

Didaktische Ansätze in der MINT-Bildung. Fächerverbindende Aspekte am Beispiel von Educational Robotics

Anastasiya Savran-Wellscheid, Klaus Himpsl-Gutermann,
Michael Steiner

Abstract Deutsch

Der Fachkräftemangel in den technisch-naturwissenschaftlichen Berufen und in der IT-Branche ist in Österreich aktueller denn je. Trotz vielfältiger und attraktiver Jobaussichten zeigt sich ein zu geringes Interesse an Lehrlingsausbildungen, Schulzweigen und Studiengängen. Die gleichzeitig hohen Dropout-Quoten im MINT-Ausbildungsbereich heben den dringenden Handlungsbedarf in der MINT-Bildung hervor. Ausgehend von dem EU-Projekt RoboCoop zeigen wir am Beispiel von Educational Robotics und dem didaktischen Grundprinzip des Computational Thinking, wie Schüler*innen durch innovative, fächerübergreifende Lehr-/Lernsettings für MINT-Themen begeistert werden können und leiten Empfehlungen für die Lehrer*innenbildung und deren Professionalisierung ab.

Schlüsselwörter

MINT, Didaktik, Computational Thinking, Robotik, Lehrer*innenausbildung, Professionalisierung

Abstract English

The shortage of skilled workers in technical and scientific professions, including IT, is more topical than ever in Austria. Despite the best job prospects, interest in apprenticeships, school branches and degree programmes in this field is still low. The urgency for action in STEM education is thus highlighted by high dropout rates in STEM-apprenticeships and STEM-qualifications. Based on the EU project RoboCoop we use the example of Educational Robotics including the basic didactic principle of Computational Thinking to

indicate how pupils can be inspired for STEM topics through innovative, interdisciplinary teaching/learning settings, and derive recommendations for teacher training.

Keywords

STEM, Didactics, Computational Thinking, Robotics, Teacher Education, Continuous Professional Development

Zur Autorin/Zu den Autoren

Anastasiya Savran-Wellscheid, MEd, BEd, Pädagogische Hochschule Wien, Kompetenzzentrum für MINT und Digitalität

Kontakt: anastasiya.savran@phwien.ac.at

Klaus Himpsl-Gutermann, Dr. MSc, Pädagogische Hochschule Wien, Kompetenzzentrum für MINT und Digitalität

Kontakt: klaus.himpsl@phwien.ac.at

Michael Steiner, Mag. Pädagogische Hochschule Wien, Kompetenzzentrum für MINT und Digitalität

Kontakt: michael.steiner@phwien.ac.at

1 Einleitung

Der Fachkräftemangel in fast allen technisch-naturwissenschaftlichen Berufen bis hin zur IT scheint für die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit der EU und von Österreich immer bedrohlicher zu werden¹. Die Gründe sind vielschichtig und ziehen sich durch verschiedene Bildungsbereiche, von der Elementarbildung bis zu Fachhochschulstudiengängen: mangelndes Interesse von Lernenden, geringe Anmeldezahlen sowie gleichzeitig hohe Dropout-Quoten, in Studiengängen ebenso wie in der Lehrlingsausbildung sowie an verschiedenen Schultypen der Berufsbildung, beispielsweise an höheren technischen

¹ siehe beispielsweise die Bereiche Fachkräftesicherung und Fachkräftesicherung auf den Webseiten der Wirtschaftskammer Österreichs: <https://www.wko.at/service/unternehmensfuehrung-finanzierung-foerderungen/fachkraeftesicherung.html> sowie Presseaussendung Abrufbar unter: https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20230324_OTS0026/wk-wien-rez-epte-gegen-den-fachkraeftemangel-in-der-it (2023-03-24)

Lehranstalten. Auch den Ruf nach mehr „Frauen in die Technik“ kennen wir bereits seit den 1970er Jahren. Trotz der geringfügigen Steigerungsraten ist der Frauenanteil im MINT-Fokusbereich noch immer bei nur 20 % (Universitäten) bis 23 % (Fachhochschulen). Dabei liegt die Attraktivität der Jobs in diesen Bereichen nominell sehr hoch, da die Beschäftigungsaussichten vielversprechend sind und überdurchschnittlich hohe Gehälter gezahlt werden. Wie kann die Attraktivität dieser Berufe gesteigert werden und welche Beiträge kann die MINT-Bildung dazu leisten? Diese Fragen beschäftigen die zuständigen Expert*innen an der Pädagogischen Hochschule Wien, die seit September 2023 am *Kompetenzzentrum für MINT und Digitalität*² ihre Angebote in diesem Bereich bündelt.

Auf der Suche nach Lösungen für das „*MINT-Dilemma*“ knüpfen wir in unserem Beitrag an die Neuinterpretation des MINT-Akronyms von Musilek & Lengauer (in diesem Band) an (**M**otivation fördern, **I**nnovative Lehr- und Lernsettings gestalten, **N**eugier wecken, **T**alente aufzeigen). Wir berufen uns dabei vorwiegend auf aktuelle Erkenntnisse in der groß angelegten Studie des EU-Projekts RoboCoop³, bei der Educational Robots in Klassenworkshops zum Einsatz kamen. Dabei fokussieren wir folgende Fragen:

- Wie gelingt es, junge Menschen für MINT-Themen zu begeistern, unabhängig vom Geschlecht und sozioökonomischen Hintergrund?
- Wie können MINT-Themen vernetzt und fächerverbindend unterrichtet werden, um besonders lernförderliche MINT-Bildungsprozesse zu gestalten?

Um in diesen sehr breit angelegten Fragen den Rahmen dieses Artikels nicht zu sprengen, wählen wir mit *Educational Robotics* ein abgegrenztes Themenfeld, das innerhalb der MINT-Bildung zum Großteil der Informatik und Technik zuzuordnen ist. Diese Schwerpunktsetzung im deutschsprachigen Raum der Primarstufe ist insofern relevant, als traditionellerweise die Buchstaben M und N in Mathematik und Sachunterricht beziehungsweise deren Fachdidaktiken differenzierter entwickelt sind als jene im Bereich von I und T.⁴ Dabei sind gerade die Phänomene aus der digital-vernetzten Welt besonders gut geeignet,

² # später einen Link auf dieses Zentrum einfügen (gibt es erst ab 1.9.23)

³ <http://robocoop.eu/>

⁴ Wenngleich es im neuen VS-Lehrplan in Österreich ab Herbst 2023 ein Fach „Technik und Design“ gibt, so sind die Medienbildung, digitale Grundbildung und Informatik dennoch nur geringfügig im Lehrplan verankert (siehe neuer Lehr-

Perspektiven aus verschiedenen Fachdisziplinen einzunehmen beziehungsweise fachübergreifend die Themen zu erarbeiten. Am Beispiel der Robotik soll gezeigt werden, wie ein ansprechender MINT-Unterricht bei komplexen Themenbereichen altersadäquat gestaltet werden kann, der auch die vier Zielsetzungen von Musilek und Lengauer in deren Akronym-Interpretation bedient.

