

---

## Effekte der Teilnahme am Wahlpflichtfach Coding und Robotik auf die Entwicklung des Fähigkeitsselbstkonzepts bei Schüler:innen der Sekundarstufe I im österreichischen Burgenland

Thomas Leitgeb<sup>1</sup> , Wolfram Rollett<sup>2</sup>  und Alexander Zimmermann<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Burgenland

<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Freiburg

### Zusammenfassung

Aufgrund der zunehmend alle Lebensbereiche durchdringenden Digitalisierung reichen Kompetenzen, wie sie im traditionellen schulischen Curriculum der Sekundarstufe vermittelt werden, für eine erfolgreiche gesellschaftliche Teilhabe nicht mehr aus. International wird diesem Umstand durch die Entwicklung und Implementierung schulischer Curricula, die sich am Konzept des Computational Thinkings (CT) in Verbindung mit Educational Robotics (ER) orientieren, Rechnung getragen. Wenn dabei lebensweltliche Problemstellungen anschaulich anhand von digitalen Technologien bearbeitet werden, können auf diese Weise eine Reihe digitaler Kompetenzen aber auch verschiedene kognitive, soziale und motivationale Kompetenzen gefördert werden. Diesem Ansatz folgt das im österreichischen Burgenland in der Sekundarstufe I eingeführte Wahlpflichtfach (Wpf.) Coding und Robotik (C&R). In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob sich für die an dem Wpf. teilnehmenden Schüler:innen Effekte auf das Fähigkeitsselbstkonzept (FSK) im Umgang mit digitalen Medien bzw. digitalen Technologien und in Bezug auf das schulbezogene akademische Selbstkonzept zeigen. In einer längsschnittlichen Vollerhebung wurden dazu 1.383 Schüler:innen der siebenten Schulstufe an burgenländischen Mittelschulen zu drei Zeitpunkten (Beginn, Mitte und Ende des Schuljahres 2018/19) untersucht. 404 der Schüler:innen besuchten das Wpf. C&R, 979 andere Wahlpflichtfächer. Die Ergebnisse stützen die Annahme, dass sich schulische Lernarrangements, die CT in Verbindung mit ER aufgreifen, günstig auf die Entwicklung eines positiven FSK der Schüler:innen auswirken.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## Effects of Participation in the Elective Subject Coding & Robotics on the Development of the Ability Self-Concept in Lower Secondary School Students in Austria

### **Abstract**

*Due to the increasing digitalization across all areas of life, competences taught in the traditional secondary school curriculum are no longer sufficient for successful societal participation. Internationally, this fact is being addressed by the development and implementation of educational curricula based on the concept of Computational Thinking (CT) in conjunction with Educational Robotics (ER). Particularly when real-life problems are addressed using digital technologies in a tangible manner, this approach can foster a range of digital competences as well as various cognitive, social, and motivational competences. This approach is followed by the elective subject Coding and Robotics (C&R), which has been introduced in the secondary education level I in the Burgenland region of Austria. This study examines whether participating students in the elective subject show effects on their self-concept of abilities in dealing with digital media or technologies, as well as their academic self-concept. A longitudinal survey was conducted, involving 1,383 students in the seventh grade of Burgenland secondary schools at three time points (beginning, middle, and end of the 2018/19 school year). Out of these, 404 students attended the C&R elective subject, while 979 students pursued other elective subjects. The results support the assumption that educational learning arrangements incorporating CT in conjunction with ER can have a favourable impact on the development of positive SCA among students.*

### **1. Einleitung**

Eine alle Lebensbereiche mehr und mehr durchdringende Digitalisierung geht mit veränderten lebensweltlichen Anforderungen einher, deren erfolgreiche Bewältigung digitale Kompetenz (DK) voraussetzt (Fadel, Bialik, und Trilling 2017, 31). Vor diesem Hintergrund reichen Kompetenzen, die im traditionellen schulischen Curriculum vermittelt werden, nicht mehr aus, um eine angemessene gesellschaftliche Teilhabe zu ermöglichen (Baumgartner et al. 2014, 376; Shuler et al. 2009, 45; Breiter, Welling, und Stolpmann 2010, 28). Schulen sind daher zunehmend gefordert, Schüler:innen eine breite Palette von Kompetenzen und Strategien im Bereich der DK zu vermitteln (Fadel et al. 2017; Warschauer und Matuchniak 2010). Das Joint Information Systems Committee (JISC 2014) beschreibt DK als «those capabilities which fit an individual for living, learning and working in a digital society». DK umfasst dabei eine Vielzahl an Verhaltensweisen und Strategien, die in einem digital geprägten Umfeld erforderlich sind. Dabei beinhaltet DK auch soziale und methodische Fähigkeiten auf gesellschaftlicher und persönlicher Entwicklungs- und

Gestaltungsebene (Ferrari 2013). Ein Ansatz, Kompetenzen dieser Art in der Schule zu vermitteln, ist die Implementation von Lernangeboten zu Computational Thinking (CT) in das schulische Curriculum. Eickelmann, Vahrenhold und Labusch (2019a) definieren die unter CT zu subsumierenden Kompetenzen als individuelle Fähigkeiten einer Person,

«Aspekte realweltlicher Probleme zu identifizieren, die für eine Modellierung geeignet sind, algorithmische Lösungen für diese (Teil-)Probleme zu bewerten und selbst so zu entwickeln, dass diese Lösungen mit einem Computer operationalisiert werden können.» (Eickelmann et al. 2019a, 15)

In schulischen CT-Lernangeboten werden Schüler:innen typischerweise kognitiv herausfordernde Problemstellungen vorgegeben, für die sie unter Einsatz von digitalen Technologien, Medien und Verfahren geeignete Lösungen suchen sollen (Lodi und Martini 2021; Brandhofer und Wiesner 2018). Dabei lernen sie, schwierige und komplexe Probleme in kleinere, handhabbare Teile zu zerlegen, Muster und Beziehungen zu identifizieren sowie Algorithmen zur Problemlösung zu erstellen und erfolgreich anzuwenden (Li et al. 2020). Durch die Vermittlung dieses methodischen Ansatzes zur Problemlösung sollen die Lernenden in die Lage versetzt werden, Lösungsstrategien für Probleme zu entwickeln und Herausforderungen systematisch zu bewältigen (Barr und Stephenson 2011). Die Erwartungen an Förderwirkungen von CT-orientierten Curricula beschränken sich dabei aber nicht auf den Bereich des CT im engeren Sinn, sondern umfassen eine ganze Bandbreite von individuellen kognitiven, motivationalen, emotionalen und sozialen Kompetenzen (Scheel, Vladova, und Ullrich 2022; Guggemos 2021; Scherer, Siddiq, und Viveros 2018; Grover und Pea 2017). Für eine Reihe von kognitiven Kompetenzen sind entsprechende Effekte bereits gut untersucht und belegt (s.u.), für nicht-kognitive Kompetenzen ist die Forschungslage hingegen noch lückenhaft. Letzteres gilt u. a. für die Wirkungen von CT auf die Entwicklung des Fähigkeitsselbstkonzepts (FSK) von Schüler:innen. In der vorliegenden Arbeit werden die Auswirkungen eines CT-orientierten Curriculums auf das FSK von Schüler:innen empirisch in den Blick genommen.

## 2. Computational Thinking im schulischen Curriculum

Seit den 2010er-Jahren gewinnt CT für die Bildung kontinuierlich an Bedeutung (Wing 2006; Eickelmann et al. 2019). Dies lässt sich u. a. an einem international zunehmenden Trend zur Integration von CT in die schulischen Lehrpläne erkennen (Balanskat und Engelhart 2015; Shi 2018; Kwon und Schroderus 2017; Eickelmann et al. 2019a). Die Frage, in welcher Weise CT bestmöglich in den schulischen Lehrplan aufgenommen werden sollte, wird jedoch noch diskutiert. Im Wesentlichen werden bei der Implementation und Vermittlung von CT drei Wege beschritten: (1) CT

als eigenes Unterrichtsfach, (2) CT als Teil des Informatikunterrichts und (3) die fächerübergreifende Implementierung von CT (Eickelmann, Vahrenhold, und Labusch 2019b; Ilic, Haseski, und Tutgetin 2018; Undervisningsministeriet 2018; Department of Education 2013). Die Art der schulischen Auseinandersetzung mit CT kann je nach gewähltem Zugang unterschiedlich sein: (1) Aufbau eines Verständnisses algorithmischer Abläufe in Bezug auf das Programmieren, (2) Vermittlung von Mechanismen und Prinzipien der Informatik für eine digital unterstützte Lösung von Problemen und (3) Entwicklung eines Verständnisses von realen Phänomenen und Problemen unter Berücksichtigung der Digitalisierung (Steiner und Himpl-Guterman 2020; Lodi und Martini 2021).

Als konzeptuelle Grundlage für die operative Umsetzung von CT im Unterricht werden häufig die sechs Themenfelder herangezogen, die von der Computer Science Teachers Association (CSTA) und der International Society for Technology in Education (ISTE) (CSTA und ISTE 2011) festgelegt wurden (s. Abb. 1).

Formulierung von Problemen, sodass ein Computer und/oder andere Hilfsmittel zur Lösung dieser eingesetzt werden kann bzw. können	Logische Organisation und Analyse von Daten	Darstellung von Daten durch Abstraktion
Automatisierung der Lösungen durch Algorithmen	Effiziente und effektive Identifizierung und Analyse von Lösungen	Verallgemeinerung des Problemlösungsprozesses und Übertragung auf eine Vielzahl von Problemen

Abb. 1: CSTA und ISTE (2011) (Übersetzung aus dem Englischen).

