



Medienimpulse  
ISSN 2307-3187  
Jg. 64, Nr. 41 2026  
doi: 10.21243/mi-01-26-01  
Lizenz: CC-BY-NC-ND-3.0-AT

# Handlungsrahmen für den Einsatz von Robotern im Mathematikunterricht: Eine medien- und fachdidaktische Intervention im Rahmen des Projekts INTER-DI-KO

Simon Plangg  
Wolf Hilzensauer  
Hannah Mayringer  
Clarissa Strauß

*Im Rahmen des Projekts INTER-DI-KO wurde ein mediendidaktisch fundierter Handlungsrahmen für den Einsatz programmierbarer Roboter im Mathematikunterricht entwickelt und erprobt. Ziel war es, einen problemorientierten, interdisziplinären Unterricht zu gestalten, der MINT-Kompetenzen fördert. Mittels Mixed-Methods wurde die Wirksamkeit der entwickelten Materi-*

*alien – bestehend aus Videos, Aufgaben, Erklärtexten und einem Begleitheft – an zwei Mittelschulklassen in Salzburg empirisch untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Akzeptanz und funktionale Zugänglichkeit der digitalen Materialien sowie ein insgesamt positives Kompetenzerfinden der Schülerinnen im Umgang mit dem Roboter. Die beteiligten Lehrkräfte schätzen die Praxistauglichkeit der Materialien als hoch ein und zeigen Bereitschaft zur eigenständigen Umsetzung im Unterricht. Die Studie liefert damit empirische Evidenz für das Potenzial von programmierbaren Robotern im Mathematikunterricht und verweist gleichzeitig auf Optimierungsmöglichkeiten in der didaktischen Einbindung digitaler und analoger Medien.*

*As part of the INTER-DI-KO project, a media-based teaching framework for the use of programmable robots in mathematics lessons was developed and tested. The aim was to design problem-oriented, interdisciplinary lessons that promote STEM skills. Using mixed methods, the effectiveness of the developed materials – consisting of videos, tasks, explanatory texts and an accompanying booklet – was empirically tested in two secondary school classes in Salzburg. The results show a high level of acceptance and functional accessibility of the digital materials, as well as an overall positive perception of competence among the students in dealing with the robot. The teachers involved rate the practical suitability of the materials highly and are willing to implement them independently in their lessons. The study thus provides empirical evidence for the potential of programmable robots in mathematics lessons and at the same time points to opportunities for optimisation in the didactic integration of digital and analogue media.*

## 1. Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung stellt nicht nur technologische Anforderungen an den Bildungsbereich, sondern fordert eine tiefgreifende didaktische Transformation schulischer Lehr-Lern-Prozesse (Scheiter, 2021). Digitale Medien eröffnen neue Gestaltungsspielräume, deren Potenziale jedoch erst durch eine gezielte didaktische Einbettung wirksam werden (Irion & Scheiter, 2018).

An dieser Stelle setzt das Projekt INTER-DI-KO – kurz für „Interdisziplinär, Digital, Kooperativ“ – an. Dieses konzentriert sich auf die Entwicklung und Evaluierung von Lehrmethoden, die interdisziplinäre Ansätze, digitale Technologien und kooperative Arbeitsformen integrieren.

Diesem Zugang liegt die Annahme zugrunde, dass die Herausforderungen der Digitalisierung nicht allein durch technologische Lösungen bewältigt werden können, sondern eine Verbindung von fachlichen, pädagogischen und gesellschaftlichen Perspektiven erfordert. Im Besonderen geht es darum digitale Kompetenzen nicht isoliert zu entwickeln, sondern mit schulfachlichen Themenstellungen zu verbinden. Gleichzeitig erfordern diese vielschichtigen Anforderungen auch die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Akteuren wie Schulen, Hochschulen, Forschung und Praxis. Im Sinne eines partizipativen Prinzips gestalten Lehrpersonen, Schüler\*innen und Lehramtsstudierende die Projekte im Rahmen von INTER-DI-KO aktiv mit (Projektteam INTER-DI-KO, 2025).

Ziel ist es, durch die Beteiligung von Wissenschaftler\*innen, Lehramtsstudierenden, Lehrkräften und Schüler\*innen, innovative und praktikable Bildungslösungen zu schaffen. Die Projektpartner setzen auf digitale Medien, um digitale Kompetenzen (vgl. Abschnitt 2.1 und 2.2; im Kontext des hier diskutierten Teilprojekts z. B. programmierbare Roboter steuern, mathematische Prozeduren für Konstruktionen in digitale Steuerungsprozesse übertragen oder Probleme mit digitalen Technologien kreativ lösen zu können) zu stärken und eine Diskussion über digitale Bildungschancen und -herausforderungen zu fördern. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit im Rahmen von INTER-DI-KO zielt darauf ab, nachhaltige und didaktisch wertvolle Bildungsangebote (z. B. Wittmann, 1981) zu entwickeln, die aktuellen und zukünftigen Anforderungen des Bildungssystems (z. B. Universität Wien & FWIT, 2024) gerecht werden (Projektteam INTER-DI-KO, 2025).

Als Teilprojekt von INTER-DI-KO widmet sich das Projekt „Handlungsrahmen für den Einsatz von Robotern im Mathematikunterricht“ dieser Aufgabe im Kontext der Nutzung von programmierbaren Robotern in einem interdisziplinären und problemorientierten Mathematikunterricht. Die Idee dabei ist es, dass die Schüler\*innen meist ausgehend von einem mathematischen Thema unter Verwendung eines Roboters eine Problemstellung bearbeiten und dabei mit Inhalten aus der Informatik, Mathematik und teilweise auch mit solchen aus der Physik konfrontiert werden (für Details vgl. Plangg, 2025). Der Roboter wird in diesem Kontext für bestimmte unterrichtliche Zwecke verwendet – eine Methode,

die aktuell als „Educational Robotics“ und in Zusammenhang mit MINT als R-STEM (Darmawansah et al., 2023) diskutiert wird. Zahlreiche Studien legen nahe, dass es sich hierbei um einen ertragreichen Ansatz für den Unterricht handelt (Zhong & Xia, 2018). Diese Idee ist nicht neu, sondern geht grundlegend auf Seymour Papert und der damit verbundenen Entwicklung der Programmiersprache LOGO in den 1960er-Jahren zurück (Feurzeig & Papert, 2011).

Da derartige Systeme im Unterricht allerdings kaum flächendeckend eingesetzt werden und Schüler\*innen wie Lehrkräfte im Regelfall nur wenig Erfahrung im Umgang mit derartigen Geräten mitbringen, setzt der Einsatz von Robotern im Unterricht entsprechende Materialien zur Aneignung des Umgangs mit diesen Geräten und deren Programmierung voraus. Für diesen Zweck wurden im Rahmen des vorliegenden Projekts Medien entwickelt, die eine selbstständige und kooperative Aneignung dieser Inhalte auf Basis einer Webseite<sup>1</sup> mit Videos, Erklärungen und Aufgabenstellungen sowohl für Schüler\*innen als auch für Lehrkräfte ermöglicht. Ein Benutzerhandbuch in gedruckter Form mit den wesentlichen Informationen zum Umgang mit den eingesetzten Robotern steht ebenfalls zur Verfügung. In diesem Begleitheft sind sämtliche Befehle strukturiert und in knapper Form dargestellt, um es den Schüler\*innen während der Aufgabenbearbeitung zu ermöglichen syntaktische Fragen zur Steuerung und Programmierung des Roboters schnell recherchieren zu können, ohne dass ein (oder das) gesamte zuvor gesehene Lernvideo nochmals angese-

hen werden muss. Gleichzeitig wird damit auch der Gestaltung einer differenzierten Lernumgebung, die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schüler\*innen berücksichtigt, Rechnung getragen (vgl. Abschnitt 2.3). Die dieser Lernumgebung zugrunde liegende Idee ist es, einen Unterricht mit programmierbaren Robotern zu ermöglichen, ohne dass „externe“ Expert\*innen in die Vorbereitung und Durchführung des Unterrichts wesentlich involviert sind.

