



Computational Thinking als internationales Zusatzmodul zu ICILS 2018 – Konzeptionierung und Perspektiven für die empirische Bildungsforschung

Birgit Eickelmann

Universität Paderborn

Abstract

In the context of the second cycle of the ICILS (International Computer and Information Literacy Study), the IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) for the first time implements a so-called international option for educational systems participating in ICILS 2018 in the form of an optional test module on competences related to ‘Computational Thinking’. In doing so, the international student tests conceptualized for grade 8 students in ICILS 2018 will be supplemented by two test modules. Likewise, the background questionnaires for teachers, students, principals and ICT coordinators will be complemented by relevant questions relating to the above-mentioned competencies. Germany, alongside the USA, France, Finland, and other countries, will be participating in these optional modules or have confirmed their interest. It will thereby attain governance knowledge of educational system development, relying on a substantial database of computer-based student tests that will complement the knowledge gain from other large-scale assessment studies. This new knowledge is gained in a domain that subsequently will bring further changes for the private and professional life and that includes competencies which will – with increasing relevance – be considered as key competencies. In a first step, the present article will highlight existing approaches to the described relevance of ‘Computational Thinking’ on the basis of national and international research literature. In a second step, the conceptualization of ‘Computational Thinking’ as a test construct in the context of ICILS 2018 will be presented. Thereby, particular emphasis will be placed on the implementation of the optional module in Germany as well as on situating ‘Computational Thinking’ against the background of recent developments in the German educational system.

1. Einleitung

Im Zuge des Wandels zur Wissens- und Informationsgesellschaft und der rasanten technologischen Entwicklungen ist es zunehmend herausfordernd, festzulegen, welche Kompetenzen Heranwachsende zukünftig benötigen und ob und in welcher Weise diese Kompetenzen im Rahmen schulischer Bildung zu vermitteln sind. Dies bringt gleichsam Herausforderungen für international vergleichende Schulleistungsstudien mit sich, die durch ihre Konzeptionierung und Weiterentwicklung aktuelle Entwicklungen aufgreifen, um als Bildungsmonitoringstudien Steuerungswissen für die Weiterentwicklung von Schulsystemen weltweit zur Verfügung stellen zu können. In Bezug auf computer- und informationsbezogene Kompetenzen werden mit der Studie ICILS (*International Computer and Information Literacy Study*) die mit der Digitalisierung verbundenen Entwicklungen aufgegriffen. Die Studie fokussiert im Kern auf den kompetenten Umgang mit neuen Technologien und digitalen Informationen. Dieser Bereich an sich ist bereits eine Herausforderung für die empirische Bildungsforschung, da ein Kompetenzbereich adressiert wird, der nicht zuletzt aufgrund der technologischen und damit einhergehenden veränderten Anwendungsmöglichkeiten von neuen Technologien ständigen Änderungen unterliegt, die in der Kompetenzmessung berücksichtigt werden müssen (Ainley, Schulz & Fraillon, 2016; ETS, 2007; Siddiq, Hatlevik, Olsen & Throndsen, 2016). Weiterhin stellt sich die Frage nach einem international gültigen Maß für Vergleiche von Schülerkompetenzen in diesem Bereich (vgl. ebd.). So muss dieses nach Ainley et al. (2016) u.a. sowohl einfache, basale Fertigkeiten als auch sehr fortgeschrittene Fähigkeiten umfassen und zudem in verschiedenen Ländern, unabhängig von deren ökonomischem und technologischem Entwicklungsstand einsetzbar sein. Darüber hinaus muss es grundsätzlich für Trendmessungen zugänglich sein, um Veränderungen in Bildungssystemen über die Zeit abbilden zu können. Während viele bisherige Studien, die ICT-Literacy messen, sich vor allem auf anwendungsbezogene Kompetenzen beschränken, wird neuerdings in diesen Bereich das sogenannte *Computational Thinking* ergänzt (ebd., Barr, Harrison & Conery, 2011). Dabei bezieht sich *Computational Thinking* auf problemlösendes Denken, das vor allem dann benötigt wird, wenn Computer programmiert oder Algorithmen entwickelt werden (Ainley et al., 2016). Diese Entwicklungen werden mit dem zweiten Zyklus der Studie ICILS erstmalig im internationalen Vergleich aufgegriffen und im Rahmen einer internationalen Option von ICILS 2018 für den Bereich der computer- und informationsbezogenen Kompetenzen ergänzt.

Der vorliegende Beitrag arbeitet zunächst verschiedene, auch über das Verständnis von Ainley et al. hinausgehende Ansätze zum Verständnis von *Computational Thinking* als Schlüsselkompetenz im 21. Jahrhundert heraus (Abschnitt 2).

Anschließend wird die Konzeptionierung von *Computational Thinking* als Kompetenzbereich im Rahmen der Studie ICILS 2018 und damit als Teil eines international vergleichenden *Large-Scale-Assessments* vorgestellt (Abschnitt 3). Ergänzend wird die Umsetzung des Zusatzmoduls in Deutschland und die Einordnung von *Computational Thinking* vor dem Hintergrund der aktuellen Veränderungen im deutschen Bildungssystem aufgegriffen (Abschnitt 4). Der Beitrag schließt mit einer Diskussion (Abschnitt 5), die den besonderen Beitrag des Zusatzmoduls für die Entwicklung von Schulsystemen sowie für die empirische Bildungsforschung zusammenfassend einordnet.

