

DoInG – Informatisches Denken und Handeln in der Grundschule

Philipp Straube*, Nadia Madany Mamlouk*, Hilde Köster*,
Volkhard Nordmeier[†], Claudia Müller-Birn[°], Carsten Schulte[°]

*Freie Universität Berlin, Fachbereich Erziehungswissenschaften und Psychologie, Arbeitsbereich
Grundschulpädagogik, Lernbereich Sachunterricht, Habelschwerdter Allee 45, 14195-Berlin

[†] Freie Universität Berlin, Fachbereich Physik, Arnimallee 14, 14195-Berlin

[°]Freie Universität Berlin, Fachbereich Mathematik und Informatik, Institut für Informatik,
Königin-Luise-Straße 24, 14195-Berlin

philipp.straube@fu-berlin.de, nadia.madany@fu-berlin.de, hilde.koester@fu-berlin.de,
volkhard.nordmeier@fu-berlin.de, clmb@inf.fu-berlin.de, schulte@inf.fu-berlin.de

Kurzfassung

Anfang der 2000er Jahre machte das Schlagwort „Digital Natives“ [1] auch in populärwissenschaftlichen Artikeln die Runde. Die in diesem Begriff mitschwingende Implikation, dass die ‚Ureinwohner‘ des digitalen Zeitalters über weitreichendere Kenntnisse der Computertechnik verfügen als Menschen, die sich in das Gebiet der Informatik erst später eingearbeitet haben, wird inzwischen kritisiert: Computertechnik wird von ‚Digital Natives‘ zumeist nur genutzt, die dahinterliegenden informationstechnischen Abläufe werden aber in der Regel häufig nicht verstanden [2] und auch nicht hinterfragt. Nicht nur aus Gründen der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit sollte sich dies ändern. Die Bemühungen um informatische Bildung in den entsprechenden Schulfächern scheinen dazu aber nicht auszureichen, und es gibt Hinweise darauf, dass die Begegnung mit Informatik erst in der Sekundarstufe für viele Schülerinnen und Schüler zu spät ansetzt. Von verschiedenen Seiten – sowohl aus wissenschaftlicher [3] als auch aus wirtschaftlicher [4] Perspektive – wird daher nun vermehrt gefordert, informatische Bildung bereits in den Grundschulunterricht zu implementieren. Dabei soll es neben der Nutzung von Computern vor allem um Interessenentwicklung und ein basales Verständnis der dahinterliegenden Prozesse gehen – ein Vorhaben, das in einigen anderen Ländern bereits umgesetzt wird [5].

Im Gemeinschaftsprojekt ‚DoInG – Informatisches Denken und Handeln in der Grundschule‘ des Arbeitsbereichs Sachunterricht, der Didaktik der Informatik, der Informatik und der Didaktik der Physik an der Freien Universität Berlin soll ein praxistaugliches Konzept entwickelt werden, das diesen Forderungen nachkommt. Der Beitrag stellt die dem Projekt zugrunde liegende theoretische und empirische Basis vor.

1. Einführung

In immer mehr Bereichen des Lebens hat die Informationstechnologie eine tragende Funktion. Der alltägliche Umgang mit informations- und kommunikationstechnischen Geräten bringt es mit sich, dass diese auch in der Lebens- und Erfahrungswelt von Kindern an Bedeutung gewinnen. „Heutzutage weisen Kinder auf dem Gebiet der Informationstechnik oft weitaus mehr Wissen auf, als die Erwachsenen.“ [6]. Gleichzeitig lässt sich aber feststellen, dass dieses Wissen oft auf einer naiven Anwendungsebene verbleibt und durch die reine Nutzung von Geräten noch kein Verständnis für die dahinterliegenden informationstechnischen Abläufen aufgebaut wird [2]. Die internen Funktionen lassen sich bei computergesteuerten Geräten und Spielzeugen auch nicht mehr so einfach ‚entdecken‘ wie bei mechanischen – auch dann nicht, wenn sie zerlegt werden: Verkapselte Gehäuse lassen Einblicke nicht zu, aber selbst wenn die Demontage gelingt, geben Platinen und Computerchips ihre Wirkungsweise dem Laien nicht preis.

