



Interreg
Slovakia-Austria
European Regional Development Fund



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)

Bildung mittels Robotik unterstützt durch interregionale Kooperation



SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY



Inhaltsverzeichnis

Ausgangslage und Einleitung.....	3
Überblick zur Informatischen Bildung in Österreich.....	4
Zur Methodik in der Erarbeitung der Empfehlungen.....	6
Robotikworkshops an Schulen im Projekt RoboCoop.....	6
Interviews mit Expertinnen und Experten.....	6
Einordnung der Ergebnisse in internationale Projekte und Studien.....	7
Empfehlungen zur Politikgestaltung.....	8
Empfehlungen zu Educational Robotics und Coding.....	9
Erkenntnisse aus den RoboCoop-Workshops zu Educational Robotics.....	9
Coding und Robotik über die Schulstufen hinweg.....	11
Ausstattung für Educational Robotics und Coding.....	12
Workshopangebote in Präsenz und Online.....	14
Empfehlungen zur Informatischen Bildung im Rahmen von MINT.....	15
MINT-Bildung über die Schulstufen hinweg.....	15
MINT-Bildung als Schulentwicklungsprozess.....	16
Professionalisierung des Lehrberufs.....	19
Informatische Bildung in lebensnahen Kontexten fächerübergreifend vermitteln.....	20
Umgang mit Heterogenität: Didaktische Methodenvielfalt, Differenzierung und Inklusive Bildung.....	21
Spezielle Lernräume für die MINT-Bildung.....	24
Weitere außerschulische Angebote, Initiativen und Maßnahmen.....	25
Empfehlungen zur Förderung von Mädchen in der MINT-Bildung.....	28
Weibliche Role-Models.....	28
Außerschulische Maßnahmen.....	28
Steigerung der Selbstwirksamkeit von Schülerinnen.....	29
Vielfalt an MINT-Berufen aufzeigen.....	30
Zusammenfassung und Ausblick.....	31
Quellenverzeichnis.....	33

Alle Rechte vorbehalten © 2022, Europa Büro der Bildungsdirektion für Wien.

Für die Inhalte der Webseiten Dritter, auf die in dieser Publikation hingewiesen wird, übernehmen wir keine Haftung, da wir uns diese nicht zu eigen machen, sondern lediglich auf deren Stand zum Zeitpunkt der Erstveröffentlichung verweisen.

Ausgangslage und Einleitung

In Schulen, Hochschulen und Universitäten gibt es im MINT-Bereich (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) in Österreich und in der Slowakei einen Mangel an Interesse bzw. gut ausgebildeten Lehrkräften. Neben fehlenden Grundlagen für diverse Studienrichtungen führt dies auch zu Engpässen auf dem Arbeitsmarkt, obwohl in der gesamten Region eine steigende Nachfrage nach MINT-Personal besteht. So konstatiert beispielsweise die WKO im Februar 2022 einen Fachkräftemangel im IT-Bereich von bis zu 30.000 in den nächsten fünf Jahren¹. Alarmierend hoch seien gemäß dem IKT-Report des Kärntner Instituts für Höhere Studien nach wie vor die Drop-Out-Quoten in Bachelor- und Masterstudiengängen im IT-Bereich, die nur zu einem geringen Teil mit vorzeitiger Beendigung des Studiums, um in der IT-Branche zu arbeiten, erklärt werden könnten. Vertreter*innen der WKO fordern wiederholt die Bildungspolitik auf, beginnend mit der Volksschule Maßnahmen für die Förderung von IT zu setzen.

Ein möglicher Ansatz, um das Interesse für MINT-Fächer ab der Primarstufe, aber insbesondere in der Sekundarstufe zu fördern, ist das Themenfeld der Robotik. Durch sogenannte Educational Robots können nicht nur wichtige Grundlagen für verschiedene Teilgebiete der Informatik erarbeitet, sondern auch fächerübergreifende Zusammenhänge sichtbar gemacht werden.

RoboCoop ist ein EU-Projekt mit dem Ziel, das multidisziplinäre Potenzial der Robotik zu nutzen und grenzüberschreitende Bildungsaktivitäten zu etablieren, um das Interesse an den MINT-Themen – auch bei weiblichen Schüler*innen – zu wecken. Ausgehend vom Abschlussbericht dieses Projekts zu den Klassenworkshops (Jäggle & Lepuschitz 2022)², die über vier Jahre durchgeführt und systematisch evaluiert wurden, fasst dieses Papier Empfehlungen für die Bildungspolitik zum Einsatz von Robotik in der MINT-Bildung zusammen.

¹ <https://news.wko.at/news/oesterreich/it-fachkraeftemangel-weiterhin-bedarf-an-umfassender-it-.html>

² Der Bericht wird im Folgenden immer als RoboCoop-Projektbericht oder -Studie bezeichnet und zitiert.

Überblick zur Informatischen Bildung in Österreich

In Österreich soll durch MINT-Bildung das Verständnis für Technologie, Wissenschaft und Innovation gefördert werden, um Lerner*innen die Partizipation in einer sich ständig wandelnden Gesellschaft und die (Mit-)Gestaltung von Digitalisierung zu ermöglichen. Durch fächerübergreifenden Unterricht und forschendes Lernen soll vor allem die Handlungs- und Gestaltungsfähigkeit im naturwissenschaftlich-technischen Bereich geschult werden.

Traditionell investiert Österreich seit vielen Jahren sehr viel in die MINT-Fächer, insbesondere mit einem sehr gut ausdifferenzierten Angebot an Ausbildungszweigen in den mittleren und höheren berufsbildenden Schulen. Höhere Technische Lehranstalten und Bundeshandelsakademien bieten hier eine breite Palette an Ausbildungsmöglichkeiten in der Sekundarstufe II mit einer Fachausbildung in Verbindung mit allgemeiner Hochschulreife, wo die Stundentafeln, Lehrpläne und Lerninhalte weitgehend den aktuellen Bedürfnissen für Berufe im MINT-Bereich gut angepasst sind.

An den Universitäten sind insbesondere die Austrian Educational Competence Centres (AECC) hervorzuheben, die seit Herbst 2005 unter der Steuerung des BMBWF und mit einer Anschubfinanzierung neben dem bereits etablierten Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (Klagenfurt) an den Universitäten in Wien (Biologie, Chemie, Physik) und Klagenfurt (Deutsch und Mathematik) eingerichtet wurden³. Die österreichischen Fachdidaktikzentren sind im Bereich des Lehrens und Lernens des jeweiligen Fachs forschend, entwickelnd und beratend sowie durch Lehre und Weiterbildung tätig. Die Ergebnisse sollen sowohl in den Unterricht, in die Lehrer*innenbildung und Schulentwicklung, in die Wissenschaftsgemeinschaft als auch als Steuerungswissen in Bildungsverwaltung und Bildungspolitik einfließen. Als Unterstützung und Erweiterung wurden regionale Fachdidaktikzentren gegründet, die seit 2014 von der Universität Klagenfurt im Rahmen von IMST (Innovationen machen Schulen top) mit dem Qualitätslabel RECC (Regional Educational Competence Center) zertifiziert werden⁴, die sich aber weitgehend aus Eigenmitteln der jeweiligen Universitäten bzw. Pädagogischen Hochschulen finanzieren.

Trotz dieser begrüßenswerten Strukturmaßnahmen bestehen dennoch die eingangs erwähnten Probleme in technisch orientierten Studiengängen (vor allem der Fachhochschulen) und im Fachkräftemangel vor allem in IT-Bereichen, die als Zukunftsfelder einer zunehmend digitalisierten Welt gelten.

Mögliche Ursachen könnten in den früheren Bildungsstufen gesehen werden, also im Bereich der Elementarpädagogik, der Primarstufe und der Sekundarstufe 1 (Mittelschule und AHS-Unterstufe). Hier gibt es im MINT-Fächerbündel klare Unterschiede zwischen den vier Bereichen: während die Mathematik (M) in allen drei Bereichen in den Lehrplänen gut verankert ist und eine lange Tradition hat, leiden die Naturwissenschaften (N) an einem zu geringen Stundenausmaß in der Sek I (in Fortsetzung des Sachunterrichts der Volksschule), und die Informatik (I) und die Technik (T) können überhaupt keine Verankerung als eigenes Fach vorweisen. Seit Jahrzehnten fristet die Informatik in der Sekundarstufe Allgemeinbildung ein Schattendasein: an der AHS ist sie als Pflichtfach nur in der 5. Stufe vorhanden und wird als Wahlpflichtfach bis zur Matura nur von wenigen Schüler*innen gewählt. In der Mittelschule gibt bzw. gab es zwar schulautonom Informatikschwerpunkte, die sich allerdings oft den Vorwurf gefallen lassen mussten, auf einfache Anwendungskompetenzen und den ECDL reduziert zu sein.

Genau an diesen Kritikpunkten setzen seit knapp zehn Jahren zahlreiche Initiativen an, die Unterrichtsmethoden und Lernwelten etablieren wollen, wie sie beispielsweise auch die Industriellenvereinigung bereits 2013 in ihrem Strategiepapier "MINT 2020" gefordert hat (Haidinger 2013). Viele der Informatikansätze greifen das neuere Konzept des "Computational

³ <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/bef/bec/aecc.html>

⁴ https://www.imst.ac.at/texte/index/bereich_id:47/seite_id:298

Thinking“ auf und versuchen mit verschiedenen Ansätzen von Coding und Robotik eine andere Form eines Grundverständnisses von Informatik zu etablieren. Hier ist vor allem das DLPL-Projekt (Denken lernen, Probleme lösen) des BMBWF zu nennen, das 2016 mit DLPL 1 ins Leben gerufen wurde und neben der Einführung von Coding und Robotik in über 100 Volksschulen österreichweit auch spezielle Lernräume an allen Pädagogischen Hochschulen zur Informatischen Bildung etabliert hat (Himpsl-Gutermann et al., 2018). Nach der Fortsetzung mit DLPL 2 (rund um den Microbit in der Sek I) wird ab dem aktuellen Schuljahr 2022/2023 unter DLPL 3 mit dem digi.case wieder ein Schwerpunkt in der Primarstufe gesetzt. Weitere Initiativen werden durch die OCG (Österreichische Computer Gesellschaft) gesetzt, die sich beispielsweise in der EU-weiten Initiative EDLRIS engagiert, dass angelehnt an die ECDL-Idee einen “Führerschein” für Robotik und Intelligente Systeme erarbeitet hat (Kandlhofer et al., 2021). Daneben ist der Verein PRIA (Practical Robotics Institute Austria), die TU Wien und die Bildungsdirektion für Wien zu nennen, die zahlreiche Initiativen setzen (beispielsweise die Projekte RoboCoop, ER4STEM, DigiMe uva.) und die Bereiche industrielle Robotik bzw. Educational Robotik evaluieren, sowie das Zentrum ZIMD (Zentrum für Interaktion, Medien & soziale Diversität) mit einer Fülle an Projekten, insbesondere zur Mädchenförderung.

In enger Verbindung mit diesen Pilotprojekten sind zwei Initiativen aus dem 8-Punkte-Plan des BMBWF (2018) zur Digitalen Schule⁵ zu sehen, nämlich die Einführung der Digitalen Grundbildung in der Sek I (zuerst als Verbindliche Übung, seit September 2022 als neues Pflichtfach) sowie die flächendeckende Ausrollung von Notebooks österreichweit (Geräteinitiative). Die Bildungsdirektion für Wien hat 2019 mit dem Ausbau von WLAN an Bildungseinrichtungen der Stadt begonnen. An Berufsschulen, Polytechnischen Schulen und Mittelschulen ist die Arbeit bereits abgeschlossen, bis Ende 2023 soll der WLAN-Ausbau flächendeckend an allen Landesschulstandorten abgeschlossen sein. Bis dahin wurden für jene Standorte, die am 8-Punkte-Plan teilnehmen, Zwischenlösungen erstellt, sodass eine reibungslose Teilnahme gewährleistet ist. Mit diesen Projekten sind auch Hoffnungen für die MINT-Bildung verbunden: das neue Pflichtfach bietet die Möglichkeit, Phänomene aus der digital-vernetzten Welt fächerübergreifend aus verschiedenen Perspektiven zu beleuchten; die Verwendung von Notebooks in allen Gegenständen bietet eine breite Vielfalt an didaktischen Möglichkeiten für ein forschend-entdeckendes Lernen.

Eine Initiative, um im Elementar-, Primar- und Sek-I-Bereich das Bewusstsein für die MINT-Bildung zu schärfen und Schulentwicklungsprozesse in Gang zu setzen, ist das MINT-Gütesiegel, das seit 2020 jährlich verliehen wird. In Wien gibt es aktuell bereits rund 80 MINT-Gütesiegelschulen, die sich laufend im Rahmen von Vernetzungstreffen zu ihren MINT-Initiativen austauschen.

⁵ <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/zrp/dibi.html>

Zur Methodik in der Erarbeitung der Empfehlungen

Die Empfehlungen in diesem Papier wurden auf der Basis dreier Methoden erarbeitet. Ausgangspunkt ist der *Final Report* aus dem RoboCoop-Projekt, in dem entlang verschiedener Forschungsfragen Klassenworkshops zu Robotikansätzen über insgesamt vier Jahre durchgeführt und begleitend beforscht wurden. Ausgehend von den Erkenntnissen aus diesem Langzeitprojekt wurden zweitens Leitfadeninterviews mit sechs Expert*innen aus Österreich und der Schweiz geführt, wobei Robotikansätze im engeren Sinn, Informatische Bildung darüber hinaus und grundsätzliche Fragen von MINT-Bildung insbesondere hinsichtlich des Gender-Gaps diskutiert wurden. Schließlich wurden drittens die Erkenntnisse aus dem Report und aus den Interviews in einen breiteren Kontext gestellt, indem internationale Studien recherchiert wurden.

Robotikworkshops an Schulen im Projekt RoboCoop

Startpunkt für die Empfehlungen sind die Robotik-Klassenworkshops im RoboCoop-Projekt und deren Auswertung durch einen "Final Report" (Jäggle & Lepuschitz 2022). Im Projekt wurden über vier Jahre (2018-2022) 188 Klassenworkshops zu Educational Robotics in Österreich und der Slowakei durchgeführt, bei denen insgesamt 2380 Schülerinnen und Schüler beteiligt waren (1591 Burschen, 789 Mädchen). Die Workshops fanden in den Schulstufen Sekundarstufe I + II statt und wurden in Hochschulen, Labs und Schulen durchgeführt; es nahmen Schüler*innen im Alter zwischen 10 und 23 Jahren teil. In den Workshops wurden sechs verschiedene Programmierumgebungen und sechs verschiedene Robotikausstattungen verwendet; außerdem musste coronabedingt etwa in der Mitte der Projektlaufzeit von Präsenzworkshops auf Online-Formate ausgewichen werden, womit auch die unterschiedlichen Formate verglichen werden konnten.

Die Begleitevaluation in diesem Projekt setzte einen Mixed-Methods-Ansatz ein, um über quantitative Befragungen und qualitative Methoden ein möglichst umfassendes Bild der einzelnen Fallstudien zu erhalten. Für die Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeit wurde ein eigenes Assessment-Tool für Educational Robotics (RSE) entwickelt, das 10 Items mit einer fünfstufigen Likert-Skala enthält (Jäggle et al. 2020). Dieses Tool wurde in einem Prä-Post-Verfahren eingesetzt. Ziel der Befragung war, Details zu den Lernaktivitäten der Workshops zu erfahren und herauszufinden, wie die Workshops die Motivation und Interessen der Schüler*innen hinsichtlich MINT und die Selbsteinschätzung ihrer Selbstwirksamkeit in der Robotik verändern. Bei den Workshops, der Befragung und Auswertung der Daten wurden insbesondere auch Genderaspekte berücksichtigt.