2. *Computational Thinking* als Schlüsselkompetenz im 21. Jahrhundert

Aufgrund der dynamischen technologischen Entwicklung ergeben sich sowohl in der Berufswelt als auch im häuslichen Umfeld und in der Freizeit veränderte Anforderungen für den Einzelnen, aus denen neue Anforderungen und Aufgabenbereiche für die schulische Bildung entstehen, die sich vor allem darauf beziehen, alle Kinder und Jugendliche in eine möglichst gute Ausgangslage zu versetzen, chancengerecht an diesen Entwicklungen teilzuhaben (vgl. Anderson, 2008; Bos, Eickelmann & Gerick, 2014; OECD, 2010). Vergleichsweise neu in der Diskussion um die Frage, über welche Kompetenzen Heranwachsende verfügen müssen und welche konkreten Aufgaben in diesem Zusammenhang auf schulische Kompetenzvermittlungen zukommen, ist der Bereich des *Computational Thinking*. Dieser ergänzt das bisherige Verständnis von ICT-Literacy (vgl. u.a. Ainley et al., 2016; Siddiq et al., 2016) und fügt programmiersprachenunabhängige Kompetenzen zum computerbasierten Lösen von Problemen und Verstehen von computerbasierten Problemlösungsprozessen dem Verständnis des kompetenten Umgangs mit neuen Technologien hinzu. Die Relevanz dieses Bereichs erwächst in diesem Verständnis aus der Argumentation, dass *Computational Thinking* den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, ein Grundverständnis über digitale Informationssysteme zu entwickeln und sie so Wissen neu konstruieren können. Dies kann – so Ainley et al. (2016) weiter – in einer Vielzahl von Kontexten angewendet werden. In der aktuellen Diskussion wird weltweit damit zusätzlich zum kompetenten Umgang mit neuen Technologien und zum reflektierten Umgang mit digitalen Informationen der Bereich des *Computational Thinking* ergänzt, der erstmalig von Wing (2006) konzeptioniert wurde und seither kontinuierlich weiterentwickelt wird (vgl. u.a. Dede, Mishra & Voogt, 2013; Fraillon, 2015; Mannila et al., 2014; Voogt, Fisser, Good, Mishra & Yadav, 2015). Der Begriff *Computational Thinking* geht in seinen Grundzügen auf Papert (1980) im Zuge der kindgerechten Vermittlung von einfachen Programmiersprachen zurück, wobei Wing (2006) diesen Begriff erstmalig

umfassender aufgreift, weiterentwickelt und in den informationstechnischen bzw. erziehungswissenschaftlichen und damit schulrelevanten Diskurs einführt. *Computational Thinking* nach Wing (2006) bezeichnet ein Bündel fundamentaler (ebd., S. 35) fächerübergreifender Fähigkeiten, die es einem Individuum ermöglichen, komplexe Probleme unter Verwendung von Datenverarbeitung zu lösen. Dabei steht im Vordergrund, dass *Computational Thinking* nicht bedeutet, dass Menschen wie Computer ‚denken‘ – was sie laut Wing (2006) ohnehin nicht können, da sie „dull and boring“ seien –; vielmehr sei damit das Lösen von Problemen gemeint: „Computational thinking is a way humans solve problems; it is not trying to get humans to think like computers“ (ebd., S. 35).

In diesem Verständnis, das auch den Ausgangspunkt für die Konzeptionalisierung von *Computational Thinking* im Rahmen des ICILS-2018-Zusatzmoduls bildet, gehört zu diesem Kompetenzbereich: „solving problems, designing systems and understanding human behavior by drawing on the concepts fundamental to computer science“ (ebd., S. 33). Dabei handelt es sich um Fähigkeiten, die neben anderen Basiskompetenzen nicht nur für aktuelle und kommende Generationen von Informatikern von besonderer Bedeutung sein werden, sondern universell angelegt sind: „[Computational Thinking] represents a universally applicable attitude and skill set everyone, not just computer scientists, would be eager to learn and use“ (ebd. S. 33; vgl. auch Guzdial, 2008).

Im Verlauf des wissenschaftlichen Diskurses haben sich verschiedene definitorische Elemente herausgebildet, die Bezüge zur im nachfolgenden Abschnitt weiter ausgeführten ICILS-2018-Zusatzoption aufweisen. Hierzu gehören – u.a. nach Grover und Pea (2013) die vier folgenden Aspekte:

- 1) „Computational Thinking is a universal metaphor for reasoning used by both mankind and machines“ (Henderson, Cortina, Hazzan & Wing, 2007, S. 195).
- 2) „We consider computational thinking to be the thought processes involved in formulating problems so their solution can be represented as computational steps and algorithms“ (Aho, 2011, S. 832).
- 3) „Computational Thinking is the thought processes involved in formulating problems and their solutions so that the solutions are represented in form that can be effectively carried out by an information-processing agent“ (Cuny, Snyder & Wing, 2010).
- 4) „Computational thinking is the process of recognizing aspects of computation in the world that surrounds us, and applying tools and techniques from Computer Science to understand and reason about both natural and artificial systems and processes“ (Royal Society, 2012, S. 29).