Als Ausgangspunkt wird zunächst „Computational Thinking“ als didaktisches Grundkonzept erläutert. Anschließend werden zentrale Erkenntnisse aus RoboCoop zusammengefasst, um schließlich Rückschlüsse auf die Lehrer*innenbildung im MINT-Bereich abzuleiten.

2 Computational Thinking als didaktisches Grundkonzept für Informatische Bildung

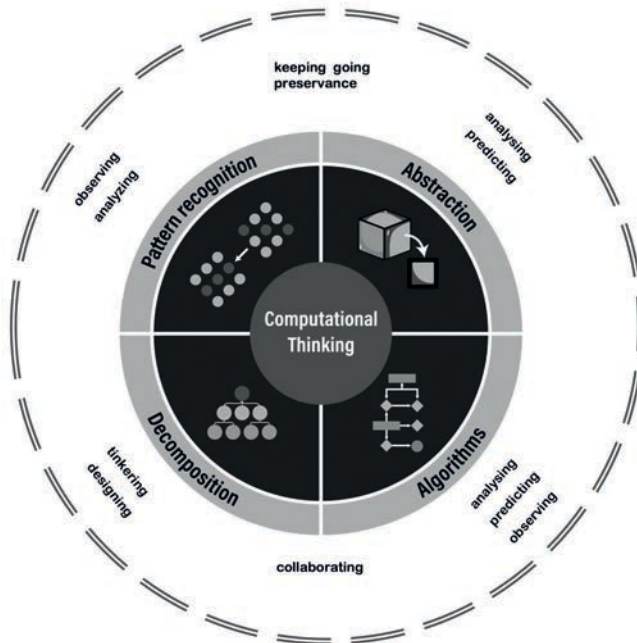
Das Hauptziel einer gelungenen MINT-Didaktik besteht darin, Schüler*innen in aktive Lernerfahrungen einzubinden, die reale Herausforderungen widerspiegeln. Dabei sollen sie ermutigt werden, wissenschaftliche Prinzipien und mathematische Konzepte in praktischen Kontexten anzuwenden (vgl. Seidel et al. 2016, Steiner & Himpsl-Gutermann 2020). Der Schwerpunkt liegt auf praktischen Aktivitäten, forschungsbasiertem Lernen und gemeinschaftlichen Projekten, um das Verständnis der Schüler*innen für MINT-Konzepte zu verbessern (ebd.).

Computational Thinking (in weiterer Folge abgekürzt: CT) bezieht sich auf einen Problemlösungsansatz, der von Denkprozessen und Strategien der Informatik und des Programmierens inspiriert ist. Dabei werden komplexe Probleme in kleinere, überschaubare Teile zerlegt, Algorithmen und schrittweise Verfahren zur Lösung dieser Probleme formuliert sowie logisches und analytisches Denken eingesetzt, um effiziente Lösungen zu finden. CT wird nicht nur bei digitalen und computerbezogenen Aufgaben angewandt, sondern auch beim Problemlösen in unterschiedlichen Bereichen im realen Leben. Es umfasst dabei mehrere wesentliche Komponenten, wie sie in Übersicht 1 dargestellt sind:

Übersicht 1 verdeutlicht verschiedene Phasen und Stufen, in denen Lernprozesse eingeteilt werden. Dabei zeigen sich Überschneidungen mit anderen Ansätzen des forschend-entdeckenden Lernens (linke Spalte). Insbesondere in

plan: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2023_II_1/Anlagen_000_2_32818FD5_0C63_4143_A2F3_2375A3C38556.pdf#sig.

⁵ <https://www.callysto.ca/computational-thinking-tests/>



Übersicht 1: Die wesentlichen Komponenten von Computational Thinking für die Primarstufe, erweiterte Darstellung⁹ nach © Barefoot Computing

der Volksschule ist die Wahl kindgerechter Zugänge wichtig, die zur spielerischen Auseinandersetzung mit Computern anregen (rechte Spalte). Dies ist im Primarstufenalter besonders wichtig, da die Abstraktionsfähigkeiten der Schüler*innen sich noch entwickelt (vgl. beispielsweise Wagner 2018, S. 12). Seymour Papert (1980) wird zugeschrieben, dass er CT bereits im Jahr 1980 konkretisierte, aber erst Jeannette Wing postulierte im Jahr 2006 CT als didaktisches Grundprinzip, welches über das reine Verständnis von algorithmischen Abläufen eines Computerprogramms hinausgeht. Vielmehr verfolgt es das Ziel, grundlegende informatische und handlungsorientierte Kompetenzen zu vermitteln, die allen Menschen offenstehen:

„It represents a universally applicable attitude and skill set everyone, not just computer scientists, would be eager to learn and use.“ (Wing 2006, S. 1).

Informatisches Denken inkludiert laut Wing deutlich mehr als reine Programmierfähigkeiten. Es erfordert Denken auf mehreren Abstraktionsebenen und

sei für Kinder eine Literacy, eine notwendige analytische Fähigkeit, so wie Lesen, Schreiben und Rechnen.

Wenngleich die Arbeiten von Wing bahnbrechend waren und im anglo-amerikanischen Raum breit rezipiert wurden, verbreitete sich CT im deutschsprachigen Raum nur langsam (vgl. Steiner & Himpsl-Gutermann 2020, S. 7). Außerdem ist CT als allgemeines und holistisches Gesamtkonzept zu verstehen, in dem es verschiedene Varianten und Modelle gibt, die je unterschiedliche Aspekte betonen. CT findet im engeren Sinn im Programmieren seine Anwendung. Die Fähigkeit von Schüler*innen, eine Lösung für ein Problem zu programmieren, zeigt, dass sie Schlüsselkompetenzen von CT anwenden können, etwa die Problemzerlegung, das Abstrahieren, das algorithmische Denken (im Sinne von Lösungswegen finden und umsetzen) und die Mustererkennung. Steiner und Himpsl-Gutermann (2020, S. 19) plädieren dafür, CT kontextorientiert auf drei Ebenen zu unterscheiden:

1. Coding (CT im engeren Sinn)
2. Informatische Bildung (CT im erweiterten Sinn einer handlungsorientierten Informatik-Fachdidaktik)
3. Bildung in der digital-vernetzten Welt nach dem Modell des Frankfurt-Dreiecks (CT als phänomenorientierte Re-Konstruktion von Wirklichkeit)

Ein möglicher Kontext für ein erweitertes Verständnis informatischer Bildung ist der Einsatz von Robotik-Systemen, die mit entsprechend didaktisch aufbereiteten Aufgabenstellungen auch in der Primarstufe gut umsetzbar sind. Sogenannte Educational Robots wurden im vierjährigen EU-Projekt RoboCoop eingesetzt und systematisch evaluiert. Die wesentlichen Ergebnisse für eine gelungene MINT-Didaktik rund um CT werden im Folgenden kurz dargestellt.