Interviews mit Expertinnen und Experten

Insgesamt wurden sechs Expert*inneninterviews im Zeitraum Oktober 2022 bis November 2022 anhand eines erstellten Interview-Leitfadens durchgeführt. Die gestellten Fragen lassen sich in drei Bereiche gliedern: Fragen zur Tätigkeit und persönlichen Motivation in MINT der interviewten Person, Fragen zur MINT-Bildung in Einbezug der Studienergebnisse des Projekts RoboCoop und schließlich Fragen zur Umsetzung von außerschulischer und schulischer MINT-Bildung. Die Interviews wurden im virtuellen Setting via Zoom durchgeführt und aufgezeichnet. Anschließend wurden die Expert*inneninterviews transkribiert und anhand der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) kodiert.

Insgesamt wurden folgende sechs Expert*innen aus unterschiedlichen MINT-Bereichen und in Ausführung unterschiedlicher Tätigkeiten interviewt:

- Christian Bertsch (Head of Science Education, Institute of Science and Technology Austria)
- Dorothea Erhardter (Geschäftsführerin von ZIMD, Zentrum für Interaktion, Medien & soziale Diversität)

- Tobias Kohn (Assistenzprofessor Fachdidaktik Informatik, Technische Universität Wien)
- Martin Bauer (Leiter der IT-Gruppe, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung)
- Teresa Torzicky (Leitung der Geschäftsstelle und Projektentwicklung, Innovationsstiftung für Bildung)
- Urs Hauser (Lehrer für Mathematik und Informatik, Dozent an der PH Luzern, Dissertant in der Informatik Fachdidaktik)

Dem Anhang ist der Kodierleitfaden, die Kodierung der Expert*inneninterviews sowie eine Zusammenfassung der Interviews zu entnehmen. Die aggregierten Ergebnisse und einzelne markante Aussagen sind in anonymisierter Form in den Ergebnisteil übernommen.

Einordnung der Ergebnisse in internationale Projekte und Studien

Bei der Recherche zu vergleichbaren Studien für das Projekt RoboCoop lag der Fokus auf aktuellen Studien und Projekten im europäischen Raum. Dabei wurden vor allem empirische Studien zu Robotikprojekten sowie Strategiepapiere in Bezug auf MINT-Bildung aus Deutschland herangezogen. Ein weiterer Schwerpunkt der Recherche lag auf empirischen Studien, die vor allem die Interessensteigerung von Schüler*innen im MINT-Bereich beziehungsweise methodisch-didaktische Konzepte zur Motivationsförderung von Mädchen herangezogen. Häufige in der Recherche verwendete Suchbegriffe waren: Educational Robotics in der Sekundarstufe, MINT-Bildung, Computational Thinking, Gender Equality in STEM, Steigerung des Interesses in MINT bei Schüler*innen.

Empfehlungen zur Politikgestaltung

Die Ergebnisse der Analysen münden in Empfehlungen zur Politikgestaltung zum Einsatz von Coding und Robotik in Schulen und werden in drei Bereiche gegliedert:

1. Empfehlungen zu Educational Robotics und Coding (im engeren Sinn)
2. Empfehlungen zur informatischen Bildung im Rahmen von MINT (im weiteren Sinn)
3. Empfehlungen zur Förderung von Mädchen in der MINT-Bildung

Dabei werden bei den einzelnen Empfehlungen unterschiedliche Bereiche bzw. Ebenen adressiert:

- Einrichtungsebene (Makro): Bildungspolitik und Gestaltung der dortigen Weichenstellungen (österreichweite Perspektive)
- Angebotsebene (Meso): Gestaltung von Angeboten zur Erreichung der bildungspolitischen Ziele (regionale Perspektive)
- Durchführungsebene (Mikro): Umsetzung der Angebote an der Schule (standortspezifische Perspektive)

— Dabei ist zu beachten, dass die Empfehlungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich aller drei Ebenen erheben können und selektive Erkenntnisse darstellen, da die Begründungen der einzelnen Hinweise sich aus dem RoboCoop-Projekt, den durchgeführten Interviews und der ergänzenden Recherche ergeben.

Empfehlungen zu Educational Robotics und Coding

Erkenntnisse aus den RoboCoop-Workshops zu Educational Robotics

Eine zentrale Erkenntnis des RoboCoops-Projektes ist: die Klassenworkshops sind grundsätzlich sehr gut dafür geeignet, das Interesse der Schüler*innen für MINT zu steigern. Diese Erfahrung ist doppelt wertvoll, weil die Datenlage eine außergewöhnlich breite ist:

- insgesamt haben 2380 Schüler*innen aus zwei Ländern teilgenommen
- über vier Jahre wurde in verschiedenen Schulstufen und unterschiedlichen didaktischen Settings die Workshops durchgeführt (verschiedene Roboter, verschiedene didaktische Ansätze, coronabedingt auch in Online- bzw. Hybrid-Formaten)

Die Gesamtbewertung der Workshops durch die Schüler*innen ist mit mehr als 4 Sternen von maximal 5 als sehr hoch einzustufen (S. 11), wobei die Bewertung im dritten und vierten Projektjahr etwas geringer ausfiel (4,35/4,36/4,19/4,17); die Zusatzfrage nach dem Format (face-to-face/online) zeigt eindeutig, dass die niedrigere Bewertung in der coronabedingten Umstellung auf das Online-Format begründet liegt (S. 12). Die Frage, ob das Interesse an MINT – abgefragt an vier unterschiedlichen Items – nach den Workshops gestiegen sei, wurde überwiegend mit JA beantwortet:

- Technik (1182 JA/343 NEIN)
- Programmierung (1095 JA/425 NEIN)
- Roboter (823 JA/696 NEIN)
- wie technische Dinge funktionieren (1048 JA/430 NEIN)

Auch wenn bei dieser Frage relativierend angeführt werden muss, dass hier eine Tendenz besteht, dem Fragesteller zuliebe eher mit JA zu antworten, so sind doch die hohen Zustimmungsraten sehr positiv zu bemerken. Auch bei der Frage nach der Einschätzung der Selbstwirksamkeit mit dem Assessment-Tool sind die Werte im Schnitt signifikant gestiegen (S. 16):

- bei Mädchen (n=599): von 26,8 vorher auf 29,7 nachher
- bei Burschen (n=1239): von 29,9 vorher auf 32,8 nachher
- in der Sek I (n=1293): von 29,9 vorher auf 32,2 nachher
- in der Sek II (n=509): von 26,6 vorher auf 30,3 nachher

Studien bestätigen, dass Burschen grundsätzlich ihre Selbstwirksamkeit in Bezug auf MINT höher einschätzen als Mädchen (siehe z. B. Drescher et al. 2020). Dennoch ist positiv, dass im RoboCoop-Projekt bei beiden Geschlechtern und über die Altersgruppen hinweg die Werte deutlich gestiegen sind.

Auch hinsichtlich der Details in den eingesetzten Programmierumgebungen und der Robotermodelle lassen sich einige interessante Aspekte aus dem Bericht ablesen (S. 16/17). Im Vergleich von blockbasierten Umgebungen (Blockly, VPL, NXT-Logo) gegenüber textbasierten Umgebungen (Mural, Python, C) lag die Selbsteinschätzung vor den Workshops bei den blockbasierten im Schnitt etwas höher. In allen sechs Fällen wurde ein Zuwachs in der Bewertung verzeichnet, der in absoluten Zahlen bei Blockly am höchsten ist; die größte relative Steigerung wurde bei C verzeichnet (siehe Abbildung 1).

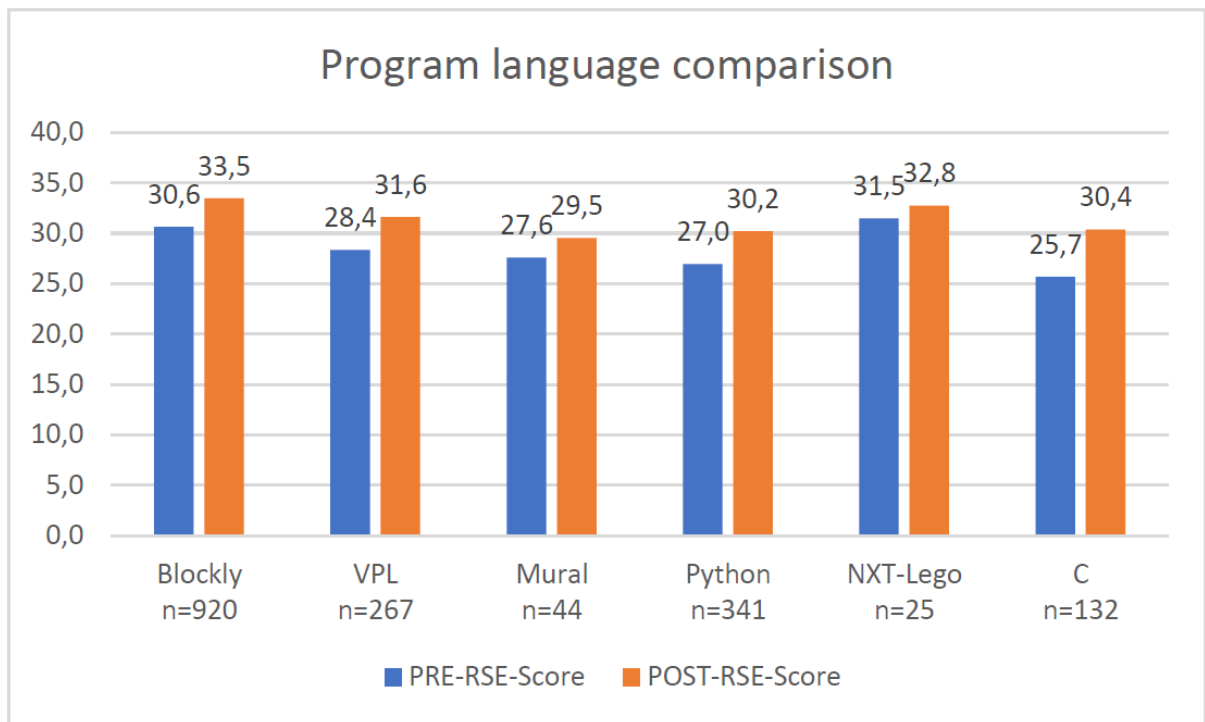


Abb. 1: Vergleich der sechs Programmiersprachen im Projekt RoboCoop

In Bezug auf die Robotikausstattung zeigt sich ein ähnliches Bild: in allen sechs Varianten wurde eine Steigerung in der Bewertung erzielt (S. 17). Den höchsten Wert vor den Workshops hatte Lego Mindstorms; dort wurde nur eine minimale Steigerung erzielt. Den größten Unterschied verzeichnete Thymio, von 26,3 auf 36,1 (siehe Abbildung 2).

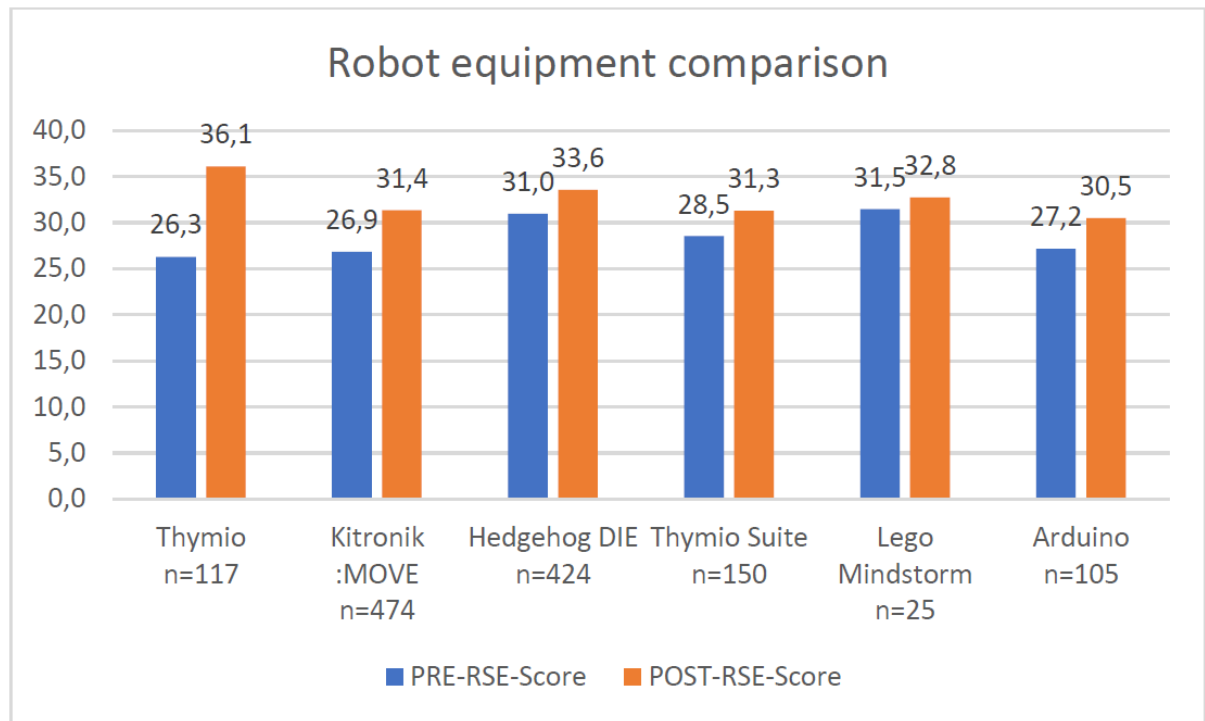


Abb. 2: Vergleich der sechs Robotikausstattungen im Projekt RoboCoop

Das Thymio-Workshop-Konzept scheint also hinsichtlich der Selbsteinschätzung der Schüler*innen die größte Wirkung zu haben – positiv anzumerken ist hierbei, dass es sich um ein Open-Source-Projekt handelt, bei welchem auch fortgeschrittene Varianten und ein “Hinter die Funktionsweise blicken” möglich sind.

Coding und Robotik über die Schulstufen hinweg

In Österreich nahmen mit 81,7% im Vergleich zur Slowakei mit 17,9% wesentlich mehr Schüler*innen im Alter bis 14 Jahren an den Workshops im RoboCoop-Projekt teil (S. 10); in der Slowakei waren es überwiegend Oberstufenklassen in beruflichen Schulen. Von den beteiligten Schultypen in Österreich besuchte die größte Anzahl die Mittelschule (474), gefolgt vom Gymnasium (352) und von Berufsschulen (174). Es ist naheliegend, dass in der relativ großen Altersspanne von zehn Jahren bis zu jungen Erwachsenen die didaktische Konzeption der Workshops, die Ziele und Möglichkeiten sich sehr grundlegend unterschieden, da in der Oberstufe beispielsweise auf ein viel höheres mathematisches Grundwissen zurückgegriffen wurde.

Aktuelle Forschung zeigt, je früher Schüler*innen an die Informatik herangeführt werden, desto eher können sie für diesen Bereich begeistert werden; außerdem resultiert eine frühe Auseinandersetzung mit einem Aufbau von Vertrauen im Umgang mit Komplexität sowie dem Umgang mit Problemen mit offenem Ausgang. Ein Experte/eine Expertin meint hierzu:

“Das ganz einfache Beispiel *Lass den Roboter im Viereck vor dir fahren (...)* dann kommst du auch ganz schnell drauf, was sich dann halt wiederholt und wie du dann wieder den Code schlanker machen kannst, (...) wo auch immer wieder neue Situationen drinstecken. Das ist glaube ich (...) der Unterschied in meinen Augen: Die Vielfalt der Situationen und der Problemlösungen, die da auftauchen, nochmal eine ganz andere ist.”

Durch Coding und Robotik werden Problemlösungskompetenzen erweitert und übertragen beziehungsweise werden analytische Fähigkeiten der Schüler*innen verbessert. Außerdem wird durch Educational Coding und Robotik auch die Selbstwirksamkeit der Schülerinnen und Schüler beim Lösen von Computerproblemen, bei der Abstraktion, der Fehlersuche und der Terminologie verbessert, wie sich auch in der RoboCoop-Studie gezeigt hat. Zudem ist Educational Coding und Robotik vielseitig einsetzbar, wenn es um aktive Lernmethoden geht (z. B. projektbasiertes Lernen, Problemlösung, Gamification, kooperatives Lernen). Diese Methoden befähigen die Schüler*innen besonders zu eigenverantwortlichem Lernen in einer konstruktiven Lernatmosphäre (Lockwood & Mooney 2018).