Die Definitionen weisen unterschiedliche Schwerpunkte aus. Während Henderson et al. (2007) darauf abheben, dass der Begriff ein weites Begriffsverständnis zugrunde legt und sich im Kern auf schlussfolgerndes bzw. logisches Denken bezieht, das sowohl Menschen als auch Maschinen verwenden – wobei der Begriff insbesondere in Bezug auf Maschinen metaphorisch zu verstehen ist –, formulieren Aho (2011) und Cuny et al. (2010) zielgerichteter. Aho (2011) bezieht sich ausdrücklich auf Denkprozesse, in deren Zuge durch eine geeignete Problemformulierung die Problemlösung algorithmisch abgebildet werden kann. Die Royal Society (2012) stellt in einer noch enger formulierten Sichtweise heraus, dass vor allem Methoden aus dem Bereich der Informatik zur Anwendung kommen. Dies wiederum unterstützt Wing (2006), die sich in ihren Ausführungen auf *Computational Thinking* als zentrale Fähigkeit im Bereich *Computer Science* bezieht, die vor allem aus der Fähigkeit zu konzeptionalisieren und nicht zu programmieren besteht und damit Kernelemente aus der Mathematik und den Ingenieurwissenschaften zusammenführt. Im Gegenzug dazu stellt sich die Frage, ob *Computational Thinking* nicht vielmehr eine querschnittlich angelegte Kompetenz ist, die im Verständnis algorithmischen Denkens zwar deutliche Bezüge zu Teilbereichen der Informatik hat, aber zu der auch andere Fachdisziplinen einen Beitrag leisten können und die vor allem auch, wie Ainley et al. (2016) ausführen, in den unterschiedlichsten Bereichen zur Anwendung kommt. In einer qualitativen Reviewstudie stellen Selby und Woollard (2013) gemeinsame definitorische Elemente mehrerer Definitionen von *Computational Thinking* zusammen und weisen darauf hin, dass *Computational Thinking* kognitive Prozesse umfasst, die produktorientiert sind, aber nicht auf Problemlösen alleine beschränkt sind. Ihre Analysen stellen fünf Teilbereiche heraus (ebd., S. 5): 1) die Fähigkeit, abstrakt zu denken, 2) die Fähigkeit, in Teilschritten zu denken, 3) die Fähigkeit, algorithmisch zu denken, 4) die Fähigkeit, in Bewertungszusammenhängen zu denken und 5) die Fähigkeit, in Generalisierungen zu denken. Voogt et al. (2015) teilen einen solchen deterministischen Ansatz jedoch nicht, da man so Gefahr laufe, *Computational Thinking* begrifflich zu verwässern (wörtlich „diluting“, vgl. ebd. S. 5) und nicht mehr als zentrale sogenannte *21st century skill* im Kontext der Nutzung neuer Technologien und digitaler Informationen einzuschätzen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus der Tatsache, dass das Verständnis von *Computational Thinking* in den unterschiedlichen Ansätzen neben den angeführten Gemeinsamkeiten auch Unterschiede in der Schwerpunktlegung und der fachlichen Zuordnung widerspiegelt, eine zusätzliche besondere Herausforderung für seine Erforschung in der empirischen Bildungsforschung und die Berücksichtigung dieses Teilbereichs in Schulleistungsstudien resultiert. Dies wird zudem durch die neueren Entwicklungen schulischer Curricula in verschiedenen Ländern unter-

strichen, in denen *Computational Thinking* bereits – ebenfalls teilweise sehr unterschiedlich –, aber in der Regel fachlich sehr spezifisch verortet ist. In Großbritannien ist *Computational Thinking* beispielsweise im *National Curriculum for Computing* als Bestandteil von sogenanntem *Computing*-Unterricht (vgl. Voogt et al., 2015) von *Key Stage 1* (Alter der Schülerinnen und Schüler: 5 bis 7 Jahre) an enthalten (Department for Education, 2013). Barr und Stephenson (2011) stellen hingegen Beispiele für fachliche Anbindungsmöglichkeiten in verschiedenen Fächern wie Mathematik, Sozial- und Naturwissenschaften heraus. Weltweit stellt *Computational Thinking* als neuer Bereich – vor allem als Vorläuferfähigkeit des Programmierens verstanden – Bildungssysteme vor Herausforderungen in den Bereichen der Entwicklung von Kompetenzmodellen, der Lehrerbildung, der Formulierung von Anforderungen an Schulabschlüsse sowie der Entwicklung von Curricula (Kafai, 2016). Dabei bildet die fundierte und auf der Grundlage theoretischer Konzepte fußende Entwicklung von Kompetenzmodellen die Grundlage für alle angeführten Bereiche. Zur Bearbeitung dieser Herausforderung trägt – weil im Ergebnis ein theoretisch und empirisch fundiertes Kompetenzmodell für *Computational Thinking* formuliert werden kann – die Zusatzoption *Computational Thinking* zu ICILS 2018 bei, deren Konzeptionierung im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

3. Zur Konzeptionierung von *Computational Thinking* im Rahmen von ICILS 2018

Die Studien ICILS 2013 (vgl. Bos, Eickelmann, Gerick, Goldhammer et al., 2014; Fraillon, Ainley, Schulz, Friedman & Gebhardt, 2014) und ICILS 2018 legen zugrunde, dass ein kompetenter Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien in unserer heutigen Wissens- und Informationsgesellschaft unerlässlich ist, um den vielfältigen Anforderungen der verschiedenen Lebensbereiche gerecht zu werden. Das Zusatzmodul wird – wie die zugrunde liegende Gesamtstudie – von der IEA koordiniert. Die internationale Studienleitung liegt wie bereits für ICILS 2013 beim *Australian Council for Educational Research* (ACER).