In dieser Zusammenstellung wird ein handlungsorientierter, auf bewährte Verfahren gestützter Prozess des Problemlösens in den Mittelpunkt gerückt, der die Anwendung und den Transfer der erlernten Lösungsansätze und -wege auf ähnliche Probleme ermöglicht (Iyer 2019; Zhang und Biswas 2019; Angeli und Giannakos 2020). Durch die intensive und systematische Beschäftigung mit den bei der Problembearbeitung eingesetzten und für die Lösung der gestellten Probleme notwendigen digitalen Technologien entwickeln sich die Schüler:innen in Bezug auf ihre digitale Kompetenz weiter (Eickelmann et al. 2019a).

Um diese Inhalte in der Schule erfolgreich vermitteln zu können, hat sich die Verbindung von CT und Educational Robotics (ER) bewährt (Catlin und Woollard 2014; Eguchi 2016). Ziel der Nutzung von ER ist es, die Konzepte von CT anhand von konkreten Problemstellungen anwendungsorientiert zu erarbeiten (Eguchi 2014; Fislake

2020) und so den Lernenden eine anschauliche Erfahrung der für die Problemlösung wichtigen algorithmischen Verarbeitungsprozesse zu ermöglichen. Robotersysteme sind dabei für die Vermittlung von CT in dreifacher Hinsicht von Bedeutung: (1) als Lernobjekt für Lerninhalte wie die Konstruktion und Programmierung von Robotern (Karampinis 2018), (2) als Lernmittel bzw. -medium zur Vermittlung von CT-bezogenen Lerninhalten (Angel-Fernandez und Vincze 2018; Alimisis und Kynigos 2009) und (3) als Aktivierungs- und Motivierungsmassnahme zur Unterstützung beim Lernen (Eguchi 2014). Die Nutzung von ER für die Vermittlung von CT stellt dabei einen eigenen Ansatz dar, wofür im Folgenden die Abkürzung CT & ER verwendet wird.

### 3. Forschungsstand zu Wirkungen der curricularen Implementation von CT und ER auf Schüler:innen

Seit dem Ende der 2010er-Jahre werden auf dem Konzept des CT aufbauende Lernangebote verstärkt in ihren Wirkungen auf verschiedene kognitive und nicht-kognitive Kompetenzen von Schüler:innen untersucht (Ilic et al. 2018; Eickelmann et al. 2019b). In einer Metaanalyse evaluierten Scherer, Siddiq, und Viveros (2019) die Befunde von 105 empirischen Studien zu den Auswirkungen eines auf CT basierenden Programmierunterrichts auf Schüler:innen der Primar- und Sekundarstufe. Die Untersuchung von 539 Einzelbefunden weist auf positive Effekte auf eine Reihe von kognitiven Grundfähigkeiten, mathematischen Fähigkeiten, metakognitiven Kompetenzen und auf das kreative Denken hin. In einer Metaanalyse untersuchten Scherer, Siddiq, und Viveros (2020) anhand von 139 Studien und 375 Effektgrößen die Effizienz unterschiedlicher methodisch-didaktischer Ansätze zur Vermittlung von Programmierkenntnissen, die als wesentliche Bestandteile des problemlösenden Ansatzes von CT gelten (Lye und Koh 2014). Es zeigte sich, dass eine Einführung in das Programmieren, die Verwendung von Visualisierungen und die Nutzung haptisch erfahrbarer Lehr- und Lernmaterialien einen signifikanten positiven Effekt auf die Kompetenzen im Programmieren haben. Als besonders wirkungsvoll erwiesen sich Lernangebote zum Problemlösen, die die Vermittlung metakognitiver Methoden zum Ziel hatten, den Einsatz grafischer Programmieransätze vorsahen und ausser-schulisch organisiert waren (Scherer, Siddiq, und Viveros 2020). In einer Metaanalyse befassten sich Chen, Wang, und Li (2023) mit den Auswirkungen unterschiedlicher Lehrmethoden auf akademische Leistungen und auf mit CT-verbundenen Kompetenzen bei Schüler:innen. Dazu wurden 35 Artikel aus dem Zeitraum 2010 bis 2022 analysiert, in denen 49 Effektgrößen berichtet werden. Die Ergebnisse deuten auf einen moderaten positiven Einfluss von an CT-orientierten Lernangeboten auf die Entwicklung von CT-Kompetenzen hin. Als besonders effektive Methoden erwiesen sich *Pair-Programming*, also die Arbeit in Zweier-Teams, «unplugged»-Aktivitäten, also solche, in denen dezidiert keine digitalen Medien genutzt werden, und das

projektbasierte Lernen. Darüber hinaus zeigten sich stärkere Effekte für interdisziplinäre Kurse im Vergleich zu Informatikkursen und für kooperative Lernaktivitäten im Vergleich zu individuellem Lernen.

Auch für ER liegen Studien zur Wirkung von Lernangeboten für Schüler:innen vor. Die Metaanalyse von Wang et al. (2023) untersuchte die Ergebnisse aus 17 Artikeln mit 34 Effektgrößen zur Wirksamkeit von ER im schulischen Kontext. Die Ergebnisse zeigen signifikant positive Auswirkungen auf die Lernergebnisse der Schüler:innen im Bereich ER (Effektgrösse = .57). Anwar et al. (2019) konnten mit ihrer metaanalytischen Auswertung von 147 Studien positive Effekte derartiger Angebote auf kognitive Fähigkeiten von Schüler:innen und deren Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte belegen. Toh et al. (2016) analysierten 27 Studien zu ER mit dem Ergebnis, dass Angebote zu ER die Entwicklung mathematischer Kompetenzen, die Problemlösefähigkeit, das Verständnis für wissenschaftliches Vorgehen und das Technikinteresse fördern. In einer weiteren Metaanalyse evaluierten Zhang et al. (2021) die Ergebnisse von 17 Studien zur Wirksamkeit von ER mit Blick auf ihre Auswirkungen auf CT-orientierte Kompetenzen (beispielsweise Abstraktion und Muster erkennen). Die Ergebnisse zeigen einen mittelgrossen Gesamteffekt auf CT-orientierte Kompetenzen (Effektgrösse = .48).

Relativ wenige Studien beziehen sich auf die Wirkungen von CT & ER-Lernangeboten. Ioannou und Makridou (2018) haben im Zuge ihres Reviews der Forschungslage nur neun belastbare empirische Studien ermittelt. In diesen Arbeiten haben sich kleine positive Effekte für das Verständnis von mathematischen Konzepten (Toh et al. 2016), von abstrakten Problemen (Eguchi 2014) und auf die Selbstwirksamkeit von Schüler:innen im Bereich Technik (Leonard et al. 2016) gezeigt. Zudem gibt es Hinweise, dass eine Kombination aus CT und ER das Lernen von Schüler:innen positiv verändert, indem es Interesse (Rubenstein et al. 2015) und Engagement im Unterricht (Kim et al. 2013) steigert. Auch wenn diese Befunde ermutigend sind, fehlt es bisher in der Forschung an längsschnittlich und experimentell angelegten Wirkungsstudien für Lernangebote zu CT & ER (Budiyanto et al. 2022).

Insgesamt betrachtet ist die Studienlage zu kognitiven Wirkungen von Lernangeboten, die sich konzeptuell an CT bzw. ER orientieren, relativ umfangreich. Bezüglich non-kognitiver Variablen ist die diesbezügliche Forschungslage dagegen als schwach zu beurteilen. Dies ist auch für Studien zu Auswirkungen auf das Fähigkeitsselbstkonzept (FSK) der an derartigen Angeboten teilnehmenden Schüler:innen der Fall. Dies ist bedauerlich, da das Fähigkeitsselbstkonzept – definiert als «Gesamtheit der kognitiven Repräsentationen eigener Fähigkeiten in akademischen Leistungssituationen» (Schöne et al. 2002) – einen bedeutsamen Prädiktor für die Entwicklung des Lern- und Leistungsverhaltens sowie der Leistungen von Schüler:innen darstellt (Marsh et al. 2005; Wilkins 2004; Oliver und Simpson 1988; Hansford und Hattie 1982). Als dynamisches Konstrukt, welches sich im Lauf der Zeit verändert, reagiert

das FSK auf eine Vielzahl von Erfahrungen und Einflüssen im Bildungskontext und entsteht durch die Interpretation persönlicher Erfolge und Misserfolge (Marsh und Martin 2011; Guay, Marsh, und Bolvin 2003).

Bezüglich der Auswirkung von ER auf das FSK von Schüler:innen liegt nach unserer Kenntnis bisher nur die Studie von Agatolio et al. (2018) vor. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass der schulische Einsatz von ER positive Effekte auf das FSK von Schüler:innen mit geringem Selbstwertgefühl hat. Bei Schüler:innen mit hohem Selbstwertgefühl zeigte sich dagegen kein Effekt. Studien, die Auswirkungen des CT & ER-Ansatzes auf das FSK von Schüler:innen in den Blick nehmen, wurden in der internationalen Forschungsliteratur bisher nicht berichtet. Dies ist durchaus überraschend, da die erfolgreiche Auseinandersetzung mit anspruchsvollen und herausfordernden Aufgaben, die in einem systematischen, kollaborativen Prozess bis zur Lösung bearbeitet werden, im Zentrum des CT & ER-Ansatzes steht. Mit Rückgriff auf das Erwartungs-Wert-Modell von Eccles (2005) kann angenommen werden, dass derartige, an Erfolgserlebnissen orientierte Erfahrungen geeignet sind, das FSK der teilnehmenden Schüler:innen zu stärken.