In den Interviews wird vielfach betont, informatische Kompetenzen schon möglichst früh, etwa ab der Elementarbildung und Volksschule, spielerisch erfahrbar zu machen:

“Also ich denke, wenn ein spielerischer Einstieg ist oder ein Hineinschauen in das Ganze, dann kann das schon sehr jung erfolgen und sollte vielleicht auch sehr jung erfolgen, weil man dann einfach auf positive Erinnerungen auch zurückgreift.”

Förderlich dafür scheinen haptische, im physischen Raum erfahrbare, entdeckende und narrative Lernsettings. Ermutigende Ergebnisse zeigten sich hier beispielsweise im Projekt LemaS (Leistung macht Schule) an der Freien Universität Berlin, bei dem Workshops in der Grundschule mit verschiedenen Settings zum Einstieg in die Informatische Bildung erprobt wurden (bspw. Lego WeDo, Beebot, Lego EV3, Thymio, Neurons, Lego NXT, Calliope). Auch wenn sich keine eindeutige Präferenz nachweisen ließ, sondern die Interessen der Kinder weit auseinandergingen, so zeigte sich dennoch in allen Varianten ein sehr positives Ergebnis, “(...) da die untersuchten Kinder jeweils über einen Zeitraum von mindestens vier Stunden stets hochmotiviert und mit viel Freude bei der Sache bleiben, dabei vieles über die Funktionen der Medien bzw. ‘Geräte’ lernen und insgesamt eine hohe Engagiertheit zeigen” (Köster et al. 2019, S. 41). In der Fachliteratur wird das frühe und beständige Einüben der informatischen Kompetenzen betont.

Mit entsprechend einfach aufgebauten Robotern wie beispielsweise dem Cubetto ist es durchaus möglich, bereits im Kindergarten mit Informatischer Bildung zu beginnen – das Zeigen u. a. Workshops an der PH Wien⁶. Auch die Ständige Wissenschaftliche Kommission in Deutschland

⁶ <https://zli.phwien.ac.at/robotik-workshop-mit-kindergartenkindern/>

fordert in ihrem Strategiepapier “Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule”, dass digitale Medienbildung und elementarinformatische Bildung in den Lehrplänen für Kindergärten in allen Bundesländern zu verankern seien (SWK 2022, S. 33).

Die Expert*innen in den Interviews empfehlen, in der Sekundarstufe etwa im Alter ab 12 Jahren mit informatischer Bildung und Coding verstärkt anzusetzen, da das dafür notwendige Abstraktionsvermögen sich erst bei Schüler*innen dieser Altersstufe ausprägt, (was vor allem auch in der Mathematik-Fachdidaktik besonders betont wird):

“Wir haben wirklich sehr viele Workshops. Und wir haben gemerkt, dass so ungefähr in der Mitte der dritten Schulstufe der Sprung passiert, wo die Kinder dann das, was sie da machen, auch wirklich mit was Technischem in Verbindung bringen.”

In diesem Alter – vor dem Eintritt in die Pubertät – besteht auch die größte Offenheit gegenüber verschiedenen Themen, sodass hier bei einer entsprechend gut gelungenen Einführung das Interesse auch länger anhaltend bestehen bleiben könnte:

“Der Einstieg in die Pubertät, das ist so eine Phase, wo sich die Interessen ganz massiv verschieben, wo die Kinder nicht mehr für alles offen sind, sondern wo sie wirklich sehr selektiv werden, was sie interessiert. Und wahrscheinlich ist an dieser Schwelle, wo wir einsetzen müssen und sichergehen, dass, dass wir das Interesse über den Einstieg in die Pubertät hinaus aufrechterhalten können.”

In den Interviews wird aber auch kritisch angemerkt, dass durch einen zu intensiven Einsatz von Coding und Robotik mit ähnlichen Materialien und Programmen das Interesse an der Thematik (im Sinne eines *more of the same*) auch nachlassen könnte.

Die Vermittlung informatischer Kompetenzen durch Coding und Robotik sollte jedenfalls durch Lehrpläne und Kompetenzmodelle aufbauend abgestimmt sein. Dazu wurde auch die Idee eines spiralen Curriculums genannt, als Vermittlung von Neuem (auch in neuen Kontexten) in höheren Schwierigkeitsgraden, aufbauend auf vorhandenen Erfahrungen, Wissensbeständen und Konzepten, ohne zu starke Überlappungen. Mit der Einführung des Pflichtfachs Digitale Grundbildung besteht hier die Möglichkeit, auch den Lehrplan für die Informatik in der Sekundarstufe II in der Allgemeinbildung zu reformieren und eventuell in einem MINT-Fächerbündel als Maturafach einzuführen, das mehr Schüler*innen wählen als das derzeit bestehende Wahlpflichtfach. Ein Experte/eine Expertin meint dazu:

“Mein Ziel, das ich erreichen möchte, dass wir die Informatik von fünf vom Kindergarten weg, idealerweise aber zumindest von der Volksschule bis zur Matura erlebbar machen. Also das wirklich auch so als Teil einer Allgemeinbildung wirklich gesehen wird.”

Hier wäre auch dringender Bedarf für mehr fachdidaktische Forschung, welche Inhalte und Methoden ab welcher Altersstufe geeignet sind, und eine entsprechende curriculare Verankerung, spiralförmig vom Kindergarten bis zur Matura gut begründen zu können.

Ausstattung für Educational Robotics und Coding

Beim Einstieg in die Grundlagen der Programmierung können grundsätzlich vier verschiedene Zugänge unterschieden werden:

1. Coding Unplugged⁷: Vermittlung der Grundlagen OHNE die Verwendung eines Computers
2. Blockbasierte Programmierumgebungen (Scratch, Snap, Pocket Code, etc.): hier werden mit vordefinierten Code-Blöcken Skripte umgesetzt
3. Textbasierte Programmierumgebungen (C++, Java, Python, etc.): hier muss auf eine genaue Verwendung der Syntax geachtet werden

⁷ siehe beispielsweise <https://code.org/curriculum/unplugged>

4. Educational Robots (mit einer breiten Palette) oder bzw. in Verbindung mit Minicomputern (Microbit, Arduino, Raspberry PI, Calliope, etc.)

Coding bedarf nicht notwendig des Einsatzes digitaler Medien. Coding unplugged bietet eine Vielfalt von Materialien und Möglichkeiten, Grundkonzepte der Programmierung analog zu erlernen. Blockbasierte Programmiersprachen erleichtern den Einstieg in die Codierung, weil kaum Augenmerk auf die Syntax gerichtet werden muss. Blockeditoren fördern ein entdeckendes und spielerisches Erlernen, in dem Programmierbausteine aus den verschiedenen Klassen einfach zusammengesetzt werden und das Ergebnis des Programmcodes gleich in einem Fenster visualisiert wird. Bestimmte Editoren lassen auch eine Gegenüberstellung des Blockcodes zu einem textbasierten Code zu. Das kann für Schüler*innen den Transfer von Blockprogrammierung zur Textprogrammierung erleichtern. Manche Expert*innen berichten in den Interviews auch davon, mit Textprogrammierung gleich in der Sekundarstufe zu beginnen. Das wird besonders terminologisch und mit der Konzentration auf eine eingeschränkte systematisierte Aufgabenstellung begründet. Klare wissenschaftliche Evidenzen, ob block- oder textbasiert den besseren Einstieg darstellt, gibt es nicht⁸. Auch im RoboCoop-Projekt wurden verschiedene Programmiersprachen eingesetzt (siehe oben), wobei kaum signifikante Unterschiede hinsichtlich der Motivation der Schüler*innen festgestellt werden konnten.

Während Educational Robotics erheblichen Materialressourcen bedarf, kann Educational Coding mit minimalen Kosten unterrichtet werden. Educational Robotik hat jedoch den Vorteil der Haptik und der Konstruktion als Verortung im physischen Raum. Es wird in Interviews betont, dass dieses Physical-Computing Vorbedingung für Coding mit einem höheren Abstraktionsgrad ist.

In der RoboCoop-Studie wurde mit verschiedenen Educational-Robotics-Systemen (Thymio, Lego Mindstorms, Kitronik:MOVE) gearbeitet. Eine Expertin unterscheidet diese Systeme mit Bezug auf deren didaktische Verwendung als Coding Roboter (z. B. Beebot, Cubetto, MTiny), bei denen stärker der codebasierte Lösungsweg im Mittelpunkt steht, und Konstruktions-Roboter, welche die Konstruktion selbst als bestimmendes didaktisches Element mitberücksichtigen (z. B. Lego WeDo, Lego Mindstorms, M:Bots).

Coding-Roboter haben den Vorteil, dass sie ohne großen Erstellungsaufwand direkt eingesetzt werden können. Sie ermöglichen einen Einsatz schon ab der Elementarstufe. Sie können inhaltlich zu verschiedenen Themenbereichen und Fächern eingesetzt werden, in denen inklusiv, durch das Coding, informatische Kompetenzen vermittelt werden. So scheint es, dass der Roboter als Lernobjekt oder als Lernwerkzeug dargestellt wird (Alamo et al. 2021), auch wenn diese Klassifizierung nicht sehr klar ist, weil damit auch andere Haltungen und Fähigkeiten (Kreativität, Problemlösung, kritisches und kollaboratives Denken, etc.) erlernt werden können. Für den Einsatz bieten sich besonders in der Primarstufe narrative und forschend-entdeckende Lernsettings an, die auch Mädchen besonders ansprechen.

Konstruktions-Roboter sind effektive Lernwerkzeuge für projektbasiertes Lernen, bei dem MINT-, Programmier-, Computer- und Ingenieursfähigkeiten in ein Projekt integriert werden können (Greca Dufranc et al. 2020). Eine Expertin/ein Experte meint:

“Und wir haben aber ja die Kleinen gehabt und haben die Kleinen mit solchen Robotern für Technik begeistert.”

Entsprechende Methoden fördern ein Lernsetting, das sich an der Maker-Szene orientiert. Reale Weltprobleme können der Kontext für themenzentrierte, MINT-verbundene Lernprozesse sein. Auch Kleinplatinen wie der in der Studie verwendete Arduino, Raspberry PI oder Micro:Bits gehören

⁸ siehe hierzu beispielsweise <https://mia.phsz.ch/Informatikdidaktik/BlockOderText>

zu dieser Kategorie von Educational-Robotics-Systemen; ein Beispiel hierzu wäre das Projekt Robo4earth⁹.

Wie die RoboCoop-Studie am Beispiel Thymio zeigt (S. 17), scheinen Robotersysteme besonders interessant, die als Coding-Roboter eingesetzt werden können, mit der Option einer konstruktiven Erweiterung beziehungsweise programmtechnischen Skalierung. Ebenso sind Roboter interessant, die eine digitale Virtualisierung (wie bei Micro:Bit, Thymio oder BeeBot) erlauben. Die Nachteile sämtlicher Robotiksysteme sind relativ hohe Anschaffungskosten sowie ein gewisser Aufwand für die Wartung und Instandhaltung; bei vielen Modellen besteht die Gefahr, dass sie nach einigen Jahren durch Nachfolgemodelle ersetzt werden und der Support seitens des Herstellers nicht mehr angeboten wird.

Will man den Einsatz von Educational Coding und Robotik fördern, so gibt es dafür viele Ansätze, z.B. sollten für den Unterricht Coding-Roboter an Schulen vorhanden sein. In der DLPL-Initiative des BMBWF wurden an allen Pädagogischen Hochschulen sogenannte Educational Innovation Studios (EIS) eingerichtet, die neben Fortbildungs- und Klassenworkshops vor Ort auch einen Verleih an Equipment für Schulen sowie einen zusätzlichen Erfahrungsaustausch organisieren. In Wien stellt außerdem der Wiener Bildungsserver Workshops, Materialien und einen Geräteverleih über die Stadtbüchereien zur Verfügung¹⁰. Ein Ausbau dieser Angebote, auch mit finanzieller Unterstützung durch den Bund, die Länder und Gemeinden, wäre wünschenswert.

Workshopangebote in Präsenz und Online

Coronabedingt musste im RoboCoop-Projekt etwa zur Mitte der Projektlaufzeit von den ursprünglichen reinen Präsenzsettings auch auf Online-Workshops umgestellt werden. Weniger verwunderlich schnitten die Face-to-Face-Workshops im Mittel (4,35 von 5 Sternen) besser ab als die Online-Varianten (4,08 von 5 Sternen). Da beim Robotikunterricht das soziale Miteinander und die Hands-On-Aktivitäten so bedeutend sind (wie sich auch in RoboCoop bestätigt hat), ist dies gut nachvollziehbar, wie ein Experte/eine Expertin bestätigt:

“Und da sehe ich aus meiner Sicht auch, dass die Robotik so extrem gute positive Impulse bilden kann, weil es sich um ein physisches Gerät und einem Computer, mit dem man interagiert. Es ist nicht jeder in seinem Bildschirm, sondern man hat ein gemeinsames Ding vor und stärkt damit die sozialen Interaktionen.”

In Bezug auf Educational Robotics betonen die interviewten Expert*innen die Relevanz von haptischer Auseinandersetzung und dem unmittelbaren Konstruieren von Robotern:

“Aber alles, was man konstruiert oder wenn es ums Lösen von realen Problemen geht, die im realen Raum, also irgendwo anders vor sich auf der geistigen Ebene als am Computer der Programmierer schafft, dann auch die Anwendung im physischen Raum finden.”

⁹ <https://www.robo4earth.at/>

¹⁰ <https://lehrerweb.wien/praxis/robotik-coding/digibox-bee-bot-mit-dem-roboter-spielerisch-lernen>

Empfehlungen zur Informatischen Bildung im Rahmen von MINT

MINT-Bildung über die Schulstufen hinweg

Die Schüler*innen gaben in der RoboCoop-Studie an, dass sie sich nach den Robotik-Workshops mehr für den MINT-Bereich interessieren (S. 14). 1182 (77,5%) Schüler verstehen nach Absolvierung des Workshops, wie wichtig Technik ist, 1095 (72%) wollen mehr über das Programmieren lernen, 823 (41%) wollen mehr mit Robotern lernen und 1048 (70,9%) sind mehr daran interessiert, wie technische Dinge funktionieren (vgl. Abbildung 3).

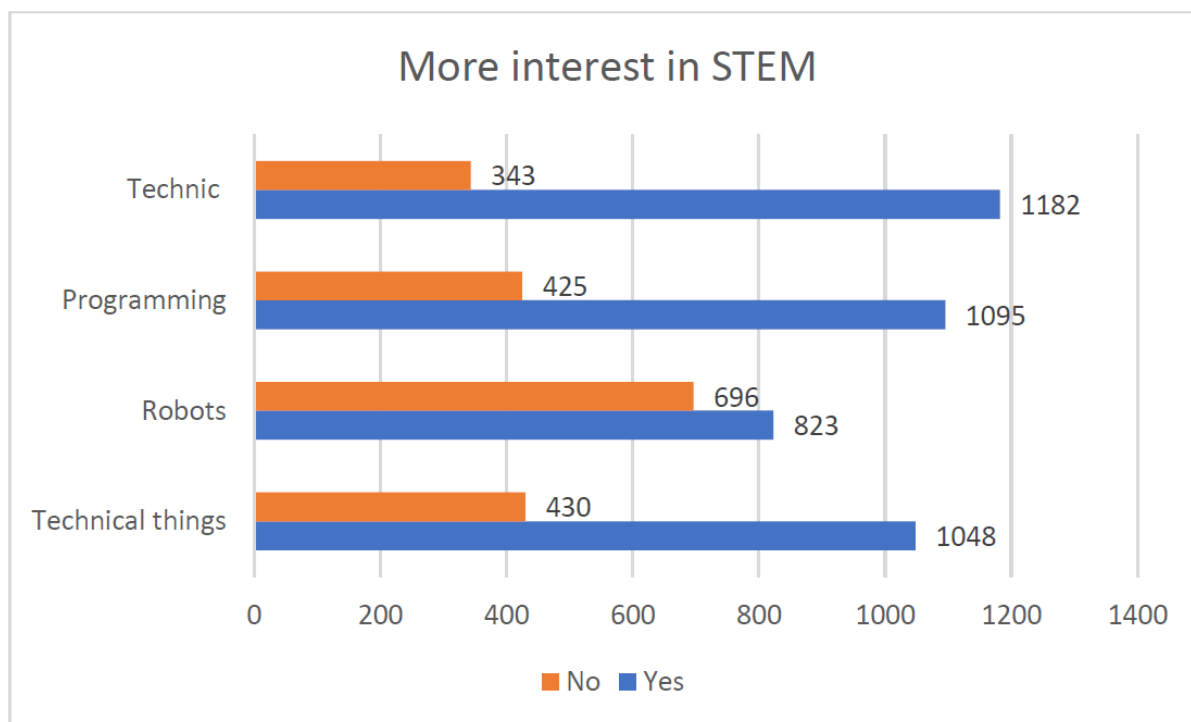


Abb. 3: Mehr Interesse für MINT nach den Workshops im RoboCoop-Projekt

Von den Schüler*innen wird betont, dass die Workshops Spaß gemacht haben und interessant waren, und sie viele Gelegenheiten für eigene Aktivitäten hatten, statt bloß den Ausführungen der Lehrkraft zu folgen: "Es ist cool, weil wir mit Learning by Doing lernen können." Die Ergebnisse aus den Interviews unterstreichen die Ergebnisse aus den Fragebögen, dass Workshops zu Robotik und Informatischer Bildung mit praktischen Übungen das Interesse an MINT steigern.

