Informatik, Mensch und Gesellschaft zu erkennen und auf der Basis von Sachkenntnis zu bewerten.

Als didaktisches Prinzip bei der Umsetzung dieser Ziele gilt: „Die schulische Auseinandersetzung mit dem Aufbau und der Funktionsweise von Informatiksystemen darf dabei aber nicht nur auf der Ebene der Benutzungsschnittstelle erfolgen, die sich bereits bei einer nächsten Produktversion oder bei Verwendung eines Produkts eines anderen Herstellers ändern kann.“ (vgl. GI, 2008, S. 11f).

Als relevante *Inhaltsbereiche* mit allgemeinbildendem Charakter benennen die Empfehlungen: ‚Information und Daten‘, ‚Algorithmen‘, ‚Sprachen und Automaten‘, ‚Informatiksysteme‘ sowie ‚Informatik, Mensch und Gesellschaft‘.

Als wesentliche *Prozessbereiche* mit Handlungen, die in diesen Inhaltsbereichen ausgeführt werden können, werden beschrieben: ‚Modellieren und Implementieren‘, ‚Begründen und Bewerten‘, ‚Strukturieren und Vernetzen‘, ‚Kommunizieren und Kooperieren‘, und ‚Darstellen und Interpretieren‘. Als weitere Prozessdimension wurde in jüngster Zeit u.a. im Hinblick auf internationale CSE-Ansätze die Kategorie ‚Interagieren und Explorieren‘ in die fachdidaktische Diskussion eingebracht (Bergner et al., 2018; C. Schulte et al., 2017).

Die auf diese Weise definierten themenbezogenen Handlungsfelder, in denen sich Kompetenzen verorten lassen, erfordern eine Priorisierung und Präzisierung im Hinblick auf die unterrichtliche Zielgruppe, da sie sich nicht in vollem Umfang in ein schulisches Informatikcurriculum integrieren lassen. Hier bedarf es letztlich erneut normativer Entscheidungen für eine am exemplarischen Prinzip (Wagenschein, 1962) orientierte Ausgestaltung der Curricula und des Offenlegens der Priorisierungskriterien (vgl. Bergner et al., 2018).

4. Perspektiven fachdidaktischer Forschung und Entwicklung

Wie in B.3 bereits dargestellt, hat sich die fachdidaktische Forschung zunächst auf die informatikdidaktische Theoriebildung konzentriert. In diesem Zusammenhang wurden die fachdidaktischen Konzepte in einem kritischen Diskurs weiterentwickelt, vorwiegend unter Beteiligung von Fachdidaktikern und Fachwissenschaftlern der Informatik, sowie partiell auch der Lern- und Kognitionspsychologie. Das diesen fachdidaktischen Ansätzen zugrundeliegende Forschungsformat kann als *theorieorientiert* und *vergleichend* beschrieben werden. Diese Konzepte wurden in Auseinandersetzung mit dem technologischen Fortschritt und damit einhergehenden Paradigmenwechseln in der Fachwissenschaft Informatik sowie aktuellen Tendenzen in anderen Fachdidaktiken - insbesondere im MINT-Bereich - entwickelt.

Eine wichtige Fragestellung war dabei auch, welchen Beitrag informatische Bildung für die Allgemeinbildung leisten kann. Ferner wurden auf theoretischer Ebene verschiedene Bildungskonzepte mit Bezug zur Informatik gegeneinander abgegrenzt, wie z. B. Informatische Bildung, Medienbildung, digitale Bildung, ‚ICT in Education‘, ‚Computer Literacy‘ (siehe dazu auch die Ausführungen zur Dagstuhl-Erklärung in Abschnitt C). Breit angelegte empirische Studien fanden in dieser Phase fachdidaktischer Forschung kaum statt. Die theorieorientierten Diskurse führten aber zur Generierung von Forschungshypothesen, z. B. über die Wirksamkeit spezifischer Vermittlungsmethoden und Lehr-Lernarrangements. Diese wurden dann teilweise mit kleineren empirischen Studien oder Erprobungen überprüft. Die Studien waren sowohl in Bezug auf den Umfang der Stichprobe als auch auf das empirische Methodensetting begrenzt. Hier sind vor allem erste Dissertationen im Bereich der fachdidaktischen Forschung der Informatik zu nennen, die sich mit der Wirksamkeit bestimmter Vermittlungsmethoden (z. B. Objects First Methode; Diethelm, 2007) oder der Organisation von Lehr-Lernprozessen im Informatik-Anfangsunterricht (Schulte, 2004) auseinandergesetzt haben. Auch andere fachdidaktische Dissertationen in der Informatik weisen ein empirisches Forschungsformat auf. In ihnen werden - oft in einem eng begrenzten

Setting - spezifische Hypothesen, die sich aus den o.g. fachdidaktischen Diskursen ergeben haben, überprüft (GI, 2018).

Hierbei kamen sowohl qualitative als auch quantitative empirische Forschungsmethoden mit einem in Bezug auf die Forschungsfrage gut begründeten Untersuchungsdesign zum Einsatz. Zunehmend erfolgen Studien auch im Mixed-Method-Design. Angewandte Methoden waren hier Leitfadeninterviews, Einsatz von Fragebögen, teilnehmende Unterrichtsbeobachtung und Analyse von Videomitschnitten des Unterrichts bzw. der Aufzeichnung von Bildschirmaktivitäten der Schülerinnen und Schüler (Keystroke-Records, Videographie).

Ein rein qualitatives Forschungsformat wandte Knobelsdorf (2011) bei der biographischen Analyse von Lern- und Bildungsprozessen von Informatik-StudienanfängerInnen an. Dabei standen Qualität und Quantität der Computernutzung im Fokus. Der in der Studie angewandte empirische Forschungsansatz orientierte sich an der erziehungswissenschaftlichen Biographieforschung und an Methoden der Grounded Theory (Strauss & Corbin, 1996).