Der Grundschule und hier insbesondere dem Sachunterricht kommt die Aufgabe zu, „Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, sich die [...] technisch gestaltete Umwelt bildungswirksam zu erschließen“ [7]. In den Empfehlungen der Kultusministerkonferenz zur Arbeit in der Grundschule [8] heißt es zum Gliederungspunkt ‚Umgang mit Technik‘: „Angesichts einer hochtechnisierten Umwelt haben Kinder einen großen Klärungsbedarf hinsichtlich technischer Phänomene in ihrer Umgebung. Deshalb sollten in Projekten des Sach- und Werkunterrichts eigene Erfahrungen ermöglicht werden, die durch den konkreten Umgang mit Technik ein grundlegendes Verständnis für Technik und wirtschaftliche Zusammenhänge anbahnen.“ Um dieser Forderung gerecht werden zu können, bedarf es u. E. heute neben der Beschäftigung mit eher klassischen, mechanischen Beispielen zum Thema Technik auch der Einbindung informatischer Bildung in den Sachunterricht der Grundschule. Aufgrund der herausragenden gegenwärtigen und zukünftigen Bedeutung moderner Technologien für die Gesellschaft muss

informatische Bildung u. E. als Teil der Allgemeinbildung aufgefasst [3] und die Erreichung einer ‚Digital Literacy‘ zu einem wesentlichen Bildungsziel werden. Digital Literacy verstehen wir dabei als ein Zusammenspiel von Kompetenzen, die neben Nutzerwissen auch das Verändern, Gestalten, Beurteilen und Bewerten digitaler bzw. Informationstechnologien einbezieht. Die Auseinandersetzung mit informatischen Inhalten und die Tätigkeit des Programmierens zielen auf die Ausprägung (auch allgemein) bedeutender Kompetenzen: auf das (gemeinsame) kreative Problemlösen, das Erdenken, Erfinden und Erstellen von funktionsfähigen Produkten, auf das logische Denken und Abstrahieren sowie auf das Verstehen und Nutzen von Formalisierung und Algorithmisierung.

2. Forschungsstand

Kognitive Voraussetzungen

Obwohl Seymour Papert’s ‚Mindstormsvision‘ [9] schon über dreißig Jahre zurückliegt, ist informatisches Denken und Handeln in der Grundschule ein bislang in der Forschung wenig bearbeitetes Feld [3].

Auch wenn die Forschungslage bislang noch große Lücken aufweist, so deuten einige Studienergebnisse doch darauf hin, dass bereits Kinder im Grundschulalter informatikbezogene Kompetenzen erwerben können: Eine wesentliche Grundbedingung für informatikbezogene Bildungsprozesse ist, dass Kinder über die kognitiven Fähigkeiten verfügen, um spezifisch informatische Konzepte verstehen zu können. Schwill [9] fand in seiner Metastudie Hinweise dazu, dass es jüngeren Kinder gelingt, konzeptionelle Ideen wie z.B. ‚Rekursion‘, die ‚Greedy-Methode‘ (sukzessiver Ausbau von Teillösungen zur Gesamtlösung), ‚Strukturiertes Zerlegen‘ und die ‚Nachbildung hierarchischer Strukturen‘ nachzuvollziehen bzw. zu verstehen oder anzuwenden. Eine Untersuchung zum Thema ‚Algorithmen‘ in der Grundschule [10] unterstreicht das Ergebnis: Selbst Kinder, die des Lesens und Schreibens noch nicht mächtig sind, können lernen, mit grafischen Algorithmen umzugehen.

Probleme mit dem Verständnis von informationstechnischen Konzepten bei Kindern stellen dagegen die Autoren einer Studie fest, in der Kinder unter Nutzung der grafischen Programmiersprache ‚PiktoMir‘ Programmieraufgaben lösen sollten [11]. Von den sechs Kindern im Alter von unter sechs Jahren konnten nur zwei alle Aufgaben lösen. Daraus schlussfolgern die Autoren, dass Kinder dieser Altersgruppe noch nicht dazu in der Lage seien, informatische Konzepte adäquat zu verstehen. Bedenkt man jedoch das Alter der Kinder, so könnte man das Ergebnis durchaus auch positiv bewerten: Immerhin schafft es ein Drittel der unter Sechsjährigen schon, alle Aufgaben richtig zu bearbeiten!