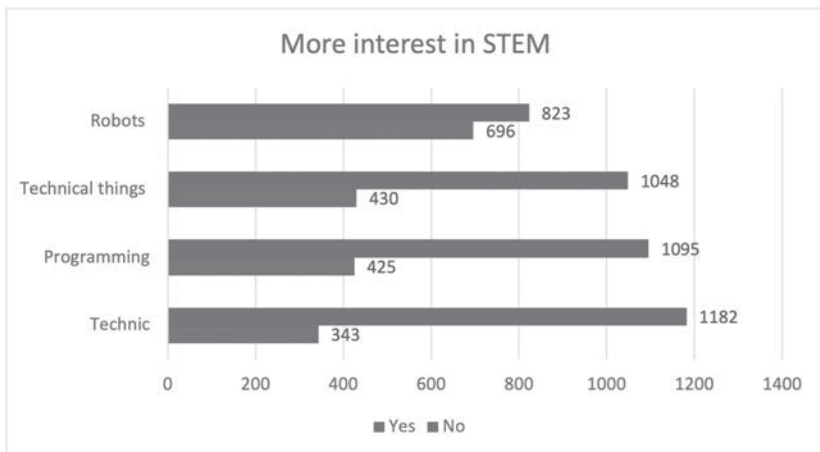
3 RoboCoop: EU-Projekt zur Evaluierung von Lernszenarien rund um Educational Robots

In der vierjährigen Studie RoboCoop (2018-2022) wurden an unterschiedlichen Schulen und Schulstufen insgesamt 188 Coding-und-Robotik-Workshops in Österreich und in der Slowakei durchgeführt, an denen insgesamt 2380 Schüler*innen (1591 männlich, 789 weiblich) teilnahmen (vgl. Jäggle & Lepuschitz 2022, S. 9). Coronabedingt fanden 38,9 % der Workshops in einem Online-Setting statt; 61,1 % der Workshops wurden in Präsenz abgehalten. Durch einen *Mixed Methods Approach* wurden durch Prä-

und Post-Test-Erhebungen sowie durch Interviews zahlreiche Daten zum Einsatz von Educational Robotics in der MINT-Bildung evaluiert. Dabei wurden insgesamt sechs unterschiedliche Educational Robots⁶ sowie sechs unterschiedliche Programmiersprachen⁷ in den Klassenworkshops verwendet. Zum Abschluss des Projektes wurden zudem sechs in unterschiedlichen MINT-Bereichen tätige Expert*innen mit dem Fokus auf informatische Bildung interviewt. Aus der Zusammenschau des finalen Projektberichts und der qualitativen Inhaltsanalyse der Interviews wurde ein Empfehlungspapier zur MINT-Bildung (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2022) verfasst, dessen Erkenntnisse im Folgenden hinsichtlich der eingangs in diesem Beitrag gestellten Fragen übersichtlich zusammengefasst werden.

3.1 Methodisch-didaktische Erkenntnisse

Die RoboCoop-Studie zeigt, dass die durchgeführten Klassenworkshops das Interesse der Schüler*innen für MINT steigern konnten. Die Mehrheit der teilnehmenden Schüler*innen gab an, nach dem Workshop ein größeres Interesse an Technik, dem Programmieren, der Robotik sowie der Auseinandersetzung mit Technik im Allgemeinen entwickelt zu haben (siehe Übersicht 2).



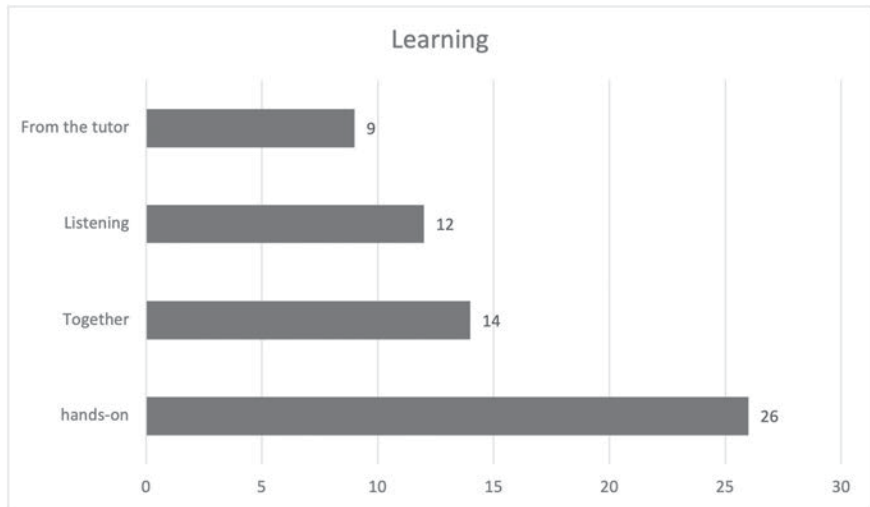
Übersicht 2: Mehr Interesse an MINT (Eigendarstellung angelehnt an: RoboCoop-Studie, Jäggle & Lepuschitz 2022, S. 14)

⁶ Thymio, Kitronik, Hedgehog DIE, Thymio Suite, Lego Mindstorm, Arduino

⁷ Blockly, VPL, Mural, Python, NXT-Logo, C

Auch die Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeit hinsichtlich Robotik mit dem entwickelten RSE-Tool⁸ zeigte im Prä-Post-Setting sowohl eine Steigerung bei beiden Geschlechtern als auch in den beiden Altersstufen Sek I und Sek II (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 31). Im Vergleich des RSE-Scores bei den sechs verschiedenen Programmiersprachen (drei textbasiert, drei blockbasiert) konnte keine klare Tendenz erhoben werden, ebenso ergaben sich bei den sechs verschiedenen Robotiksystemen kaum wesentliche Unterschiede (ebd.).

Bei der Untersuchung der Aktivitäten der Lernenden (siehe Übersicht 3) zeigte sich, dass als vorherrschende Methoden des Lernens „Hands-on Activities in a Team“ und „Learning Together“ bevorzugt wurden (vgl. Jäggle & Lepuschitz 2022, S. 21).



Übersicht 3: Aktivitäten der Lernenden (Eigendarstellung angelehnt an: RoboCoop-Studie, Jäggle & Lepuschitz 2022, S. 21)

Des Weiteren profitierte der Großteil der teilnehmenden Schüler*innen in Zusammenarbeit mit Peers. Neben „Spaß/Freude beim Lernen“ wurde auch die „Kommunikation“ oder „gegenseitige Unterstützung“ im Lernsetting als positiv bewertet.

⁸ Für die Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeit wurde ein eigenes Assessment-Tool für Educational Robotics (RSE) entwickelt, das 10 Items mit einer fünfstufigen Likert-Skala enthält (vgl. Jäggle et al. 2020).