Wie bereits oben eingeführt, wird im Rahmen der Studie ICILS 2018 der Bereich *Computational Thinking* mit einer Zusatzoption erstmals im Rahmen einer international vergleichenden Schulleistungsstudie erforscht. Damit greift sie den oben angesprochenen Ansatz, den auch Ainley et al. (2016) formulieren, auf und geht der Frage nach, ob und in welcher Weise der Bereich *Computational Thinking* Teilbereich von ICT-Literacy ist. Die Erforschung dieses Kompetenzbereichs stellt für die empirische Bildungsforschung eine besondere Herausforderung und gleichsam eine außerordentliche Chance dar. Voraussetzung und Herausforderungen zu-

gleich sind insbesondere die Festlegung auf ein tragfähiges Begriffsverständnis und forschungsleitende Fragestellungen, die Entwicklung eines angemessenen Forschungsdesigns und hier vor allem die Entwicklung von Testmodulen für die Schülertests. Dabei bildet *Computational Thinking* eine internationale Zusatzoption zu ICILS 2018, an der neben den USA und der Republik Korea verschiedene europäische Länder wie Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Luxemburg und Portugal teilnehmen.

3.1 Zum Begriffsverständnis *Computational Thinking* im Kontext von ICILS 2018

Das der Studie ICILS 2018 zugrunde liegende Begriffsverständnis von *Computational Thinking* bezieht sich „auf die individuelle Fähigkeit einer Person, eine Problemstellung zu identifizieren und abstrakt zu modellieren, sie dabei in Teilprobleme oder -schritte zu zerlegen, Lösungsstrategien zu entwerfen und auszuarbeiten und diese formalisiert so darzustellen, dass sie von einem Menschen oder auch einem Computer verstanden und ausgeführt werden können. Die Konzeption und Umsetzung von Problemlösungsstrategien können dabei durch die Strukturierung und weiterführende Verarbeitung vorliegender oder gewonnener Daten unterstützt werden. Die Modellierungs- und Problemlösungsprozesse sind dabei von einer Programmiersprache unabhängig“ (IEA, 2016, eigene Übersetzung, vgl. auch upb.de/icils2018). Der Hinweis, dass die Problemlösung auch von einem Menschen durchgeführt wird, weist darauf hin, dass es einerseits nicht um das reine Anwenden von Programmiersprachen geht und andererseits übergeordnete, von technischen Prozessen losgelöste Kompetenzen gemeint sind und Computer bei der Durchführung der Problemlösung unterstützen können. Dies entspricht dem Ansatz von Wing (2006), die darauf hinweist, dass es sich um Denk- und Problemlöseprozesse von Menschen, nicht von Computern handelt.

Der in ICILS 2018 verfolgte Ansatz geht weiter davon aus, dass für den unterstützenden Einsatz von Computern für Problemlöseprozesse die Fähigkeit benötigt wird, zunächst ein Problem, das mithilfe von Computern und Algorithmen gelöst werden kann, als solches zu erkennen, dessen Struktur analysieren zu können sowie relevante Daten für die Problemlösung erkennen und auswählen zu können:

Computers themselves cannot think: they have to be programmed before they can function. Programming tells a computer what to do and how to do it. However, before a problem can be addressed, the problem itself and the ways in which it could potentially be solved need to be fully understood. Computational thinking is the process of working out exactly how computers can help us solve problems (IEA, 2016, S. 2).

Dabei geht es um mehr als nur die Fähigkeit, Computer programmieren zu können. Vielmehr geht es im Hinblick auf die Problemlösung darum, Konzepte zu abstrahieren und Probleme präzise und systematisch zu formulieren:

Developing the skill to think in this way means more than being able to program a computer; it means the ability to abstract concepts and think at multiple levels. It isn't just about problem solving, it's about problem formulation: specifying problem characteristics precisely and systematically (IEA, 2016, S. 2).

In diesem Zusammenhang ist wichtig zu verstehen, dass es darum geht, die Kompetenzen zu erfassen und zu beschreiben, die für ein selbstbestimmtes Handeln in der Informations- und Wissensgesellschaft benötigt werden und dass die Studie voraussetzt, dass die mit *Computational Thinking* verbundenen Kompetenzen integraler Bestandteil des (schulischen) Bildungsauftrags für alle Kinder und Jugendlichen sind:

Future citizens need to become creators, not just consumers, of digital knowledge ... The core skills are fundamental and, increasingly, education and business leaders are advocating that computational thinking should be core to every child's education (IEA, 2016, S. 2).

Wichtig ist zum Verständnis des Zusatzmoduls noch zu ergänzen, dass in der theoretischen Konzeptionierung der Studie, die die Grundlage für die Kompetenzmessung über die entwickelten Schülertests bildet, die Anwendung von Fähigkeiten im Bereich des *Computational Thinking* keinesfalls auf Programmieren oder bestimmte fachliche Anbindungen beschränkt ist. Vielmehr umfasst das Konstrukt ein Bündel an Fähigkeiten, die fächerübergreifend angelegt sind und auf verschiedene (fachliche) Kontexte angewendet werden können. Die vollständige Konzeptionalisierung vom *Computational Thinking* wird mit der Veröffentlichung des *Assessment Frameworks* der Studie von ACER vorgelegt (Fraillon, Schulz, Duckworth & Ainley, 2017).