Zu untersuchen wäre, ob das Ergebnis sich noch verbessern ließe, wenn die Kinder bereits auf Vorerfahrungen zurück greifen könnten, denn Theorien und empirische Untersuchungen zum bereichsspezifischen Wissen zeigen, dass Kinder bei ihnen vertrauten Sachverhalten bessere Leistungen erbringen können und eine effektivere Organisationsstrategie hervorbringen als Erwachsene, denen die Inhalte fremd sind [12]. Schneider et al. [13] konnten schon 1989 am Beispiel ‚Fußball‘ nachweisen, dass Kinder, die ein bereichsspezifisches Vorwissen haben, bezüglich des Verstehens und Behaltens diesbezüglicher Inhalte sowohl gegenüber intelligenteren als auch gegenüber älteren Kindern im Vorteil sind.

Interesse und Aufmerksamkeit

Obwohl auch dies noch wenig erforscht ist, deutet sich durch einzelne Untersuchungen an, dass Kinder sich für die Neuen Medien und Zukunftstechnologien interessieren (vgl. Hansen & Klinger 1997, nach [6]). Die Akzeptanz von Angeboten wie sie beispielsweise im ‚Roberta‘-Projekt gemacht werden, scheint bei Grundschulkindern hoch zu sein [14], und insgesamt scheinen Grundschulkindern im Hinblick auf die Interessengene an Informatik die erfolversprechendere Zielgruppe zu sein: Nach der Intervention im Rahmen des ‚Informatik erLeben‘-Projekts wurden die Lernenden danach befragt, ob das Projekt ihr Interesse an Informatik geändert hätte. Über 80 % der Grundschulkindern antworten auf diese Frage mit Ja. Von den Schülerinnen und Schülern im Alter von 13 bis 15 Jahre antworteten fast 80 % mit Nein. Alle Grundschulkindern gaben nach der Intervention an, an Informatik interessiert zu sein [16].

Bischoff und Sabitzer [ebd.] schließen aus ihren Ergebnissen, „that the younger the pupils are, the more easily they can be influenced in their interest. Considering gender, especially girls from primary school could be influenced. All girls were interested in informatics after the interventions.“ [15]

Ebenfalls im Rahmen dieses Projekts wurde die Aufmerksamkeit im Unterricht beobachtet. Hierbei zeigt sich, dass die Grundschulkindern mehrheitlich aktiv am Unterricht teilnahmen. Bei den Jugendlichen in der Oberschule war der Anteil derer, die nur passiv am Unterricht teilnahmen, deutlich größer [15].

Gender

In einer Untersuchung zum Umgang von Kindern im Alter von 8 bis 13 Jahren mit der Programmiersprache LOGO zeigte sich, dass Mädchen und Jungen die gestellten Aufgaben gleichermaßen gut erfüllten [16]. Im Zuge einer Studie mit LEGO ‚WeDo‘ [17] zeigte sich außerdem, dass Mädchen systematischer an den Aufgaben arbeiteten und auch insgesamt die Aufgaben schneller erledigten.

Eine Studie, die den Umgang von Grundschulkindern mit der Programmiersprache 'Scratch' im Fokus hatte [18], zeigte bei der Analyse des Programmcodes, dass bestimmte fortgeschrittene Funktionen eher von Mädchen eingesetzt wurden.

Im Hinblick auf das bereichsspezifische Selbstkonzept untersuchten Bischoff und Sabitzer [15] [19] ebenfalls im Rahmen des „Informatik erLeben“-Projekts die Einschätzungen der Kinder im Hinblick auf die ‚Eignung‘ von Mädchen oder Jungen für Informatik. In der Befragung gaben die meisten Grundschul Kinder an, dass sie Mädchen und Jungen als gleich talentiert für Informatik ansehen. Bei den 13 bis 15 Jahre alten Kindern stimmten nur noch 50 % dieser Aussage zu. 40 % meinten dagegen, dass Jungen eher talentiert für Informatik seien.