Mit graphen-analytischen Methoden wurden in einer weiteren Studie die Wissensstrukturen und der Wissenserwerb von Informatikstudierenden untersucht. Dazu wurde die Veränderung von ‚Concepts-Maps‘, die die Studierenden im Verlaufe der Zeit zu einem Gegenstandsbereich gezeichnet hatten, im Hinblick auf die Strukturveränderung und den Differenzierungsgrad analysiert (Hubwieser & Mühling, 2011; Mühling, 2014). Eine umfangreichere quantitative Studie (N > 700), die auf einer breiteren Datenbasis mittels psychometrischer Messskalen und inferenzanalytischer Verfahren die Einschätzung von Schülern zur Praxis ihres Informatikunterrichts und ihre Einstellungen zur Informatik untersuchte, wurde von Schulte & Magenheimer (2005) vorgelegt.

Während die meisten der vorgenannten Studien mit Fördergeldern aus Haushaltsmitteln der jeweiligen Universität durchgeführt wurden, gelang es im Lauf der Zeit, DFG und BMBWF Fördermittel für die fachdidaktische Forschung in der Informatik einzuwerben. So wurden im Bereich der empirischen Kompetenzforschung die DFG-geförderten Forschungsprojekte MoKoM I und II zum informatischen Systemverständnis und zum informatischen Modellieren (iSiM) von den informatikdidaktischen Forschergruppen an den Universitäten Paderborn und Siegen durchgeführt (vgl. z. B. Magenheimer et al., 2010; Neugebauer et al., 2015).

Das Projekt verfolgte drei Zielsetzungen:

- (1) Theoriegeleitete und empirisch gestützte Entwicklung eines Kompetenzstrukturmodells
- (2) Entwicklung eines entsprechenden Kompetenzniveaumodells
- (3) Entwicklung von Instrumenten zur Kompetenzmessung zu iSiM,

Zur Entwicklung des Kompetenzstrukturmodells wurde auf normative Ansätze zu Modellierungskompetenzen in der Informatik zurückgegriffen, die sich in Empfehlungen zur Informatikausbildung an Hochschulen und fachdidaktischen Konzepten zur informatischen Bildung an Schulen identifizieren ließen. Nach diesen eher mit hermeneutischen Methoden gewonnenen Zwischenergebnissen wurden im Forschungsprojekt mit Hilfe eines an anforderungsanalytischen Methoden orientierten Verfahrens (Critical Incident Technik), das auf Experteninterviews beruhte, die zuvor aus normativen Setzungen hergeleiteten Kompetenzkategorien empirisch überprüft, ausdifferenziert, ergänzt und modifiziert. Auf diese Weise wurde ein differenzierteres Kompetenzstrukturmodell zu iSiM gewonnen.

Auf der Basis dieses Modells wurde in einem mehrstufigen quantitativen empirischen Verfahren mit einer umfangreicheren Datenerhebung ($N > 500$), ein Messinstrument zur Kompetenzmessung (Item-Response-Konzept, Rasch-Skalierung) in diesem Bereich entwickelt, das später auch zur Messung von Kompetenzerwerb in anderen Informatik-Projekten eingesetzt wurde (Krämer et al., 2014).

Bei der Testentwicklung wurden in erster Linie „szenariobasierte Testitems“ in Anlehnung an „Situational Judgement Tests“ (Weekly & Polyhart, 2006) entwickelt, die auf komplexen handlungsorientierten sowie repräsentativen Aufgabenstellungen der Unterrichtsdomäne beruhen. Außerdem wurden Erfahrungen zur Testentwicklung bei großen Schulleistungsstudien (z. B. TMMS oder PISA) sowie eigenen Testkonstruktionen (Schaper et al., 2008) berücksichtigt.

Forschungsergebnisse aus diesen Projekten wurden kontinuierlich in den peer-reviewten Proceedings einschlägiger Fachkonferenzen der ACM, IEEE und IFIP publiziert. Die Teilnahme an diesen Konferenzen führte auch zu einem regen internationalen Austausch über aktuelle Fragen der Forschung und der Curriculum-Entwicklung auf dem Gebiet von Computer Science Education.

Aktuell werden BMBF-Forschungsprojekte mit Bezügen zu schulischem und außerschulischem informatischen Lernen durchgeführt. Zu dieser Gruppe von Projekten gehören beispielsweise das Projekt MLS (Mobile Learning Smart Factories; vgl. u.a. Wilke und Magenheimer (2017)) und das Projekt Smile (2017), die sehr unterschiedliche Zielsetzungen verfolgen. Im Projekt MLS geht es um die Entwicklung einer arbeitsplatzintegrierten mobilen Lern- und Arbeitsapplikation für Tablets und Webbrowser. Dazu sollen arbeitsplatzintegrierte Lernszenarien sowie ein Workshopkonzept für Ausbilder/innen entwickelt und umgesetzt, sowie das Gesamtprojekt formativ und summativ evaluiert werden. Im Projekt ‚Smile‘ sollen

„Smarte Umgebungen“ entwickelt werden, die besonders Mädchen und junge Frauen einen zielgruppengerechten Zugang zu Informatikthemen eröffnen.