3.2 Anlage des Forschungsdesigns des Zusatzmoduls

Das Konzept des Zusatzmoduls sieht vor, dass *Computational Thinking* in derselben Schülerkohorte – in ICILS 2018 wird eine insgesamt für Deutschland repräsentative Schülerkohorte realisiert – untersucht wird. Wie schon in ICILS 2013 sind alle, und somit auch die *Computational-Thinking*-Testmodule, durch ein alltagsnahes und altersgerechtes Thema kontextualisiert (Eickelmann, Bos, Gerick & Kahnert, 2014). Zusätzlich zu den Testmodulen werden auf internationaler Ebene die in ICILS 2018 eingesetzten Fragebögen für Schulleitungen, IT-Koordinatorinnen und -Koordinatoren, für Lehrkräfte, die in der 8. Jahrgangsstufe unterrichten, sowie für die getesteten Schülerinnen und Schüler entsprechend ergänzt, um so

Rahmendaten zum Erwerb dieser Kompetenzen zu erheben. Dabei ist die Ziehung der Lehrerstichprobe, die aus Lehrkräften der an ICILS 2018 teilnehmenden Schulen besteht, so angelegt, dass sie als eigene Teilstudie repräsentativ ist. Mit dem Feldtest der ICILS 2018-Studie, der im Frühjahr 2017 stattfindet, werden im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten zur Studie eigens für den Bereich *Computational Thinking* entwickelte Testmodule erstmals im größeren Umfang eingesetzt. Diese ohne Programmiersprachenkenntnisse lösbaren Testmodule weisen aber typische Merkmale computerbasierter Problemlöseprozesse, wie die Nutzung von Algorithmen und Schleifen bei systematischen und wiederholten Problemlöseschritten, auf. Damit wird erstmalig durch die Entwicklung adäquater Testinstrumente der neue Kompetenzbereich einer computerbasierten Messung im internationalen Vergleich zugänglich gemacht. Die internationale Zusatzoption zielt im Kern auf die Klärung von zwei Forschungsfragen ab:

- 1) Über welche Kompetenzen verfügen Schülerinnen und Schüler (Jahrgangsstufe 8) im Bereich *Computational Thinking* im internationalen Vergleich und wie hängen die Rahmenbedingungen auf Schul- und Individualebene mit dem Kompetenzstand der Jugendlichen zusammen?
- 2) In welchem Zusammenhang steht der neue Kompetenzbereich mit den in ICILS 2013 bereits fokussierten computer- und informationsbezogenen Kompetenzen, die im Rahmen der Studie ICILS 2018 zum Bereich *Digital Information Literacy* zusammengefasst werden?

Während die erste Frage darauf abzielt, *Computational Thinking* als neuen Kompetenzbereich erstmalig zu erfassen und Rahmenbedingungen des Kompetenzerwerbs auf Schüler-, Schul- und Bildungssystemebene erklärend heranzuziehen, fokussiert die zweite Forschungsfrage darauf, die Anbindung und den Zusammenhang mit dem bereits in ICILS 2013 theoretisch und empirisch konzeptionierten Kompetenzbereich empirisch zu klären. Dies ist nicht nur wissenschaftlich höchst relevant, sondern liefert wichtiges Steuerungswissen für die anschlussfähige Weiterentwicklung von Bildungssystemen weltweit und weitere, zukunftsweisende Anhaltspunkte für die schulische Vermittlung der kompetenten und reflektierten Nutzung von neuen Technologien. Als konkretes Schulbeispiel und unterrichtliche Umsetzung sei der auch in Deutschland stellenweise schon erprobte Einsatz der in Cambridge vom MIT (Massachusetts Institute of Technology; vgl. <http://scratched.gse.harvard.edu/>) für Schulen entwickelten Software Scratch (<https://scratch.mit.edu/>) genannt, die eine in „fünf Minuten erlernbare Vorläuferprogrammiersprache“ (<https://scratch.mit.edu/projects/23844258/>) darstellt. Weiterhin sei auf die Initiative und Lernumgebung *Hour of Code* (<https://hourofcode.com/de>) verwiesen, die

mit einem vergleichbaren System in kind- bzw. schülergerechten Umgebungen an die mit dem Zusatzmodul erfassten Kompetenzen heranführt.

Der Zeitplan der Studie sieht vor, dass nach der Entwicklungsphase und dem Feldtest (Frühjahr 2017) die finalisierten Testmodule im Frühjahr 2018 (Nordhalbkugel) bzw. Herbst 2018 (Südhalbkugel) im Rahmen der Hauptstudie eingesetzt werden. Die internationale – und auch nationale – Berichtslegung erfolgt im November 2019.

4. Die nationale Perspektive: Umsetzung in Deutschland und Anknüpfungspunkte an aktuelle Entwicklungen zur ‚Bildung in der digitalen Welt‘

Die Beteiligung an der internationalen Zusatzoption *Computational Thinking* wird in Deutschland in die Arbeitsstrukturen zu ICILS 2018 integriert, vom nationalen Forschungszentrum für ICILS 2018 an der Universität Paderborn koordiniert und von einem nationalen Konsortium, das für das Zusatzmodul um die Expertise aus der Informatik ergänzt wird, unterstützt. Die Durchführung der Feldarbeit im Feldtest und in der Hauptuntersuchung sowie die Organisation und Überwachung der Kodierung und des *Scorings* der computerbasierten Aufgaben, die Datenorganisation und Datenbereinigung werden wie für den Hauptteil der Studie ICILS 2018 von der IEA Hamburg (vormals IEA DPC; *Data Processing and Research Center*) übernommen.