Interessant ist auch, dass sich Mädchen im Grundschulalter noch interessierter an Informatik zeigen als Jungen [16].

Eignung von Lernumgebungen

Die oben aufgeführten Erkenntnisse zeigen Möglichkeiten auch für einen informatikbezogenen Sachunterricht auf, deuten aber gleichzeitig darauf hin, dass Lernumgebungen für Kinder vermutlich anders zu gestalten sind als diejenigen für Erwachsene [20]. Forschungsergebnisse dazu, wie Programmieroberflächen, informatikbezogene Aufgaben und Lernumgebungen für Grundschul Kinder aussehen sollten, existieren bisher aber noch kaum. Hinweise ergeben sich aber aus einigen Studienergebnissen:

Yardi und Bruckmann [21] untersuchten in einer qualitativen Studie die Wahrnehmungen von ‚Computing‘ bzw. die Einstellungen zu Informatik bei Kindern und Jugendlichen ab einem Alter von elf Jahren im Vergleich zu Studierenden der Informatik. Sie stellten fest, dass bei den befragten Teenagern die Vorstellung vorherrschte, Informatik sei langweilig, eine einsame Angelegenheit und ohne Bezug zur realen Welt. Informatik-Studierende dagegen äußerten sich begeistert und fasziniert von den Möglichkeiten: „[...] graduate students described their research as exciting, social, and having a direct and meaningful impact on the world around them.“ [ebd., S. 39]

Aufgrund ihrer Forschungsergebnisse gehen die Autoren davon aus, dass mehr Kinder und Jugendliche für informatische Berufsziele begeistert werden könnten, wenn sie lernen würden, dass Informatik Spaß macht, sie kreativ sein können und dass die computerbezogenen Tätigkeiten vielfältige Anwendungs- und Alltagsbezüge aufweisen. Computerbezogene Tätigkeiten sollten möglichst eine persönliche Relevanz und einen erkennbaren Zweck bzw. Anwendungsbezug aufweisen.

Vielfach lassen sich auch aus der Begleitforschung für erprobte Unterrichtsansätze oder -materialien

Schlüsse ziehen, ob bestimmte Ideen auch für einen Informatikunterricht in der Grundschule geeignet sind.

Die bislang publizierten Ansätze lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen: Solche, die das Erlernen des Programmierens am Computer im Fokus haben und solche, die informationstechnische Konzepte, Ideen oder Methoden vermitteln wollen, auf den Einsatz eines Computers aber verzichten.

Im Folgenden werden die beiden Ansätze und die dazu vorliegenden Befunde vorgestellt:

2.1 Informatische Konzepte erlernen mit Computer

Um Kinder und Jugendliche an das Programmieren heran führen zu können, wurden und werden verschiedene didaktisch aufbereitete Programmiersprachen entwickelt, die Programmieranfängern durch Bildsymbole und einfache Befehlsstrukturen einen leichteren Einstieg in die Informatik bieten sollen. LOGO war die erste Programmiersprache, bei der das Lernen des Programmierens im Vordergrund stand. Sie stammt ursprünglich aus der Hand Seymour Paperts [22]. LOGO basiert wie die meisten ‚echten‘ Programmiersprachen auf Syntax, während beispielsweise ‚Scratch‘ eine grafische Programmiersprache darstellt [23]. Grafische Programmiersprachen basieren auf Bausteinen, die nur in bestimmten Kombinationen zusammenpassen. Scratch wirkt – unter anderem durch eine unkomplizierte Einbindung von Grafiken und Tönen - kindgerechter und vielleicht auch ansprechender, und sie hat aufgrund einer softwareeigenen Kommunikationsplattform den Vorteil, dass ein Austausch mit der ‚Scratch-Community‘ möglich ist. Trotzdem wird LOGO noch heute genutzt, und in einer Kontrollgruppenstudie mit 26 bzw. 24 Kindern im Alter von 10-12 Jahren [24] zeigten sich keine Unterschiede zwischen LOGO und Scratch beim Lernen und Interpretieren der Programmiersprachen.