Aber auch hochschuldidaktisch ausgerichtete Projekte besitzen in der Informatikdidaktik gegenwärtig besondere Bedeutung. Zu nennen sind hier vor allem vier Projekte: KETTI (Kompetenzerwerb von Tutorinnen und Tutoren in der Informatik; vgl. Danielsiek et al., 2011), KUI (Kompetenzen für das Unterrichten in Informatik, vgl. u.a. Bender et al., 2015), MuSoFT (Multimedia in der Softwaretechnik; Magenheimer und Scheel, 2004) sowie SIMBA (Schlüsselkonzepte der Informatik in verteilten multimedialen Bausteinen unter besonderer Berücksichtigung spezifischer Lerninteressen von Frauen; Schubert, 2004). Die Projekte KETTI und KUI haben die Verbesserung der Informatiklehre an der Hochschule und Schule zum Ziel. In KETTI sollen TutorInnen in der Informatik in die Lage versetzt werden, kognitive Aktivitäten der Studierenden anzuregen und selbstständiges Lernen zu fördern. Dazu soll auf der Grundlage empirischer Untersuchungen ein spezielles Kompetenzmodell samt Messinstrument entwickelt und die Ausbildung der TutorInnen darauf abgestimmt werden. KUI hat bei ähnlicher Zielsetzung als Zielgruppe die Lehramtsstudierenden im Fokus. In den Projekten MuSoFT und SIMBA wurden aus fachdidaktischer Perspektive digitale Lehrmaterialien für die universitäre Lehre in den Bereichen Softwaretechnik, Kontextuelle Informatik, Computergrafik und Lehramtsausbildung entwickelt und evaluiert.

C. Lernen und Forschung über das Fach hinaus

5. Inhalte überfachlich verknüpfen und fachliche Kompetenzen verallgemeinern

„Informatik ist eine Basis- und Querschnittsdisziplin, die ihre Grundlagen aus der Mathematik und den Ingenieurwissenschaften bezieht und in alle Lebens- und Anwendungsbereiche wirkt“ (GI, 2006). Als grundlegende Wissenschaft der Digitalisierung liefert sie verschiedene Konzepte, Modelle und Methoden zum Verständnis und zum effektiven sowie effizienten Umgang mit digitaler Medien, weshalb informatische Bildung zunehmend als wichtige Grundlage für die Umsetzung der Digitalisierungsstrategien im Bildungsbereich gesehen wird (vgl. bspw. Breier, 2004; Gander et al., 2013; Romeike, 2017).

Döbeli Honegger (2016) beschreibt verschiedene Argumente, wie überfachliches Lernen durch Informatikkompetenz unterstützt werden kann. So bietet Informatik zahlreiche Methoden und damit verbundene Werkzeuge, um Sachverhalte virtuell mit Computern zu simulieren oder in der realen Welt mit Sensoren und Aktoren zu steuern, wobei viel über Mathematik, Geometrie, Physik oder Volkswirtschaft gelernt werden kann (Konstruktionsargument). Mit der Methode

der Simulation hat die Informatik ein drittes Standbein in den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess gebracht. Dabei ist Simulation trotz ihrer enormen Bedeutung in der Wissenschaft in den allgemeinbildenden Schulen bisher kaum wahrgenommen worden. Zukünftig könnte sie aber eine ähnliche Bedeutung erlangen wie bspw. die Methode des Experiments (Wissenschaftsargument). Betrachtet man jüngere Entwicklungen - bspw. die künstliche Intelligenz oder autonom fahrende Autos - zeigt sich, dass die Produkte der Informatik auch Anlass bieten, über verschiedene wichtige Konzepte unseres Lebens selbst nachzudenken (Denkobjektargument) – im Horizont von Fragen wie: Was ist Intelligenz? Woran erkennt man Kreativität? Was ist der eigene Wille und welche Bedeutung hat er? Vor dem Hintergrund, menschliche Verhaltensweisen simulieren und imitieren zu können, werden solche philosophischen Überlegungen und Diskussionen angeregt. Darüber hinaus werden auch Aspekte des Rechts, der Ethik oder der Ökonomie berührt. Durch die zunehmende Durchdringung der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler mit digitalen Medien werden sie in wohl jedem Unterrichtsfach (und darüber hinaus) mit Phänomenen konfrontiert, die durch Informatik oder Informatiksysteme geprägt sind. Ohne ein Verständnis der zugrundeliegenden informatischen Konzepte ist es heute nicht mehr möglich, zentrale Gegenstände der Berufs- und Lebenswelt sachgemäß zu erfassen, zu hinterfragen oder mitzugestalten. Um Schülerinnen und Schüler auf ein mündiges Leben vorzubereiten, was eine zentrale Aufgabe der allgemeinbildenden Schule darstellt, reicht es nicht aus, die digitalen Medien nur zu nutzen, sondern es müssen auch die dahinter stehenden Mechanismen in den Blick genommen werden (Mündigkeitsargument).

Grundsätzlich leistet jedes Schulfach einen Beitrag zum fächerübergreifenden Lernen. Schubert und Schwill (2011) verdeutlichen, dass das Schulfach Informatik dennoch eine Sonderstellung einnimmt, die auf drei Gründe zurückzuführen ist. Der erste, oben bereits ausgeführte Grund liegt in der zunehmenden „Informatisierung“ aller Fachgebiete und aller Unterrichtsfächer. Der zweite Grund liegt in der zentralen Stellung von Anwendungsaufgaben im Informatikunterricht und deren Doppelfunktion, bei welcher im Idealfall Kompetenzen beider Fächer erworben werden (vgl. Becker, 1986). Insbesondere im Kontext des Programmierenlernens wurden meist Aufgaben aus dem Mathematikunterricht gewählt, die zwar wohl definiert und damit relativ einfach umsetzbar waren, aber wichtige informatische Modellierungsaspekte und fachliche Herausforderungen verhinderten (vgl. Romeike, 2008b). Da die Schülerinnen und Schüler noch nicht die fachlichen Voraussetzungen besitzen, tatsächlich informatische Probleme lösen zu können, werden regelmäßig Problemstellungen aus anderen Unterrichtsfächern herangezogen. Mit der Entwicklung des Informatik-im-Kontext-Ansatzes (vgl. Koubek et al., 2009) wurde

dieses Vorgehen weiter fachdidaktisch fundiert und ausgebaut. Strecker (2013) stellt bspw. verschiedene Unterrichtssequenzen für die Sekundarstufe I vor, die unter dem Oberbegriff „Informatik hilft!“ an einem sozialen Kontext ausgerichtet sind und anhand verschiedener Themen aus dem Bereich der Medizin die Unterrichtsinhalte prägen. Der dritte Grund nach Schwill hat seine Wurzeln im „Scheitern der Informationstechnischen Grundbildung (ITG)“. Ziel des 1984 durch die Bund-Länder-Kommission verabschiedeten Rahmenkonzeptes war es, ausschließlich über fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen einen Beitrag zur informatischen Bildung zu leisten, ohne dafür ein eigenes Fach vorzusehen. ITG scheiterte, da gegenüber dem Benutzen von Computern die informatischen Lernziele nicht deutlich wurden und den Fachlehrern letztlich die informatischen und informatikdidaktischen Kompetenzen fehlten.