Sowohl in der Auswertung der RoboCoop-Klassenworkshops als auch bei den Expert*inneninterviews zeigte sich, wie wichtig die Bedeutung der Lehrperson ist: Eine hohe Bewertung der Lehrperson korrelierte deutlich mit einer hohen Gesamtbewertung des Robotikworkshops beziehungsweise mit einer hohen Einschätzung der Selbstwirksamkeit in Bezug auf Problemlösefähigkeiten bei Schüler*innen. Diese ist wiederum essenziell für die tatsächlichen Lernerfolge und die Motivation, eine Karriere im MINT-Bereich ins Auge zu fassen (vgl. Jäggle & Lepuschitz 2022 S. 19ff). Neben der klassischen Rolle des „Teachings“ (32,5 %) wurde zudem die Rolle „Lernbegleiter*in“ genannt (Working with the group: 25,6 %; Support students: 20 %). Sowohl in den Expert*inneninterviews als auch bei der Auswertung der Robotik-Workshops zeigten die Ergebnisse, dass die Gestaltung eines effektiven Lernsettings neben Methodenvielfalt, Belohnungs- und Motivationssystemen (Urkunde, MINT-Ausweis etc.) eine wertschätzende und motivationale Einstellung der Lehrperson gegenüber den zu vermittelnden Inhalten umfasst. Diese soll gezielt an Lerner*innen weitergegeben werden. Coding und Educational Robotics sind vielseitig einsetzbar, wenn es um aktive Lernmethoden geht (beispielsweise projektbasiertes Lernen, Problemlösung, Gamification, kooperatives Lernen). Diese Methoden befähigen die Schüler*innen zu eigenverantwortlichem Lernen in einer konstruktiven Lernatmosphäre (vgl. Lockwood & Mooney 2018). In den Expert*inneninterviews wurde zudem betont, informatische Kompetenzen schon möglichst früh, etwa ab der Elementar- und Primarbildung, spielerisch erfahrbar zu machen (Himpsl-Gutermann et al 2022, S. 11). Förderlich dafür scheinen haptische, im physischen Raum erfahrbare, entdeckende und narrative Lernsettings. Altersbedingt ist in der Primarstufe der Einstieg durch blockbasierte Programmiersprachen den textbasierten eindeutig vorzuziehen. Ein weiterer Vorteil liegt bei Robotern in der Konstruktion als Verortung im physischen Raum und deren Haptik. In den Interviews wurde betont, dass „dieses Physical-Computing Vorbedingung für Coding mit einem höheren Abstraktionsgrad ist“ (Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 13).

3.2 Erkenntnisse zu Gender- und Inklusionsaspekten

Besonders herausfordernd für die MINT-Bildung ist der Gender-Gap, der spätestens ab der Sekundarstufe I, jedenfalls aber ab dem Eintrittsalter in die Pubertät deutlich zunimmt (vgl. Gaisch et al. 2023, S. 5; Eggers et al.

2021, S. 3). Auch in der Auswertung im RoboCoop-Projektbericht zeigt sich dieser Gender-Unterschied in der Datenanalyse deutlich. Obwohl die Zustimmung zu den Robotikworkshops insgesamt sehr hoch ausfiel, ist sie bei den Burschen im Schnitt noch einmal deutlicher höher: 4,33 von maximal 5 Sternen bei den Burschen, 4,12 bei den Mädchen (vgl. Jäggle & Lepuschitz 2022, S. 11).

Die RoboCoop-Studie belegt, wie wichtig die Rolle einer motivierenden Lehrperson ist, um Neugier und Begeisterung für die Auseinandersetzung mit MINT-Inhalten an Lerner*innen weiterzugeben; zunächst ganz unabhängig von deren Geschlecht (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 27). In den Expert*inneninterviews wurde betont, Frauen als Role-Models vermehrt als Wissenschaftlerinnen, Technikerinnen und als Führungskräfte in MINT-Bereichen sichtbar zu machen. Lernende sollen die „Gesichter hinter den Role-Models“ kennenlernen (bspw.: MINT steht nicht einer Familienplanung im Wege). Um eine Identifikation mit Frauen in MINT zu ermöglichen, ist es außerdem ausschlaggebend, weibliche Role-Models nachhaltig und regelmäßig im Unterricht zu behandeln, damit wiederum das stereotypische Bild der Frau als „High Achiever“ und der Eindruck „Das schaffe ich selbst nie!“ nicht entsteht.

Ein verbreitetes Problem in der MINT-Bildung ist die Tatsache, dass die Einschätzung der Selbstwirksamkeit und das Selbstbewusstsein von Mädchen hinsichtlich ihrer MINT-Fähigkeiten viel geringer ist als bei Burschen (vgl. Gaisch et al. 2023, S. 23). Dies zeigt sich beispielsweise auch dann, wenn die Problemlösefähigkeiten der Mädchen absolut gemessen nicht schlechter als jene der Burschen sind. Bei der Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeit im RoboCoop-Projekt zeigte sich erfreulicherweise bei beiden Geschlechtern eine Steigerung, allerdings sind die absoluten Werte bei *den Mädchen* (26,8 vorher/29,7 nachher) geringer als bei den Burschen (29,9/32,8) (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 28). Umgekehrt lässt sich daraus schließen, dass die Robotikworkshops keine negativen Auswirkungen hatten, also jedenfalls gendersensibel beziehungsweise genderneutral angelegt wurden. Zu ähnlichen Erkenntnissen kommt auch eine Studie zu MINT-Berufen von Drescher et al. (2020).

Ein interessantes Detail zeigte sich in der Online-Variante der RoboCoop-Workshops: im virtuellen Setting bevorzugten die Mädchen in den Arbeitsgruppen unter sich zu sein, wie sie in den Interviews artikulierten (vgl. Jäggle

& Lepuschitz 2022, S. 40). Die Tutor*innen beobachteten zudem, dass die Mädchen auch in den Pausen den ZOOM-Raum nutzten, um ihre Zwischenergebnisse auszutauschen und weitere Strategien abzusprechen (ebd., S. 43). Beim Selbstwirksamkeitstest (RSE-Index-Score) konnten die Mädchen in diesem virtuellen Setting sogar die Burschen überholen (ebd., S. 44). Folglich sind je nach Gruppendynamik auch partiell geschlechtergetrennter Unterricht beziehungsweise ausschließlich für Mädchen konzipierte MINT-Projekte empfehlenswert, um deren Selbstbewusstsein und Selbstwirksamkeit zu fördern. Ein gelungenes Beispiel hierfür ist das Projekt RoboSDG⁹, in dem Mädchen Roboter zur Erreichung der Menschheitsziele selbst erfinden und bei einem Role-Model-Stammtisch Technikerinnen und Forscherinnen begegnen. Mädchen sind in der Regel an Technikangeboten mit einer unmittelbaren Verbindung zu sozialen, nachhaltigen, ökologischen oder inklusiven Aspekten mehr interessiert, welche durch Problemlösungen langfristig einen gesellschaftlichen Mehrwert stiften (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 30; Müller et al. 2018, S. 28; Gosch et al. 2020, S. 5).