In Anbetracht der wichtigen Rolle, die das FSK für den schulischen Lernerfolg und den Bildungsverlauf spielt (Huang 2011; Marsh und O'Mara 2008), wäre eine bessere Studienlage zum Förderpotenzial schulischer Lernangebote auf CT & ER-Basis in Bezug auf das FSK von Bedeutung. Die vorliegende Arbeit soll hierzu einen Beitrag leisten. Dazu wird mittels eines quasi-experimentellen längsschnittlichen Kontrollgruppendesigns die Entwicklung des akademischen FSK von Schüler:innen der siebenten Schulstufe im österreichischen Burgenland im Lauf eines Schuljahrs untersucht. Darüber hinaus wird im Sinne eines Treatmentchecks auch die Entwicklung des FSK im Umgang mit digitalen Medien und digitaler Technik erfasst.

#### **4. Coding und Robotik im Schulcurriculum der Sekundarstufe I im Burgenland**

Im Schuljahr 2017/2018 wurde an 24 der insgesamt 38 burgenländischen Pflichtschulen der Sekundarstufe I in der siebenten und achten Schulstufe das Wahlpflichtfach (Wpf.) Coding und Robotik (C & R) eingeführt. Das Wpf. C & R dauert zwei Schuljahre und sieht drei Unterrichtsstunden pro Woche vor. Um das Wpf. anzubieten, waren die Schulen verpflichtet, Robotersysteme (z. B. LEGO Mindstorms) anzukaufen und eine ausreichende Anzahl digitaler Endgeräte (PC, Laptops oder Tablets) bereitzustellen. Darüber hinaus hatten die Lehrer:innen, die dieses Fach unterrichten sollten, eine modulare Fortbildung bzgl. der Nutzung von digitalen Endgeräten und Robotersystemen im Umfang von 78 Unterrichtseinheiten zu absolvieren (Leitgeb 2019). Die beteiligten Schulen haben über die burgenländische Lernplattform LMS ([www.lms.at](http://www.lms.at)) Zugriff auf kompetenzorientiert gestaltete Jahrespläne und darauf abgestimmte Lern- und Lehrmaterialien. Die Lernaufgaben sind fächerübergreifend gestaltet und

stehen allen Schulen in Form von E-Büchern zur Verfügung. Konzeptuell orientiert sich das Curriculum an der Verbindung von CT und ER (Leitgeb 2018). Der Kompetenzkatalog umfasst Sach-, Selbst- und Sozialkompetenz, Ambiguitätstoleranz, die Fähigkeit, offene Fragestellungen zu behandeln, die Fähigkeit zum Kommunizieren und zum gemeinschaftlichen Problemlösen, die Vertrautheit im Umgang mit Komplexität, die Ausdauer bzw. Beharrlichkeit beim Bearbeiten von Problemen, das handlungsleitende und wertbezogene Wissen, den Umgang mit Geschlechterrollen in technischen Berufen und die Berücksichtigung geschlechterspezifischer Interessen und Bedürfnisse (PHB 2018).

Für die Entwicklung des dem WpF. C & R unterliegenden Kompetenzmodells wurde das Digital-Literacy-Framework der britischen Organisation Joint Information Systems Committee (JISC 2014) genutzt. Da dieser Rahmen ursprünglich für die tertiäre Bildung konzipiert wurde, wurden Anpassungen an die Altersstufe In der Sekundarstufe I vorgenommen. So wurden die Bereiche Digital Scholarship und Career and Identity Management gestrichen. Dafür wurde CT & ER als Querschnittsdimension aufgenommen (s. Abb. 2). Es wird dabei als ein Konglomerat von unterschiedlichen Kompetenzen, Techniken und Strategien mit einem klaren Zusammenhang zu digitalen Technologien gefasst. ER erfüllt in der didaktischen Umsetzung, die in Abschnitt 3 beschriebenen Funktionen als Lernmittel bzw. Vermittlungsmedium, konkreter Lerninhalt und als Motivierungs- und Aktivierungsmassnahme beim Lernen.

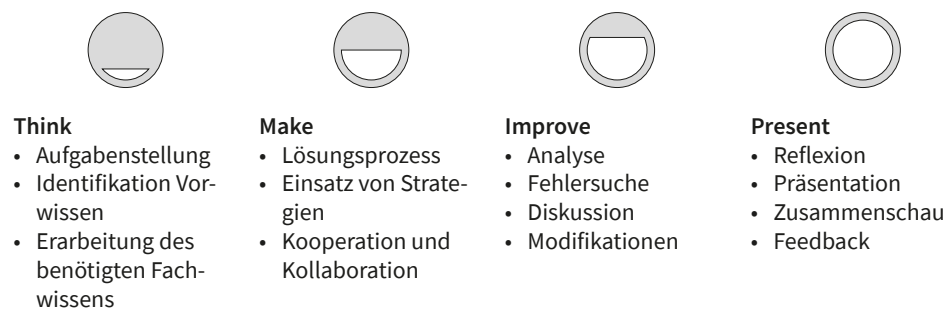
ICT Literacy	Information Literacy	Media Literacy	Communication and collaboration	Learning skills
<ul style="list-style-type: none"><li>Digitale Geräte und Anwendungen nutzen und an die eigenen Bedürfnisse und Anforderungen anpassen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Informationen finden, interpretieren, bewerten, organisieren und weitergeben</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Kritische Auseinandersetzung mit digitalen Technologien und kreatives Gestalten von unterschiedlichen Medienformaten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Teilnahme an digitalen Lernnetzwerken</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Effektives Lernen in technologiegestützten Umgebungen</li></ul>
<b>Computational Thinking mit Educational Robotics (CT &amp; ER)</b>				

**Abb. 2:** Adaptierung und Erweiterung des JISC-Modells (JISC 2014) für das WpF. C & R.

Zur Vermittlung des Fachwissens im WpF. C & R wurde das in der Weiterbildung der Lehrkräfte verwendete TMIP-Modell (Leitgeb, Zimmermann, und Rollett 2021) für den schulischen Einsatz adaptiert. Es basiert auf den drei Phasen *Think, Make* und *Improve* des TMI-Modells von Martinez und Stager (2013, 52) und wurde um eine vierte Phase erweitert: In der *Think*-Phase erfolgt die Identifikation der Aufgaben- bzw.



Problemstellung. Dabei wird Vorwissen aktiviert und neues Fachwissen aufgebaut. In der *Make*-Phase wird das aktivierte bzw. neu erworbene Wissen einschliesslich der erarbeiteten Strategien eingesetzt, um die konkrete Aufgabenstellung in einer Gruppe kooperativ und kollaborativ zu lösen (Chen, Wang, und Li 2023). Eine kritische Reflexion in der *Improve*-Phase soll das Ergebnis des Problemlöseprozesses weiter verbessern. In der *Präsentations*phase wird das entstandene Produkt und sein Entstehungsprozess vorgestellt und fachlich mit der Lerngruppe diskutiert. Die Erstellung einer dem jeweiligen Inhalt angemessenen Präsentation des Endprodukts erfordert eine analytische, systematische und didaktisch aufbereitete Darstellung der erarbeiteten Lerninhalte (Leitgeb, Zimmermann, und Rollett 2021, 158). Mit den vier Phasen wird ein vollständiger Arbeitszyklus von der Problemstellung bis zur Darstellung der Ergebnisse abgedeckt, was nach Huber (2009, 11) die Festigung der neu erworbenen Kenntnisse unterstützt.



**Abb. 3:** Das TMIP-Modell von Leitgeb, Zimmermann und Rollett (2021, 158).

## 5. Forschungsdesign und Stichprobe

Im Schuljahr 2018/19 wurde in der siebenten Schulstufe (Sekundarstufe I) aller 38 burgenländischen Mittelschulen (ohne Gymnasien) eine längsschnittliche quasi-experimentelle Studie im Prä-Post-Kontrollgruppendesign durchgeführt. Der erste Messzeitpunkt (MZP) lag im September 2018, der zweite im Februar 2019 (nach den Semesterferien) und der dritte im Juni 2019. Die Datenerhebung erfolgte mithilfe von Online-Fragebögen, wofür die Open-Source-Software Lime Survey verwendet wurde. Die Erhebung wurde von den Lehrkräften der Schulen administriert. Vor jedem MZP erhielten sie dafür eine zweistündige Schulung, in der sie bezüglich des Erhebungsverlaufs instruiert wurden. Die Lehrkräfte bekamen zudem einen Ablaufplan, an dem sie sich orientieren konnten, und Testzugänge zu den Online-Fragebögen, um sich mit dem Ablauf, den Fragen und Aufgabenstellungen vorab vertraut zu machen. Die Bruttostichprobe umfasste 1.676 Schüler:innen. Davon nahmen 1.383 (85,5 Prozent) mit Zustimmung der Eltern an der Studie teil. 404 besuchten das Wpf. C & R (Versuchsgruppe) und 979 andere Wpf. (Kontrollgruppe). Die anderen Wpf.

deckten ein inhaltlich breites Spektrum an Angeboten ab (u. a. naturwissenschaftliche, kreativ-künstlerische, sprachliche und sportliche Angebote). Für die Wpf. sind drei Unterrichtsstunden pro Schulwoche, also insgesamt rund 100 Unterrichtsstunden innerhalb eines Schuljahres vorgesehen.