6. Informatikdidaktische Forschung vernetzen

Die fachdidaktische Forschung der Informatik war und ist, oft in Kooperation mit der Fachwissenschaft Informatik, auch an einer Reihe von BMBF-Projekten beteiligt. Diese besitzen in der Regel ein stärker praxisorientiertes Forschungsformat, das im Sinne von R&D (Research and Development) die praktische Implementierung neuer Lehr-Lern-Konzepte bzw. didaktischer Medien zum Ziel hat. Neben der praxisorientierten Entwicklung derartiger Konzepte bzw. Medien findet in diesen Projekten empirische Forschung meist in Form einer formativen Evaluation im Sinne von intervenierender Begleitforschung und weniger als summative Evaluation statt. Die Projekte weisen neben einem Bezug zum Informatikunterricht an allgemeinbildenden oder beruflichen Schulen, bzw. zur außerschulischen informatischen Bildung, z. T. auch eine hochschuldidaktische Perspektive mit Bezug zum E-Learning auf oder sind als interdisziplinäre Kooperationsprojekte mit anderen Fachwissenschaften angelegt. Neben den bereits in Kapitel 4 genannten schulbezogenen und hochschuldidaktischen Projekten sind hier vor allem die folgenden interdisziplinären Projekte mit Beteiligung der Informatikdidaktik zu nennen: Das Projekt MeCoPflege (Mediencoaches für das Berufsfeld Pflege; vgl. z. B. Kamin et al., 2016) hat das Ziel, in Kooperation mit der Medienwissenschaft, der Pflegewissenschaft, der Medizin und unterschiedlichen Praxiseinrichtungen der Pflege, das Pflegepersonal fachlich und kompetenzorientiert dabei zu unterstützen, digitale Lernangebote für die kontinuierliche Verbesserung der Pflege zu nutzen und damit Professionalisierungsbestrebungen in dem Berufsfeld zu fördern. In TABULA (Lernen begreifbar machen; vgl. TABULA, 2017) soll das Erlernen von Informatikkonzepten in anschaulicher Weise erfolgen. Dabei wird eine Kombination aus zwei innovativen

Hardwarekomponenten - ‚Multitouch-Tische‘ und ‚Tangibles‘ - als Lernmedium verwendet. Primäre Zielgruppe ist die praxisorientierte Informatik-Hochschulausbildung, daneben auch die Informatik in der gymnasialen Oberstufe sowie die berufliche und betriebliche Bildung.

Nicht nur im Zusammenhang mit BMBF-Projekten hat die informatikdidaktische Forschung sich stets auch interdisziplinär orientiert und auf diese Weise z. B. Beiträge zur Entwicklung der Didaktik des E-Learnings und der Entwicklung von E-Learning Tools geleistet. Beispiele hierfür sind die Entwicklung eines Class-Room-Response Systems (Zoyke et al., 2017) oder die Entwicklung eines Multimedia-Werkzeugs zur multiperspektivischen Analyse von Unterrichtsinteraktionen (Engbring et al., 2010).

Auch Beiträge zur Entwicklung von Medientheorien wurden aus der Didaktik der Informatik als Teilprojektpartner im Kulturwissenschaftlichen Forschungskolleg ‚Medienbrüche‘ (DFG-SFB / FK 615) geleistet. Dabei sollten mediale Einschnitte und Übergänge im Hinblick auf ihre diskontinuierlichen, strukturellen Veränderungen innerhalb der Mediengeschichte untersucht werden (Medienbrüche, 2017).

Die Forschungsbeteiligung der Informatikdidaktik an fachwissenschaftlichen und interdisziplinären Forschungsformaten hat mittlerweile auch dazu geführt, dass bei der Entwicklung von hochschuldidaktischen Konzepten in der Informatiklehre und bei der Konzipierung von Empfehlungen zur Gestaltung der fachwissenschaftlichen Bachelor- und Masterstudiengänge des Faches Informatik Vertreterinnen und Vertreter der Fachdidaktik beteiligt sind (GI, 2017).

Eine besondere Rolle stellt das Verhältnis zur Medienbildung dar. Keil (2012) charakterisiert den Computer als „besonderes“ und persönliches Medium, das als „Denkzeug“ bezeichnet werden kann. Das spezielle an einem Denkzeug ist, dass es als interaktives Medium Rückmeldung und somit Differenzerfahrung ermöglicht, um „Vorgestelltes und Tatsächliches in Beziehung zu setzen und damit zwischen Illusion und Wirklichkeit zu unterscheiden“ (ebd., S. 149). Dies stellt letztlich eine Grundvoraussetzung für Lernen dar und erlaubt es, basierend auf sinnlich vermittelten Rückmeldungen Fehler und falsche Annahmen zu korrigieren. Bereits Papert (1982) führte mit seiner Lerntheorie des Konstruktivismus aus, dass mit Hilfe von Computern ein besonderes Lernen ermöglicht wird, bei welchem das Erschaffen persönlich bedeutungsvoller Artefakte und das Reflektieren über Produkt und Gestaltungsprozess zentral sind. Grundlegend hierfür sind Programmierfertigkeiten wie auch informatische Gestaltungskompetenzen. Aufbauend auf diesen Ideen hat in vielen Schulen inzwischen die Programmierumgebung ‚Scratch‘ Verbreitung gefunden, die von seinen Entwicklern als „medium for creative expression“ gedacht ist (Resnick, 2007).