Eine weitere praktizierte Form des programmierorientierten Informatikunterrichts ist der Einsatz von (Spielzeug-) Robotern. Sie werden direkt am Gerät oder am Computer programmiert und können anschließend entsprechende Bewegungen und Reaktionen ausführen. Der Einsatz der Roboter verbindet somit die abstrakte Computerwelt mit der realen Welt, was als bedeutender Vorteil dieses didaktischen Ansatzes angesehen wird [25]. Verbreitet sind z.B. LEGO ® MINDSTORMS - Roboter [26], die auch im Roberta-Projekt [14] eingesetzt werden.

Neben der von LEGO entwickelten Programmiersprache gibt es weitere Programmierumgebungen für die MINDSTORM-Roboter mit verschiedenen Abstraktions- und Schwierigkeitsgeraden. Dadurch wird es ermöglicht, die Lernenden schrittweise an

komplexere Programmiersprachen heranzuführen [25].

Der Einsatz von Robotern in der Schule wurde im Rahmen eines systematischen Reviews untersucht [26]. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Arbeit mit Robotern auch im Hinblick auf das Erlernen von Inhalten aus den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) positive Effekte zeigt, und eine Studie aus diesem Review, die sich konkret dem Einsatz von Robotern in der Grundschule widmet, zeigt positive Effekte beim Erlernen der Programmierumgebung (Barker & Ansorge 2007, zitiert nach [26]).

Für sehr junge Lernende im Kindergartenalter wurden sogenannte „Electronic Blocks“ entwickelt [27]. Diese Bausteine stehen jeweils für eine Funktion, z.B. Schalter, AND/OR-Verknüpfung, Lichtsensor. Durch passende Kombinationen können Fahrzeuge entwickelt werden, die auf äußere Einflüsse reagieren. Hierbei zeigte sich, dass ein Großteil der Kinder in der Lage war, funktionierende Systeme zusammenzusetzen. Die meisten Konstruktionen enthielten zwei bis drei Bausteine, selten auch fünf oder mehr Blöcke.

2.2 Informatische Konzepte erlernen ohne Computer

In der zweiten Gruppe sind Ansätze vertreten, die auf das Verständnis von Konzepten der Informatik ohne die Nutzung eines Computers abzielen. Im Projekt „Computer Science Unplugged“ [28], das verschiedene spielerische Ideen und Arbeitsbögen umfasst, sollen grundlegende Konzepte der Informatik vermittelt werden. Der Ansatz „Informatik erleben“ [19] stammt aus dem deutschsprachigen Raum, ist eher anwendungsorientiert und verzichtet dennoch vollständig auf den Einsatz eines Computers. Die spielerisch angelegten Lerneinheiten umfassen dabei verschiedene Prozesse der informatischen Datenverarbeitung wie Kodierung, Algorithmen, Verschlüsseln und Suchen.

Beide Zugänge (derjenige der den Computer als zentrales Medium nutzt und derjenige, der ohne Computer auskommt) können sich u.E. sehr gut ergänzen und zum Aufbau einer umfassenden Digital Literacy beitragen. Eine Kombination aus beiden ermöglicht sowohl das (spielerische) Erfassen von (eher abstrakten) informatischen Konzepten als auch das Erlernen des Programmierens als zentrale informatische Tätigkeit.

3. Zusammenfassung

Betrachtet man die Forschungslage insgesamt, so zeigen sich drei wesentliche Punkte, die dafür sprechen, dass Informatikunterricht in der Grundschule sowohl sinnvoll als auch möglich ist:

- Grundschüler/innen sind kognitiv prinzipiell dazu in der Lage, informationstechnische Konzepte nachzuvollziehen, zu verstehen und umzusetzen.
- Kinder im Grundschulalter sind leichter für Informatik zu interessieren als Jugendliche.
- Weder Mädchen noch Jungen haben im Grundschulalter stereotypische Vorstellung darüber, ob Mädchen oder Jungen talentierter für Informatik sind. Das ändert sich im Jugendalter.
- Beide Geschlechter erfüllen die ihnen gestellten Aufgaben im Rahmen von Programmierlernangeboten gleichermaßen gut.
- In einigen Situationen scheinen Mädchen gegenüber Jungen bereits im Grundschulalter kompetenter zu sein. Bedenkt man dabei die geringen Zahlen von Informatikerinnen [29], so lässt dies auf ein großes ungenutztes Potential schließen.
- Es existiert bereits eine Reihe von erprobten Lern-tools für unterschiedliche Zugangsweisen, die für den Einsatz an Grundschulen grundsätzlich geeignet erscheinen.