Der in diesem Projekt verwendete Roboter ist der TI-Innovator Rover von Texas Instruments (Abb. 1, links). Dieser kann über einen komfortablen Programmierer in der Programmiersprache *Python* programmiert und gesteuert werden (Abb. 1, rechts):

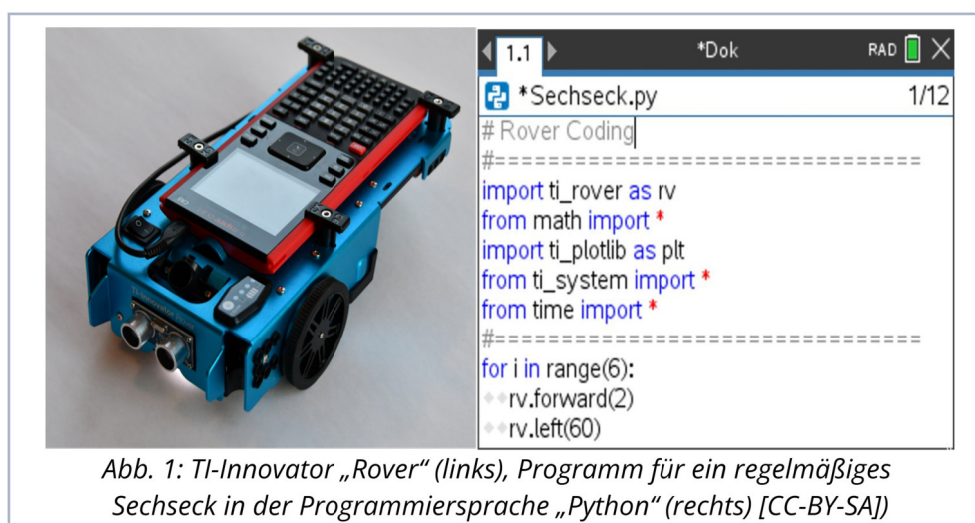


Abb. 1: TI-Innovator „Rover“ (links), Programm für ein regelmäßiges Sechseck in der Programmiersprache „Python“ (rechts) [CC-BY-SA]

Im Kontext des Fachunterrichts betonen Ropohl et al. (2018), dass Medienbildung im Fachunterricht nicht losgelöst von fachlichen Inhalten vermittelt werden sollte. Vielmehr ist sie als integraler Bestandteil der Fachbildung zu verstehen. Eine sinnvolle Ver-

schränkung von Mediendidaktik und Fachlernen entstehe dann, wenn Medien nicht lediglich illustrativ eingesetzt, sondern gezielt zur Erreichung fachlicher Lernziele genutzt werden. In diesem Zusammenhang wird fachbezogene Medienkompetenz als eine zentrale Dimension fachlichen Lernens begriffen, die durch eine didaktisch fundierte Auswahl und Einbettung geeigneter Medien gefördert werden kann (Ropohl et al., 2018, S. 149–150).

Für das vorliegende Projekt wurden digitale und analoge Medien entwickelt, die nicht als Add-on, sondern als integraler Bestandteil des fachlichen Lernprozesses zu sehen sind. Eine multimediale Aufbereitung, die Förderung von selbstgesteuertem Lernen, ein strukturierter Aufbau möglicher Lernwege sowie das Prinzip einer handlungsorientierten Bildung sind die wesentlichen mediendidaktischen Prinzipien dieser Entwicklungsarbeit (vgl. Abschnitt 2.3).

In diesem Kontext wurden sodann zwei Projektstage mit zwei Schulklassen aus einer Mittelschule in Salzburg abgehalten und die im Projekt entwickelten Materialien auf Basis von Befragungen der beteiligten Schüler\*innen und Lehrkräfte mittels eines digitalen Erhebungstools evaluiert. Die Projektstage wurden von projektbeteiligten Studierenden in Kooperation mit den jeweiligen Klassenlehrpersonen aus dem Unterrichtsfach Mathematik durchgeführt. Diese Vorgehensweise diente einer kontrollierten Pilotierung der entwickelten Medien und Aufgaben, um eine valide und vergleichbare Evaluation durch die Schüler\*innen der beiden Klassen im Anschluss an die Einheiten zu gewährleisten. Zu-

gleich ermöglichte die gemeinsame Umsetzung den Lehrpersonen, die Lernumgebung praktisch kennenzulernen, was für die anschließende Befragung zu deren Erfahrungen und Einschätzungen vor und nach den Projekttagen von zentraler Bedeutung war (vgl. Abschnitt 3.2).

Die übergeordnete Zielstellung, die Evaluation der konzipierten Medien und Materialien wird durch folgende Teilfragen konkretisiert. Diese bilden die Grundlage der vorliegenden empirischen Studie.

*F1. Wie beurteilen die Schüler\*innen die Verständlichkeit, Struktur und Nützlichkeit der auf der Projektwebseite bereitgestellten Unterrichtsmaterialien (Videos, Aufgaben, Erklärtex-te, Begleitheft)?*

*F2. Inwiefern beeinflussen diese Unterrichtsmaterialien das Kompetenzempfinden zum Umgang und zur Bedienbarkeit des eingesetzten Roboters aus Sicht der Lernenden?*

*F3. Welche Unterschiede in der Wahrnehmung der angebotenen Unterrichtsmaterialien ergeben sich in Hinblick auf Vorerfahrungen im Bereich Robotik und Programmierung?*

*F4. Wie beurteilen Schülerinnen die Einheiten im Vergleich zum Regelunterricht und wie reflektieren sie ihr Lernen?*

*F5. Wie schätzen Lehrkräfte die didaktische Qualität und den Praxistransfer der bereitgestellten Medien für ihren eigenen Unterricht ein?*

## 2. Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Educational Robotics

Das Projekt orientiert sich grundlegend am Konstruktivismus (Papert, 1980), welcher Lernen als aktiven, kontextgebundenen Prozess der Wissenskonstruktion durch die Erstellung greifbarer Artefakte versteht. Der Einsatz von handlungsorientierten Aktivitäten mit Robotern fördert ein tieferes Verständnis, da sensomotorische Erfahrungen mit fachlichen Konzepten verknüpft werden (Alimisis, 2013; Chahine et al., 2020; Wei et al., 2011). Roboter als greifbare Lernobjekte motivieren, fördern Kreativität und machen Lernen erlebbar (Mubin et al., 2013; Shankar et al., 2013; Williams et al., 2012). Studien zeigen zudem positive Effekte auf den Lernerfolg, soziale Interaktion und metakognitive Prozesse (Lu et al., 2011; Socratous & Ioannou, 2019). Roboter bieten in diesem Rahmen die Möglichkeit, Konzepte der Mathematik und Informatik durch problemlösendes Handeln konkret erfahrbar zu machen (Zhong & Xia, 2018). Jale Ulucan und Betül Yilmaz (2024) zeigen, dass Robotik- und Coding-Aktivitäten maßgeblich positive Effekte auf Fähigkeiten des Computational Thinking und auf das Problemlösen ausüben. Die Metastudie von Ouyang und Xu (2024) legt zudem nahe, dass der Einsatz programmierbarer Roboter sowohl hinsichtlich der Lernleistungen als auch hinsichtlich einer Lernhaltung einen soliden positiven Effekt mit sich bringt. Als besonders effektiv zeigt sich die Nutzung von Robotern in technologie- und fächerübergreifenden Kontexten, vor allem in Form von game-based, projekt- und problembasierten Lernsettings, bei vor-

handener gezielter Unterstützung durch Lehrkräfte, in kooperativen Lernsettings und vor allem bei einem längerfristigen Einsatz (Ouyang & Xu, 2024). Die Interaktion mit diesen Geräten stärkt zudem die Selbstwirksamkeit hinsichtlich des Umgangs mit Technologien (Himawan et al., 2024). Die vorliegende Studie versucht dieses Potenzial zum Einsatz von Robotern für unterrichtliche Zwecke für den Lernprozess der Schüler\*innen über eine dahingehende Konzeption der Lernumgebung zu nutzen (vgl. Abschnitt 3.2).