Aktuelle Ansätze bemühen sich darum, die Ansätze und Ziele informatischer Bildung und Medienbildung gemeinsam zu diskutieren und in Bildungsprozessen fruchtbar aufeinander zu beziehen. Auf diese Weise sollen kontextlose innertechnische Technikeinführungen ebenso vermieden werden wie Bedienerschulungen, die sich im Wesentlichen auf die gegebenen Nutzungsmöglichkeiten von Bedienoberflächen digitaler Systeme beschränken. Überdies soll die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive deutlich gemacht werden: Die Dagstuhl-Erklärung (Brinda et al., 2016), eine gemeinsame Erklärung von Vertretern der Informatikdidaktik, der Informatik, der Medienbildung, der Medienwissenschaften und der Politik, beschreibt drei gleichberechtigte und ineinandergreifende Erkenntnisperspektiven auf die „digitale Welt“, zu denen interdisziplinär alle Disziplinen beitragen können: die technologische Perspektive (Wie funktioniert das?), die Anwendungsperspektive (Wie nutze ich das?) sowie die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive (Wie wirkt das?). In diesem Handlungsfeld entwickeln sich nun auch kooperative Forschungsprojekte.

Ausblick

Mit der zunehmenden Etablierung des Informatikunterrichts in Deutschland – aber auch weltweit – bleibt es eine Herausforderung informatikdidaktischer Forschung, die gesellschaftlichen Entwicklungen basierend auf soliden Forschungserkenntnissen zu begleiten und voranzutreiben. Hierzu wäre es wünschenswert und hilfreich, wenn die Debatte um die Legitimation des Schulfachs aufgrund verbindlicher politischer Maßnahmen beendet und die Sicherstellung informatischer Bildung für alle Schülerinnen und Schüler durch die Einführung eines eigenen Faches erfolgen würde. Dann könnte die relativ junge und erst an wenigen Universitäten vertretene Wissenschaft der Didaktik der Informatik sich sowohl ihrer Grundlagenforschung als auch der empirisch abgesicherten Ausgestaltung informatischer Bildung zuwenden. Eine verstärkte Zusammenarbeit mit anderen Fächern ist bereits erkennbar. Zunehmend wird die Forschung auch international verschränkt. Mit seiner im internationalen Vergleich langen, immerhin einige Jahrzehnte umfassenden Historie fachspezifischer didaktischer Forschung kommt der deutschen Informatikdidaktik eine Führungsrolle zu, wie die ehemals nationale Tagung der Fachgruppe DDI der Gesellschaft für Informatik zeigt, die sich seit 2012 zu einer der wichtigsten internationalen Tagungen zur Informatikdidaktik entwickelt hat (WiPSCE, 2018). Andere Forschungsfelder - bspw. Informatikunterricht in der Grundschule, der sich international zunehmend etabliert - sind noch weitgehend unerschlossen und beinhalten bedeutsames Forschungspotenzial.