Neben dem unterschiedlichen fachlichen Vorwissen ist im schulischen Unterricht insbesondere auf Mehrsprachigkeit Rücksicht zu nehmen. Hier zeigte sich im RoboCoop-Projekt ein deutlicher Unterschied zwischen der Slowakei und Österreich: während in der Slowakei nur knapp 7 % der Schüler*innen einen Migrationshintergrund aufwiesen, waren es in Österreich rund 28 %. Programmierumgebungen bieten hier einen doppelten Vorteil: Zum einen gibt es die Möglichkeit, in der Software die Spracheinstellungen zu ändern. Zum anderen ist die Programmiersprache selbst mit ihrer eigenen Syntax eine eigene Sprache, die unabhängig von der Erstsprache von allen Schüler*innen neu zu erlernen ist. Dies bietet Chancen für einen effektiven mehrsprachigen Dialog (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 22). Inklusion in der MINT-Bildung verfolgt zudem die Akzeptanz der Verschiedenartigkeit und die digitale Teilhabe aller Beteiligten. In diesem Sinne sind Materialien und Lernumgebungen zu etablieren, die ein multisensorisches Lern-Erleben ermöglichen, Peer-Learning forcieren und Fehler dezidiert zulassen. Ein Experte/eine Expertin aus einem der Interviews brachte dies folgendermaßen auf den Punkt (Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 23):

⁹ <https://www.robosdg.at/>

„Sich wirklich nochmal die Zeit zu nehmen, solche Irrwege quasi zuzulassen, die aber dann total wichtig sind für die eigentlichen Lerneffekte: Sie lernen nämlich bei dem Prozess am meisten und sie lernen am meisten, wenn sie scheitern. Lernen findet ja dann statt, wenn man aus einem Fehler etwas lernt, und dann findet Lernen am effizientesten statt.“

Außerschulische Lernangebote wie Maker Spaces oder Robotik-Labs haben den zusätzlichen Vorteil, dass bei der Auseinandersetzung mit den Inhalten ein möglicher Stress durch Notendruck wegfällt.

4 Rückschlüsse auf Lehrer*innenbildung und Professionalisierung

Die hohe Bedeutung der Vorbildwirkung durch die Lehrkraft ist in den vorherigen Kapiteln bereits hervorgehoben worden. Die Relevanz von Aus- und Weiterbildung von MINT-Lehrpersonen ist für einen gelungenen MINT-Unterricht zentral. Dies betonen auch Musilek & Lengauer (in diesem Band), in einer Neuinterpretation des MINT-Akronyms: **M**otivation fördern, **I**nnovative Lehr- und Lernsettings gestalten, **N**eugier wecken, **T**alente aufzeigen). Wir greifen diesen Ansatz auf und analysieren, inwieweit dessen vier Bereiche auch in der RoboCoop-Studie wiederzufinden sind.

4.1 Das MINT-Akronym nach Musilek & Lengauer

Lehrpersonen (vor allem in der Primarstufe) auf einen gelungenen MINT-Unterricht vorzubereiten, erweitern Musilek & Lengauer den MINT-Begriff, wie Übersicht 4 verdeutlicht:

Dabei wird neben dem benötigten Professions- und Fachwissen auch die motivationale Orientierung und Werthaltung der Lehrperson bei der Gestaltung von MINT-Lernprozessen betont. Für eine frühe, kontinuierliche und vor allem positive Auseinandersetzung mit MINT-Inhalten muss die Lehrperson folglich

- Motivation fördern,
- innovative Lehr- und Lernsettings gestalten,
- Neugier wecken
- und Talente aufzeigen.

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, wird vor allem das Berücksichtigen der Schüler*inneninteressen hervorgehoben. Als primäres Ziel gilt es,



Übersicht 4: Neuinterpretation des MINT-Akronyms nach Musilek und Lengauer (in diesem Band)

frühzeitig Neugier zu wecken und mit forschend-entdeckendem Lernen ein Grundverständnis von (komplexen) MINT-Themen zu erarbeiten.

4.2 Analyse der RoboCoop-Projektergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus dem RoboCoop-Projekt, nämlich die Projektstudie nach Jäggle & Lepuschitz (2022) und das MINT-Empfehlungspapier nach Himpsl-Gutermann et al. (2022), entlang der „Umdeutung“ des MINT-Akronyms nach Musilek & Lengauer (in diesem Band) analysiert. Die vielfältigen Anknüpfungspunkte werden in die vier Bereiche in Tabellenform eingeordnet, wobei besonders auch ein Augenmerk auf die Rolle der Lehrperson gelegt wird.

MINT-Akronym (Musilek & Lengauer, 2023)	Technische-informatische Didaktik am Beispiel von Educational Robotics (RoboCoop, 2022)	Weitere Maßnahmen und Ansätze (RoboCoop, 2022)
Motivation fördern	<ul style="list-style-type: none"> – Methodik: – Differenzierung mit Educational Robotics gut umsetzbar – Coding unplugged → blockbasierte Programmiersprache → textbasierte Programmiersprache – Lernen durch trial and error: Fehler als Ressource und Teil des Lernprozesses bei Codegenerierung und Codeoptimierung – Schüler*innen bevorzugen hands-on-activities bei Robotics – Methodenvielfalt korreliert positiv mit dem Zeitmanagement der Schüler*innen – Rolle der Lehrperson: 	Bei Wettbewerben und Veranstaltungen teilnehmen Skalierung der Aufgabenstellungen: Unterschiedliche Schwierigkeitsgrade Zeitliche, räumliche und materielle Ressourcen zur Verfügung stellen
	<ul style="list-style-type: none"> – Gestaltung der Lernumgebung und Lehr-/Lernatmosphäre: Fehlerkultur etablieren – Lehrperson wird von Schüler*innen als Lernbegleiter*in, Coach und Motivator*in bevorzugt 	Erfolge verankern, Urkunden, Ausstellungen, Fotos, Checklisten der Schüler*innenarbeiten

<p>Innovative Lehr- und Lernsettings</p>	<p>Methodik:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Analoge und digitale Materialien nutzen – Gruppenarbeiten, Austausch unter Peers, Teamwork beim Zusammenbau von Robotern und Codierung – Rolle der Lehrperson: – Methodisch-didaktische Vielfalt: unterschiedliche Schwerpunktsetzungen bei Lehr- und Lerninhalten – Ausweitung der Lehrpersonenexpertise: Werterhaltung 	<p>Außerschulische Lernumgebungen und Angebote nutzen: Labs, Maker Spaces, Ausstellungen, etc.</p> <p>Außerschulische Projekte und Wettbewerbe ohne Noten- und Leistungsdruck</p>
<p>Neugier wecken</p>	<p>Methodik:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Auf Schüler*inneninteressen eingehen – Entdeckend-forschendes Lernen – Methodisch-didaktische Vielfalt: unterschiedliche Schwerpunktsetzungen bei Lehr- und Lerninhalten – Breites Feld an MINT-Berufen aufzeigen – Rolle der Lehrperson: – „Reale-Welt-Probleme“ als Unterrichtsthemen aufgreifen und vielfältige, fächerverbindende Anknüpfungspunkte schaffen – Fokus gender: gesellschaftliche Relevanz des Technikeinsatzes betonen 	<p>Expert*innen unterschiedlicher MINT-Bereiche und MINT-Berufe in die Schule einladen</p> <p>Soziale, nachhaltige oder musische Vielfalt in MINT-Berufen aufzeigen: virtuelle Netzwerke, Expert*innen, MINT-Initiativen für Mädchen und Frauen</p>

Talente aufzeigen	Methodik: <ul style="list-style-type: none"> – Neugier wecken, Motivation fördern, Selbstwirksamkeit verdeutlichen, Interessen der Schüler*innen berücksichtigen – Gendersensible Didaktik: partiell geschlechtergetrennter Unterricht, Selbstbewusstsein fördern – Rolle der Lehrperson: – Positiver Zuspruch („Ich kann etwas bewirken“) 	MINT-Initiativen: Wettbewerbe, außerschulische Ausstellungen und Präsentationen ohne Noten- und Leistungsdruck
-------------------	--	--

Übersicht 5: Analyse der RoboCoop-Studie entlang des MINT-Akronyms von Musilek & Lengauer

4.3 Beispiele zum MINT-Akronym aus dem RoboCoop-Projekt

Im Folgenden werden einzelne Aspekte aus Übersicht 5 anhand von kurzen Beispielen erläutert.