Darüber hinaus sieht das schulische Curriculum für alle Schüler:innen der siebenten Schulstufe eine Wochenstunde zu Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und eine Wochenstunde Digitale Grundbildung als verbindliche Übung oder integriert in den Fachunterricht vor (BGBl. II Nr. 71/2018), also rund 60 Unterrichtseinheiten zu Inhalten, die in einer direkten thematischen Beziehung zu den im Wpf. C & R vermittelten Inhalten stehen. In dem diesen Stunden unterliegenden Lehrplan wird CT neben den Bereichen gesellschaftliche Aspekte von Medienwandel und Digitalisierung, Informations-, Daten- und Medienkompetenz, Betriebssysteme Standard-Anwendungen, Mediengestaltung, Digitale Kommunikation und Social Media, Sicherheit und technische Problemlösung als eigener Kompetenzbereich berücksichtigt.

### **5.1 Unabhängige Variablen**

Alle unabhängigen Variablen wurden zum ersten MZP erhoben. Das Geschlecht der Schüler:innen wurde dichotom erfasst (0 = männlich, 1 = weiblich). Ihr Alter wurde über das Geburtsjahr und den Geburtsmonat ermittelt.

Zur Abschätzung der kognitiven Grundfähigkeit wurde von den Schüler:innen der Subtest Figurale Analogien des Kognitiven Fähigkeitstests für Kinder (KFT 4-12+; Heller und Perleth 2000) bearbeitet. Die 20 Testaufgaben bestehen aus bildlichen Vorlagen, zu denen eine mündliche Testanweisung gegeben wird.

Zudem wurden verschiedene Indikatoren des soziokulturellen bzw. -ökonomischen familiären Hintergrundes erhoben:

Der *Migrationshintergrund* wurde über das Geburtsland der Eltern und des Kindes ermittelt: «Wurdest du in Österreich geboren?», «Wurde deine Mutter in Österreich geboren?» und «Wurde dein Vater in Österreich geboren?» Sofern das Kind oder ein Elternteil im Ausland geboren wurde, wurde den betreffenden Schüler:innen ein Migrationshintergrund zugeschrieben (Kodierung: 0 «ohne Migrationshintergrund», 1 «mit Migrationshintergrund»).

Als Indikator für den *schulischen Bildungshintergrund der Eltern* wurde der höchste Schulabschluss der Eltern getrennt für Mutter und Vater erhoben. Die Antwortkategorien entsprechen den Abschlüssen des österreichischen Schulsystems: «Kein Schulabschluss», «Pflichtschulabschluss (Hauptschule, Neue Mittelschule,

Mittelschule)», «Matura (Gymnasium, HTL<sup>1</sup> oder HAK<sup>2</sup>)» und «Weiss ich nicht». Den Familien wird ein höherer schulischer Bildungshintergrund zugeordnet, wenn mindestens ein Elternteil die allgemeine Hochschulreife erworben hat (0 = keine höhere schulische Bildung, 1 = mit höherer schulischer Bildung).

Der Index *Familienwohlstand* wurde mit vier Items aus dem gleichnamigen, in PISA 2018 verwendeten Instrument erfasst (Mang et al. 2019, 30): Welche der folgenden Dinge gibt es bei dir zu Hause: «Einen Fernseher», «Ein zweites Auto», «Ein oder mehrere Musikinstrumente (z. B. Gitarre, Klavier, Geige)», «Einen Rasenmäher»? Die Items waren, anders als im Original, mit «ja» oder «nein» zu beantworten (Kodierung: 0 «liegt nicht vor», 1 «liegt vor»). Die Antworten auf die vier Items wurden aufsummiert (Werterange 0 bis 4).

Der Index *Ressourcen zu Hause* umfasst eine Auswahl von drei Items des gleichnamigen in PISA 2018 eingesetzten Index (Mang et al. 2019, 30). Die Items waren mit «ja» oder «nein» zu beantworten (Kodierung: 0 «liegt nicht vor», 1 «liegt vor»): Welche der folgenden Dinge gibt es bei dir zu Hause? «Einen Schreibtisch oder Arbeitsplatz für dich allein», «Einen ruhigen Platz zum Lernen», «Einen Computer oder Laptop, den du für Hausaufgaben verwenden kannst?». Die Antworten auf die drei Items wurden summiert (Werterange 0 bis 3).

## 5.2 Abhängige Variablen

Die Skala *Fähigkeitsselbstkonzept im Umgang mit digitalen Medien* (FSK-UDM) umfasst sechs Items, die auf einer vierstufigen Likert-Skala (1 = trifft zu, 2 = trifft eher zu, 3 = trifft eher nicht zu, 4 = trifft nicht zu) zu beantworten sind. Die Schüler:innen schätzen dabei ihre eigenen Kompetenzen in Bezug auf das Wissen, die Fähigkeit und die Nutzung von digitalen Medien ein. Dabei wird bei einem Item eine soziale Referenz zu Mitschüler:innen hergestellt. Ein weiteres Item stellt einen Bezug zum Begabungskonzept her. Die übrigen Items betreffen Einschätzungen der individuellen Zugänglichkeit bzw. Nützlichkeit digitaler Medien für das Lernen und die Angemessenheit der eigenen Kenntnisse für in der Schule gestellte Aufgaben: «Ich kenne mich mit digitalen Medien (Computer, Tablet und Laptop) besser aus als meine Schulkolleg\_innen», «Ich bin im Umgang mit digitalen Medien (Computer, Tablet und Laptop) begabt.», «Für das, was ich in der Schule brauche, komme ich gut mit digitalen Medien (Computer, Tablet und Laptop) aus», «Ich finde das Arbeiten mit digitalen Medien (Computer, Tablet und Laptop) sehr einfach», «Digitale Medien (Computer, Tablet und Laptop) sind gute Hilfsmittel für das Lernen» und «Digitale

---

1 Höhere Technische Lehranstalten (HTL) sind österreichische berufsbildende höhere Schulen mit einem Schwerpunkt in Technik, Gewerbe oder Kunstgewerbe.

2 Handelsakademien (HAK) sind österreichische berufsbildende höhere Schulen mit wirtschaftlichem Schwerpunkt.

Medien (Computer, Tablet und Laptop) sind zu kompliziert für mich» (rek.). Die FSK-UDM Skala wurde zu allen drei MZP erhoben (Cronbachs Alpha = .79, .82 bzw. .86).

Die Skala *Fähigkeitsselbstkonzept im Umgang mit spezifischen digitalen Technologien* (FSK-SDT) erfasst Einschätzungen der eigenen Kenntnisse bzw. Fähigkeiten, die sich auf verschiedene Formen von digitalen Technologien und typische Tätigkeiten im Umgang mit ihnen beziehen. Auch diese Skala dient zur Erfassung des auf digitale Technologien bezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts, konkretisiert dabei aber verschiedene Arten von Medien und typische Aufgabenstellungen. Die Beantwortung der insgesamt elf Items erfolgt mittels der im österreichischen Schulsystem üblichen fünfstufigen Notenskala (1 «sehr gut», 2 «gut», 3 «befriedigend», 4 «genügend», 5 «nicht genügend»). Die Instruktion lautete «Wenn du dir eine Schulnote geben müsstest: Wie gut kennst du dich in folgenden Dingen auf einer Notenskala von 1 bis 5 aus?». Die zu bewertenden Bereiche waren: «(1) gezieltes Finden von Informationen im Internet, (2) Internet, (3) Smartphone, (4) Computerspiele, (5) Computerprogramme, (6) Programmieren mit Scratch, (7) Computer und Hardware, (8) Apps auf einem Smartphone installieren, (9) Computerprobleme beheben, (10) Videos aufnehmen und schneiden, (11) eine Präsentation mit dem Computer erstellen». Die letzten drei Items wurden dem Instrument zur Erfassung der computerbezogenen Selbstwirksamkeit von Spannagel und Bescherer (2009) entlehnt und für die vorliegende Verwendung adaptiert. Die Skala wurde zu allen drei MZP erhoben (Cronbachs Alpha = .80, .83 bzw. .85). Alle Items beziehen sich auf Inhalte, die in der untersuchten Schulstufe auch Teil des Curriculums des für alle Schüler:innen verbindlichen Fachs Digitale Grundbildung waren.

Die Skala *Schulbezogenes Akademisches Selbstkonzept* (SASK) wurde in Anlehnung an bereits eingeführte Instrumente zur Erfassung des akademischen Fähigkeitsselbstkonzepts bei Schüler:innen konzipiert. Sie besteht aus fünf Items, die auf einer dreistufigen Likert-Skala zu beantworten sind (1 = ja, 2 = unsicher, 3 = nein): «Ich bin in einem Unterrichtsfach besonders gut», «in den meisten Unterrichtsfächern lerne ich schnell», «In den meisten Unterrichtsfächern habe ich gute Noten», «Das Lernen von neuen Sachen fällt mir leicht» und «Ich bin für die Schule begabt». Theoretische Grundlage für die Itementwicklung war die Definition des Akademischen Selbstkonzepts von Schöne et al. (2002). Die SASK-Skala wurde zu den MZP1 und 3 abgefragt.

Die Antworten der drei Skalen wurden aufsummiert und durch die Anzahl der Items geteilt (FSK-UDM Range 1-4; FSK-SDT Range 1-5; SASK Range 1-3). Die Eindimensionalität der drei Fähigkeitsselbstkonzeptskalen wurde mittels explorativer Faktorenanalyse geprüft. Sowohl das Bartlett-Chi-Quadrat als auch der Kaiser-Meyer-Olkin-Measure-of-Sampling-Adequacy (KMO) belegen die Angemessenheit der

Skalenbildung. Die mittels Cronbachs Alpha geprüfte interne Konsistenz der Skalen erwies sich für alle drei Skalen zu allen drei MZP als gut (FSK-UDM:  $\alpha = .79-.86$ , FSK-SDT:  $\alpha = .80-.83$ ; SASK:  $\alpha = .84-.85$ ).