Literatur

- ACM (2003). A Model Curriculum for K–12 Computer Science. URL: <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/k12final1022.pdf>
- ACM (2004). *Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering*.
- Arlt, W., & Koerber, B. (1981). Ziele und Inhalte des Informatikunterrichts. In W. Arlt (Ed.), *Informatik als Schulfach. Didaktische Handreichungen für das Schulfach Informatik* (pp. 18-27). München: Oldenburg R. Verlag.
- Barefoot (2017). Computational Thinking. URL: <https://barefootcas.org.uk/barefoot-primary-computing-resources/concepts/computational-thinking/>
- Baumann, R. (1993). Ziele und Inhalte des Informatikunterrichts. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 25(1).
- Becker, K.-H. (1986). Informatikunterricht einmal anders gesehen. *Praxis der Mathematik*, 28(5), 281-288.
- Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., & Grimley, M. (2009). Computer science unplugged: School students doing real computing without computers. *The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology*, 13(1), 20-29.
- Bender, E., Hubwieser, P., Schaper, N., Margaritis, M., Berges, M., Ohrndorf, L., Magenheimer, J., & Schubert, S. (2015). Towards a Competency Model for Teaching Computer Science. *Peabody Journal of Education*, 90(4), 519-532.
- Bergner, N., Köster, H., Magenheimer, J., Müller, K., Romeike, R., Schulte, C., & Schroeder, U. (2018). *Frühe informatische Bildung - Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*. Berlin: Haus der kleinen Forscher.
- Brandhofer, G. (2014). Ein Gegenstand „Digitale Medienbildung und Informatik“ – notwendige Bedingung für digitale Kompetenz? *R&E-SOURCE*(1).
- Brauer, W., & Brauer, U. (1973). Informatik an der Schule – weshalb und wie? In 4. Paderborner Werkstattgespräch 1972. Forschungs- und Entwicklungszentrum für objektive Lehr- und Lernverfahren. Schöning, Paderborn, 34-35.
- Breier, N. (2004). Stand und Perspektive der informatischen Bildung. 1. Fachtagung der GI-Fachgruppe Hamburger Informatiklehrerinnen und -lehrer.
- Brinda, T. (2004). *Didaktisches System für objektorientiertes Modellieren im Informatikunterricht der Sekundarstufe II*. (PhD Thesis), Universität Siegen,
- Brinda, T., Diethelm, I., Gemulla, R., Romeike, R., Schöning, J., & Schulte, C. (2016). Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digitalen vernetzten Welt. URL: <https://www.gi.de/aktuelles/meldungen/detailansicht/article/dagstuhl-erklaerung-bildung-in-der-digitalen-vernetzten-welt.html>
- Bruderer, H. (2015). *Meilensteine der Rechentechnik: zur Geschichte der Mathematik und der Informatik*: Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Bussmann, H., & Heymann, H. W. (1987). Computer und Allgemeinbildung. *Neue Sammlung. Vierteljahreszeitschrift für Erziehung und Gesellschaft*, 27(1), 2-39.
- Claus, V., & Schwill, A. (2006). *Duden Informatik A - Z: Fachlexikon für Studium, Ausbildung und Beruf* (V. Claus & A. Schwill Eds. 4. Aufl., [Taschenbuchausg.] ed.). Mannheim: Dudenverl.
- Coy, W. (2001). Was ist Informatik? In J. Desel (Ed.), *Das ist Informatik*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Coy, W. (2008). Kulturen – nicht betreten? Anmerkungen zur "Kulturtechnik Informatik". *Informatik Spektrum*, 31, 30-34.
- CSTA (2011). CSTA K-12 Science Standards. URL: <http://csta.hosting.acm.org/csta/csta/Curriculum/sub/K12Standards.html>
- Danielsiek, H., Vahrenhold, J., Hubwieser, P., Krugel, J., Magenheimer, J., Ohrndorf, L., Ossenschmidt, D., & Schaper, N. (2017). Undergraduate teaching assistants in Computer science: Teaching-related beliefs, tasks, and competences. *IEEE*, 718-725.
- Denning, P. J. (2004). Great Principles in Computing Curricula. In SIGCSE 2004. Norfolk, Virginia, USA: ACM.
- Diethelm, I. (2007). *Strictly models and objects first, Unterrichtskonzept und -methodik für objektorientierte Modellierung im Informatikunterricht*. (PhD Thesis), Kassel,
- Diethelm, I., Dörge, C., Dünnebier, M., & Mesaros, A. M. (2011). Die Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht. In 14. GI-Fachtagung Informatik und Schule (pp. 77-86). Bonn.
- Döbeli Honegger, B. (2016). *Mehr als 0 und 1 Schule in einer digitalisierten Welt*. Bern: hep-Verlag.
- Engbring, D. (2003). *Informatik im Herstellungs- und Nutzungskontext*. (PhD Thesis), Universität Paderborn, Paderborn.
- Engbring, D., Reinhardt, W., Magenheimer, J., Moi, M., & Maicher, J. (2010). Anwendungsszenarien für ein Werkzeug zur Video-Annotation in der universitären Lehre. In M. Kerres, N. Ojstersek, U. Schroeder, & U. Hoppe (Eds.), *DeLFI 2010 - 8. Tagung der Fachgruppe E-Learning der Gesellschaft für Informatik e.V* (pp. 133-144). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Forneck, H. J. (1990). Entwicklungstendenzen und Problemlinien der Didaktik der Informatik. In G. Cyranek & et al. (Eds.), *Beiträge zur Didaktik der Informatik, Aarau* (pp. 18-53). Frankfurt a. M.: Diesterweg/Sauerländer.
- Frank, H. G., & Meyer, I. (1974). Rechnerkunde: Elemente der digitalen Nachrichtenverarbeitung und ihrer Fachdidaktik. In H. Frank & B. S. Meder (Eds.), *Kybernetische Pädagogik Schriften 1958-1972* (Vol. Kybernetische Pädagogik). Stuttgart: Kohlhammer.

- Gander, W., Petit, A., Berry, G., Demo, B., Vahrenhold, J., McGettrick, A., Boyle, R., Mendelson, A., Stephenson, C., & Ghezzi, C. (2013). Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat. *Report of the joint Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education*. URL: <http://europe.acm.org/iereport/informatics.html>
- GI (Gesellschaft für Informatik) (2000). Empfehlungen für ein Gesamtkonzept der informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen.
- GI (Gesellschaft für Informatik) (2006). Was ist Informatik? Unser Positionspapier. URL: <https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/was-ist-informatik-lang.pdf>
- GI (Gesellschaft für Informatik) (2008). Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. URL: <http://www.informatikstandards.de>
- GI (Gesellschaft für Informatik) (2016). Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II, Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V. erarbeitet vom Arbeitskreis »Bildungsstandards SII«. URL: http://www.informatikstandards.de/docs/Bildungsstandards_SII.pdf
- GI (Gesellschaft für Informatik) (2017). Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen. URL: https://www.ft-informatik.de/fileadmin/user_upload/PDF/FTI-SK/2016GI_Empfehlung_BSC_MSC.pdf
- GI (Gesellschaft für Informatik) (2018). Dissertationen: Fachdidaktische Dissertationen im Fach Informatik. URL: <https://wiki.informatikdidaktik.de/index.php?title=Kategorie:Dissertationen>
- Grillenberger, A., & Romeike, R. (2017). Empirische Ermittlung der Schlüsselkonzepte des Fachgebiets Datenmanagement. In I. Diethelm (Ed.), *INFOS 2017 - 17. GI-Fachtagung Informatik und Schule, Oldenburg* (Vol. Lectures Notes in Informatics Bd. P, pp. 157-166). Bonn: Köllen Druck + Verlag.
- Hubwieser, P. (2007). *Didaktik der Informatik: Grundlagen, Konzepte, Beispiele* (3., überarbeitete und erweiterte Auflage ed.). Berlin Heidelberg: Springer.
- Hubwieser, P., & Broy, M. (1997). Grundlegende Konzepte von Informations- und Kommunikationssystemen für den Informatikunterricht. In H. U. Hoppe & W. Luther (Eds.), *Informatik und Lernen in der Informationsgesellschaft. Informatik aktuell.*: Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hubwieser, P., & Mühling, A. (2011). "What Students (Should) Know About Object Oriented Programming,". In *Seventh International Workshop on Computing Education Research* (Vol. ACM, pp. 77-84).
- Humbert, L., & Puhlmann, H. (2004). Essential ingredients of literacy in informatics. In *Informatics and Student Assessment. Concepts of emirical research and standardisation of measurement in the area of didactics* (Vol. 1, pp. 65-76).
- Kamin, A. M., Greiner, A. D., Darmann-Finck, I., & Meister, D. M. (2016). *MeCoPflege im Detail – Qualifizierung. Lernplattform. Medienpoints* (A. M. Kamin, A. D. Greiner, I. Darmann-Finck, & D. M. Meister Eds.). Paderborn: IN VIA Verlag.