Ein wesentlicher Aspekt von Robotik sind die verschiedenen Zugänge über die Informatik hinaus. Informatische Bildung sollte in lebensnahen Kontexten fächerintegrativ vermittelt werden (Steiner & Himpf-Gutermann 2020). Umgekehrt bieten digitale Möglichkeiten (wie Sensorik, Simulation, Automatismen, Datenvisualisierung) und informatische Kompetenzen viele Anknüpfungsmöglichkeiten für andere MINT-Fächer. Das Fach Digitale Grundbildung in der Sekundarstufe und Informatik in der Oberstufe vermitteln dazu Grundkompetenzen für Schüler*innen, auf die im Transfer andere Fächer zugreifen und diese vertiefen und spezifizieren können. Ebenso können zentrale fachliche Konzepte des Lehrplans Digitale Grundbildung auf MINT-Themen erweitert werden, wenn den didaktischen Grundsätzen des Frankfurt-Dreiecks folgend unterrichtet wird, das einen multiperspektivischen Zugang zu Problemen und Phänomenen unserer digitalisierten Welt aus einer technisch-medialen, gesellschaftlich-kulturellen und interaktionsbezogenen Perspektive proklamiert (Brinda et al. 2021).

Eine gute Methode zur Verbindung von Informatischer Bildung und MINT-Bildung bietet auch der problemorientierte Ansatz von Computational Thinking. Computational Thinking (CT) wurde als

eine wesentliche Fähigkeit beschrieben, die jeder erlernen sollte und daher in seine Fähigkeiten einbeziehen kann. Seymour Papert (1980) wird zugeschrieben, dass er Computational Thinking bereits im Jahr 1980 konkretisierte, aber Jeanette Wing (Wing, 2006) machte den Begriff 2006 populär und brachte ihn der internationalen Gemeinschaft nahe. CT findet im engeren Sinne im Programmieren seine Anwendung. Die Fähigkeit von Schüler*innen, eine Lösung für ein Problem zu programmieren, zeigt, dass sie Schlüsselkompetenzen von CT wie ein Problem zerlegen, Muster erkennen, abstrahieren und algorithmisches Denken (im Sinne von Lösungswegen finden und umsetzen) anwenden können (Steiner & Himpsl-Gutermann 2020). Als didaktisches Strukturprinzip, das einen bestimmten pädagogischen Prozess anleiten will, steht weniger der zu bearbeitende Inhalt im Fokus als das "Wie des Erschließungsprozesses" selbst. Je nach didaktischem Fokus kann Computational Thinking unterschiedlich Anwendung finden. Im engeren Sinn für das Verständnis algorithmischer Abläufe beim Programmieren; deutlich erweitert, aber noch immer mit dem Ziel der Informatischen Bildung beispielsweise beim Einsatz von Robotik Systemen, und schließlich weit gefasst für das Verständnis von Phänomenen aus verschiedensten Bereichen unserer digital- vernetzten Welt (ebd.).

Ein Beispiel für ein gelungenes MINT-Lernszenario mit dem CT-Modell findet sich etwa in der Initiative "Denken Lernen, Probleme Lösen" mit Coding und Robotik (DLPL 1¹¹, 2018).

Im Sekundarbereich ist bezüglich der MINT-Bildung darauf zu achten, dass die einzelnen Fächer themenzentriert und fächerübergreifend noch stärker zusammenarbeiten. So zeigen beispielsweise Initiativen zu SDG-Zielen und Bildung zur Nachhaltigkeit viele Möglichkeiten für einen fächerverbindenden Unterricht auf¹². Dazu ist bestehender Content für Schulen sichtbar zu machen und weiterer Content – nicht nur als Angebot von Verlagen, sondern auch als Open Educational Resources (OER) – mit didaktischen Anregungen zu entwickeln und zu vernetzen. Anzuraten ist eine curriculare, fächerübergreifende Planung über die Schulstufen hinweg:

"(...) das wäre eigentlich das Ziel, dass wir ein großes Projekt haben und dann wirklich so modular arbeiten. Da merken sie auch: Was steckt dahinter, was ist wichtig?"

MINT-Bildung als Schulentwicklungsprozess

"Wer den Unterricht verändern will, muss mehr als den Unterricht verändern." (Rolff 2016, S. 124)

MINT-Bildung als „Unterrichtsentwicklung“ ist stets als Teil von ganzheitlichen Schulentwicklungsprozessen zu verstehen.

¹¹ <https://eis.eeducation.at/dlpl-volksschule/unterrichtsmaterial>

¹² siehe beispielsweise die Materialien aus dem Projekt ÖHA! <https://oeha.phwien.ac.at/>



Abb. 4: Schulentwicklung im Kontext der Digitalisierung (eigene Darstellung in Anlehnung an Eickelmann & Gerick 2018)

Im Modell von Eickelmann und Gerick (siehe Abb. 4) werden die Dimensionen Schulorganisation, Personal-, Technik- und Unterrichtsentwicklung mit Bezug auf das Schulentwicklungsmodell von Rolff (2016) genannt. Diese vier Dimensionen wirken nach Eickelmann und Gerick (2018) gemeinsam mit der Kooperationsentwicklung für die „Förderung sogenannter <digitaler> Kompetenzen und [die] Verbesserung des fachlichen und überfachlichen Lernens mit digitalen Medien“ (Eickelmann & Gerick 2018, S. 74) zusammen und gelten sowohl für die schulische Arbeit als auch für die Schaffung von Unterstützungsstrukturen für Schule als elementar.

MINT-Bildung, digitale Bildung im Fachunterricht und besonders im fächerübergreifenden Unterricht können nicht gelingen, wenn es keine evidenten Schulentwicklungspläne dafür an Schulen gibt. In der Organisationsentwicklung ist hier besonders die Schulleitung als Change-Agent gemeinsam mit Steuergruppen und Administration in folgenden Bereichen gefordert (Eickelmann 2020): Entwicklung gemeinsamer schulischer Visionen zur MINT-Bildung, die qualitäts- und kompetenzorientierte Steuerung schulischer Arbeit, die Professionalisierung des Kollegiums in der Balance der Spannungsfelder Be- und Entlastung sowie die Ermöglichung und Unterstützung von Innovationsgeist und der Bereitstellung entsprechender technischer und struktureller Ressourcen. Ihrer Leadership-Rolle können Schulleitungen aber nur gerecht werden, wenn sie selbst umfassend qualifiziert sind, ausreichend Unterstützung erhalten und die entsprechenden Rahmenbedingungen vorfinden.

Zur Organisationsentwicklung ist das Qualitätsmanagement an Schulen (QMS) als wichtiges Planungsinstrument für Schulen zu nennen. Qualitätsmanagement bedeutet, im Schulalltag und bei der Steuerung von Entwicklungs-vorhaben geplant und reflektiert vorzugehen.

QMS ist nichts Zusätzliches, sondern dient der Steuerung des Schulalltags und der Entwicklungsvorhaben einer Schule. Es versteht sich als pädagogisches Qualitätsmanagementsystem, welches das Lernen und die Lernenden in den Mittelpunkt der Qualitätsarbeit stellt. Es trägt dazu bei, dass Schulen Entwicklungsprozesse zielgerichtet, systematisch und evidenzorientiert voranbringen und qualitätvollen Unterricht sicherstellen.

Beispiele für SMARTe MINT-Ziele wären:

- Am Ende des Schuljahres 20xx/yy kennen alle Lehrer*innen wesentliche Merkmale eines forschenden naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts, können einen solchen Unterricht anleiten und setzen dies regelmäßig in der Klasse um.
- Bis zum Ende des Schuljahres 20xx/yy werden zwei Forscher*innenräume aufgebaut beziehungsweise ein Plan entwickelt, wie diese Räume regelmäßig von allen Klassen genutzt werden können.
- Bis zum Ende des Schuljahres 20xx/yy können alle Schüler*innen in Lern- und/oder Freizeitstunden an zumindest drei mehrtägigen Forschungs-Projekten pro Schuljahr teilnehmen.

Gefordert sind für diese Initiativen begleitende Maßnahmen der Schulbehörden und der Pädagogischen Hochschulen. Das CHANGE!-Projekt¹³ am Future Learning Lab Wien kann hier als Beispiel angeführt werden. In diesem Projekt werden Schulen in Favoriten in der Umsetzung ihres Schulentwicklungsprozesses zur digitalen Bildung und von MINT-Vorhaben durch verschiedene Angebote begleitet. Weiters sei das Europa Büro der Bildungsdirektion für Wien erwähnt, das laufend EU-Projekte zu diesem Themenbereich umsetzt:

BIG_ling SK-AT - pilotiert neue Bildungsansätze zur sprachsensiblen MINT Bildung, BIG_inn - unterstützt MINT-Schulentwicklungsprozesse durch innovative Ansätze im Bereich Changemanagement, EduSTEM - implementiert eine MINT-Box für Lehrpersonen mit Experimentieranleitungen für unterschiedliche Niveaustufen und einem Ausrüstungspaket, DigiMe - vermittelt Coding mit dem Micro:bit, C4S - erstellt Workshopkonzepte zur Verknüpfung von MINT mit kreativen Fächern (STEAM) um besonders Mädchen für MINT Fächer zu begeistern. Alle Projekte haben das Ziel die Schüler*innen bestmöglich auf die Anforderungen am Arbeitsmarkt vorzubereiten.

Österreichweit ist das MINT-Gütesiegel zu nennen (siehe weiter unten bei den Außerschulischen Maßnahmen), das als Zertifikat die Bildungseinrichtungen ermuntern soll, MINT-Profile für den eigenen Standort als umfassenden Entwicklungsprozess zu starten. Seit vielen Jahren etabliert ist außerdem das eEducation-Austria-Netzwerk¹⁴, das die Digitale Bildung an Schulen durch eine österreichweite Cluster- und Vernetzungsstruktur vorantreiben soll sowie vom BMBWF gesteuert, finanziert und durch ein Zentrum an der PH Oberösterreich koordiniert wird. Digitale Bildung als integraler Bestandteil von Schulentwicklung steht im Mittelpunkt der Bemühungen und soll insbesondere durch Badges gefördert werden, also durch verschiedene Formen von Aktivitäten, mit denen die Schulen vom Member-Status zu Expert- und Expert-plus-Schulen "aufsteigen" können. Zu den Anreizsystemen gehört u. a., dass Expert-Schulen niederschwellig Unterstützungsgelder für eigene Vorhaben beantragen können. Mittlerweile sind fast 4000 Schulen österreichweit Mitglied von eEducation (also etwa zwei Drittel aller Standorte), wovon mehr als 1100 einen Expert- oder Expert-plus-Status aufweisen (Stand: November 2022).

Für die Technikentwicklung an Schulen zur Implementierung digitaler Werkzeuge für Schüler*innen im Unterricht an Schulen sind Initiativen wie die Geräteinitiative des BMBWF als positiv zu nennen, für deren Umsetzung auch ein zentrales Unterstützungsangebot beim OeAD aufgebaut wurde (Initiative Digitales Lernen¹⁵). Für die technische Ausstattung und Wartung besteht an den Schulen jedoch noch viel Handlungsbedarf. Im Vergleich zur Sekundarstufe wird besonders an den Volksschulen die Infrastruktur zur Umsetzung von digitaler Bildung und MINT-Vorhaben bemängelt.

Für die Unterrichtsentwicklung ist die Bereitstellung und Entwicklung von OER-Materialien zur fächerverbindenden MINT-Bildung gefordert. Ebenso ist die Bildung von Community-of-Practice-Teams oder Professionellen Lerngemeinschaften von Lehrpersonen und Fach- oder Klassengruppen in diesem Bereich schulintern und schulübergreifend als strukturelle Maßnahme zur gemeinsamen

¹³ <https://change.fl.wien>

¹⁴ <https://eeducation.at/>

¹⁵ <https://digitaleslernen.oead.at/>

Planung und zum Transfer von Content, Erfahrungen und Wissen zu fördern (Steiner 2017). Für eine umfassende MINT-Bildung verweisen die interviewten Expert*innen auf eine Vielfalt methodisch-didaktischer Maßnahmen, die sich einerseits auf lebensnahe Inhalte beziehen und andererseits das Verständnis für deren Prozesse thematisieren. Es sollten Lernmaterialien entwickelt werden, die an der Lebensrealität der Schüler*innen ansetzen, diese aber auch erweitern.

Professionalisierung des Lehrberufs

Der hohe Anteil, den die Lehrperson am Lernerfolg der Schüler*innen hat, ist durch viele Studien und letztlich durch die Meta-Studie von Hattie (Hattie et al. 2017) deutlich belegt. Auch im RoboCoop-Projekt hat sich in den Bewertungen durch die Schüler*innen deutlich gezeigt, wie wichtig die Bedeutung der Lehrperson ist. Eine hohe Bewertung der Lehrperson korreliert deutlich mit einer hohen Gesamtbewertung des Robotikworkshops sowie mit einer hohen Einschätzung der Selbstwirksamkeit in Bezug auf Problemlösefähigkeiten, die wiederum essenziell für die tatsächlichen Lernerfolge und die Motivation ist, eine Karriere im MINT-Bereich ins Auge zu fassen (siehe Abbildung 5).