Erwartet wird, dass sich die Schüler:innen der Versuchsgruppe bezüglich der drei Fähigkeitsselbstkonzeptskalen im Mittel signifikant günstiger entwickeln als jene der Kontrollgruppe. Der inferenzstatistische Vergleich der Mittelwerte von Versuchs- und Kontrollgruppe erfolgt anhand von einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung. Effekte des Wpf. C & R werden über die Testung des Interaktionsterms Gruppe x Zeit geprüft. Zur Prüfung auf Normalverteilung in den abhängigen Variablen wurden im Vorfeld der Analysen Schiefe und Wölbung der Verteilungen sowie PP-Plots herangezogen. Dabei ergaben sich keine Hinweise auf eine bedeutende Verletzung der Normalverteilungsannahme. Allen Signifikanztests wurde ein Alpha von fünf Prozent (zweiseitig) als Irrtumswahrscheinlichkeit unterlegt.

### 5.3 Fehlende Werte

Von den 1.383 Schüler:innen der Stichprobe nahmen zum ersten MZP 1.222 (88,4 Prozent), zum zweiten MZP 1.253 (90,6 Prozent) und zum dritten MZP 1.213 (87,7 Prozent) teil. Bezogen auf die Items der abhängigen Variablen *FSK-UDM*, *FSK-SDT* und *SASK* fehlten zu den drei bzw. zwei MZP beim *FSK-UDM* 3.1, 1.8 bzw. 1.8 Prozent, beim *FSK-SDT* 2.9, 2.1 und 1.8 Prozent und beim *SASK* 3.6 und 1.9 Prozent der Werte. Zur Schätzung der fehlenden Werte wurden die Daten multipel imputiert (Royston et al. 2009). Dabei wurden zu den Variablen Schule, Alter, Geschlecht, Migrationshintergrund, schulischer Bildungshintergrund der Eltern, Familienwohlstand, Ressourcen zu Hause, Anzahl der Bücher zu Hause, die Familiensprache, die Rohwerte des KFT zum ersten MZP und das gewählte Wahlpflichtfach als Hilfsvariable für die Schätzung der fehlenden Werte verwendet. Der Ausfallprozess wurde als Missing at Random (MAR) modelliert, da das Muster der fehlenden Werte mit den übrigen Items der Skala zusammenhing (Göthlich 2007, 121). Als Verfahren wurden der Multiple-Imputation-by-Chained-Equations-Algorithmus (MICE) (Buuren und Groothuis-Oudshoorn 2011) und der Imputationsalgorithmus Classification and Regression Trees (CART) mit 20 Imputationen und 40 Iterationen (Graham et al. 2007) verwendet. Die Imputation führte nur zu marginalen Veränderungen in den Mittelwerten und Streuungen der verwendeten Variablen.

## 6. Ergebnisse

Die in Tabelle 1 aufgeführten Werte zeigen, dass Versuchsgruppe (Wpf. C & R) und Kontrollgruppe (anderes Wpf.) in Bezug auf den soziokulturellen bzw. -ökonomischen Hintergrund (mit Ausnahme des Geschlechts) ähnlich zusammengesetzt sind. Weder in Bezug auf den Migrationshintergrund, die Anzahl der Bücher zu Hause, den schulischen Bildungshintergrund der Eltern noch auf Familienwohlstand oder Ressourcen zu Hause zeigen sich signifikante Unterschiede. Allerdings wird das Wpf. C & R deutlich seltener von Mädchen gewählt (33% vs. 67%), während das Geschlechterverhältnis in den anderen Wpf. ausgeglichen ist (51% vs. 49%). Gleichzeitig zeigen die Schüler:innen, die am Wpf. C & R teilnehmen, eine im Mittel etwas geringere kognitive Fähigkeit, figurale Analogien zu erkennen. Mit einem Cohens *d* von .16 entspricht dieser Unterschied einem kleinen Effekt.

	Versuchsgruppe Wpf. C & R MW (SD)	Kontrollgruppe anderes Wpf. MW (SD)	Chi <sup>2</sup> - bzw. U-Test
Geschlecht <sup>1</sup>	.33	.51	Chi <sup>2</sup> = 39.74** p < .001
Migrationshintergrund <sup>2</sup>	.21	.26	Chi <sup>2</sup> = 2.01 p = .155
Anzahl der Bücher zu Hause	2.71 (1.10)	2.66 (1.14)	Z = .76 p = .761
Schulischer Bildungshintergrund der Eltern <sup>4</sup>	0.14	0.14	Z = .92 p = .895
Familienwohlstand	3.25 (.87)	3.19 (.88)	Z = .77 p = .785
Ressourcen zu Hause	2.76 (.53)	2.78 (.47)	Z = .64 p = .630
Testleistung Figurale Analogien <sup>3</sup>	9.46 (4.82)	10.14 (4.63)	Z = -3.54** p < .001

**Tab. 1:** Vergleich der Zusammensetzung von Versuchs- und Kontrollgruppe (Anteile bzw. Mittelwerte und Streuungen). Datengrundlage: Multipel imputierte Daten;  $n = 1.383$ ,  $n_{VG} = 404$ ,  $n_{KG} = 979$ . \*\*  $p < .01$  (zweiseitig). <sup>1</sup> Geschlecht: 0 = männlich, 1 = weiblich. <sup>2</sup> Migrationshintergrund: 1 = mit Migrationshintergrund, 0 = ohne Migrationshintergrund. <sup>3</sup> KFT 4-12 Subtest Figurale Analogien MZP 1. <sup>4</sup> Schulischer Bildungshintergrund der Eltern: 1 = mindestens ein Elternteil mit allgemeiner Hochschulreife, 0 = kein Elternteil mit allgemeiner Hochschulreife.

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte und Streuungen der Versuchs- und der Kontrollgruppe für die drei Fähigkeitsselbstkonzeptskalen zu den drei MZP sowie die Ergebnisse der inferenzstatistischen Auswertungen für die zu prüfenden Interaktionseffekte angeführt. Für die Skala *Fähigkeitsselbstkonzept im Umgang mit digitalen Medien* (FSK-UDM) zeigt sich eine signifikante Interaktion zwischen Gruppenfaktor

und Zeit (Greenhouse-Geisser  $F = 117.45$ ,  $p < .001$ ). Mit einem partiellen  $\eta^2$  von .079 handelt es sich nach Cohen (1988) um einen Effekt mittlerer Grösse zugunsten der Schüler:innen, die am Wpf. C & R teilgenommen haben. Ähnlich fallen die Befunde für die Skala *Fähigkeitsselbstkonzept im Umgang mit spezifischen digitalen Technologien* (FSK-SDT) aus. Auch hier zeigt sich eine signifikante Interaktion Gruppe x Zeit (Greenhouse-Geisser  $F = 98.03$ ,  $p < .001$ ) mit einem partiellen  $\eta^2$  von .60 zugunsten der Schüler:innen des Wpf. C & R. Auch für das *Schulbezogene Akademische Selbstkonzept* (SASK) ergibt sich ein signifikanter Interaktionseffekt (Greenhouse-Geisser  $F = 192.54$ ,  $p < .001$ ) zugunsten der Schüler:innen, die am Wpf. C & R teilnehmen. Mit einem partiellen  $\eta^2$  von .123 ist es ein Effekt mittlerer Grösse.

Abhängige Variable	Versuchs- und Kontrollgruppe	MZP 1 MW (s)	MZP 2 MW (s)	MZP 3 MW (s)	Interaktionseffekte Gruppe x Zeit	
					F (p)	Partielles $\eta^2$
Fähigkeitsselbstkonzept im Umgang mit digitalen Medien (FSK-UDM)	Wpf. C & R	2.90 (.48)	3.39 (.46)	4.18 (.52)	117.45** ( $< .001$ )	.079
	Anderes Wpf.	3.01 (.51)	3.27 (.58)	3.71 (.68)		
Fähigkeitsselbstkonzept im Umgang mit spezifischen digitalen Technologien (FSK-SDT)	Wpf. C & R	3.31 (.61)	3.69 (.65)	4.18 (.68)	98.56** ( $< .001$ )	.060
	Anderes Wpf.	3.09 (.60)	3.71 (.60)	3.73 (.66)		
Schulbezogenes Akademisches Selbstkonzept (SASK)	Wpf. C & R	2.24 (.51)	--	2.67 (.42)	192.54** ( $< .001$ )	.123
	Anderes Wpf.	2.53 (.43)	--	2.55 (.52)		

**Tab. 2:** Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (Greenhouse-Geisser). Datengrundlage: Multipel imputierte Daten;  $n = 1.383$ ,  $n_{VG} = 404$ ,  $n_{KG} = 979$ . \*\*  $p < .01$  (zweiseitig).

## 7. Diskussion

Die Digitalisierung im Speziellen und die technologischen Entwicklungen im Allgemeinen führen zu neuen lebensweltlichen Anforderungen. Damit auch zukünftig die Schule ihrem Bildungsauftrag gerecht werden kann, sind Anpassungen der schulischen Curricula erforderlich. Angebote, die sich am Konzept des Computational Thinking (CT) unter Verwendung von Educational Robotics (ER) orientieren, bieten eine tragfähige Grundlage, um eine geeignete didaktisch-pädagogische Aufbereitung der dazu notwendigen curricularen Inhalte zu leisten und eine Implementation in das schulische Curriculum vorzunehmen. Für CT wie auch für ER liegen Befunde vor, dass Schüler:innen in verschiedener Hinsicht kognitiv und motivational von der

Teilnahme an solchen Lernangeboten profitieren. Hinsichtlich der Kombination der beiden Ansätze ist dies bisher nicht der Fall. Dies war Anlass, das im österreichischen Burgenland eingeführte Wpf. C & R bezüglich seiner Wirkungen auf die teilnehmenden Schüler:innen zu untersuchen. Im vorliegenden Beitrag wurde die Entwicklung des Fähigkeitsselbstkonzepts in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt, da hier sowohl zu CT bzw. ER als auch zu CT & ER eine Forschungslücke besteht.