- Kastl, P., & Romeike, R. (2015). Entwicklung eines agilen Frameworks für Projektunterricht mit Design-Based Research. In J. Gallenbacher (Ed.), 16. GI-Fachtagung Informatik und Schule, Darmstadt (pp. 201-210). Bonn: Köllen Druck + Verlag.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(3), 3-18.
- Keil, R. (2012). Der Computer als Medium - Medien als Denkzeug des Geistes. In A. Knaut, C. Kühne, R. Rehak, S. Ullrich, C. Kurz, & J. Pohle (Eds.), *Per Anhalter durch die Turing-Galaxis* (pp. 147-219). Münster: Verl.-Haus Monsenstein und Vannerdat.
- Keil-Slawik, R., & Magenheimer, J. (2001). *Informatikunterricht und Medienbildung* (Vol. P-8): Koellen, Bonn.
- Klafki, W. (1996). Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. Im Zentrum: Epochaltypische Schlüsselprobleme. In W. Klafki (Ed.), *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik* (5 ed., pp. 43-81). Weinheim: Beltz.
- Knobelsdorf, M. (2011). *Biographische Lern- und Bildungsprozesse im Handlungskontext der Computernutzung*. (PhD Thesis), Freie Universität Berlin, Berlin.
- Koerber, B., & Peters, I. R. (1993). Planungsstrukturen bei größeren Unterrichtsvorhaben – Theorie und Praxis der Planung informatischer Bildungsprozesse bei komplexen Problemlösungen. *LOGIN*, 13(6), 19-25.
- Koubek, J., Schulte, C., Schulze, P., & Witten, H. (2009). Informatik im Kontext (IniK)-Ein integratives Unterrichtskonzept für den Informatikunterricht. Inpp. 268-279).
- Krämer, B., Gotthardt, K., Magenheimer, J., & Neugebauer, J. (2014). On Benefits of Interactive Online Learning in Higher Distance Education: Repeating a Learning Analytics Project in the Context of Programming Education. *International Journal on Advances in Life Sciences*, 12(6), 3&4.
- Krohn, W. (1992). Zum historischen Verständnis der Technik. In G. Hurrle (Ed.), *Technik – Kultur –Arbeit* (pp. 27-34). Marburg: Schüren.
- Magenheimer, J. (2008). Systemorientierte Didaktik der Informatik Sozio-technische Informatiksysteme als Unterrichtsgegenstand? In U. Kortenkamp, H. G. Weigand, & T. Weth (Eds.),pp. 17-36). Hildesheim: Franzbecker.
- Magenheimer, J., Nelles, W., Rhode, T., Schaper, N., Schubert, N., & Stechert, P. (2010). Competencies for informatics systems and modeling: Results of qualitative content analysis of expert interviews. Inpp. 513-521). Madrid, Spain: IEEE.
- Magenheimer, J., & Scheel, W. (2004). Der MuSoft Abschlussbericht; LE 1.3 Softwareengineering in der Informatiklehrausbildung; LE 2.4 Dekonstruktion von Softwaresystemen. *Abschlussbericht des Projektes "Multimedia in der Software Technik*, 45-67.
- Magenheimer, J., & Schulte, C. (2006). *Social, ethical and technical issues in informatics—an integrated approach* (Vol. 11): Springer.

- Medienbrüche (2017). Schriftenreihe des DFG-SFB/FK. URL: <http://www.fk615.uni-siegen.de/de/pubschriftenreihe.php>
- Mittermeir, R. (2010). Informatikunterricht zur Vermittlung allgemeiner Bildungswerte. In *25 Jahre Schulinformatik: Zukunft mit Herkunft* (Vol. 271, pp. 54-73). Wien: Österr. Computer-Ges.
- Modrow, E. (2010). Informatik als technisches Fach. *LOG IN*(163/164), 38-42.
- Mühling, A. (2014). *Investigating Knowledge Structures in Computer Science Education*. (PhD), TU München, München.
- Mulder, F., & van Weert, T. (2000). IFIP/UNESCO's informatics curriculum framework 2000 for higher education. *ACM SIGCSE Bulletin archive*, 33(4), 75-83.
- NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) (2000). Principles and Standards for School Mathematics. In.
- Neugebauer, J., Magenheim, J., Ohrndorf, L., Schaper, N., & Schubert, S. (2015). Defining Proficiency Levels of High School Students in Computer Science by an Empirical Task Analysis Results of the MoKoM Project. In A. Brodnik & J. Vahrenhold (Eds.), *Informatics in Schools. Curricula, Competences, and Competitions* (Vol. 9378, pp. 45-56): Cham: Springer International Publishing.
- Nievergelt, J. (1993). Was ist Informatik-Didaktik? *Informatik-Spektrum*, 16, 3-10.
- Papert, S. (1982). *Mindstorms: Kinder, Computer und Neues Lernen*. Basel: Birkhäuser Verlag.
- Przybylla, M., & Romeike, R. (2014). Physical computing in computer science education. In C. Schulte, M. Caspersen, & J. Gal-Ezer (Eds.), *WiPSCE 2014* (pp. 136-137). Berlin: ACM, New York, USA.
- Rechenberg, P. (2000). *Was ist Informatik? Eine allgemeinverständliche Einführung* (3. überarbeitete und Auflage ed.). München: Hanser.
- Rechenberg, P. (2010). Was ist Informatik? In *25 Jahre Schulinformatik - Zukunft mit Herkunft* (pp. 46-53): Österr. Computer Ges.
- Resnick, M. (2007). Sowing the Seeds for a More Creative Society. In).
- Robinson, S. B. (1967). *Bildungsreform als Revision des Curriculum*. Neuwied.
- Romeike, R. (2008a). *Kreativität im Informatikunterricht*. (Dissertation), Universität Potsdam, Potsdam.
- Romeike, R. (2008b). Where's my Challenge? The Forgotten Part of Problem Solving in Computer Science Education. In 3rd ISSEP Intern. Conf. on Informatics in Secondary Schools - Evolution and perspectives. Torun, Polen.
- Romeike, R. (2017). Wie informatische Bildung hilft, die digitale Gesellschaft zu verstehen und mitzugestalten. In S. Eder, C. Mikat, & A. Tillmann (Eds.), *Software takes command*.