## 2.2 Algorithmisches Denken und der Einsatz von programmierbaren Robotern

Algorithmisches Denken umschreibt eine bedeutsame Kompetenz, die nach Futschek (2006) als ein Bündel von Fähigkeiten beschrieben werden kann, die das Entwerfen und Verstehen von Algorithmen umfasst. Insbesondere nennt Futschek (2006) die Fähigkeit Probleme zu analysieren, diese zu formulieren, mit Hilfe von grundlegenden Aktionen einen korrekten Algorithmus als Lösung des Problems zu erstellen, diesen Algorithmus zu prüfen und auch weiterzuentwickeln. Ein Algorithmus kann dabei als „ein mit formalen Mitteln beschreibbares, mechanisch nachvollziehbares Verfahren zur Lösung einer Klasse von Problemen“ (Schwill, 2011, S. 4) aufgefasst werden. Wird zudem die Automatisierung bzw. die Auslagerung auf eine informationsverarbeitende Maschine fokussiert (Wing, 2010) so wird damit häufig das informatische Denken oder das sogenannte „Computational Thinking“ adressiert (Stephens & Kadjevich, 2019). Nach Brennan und Resnick

(2012) können dabei informatische Konzepte, Praktiken und Perspektiven unterschieden werden. Dabei adressieren Konzepte Begriffe wie „Sequenz“, „Wiederholung“, „Parallelität“, „Verzweigung“, „Operatoren“ und „Daten“. Die Praktiken umfassen Strategien wie schrittweise und iterative Vorgehensweise, Testen und Debugging, Wiederverwendung und Neukombination sowie Abstraktion und Modularisierung. Unter Perspektiven verstehen sie das (kreative) Ausdrücken von eigenen Ideen, der Austausch und die Verbindung mit anderen sowie das „In-Frage-Stellen“ von vorhandenen Möglichkeiten und Grenzen (Brennan & Resnick, 2012). Der Einsatz von programmierbaren Robotern bietet die Möglichkeit dieses Denken zu fördern. Bereits grundlegende Aufgabenstellungen mit einem programmier- und fahrbaren Roboter beispielsweise zum Zeichnen von Buchstaben, geometrischen Figuren oder auch das Bewältigen von Labyrinthen erfordern und fördern derartige Fähigkeiten, vorausgesetzt die Aufgabestellungen sind so gestaltet, dass sie gezielt fachliche Strukturen adressieren und der Einsatz des Roboters nicht dem Selbstzweck dient. Nach Chevalier et al. (2020) werden fünf Phasen der Problemlösung im Kontext des Einsatzes von programmierbaren Robotern durchlaufen: Verstehen der Problemstellung (1), Generieren von Ideen zur Problemlösung (2), Formulieren des Verhaltens (3), Programmieren des Verhaltens (4), Evaluieren des Verhaltens (5). Das Ergebnis der 5. Phase wird sodann auf die ursprüngliche Problemstellung bezogen und in diesem Kontext interpretiert. Die Phasen werden unter Umständen erneut durchlaufen, bis die Problemstellung zufriedenstellend gelöst ist. Dabei zeigt sich, dass ein direktes Feed-

back durch das Verhalten des Roboters einen experimentellen Zugang zur Problemlösung ermöglicht, wenngleich sicherzustellen ist, dass auch planerische (1 und 2) sowie evaluative Phasen (5) von den Lernenden durchlaufen werden und nicht mittels „trial-and-error“-Strategien umgangen werden (Chevalier et al., 2022). Dies kann beispielsweise durch entsprechende Reflexionsfragen oder Aufforderungen zur Planung einer Problemlösung berücksichtigt werden (vgl. Abschnitt 3.2).

### 2.3 Mediendidaktische Herangehensweise

Das vorgestellte Roboterprojekt fokussiert auf das im Grundsatzverlass Medienerziehung (BMBWF, 2024) vorgestellte Prinzip der Integration unterschiedlicher Perspektiven, die gerade durch die Auswahl, Erstellung und Verwendung verschiedener Medien einen mehrperspektivischen und damit ganzheitlichen Zugang zur Kompetenzentwicklung unterstützt. Mithilfe der eingesetzten Medien werden mathematische und informatische Fähigkeiten gefördert, während die projektorientierte Herangehensweise den Lernenden ermöglicht, problemorientiert über Lösungswege nachzudenken und diese in der Gruppe zu beraten und zu reflektieren. Darüber hinaus bieten die im Projekt entwickelten Lehr- und Lernmedien – insbesondere die multimedialen Erklärvideos und Arbeitsmaterialien – den Schüler\*innen die Möglichkeit, sich zentrale Inhalte selbstständig anzueignen und eigenverantwortlich zu vertiefen.

Konkret basiert das Konzept auf folgenden Prinzipien:

- *Multimediale Aufbereitung*: Die Kombination aus Lehr- und Erklärvideos, Arbeitsblättern und schriftlichen Zusammenfassungen eröffnet unterschiedliche mediale Perspektiven auf die Inhalte. Diese Vielfalt ermöglicht es, Lernende über visuelle, auditive und textbasierte Zugänge anzusprechen und fördert so ein umfassendes Verständnis des Themas. Vor allem die Lehrvideos wurden dabei so gestaltet, dass diese in einer Klasse von Lernenden autonom erarbeitet werden können und die Materialien somit die Selbstlernkompetenz der Schüler\*innen unterstützen.
- Durch die *strukturierte Gliederung* der Inhalte, beginnend mit grundlegenden Konzepten und fortschreitend zu komplexeren Themen, unterstützen die bereitgestellten Materialien einen systematischen, aufeinander aufbauenden Lernprozess, der die Schüler\*innen mit einfach verständlichen Beispielen aus dem Alltag hin zu einem informatischen Denken (im Sinne eines strukturierten Zerlegens einzelner Operatoren bzw. Programmierschritten, vgl. Abschnitt 2.2) führt.
- Die *mediendidaktische Ausgestaltung* ist eng verzahnt mit den technischen und gestalterischen Elementen des Projekts INTER-DI-KO. In einem iterativen Prozess wurden Lernmaterialien, digitale Erklärvideos und Arbeitsaufträge unter Nutzung der technischen Infrastruktur für die Produktion und Bearbeitung von Medien entwickelt (Projektteam INTER-DI-KO, 2025). Die Konzeption lässt sich im Spannungsfeld der drei Perspektiven des Frankfurt-Dreiecks (Brinda et al., 2019) verorten: So verweist die technologisch-mediale Dimension auf die Bedeutung digitaler Lernmedien und den Einsatz programmierbarer Roboter als technisches Artefakt zur Verbindung von Mathematik und Informatik. Die gesellschaftlich-kulturelle Dimension wird sichtbar in der Orientierung an bildungspolitischen Vorgaben und der Förderung von Selbstlernkompetenz sowie kooperativen Lernformen, die für eine aktive Teilhabe am gesellschaftlichen Leben in einer durch den digitalen Wandel geprägten Welt zen-

tral sind. Die Interaktionsdimension spiegelt sich in der Gestaltung einer inklusiven und differenzierungsoffenen Lernumgebung, die kollaborative Prozesse und aktive Beteiligung ermöglicht und unterschiedliche Lernvoraussetzungen berücksichtigt.