Dazu wurden 1.383 Schüler:innen der siebenten Schulstufe aller 38 Mittelschulen der Sekundarstufe I (ohne Gymnasien) im Burgenland untersucht. Die Datenerhebung erfolgte zu Beginn, zur Mitte und zum Ende des Schuljahres 2018/19. 404 Schüler:innen besuchten das Wpf. C & R. 979 Schüler:innen ein anderes. Die beiden Gruppen wurden in Bezug auf die Entwicklung von drei Aspekten des Fähigkeitsselbstkonzepts (FSK) verglichen: Das *Fähigkeitsselbstkonzept im Umgang mit digitalen Medien* (FSK-UDM), das *Fähigkeitsselbstkonzept im Umgang mit spezifischen digitalen Technologien* (FSK-SDT) sowie das *Schulbezogenen Akademische Fähigkeitsselbstkonzept* (SASK).

Die mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführten Analysen ergaben, dass sich die Schüler:innen, die am Wpf. C & R teilnahmen, in allen drei Aspekten des FSK positiver entwickelten als die Schüler:innen, die an den alternativen Wpf. teilnahmen. Die nachgewiesenen Effekte waren jeweils von mittlerer Grösse. Demnach schätzen sich die Schüler:innen, die das Wpf. C & R belegten, im Umgang mit digitalen Medien bzw. Technologien sowie in Bezug auf das allgemeine Fähigkeitsselbstkonzept, kompetenter ein als die Kontrollgruppe. Die Effektstärke der vorliegenden Studie liegt dabei im Bereich der metaanalytisch für kognitive Variablen ermittelten Effekte (Zhang et al. 2021; Wang et al. 2023; Scherer, Siddiq, und Viveros 2019).

Trotzdem sind bei der Interpretation der Ergebnisse auch einige Limitationen zu berücksichtigen. Die Erhebung fand nur in einer Alterskohorte statt. Alle Angaben zu individuellen sowie häuslichen Merkmalen wurden von den befragten Schüler:innen gemacht. Die hierfür aus der Literatur entlehnten Instrumente mussten aufgrund der beschränkten Testzeiten gekürzt und für die vorliegende Altersstufe vereinfacht werden. Die drei Skalen zum FSK haben sich in den Skalenanalysen zwar bewährt, es handelt sich allerdings um Neuentwicklungen. Die Einschätzung des schulbezogenen akademischen Selbstkonzeptes beruht nur auf fünf Items. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die beiden Skalen, die sich auf digitale Medien bzw. Technologien beziehen, eine Nähe zu den im Wpf. C & R vermittelten Inhalten haben.

Dennoch liefern die berichteten Befunde aus unserer Sicht wichtige Erkenntnisse dahingehend, dass durch eine im schulischen Curriculum verankerte Auseinandersetzung mit CT in Verbindung mit ER (CT & ER) eine positive Entwicklung des FSK der teilnehmenden Schüler:innen, erreicht werden kann. Diese Vermutung konnte bestätigt werden, obwohl alle Schüler:innen der VG und KG im Untersuchungszeitraum



eine Schulstunde pro Woche im Fach Digitale Grundbildung eine weitere in Informations- und Kommunikationstechnologie unterrichtet wurden. Von besonderer Bedeutung ist dabei der Zuwachs des *Schulbezogenen Akademischen Selbstkonzepts* (SASK), zeigt die Forschung zum akademischen Fähigkeitsselbstkonzeptes von Schüler:innen doch, dass positive Veränderungen hier mit einer positiven Entwicklung des Verhaltens in Lern- und Leistungssituationen und einer Verbesserung schulischer Leistungen einhergehen (z. B. Marsh et al. 2005; Wilkins 2004; Oliver und Simpson 1988; Hansford und Hattie 1982).

Der ermutigenden Befund unserer Untersuchung unterstreicht den Bedarf an weiterführenden Forschungen im Bereich CT&ER. In Bezug auf die in diesem Beitrag berichteten Ergebnisse sind weitere Studien zu Auswirkungen entsprechender Lernangebote auf verschiedene Aspekte des FSK von Schüler:innen unterschiedlicher Altersgruppen wünschenswert. Darüber hinaus gibt es in Bezug auf Wirkungen von CT&ER auf die Entwicklung von kognitiven und nicht-kognitiven Merkmalen von Schüler:innen einen bedeutsamen Forschungsbedarf. Diesbezüglich am effektivsten wäre ein systematisches Forschungsprogramm, das die Wirkungen und die Wirkmechanismen entsprechend gestalteter Lernangebote für unterschiedliche nicht-kognitive Variablen und Gruppen von Lernenden in den Blick nimmt. Hierbei erscheint eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Fachdidaktiken, Computerwissenschaften und Bildungswissenschaften als aussichtsreiche Strategie zur Entwicklung geeigneter Forschungsprogramme.

Die bisher vorliegende Forschung belegt, dass die Implementation von CT, ER bzw. CT&ER in die schulische Bildungspraxis einen wichtigen Beitrag für die Entwicklung von Lernenden und ihre Vorbereitung auf die Anforderungen des 21. Jahrhunderts leisten kann. Entsprechend umgesetzt, bietet sie den Schüler:innen vielfältige Perspektiven für ihre zukünftige persönliche und berufliche Entwicklung. Schulen benötigen bei der Implementation entsprechender curricularer Elemente allerdings zentrale Unterstützung auf konzeptueller Ebene wie auch in Bezug auf die erforderlichen technischen Ressourcen, um das volle Potenzial dieser Bildungsansätze ausschöpfen zu können.

## Literatur

- Agatolio, Francesca, Patrik Pluchino, Valeria Orso, Emanuele Menegatti, und Luciano Gamberini. 2018. «How Robots Impact Students' Beliefs about Their Learning Skills». In *Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '18)*, herausgegeben von Association for Computing Machinery, 47–48. <https://doi.org/10.1145/3173386.3177042>.
- Alimisis, Dimitris, und Chronis Kynigos. 2009. «Constructionism and robotics in education». *Teacher Education on Robotic-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*: 11–26. Athens: ASPETE. [http://roboesl.eu/wp-content/uploads/2017/08/chapter\\_1.pdf](http://roboesl.eu/wp-content/uploads/2017/08/chapter_1.pdf).
- Angel-Fernandez, Julian, und Markus Vincze. 2018. «Towards a formal definition of Educational Robotics». *Proceedings of the Austrian Robotics Workshop 2018*: 37–42. Innsbruck: University Press. <https://doi.org/10.15203/3187-22-1-08>.
- Angeli, Charoula, Joke Voogt, Andrew Fluck, Mary Webb, Margaret Cox, Joyce Malyn-Smith, und Jason Zagami. 2016. «A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework: Implications for Teacher Knowledge.» *Journal of Educational Technology & Society* 19 (3): 47–57. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.3.47>.
- Angeli, Charoula, und Michail Giannakos. 2020. «Computational thinking education: Issues and challenges». *Computers in Human Behavior* 105: 106–85. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185>.
- Anwar, Saira., Nicholas Alexander Bascou, Mushin Menekse, und Asefeh Kardgar. 2019. «A Systematic Review of Studies on Educational Robotics». *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)* 9 (2): Article 2. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223>.
- Balanskat, Anja, und Katja Engelhart. 2015. «Computing our future: Computing programming and coding – Priorities, school curricula and initiatives across Europe». Brüssel: European Schoolnet. [http://www.eun.org/documents/411753/817341/Computing+our+future\\_final\\_2015.pdf/d3780a64-1081-4488-8549-6033200e3c03](http://www.eun.org/documents/411753/817341/Computing+our+future_final_2015.pdf/d3780a64-1081-4488-8549-6033200e3c03).
- Barr, Valerie, und Chris Stephenson. 2011. «Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community?» *Inroads* 2: 48–54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>.
- Baumgartner, Peter, Christian Tarnai, Birgit Wolf, und Bernhard Ertl. 2014. «Technologiebasiertes Problemlösen im Kontext der Erwerbstätigkeit». *Schlüsselkompetenzen von Erwachsenen – Vertiefende Analysen der PIAAC-Erhebung 2011/2012*: 376–94. Wien: Statistik Austria. [https://portfolio.peter-baumgartner.net/files/pdf/2014/Baumgartner\\_et\\_al\\_2014\\_Technologiebasiertes-Problemlösen.pdf](https://portfolio.peter-baumgartner.net/files/pdf/2014/Baumgartner_et_al_2014_Technologiebasiertes-Problemlösen.pdf).
- Brandhofer, Gerhard, und Christian Wiesner. 2018. «Medienbildung im Kontext der Digitalisierung: Ein integratives Modell für digitale Kompetenzen». *R&A E-SOURCE* 1 (10). <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/574>.
- Breiter, Andreas, Stefan Welling, und Björn Eric Stolpmann. 2010. «Medienkompetenz in der Schule. Integration von Medien in den weiterführenden Schulen in Nordrhein-Westfalen». Berlin: Vistas. [https://www.medienanstalt-nrw.de/fileadmin/user\\_upload/lfm-nrw/Foerderung/Forschung/Dateien\\_Forschung/LfM-Band-64.pdf](https://www.medienanstalt-nrw.de/fileadmin/user_upload/lfm-nrw/Foerderung/Forschung/Dateien_Forschung/LfM-Band-64.pdf).