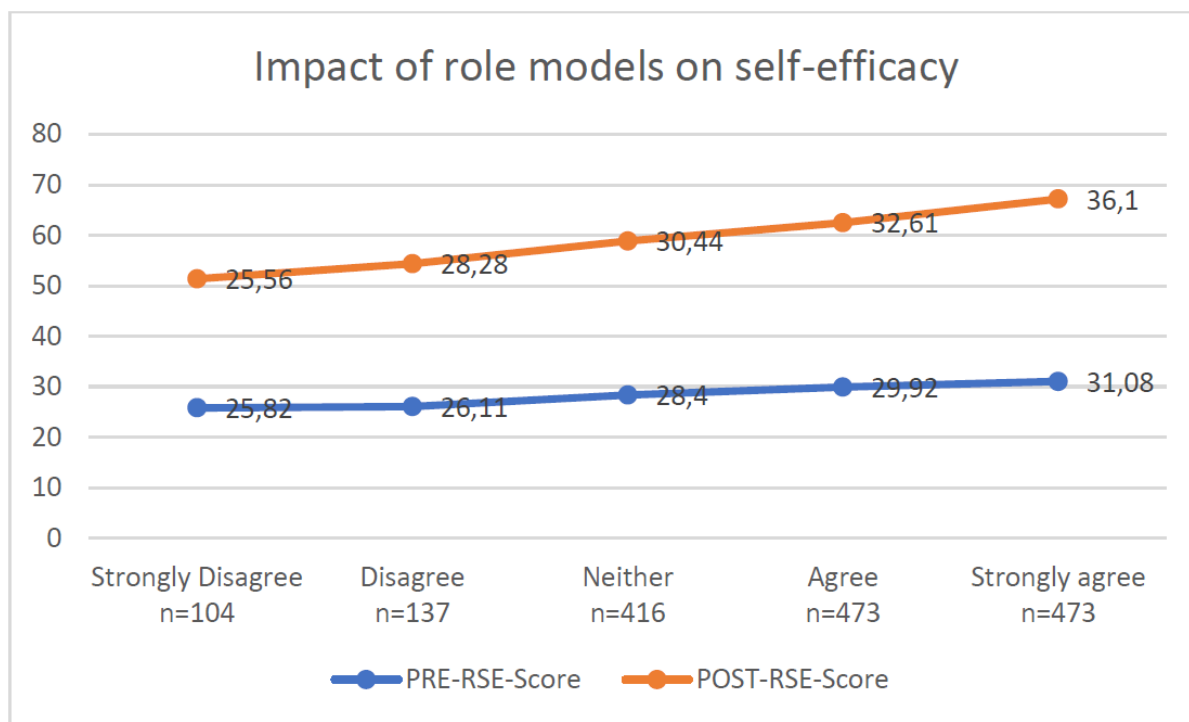


Abb. 5: Der Einfluss der Lehrperson auf die Selbstwirksamkeit im RoboCoop-Projekt

Die Lehrperson wird auch von den interviewten Expert*innen in Bezug auf informatische Bildung als Motivator*in beziehungsweise Gatekeeper bezeichnet:

“Also ich glaube, dass Lehrpersonen so Early Gatekeeper sein können, vor allem für Kinder, die vielleicht aus bildungsfernen Schichten kommen, die jetzt nicht notwendigerweise ein hohes Science-Kapital haben, spricht nicht in der Familie viel Kontakt zu so Wissenschaft oder die nicht ins Museum gehen oder was auch immer.”

Eine logische Schlussfolgerung ist, dass in die Professionalisierung des Lehrberufs viel investiert werden sollte – die Bedeutung von einer durchgehend hohen Qualität in Aus-, Fort- und Weiterbildung kann nicht hoch genug eingeschätzt werden, damit Lehrpersonen den vielfältigen Anforderungen ihres Berufs in der MINT-Bildung gerecht werden können.

“Wir haben relativ wenig Weiterbildung gehabt, viel zu wenig. Das ist für die Qualität schlecht und für die Lehrpersonen ist es auch.”

Die konsequente Aufwertung auch in der Ausbildung für die Pflichtschulen durch das Bachelor-/Master-System ist folglich grundsätzlich zu begrüßen. Unter den derzeitigen Bedingungen des Fachkräftemangels und des Lehrkräftemangels wird dies in der Praxis derzeit konterkariert, weil viele Studierende schon früh im Bachelorstudium zu arbeiten beginnen, um die Lücken zu füllen und auch um die lange Studiendauer zu finanzieren. Hier besteht derzeit leider die Gefahr einer massiven Überlastung der jungen Lehrpersonen, zu wenig Zeit für eine gründliche Verarbeitung der Modul Inhalte im Studium, und zu wenig kritische Distanz für eine reflektierte Auseinandersetzung mit den ersten Praxiserfahrungen, die im Regelfall in den Pädagogisch-Praktischen Studien systematisch aufbauend und behutsam gesammelt sowie stets professionell begleitet und reflektiert werden.

Insbesondere bei komplexen Inhalten warnen Expert*innen davor, dass die fachliche Expertise der Lehrpersonen ohne Vertiefung im Master nicht ausreichen könnte und folglich die Unterrichtsqualität in Mitleidenschaft gezogen wird:

„Und da besteht schon auch die Gefahr, dass das halt trotzdem ein bisschen isoliert wird oder oder mit einer zu geringen fachlichen Tiefe auch unterrichtet wird, wenn jetzt plötzlich der Biologielehrer auch noch Mathematik nimmt und das alles vernetzen soll.“

Gerade in Bezug auf das neue Pflichtfach Digitale Grundbildung besteht hier eine große Herausforderung, schließlich muss die Ausbildung neben fachdidaktischen Kompetenzen auch fachübergreifende, multiperspektivische didaktische Konzepte vermitteln (siehe das erwähnte Frankfurter Dreieck und Computational Thinking).

Informatische Bildung in lebensnahen Kontexten fächerübergreifend vermitteln

Für eine umfassende MINT-Bildung verweisen die interviewten Expert*innen auf eine Vielfalt methodisch-didaktischer Maßnahmen, die sich einerseits auf lebensnahe Inhalte beziehen und andererseits das Verständnis für deren Prozesse thematisieren. Es sollten Lernmaterialien entwickelt werden, die an der Lebensrealität der Schüler*innen ansetzen, was am didaktischen Prinzip der Lebensweltorientierung als möglichen Leitbegriff eines inklusiven MINT-Unterrichts anknüpft (Schroeder 2019). Weiters wird auf die Notwendigkeit zur Forschung einer verschränkten Didaktik hingewiesen, um neben den technischen Lerninhalten mit anderen zu kombinieren:

„Ich bin Pianist und Keyboarder und habe ein eigenes Tonstudio (...) *Musik am Computer programmieren* Ich glaube, gerade in so Kreuzungsbereich-Korrelations-Punkten geht das ganz gut.“

Ein gelungenes Beispiel für eine zeitgemäße Weiterbildung für Lehrpersonen der Primar- und Sekundarstufe wird im internationalen Teacher-Training des Bildungsprogramms *experimento* verdeutlicht (Knie et al., 2022). Dabei absolvieren Lehrpersonen im Blended-Learning-Format das umfassende Teacher-Training, das sich vor allem auf Computational Thinking und algorithmisches Denken im Alltag fokussiert. Ausgehend von Computational Thinking als problemlöseorientierter Ansatz, werden Grundbegriffe mit Hilfe von Videos, Guides, Programmierspielen (blockbasiert) und Diskussionen erarbeitet und auf Alltagssituationen transferiert. Phasenweise werden die Aufgabenstellungen abstrakter. Mit Abschluss des Teacher-Trainings sind teilnehmende Lehrpersonen in der Lage, die Software Arduino zur Messung des pH-Werts in Getränken entsprechend zu programmieren. In Deutschland stieß in den Jahren 2020-2022 das Teacher-Training des Bildungsprogramms *experimento* jedenfalls auf breite Zustimmung der 104 teilnehmenden Lehrpersonen. Diese wandten auch nachweislich ein halbes Jahr nach Absolvierung des Teacher-Trainings vermehrt CT-Aufgabenstellungen in ihrem Unterricht an (Knie et al., 2022).

Neben dem Anspruch, mit den ausgewählten Unterrichtsbeispielen gut an den Lebenswelten der Schüler*innen anzuknüpfen, sei es aus Sicht eines Experten/einer Expertin auch wichtig, gesellschaftlich relevante Themen im MINT-Unterricht zu behandeln:

“Auch hier wieder würde mir gefallen, wenn es ein bisschen einen gesellschaftlichen Bezug hinein bekommt. (...) Wo begegnen uns Algorithmen im täglichen Leben mehr? Warum? Wie funktioniert eine Social Bubble? Wie werden mir denn Werbungen vorgeschlagen? (...) Algorithmen betreffen uns alle und eben nicht nur die Leute, die vielleicht einen Algorithmus programmieren können. Und das fände ich einen unglaublichen gesellschaftlichen Mehrwert, wenn wir das verstehen würden, besser dann Schüler verstehen würden, wie Algorithmen unser Leben tatsächlich im Internet mitsteuern.”

Lehrende bräuchten vermehrt fächerübergreifende Unterrichtskonzepte und den Freiraum für Projekte:

“(...) das wäre eigentlich das Ziel, dass wir ein großes Projekt haben und dann wirklich so modular arbeiten. Da merken sie auch: Was steckt dahinter, was ist wichtig? Und für mich persönlich ist die größte Hürde ist die Zeit (...). Also zum Beispiel Epochen-Unterricht wäre genial.”

Umgang mit Heterogenität: Didaktische Methodenvielfalt, Differenzierung und Inklusive Bildung

Beim Einstieg in die Informatische Bildung kann unabhängig von der Altersstufe von einer hohen Heterogenität des Vorwissens in der Klasse ausgegangen werden. Ein Experte/eine Expertin bringt es im Interview auf den Punkt:

“Das Hauptproblem, das wir in der Bildung haben, ist die Heterogenität der Klassen. Und ich habe eine Klasse vor mir, das Grundwissen und die Interessen. Da haben wir zwei Dimensionen, die massiv auseinander gehen. Und wenn man jetzt auch noch diesen Migrationshintergrund reinbringt, haben wir noch eine dritte Dimension, wo sich alles unterscheidet. Wie gesagt, wir kämpfen ja schon mit Heterogenität. (...) wir müssen sowieso auf unterschiedliche Niveaus eingreifen und die Schüler abholen.”

Im Umgang mit dieser Heterogenität ist didaktische Expertise der Lehrpersonen notwendig, um die Aktivitäten der Lernenden im Workshop entsprechend zu planen, zu initiieren, zu steuern und zu begleiten. Im RoboCoop-Projekt wurden deshalb auch die Aktivitäten der Lehrenden und Lernenden untersucht. Dabei zeigte sich in den Interviews, dass als vorherrschende Methoden des Lernens “Hands-on-Activities in a Team” (26 von 48) und “Learning Together” (14 von 48) bevorzugt wurden (S. 21). Den Aussagen der Lernenden wurden Reflexionen der Lehrenden gegenübergestellt und dabei protokolliert, wie viel Zeit die Lehrenden mit welchen Aktivitäten verbrachten. Hierbei zeigte sich, dass in Robotikworkshops ein vergleichsweise hoher Anteil an Aktivitäten der Lernenden (vor allem in Gruppen) zu verzeichnen ist und neben der klassischen Rolle des “Teachings” (32,5%) auch typische Aufgaben eines Lernbegleiters/einer Lernbegleiterin genannt wurden (Working with the group: 25,6%; Support students: 20%). Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse im Detail.

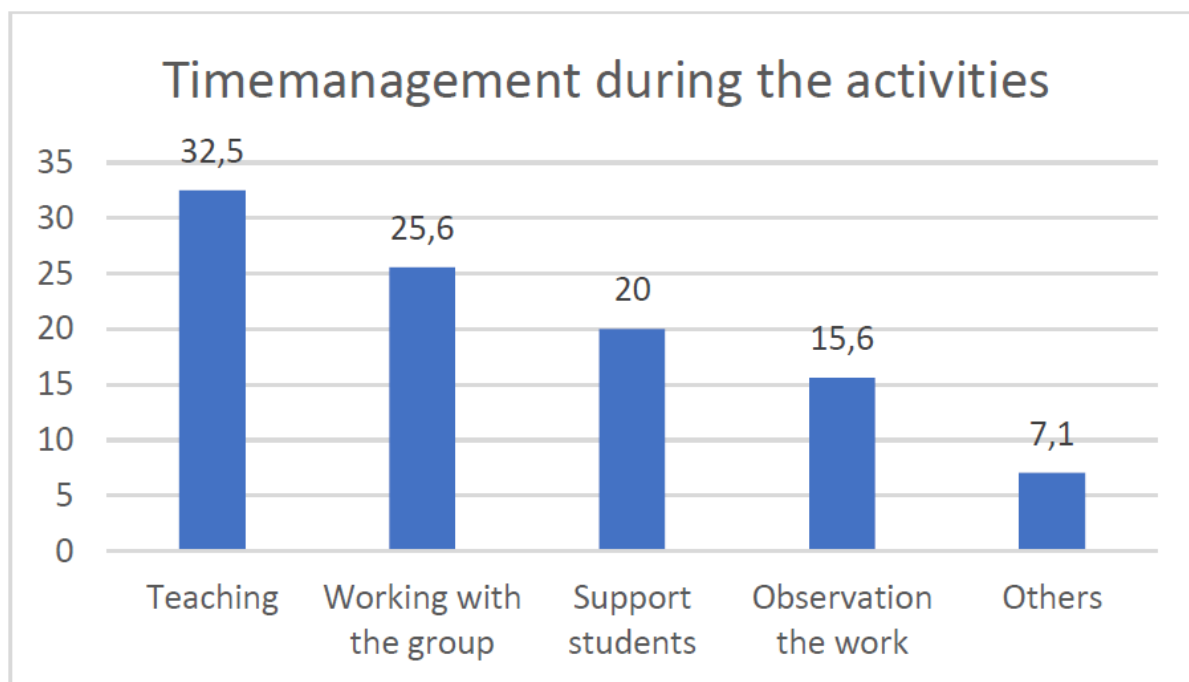


Abb. 6: Zeitmanagement aus der Sicht der Lehrpersonen im RoboCoop-Projekt

Aus der Sicht eines Experten/einer Expertin ist es wichtig, Schüler*innen durch trial-und-error Dinge ausprobieren zu lassen. Die Lehrperson:

“... vermittelt sozusagen ein allgemeines abstraktes Wissen (...) aber das dann konkret anzuwenden, ist Aufgabe der Schüler. (...) Es braucht seitens einer Lehrperson wahnsinnig viel Mut, Schüler miteinander arbeiten zu lassen und sich selbst ein Stück weit herauszunehmen aus dem Lernprozess. Also etwa der Anleiter im Hintergrund zu sein (...), der Coach, der Begleiter, der Lernbegleiter.”

Aus der Perspektive der Lernenden brachte das kollaborative Zusammenarbeiten in Teams auch zahlreiche Nebeneffekte mit sich, die die Kodierung von 1167 Interviews nach den Workshops zeigte (S. 45): Das Teamwork machte den Schüler*innen Spaß und sie hatten das Gefühl, in der Zusammenarbeit besser lernen zu können (siehe Abbildung 7).

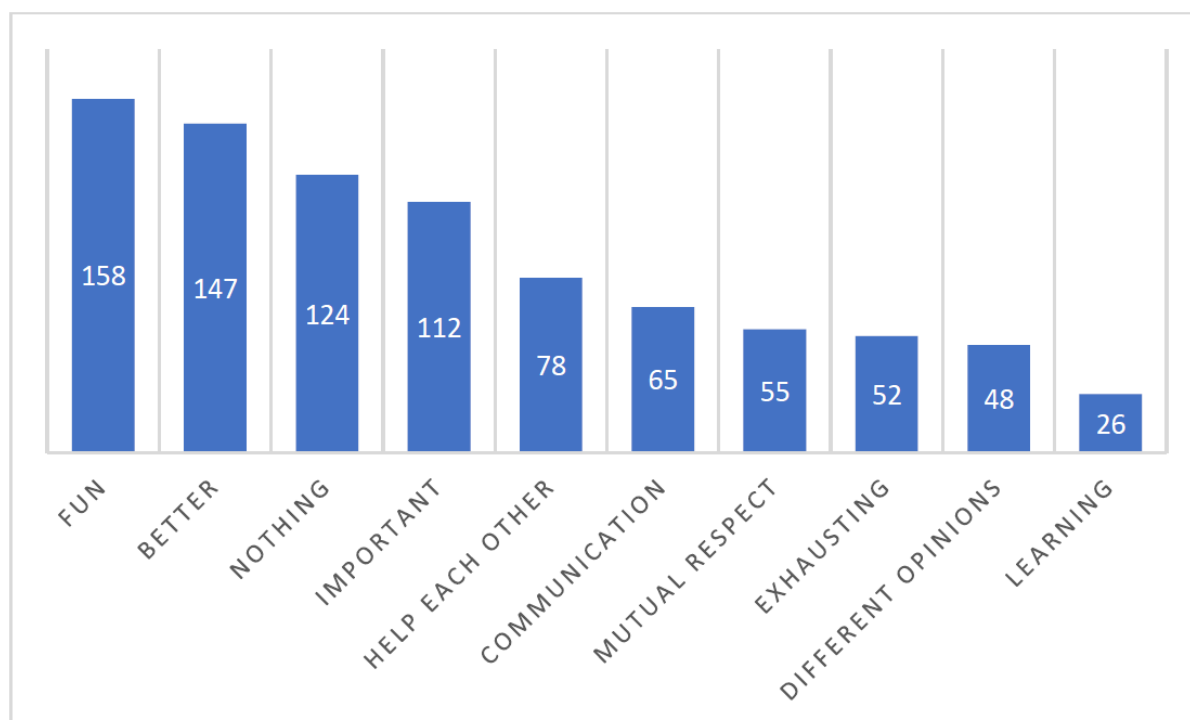


Abb. 7: Schüler*innen lernten im RoboCoop-Projekt von der Teamarbeit, dass ...