Innerhalb von INTER-DI-KO stellt dieses Teilprojekt ein prototypisches Beispiel für disziplinübergreifende Zusammenarbeit dar, bei dem Fachdidaktiken (Mathematik und Informatik) und Medientdidaktik gemeinsam ein Unterrichtskonzept entwickelt haben. Das kooperative Arbeiten zwischen den Fachdisziplinen ermöglichte eine Verzahnung technischer, didaktischer und gestalterischer Perspektiven.

### 3. Methodik

Die Evaluation erfolgt im Rahmen eines explorativen Mixed-Methods-Designs. Dieses erlaubt die Verknüpfung quantitativer und qualitativer Methoden, um sowohl Wirkungen als auch subjektive Bewertungen der Intervention adäquat erfassen zu können.

#### 3.1 Untersuchungsdesign

Im Sommersemester 2025 wurde der entwickelte Handlungsrahmen im Zuge von zwei Projekthalbtagen an einer Mittelschule in Salzburg erprobt. Zwei dritte Klassen arbeiteten jeweils zu einem der folgenden mathematischen Themen: Geometrische Figuren (Thema 1), Ähnlichkeit (Thema 2).

Dabei wurden folgende Materialien und Medien<sup>2</sup> in den Unterrichtseinheiten eingesetzt: Einführungsvideo zum *Rover*, Video zur Anwendung der FOR-Schleife als mögliche Form einer Wiederho-

lung (vgl. Abschnitt 2.2), Printmaterialien (Arbeitsblätter für Schüler\*innen und Lehrkräfte, vgl. Abschnitt 3.2), Begleitheft als Nachschlagewerk für wesentliche Befehle und Syntax für den Umgang mit dem Roboter.

Das Einführungsvideo macht die Lernenden mit dem *Rover* vertraut und zeigt, wie sie diesen bedienen und programmieren können. Dabei wird veranschaulicht, wie man den *Rover* Bewegungen bzw. Befehle ausführen lassen kann. Die Lernenden werden im Anschluss aufgefordert, eigenständig eine Aufgabe zu bearbeiten. Dabei soll der *Rover* drei Einheiten vorwärtsfahren und danach auf zwei unterschiedliche Arten wieder zum Ausgangspunkt zurückkehren. Das Video schließt mit einem Lösungshinweis zur gestellten Aufgabe.

Das Video zur FOR-Schleife zeigt auf, wie die Lernenden wiederkehrende Abläufe programmieren können, sodass der *Rover* Befehle oder ganze Befehlsabfolgen mehrfach hintereinander ausführt. Die Lernenden sollen dann den *Rover* mit Hilfe einer FOR-Schleife ein Rechteck fahren lassen. Am Ende wird zudem ein Lösungshinweis in Form eines möglichen Programmcodes eingeblendet.

Die eingesetzten Materialien und Medien bildeten die Grundlage für die Umsetzung des mediendidaktischen Konzepts. Durch die Kombination aus digitalen Videos und analogen Begleitmaterialien erhielten die beteiligten Lernenden zunächst einen strukturierten Einstieg in die Arbeit mit dem *Rover*. Darauf aufbauend konnten sie eigenständig in Kleingruppen experimentieren und die

vorgegebenen Aufgaben lösen. Auf diese Weise sollte unter möglichst realitätsnahen Bedingungen erprobt werden, inwieweit das Konzept selbstgesteuertes und motiviertes Lernen fördert und wie es sich im Schulalltag bewährt.

### 3.2 Unterrichtsaktivitäten

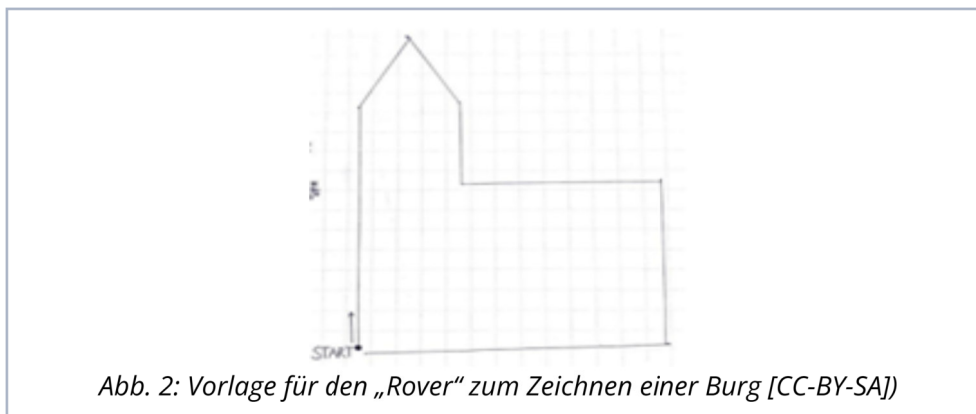
Die Schüler\*innen der beiden Klassen bearbeiteten je ein mathematisches Thema. Der Einstieg erfolgte jeweils im Plenum durch eine kurze Einführung oder Wiederholung theoretischer Grundlagen, um Vorwissen zu aktivieren. Im Zuge dessen wurde den Schüler\*innen auch der Arbeitsplatz bestehend aus Plakaten, Stiften, den Robotern, den Aufgabenstellungen, dem Begleitheft und der Projekthomepage mit den Videos vorgestellt. Anschließend bearbeiteten die Lernenden in Kleingruppen eigenständig die einführenden Inhalte anhand von digitalen Lernmaterialien, insbesondere den Videos zur Einführung in die Programmierung mit dem *Rover* sowie zur Nutzung von FOR-Schleifen (vgl. Abschnitt 3.1). Darauf aufbauend wurden Aufgaben zu geometrischen Figuren aus zwei Themenfeldern bearbeitet (siehe unten). Diese Arbeitsphase dauerte ca. 3,5 Stunden und wurde durch Pausen unterbrochen, die sich am schulischen Rhythmus orientierten. Die Projektmitarbeiter\*innen und Lehrkräfte übernahmen dabei eine begleitende Rolle und boten bei Bedarf individuelle Hilfestellung an. Der Abschluss erfolgte im Rahmen einer Feedbackphase, in der die Lernenden über ein Online-Formular den Lernerfolg und die Unterrichtsgestaltung evaluierten (vgl. Abschnitt 3.2).