4.3.1 Motivation fördern: Coding Roboter und Konstruktionsroboter

Mit entsprechend simpel aufgebauten Robotern, wie etwa dem Cubetto, eignet sich bereits im Kindergarten der Einstieg in Informatische Bildung – das zeigen sowohl österreichische (vgl. Workshops an der PH Wien¹⁰) als auch internationale Erhebungen (vgl. Anzoategui et al. 2017). Bei den Workshops an der PH Wien bot die „Schalttafel“, auf der die Plastikkärtchen mit den einzelnen Befehlen in eine Programmabfolge gebracht werden, für junge Kinder eine wesentliche Hilfe. Mit dem „Einspeichern“ der Programmbefehle über Tasten beim BeeBot wird das Verständnis für den Programmablauf oder das Debugging bereits eine Spur schwieriger und abstrakter. Erweiterungen mit Teppichen, selbst gebastelten Unterlagen, Koordinatensystemen etc. bieten vielfältige, fächerverbindende Anknüpfungspunkte und neue Motivationsmöglichkeiten für Kinder. Digitale Erweiterungen des BeeBots am Tablet oder die Fortsetzung mit blockbasierten Programmiersprachen wie Scratch vertiefen die Kenntnisse im Coding (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2018, S. 11). Somit bieten Roboter in ihrer Konstruktion, den Grundlagen der Robotertechnik oder in der Programmierung ein differenziertes und breites Lehr- und Lernangebot;

¹⁰ <https://zli.phwien.ac.at/robotik-workshop-mit-kindergartenkindern/>

Entdeckendes Lernen ist durch die Ausweitung der Aufgaben beziehungsweise durch eine Skalierung der Schwierigkeitsgrade im Unterricht vielfältig und gut umsetzbar. Hierbei die Rolle der Lehrperson hervorzuheben, die neben der Gestaltung einer lernförderlichen Atmosphäre die Etablierung einer Fehlerkultur zulässt, wodurch effektives Lernen durch *trial and error* bei *hands-on activities* ermöglicht wird. Des Weiteren sind Konstruktions-Roboter effektive Lernwerkzeuge für projektbasiertes Lernen, bei dem MINT-, Programmier-, Computer- und Ingenieursfähigkeiten in ein Projekt integriert werden (vgl. Greca Dufranc et al. 2020, S. 3). Es entstehen Lernsettings, die sich an der Maker-Szene orientieren. Dadurch können reale Weltprobleme der Kontext für themenzentrierte, MINT-verbindende Lernprozesse sein, wodurch das Computational Thinking von der rein problemorientierten Robotikebene auf die höhere Ebene einer nachhaltigen *Bildung in der digital-vernetzten Welt* gehoben wird¹¹.

4.3.2 Innovative Lehr-/Lernsettings in speziell ausgestatteten Lernräumen

Die Grundidee eines speziell ausgestatteten Lernraums (beispielsweise ein Physiksaal oder Chemielabor) hat sich in vielfacher Hinsicht bewährt und weiter ausdifferenziert: hier sind beispielsweise im Universitäts- beziehungsweise Hochschulkontext die Lernwerkstattcommunity (Holub et al. 2021) sowie das Konzept der MINT-Lehr/-Lernlabore in vielen deutschen Bundesländern (Priemer & Roth 2020) zu nennen. In Österreich haben sich seit 2016 an allen Pädagogischen Hochschulen die Education Innovation Studios (EIS) als Lernräume für Coding und Robotik etabliert¹²; 2019 wurde an der Universität Wien ein Lernlabor für Biologie und Informatik¹³ eröffnet, 2023 eines für Computational Empowerment¹⁴. Neben der besonderen Ausstattung und dahinter liegender Lehr-/Lernkonzepte verstehen sich diese Lernräume auch als gemeinsame „Versuchslabore“ beziehungsweise Begegnungsorte. Das Erforschen der jeweiligen Disziplin und deren Fachdidaktik erfolgt dabei auf Augenhöhe zwischen Hochschullehrenden, Lehrer*innen, Studierenden und

¹¹ Ein Beispiel hierzu wäre das Projekt Robo4Earth: <https://www.robo4earth.at/>.

¹² <https://eis.eeducation.at/>

¹³ <https://aecbio.univie.ac.at/lehr-lern-labor/>

¹⁴ <https://lehrerinnenbildung.univie.ac.at/arbeitsbereiche/digitalisierung-im-bildungsbereich/computational-empowerment-lab/>

Schüler*innen. Eine bessere Theorie-Praxis-Verzahnung und die Vernetzung der Akteur*innen als Schlüssel eines erfolgreichen Transfers (vom aktuellen Stand der Forschung in die Praxis und umgekehrt) sind gerade in den MINT-Fachdidaktiken zentrale Aspekte, um den Erkenntnisgewinn durch Forschendes Lernen, den interdisziplinären Dialog in der Lehrer*innenbildung und die diagnostischen und reflexiven Fähigkeiten von Lehramtsstudierenden zu stärken (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 23). Außerdem bieten außerschulische Lernorte und Initiativen für Kinder und Jugendliche die Möglichkeit, abseits von Notendruck in innovativen Lernsettings Erfahrungen in Coding, Robotik und Making zu sammeln (ebd., S. 24) sowie geschlechtsstereotypische Denkmuster in Bezug auf MINT abzubauen (vgl. Drescher et al. 2020, S. 259).

4.3.3 Neugier wecken: die Vielfalt an MINT-Berufen aufzeigen

Schüler*innen zeigen eine begrenzte Vorstellung über die Vielfalt von MINT-Berufen am Arbeitsmarkt, weswegen das Fach „Technik und Design“, das in den neuen Lehrplänen¹⁵ ab 2023 in Primar- und Sekundarstufe eingeführt wird, auch von den interviewten Expert*innen in der RoboCoop-Befragung (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2022, S. 29) als positiv eingestuft wird. Auch Initiativen wie ein „Girls Day“ oder Besuche von Expert*innen an den Schulen – beispielsweise im Zuge der Berufsorientierung – sind gute Möglichkeiten, um neue Narrative in der MINT-Bildung zu etablieren, „die nicht nur das Technik-Know-How und dessen hohe Bedeutung betonen, sondern gesellschaftliche, ethische, nachhaltige, soziale, künstlerisch-ästhetische Ziele und Werte formulieren und deren enge Verbindung mit einer entsprechenden Technologieentwicklung und -gestaltung betonen“ (ebd.). Als wichtigen Schritt zum Abbau von geschlechtsstereotypischem Denken wird zudem von unterschiedlichen Expert*innen die Repräsentation von Frauen im virtuellen Raum genannt; ein Beispiel liefert die Plattform MINTyourfuture.at des FEMTechLab an der FH Oberösterreich, das neben Vernetzungsmöglichkeiten eine Übersicht diverser MINT-Berufe (insbesondere mit Fokus auf ästhetischen, künstlerischen und gesellschaftlichen Mehrwert) übersichtlich darstellt¹⁶.