Auch wenn in anderen Ländern und Bildungssystemen die Entwicklungen zum *Computational Thinking* teilweise deutlich weiter gediehen sind, finden sich auch in Deutschland zu diesem Bereich bereits zahlreiche Anknüpfungspunkte. Hinsichtlich aktueller Entwicklungen zeigen sich u.a. Affinitäten zu Ansätzen, die hierzulande unter dem Stichwort *Coding* diskutiert werden, wobei herausgestellt wird, dass die Bewältigung der Vermittlung dieser Kompetenzen nicht ausschließlich an ein Fach, wie z.B. Mathematik, angebunden werden kann (Initiative D21, 2016). Es zeigt sich zudem eine Anschlussfähigkeit an das mit der KMK-Strategie ‚Bildung in der digitalen Welt‘ veröffentlichte Kompetenzmodell und hier insbesondere zu dem Teilbereich 5 ‚Problemlösen und Handeln‘, der den Teilbereich ‚Algorithmen‘ beinhaltet (KMK, 2016). Zudem werden durch nationale Ergänzungen, unterstützt durch die Expertise der Bildungsforschung und Informatik, die Hintergrundfragebögen für den deutschen Kontext um relevante Fragestellungen ergänzt. Dabei richten sich die zusätzlichen Fragen immer an alle Lehrpersonen und Schülerinnen und Schüler und nicht – wie vermutet werden könnte – nur etwa an Informatiklehrkräfte oder Achtklässlerinnen und Achtklässler, die Informatik oder ein affines Fach belegen. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass *Computational Thinking*

im der Studie zugrunde liegenden Begriffsverständnis breiter und nicht fachspezifisch angelegt ist. Somit können einerseits Zusammenhänge zwischen Kompetenzständen und beispielsweise dem unterrichtlichen Einsatz digitaler Medien und Geräte für unterschiedlichste Anwendungsbereiche empirisch geklärt werden. Darüber hinaus kann, zumindest im Rahmen der Möglichkeiten einer querschnittlich angelegten quantitativen Studie, der möglicherweise besondere Beitrag des Fachs Informatik geklärt werden, der für den Bereich CIL (*Computer and Information Literacy*) im Rahmen von ICILS 2013 bereits untersucht wurde (Eickelmann & Drossel, 2016).

Für die Schul- und Unterrichtsebene ergeben sich in Bezug auf die Weiterentwicklung der sogenannten ‚digitalen Bildung‘ in Schulen im Zuge der Digitalisierung bezüglich des Kompetenzbereichs *Computational Thinking* zwei übergreifende Ansatzpunkte:

- 1) *Computational Thinking* als Basis für den fächerübergreifenden Kompetenzerwerb, der den kompetenten Umgang mit neuen Technologien und das Verstehen von Problemlöseprozessen in den verschiedenen Fächern unterstützt.
- 2) *Computational Thinking* als Schnittstelle zwischen Medienbildung und Informatik und damit als Schlüsselkompetenz im 21. Jahrhundert.

Weiterhin ergeben sich durch die nationale Ergänzung eines zusätzlichen Lesetests (Bauerlein, Lenhard & Schneider, 2012) sowie eines Tests zu kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) weitere Perspektiven für die empirische Bildungsforschung.

Mit der Teilnahme Deutschlands an der Zusatzoption zu ICILS 2018 wird für den betrachteten Bereich des *Computational Thinkings* angestrebt, neben wissenschaftlich-analytischem Wissen und Grundlagen, prozedurales Wissen für die Weiterentwicklung sowie für die internationale Anschlussfähigkeit des deutschen Bildungssystems im Rahmen der fortschreitenden Digitalisierung zu generieren. Dies erscheint auch vor dem Hintergrund wichtig, als dass die bisherigen Ergebnisse von *Large-Scale-Assessments* darauf hinweisen, dass hierzulande der Einsatz von Computern in Schulen einerseits nach wie vor nicht selbstverständlich ist (Eickelmann, Schaumburg, Drossel & Lorenz, 2014; Sälzer & Reiss, 2016) und sowohl die Nutzung durch Schülerinnen und Schüler als auch durch Lehrpersonen deutlich unter internationalen Vergleichswerten liegt. Andererseits machen Studien wie PISA 2015 und ICILS 2013 auch deutlich, dass neue Technologien von Jugendlichen in Deutschland zudem deutlich seltener als in anderen OECD-Staaten für Freizeitaktivitäten genutzt werden (Eickelmann, Bos & Vennemann, 2015; Sälzer & Reiss, 2016). Dies betrifft sowohl die eher bildungs- oder lernbezogene außerschulische Computernutzung, wie etwa das Erstellen von Dokumenten oder

Präsentationen, als auch überwiegend unterhaltungsbezogene Aktivitäten wie Computerspielen oder Anschauen von Online-Videos (Vennemann, Eickelmann, Drossel & Bos, 2016).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Durchführung des Zusatzmoduls *Computational Thinking* sowie die damit angestrebte Generierung einer Wissensbasis über die Kompetenzstände von Jugendlichen in Deutschland im internationalen Vergleich, über Hintergrundwissen und Rahmenbedingungen des Kompetenzerwerbs und hinsichtlich der erstmaligen Entwicklung eines theoretisch und vor allem auch empirisch fundierten Kompetenzmodells sowohl an die aktuellen Entwicklungen in Deutschland anknüpft als auch bisherige Forschungslücken so bearbeitet, dass es einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Schulsystems leisten kann.