Die Aufgaben zur Unterrichtseinheit zu den geometrischen Figuren (Thema 1) sind so konzipiert, dass die Schüler\*innen einerseits den Umgang mit dem *Rover* und grundlegende Programmierkonzepte kennenlernen und andererseits ihre mathematischen Kenntnisse zu ebenen geometrischen Figuren vertiefen können. Neben Konstruktionsaufgaben, bei denen sie ausgehend von einem mathematischen Problem oder Kontext einen eigenen *Rover-Code* entwickeln müssen, gibt es auch eine Aufgabe, bei der ein *Rover-Code* analysiert und die resultierende Zeichnung mit Bleistift skizziert werden muss. Um diese Aufgabe lösen zu können, ist es erforderlich, die verschiedenen Befehle des *Rovers* zu kennen und informatische Konzepte, wie die sogenannte FOR-Schleife zu verstehen. Dabei ist zu erwähnen, dass es nicht zu jeder Aufgabe eine eindeutige Lösung gibt, da Raum für eigenes Ausprobieren und Experimentieren sein soll. Beispielsweise ist bei der folgenden Aufgabe eine Burg mit Turm vorgegeben, welche die Schüler\*innen mithilfe des *Rovers* auf einem Blatt Papier skizzieren sollen (siehe Aufgabe – Burg). Die Schüler\*innen müssen sich dabei selbst geeignete Maße überlegen und passende Winkel finden. Ob die Turmspitze in der Zeichnung etwas spitzer oder flacher verläuft, spielt dabei keine Rolle. Vielmehr geht es darum, dass sich die Schüler\*innen eigenständig mit dem mathematischen Problem auseinandersetzen, eigene Ideen generieren und ihr Ergebnis durch die Programmierung des *Rovers* umsetzen können.

### 3.2.1 „Aufgabe – Burg“

*Lasst den Rover eine Burg mit einem Turm zeichnen (siehe Abbildung). Überlegt euch selbst eine passende Bemaßung und bringt einen Stift am Rover an, um ihn die Fahrt aufzeichnen zu lassen.*

*Notiert anschließend euren erstellten Rover-Code.*



Das eingesetzte Arbeitsblatt zum Thema „Ähnlichkeit“ (Thema 2) beinhaltet Aufgaben zum Programmieren und anschließenden Zeichnen zueinander ähnlicher geometrischer Figuren, Verstehen von Code (Code-Reading) sowie dem Erstellen und Anpassen von eigenen Programmen zur Problemlösung. Ziel dieser Aufgabenstellungen ist es, die Lernenden zur Auseinandersetzung mit dem *Rover* zu motivieren und gleichzeitig Raum für selbstständiges, kreatives problemorientiertes Arbeiten zu schaffen. Die inhaltlichen Schwerpunkte reichen von geometrischen Grundfiguren wie Rechtecken und Dreiecken bis hin zu komplexeren Aufgabenstellungen.

Eine typische Aufgabe besteht darin, den Roboter ein vorprogrammiertes Dreieck zeichnen zu lassen. Anschließend soll ein dazu ähnliches, 1,5-mal so großes Dreieck mit Hilfe des *Rovers* gezeichnet werden. Dafür muss der Code des bereits gezeichneten Dreiecks analysiert und entsprechend angepasst werden (Aufgabe – Dreieck).

### 3.2.2 „Aufgabe – Dreieck“

*Führt das Programm Dreieck1 auf dem Rover aus.*

*Gesucht wird nun ein 1,5 mal so großes Dreieck gleicher Gestalt. Seht euch das Programm Dreieck1 genauer an und ändert dieses ab. Speichert es unter dem Namen Dreieck2. Zeichnet eine Skizze und das Dreieck mit dem Rover. Stellt einen Vergleich zwischen den beiden Dreiecken her. Begründet, ob eine Ähnlichkeit zwischen diesen besteht.*

## 3.3 Erhebungsinstrumente

Die Evaluation basiert auf folgenden Erhebungsinstrumenten:

- standardisierter Schüler\*innenfragebogen
- standardisierter Lehrkräftefragebogen (vorher/nachher)
- offene Fragen zu Vorstellungen, Erwartungen und dem Erleben der Einheiten

Das Erhebungsinstrument für die Schüler\*innen umfasst 15 Fragen. Eine Frage des Fragebogens (Nr. 12) bezieht sich spezifisch auf den mathematischen Inhalt der jeweiligen Einheit. Der genaue Wortlaut dieser Frage variiert je nach Klasse und dem im Unterricht behandelten Thema. Die übrigen Fragen sind themenübergreifend konzipiert und wurden in beiden Einheiten identisch ein-

gesetzt (vgl. Tab. 1). Wenn nicht genauer angegeben handelt es sich um eine fünfstufige Likert-Skala:

Nr.	Frage	Antwortformat
1	Wie hat dir der Unterrichtsvormittag mit dem <i>Rover</i> gefallen?	1–5 Sterne
2	Was war deiner Meinung nach das Beste am heutigen Vormittag?	Offen
3	Gibt es etwas, was dir gar nicht gefallen hat? Wenn ja, was?	Ja/Nein mit Begründung
4	Wie gut hat dir das Arbeiten mit dem <i>Rover</i> im Vergleich zu deinem gewohnten Mathematikunterricht gefallen?	Besser, Gleich gut, Weniger gut
5	Hast du vor heute schon einmal mit einem programmierbaren Roboter gearbeitet oder allgemein etwas programmiert?	Ja/Nein
6	Wie gut bist du mit der Webseite zurecht gekommen?	Sehr gut, Gut, Geht so, Gar nicht
7	Was hat dir an der Website besonders gut gefallen?	Videos, Erklärungen, Aufgabenstellungen, gar nichts
8	War das kleine Handbuch mit einer Übersicht der Inhalte der Videos für dich hilfreich? Begründe deine Antwort!	Ja/Nein mit Begründung
9	Waren die Fragen auf den Aufgabenblättern für dich klar und verständlich?	Ja/Nein mit Begründung
10	Wie gut bist du mit der Bedienung des <i>Rovers</i> zurecht gekommen?	Sehr gut – Sehr schlecht
11	Hattest du bei der Bedienung des <i>Rovers</i> ein konkretes Problem? Wenn ja, welches?	Ja/Nein mit Begründung
12 a	Konntest du gut nachvollziehen, was „Ähnlichkeit“ bei Figuren bedeutet?	Ja/Teilweise/Nein
12 b	Hat dir der Roboter geholfen, das Thema geometrische Figuren besser zu verstehen?	Ja/Nein
13	Würdest du den <i>Rover</i> gerne öfter im Unterricht	Ja/Nein mit Be-

	verwenden? Begründe deine Antwort!	gründung
14	Was hast du heute Vormittag gelernt?	Offen
15	Möchtest du noch etwas sagen?	Offen

Tab. 1: Standardisierte Schüler\*innenfragebogen

Das Erhebungsinstrument für die Lehrkräfte für die Befragung vor der jeweiligen Einheit umfasst sieben Fragen (Tab. 2), jenes für die Befragung nach den Einheiten 18 Fragen (Tab. 3):

Nr.	Frage	Antwortformat
1	Meine Klasse wird folgendes Thema bearbeiten:	Ähnlichkeit, Geometrische Figuren
2	Haben Sie bereits selbst schon einmal programmierbare Roboter in Ihrem Unterricht verwendet oder damit Erfahrungen gemacht? Wenn ja, was waren Ihre Erkenntnisse/Erfahrungen?	Ja/Nein mit Begründung
3	Welche Vorstellungen verbinden Sie mit dem Einsatz von programmierbaren Robotern?	Offen
4	Welche Erwartungen haben Sie an den Projektvormittag mit dem <i>Rover</i> ?	Offen
5	Wie vertraut sind Ihre Schüler:innen mit den Konzepten der Ähnlichkeit/den geometrischen Figuren?	Sehr vertraut – gar nicht vertraut
6	Wie bewerten Sie die Webseite als Vorbereitungsmaterial für den Unterricht?	Sehr gut – Nicht hilfreich
7	Gibt es besondere Herausforderungen, die Sie für Ihre Klasse bei diesem Thema erwarten?	Offen