¹⁵ <https://www.schule.at/bildungsnews/detail/neue-lehrplaene-gehen-in-begutachtung>

¹⁶ <https://mintyourfuture.at/mint-berufsbilder/>

Auch der 2022 gestartete Schulversuch „MINT-Mittelschule“¹⁷ ist hier ein Schritt in eine vielversprechende Richtung. Im Zentrum steht dabei die Erprobung eines neu entwickelten Lehrplans mit einem zusätzlichen Stundenkontingent von elf Wochenstunden, das für MINT-fächerübergreifende Themen in vier Bereichen vorgesehen ist:

1. Lebensräume und Kreisläufe
2. Phänomene in Natur, Umwelt und Technik
3. Ressourcen, Wirtschaft und Nachhaltigkeit
4. Arbeitswelt und Digitalisierung

Gerade hier bieten sich zahlreiche Möglichkeiten, die Neugier der Schüler*innen zu wecken und die Vielfalt der MINT-Berufe sichtbar zu machen.

4.3.4 Talente aufzeigen: Preise, Wettbewerbe und Ausstellungen

Bei Wettbewerben zu Coding und Robotik können Schüler*innen ihre Talente unter Beweis stellen. Dabei führt dies häufig zu einer höheren Partizipation von Kindern und Jugendlichen, bei denen die Leistung in gängigen Unterrichtsformen weniger sichtbar ist. Eine lange Tradition in vielen Ländern hat die *First Lego League*¹⁸, bei der zuerst in regionalen Ausscheidungen und dann in einem Bundesfinale die besten Gruppen in zwei Wettbewerbskategorien (*Explore*: 6-10 Jahre; *Challenge*: 9-16 Jahre) gekürt werden. Neuere und etwas kleinere Wettbewerbe sind der *BeeBot-Cup Austria*¹⁹ sowie verschiedene Hackathons, also Programmierwettbewerbe, die in block- oder textbasierten Programmierumgebungen zum kreativen Problemlösen aufrufen (z. B. der *Lehrlingshackathon* der WKO/Davincilab, *Hackathon 4 Good AI* an der TU Wien oder die *EU CodeWeek*). Werden die Wettbewerbe in einer positiven, lernförderlichen und spielerischen Atmosphäre geführt, so können Gamification-Elemente das Selbstbewusstsein der Schüler*innen steigern. Zudem verankern Wettbewerb und Ausstellungen bei MINT-Projekten die Lernerfolge der Schüler*innen; die Sichtbarkeit der Lernergebnisse und Lernprodukte führt wiederum zur Motivationssteigerung. Auch die Teilnahme an Projekten, bei denen beispielsweise gemeinsam mit Expert*innen Museumsausstellungen durch Schulklassen mitgestaltet werden, können motivierende

¹⁷ siehe interne Aussendung des BMBWF, Abt. I/5, (2021-01-11)

¹⁸ <https://www.first-lego-league.org/>

¹⁹ <https://baa.at/projekte/beebot-dlpl3/>

Erlebnisse für Kinder und Jugendliche sein, wie das aktuelle Projekt *Cultural Collisions* (vgl. Hoch 2023) aufzeigt.

5 Zusammenfassung

Ausgangspunkt unseres Beitrags waren zwei Grundfragen aus der MINT-Bildung, nämlich wie es einerseits gelingt, junge Menschen für MINT-Themen zu begeistern, und wie andererseits die Gestaltung von lernförderlichen MINT-Bildungsprozessen durch vernetzten und fächerübergreifenden Unterricht gelingt. Mit *Computational Thinking (CT)* haben wir ein didaktisches Grundprinzip gewählt, das in den vergangenen Jahren auch im deutschsprachigen Raum mehr an Bedeutung gewonnen hat. Als Form des problemlösend-entdeckenden Lernens war CT auch eine wichtige Grundlage des RoboCoop-Projekts, bei dem über vier Jahre 188 Klassenworkshops in Österreich und der Slowakei durchgeführt und systematisch evaluiert wurden. Neben dem finalen Projektbericht entstand zum Abschluss des Projektes auf Basis von Expert*inneninterviews ein MINT-Empfehlungspapier. Das RoboCoop-Projekt zeigte, dass Educational Robotics vielfältige Möglichkeiten mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen und Schwierigkeitsgraden bietet, die Begeisterung für MINT sowie die Einschätzung der Selbstwirksamkeit bei Schüler*innen zu steigern. Über die Problemlösefähigkeiten hinaus gibt es in der Robotik vielfältige Möglichkeiten, Gender- und Inklusionsaspekte einfließen zu lassen. Zur Reduzierung des *Gender Gap* im MINT-Bereich müssen vermehrt neue MINT-Narrative mit sozialem Bezug geschaffen werden, da vor allem Mädchen bei ihrer späteren Berufswahl nachhaltige und wertschöpfende Tätigkeiten bevorzugen. Eine unterschiedliche Schwerpunktsetzung ist außerdem notwendig, um die Vielfalt von MINT-Berufen für Schüler*innen erfahrbar zu machen.

Für die Ausbildung von Lehramtsstudierenden sowie die weitere Professionalisierung von Lehrkräften an Schulen schlägt die Neu-Interpretation des MINT-Akronyms nach Musilek & Lengauer (in diesem Band) vor, die Motivation (M) der Schüler*innen durch innovative (I) Lehr-/Lernsettings zu steigern, ihre Neugier (N) zu wecken und Talente (T) aufzuzeigen. Vor allem eine positive und motivierende Einstellung der Lehrperson gegenüber den zu vermittelnden Inhalten ist ausschlaggebend, um Neugier und Begeisterung bei Schüler*innen zu wecken. Aus der Analyse der RoboCoop-

Abschlusspublikationen haben wir gezeigt, wie dies durch Educational Robotics gelingen und wertvolle Impulse für die MINT-Lehrer*innenbildung liefern kann.

Zusammenfassend ermöglicht der Einsatz von Educational Robotics einen spielerischen und entdeckend-forschenden Lernansatz, der für Kinder im Primarstufenalter vermeintlich komplexe Themenfelder herunterbricht und eine altersadäquate Auseinandersetzung mit Informatik und Technik ermöglicht. Hierfür ist mit Ausblick auf die Zukunft vor allem die Relevanz einer kontinuierlichen Forschung zur verschränkten MINT-Didaktik in der Primarstufe beziehungsweise der kontinuierliche Ausbau von MINT-Materialien ausschlaggebend.