Neben dem unterschiedlichen fachlichen Vorwissen ist im schulischen Unterricht zudem 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 fast 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 lernen ist und darin Chancen für einen mehrsprachigen Dialog bietet. Expert*innen merken an, dass Englisch für Algorithmen in Programmiersprachen empfehlenswert wäre, da im internationalen Kontext entsprechende Befehle und Ausdrücke verwendet werden.

Mehrsprachigkeit ist jedoch nur ein Aspekt von Inklusion im MINT-Bereich. Inklusion bedeutet Akzeptanz der Verschiedenartigkeit und die digitale Teilhabe aller Beteiligten – ungeachtet ihrer unterschiedlichen Fähigkeiten an Lernprozessen. Eine inklusive Bildung bedeutet somit auch den Abschied von der Vorstellung einer Norm, die alle Mitglieder erfüllen. In diesem Sinne sind Materialien und Lernumgebungen zu etablieren, die ein multisensorisches Erleben ermöglichen. Laut Expert*innen sind didaktische Lernsettings anzustreben, in denen sich Schüler*innen mit ihren jeweiligen Fähigkeiten im Peer-Learning einbringen können und im Lernprozess auch Fehler machen dürfen. Ein Experte/eine Expertin bringt dies auf den Punkt:

“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.”

Maker Labs sowie Workshopangebote können dafür entsprechende Ressourcen sein.

Spezielle Lernräume für die MINT-Bildung

In vielen naturwissenschaftlichen Fächern besteht an Schulen, Hochschulen und Universitäten eine lange Tradition, beispielsweise einen Physiksaal oder ein Chemielabor einzurichten, die besonders ausgestattet sind, um vor allem praktische Experimente durchzuführen. Diese Grundidee eines besonders ausgestatteten Lernraums hat sich in vielfacher Hinsicht bewährt und weiter ausdifferenziert: hier ist beispielsweise im Universitäts- bzw. 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 beispielsweise an allen Pädagogischen Hochschulen die Education Innovation Studios (EIS)¹⁶ als Lernräume für Coding und Robotik seit 2016 etabliert; 2019 wurde an der Universität Wien ein Lernlabor für Biologie und Informatik eröffnet¹⁷. Neben der besonderen Ausstattung und dahinter liegender Lehr-/Lernkonzepte verstehen sich diese Lernräume auch als gemeinsame "Versuchslabore" und Begegnungsorte für ein Erforschen der jeweiligen Disziplin und deren Fachdidaktik auf Augenhöhe zwischen Hochschullehrenden, Lehrer*innen, Studierenden und Schüler*innen. Ein 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 wichtige Aspekte, um die Erkenntnisgewinnung durch Forschendes Lernen, den interdisziplinären Dialog in der Lehrer*innenbildung und die diagnostischen und reflexiven Fähigkeiten von Lehramtsstudierenden zu stärken.

Es wird hier beispielsweise der Aspekt der *Tentativität* (ZLI PH Wien 2017) betont, also nicht den Anspruch zu haben, dass die Hochschulprofessor*innen alleine wissen, wie die Zukunft in der digital-vernetzten Welt zu gestalten ist, und allen anderen dieses Wissen vermitteln, sondern sich Lehrende und Lernende gemeinsam und im Diskurs auf den Weg machen, den durch die Digitalisierung ausgelösten Unsicherheiten nachzuspüren, quasi eine gemeinsame Suchbewegung, die aber den Regeln und Kategorien eines wissenschaftlichen Grundverständnisses folgt. Dieses gemeinsame Ausloten erfolgt in verschiedenen Formaten: einerseits werden eher "klassische" Lehrveranstaltungen in Aus-, Fort- und Weiterbildung angeboten, andererseits aber auch Klassenworkshops¹⁸, die von Studierenden als "Student Trainer" durchgeführt werden, oder gemeinsame Aktivitäten in Forschungs- und Entwicklungsprojekten, in denen beispielsweise OER-Lernmaterialien gemeinsam entwickelt und erprobt werden. Hauptziel der Aktivitäten ist stets die weitere Professionalisierung aller Beteiligten in der Domäne des jeweiligen Lernraumes, wobei neben der Beschäftigung mit aktuellen Inhalten der jeweiligen Disziplin auch Methoden erforscht und weiterentwickelt werden; siehe hierzu beispielsweise die Methoden *Social Video Learning* (Arimond et al. 2018) oder *Eye Tracking* (Aspalter et al. 2021).

Neben den genannten hochschulischen Angeboten gibt es zudem zahlreiche Lernraumangebote von verschiedenen nicht-staatlichen Trägern, meistens in Vereinsform organisiert und unterschiedlich finanziert. In Wien gehören hierzu – ausgehend von der Maker-Szene – beispielsweise das HappyLab¹⁹ oder das Metalab²⁰, das Zentrum für Interaktion, Medien & soziale Diversität (ZIMD)²¹, der Wissensraum des Science-Center-Netzwerks²², das DavinciLab²³ oder Technologykids²⁴, die als

¹⁶ <https://eis.eeducation.at/>

¹⁷ <https://aeccbio.univie.ac.at/lehr-lern-labor/>

¹⁸ <https://zli.phwien.ac.at/angebot/klassenworkshops/>

¹⁹ <https://www.happylab.at/>

²⁰ <https://metalab.at/>

²¹ <https://zimd.at/>

²² <https://wissensraum.info/>

²³ <https://davincilab.at/>

²⁴ <https://technologykids.at/>

außerschulische Angebote MINT-Förderung betrieben – meist als profilgebendes Ziel der Initiative, manchmal als Nebeneffekt. Das Potenzial des Making und Tinkering (Barberi et al. 2020) für die Verbindung von MINT mit den Kreativfächern wird inzwischen auch an zahlreichen Hochschulen für die Lehrer*innenbildung entdeckt und erforscht. Beispiele hierfür sind die “Maker Days for Kids” an der TU Graz²⁵, das Educational Lab im Lakeside Park in Klagenfurt²⁶, Coding, Robotik und 3D-Druck (mit zahlreichen Lehrgängen für Lehrkräfte) an der PH Burgenland²⁷, der EduMakerSpace an der PH Niederösterreich²⁸ und der EduMakerSpace Favoriten am Future Learning Lab Wien²⁹. Bemerkenswert ist an den drei letztgenannten, dass sich diese Making-Initiativen jeweils rund um den bereits bestehenden Lernort der 2017 gegründeten Education Innovation Studios (EIS)³⁰ entwickeln konnten. Vielen Initiativen ist gemein, dass sie mit knappen Ressourcen auskommen müssen und meist nur mit Eigenmitteln oder über Gelder von Vereinsmitgliedern oder Drittmittelanträge ihr Fortbestehen sichern können – hier wären breitere Basisfinanzierungen wünschenswert.

Weitere außerschulische Angebote, Initiativen und Maßnahmen

Neben den als spezielle Lernorte etablierten Einrichtungen gibt es eine Reihe weiterer Initiativen und Maßnahmen zur MINT-Förderung, zu denen insbesondere Anreizsysteme wie Zertifizierungen, Wettbewerbe und Preise gehören. Viele davon sind vom BMBWF koordiniert und (co-)finanziert, wie beispielsweise das bereits beschriebene eEducation-Austria-Netzwerk zur Förderung der Digitalen Bildung (u. a. mit dem System der Badges und drei Zertifikatsstufen) und das MINT-Gütesiegel³¹, das seit 2020 Bildungseinrichtungen jährlich auszeichnet, die mit verschiedenen Maßnahmen innovatives und begeisterndes Lernen in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik fördern.

Das MINT-Gütesiegel wird vom BMBWF in Zusammenarbeit mit der Industriellenvereinigung, der Wissensfabrik und der Pädagogischen Hochschule Wien verliehen. Die Auszeichnung soll Bildungseinrichtungen animieren, entsprechende Ressourcen und Rahmenbedingungen für eine umfassende MINT-Bildung zu ermöglichen. Neben der Verleihung eines Logos und Plakaten wird die Bildungseinrichtung auf der Website der Initiative auf einer digitalen Landkarte markiert. Derzeit sind rund 500 Bildungseinrichtungen österreichweit mit dem MINT-Gütesiegel ausgezeichnet (Stand November 2022).

Um Bildungseinrichtungen in Vorbereitung auf die Zertifizierung zu unterstützen, wurde die Broschüre “Auf dem Weg zum MINT-Schwerpunkt” herausgegeben und ein MINT-Coaching-Programm in Kooperation mit der Bildungsdirektion initiiert. Im Rahmen des Coaching-Programms werden beispielsweise in Wien bei schulübergreifenden Fortbildungstagen gemeinsam mit den Schulqualitätsmanager*innen der Bildungsdirektion für Wien standortspezifische Ziele und konkrete Umsetzungsschritte auf dem Weg zum MINT-Gütesiegel festgelegt. Ein weiterer Ausbau der MINT-Gütesiegel-Initiative mit zusätzlichen Ressourcen für die Koordination, begleitende Maßnahmen und eine bundesweite Umsetzung sind zu empfehlen.

Die Implementierung von Educational Coding und Roboter kann zudem durch das Angebot von Wettbewerben und schulübergreifenden Challenges gefördert werden. Eine lange Tradition in vielen Ländern hat die First Lego League, bei der zuerst in regionalen Ausscheidungen und dann in einem

²⁵ <https://learninglab.tugraz.at/informatischegrundbildung/makerdays/>

²⁶ <https://www.lakeside-scitec.com/educational-lab/educational-lab>

²⁷ <https://www.ph-burgenland.at/pph-burgenland/zentren/zentrum-fuer-digitale-kompetenz/>

²⁸ <https://eis.ph-noe.ac.at/makerspaces-konzept/>

²⁹ <https://edumakerspace.fl.wien/>

³⁰ <https://eis.eeducation.at/>

³¹ <https://www.mintschule.at/>

Bundesfinale die besten Gruppen in zwei Wettbewerbskategorien (Explore: 6-10 Jahre; Challenge: 9-16 Jahre) gekürt werden³². Neuere und etwas kleinere Wettbewerbe sind der BeeBot-Cup Austria³³ sowie verschiedene Hackathons, also Programmierwettbewerbe, die in block- oder textbasierten Programmierumgebungen zum kreativen Problemlösen aufrufen (z. B. der Lehrlingshackathon der WKO/Davincilab³⁴, Hackathon 4 Good AI an der TU Wien³⁵ oder die EU CodeWeek³⁶). Werden die Wettbewerbe in einer positiven, lernförderlichen und spielerischen Atmosphäre geführt, so können Gamification-Elemente die Motivation der Schüler*innen steigern und Erfolge können das Selbstbewusstsein steigern, wie ein Experte/eine Expertin im Interview festhält:

“(…) was auch total wichtig ist, (…) Erfolge verankern. (…) Fotos und Videos machen und und auf die Schulwebseite stellen ist verankern. Dass die Kinder selber Fotos und Videos machen dürfen mit den Handys und es zu Hause herzeigen. (…) Oder Sie kriegen von uns Ausweise. Das heißt, wichtige, schnelle Erfolge ermöglichen und die dann auch irgendwie wirklich zelebrieren.”

Coronabedingt haben solche Wettbewerbe drei schwierige Jahre hinter sich, so dass zu hoffen bleibt, dass die guten Initiativen dauerhaft fortbestehen können. Hier sollte auch der Austausch und die Zusammenarbeit von Bildungsdirektionen, Schulen mit außerschulischen Initiativen und NGOs forciert werden und in langfristigen Kooperationen münden, sodass beispielsweise gute Verbindungen zwischen einem Wettbewerb und dem schulischen Lernen in der Vorbereitung darauf hergestellt werden. Für eine gute Sichtbarkeit in Wien sorgt hier beispielsweise der BildungsHub, der Bildungsdirektion für Wien³⁷, der innovative Schulprojekte vor den Vorhang holt und zu aktuellen Themen wie beispielsweise Nachhaltigkeit Akzente setzt.

Anleihen könnten auch beim sogenannten MINT-Aktionsplan des deutschen Bildungsministeriums (2019) entnommen werden, der mit diversen Aktionen in der MINT-Bildung Akzente auf schulischer und gesellschaftlicher Ebene setzt. Unter anderem wird ein konkretes MINT-Kommunikationskonzept angeführt, um deutschlandweit die Sichtbarkeit von Institutionen, Wettbewerben, Projekten und Initiativen zu fördern. Zur Reduzierung des Gender-Gap in MINT-Berufen und zur Steigerung des Interesses in Wissenschaft und Forschung werden Konzepte (Forschungslabore, kindgerechte Magazine, Lernen durch Computerspiele etc.) angeführt, die bereits im frühen Kindesalter eingesetzt werden können (BMBF, 2019).

Zudem ermöglicht in Deutschland ein Netzwerk unterschiedlicher Institutionen einen schulischen sowie außerschulischen Austausch in diversen MINT-Bereichen: Es handelt sich um Hochschulen, Stiftungen, Vereinen, Schülerforschungszentren und Unternehmen, welche sich zu sogenannten MINT-Regionen zusammenschließen. Diese Netzwerkstruktur bietet durch zahlreiche Workshops, Kurse, Berufsorientierungsveranstaltungen, Werksführungen und Ferienangebote eine umfassende Begegnung in der vielfältigen MINT-Praxis. Zentrale Ziele sind dabei die Sichtbarkeit von Wissenschaft und Innovation zu fördern, einen Austausch von Expert*innen und der zivilen Bevölkerung zu ermöglichen, Kinder und Jugendliche in MINT aufzuklären und durch umfassende Angebote dem Fachkräftemangel in MINT-Berufen entgegenzuwirken (Körper-Stiftung, 2019). Die Voraussetzungen dafür wären auch in Österreich gegeben, da es auf wissenschaftlicher Seite mit den AECCs und den RECCs nationale wie regionale Strukturen gibt, die punktuell bereits mit außer(hoch)schulischen Anbietern zusammenarbeiten.

³² <https://www.first-lego-league.org/>

³³ <https://baa.at/projekte/beebot-dlpl3/>

³⁴ <https://lehrlingshackathon.at/>

³⁵ <https://www.ada.wien/hackathon-4-good-ai/>

³⁶ <https://codeweek.eu/>

³⁷ <https://bildungshub.wien/>

Eine weitere wichtige Maßnahme, um das Interesse an MINT zu steigern und einen Beitrag für gesellschaftliche Verbesserungen zu leisten, sehen die Expert*innen in einer umfassenden Aufklärung im Bereich der Digitalisierung. Einerseits in Bezug darauf, dass eine kritisch-reflexive Medienbildung wichtig ist, um Halbwissen, Mythen, Verschwörungstheorien rund um die digitale Welt zu durchschauen; gerade bei Themen wie beispielsweise Künstlicher Intelligenz, deren theoretischen Grundlagen, den technischen Möglichkeiten, ethisch-gesellschaftlichen Auswirkungen, Chancen und Risiken finden sich auch in den medialen Diskursen viele Halbwahrheiten, die wenig mit wissenschaftlicher Evidenz zu tun haben. Dies braucht Lehrer*innen mit einer guten medienpädagogischen Grundausbildung und einem gut fundierten Wissenschaftsverständnis. Ein Experte/eine Expertin bringt es auf den Punkt:

“(…) dass mir sehr wichtig ist, Wissenschaftsverständnis und Wissenschaft als Prozess zu fördern, weil ich schon zeigen will: Wissenschaft ist eine spezielle Herangehensweise. Wissenschaft hat seine Grenzen, aber es ist immer das Beste für mich, die bestmögliche Art, sich mit der Welt auseinanderzusetzen. Und dass Kinder verstehen, wie diese Prozesse funktionieren (…). Und vielleicht würde man dann noch ein bisschen kritischer Dinge hinterfragen.”