Tab. 2: Standardisierter Fragebogen für Lehrkräfte zur Befragung vor der Einheit

Nr.	Frage	Antwortformat
1	Meine Klasse hat zu folgendem Thema gearbeitet:	Ähnlichkeit, Geometrische Figuren
2	Wie beurteilen Sie den Gesamteindruck des Unterrichtsvormittags mit dem <i>Rover</i> ?	1-5 Sterne
3	Was hat Ihnen an diesem Vormittag besonders gut gefallen?	Offen

4	Haben sich Ihre Erwartungen an den heutigen Projekttag erfüllt?	Offen
5	Gibt es Aspekte, die Ihnen weniger gut gefallen haben? Wenn ja, welche?	Ja/Nein mit Begründung
6	Inwiefern hat das Thema Programmierung mit dem <i>Rover</i> die Motivation der Schüler:innen gefördert?	Sehr stark – Gar nicht
7	Welcher Unterschied fällt Ihnen auf, wenn traditionell bzw. mit dem <i>Rover</i> gearbeitet wird?	Offen
8	Fanden Sie den Einsatz des <i>Rovers</i> angemessen für das Alter und die Niveaustufe der Schüler:innen?	Ja/Teilweise/Nein
9	Waren die Aufgaben Ihrer Meinung nach klar und verständlich?	Ja/Nein
10	Wie bewerten Sie den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben für Ihre Schüler:innen?	Zu schwer – Zu leicht
11	Inwieweit ist der <i>Rover</i> Ihrer Meinung nach hilfreich für die Vermittlung der Inhalte?	Nicht hilfreich – Sehr hilfreich
12	Sehen Sie einen inhaltlichen Mehrwert durch den <i>Rover</i> ? Warum?	Ja/Nein mit Begründung
13	Könnten Sie sich vorstellen den <i>Rover</i> auch in Ihrem eigenen Unterricht ohne externe Personen zu verwenden. Wenn nein, warum?	Ja/Nein mit Begründung
14	Inwieweit lassen sich die Materialien der Webseite Ihrer Meinung nach im Unterricht einsetzen?	Sehr gut – Sehr schwierig
15	Würden Sie die Materialien (Webseite, Aufgaben und Videos) wieder im Unterricht einsetzen?	Ja/Nein/Vielleicht
16	Wie gut haben die Schüler:innen die Konzepte der Ähnlichkeit/ geometrischen Figuren Ihrer Meinung nach, nach der Bearbeitung der Aufgaben verstanden?	Sehr gut – Kaum
17	Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie für die Webseite oder die Aufgaben?	Offen
18	Haben Sie noch Anmerkungen oder möchten Sie uns noch etwas mitteilen?	Offen

Tab. 3: Standardisierter Fragebogen für Lehrkräfte zur Befragung nach der Einheit

### 3.3 Stichprobe und Datenerhebung

Die Stichprobe umfasst zwei dritte Klassen (7. Schulstufe) einer Mittelschule (Sekundarstufe I) mit 20 Schüler\*innen in der einen und 11 Schüler\*innen in der anderen Klasse und deren Klassenlehrkräfte im Unterrichtsfach Mathematik. Die Teilnahme der beiden Lehrpersonen an der Evaluation erfolgte freiwillig und basierte auf ihrem Interesse an den Projektinhalten und der praktischen Erprobung der entwickelten Materialien.

Die Unterrichtseinheiten wurden von zwei projektbeteiligten Lehramtsstudierenden in Kooperation mit den jeweiligen Klassenlehrpersonen durchgeführt. In jeder Einheit übernahm jeweils eine Studierende die fachliche Führung im Unterricht, da sie die spezifischen Aufgaben entwickelt hatte, während die andere unterstützend in der Klasse tätig war. Die leitende Person führte die Einführung durch (vgl. Abschnitt 3.2) und beantwortete nach Bedarf inhaltliche oder technische Fragen von Schüler\*innen, die zweite unterstützte organisatorisch und inhaltlich. Die Schüler\*innen arbeiteten überwiegend selbstständig in Kleingruppen an den bereitgestellten Materialien. Die Projektmitarbeiter\*innen wurden im Rahmen der Planungsphase der Unterrichtseinheiten von der Projektleitung unterstützt.

Die beiden beteiligten Lehrkräfte wurden online mittels des Befragungstools *Microsoft Forms* vor (Tab. 2) und nach (Tab. 3) der jeweiligen Einheit befragt. Die Schüler\*innen haben den Fragebogen (Tab. 1) unmittelbar nach der jeweiligen Einheit ebenfalls online am eigenen Laptop ausgefüllt. Den Schüler\*innen wurde

hierfür ein Zeitfenster von 20 min gewährt. Für die meisten Fragen liegen Antworten von sämtlichen Schüler\*innen vor, bei fünf Fragen von 30 Schüler\*innen und bei der Frage 14 von 27 Schüler\*innen. Für die beiden Lehrkräfte liegen sowohl vom ersten als auch vom zweiten Erhebungszeitpunkt vollständige Datensätze vor.

### 3.4 Auswertungsverfahren

Die geschlossenen Fragen der Fragebögen wurden deskriptiv-statistisch ausgewertet. Offene Antworten wurden inhaltsanalytisch nach Kuckartz und Rädiker (2022) analysiert. Ziel dabei war es, ein umfassendes Bild der Wirksamkeit und Nutzbarkeit des Handlungsrahmens zu generieren.

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Kompetenzerfinden hinsichtlich des Umgangs mit dem *Rover* und dem Zurechtkommen mit der Webseite (F2) wurde mit einer Rangkorrelation (*Spearman's rho*) mit der Statistiksoftware *R*<sup>3</sup> mit dem Paket *stats* (Version 4.4.2) durchgeführt. Die Kennzahl wird dabei zudem auf den Wert Null bei einem Signifikanzniveau von  $p = 0,05$  getestet.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Erleben der Einheiten aus Sicht der Schüler\*innen (F4)

Zur Frage, wie den Schüler\*innen der Projekttag mit dem *Rover* gefallen hat, vergeben die Schüler\*innen im Durchschnitt 4,26 von fünf Sternen ( $s = 0,86$ ), wobei 14 bzw. 13 Schüler\*innen fünf

bzw. vier Sterne vergeben und keine einzige Person weniger als zwei Sterne.

Auf die Frage, was das Beste des Vormittags war, geben die meisten Schüler\*innen das Programmieren (6) gefolgt vom Experimentieren und Tüfteln, das Arbeiten mit dem *Rover* sowie die Arbeit in Teams mit jeweils vier Nennungen an. Auch vier Mal wird die Aufgabe zum Fahren mit dem *Rover* am Gang aus der Einheit „Ähnlichkeit“ (Thema 2) angeführt. Drei Schüler\*innen nehmen „alles“ als sehr gelungen wahr und zwei weitere die Möglichkeit, etwas selbst erfinden zu können bzw. die große Freiheit beim Arbeiten.

In Bezug auf die Frage, ob es etwas gibt, was gar nicht gefallen hat, geben sieben Schüler\*innen „Ja“ als Antwort an und von diesen lediglich zwei eine Erläuterung dazu. Eine Person gibt an, dass der *Rover* andauernd Fehler angezeigt hat, während eine weitere Person angibt, am Ende müde gewesen zu sein.