5. Zusammenfassung und Diskussion

Bereits mit der Initiierung der Studie ICILS 2013 hat die IEA im Jahr 2010 begonnen, einen Forschungsbereich aufzubauen, der in die Reihe international vergleichender Schulleistungsstudien gestellt, einen neuen, bis dahin in der Form nicht bearbeiteten Bereich untersucht. Eine wichtige Argumentation für die Entwicklung und Durchführung einer solchen Studie war und ist die fortschreitende Digitalisierung aller Lebens- und Arbeitsbereiche sowie die Erweiterung bzw. Verschiebung von Kompetenzen, die Heranwachsende im Sinne des Literacy-Ansatzes benötigen, *um am Leben im häuslichen Umfeld, in der Schule, am Arbeitsplatz und in der Gesellschaft erfolgreich teilzuhaben* (vgl. Eickelmann, Bos, et al., 2014; Fraillon, Schulz & Ainley, 2013). Für den vergleichsweise neuen Bereich *Computational Thinking*, der aufgrund neuerer technologischer und gesellschaftlicher Entwicklungen dem Verständnis eines kompetenten Umgangs mit neuen Technologien und digitalen Informationen im Sinne von ICT-Literacy zu ergänzen ist (vgl. Ainley et al., 2016), ergeben sich für die Bildungsforschung ähnliche Herausforderungen, wie sie schon im Rahmen von ICILS 2013 für den Bereich CIL bearbeitet und bewältigt werden konnten. Neben der theoretischen Konzeptionierung stellt sich ICILS 2018 mit dem Zusatzmodul *Computational Thinking* der Aufgabe, geeignete Testinstrumente zu entwickeln und auf der Grundlage einer hypothetischen inneren Struktur des Konstrukts empirisch, dann auf der Grundlage der 2018er Hauptstudie, ein Kompetenzstufenmodell zu entwickeln. Dass dies von der IEA, ACER und den an dem Zusatzmodul teilnehmenden Ländern angegangen wird, stellt einen Meilenstein in der empirischen Bildungsforschung dar. Es bietet für Deutschland zudem wichtige Impulse für eine anschlussfähige Entwicklung von Konzepten zur sogenannten ‚digitalen Bildung‘ und zur schulischen und unterrichtlichen Förderung digitaler Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern, die auch unter Aspekten

des Ausgleichs möglicher Bildungsdisparitäten sowie einer gezielteren Förderung der Leistungsspitze einzuordnen sind. Damit bildet das Zusatzmodul für den erfassten Bereich Stärken und Herausforderungen ab. Weiterhin bietet die Durchführung des Zusatzmoduls *Computational Thinking* die Grundlage für weitere Forschungsarbeiten, die im Idealfall über eine querschnittlich geprägte Perspektive hinausgehen und somit die Erforschung von Veränderungen im Sinne von Trends ermöglichen.

Literatur

- Aho, A.V. (2011). Computation and computational thinking. *Computer Journal*, 55 (7), 832–835.
- Ainley, J., Schulz, W. & Fraillon, J. (2016). *A global measure of digital and ICT literacy skills. Background paper prepared for the 2016 Global Education Monitoring Report*. Paris: UNESCO.
- Anderson, R. (2008). Implications of the information and knowledge society for education. In J. Voogt & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 5–22). New York, NY: Springer.
- Barr, D., Harrison, J. & Conery, L. (2011). Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning & Learning with Technology*, 38 (6), 20–23.
- Barr, V. & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer education science community? *ACM Inroads*, 2 (1), 48–54.
- Bäuerlein, K., Lenhard, W. & Schneider, W. (2012). *Lesen 8-9. Lesetestbatterie für die Klassenstufen 8-9. Verfahren zur Erfassung der basalen Lesekompetenz und des Textverständnisses. Manual*. Göttingen: Hogrefe.
- Bos, W., Eickelmann, B. & Gerick, J. (2014). Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. In W. Bos, B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, R. Schulz-Zander & H. Wendt (Hrsg.), *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 113–145). Münster: Waxmann.
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., Schulz-Zander, R. & Wendt, H. (Hrsg.). (2014). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Cuny, J., Snyder, L. & Wing, J.M. (2010). *Demystifying computational thinking for non-computer scientists*. Verfügbar unter <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf> [09.01.2017].
- Dede, C., Mishra, P. & Voogt, J. (2013). *Advancing computational thinking in 21st century learning*. Vortrag auf der EDUsummIT. International Summit on ICT in Education, 1–2 October, Dallas, TX.
- Department for Education. (2013). National curriculum in England: Computing programmes of study. Verfügbar unter <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study> [09.01.2017].

- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J. & Kahnert, J. (2014). Anlage und Durchführung von ICILS 2013. In W. Bos, B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, R. Schulz-Zander & H. Wendt (Hrsg.), *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 43–81). Münster: Waxmann.
- Eickelmann, B., Bos, W. & Vennemann, M. (2015). *Total digital. Wie Jugendliche Kompetenzen im Umgang mit neuen Technologien erwerben. Dokumentation der Analysen des Vertiefungsmoduls zu ICILS 2013*. Münster: Waxmann.
- Eickelmann, B. & Drossel, K. (2016). Zur Relevanz informatischer Bildung in der Schule für den Erwerb computer- und informationsbezogener Kompetenzen als Teilaspekt von Medienbildung – Ergebnisse für Deutschland und die Schweiz im internationalen Vergleich. *Zeitschrift Medienpädagogik*, 25, 80–108. DOI: <http://dx.doi.org/10.21240/mpaed/25/2016.10.29.X>
- Eickelmann, B., Schaumburg, H., Drossel, K. & Lorenz, R. (2014). Schulische Nutzung von neuen Technologien in Deutschland im internationalen Vergleich. In W. Bos, B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, R. Schulz-Zander & H. Wendt (Hrsg.), *ICILS 2013 – Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 197–229). Münster: Waxmann.
- ETS (Educational Testing Service). (2007). *Digital transformation: A framework for ICT literacy. A report of the international ICT literacy panel*. Princeton: Center for Global Assessment. Verfügbar unter https://www.ets.org/Media/Tests/Information_and_Communication_Technology_Literacy/ictreport.pdf [09.01.2017].
- Fraillon, J. (2015). *International Computer and Information Literacy Study 2018 development plan*. Melbourne: Australian Council for Educational Research.
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T. & Gebhardt, E. (2014). *Preparing for life in a digital age. The IEA International Computer and Information Literacy Study international report*. Amsterdam: Springer.
- Fraillon, J., Schulz, W. & Ainley, J. (2013). *International Computer and Information Literacy Study assessment framework*. Amsterdam: IEA. Verfügbar unter http://www.iea.nl/fileadmin/user_upload/Publications/Electronic_versions/ICILS_2013_Framework.pdf [09.01.2107].
- Fraillon, J., Schulz, W., Duckworth, D. & Ainley, J. (2017). *ICILS 2018 Assessment Framework*. Amsterdam: IEA. Manuskript in Vorbereitung.
- Grover, S. & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42 (1), 38–43.
- Guzdial, M. (2008). Paving the way for computational thinking. Drawing on methods from diverse disciplines – including computer science, education, sociology, and psychology – to improve computing education. *Communications of the ACM*, 51 (8), 25–57.
- Heller, K.A. & Perleth, C. (2000). *KFT 5-12+ R. Kognitiver Fähigkeitstest für 5. bis 12. Klassen, Revision*. Göttingen: Beltz.
- Henderson, P.B., Cortina, T.J., Hazzan, O. & Wing, J.M. (2007). *Computational thinking*. Vortrag auf der 38th SIGCSE technical symposium on Computer science education, 7–10 March, Cincinnati, KY.
- IEA. (2016). *The IEA's International Computer and Information Literacy Study (ICILS) 2018. What's next for IEA's ICILS in 2018?* Verfügbar unter <http://www.iea.nl/fileadmin/>

- user_upload/Studies/ICILS_2018/IEA_ICILS_2018_Computational_Thinking_Leaflet.pdf [09.01.2017].
- Initiative D21. (2016). *Sonderstudie ‚Schule Digital‘ Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte*. Berlin: D21.
- Kafai, Y. (2016). From computational thinking to computational participation in K-12 education. Seeking to reframe computational thinking as computational participation. *Communications of the ACM*, 59 (8), 26–27.
- KMK. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016)*. Berlin: KMK.
- Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L. & Settle, A. (2014). *Computational thinking in K-9 education*. Vortrag auf der 19th Annual Conference on Innovation & technology in computer science education, 23–25 June, Uppsala.
- OECD. (2010). *Are the new millenium learners making the grade? Technology use and educational performance in PISA*. Paris: CERI/OECD-Publishing.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms. Children, computers and powerful ideas*. New York, NY: Basic Books.
- Royal Society. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. Verfügbar unter <https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf> [09.01.2017].
- Sälzer, C. & Reiss, K. (2016). PISA 2015 – die aktuelle Studie. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 13–44). Münster: Waxmann.
- Selby, C.C. & Woollard, J. (2013). *Computational thinking: The developing definition*. Verfügbar unter http://eprints.soton.ac.uk/356481/1/SIGCSE2014bg_soton_eprints.pdf [09.01.2017].
- Siddiq, F., Hatlevik, O.E., Olsen, R.V. & Throndsen, I. (2016). Taking a future perspective by learning from the past – A systematic review of assessment instruments that aim to measure primary and secondary school students’ ICT literacy. *Educational Research Review*, 19 (1), 58–84.
- Vennemann, M., Eickelmann, B., Drossel, K. & Bos, W. (2016). Außerschulische Nutzung neuer Technologien durch Jugendliche und der Zusammenhang mit dem Erwerb computer- und informationsbezogener Kompetenzen. In B. Eickelmann, J. Gerick, K. Drossel & W. Bos (Hrsg.), *ICILS 2013 – Vertiefende Analysen zu computer- und informationsbezogenen Kompetenzen von Jugendlichen* (S. 168–193). Münster: Waxmann.
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P. & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20, 715–728.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49 (3), 33–35.