Herausforderungen der „Datafizierung“ für die Medienpädagogik (pp. 105-118). München: kopaed.

- Schaper, N., Ulbricht, T., & Hochholdinger, S. (2008). Zusammenhang von Anforderungsmerkmalen und Schwierigkeitsparametern der P-TEDS-Items. In S. Blömeke, G. Kaiser, & R. Lehmann (Eds.), *Kompetenzmessung bei angehenden Lehrerinnen und Lehrern. Ergebnisse einer empirischen Studie zum professionellen Wissen, zu den Überzeugungen und zu den Lerngelegenheiten von Mathematik-Studierenden und -Referendaren*. Münster: Waxmann.
- Schubert, S. (2004). *Abschlussbericht zum BMBF-Projekt Simba - Schlüsselkonzepte der Informatik in multimedialen Bausteinen unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Lerninteressen von Frauen*. Retrieved from
- Schubert, S., & Schwill, A. (2011). *Didaktik der Informatik*: Spektrum Akademischer Verlag.
- Schulte, C. (2004). *Lehr-Lernprozesse im Informatik-Anfangsunterricht - Theoriegeleitete Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zur Objektorientierung in der Sekundarstufe II*. (Dissertation), Universität Paderborn, Paderborn.
- Schulte, C. (2009). Dualitätsrekonstruktion als Hilfsmittel zur Entwicklung und Planung von Informatikunterricht. In *Informatik braucht Herkunft: 25 Jahre "INFOS - Informatik und Schule"*: Koellen, Bonn.
- Schulte, C., Magenheimer, J., Müller, K., & Budde, L. (2017). The design and exploration cycle as research and development framework in computing education. In *EDUCON 2017* (pp. 867-876). Athens, Greece: IEEE.
- Schwill, A. (1993). Fundamentale Ideen der Informatik. *Zentralblatt für Didaktik der Informatik*, 93(1), 30ff.
- Smile (2017). Das Projekt "smile" - Mädchen lernen Informatik. *smile-smart-it*. URL: <https://www.smile-smart-it.de/index.php/projekt/>
- Starruß, I. (2010). Synopse zum Informatikunterricht in Deutschland. Analyse der informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen auf der Basis der im Jahr 2010 gültigen Lehrpläne und Richtlinien.
- Stechert, P. (2009). *Fachdidaktische Diskussion von Informatiksystemen und der Kompetenzentwicklung im Informatikunterricht*. (Dissertation), Universität Siegen, Fachbereich 12 - Elektrotechnik und Informatik, Siegen.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1996). *Grounded Theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.
- Strecker, K. (2009). *Informatik für Alle - wie viel Programmierung braucht der Mensch?* (Dissertation), Universität Göttingen, Göttingen. Retrieved from <https://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-0006-B3C8-0>
- Strecker, K. (2013). Medizinische Informatik in der Sek 1. In *INFOS 2013: Informatik erweitert Horizonte -- 15. GI-Fachtagung Informatik und Schule* (Vol. P-219, pp. 25-34). Bonn.

- TABULA (2017). TABULA. *Lehr- und Forschungsgebiet Informatik 9 - Lerntechnologien*. URL: <http://learntech.rwth-aachen.de/go/id/ltmn>
- Tedre, M. (2014). *The Science of Computing: Shaping a Discipline*. Boca Raton, FL, USA: Chapman & Hall/CRC Press.
- The Royal Society (2012). Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools. URL: <https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>
- Thomas, M. (2002). *Informatische Modellbildung – Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht*. (Dissertationsmanuskript), Universität Potsdam, Potsdam.
- Voss, S. (2006). *Modellierung von Standardsoftwaresystemen aus didaktischer Sicht*. (Dissertation), TU München, München.
- Wagenschein, M. (1962). Pädagogische Aufsätze zum mathematischen Unterricht. In E. Löffler (Ed.), *Der Mathematikunterricht*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Weekly, J. A., & Polyhart, R. E. (2006). *Situational Judgment Tests: Theory, Measurement, and Application*. London: Mawah (N. J.).
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Ed.), *Leistungsmessungen in Schulen* (pp. 17-31). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Wilke, A., & Magenheim, J. (2017). Requirements analysis for the design of workplace-integrated learning scenarios with mobile devices: Mapping the territory for learning in Industry 4.0. In EDUCON 2017 (pp. 476-485). Athens, Greece: IEEE.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49, 33-35.
- WiPSCE (2018). Workshop in Primary and Secondary Computing Education. URL: <http://wipsce.org>
- Zoyke, A., Beutner, M., Herrmann, P., Kundisch, D., Magenheim, J., & Neugebauer, J. (2017). Webbasierte Classroom Response Systeme in der Hochschullehre: Eine designbasierte Fallstudie zur Unterstützung von Lehr-/Lernprozessen aus Studierendensicht. *Das Hochschulwesen*, 65(1+2), 48-52.