Beim Vergleich mit dem Regelunterricht geben 25 Schüler\*innen an, dass ihnen der Unterricht mit dem *Rover* besser gefallen hat während fünf Schüler\*innen angeben, dass dieser als gleich gut wahrgenommen wird. Keine Person nimmt den Unterricht mit dem *Rover* „schlechter“ als den Regelunterricht wahr. Eine Person macht hierzu keine Angabe. Ähnlich dazu geben 27 der befragten Schüler\*innen an, dass sie den *Rover* gerne öfter im Unterricht einsetzen würden, während vier Schüler\*innen hierzu mit „Nein“ antworten. Als Begründungen liegen lediglich einzelne Wahrnehmungen von Schüler\*innen vor, welche den *Rover* gerne öfter im

Unterricht einsetzen würden und zwar weil es Spaß macht bzw. sie den Unterricht damit als „cool“ wahrnehmen. Eine Person gibt an, weil es interessanter ist als „Buchstabenrechnen“ und eine weitere, weil es interessanter ist als der normale Unterricht.

Bei der Frage, was sie an diesem Vormittag gelernt haben, gehen einige Schüler\*innen auf ihr affektional-emotionales Erleben der Einheiten ein und zwar mit Assoziationen wie Spaß, spannend, cool, sehr gut oder den Wunsch nach einer Wiederholung einer derartigen Einheit. Sechs Schüler\*innen geben auch Attribute an wie „Nein“, „Nö“ oder „Ne“ an. Hinsichtlich der gelernten Inhalte geben fünf Schüler\*innen das Umgehen mit bzw. Steuern des *Rovers* und zwei Personen das Programmieren an. Drei Schüler\*innen nennen auch „Vieles“ bzw. „Alles“ während je eine Person auch „Nichts“ und „Ich weiß nicht“ bei dieser Frage angibt.

#### 4.2 Einschätzung der Schüler\*innen zu den eingesetzten Unterrichtsmedien und -unterlagen (F1-F3)

Auf die Frage hin, wie gut die Schüler\*innen mit der besagten Webseite zurechtgekommen sind, geben die Befragten im Schnitt 2,97 an. Das kommt der Kategorie „Gut – ich konnte mich grundsätzlich zurechtfinden“ sehr nahe. Mit 12 Nennungen wählten die meisten Schüler\*innen die Kategorie „Gut“, gefolgt von neun Nennungen der Kategorie „Sehr gut – die Webseite ist übersichtlich gestaltet“. Fast ebenso viele (8) gaben an, dass sie mit der Webseite nur mittelmäßig zurechtgekommen sind. Einer Person fiel es schwer, sich auf der Webseite zurechtzufinden.

Zur Frage, was an der Webseite besonders gut gefallen hat, gaben je zehn Schüler\*innen die Erklärungen und die Aufgabenstellungen sowie neun die Videos als besonders ansprechend an. Zwei Personen wählten die Option „gar nichts“ aus.

Vor dem Hintergrund der Vorkenntnisse zum Umgang mit einem derartigen Roboter bzw. zum Programmieren, wobei ca. ein Drittel der Schüler\*innen angibt bereits Erfahrungen dazu gesammelt zu haben und ca. zwei Drittel angeben, keine Vorerfahrungen zu besitzen, zeigen sich keine Unterschiede in der Einschätzung hinsichtlich des Zurechtkommens mit der Homepage. Sowohl diejenigen Schüler\*innen mit als jene ohne Vorerfahrungen geben im Durchschnitt ein gutes Zurechtkommen an.

Das zusätzlich zur Homepage mit den Videos und einführenden Aufgabestellungen ausgegebene Begleitheft wurde von zahlreichen Schüler\*innen als hilfreich wahrgenommen (12). Sieben geben an, dass es nicht hilfreich war. Sechs bzw. zwei weitere Schüler\*innen haben keinen Gebrauch davon gemacht. Eine Person gibt an, keine Notiz davon gemacht zu haben und die Antworten von zwei weiteren Schüler\*innen ist mit „Ja, Nein“ nicht eindeutig.

Im Durchschnitt sind die Schüler\*innen auch sehr gut bis gut mit der Bedienung des *Rovers* zurechtgekommen  $\bar{x} = 3,29$  auf einer vierstufigen Skala von 1 bis 4. Zwölf Schüler\*innen geben ein sehr gutes und 16 Schüler\*innen ein gutes Zurechtkommen mit der Bedienung des *Rovers* an. Lediglich drei Personen geben hier „schlecht“ an und keine einzige Person „sehr schlecht“.



Schüler\*innen ein „Ja“ und fünf Personen „teilweise“ bzw. „geht so“ und eine Person eindeutig ein „Nein“ an. Eine Person gibt dabei zusätzlich die Erläuterung „Sehr gut, sehr einfach zu verstehen“ an während zwei anführen, dass sie manchmal Hilfe gebraucht haben bzw. nachfragen mussten.

### 4.3 Erfahrungen und Einschätzungen der beteiligten Lehrkräfte zu den Unterrichtseinheiten (F5)

#### 4.3.1 Ergebnisse zur Befragung der Lehrkräfte vor der jeweiligen Einheit

Eine Lehrkraft (Lehrkraft 1) gibt an, dass sie bereits programmierbare Roboter im Unterricht verwendet hat. Dabei machten die Schüler\*innen erste Programmierversuche und erhielten eine direkte Rückmeldung vom Roboter, ob etwas funktioniert oder auch nicht. Mit dem Einsatz von Robotern verbindet die Lehrkraft die Vorstellung, dass diese über digitale Endgeräte bedient werden und dadurch unmittelbares Feedback ermöglichen. Ihre Erwartung an den Projekttag ist, dass die Schüler\*innen mit Anleitung Programme am *Rover* ausführen können und mathematische Aufgaben auf die Möglichkeiten des Fahrzeugs übertragen können, um Lösungen oder zumindest Lösungsansätze zu finden. Die Lehrkraft schätzt die Vertrautheit der Klasse mit den mathematischen Konzepten als „teilweise vertraut“ ein. Die bereitgestellte Webseite bewertet sie als „Gut“. Als besondere Herausforderung nennt sie das Arbeiten mit dem *Rover* und das Lösen einer mathematischen Aufgabe mit einem für den Unterricht untypischen Werkzeug.

Die zweite Lehrkraft (Lehrkraft 2) gibt an, dass sie bereits Erfahrungen mit programmierbaren Robotern gesammelt hat und nennt den *Microbit* als konkretes Beispiel. Mit dem Einsatz von Robotern verbindet sie die Vorstellung von Geräten, die sich bewegen und über Laptop oder andere digitale Endgeräte gesteuert werden. Ihre Erwartung an den Projekttag ist, dass die Schüler\*innen sich mit der Funktionsweise des Roboters auseinandersetzen und zu einem mathematischen Thema arbeiten. Zusätzlich soll das Interesse der Schüler\*innen für robotische Systeme geweckt werden. Die Lehrkraft schätzt die Vertrautheit der Klasse mit den mathematischen Konzepten als „teilweise vertraut“ ein. Die bereitgestellte Webseite bewertet sie als „Sehr gut“. Als besondere Herausforderung nennt sie das geringe mathematische Leistungsvermögen, die kurze Konzentrationsspanne sowie ein schwaches räumliches Vorstellungsvermögen der Schüler\*innen.