Eine derartige Umsetzung betrifft verschiedene Ebenen: Einerseits sollten die bestehenden Initiativen zur Wissenschaftskommunikation (wie beispielsweise Citizen Science³⁸, Young Science³⁹ und Sparkling Science⁴⁰ vom OeAD, Talente regional von der FFG⁴¹, Kinderbüro der Universität Wien⁴², Science Education vom ISTA⁴³, etc.) mehr Schulen in der Breite mit ihren Angeboten erreichen, was auch durch bessere Vernetzung in MINT-Regionen gelingen könnte, und gleichzeitig die MINT-Forschung stärken würde. Andererseits wäre im Unterricht durch eine verschränkte Didaktik, fächerübergreifende Unterrichtseinheiten zu aktuellen, gesellschaftlich relevanten Themen und in lebensnahen Kontexten anzusetzen. Hier schließt sich wieder der Kreis zur Digitalen Grundbildung, die durch die vielfältigen Themen rund um die Phänomene in der digital-vernetzten Welt einfordert, Informatik, Medienbildung und andere Fachdidaktiken in einen Dialog zu bringen.

³⁸ <https://oead.at/de/aktuelles/aktuelles/citizen-science>

³⁹ <https://youngscience.at/>

⁴⁰ <https://www.sparklingsscience.at/>

⁴¹ <https://www.ffg.at/talente-regional>

⁴² <https://kinderbuero-uniwien.at/>

⁴³ <https://ista.ac.at/de/ausbildung/ista-fuer-kinder/>

Empfehlungen zur Förderung von Mädchen in der MINT-Bildung

Besonders problematisch für die MINT-Bildung ist der Gender-Gap, der sich spätestens ab der Sekundarstufe I, jedenfalls aber ab dem Eintrittsalter in die Pubertät deutlich zeigt. Auch in der Auswertung im RoboCoop-Projektbericht zeigt sich dieser Gender-Unterschied in der Analyse der Daten deutlich.

Auch wenn 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 (RoboCoop S. 11). Bei der Frage, ob die Workshops noch einmal besucht werden wollten, ist der Unterschied noch größer: 760 Burschen antworteten mit JA, demgegenüber nur 327 Mädchen (ebd. S. 12). Auch bei der Frage, ob das Interesse an MINT nach den Workshops sich gesteigert hat, gibt es sowohl in den absoluten Zahlen als auch in den Steigerungsraten einen deutlichen Unterschied (ebd. S. 14). Hier schneidet bei den Mädchen das Item "Roboter" sogar am schlechtesten ab.

Weibliche Role-Models

Die RoboCoop-Studie hat deutlich belegt, wie wichtig die Rolle einer motivierenden Lehrperson ist, um die Funken der Begeisterung auch bei den Lernenden zu entfachen; zunächst ganz unabhängig von deren Geschlecht (siehe oben bzw. im Bericht auf S. 19).

In Bezug auf weibliche Role-Models im MINT-Bereich betonen die interviewten Expert*innen, dass in den Rollenbildern zwei Aspekte wichtig sind. Einerseits gilt es, Frauen vermehrt als Wissenschaftlerinnen, Technikerinnen und auch als Führungskräfte in MINT-Bereichen sichtbar zu machen, um Stereotypen entgegenzuwirken, dass eine Tätigkeit von Frauen im MINT-Bereich einer Familienplanung im Wege stehe oder auf einfache "Assistenzjobs" beschränkt sei. Andererseits bestehe aber bei der häufigen Konzentration auf "High Achiever", also auf Frauen, die eine Karriereleiter – wissenschaftlich oder ökonomisch – ganz nach oben geklettert sind und sich in typischen Männerdomänen durchgesetzt haben, die Gefahr, dass die Identifikation schwerer fällt, weil der Eindruck entsteht: "Das schaffe ich selbst nie!". Ein Experte/eine Expertin betont:

"...die Gesichter hinter der Wissenschaft und hinter MINT oder Technik ein bisschen stärker in den Vordergrund rücken (...). Dass man die Forscherinnen auch als normale Menschen darstellt (...)."

Außerschulische Maßnahmen

Um das Interesse und die Motivation für MINT frühzeitig zu fördern, bedarf es laut den interviewten Expert*innen vermehrt außerschulischer Maßnahmen und Aktionen. Dadurch sollen vor allem die Relevanz und das Potenzial technischer Berufe aufgezeigt und der damit verbundene gesellschaftliche Mehrwert in den Vordergrund gestellt werden. Vor allem Robotikwettbewerbe sowie außerschulische Aktionen würden bewirken, dass das Interesse an MINT steigt und eine Voreingenommenheit und Scheu gegenüber Technik abgebaut werden. Gleichzeitig betonen die interviewten Expert*innen, dass die Angebote eine hohe Qualität haben müssen und niederschwellig und für alle Bildungsschichten leistbar angelegt sein müssen, um den Zugang zu garantieren:

"Die Problematik, die ich dabei habe, die massiv ist, wenn man sich mit Themen wie Chancengerechtigkeit (...) auseinandersetzt, ist: Über die Schule oder das schulische System ist es schon irgendwie immer leistbar und sicher zu stellen, dass da alle Zugang dazu haben werden. (...) Außerschulisches ist viel mit Eigeninitiative der Eltern verbunden, und man hat damit oftmals das Thema, dass man das soziale Segregationssystem vielleicht auch noch befeuert und bestärkt (...)."

Die Bedeutung von Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen belegt auch die Studie "Science and Technology as Feminine: raising awareness about and reducing the gender gap in STEM careers" (Davila Dos Santos et al., 2022) aus Spanien. Ausgangspunkt für das breit angelegte Projekt waren

Erkenntnisse diverser Wissenschaften sowie des World Economic Forum's Global Gender Gap Report 2018, der eindeutig auf kulturell-gesellschaftliche Einflüsse als Ursache für eine geringere weibliche Besetzung bei MINT-Berufen hinwies. Um das soziale Bewusstsein zu erhöhen und den Gender-Gap in MINT-Berufen zu reduzieren, müssen sowohl auf sozialer, familiärer als auch individueller und schulischer Ebene Maßnahmen gesetzt werden. Insgesamt involvierte die Studie über 3000 Schüler*innen. Die ausgewählte Gruppe der Teilnehmer*innen war zwischen 11 und 14 Jahren alt. Neben Educational-Robotics-Workshops, welche von Expert*innen an den Schulstandorten abgehalten wurden, umfasste die Studie auch Aktionen auf gesellschaftlicher und familiärer Ebene:

- Ein illustrierter Guide, der mögliche Studien im STEM-Feld zusammenfasste und Jobmöglichkeiten auflistete (sowohl analog als auch digital)
- Eine Ausstellung mit dem Namen "Women Who Changed the World", in der Fotografien mit Beschreibungen von Frauen ausgestellt wurden, die in STEM-Berufen Wesentliches in der Geschichte der Menschheit bewegten
- Ein Wettbewerb, bei dem Schüler*innen innovative Ideen und Verbesserungen formulierten und bei Events vorstellten
- Eine Social-Media-Präsenz auf Facebook, Instagram und Twitter

Steigerung der Selbstwirksamkeit von Schülerinnen

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, selbst wenn beispielsweise die Problemlösefähigkeiten absolut gemessen nicht schlechter sind. Dies hat sich auch im RoboCoop-Projekt bestätigt. Vor und nach den Workshops wurde ein Assessment-Tool mit zehn Items zur Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeit eingesetzt (Jäggle et al. 2020). Erfreulicherweise zeigte sich insgesamt bei beiden Geschlechtern eine Steigerung, allerdings sind die absoluten Werte bei Mädchen (26,8 vorher/29,7 nachher) geringer als bei Burschen (29,9/32,8). Umgekehrt kann hier positiv gesehen werden, dass die Robotikworkshops keine negativen Auswirkungen hatten, also jedenfalls gendersensibel bzw. zumindest genderneutral angelegt wurden.

Zu ähnlichen Erkenntnissen kommt eine Studie zu MINT-Berufen (Drescher et al. 2020) Darin wird der Zusammenhang durch Erfahrungen von Selbstwirksamkeit, Interesse an Technik und Berufswunsch aufgezeigt. "Es zeigt sich, dass Mädchen sowohl ihre absoluten als auch ihre relativen Fähigkeiten in den MINT-Bereichen signifikant geringer einschätzen als Jungen. Die höhere Selbsteinschätzung der Jungen mit Blick auf ihre MINT-Fähigkeiten relativ zu anderen Fähigkeiten geht wiederum mit einem höheren Interesse an einem technischen Beruf einher."

Um das Selbstbewusstsein von Schüler*innen für MINT-Bereiche zu stärken, sind gendersensible Rahmenbedingungen notwendig. Die interviewten Expert*innen verwiesen unter anderem auf Studien, bei denen Schülerinnen als wichtigen Faktor für ihre Berufswahl einen sozialen beziehungsweise gesellschaftlichen Nutzen nannten. Es sei wichtig zu überlegen:

"... kann ich vielleicht die Mädchen mehr abholen mit Themen, die auch sie interessieren? Und da ist wieder diese Betonung, diese gesellschaftliche Relevanz in ganz vielen Studien, die herausgekommen sind, dass Mädchen sich einfach mehr für Umweltthemen interessieren als nur um das reine Technische dahinter."

Partiell könnte auch ein geschlechtergetrennter Unterricht zur Begünstigung einer besseren Gruppendynamik beitragen. Dies bestätigt sich auch in der RoboCoop-Studie, bei der die Mädchen beispielsweise im Online-Setting eines Workshops deutlich besser zurechtkamen als die Burschen. In den Interviews artikulierten die Mädchen den Vorteil, in den Arbeitsgruppen unter sich zu sein (S. 40), und die Tutor*innen beobachteten, dass die Mädchen beispielsweise auch in den Pausen den

ZOOM-Raum nutzten, um ihre Zwischenergebnisse auszutauschen und die weiteren Strategien abzusprechen (S. 43). Beim Selbstwirksamkeitstest (RSE-Index-Score) konnten die Mädchen in diesem Online-Setting sogar die Burschen überholen (S. 44).

Vielfalt an MINT-Berufen aufzeigen

Dass die Art und Weise, welche Unterrichtsthemen gewählt werden oder welche Berufe wie präsentiert werden, für das Interesse der Mädchen eine entscheidende Rolle spielen, zeigen auch die Ergebnisse der aktuellen Wirkungsstudie des Girls' Day 2022 in Deutschland⁴⁴. Insgesamt sind 94% der Mädchen von dem Angebot begeistert, 68% haben interessante Berufe kennengelernt, von denen sich wiederum 42% sogar vorstellen könnten, dort später ein Praktikum oder eine Ausbildung zu machen. Auch in der Prä-Post-Befragung zu IT-Berufen und technischen Berufen zeigten sich deutliche Steigerungsraten, wobei die Ausgangswerte absolut gesehen auch hier sehr gering waren. Dieses außerschulische Angebot bringt einen weiteren Vorteil für Mädchen mit sich: sie sind einen Tag lang "unter sich" und gruppenspezifische, negative Effekte, die in gemeinsamen Workshops mit Burschen – vor allem in der Pubertät – häufig auftreten, fallen weg.

Um den Zusammenhang von Technologieverständnis und Ingenieurwesen und deren Berufsvielfalt aufzuzeigen, eignet sich beispielsweise auch eine Vermittlung von MINT-Inhalten in Kombination mit Design: durch die Verknüpfung von technischem Wissen und kreativer Gestaltung kann die Vielfalt an Berufen im MINT-Bereich sichtbar gemacht werden, um auch Schüler*innen für MINT in Verbindung mit sozialen und kreativen Berufsfeldern (beispielsweise als Designer*innen) zu begeistern. Dass in den neuen Lehrplanentwürfen⁴⁵ in der Primar- und Sekundarstufe das Fach "Technik und Design" eingeführt wurde, wird von mehreren Expert*innen begrüßt – eine interviewte Person meint:

"Ich glaube, dass das Fach Technik und Design total aufgewertet gehört, aber auch eben wirklich, dass das eigentlich von der ersten bis zur acht noch durchgehen müsste. Und dann müsste es vielleicht *Technologieentwicklung* heißen (...)."

Ein anderer Experte/eine andere Expertin betont:

"Dieses ganze Thema IT mit Ingenieurwesen, wenn man sich anschaut, in welche Bereiche das aufgeht, zum Beispiel in die Medizin hinein oder in andere Lebensbereiche hin, da gibt es eigentlich so vieles, wo man Dinge entwickeln kann, die langfristig einen gesellschaftlichen Mehrwert stiften. Das ist etwas, was oft bei der Vermittlung nicht (...) ins Zentrum gerückt wird. (...) dass man Personen braucht, die diese Ausbildungen machen, damit vieles, was wir an Infrastruktur haben, einfach funktioniert und damit dann in der Medizin neue Methoden entwickelt werden für Diagnostik etc., damit neue Arten, wie man miteinander kommunizieren kann, entwickelt werden."

Diese Vielfalt von IT in der Verbindung bzw. der Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen müsste in der Berufsorientierung deutlicher vermittelt werden, beispielsweise durch Aktionstage wie dem bereits erwähnten Girls' Day oder durch Besuche von Expert*innen an den Schulen. Es braucht offenbar neue Narrative in der MINT-Bildung, 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. Ein Experte/eine Expertin bringt dies im Interview auf den Punkt:

"Also gerade auch heutzutage, wie auch bei Jobs und Berufen immer so sehr die Sinnfrage ist. Dieses ganze Thema IT aber auch mit Ingenieurwesen, wenn man sich anschaut, auch in welche Bereiche das aufgeht, zum Beispiel in die Medizin hinein oder in andere Lebensbereiche hin. Da gibt es eigentlich so Vieles, wo man Dinge entwickeln kann, die langfristig einen gesellschaftlichen Mehrwert stiften."

⁴⁴ <https://www.girls-day.de/fakten-zum-girls-day/der-girls-day-wirkt/wirkungsstudie-2022>

⁴⁵ <https://www.schule.at/bildungsnews/detail/neue-lehrplaene-gehen-in-begutachtung>

Zusammenfassung und Ausblick

Auf Basis einer breiten Datenlage von 2380 Schüler*innen aus Österreich und der Slowakei im Alter von zehn bis 23 Jahren, die von 2018 bis 2022 in einem von 188 Robotikworkshops teilgenommen haben und in einer Begleitstudie mit Mixed-Methods-Ansatz befragt wurden, folgt als zentrale Erkenntnis, dass die Klassenworkshops das Interesse der Schüler*innen für MINT steigern konnten. Auch die Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeit hinsichtlich Robotik mit dem entwickelten RSE-Tool zeigte im Prä-Post-Setting eine Steigerung bei beiden Geschlechtern und auch in beiden Altersstufen (Sek I und Sek II) Dabei lagen die absoluten Werte bei Burschen etwas höher als bei den Mädchen, was frühere Studien zur Selbstwirksamkeit in der MINT-Bildung bestätigt. 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; lediglich beim Robotermodell Thymio war eine auffällige Steigerung im Vergleich zur Prä-Messung feststellbar.