Denning und McGettrick [30] fassen die Potentiale einer früh einsetzenden informatischen Bildung zusammen: „Starting early would help win new hearts and minds to computing. We believe the prospect of participating in and causing innovations is highly appealing to students who want to make a difference in the world. How can this be done? The first challenge is to embed the foundational practices of innovation into the curriculum, so that students learn innovation by doing, without necessarily being aware they are engaged with systematic processes.“ [ebd.]

Ausgehend von diesen Erkenntnissen und Forderungen sollen im Projekt *DoIng* an der Freien Universität Berlin Untersuchungen zu offenen Fragen hinsichtlich des Lehrens und Lernens im Bereich der Informatik für die Grundschule und konzeptionelle Entwicklungen zur Implementierung informatischer Grundbildung im Sinne einer ‚Digital Literacy‘ für den Grundschul- und Naturwissenschaftsunterricht durchgeführt werden. Darauf aufbauend ist geplant, curriculare Elemente für das Studium zu entwickeln und diese in das (im Rahmen der Reform der Lehrerbildung in Berlin) neu zu gestaltende Studienkonzept zu implementieren.

DoIng baut auf den bereits vorliegenden Forschungsergebnissen der Projektpartner/innen zum informatikbezogenen, naturwissenschaftlichen und technischen Lernen auf und bezieht Ergebnisse aus der Interessen- und Motivationsforschung sowie Erkenntnisse und Verfahren aus der Usability-Forschung mit ein.