- Budiyanto, Cucuk, Regina Fitriyaningsih, Faiz Kamal, Rosihan Ariyuana, und Agus Efendi. 2020. «Hands-on Learning In STEM: Revisiting Educational Robotics as a Learning Style Precursor». *Open Engineering* 10 (1): 649–57. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0071>.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. 2018. «Änderung der Verordnung über die Lehrpläne der Neuen Mittelschulen sowie der Verordnung über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen». BGBl II Nr. 71/2018. <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2018/71/20180419>.
- Buuren, Stef van, und Karin Groothuis-Oudshoorn. 2011. «mice: Multivariate imputation by chained equations in R». *Journal of Statistical Software* 45 (3): 1–67. <https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>.
- Catlin, Dave, und Woollard John. 2014. «Educational robots and computational thinking.» In *Robotics in Education: current research and innovations*, herausgegeben von Muniz Merdan, Wilfried Lepuschitz, Gottfried Koppensteiner, Richard Balogh, und David Obdrzalek, 144–51. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26945-6>.
- Chen, Yunshan, Yining Wang, und Yanyan Li. 2023. «The Effectiveness of Teaching Approaches in Computational Thinking Education: A Meta-Analysis». In *Proceedings of the 14th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC '22)*, herausgegeben von Association for Computing Machinery, 386–92. <https://doi.org/10.1145/3572549.3572611>.
- Cohen, Jacob. 1988. «Statistical power analysis for the behavioral sciences». Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum.
- Computer Science Teachers Association, und International Society for Technology in Education. 2011. «Operational Definition for Computational Thinking». <https://cdn.iste.org/www-root/ct-documents/computational-thinking-operational-definitionflyer.pdf?sfvrsn=2>.
- Computer Science Teachers Association. 2011. «K-12 Computer Science Standards». Revised 2011. <https://www.csteachers.org/Page/standards>.
- Computer Science Teachers Association. 2017. «CSTA K-12 Computer Science Standards (Revised 2017)». <https://www.doe.k12.de.us/cms/lib/DE01922744/Centricity/Domain/176/CSTA%20Computer%20Science%20Standards%20Revised%202017.pdf>.
- Department of Education UK. 2013. «Computing programmes of study: key stages 1, 2, 3 and 4». [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/239067/SECONDARY\\_national\\_curriculum\\_-\\_Computing.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/239067/SECONDARY_national_curriculum_-_Computing.pdf).
- Eccles, Jaquelynne. 2005. «Subjective task value and the Eccles et al. model of achievement-related choices.» In *Handbook of competence and motivation*, herausgegeben von Andrew J. Elliot, und Carol S. Dweck, 105–21. New York: The Guilford Press.
- Eguchi, Amy. 2014. «Educational robotics for promoting 21 century skills». *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems* 8 (1): 5–11. [https://doi.org/10.14313/JAM-RIS\\_1-2014/1](https://doi.org/10.14313/JAM-RIS_1-2014/1).

- Eguchi, Amy. 2016. «Computational thinking with educational robotics». In *Proceedings of society for information technology & teacher education international conference*, herausgegeben von Gregory Chamblee, und Lee Langub, 79–84. Savannah: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/p/172306>.
- Eickelmann, Birgit, Jan Vahrenhold, und Amelie Labusch. 2019a. «Der Kompetenzbereich <Computational Thinking>: erste Ergebnisse des Zusatzmoduls für Deutschland im internationalen Vergleich». In *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schüler:innen im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*, herausgegeben von Birgit Eickelmann, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, und Jan Vahrenhold, 367–98. Münster: Waxmann. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-183309>.
- Eickelmann, Birgit, Wilfried Bos, und Amelie Labusch. 2019b. «Die Studie ICILS 2018 im Überblick – Zentrale Ergebnisse und mögliche Entwicklungsperspektiven». In *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schüler:innen im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*, herausgegeben von Birgit Eickelmann, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, und Jan Vahrenhold, 7–32. Münster, New York: Waxmann. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-183309>.
- Fadel, Charles, Maya Bialik, und Bernie Trilling. 2017. «Die vier Dimensionen der Bildung – Was Schüler:innen im 21. Jahrhundert lernen müssen». Hamburg: ZLL21.
- Ferrari, Anusca. 2013. «DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe». <http://digcomp.org.pl/wp-content/uploads/2016/07/DIGCOMP-1.0-2013.pdf>.
- Fislake, Martin. 2022. «Educational Robotics Between Coding and Engineering Education.» In *Research Anthology on Computational Thinking, Programming, and Robotics in the Classroom*, herausgegeben von Information Resources Management Association, 824–57. Hershey, PA: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-2411-7.ch036>.
- Göthlich, Stephan E. 2007. «Zum Umgang mit fehlenden Daten in grosszahligen empirischen Erhebungen». In *Methodik der empirischen Forschung*, herausgegeben von Sönke Albers, Daniel Klapper, Udo Konradt, Achim Walter, und Joachim Wolf, 119–34. Wiesbaden: Gabler.
- Graham, John, Allison Olchowski, und Tamika Gilreath. 2007. «How Many Imputations Are Really Needed? Some Practical Clarifications of Multiple Imputation Theory». *Prevention Science: the Official Journal of the Society for Prevention Research* 8: 206–13. <https://doi.org/10.1007/s11121-007-0070-9>.
- Grover, Shuchi, und Roy Pea. 2017. «Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come.» In *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School* herausgegeben von Sue Sentance, Erik Barendsen, und Carsten Schulte, 19–38. London: Bloomsbury Academic. <https://doi.org/10.5040/9781350057142.ch-003>.

- Guay, Frederic, Herbert W. Marsh, und Michel Bolvin. 2003. «Academic self-concept and academic achievement: Developmental perspectives on their causal ordering». *Journal of Educational Psychology* 95 (1): 124–36. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.1.124>.
- Guggemos, Josef. 2021. «On the predictors of computational thinking and its growth at the high-school level». *Computers & Education* 161. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104060>.
- Hansford, Brian, und J. Hattie. 1982. «The relation between self and achievement/ performance measures». *Review of Educational Research* 52: 123–42. <https://doi.org/10.3102%2F00346543052001123>.
- Heller, Kurt, und Christoph Perleth. 2000. «Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R)». Göttingen Hogrefe.
- Huang, Chiungjung. 2011. «Self-concept and academic achievement: A meta-analysis of longitudinal relations». *Journal of School Psychology* 49 (5): 505–28. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2011.07.001>.
- Huber, Ludwig. 2009. «Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist». In *Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen*, herausgegeben von Ludwig Huber, Julia Hellmer, und Friederike Schneider, 9–35. Bielefeld: Universitäts Verlag Webler. [https://www.fh-potsdam.de/fileadmin/user\\_upload/forschen/material-publikation/Huber\\_Warum\\_Forschendes\\_Lernen\\_noetig\\_und\\_moeglich\\_ist.pdf](https://www.fh-potsdam.de/fileadmin/user_upload/forschen/material-publikation/Huber_Warum_Forschendes_Lernen_noetig_und_moeglich_ist.pdf).
- Ilic, Ulas, Halil Ibrahim Haseski, und Ufuk Tugtekin. 2018. «Publication Trends over 10 years of computational Thinking Research». *Contemporary Educational Technology* 9(2): 131–53. <https://doi.org/10.30935/cet.414798>.
- Ioannou, Andri, und Eria Makridou. 2018. «Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future work». *Educ Inf Technol* 23: 2531–44. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9729-z>.
- Iyer, Sridhar. 2019. «Teaching-Learning of Computational Thinking in K-12 Schools in India». In *Computational Thinking Education*, herausgegeben von Siu-Cheung Kong, und Harold Abelson, 363–82. Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_20).
- Joint Information Systems Committee (JISC). 2014. «Developing Digital Literacies» <https://www.jisc.ac.uk/guides/developing-digital-literacies>.
- Karampinis, Tassos. 2018. «Robotics-Based Learning Interventions and Experiences from our Implementations in the RobESL Framework». *International Journal of Smart Education and Urban Society* 9(1): 1–13. <https://doi.org/10.4018/IJSEUS.2018010102>.
- Kim, Byeongsu, Taehun Kim, und Jonghoon Kim. 2013. «Paper-and-Pencil Programming Strategy toward Computational Thinking for Non-Majors: Design Your Solution». *Journal of Educational Computing Research* 49(4): 437–59. <https://doi.org/10.2190/EC.49.4.b>.
- Kwon, Sei, und Katri Schroderus. 2017. «Coding in schools: Comparing integration of programming into basic education curricula of Finland and South Korea». Finnish Society on Media Education. <http://mediakasvatus.fi/wp-content/uploads/2018/06/Coding-in-schools-FINAL-2.pdf>.