In den Expert*inneninterviews wurde grundsätzlich die Position vertreten, bereits in der Elementar- und Primarbildung mit geeigneten Konzepten mit Digitaler Medienbildung und Informatischer Bildung zu beginnen, um die kindliche Begeisterung für den Aufbau von Vertrauen im Umgang mit Komplexität und Problemen mit offenem Ausgang zu nutzen – hier bilden einfache Educational Robots gute Einstiegsmöglichkeiten. Mit Blick auf das steigende Abstraktionsvermögen in der Sekundarstufe I und die vielfältigen Interessenlagen, die sich mit Eintritt in die Pubertät schnell verlieren können, erscheint ein Intensivieren und der Übergang zu komplexeren Problemstellungen zu Beginn der Sek I angebracht, wobei reale Weltprobleme mit gesellschaftlicher Bedeutung MINT-verbundene Lernprozesse evozieren können. Hier liegt eine große Chance im neuen Pflichtfach Digitale Grundbildung, weil die Auseinandersetzung mit den Phänomenen der digital-vernetzten Welt das fächerverbindende Arbeiten geradezu einfordert und damit auch Schulentwicklungsprozesse in Gang setzt. Umgekehrt besteht bei einem einstündigen Fach die Gefahr der Überfrachtung, wenn solche Teamabsprachen mit anderen Gegenständen nicht erfolgen. Wird in der Sekundarstufe I eine gute Grundlage gelegt, würde dies dem Fach Informatik auch in einer Reform der Oberstufe zugutekommen. Dazu wurde auch die Idee eines spiralen Curriculums genannt, das vom Kindergarten bis zur Matura in allen Bildungsstufen verankert ist und systematisch aufeinander aufbaut, so dass die Lernenden mit ihren vorhandenen Erfahrungen, Wissensbeständen und Konzepten neuen Problemstellungen begegnen – in neuen Kontexten oder in einer höheren Komplexität.

Auch im RoboCoop-Projekt hat sich in den Bewertungen durch die Schüler*innen deutlich gezeigt, wie wichtig die Bedeutung der Lehrperson ist. Eine hohe Bewertung der Lehrperson korreliert klar mit einer hohen Gesamtbewertung des Robotikworkshops sowie mit einer hohen Einschätzung der Selbstwirksamkeit in Bezug auf Problemlösefähigkeiten. Eine logische Schlussfolgerung ist, dass in die Professionalisierung des Lehrberufs und in eine durchgehend hohe Qualität in Aus-, Fort- und Weiterbildung viel investiert werden sollte, damit die Lehrpersonen den vielfältigen Ansprüchen in der MINT-Bildung gerecht werden können. Eine Aufwertung der Ausbildung in MINT-Bereichen würde auch dem Fachkräftemangel entgegenwirken. Zusammen mit Fort- und Weiterbildungsseminaren sind Vernetzungsangebote für Lehrkräfte, Ansätze wie MINT-Coaching oder Schulentwicklungsberatung zur Digitalen Bildung eine wichtige Unterstützung für schulische Entwicklungsprozesse, die ausgebaut werden sollten. Empfehlenswert ist hierbei auch die Aufwertung von Auszeichnungen oder Zertifizierungen wie beispielsweise das MINT-Gütesiegel oder die eEducation-Austria-Badges für Bildungseinrichtungen, die eine umfassende MINT-Bildung oder Digitale Bildung systematisch verankern. Durch diese Auszeichnungen oder andere außerschulische Angebote wie Wettbewerbe oder Citizen-Science-Projekte können Klassen- und Schulteams gemeinsame Erfolgserlebnisse haben, die das Zusammengehörigkeitsgefühl, Motivation und Selbstbewusstsein steigern.

Mädchen brauchen weibliche Role Models, um sich mit ihnen identifizieren zu können. Teilweise kann dies durch außerschulische Angebote abgedeckt werden, bei denen sie Forscherinnen, Technikerinnen oder weibliche Führungskräfte aus den MINT-Branchen kennenlernen und Geschlechterstereotype durchbrochen werden. Bei Projekten oder Veranstaltungen ist es zudem leichter möglich, dass Mädchen unter sich bleiben, was punktuell gerade in der Sekundarstufe I von Vorteil sein kann, wie auch Beobachtungen in einem ZOOM-Raum im RoboCoop-Projekt gezeigt haben. Selbstverständlich ist es unabdingbar, auch im täglichen Unterricht für gendersensible Rahmenbedingungen zu sorgen, indem beispielsweise bei der Themenwahl darauf geachtet wird, dass soziale und künstlerisch-kreative Aspekte, Nachhaltigkeits- und Umweltthemen berücksichtigt werden. Verbesserungen wären auch in der Berufsorientierung möglich, indem die Vielfalt der MINT-Berufe und die unterschiedliche Bedeutung von IT und Technik in verschiedenen Domänen aufgezeigt wird. Hier braucht es offenbar auch neue, bessere Narrative in der MINT-Bildung – nicht nur, aber insbesondere für Mädchen.

Der kompetente Umgang mit der Heterogenität in den Klassenzimmern wird zur großen Herausforderung für die Lehrpersonen, nicht nur in Bezug auf unterschiedliches fachliches Vorwissen, sondern auch hinsichtlich verschiedener Erstsprachen, Migrationshintergründe, soziokulturell unterschiedlicher Lebensverhältnisse. Dementsprechend sind inklusive Lernumgebungen zu etablieren, die ein multisensorisches Erleben ermöglichen, bei dem sich Schüler*innen mit ihren Fähigkeiten im Peer Learning einbringen können und auch Fehler machen dürfen. Ziel ist eine gendersensible, motivationsfördernde Gestaltung von inklusiven Bildungsprozessen. Robotikworkshops sind hierfür sehr gut geeignet, haben aber andererseits den Nachteil, dass sie material- bzw. kostenintensiv sind. Spezielle Lernräume für die MINT-Bildung, wie sie an Hochschulen oder von anderen außerschulischen Anbietern etabliert wurden, haben sich als gemeinsame “Versuchslabore” und Begegnungsorte für ein Erforschen der jeweiligen Disziplin und deren Fachdidaktik auf Augenhöhe zwischen Expert*innen, Hochschullehrenden, Lehrer*innen, Studierenden und Schüler*innen bewährt und ermöglichen 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). Nichtsdestotrotz muss längerfristig in eine bessere Ausstattung für MINT-Lernräume an den Schulstandorten selbst investiert werden.

Der wichtigste Aspekt für eine “bessere Zukunft der MINT-Bildung” scheint aber ein grundlegender Perspektivenwechsel im Umgang mit dem gesellschaftlichen Wandel rund um die Digitalisierung sein. Es ist höchst an der Zeit, anzuerkennen, dass wir längst in einem Zeitalter der Digitalität angekommen sind, in dem sich aufgrund der tiefgreifenden Veränderungen durch Digitalisierung, Automatisierung, Globalisierung und Vernetzung sowie den bereits länger andauernden weltweiten Krisen (Klima, Covid19-Pandemie, Kriege, Fluchtbewegungen) die Gesellschaft in einem grundlegenden kulturellen Wandel befindet. Diesem Wandel kann im Schulsystem nicht mit einzelnen kleinen Maßnahmen begegnet werden, sondern nur, wenn Bildungsprozesse stets konsequent und umfassend mitgedacht werden, wie es beispielsweise die Initiative “Bildung #mitgedacht”⁴⁶ formuliert. Die aktuellen Herausforderungen können nur miteinander bewältigt werden; ohne grundlegend veränderte Bildungsstrukturen kann das Fach Informatik allein oder im MINT-Fächerbündel nicht die Lösungen liefern. Interdisziplinäre Zugänge wie beispielsweise in der “Digitalen Grundbildung”, die Betrachtung der Phänomene der digital-vernetzten Welt aus verschiedenen Perspektiven, das *Begreifen* des Verschmelzens von digitalen und analogen Kontexten – wie es beispielsweise durch Educational Robots gut möglich wird – scheinen wesentliche Erfolgsfaktoren auch für die MINT-Bildung von morgen zu sein. So wie digitale Medienkulturen die Gesellschaft in allen Bereichen durchdringen, sind eine Öffnung sowohl des Bildungsdiskurses als auch von Schule, eine stärkere Verbindung von schulischem und außerschulischem Lernen sowie Maßnahmen für ein besseres Wissenschaftsverständnis dringend zu empfehlen.

⁴⁶ <https://bildung.mitgedacht.net/>

Quellenverzeichnis

Alamo, J., Quevedo, E., Coll, A.S., Ortega, S., Fabelo, H., Callico, G.M., Zapatera, A. (2021). Sustainable Educational Robotics. Contingency Plan during Lockdown in Primary School. *Sustainability* 2021, 13, 8388. <https://doi.org/10.3390/su13158388>.

Aspalter, C., Bauer, R., Reitbrecht, S., & Schönbächler, E. (2021). „Es durch die Augen von Schüler_innen sehen“ – Eye Tracking in (fach)didaktischen Forschungsfeldern am Beispiel einer Rechercheaufgabe zur „Berliner Mauer“. In: K. Staubach (Hrsg.), *Multimodale Kommunikation in den Hypermedien und Deutschunterricht: Theoretische, empirische und unterrichtspraktische Zugänge* (S. 117–135). Baltmannsweiler: Schneider Verlag GmbH.

Barberi, A., Swertz, C., Himpsl-Gutermann, K., & Grünberger, N. (2020). Editorial 4/2020: Making und Makerlabs. *Medienimpulse*, 58(4), 16 Seiten. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-27>.

BMBF – Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung Deutschland (2019). *Mit MINT in die Zukunft! Der MINT-Aktionsplan des BMBF*. Online unter: https://www.nationalesmintforum.de/fileadmin/medienablage/content/publikationen_und_empfehlungen/publikationen/2019/Broschuere_MintRegionen_WEB_20191028.pdf (letzter Zugriff: 17.11.2022).

Brinda, T., Bergemann, N., Diethelm, I., Knaus, T., Kommer, S., Kopf, C., ... Weich, A. (2021). *Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt. Ein interdisziplinäres Modell*. <https://doi.org/10.25656/01:22117>.

Davila Dos Santos, E., Albahari, A., Diaz, S., & De Freitas, E. C. (2022). 'Science and Technology as Feminine': raising awareness about and reducing the gender gap in STEM careers. *Journal of Gender Studies*, 31(4), 505-518. URL: https://www.researchgate.net/profile/Eliane-Dos-Santos/publication/352130433_'Science_and_Technology_as_Feminine'_raising_awareness_about_and_reducing_the_gender_gap_in_STEM_careers/links/62bc47015e258e67e10f54c6/Science-and-Technology-as-Feminine-raising-awareness-about-and-reducing-the-gender-gap-in-STEM-careers.pdf (letzter Zugriff: 15.08.2022).

Drescher, K., Häckl, S., Schmieder, J. (2020). *MINT-Berufe: Workshops mit Rollenvorbildern können Geschlechterstereotype abbauen*, DIW Wochenbericht, ISSN 1860-8787, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, Vol. 87, Iss. 13, 252-260, https://doi.org/10.18723/diw_wb:2020-13-1.

Eickelmann, B. (2020). *Re-Definition der digitalisierungsbezogenen Schulleitungsfunktionen in der Pandemie-Zeit*. Plan BD #02 Leadership. *Fachmagazin für Schule in der digitalen Welt*, 6–13.

Eickelmann, B. & Gerick, J. (2018). *Herausforderungen und Zielsetzungen im Kontext der Digitalisierung von Schule und Unterricht. Teil 2: Fünf Dimensionen der Schulentwicklung zur erfolgreichen Integration digitaler Medien*. *Schulverwaltung Hessen/Rheinland-Pfalz*, 23 (6), 184-188.

Greca Dufranc, I. M., García Terceño, E. M., Fridberg, M., Cronquist, B., & Redfors, A. (2020). *Robotics and Early-years STEM Education: The botSTEM Framework and Activities*. *European Journal of STEM Education*, 5(1), 01. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/7948>.

- Haidinger, W. (2013). MINT 2020 – Der Unterricht von morgen. Auf dem Weg zu mehr Zukunftsqualifikationen für Österreich. Wien: Industriellenvereinigung. Online unter https://www.mintschule.at/wp-content/uploads/2016/08/MINT2020_Der_Unterricht_von_morgen.pdf (letzter Zugriff: 20.11.2022).
- Hattie, J., Zierer, K., & Beywl, W. (2017). Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen: Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von „Visible Learning for Teachers“ (3. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Verlag GmbH.
- 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. Online unter https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:64bda2b1-f31b-4184-be8f-705b44f9642e/dlpl_primarstufe_abschlussbericht.pdf (letzter Zugriff: 20.11.2022).
- Holub, B., Himpsl-Gutermann, K., Mittlböck, K., Musilek-Hofer, M., Varelja-Gerber, A., & Grünberger, N. (Hrsg.) (2021). lern.medien.werk.statt. Hochschullernwerkstätten in der Digitalität. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Jäggle, G., Lammer, L., Jan-Ove, W., & Markus, V. (2020). Towards a Robotics Self-Efficacy Test in Educational Robotics. Proceedings of the 2020 Constructionism Conference, 537–550.
- Jäggle, G., Lepuschitz, W. (2022). Evaluation report about the effect of educational robotics activities at the RoboCoop project. Wien: RoboCoop Project.
- Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Lassnig, J., Menzinger, M., Baumann, W., Ehardt-Schmiederer, M., ... Szalay, I. (2021). EDLRIS: A European Driving License for Robots and Intelligent Systems. KI – Künstliche Intelligenz, 35(2), 221–232. <https://doi.org/10.1007/s13218-021-00716-8>.
- Knie, L., Standl, B., & Schwarzer, S. (2022). First experiences of integrating computational thinking into a blended learning in-service training program for STEM teachers. Computer Applications in Engineering Education. Online unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cae.22529> (letzter Zugriff: 18.11.2022).
- Körper-Stiftung (2019). MINT-Regionen in Deutschland. Regionale Netzwerke für die MINT-Bildung. Online unter: https://www.mint-regionen.de/fileadmin/user_upload/Broschuere_MintRegionen_2019.pdf (letzter Zugriff: 17.11.2022).
- Köster, H., Straube, P., Brämer, M., Mehrstens, T., Nordmeier, V., & Voigt, J. (2019). Zum Interesse von Grundschulkindern an informatischen Lernmaterialien. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Online unter <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/998> (letzter Zugriff: 20.11.2022).
- 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. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v2i1.26>.
- Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12., überarbeitete Auflage). Weinheim Basel: Beltz.

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. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7>.

Rolff, H. G. (2016). Schulentwicklung – von der Standortplanung zur „lernenden Schule“. In: Ulrich, S. & Bargel, T. (Hrsg.): *Schulqualität – Bilanz und Perspektiven, Grundlagen der Qualität von Schulen*. Münster: Waxmann, 115–140.

Schroeder, R. (2019). Lebensweltorientierung im inklusiven Sachunterricht – Widersprüche in Theorie und Praxis. *GDSU-Journal*, Heft 9 (Juni 2019), 118–138.

Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) [Hrsg.] (2022). *Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule. Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK)*. Bonn: pedocs. Online unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-pedocs-252735> (letzter Zugriff: 20.11.2022).

Steiner, M. (2017). Professionelle Lerngemeinschaften und Professionelle Cluster-Lerngemeinschaften als Modi und Strukturelemente für netzwerkbasierter Unterrichtsentwicklung und deren Begleitung im Projekt KidZ Wien. In N. Grünberger, K. Himpsl-Gutermann, P. Szucsich, G. Brandhofer, E. Huditz, & M. Steiner (Hrsg.), *Schule neu denken und medial gestalten*. Glückstadt: Hülsbusch, 320–339. Online unter: <https://www.gestalte.schule/doc/24> (letzter Zugriff: 20.11.2022).

Steiner, M., & Himpsl-Gutermann, K. (2020). Computational Thinking und Kontextorientierung. *Medienimpulse*, 58(1), 30 Seiten. <https://doi.org/10.21243/mi-01-20-21>.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.

Zentrum für Lerntechnologie und Innovation (ZLI) der PH Wien. (2017). Digitalisierung braucht Räume für Tentativität. *Medienimpulse, Digitale Grundbildung* (2/2017). Online unter <http://www.medienimpulse.at/articles/view/1094?navi=1> (letzter Zugriff: 20.11.2022).

Erarbeitung (2022) im Zuge des EFRE geförderten EU-Projektes RoboCoop SK-AT V212:

Klaus Himpsl-Gutermann, Michael Steiner & Anastasiya Savran,
Pädagogische Hochschule Wien



Gesamtkoordination: Marlis Henner, Europa Büro der Bildungsdirektion für Wien