4. Literatur

- [1] Prensky, Marc (2001): Digital Natives, Digital Immigrants. In: *On the Horizon* 9, 5.
- [2] Döbeli, Beat (2010): ICT im Hosensack - Informatik im Kopf. In: Brandhofer, Gerhard (Hrsg.): *25 Jahre Schulinformatik - Zukunft mit Herkunft*. Wien: Österreichische Computergesellschaft, 35–44.
- [3] Borowski, Christian; Diethelm, Ira; Mesaros, Ana-Maria (2010): Informatische Bildung im Sachunterricht in der Grundschule. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, 15, Online-Ressource.
- [4] Bitkom-Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V (2012): 43.000 offene Stellen für IT-Experten (Presseinformationen) - BITKOM: http://www.bitkom.org/de/presse/8477_73892.aspx (Stand: 11.2012).
- [5] Balanskat, Anja; Gertsch, Christian A. (2010): Review of National Curricula and Assessing Digital Competence for Students and Teachers: Findings from 7 Countries: http://cms.eun.org/shared/data/pdf/curricula_review_final_reduced.pdf (Stand: 11.2012).
- [6] Neß, Joachim; Zolg, Monika (2002): Roboterbau im Sachunterricht? In: *Grundschulunterricht* 4, 16–19.
- [7] Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2002): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn/Obb: Klinkhardt.
- [8] Kultusministerkonferenz (i.d.F.v. 6.5.1994): *Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule*. In: *KMK Ergänzungslieferungen*.
- [9] Schwill, Andreas (2001): Ab wann kann man mit Kindern Informatik machen? In: Keil-Slawik, Reinhard; Magenheim, Johannes (Hrsg.): *INFOS2001-9. GI-Fachtagung Informatik und Schule* GI-Edition, 13–30.
- [10] Gibson, J. Paul (2012): Teaching Graph Algorithms To Children Of All Ages. In: Lapidot, Tami; Gal-Ezer, Judith; Caspersen, Michael E.; Hazzan, Orit (Hrsg.): *Proceedings of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education*. New York: ACM, 34–39.
- [11] Rogozhkina, Irina; Kushnirenko, Anatoly (2011): PiktoMir: teaching programming concepts to preschoolers with a new tutorial environment. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 28, 601–605.
- [12] Sodian, Beate (2002): Die Entwicklung des bereichsspezifischen Wissens. In: Oerter, Rolf; Montada, Leo (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie*. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 443–468.
- [13] Schneider, Wolfgang; Körkel, Joachim; Weinert, Franz E. (1989): Domain-specific knowledge and memory performance: A comparison of high- and low-aptitude children. In: *Journal of Educational Psychology* 81, 3, 306–312.
- [14] Petersen, Ulrike; Theidig, Gabriele; Bördig, Josef; Leimbach, Thorsten; Flintrop, Björn (2007): *Abschlussbericht Roberta*: http://www.iais.fraunhofer.de/uploads/media/Abchlussbericht_Roberta_2007-11-21.pdf (Stand: 12.2013).
- [15] Bischoff, Ernestine; Sabitzer, Barbara (2011): *Computer Science in Primary Schools – Not Possible, But Necessary?! In: Kalaš, Ivan; Mittermeir, Roland (Hrsg.): Informatics in Schools*. Berlin, New York: Springer, 94–105.
- [16] Serafini, Giovanni (2011): *Teaching Programming at Primary Schools: Visions, Experiences, and Long-Term Research Prospects*. In: Kalaš, Ivan; Mittermeir, Roland (Hrsg.): *Informatics in Schools*. Berlin, New York: Springer, 143–154.
- [17] Mayerová, Karolina (2012): *Pilot Activities: LEGO WeDo at Primary School*. In: Moro, Michele; Alimisis, Dimitris (Hrsg.): *Proceedings of 3rd International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics*, 32–39.
- [18] Baytak, Ahmet; Land, Susan M. (2011): An investigation of the artifacts and process of constructing computers games about environmental science in a fifth grade classroom. In: *Educational Technology Research and Development* 59, 6, 765–782.
- [19] Bischoff, Ernestine; Mittermeir, Roland (2008): *Informatik erleben*: http://informatik-erleben.aau.at/files/informatik_erleben.pdf (Stand: 12.2012).
- [20] Liebal, Janine; Exner, Markus (2011): *Usability für Kids*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- [21] Yardi, Sarita; Bruckman, Amy (2007): What is computing? Bridging the Gap Between Teenagers' perception and Graduate Students' Experiences. In: *ICER '07*. New York: Association for Computing Machinery, 39.
- [22] Papert, Seymour (1980): *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*: BasicBooks.
- [23] Maloney, John; Burd, Leo; Kafai, Yasmin; Rusk, Natalie; Silvermann, Brian; Resnick, Mitchel (2004): *Scratch: A Sneak Preview*. In: Kambayashi, Yahiko; Tanaka, Katsumi; Rose, Kim (Hrsg.): *Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing*. Los Alamitos, Calif: IEEE Computer Society, 104–109.
- [24] Lewis, Colleen M. (2010): How Programming Environment Shapes Perception, Learning and Goals: Logo vs. Scratch. In: Lewandowski, Gary (Hrsg.): *SIGCSE '10*. New York, N.Y.: ACM, 346–350.

- [25] Hirst, Anthony J.; Johnson, Jeffrey; Petre, Marian; Price, Blaine A.; Richards, Mike (2003): What is the best programming environment/language for teaching robotics using Lego Mindstorms? In: *Artificial Life and Robotics* 7, 3, 124–131.
- [26] Benitti, Fabiane Barreto Vavassori (2012): Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. In: *Computers & Education* 58, 3, 978–988.
- [27] Wyeth, Peta; Wyeth, Gordon (2008): Robot Building for Preschoolers. In: Visser, Ubbo; Ribeiro, Fernando; Ohashi, Takeschi; Dellaert, Frank (Hrsg.): *RoboCup 2007: Robot Soccer World Cup XI*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 124–135.
- [28] Bell, Tim; Witten, Ian H.; Fellows, Mike (2006): Computer Science Unplugged. In:
- [29] Verband deutscher Ingenieure: StatistikPORTAL VDI: http://www.vdi-monitoring.de/index3.php?CHOICE=PI_P&GESAMT=1&FACHBEREICH=Informatik (Stand: 11.2012).
- [30] Denning, Peter J.; McGettrick, Andrew (2005): Recentering Computer Science. In: *Communications of the ACM* 48, 11, 15–19.