Literatur

- Anzoategui, L. G. C., Pereira, M. I. A. R., & Jarrin, M. D. C. S. (2017). *Cubetto for preschoolers: Computer programming code to code*. International Symposium on Computers in Education 2017. 1–5. Lisbon. doi: 10.1109/SIIE.2017.8259649.
- Binder, D., Dibiasi, A., Schubert, N., & Zaussinger, S. (2021). *Entwicklungen im MINT-Bereich an Hochschulen und am Arbeitsmarkt* [Research Report]. Wien: Institut für Höhere Studien (IHS). Abrufbar unter: https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:158c1c57-2e65-4842-9746-c727903e21bb/IHS_Entwicklungen_im_MINT-Bereich.pdf (2023-07-14).
- Drescher, K., Häckl, S., & Schmieder, J. (2020). MINT-Berufe: Workshops mit Rollenvorbildern können Geschlechterstereotype abbauen. *DIW Wochenbericht*, 87(13), 252–260. doi: 10.18723/diw_wb:2020-13-1.
- Eggers, J., Neuburger, R., Schmid, Y., & Till, V. (2021). *Wanted! Daniel:a Düsentrrieb. MINT oder nicht MINT? Das ist hier die Frage* [Ergebnisse der Aktion am Digitaltag 2021 des Arbeitskreises „Diversity Applied“ am 18. Juni 2021]. München: Münchner Kreis. Abrufbar unter: <https://epub.uni-regensburg.de/46285/1/M%C3%9CNCHNER%20KREIS%20-%20Daniela%20D%C3%BCsentrrieb.pdf> (2023-07-23).
- Gaisch, M., Rammer, V., Sterrer, S., & Takacs-Schwarzinger, C. (2023). *Wie MINT gewinnt. Vorstellungen, Interessen und Hemmnisse österreichischer Schülerinnen bezogen auf eine Ausbildung in den MINT-Bereichen*. Wien: MINTality-Stiftung. Abrufbar unter: https://www.schule.at/fileadmin/schule.at/MINTality_Bericht_Wie_MINT_gewinnt_2023_Gaisch_et_al.pdf (2023-07-23).
- Greca Dufranc, I. M., García Terceño, E. M., Fridberg, M., Cronquist, B., & Redfors, A. (2020). Robotics and Early-years STEM Education: The botSTEM Fra-

- mework and Activities. *European Journal of STEM Education*, 5(1), 01. doi: 10.20897/ejsteme/7948.
- Grosch, K., Häckl, S., Martin G., K., & Bauer, C. (2020). *MINT-Interesse bei Kindern steigern. Ein Feldexperiment an Volksschulen in Österreich* [Research Report]. Wien: Institut für Höhere Studien (IHS). Abrufbar unter: <https://irihs.ihs.ac.at/id/eprint/5558/1/ihs-report-2020-grosch-haeckl-koche-r-bauer-mint-interesse-bei-kindern-steigern.pdf> (2023-07-14).
- Himpsl-Gutermann, K., Brandhofer, G., Frick, K., Fikisz, W., Steiner, M., Bachinger, A., ... Lechner, I. (2018). *Abschlussbericht im Projekt „Denken lernen – Probleme lösen (DLPL) Primarstufe“* [Projektbericht]. Wien: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. Abrufbar unter: https://www.bmbwf.gv.at/dam/bmbwfgvat/schule/zrp/dibi/dgb/dlpl/dlpl_pri-marstufe_abschlussbericht.pdf (2023-07-14).
- Himpsl-Gutermann, K., Steiner, M., & Savran, A. (2022). *Empfehlungen zur Politikgestaltung beim Einsatz von Coding und Robotik in der MINT-Bildung. Zusammenfassung der Erkenntnisse aus dem EU-Interreg-Projekt RoboCoop SK-AT V212 (2018-2022)*. Wien: Europabüro der Bildungsdirektion für Wien. Abrufbar unter: https://europabuero.wien/download/RoboCoop_Bericht_politische_Empfehlungen.pdf (2023-07-14).
- Hoch, M. (2023). Cultural Collisions Vienna: A SciArtEdu HUB for Vienna. *Medienimpulse*, 61(2), 37 Seiten. doi: 10.21243/mi-02-23-08
- Holub, B., Himpsl-Gutermann, K., Mittlböck, K., Musilek-Hofer, M., Varelja-Gerber, A., & Grünberger, N. (Hrsg.). (2021). *Lern.medien.werk.statt Hochschul-lernwerkstätten in der Digitalität*. Verlag Julius Klinkhardt. doi: 10.35468/5904.
- Jäggle, G., Lammer, L., Wiesner, J.-O., & Vincze, M. (2020). Towards a Robotics Self-Efficacy Test in Educational Robotics. *Proceedings of the 2020 Constructionism Conference*, 537–550. Abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/341672333_Towards_a_Robotics_Self-Efficacy_Test_in_Educational_Robotics (2023-07-14).
- Jäggle, G., Lepuschitz, W. (2022). Evaluation report about the effect of educational robotics activities at the RoboCoop project. Wien: RoboCoop Project.
- Lockwood, J., & Mooney, A. (2018). Computational Thinking in Secondary Education: Where does it fit? A systematic literary review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 2(1), 41–60. doi: 10.21585/ijcses.v2i1.26.
- Müller, R., Kreß-Ludwig, M., Mohaupt, F., von Drachenfels, M., Heitmann, A., & Gorsky, A. (2018). *Warum (nicht) MINT? Was beeinflusst die Ausbildungs- und Berufswahlentscheidung junger Menschen?* [Diskussionspapier des IÖW 69/18]. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). Abrufbar unter: https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddatei

- en/Publikationen/2018/IOEW_DP_69-18_Warum_nicht_MINT_final.pdf (2023-07-14).
- Musilek, M., & Lengauer, A. (2023). MINT – Motivation, Innovation, Neugier und Talentförderung in Mathematik und Naturwissenschaften. In C. Fridrich, H. Knecht, P. Riegler, & E. Süß-Stepancik (Hrsg.), *MINT Mehr Begeisterung für MINT-Fächer*. Wien: LIT-Verlag.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, Inc.
- Priemer, B., & Roth, J. (Hrsg.). (2020). *Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*. Heidelberg: Springer Spektrum. doi: 10.1007/978-3-662-58913-7.
- Seidel, T., Reinhold, S., Holzberger, D., Mok, S. Y., Schiepe-Tiska, A., & Reiss, K. (2016). *Wie gelingen MINT-Schulen? Anregungen aus Forschung und Praxis*. Münster New York: Waxmann.
- Steiner, M., & Himpsl-Gutermann, K. (2020). Computational Thinking und Kontextorientierung. *Medienimpulse*, 58(1), 30 Seiten. doi: 10.21243/mi-01-20-21.
- Wagner, W. (2018). Erstes Algorithmisieren über die Darstellung von Bewegungen mittels grafischer Symbole: Vom eigenen Handeln zum Programmieren. *Medienimpulse*, 56(3), 23 Seiten. doi: 10.21243/mi-03-18-14.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. doi: 10.1145/1118178.111.