- Leonard, Jacqueline, Alan Buss, Ruben Gamboa, Monica Mitchell, Olatokunbo Fashola, Tarcia Hubert, und Sultan Almughyirah. 2016. «Using robotics and game design to enhance Children's self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills». *Journal of Science Education and Technology* 25 (6): 860–76. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9628-2>.
- Leitgeb, Thomas. 2018. «Coding und Robotik für alle». *OCG Journal* 43(1): 32–33. <https://www.ocg.at/sites/ocg.at/files/medien/pdfs/OCG-Journal1801.pdf>.
- Leitgeb, Thomas. 2019. «Digital-unterstützte Lehrkräftefortbildung am Beispiel Coding und Robotik». Master Thesis, University of Applied Sciences Burgenland. [https://www.researchgate.net/publication/336578633\\_Digital\\_inkludierte\\_Lehrerprofessionalisierung\\_am\\_Beispiel\\_von\\_Coding\\_und\\_Robotik\\_ii](https://www.researchgate.net/publication/336578633_Digital_inkludierte_Lehrerprofessionalisierung_am_Beispiel_von_Coding_und_Robotik_ii).
- Leitgeb, Thomas, Alexander Zimmermann, und Wolfram Rollett. 2021. «Der Hochschullehrgang Coding und Robotik für Lehrkräfte an der Pädagogischen Hochschule Burgenland. Konzeption, Implementation und erste Ergebnisse einer Begleitevaluation». *MedienPädagogik* 42: 152–168. <https://doi.org/10.21240/mpaed/42/2021.04.29.X>.
- Leonard, Jacqueline, Buss, Riuben Gamboa, Monica Mitchell, Olatokunbo Fashola, Tarcia Hubert, und Sultan Almughyirah. 2016. «Using robotics and game design to enhance children's self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills». *Journal of Science Education and Technology* 25(6): 860–876. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9628-2>.
- Li, Yeping, Alan Schoenfeld, Andrea di Sessa, Arthur Graesser, Lisa Benson, Lyn English, und Richard Duschl. 2020. «Computational Thinking Is More about Thinking than Computing». *Journal for STEM Educ Res* 3: 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00030-2>.
- Lodi, Michael, und Simone Martini. 2021. «Computational Thinking Between Paper and Wing.» *Science & Education* 30: 883–908. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5>.
- Lye, Sze Yee, und Joyce Hwee Ling Koh. 2014. «Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?» *Computers in Human Behavior* 41: 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>.
- Ma, Xiulin, Jingjing Liu, Sheng Li, Chenyu Fan, und Jing Liang. 2019. «Research on the Curriculum Design of the Computer Public Course Oriented to the Cultivation of Computational Thinking Ability». *Creative Education* 10: 3270–85. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.1013250>.
- Mang, Julia, Natalie Ustjanzew, Ina Lesske, Anja Schiepe-Tiska, und Kristina Reiss. 2019. «PISA 2015 Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente». Münster: Waxmann. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-pedocs-174495>.
- Marsh, Herbert, Olaf Köller, Ulrich Trautwein, Oliver Lüdtke, und Jürgen Baumert. 2005. «Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering». *Child Development* 76 (2): 397–416. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2005.00853.x>.

- Marsh, Herbert, und Alison O'Mara. 2008. «Reciprocal effects between academic self-concept, self-esteem, achievement, and attainment over seven adolescent years: Unidimensional and multidimensional perspectives of self-concept». *Personality and Social Psychology Bulletin* 34: 542–52. <https://doi.org/10.1177/0146167207312313>.
- Marsh, Herbert, und Andrew Martin. 2011. «Academic self-concept and academic achievement: Relations and causal ordering». *British Journal of Educational Psychology* 81 (1): 59–77. <https://doi.org/10.1348/000709910X503501>.
- Martinez, Sylvia, und Gary Stager. 2013. «Invent to learn – Making, Tinkering and Engineering in the classroom». Torrance: Constructing Modern Knowledge Press.
- Oliver, Steve, und Ronald D. Simpson. 1988. «Influences of attitude toward science, achievement motivation, and science self-concept on achievement in science: A longitudinal study». *Science Education* 72 (2): 143–55. <https://doi.org/10.1002/sce.3730720204>.
- Pädagogische Hochschule Burgenland (PHB). 2018 «Curriculum Hochschullehrgang Coding und Robotik». [https://www.ph-burgenland.at/fileadmin/user\\_upload/Studium/Hochschullehrgaenge/HLG\\_Coding\\_und\\_Robotik.pdf](https://www.ph-burgenland.at/fileadmin/user_upload/Studium/Hochschullehrgaenge/HLG_Coding_und_Robotik.pdf).
- Royston, Patrick, John B. Carlin, und Ian R. White. 2009. «Multiple Imputation of missing values: New features for mim». *STATA Journal* 9 (2): 252–64. <https://doi.org/10.1177/1536867X0900900205>.
- Rubenstein, Michael, Bo Cimino, Radhika Nagpal, und Justin Werfel. 2015. «AERobot: An affordable one-robot-per-student system for early robotics education». *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*: 6107–13. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2015.7140056>.
- Scheel, Laura, Gergana Vladova, und Andre Ullrich. 2022. «The influence of digital competences, self-organization, and independent learning abilities on students' acceptance of digital learning». *Int J Educ Technol High Educ.* 19 (1): 44. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00350-w>.
- Scherer Ronny, Fazilat Siddiq, und Bárbara Viveros. 2019. «The Cognitive Benefits of Learning Computer Programming: A Meta Analysis of Transfer Effects». *Journal of Psychology* 111(5): 764–92. <https://doi.org/10.1037/edu0000314>.
- Scherer Ronny, Fazilat Siddiq, und Bárbara Sánchez Viveros. 2020. «A meta-analysis of teaching and learning computer programming: Effective instructional approaches and conditions». *Computers in Human Behavior* 109: Article 106349. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106349>.
- Schöne, Claudia, Oliver Dickhäuser, Birgit Spinath, und Joachim Stiensmeier-Pelster. 2002. «Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept: Konstruktion und Überprüfung eines neuen Instrumentes.» *Zeitschrift für differentielle und diagnostische Psychologie* 23 (4): 393–405. <https://doi.org/10.1024//0170-1789.23.4.393>.
- Shi, Wenchong. 2018. «Summary of global research and practice of Computational Thinking». *CEA – Computer Engineering and Applications* 54 (4): 31–35. <http://cea.ceaj.org/EN/Y2018/V54/I4/31>.

- Shuler, Carly, Dixie Ching, Armanda Lewis, und Michael Levine. 2009. «Harnessing the Potential of Mobile Technologies for Children and Learning». In *Mobile Technology for Children: Designing for Interaction and Learning*, herausgegeben von Allison Druin, 43–52. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374900-0.00002-8>.
- Spannagel, Christian, und Christine Bescherer. 2009. «Computerbezogene Selbstwirksamkeitserwartung in Lehrveranstaltungen mit Computernutzung». *Notes on Educational Informatics – Section A: Concepts and Techniques* 5(1): 23–43. [http://www.ph-ludwigsburg.de/fileadmin/subsites/2e-imix-t-01/user\\_files/Journal\\_NEI\\_-\\_PDFs\\_fuer\\_Webauftritt/Section\\_A/Volume\\_5\\_No\\_1\\_2009/NEI\\_Section\\_A\\_Vol.\\_5\\_No.\\_1\\_2009\\_p.\\_23-43\\_-\\_Spannagel\\_Bescherer\\_-\\_Computerbezogene\\_Selbstwirksamkeitserwartungen\\_in\\_Lehrveranstaltungen.pdf](http://www.ph-ludwigsburg.de/fileadmin/subsites/2e-imix-t-01/user_files/Journal_NEI_-_PDFs_fuer_Webauftritt/Section_A/Volume_5_No_1_2009/NEI_Section_A_Vol._5_No._1_2009_p._23-43_-_Spannagel_Bescherer_-_Computerbezogene_Selbstwirksamkeitserwartungen_in_Lehrveranstaltungen.pdf).
- Steiner, Michael, und Klaus Himpsl-Gutermann. 2020. «Computational Thinking Und Kontextorientierung». *Medienimpulse* 58(1). <https://doi.org/10.21243/mi-01-20-21>.
- Toh, Lai Poh Emily, Albert Causo, Pei-Wenig Tzuo, I-Ming Chen, und Song Huat Yeo. 2016. «A Review on the Use of Robots in Education and Young Children». *Journal of Educational Technology & Society* 19(2): 148–63. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.2.148>.
- Undervisningsministeriet. 2018. «Computational tankegang». <https://www.emu.dk/grundskole/teknologiforstaelse>.
- Wang, Kai, Guo-Yuang Sang, Lan-Zi Huang, Shi-Hua Li, und Jiang-Wen Guo. 2023. «The Effectiveness of Educational Robots in Improving Learning Outcomes: A Meta-Analysis». *Sustainability* 15: 4637. <https://doi.org/10.3390/su15054637>.
- Warschauer, Mark, und Tina Matuchniak. 2010. «New Technology and Digital Worlds: Analyzing Evidence of Equity in Access, Use, and Outcomes». *Review of Research in Education* 34(1): 179–225. <https://doi.org/10.3102/0091732X09349791>.
- Wilkins, Jesse. 2004. «Mathematics and science self-concept: An international investigation». *The Journal of Experimental Education* 72(4): 331–46. <https://doi.org/10.3200/JEXE.72.4.331-346>.
- Wing, Jeannette. 2006. «Computational Thinking». *Communication of the ACM* 49: 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Zhang, Ningyu, und Gautam Biswas. 2019. «Defining and Assessing Students' Computational Thinking in a Learning by Modeling Environment». In *Computational Thinking Education*, herausgegeben von Siu-Cheung Kong, und Harold Abelson, 203–21. Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_12).
- Zhang, Yanjun, Ronghua Luo, Yi-Zhen Zhu and Yuan Yin. 2021. «Educational Robots Improve K-12 Students' Computational Thinking and STEM Attitudes: Systematic Review». *Journal of Educational Computing Research* 59: 1450–81. <https://doi.org/10.1177/0735633121994070>.