#### 4.3.2 Ergebnisse zur Befragung der Lehrkräfte nach der jeweiligen Einheit

Lehrkraft 1 gibt an, dass ihre Klasse zum Thema geometrische Figuren gearbeitet hat. Den Gesamteindruck des Unterrichtsvormittags mit dem *Rover* bewertet sie mit „4“ von „5“. Besonders gut gefallen hat ihr die Aktivität der Schüler\*innen und deren Eigenständigkeit. Ihre Erwartungen an den Projekttag sieht sie als erfüllt an. Die Motivation der Schüler\*innen durch das Thema Programmierung mit dem *Rover* schätzt sie als „teilweise“ gefördert ein. Den Einsatz des *Rovers* bewertet sie als angemessen für das Alter und die Niveaustufe der Schüler\*innen. Die Aufgaben waren ihrer Meinung nach klar und verständlich, der Schwierigkeitsgrad

„genau richtig“. Den *Rover* beurteilt sie als hilfreich für die Vermittlung der Inhalte und sieht einen inhaltlichen Mehrwert, da die Arbeit anschaulich ist. Sie könnte sich vorstellen, den *Rover* im eigenen Unterricht zu verwenden, weist jedoch darauf hin, dass dies voraussetzt, dass die Lehrperson sehr gut mit dem *Rover* umgehen kann und entsprechendes Material zur Verfügung steht. Die Materialien der Webseite bewertet sie als „sehr gut“, würde sie „vielleicht“ wieder einsetzen. Die Konzepte der geometrischen Figuren wurden ihrer Einschätzung nach „gut“ verstanden. Verbesserungsvorschläge oder zusätzliche Anmerkungen macht sie nicht.

Lehrkraft 2 gibt an, dass ihre Klasse zum Thema Ähnlichkeit gearbeitet hat. Den Gesamteindruck des Unterrichtsvormittags mit dem *Rover* bewertet sie mit „5“ (höchste Bewertung). Besonders gut gefallen haben ihr das freie Arbeiten der Schüler\*innen, der Einblick in die Arbeit mit Robotern sowie das „Denken out of the box“. Ihre Erwartungen an den Projekttag sieht sie als erfüllt an. Als weniger gelungen nennt sie, dass der freie Arbeitsteil früher hätte stattfinden sollen und die Schüler\*innen mehr selbst hätten ausprobieren können; zudem sei die Konzentration bei der langen Arbeitszeit schwierig gewesen. Die Lehrkraft schätzt die Motivation der Schüler\*innen durch das Thema Programmierung mit dem *Rover* als „teilweise“ gefördert ein und hebt hervor, dass die Motivation höher war, da etwas zum Anfassen und Ausprobieren vorhanden war. Sie sieht einen Unterschied zum traditionellen Arbeiten darin, dass mit dem *Rover* mehr praktisches Ausprobieren

möglich ist. Den Einsatz des *Rovers* bewertet sie als angemessen für das Alter und die Niveaustufe der Schüler\*innen. Die Aufgaben waren ihrer Meinung nach klar und verständlich, der Schwierigkeitsgrad „genau richtig“. Den *Rover* beurteilt sie als hilfreich für die Vermittlung der Inhalte und sieht einen inhaltlichen Mehrwert, da das selbstständige Ausprobieren anschaulich ist. Sie könnte sich vorstellen, den *Rover* auch ohne externe Personen im eigenen Unterricht einzusetzen. Die Materialien der Webseite bewertet sie als „gut“ und würde sie wieder im Unterricht verwenden. Die Schüler\*innen haben die Konzepte der Ähnlichkeit nach ihrer Einschätzung „gut“ verstanden. Außer der bereits angeführten Kritik zum Zeitpunkt der freien Arbeitsphasen macht sie keine weiteren Verbesserungsvorschläge.

## 5. Interpretation und Diskussion

### 5.1 Beurteilung der Projektwebseite und Unterrichtsmaterialien durch die Schüler\*innen (F1)

Die Ergebnisse zur Bewertung der Projektwebseite durch die Schüler\*innen (vgl. Abschnitt 4.2) lässt auf eine hohe funktionale Zugänglichkeit der Webseite schließen. Studien zur Medienakzeptanz betonen, dass positive Usability-Erfahrungen einen signifikanten Einfluss auf die Lernmotivation und das Durchhaltevermögen in digitalen Lernszenarien haben (Karapanos et al., 2018; Müller-Radtke, 2016). Das von einer Lehrkraft wahrgenommene Nachlassen der Konzentration der Schüler\*innen bei längeren Arbeitsphasen (vgl. Abschnitt 4.3.2) ist vermutlich kein spezifischer

Effekt der präsentierten Lernumgebung, sondern vielmehr als ein allgemein bekanntes Phänomen bei ausgedehnten Unterrichtsaktivitäten zu erachten.

Die Einschätzung der Schüler\*innen zum Inhalt und der Zugänglichkeit der Inhalte auf der Webseite (vgl. Abschnitt 4.2) ergibt ein Bild breit genutzter, strukturierter Inhalte, die unterschiedlichen Lernpräferenzen gerecht wurden. Die Erkenntnisse aus der Forschung bestätigen, dass multimodale Lernumgebungen kognitive Prozesse besser unterstützen können als monomodale (Mayer, 2021), wobei anzumerken ist, dass einzelne Elemente wie Erklärungstexte weiterhin monomodale Charakteristika aufweisen.

Die Nutzung des Begleithefts (vgl. Abschnitt 4.2) fällt geringer aus als jene der anderen bereitgestellten Materialien. Während für manche Lernenden das zusätzliche Heft eine hilfreiche Unterstützung darstellt, wurde es von anderen nur wenig bis kaum genutzt oder als wenig hilfreich empfunden. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Schüler\*innen die zur Verfügung gestellten Materialien unterschiedlich in ihren Arbeitsprozess integriert haben. Unterstützende Materialien wie beispielsweise auch solche Begleithefte sind dann wirksam, wenn sie sinnvoll in den Unterricht eingebunden werden und auch deren Nutzung aktiv angeleitet wird (Kerres, 2018). Die geringere Nutzung könnte daher darauf hinweisen, dass das Begleitheft methodisch nicht ausreichend in die Unterrichtseinheit eingebunden wurde oder durch seine Gestaltung nicht für alle Schüler\*innen gleichermaßen zugänglich war. Im Falle einer erneuten Durchführung wäre es daher wichtig,

das Heft methodisch besser einzubinden und die Handhabung dieses Heftes mit den Lernenden genauer zu besprechen, um den Mehrwert für die Lernenden zu erhöhen.

## 5.2 Unterrichtsmaterialien und Kompetenzerpfinden mit der Bedienung des Roboters (F2)

Die Einschätzungen der Lernenden zeigen ein insgesamt hohes Kompetenzerpfinden im Umgang mit dem Roboter (vgl. Abschnitt 4.2). Ein auffälliger Befund ist der starke Zusammenhang zwischen der Bewertung der Webseite und der *Rover*-Bedienung: Der Spearman-Korrelationskoeffizient beträgt  $\rho = 0,83$ , was auf einen engen positiven Zusammenhang hindeutet. Je besser die Schüler\*innen mit der Webseite zurechtkamen, desto sicherer fühlten sie sich bei der Bedienung des *Rovers*. Dieser starke Zusammenhang weist darauf hin, dass die digitale Materialstruktur auf der Webseite eine unterstützende Funktion für die technische Handhabung des Roboters übernommen hat.

## 5.3 Unterrichtsmaterialien und Vorerfahrungen zu Robotern und Programmierung (F3)

Etwa ein Drittel der Schüler\*innen gab an, Vorerfahrung im Umgang mit Robotern oder Programmierung zu haben; zwei Drittel hatten keine. Dennoch zeigen sich keine nennenswerten Unterschiede in der Bewertung der Webseite oder im Umgang mit dem *Rover*. Sowohl Anfänger\*innen als auch Fortgeschrittene schätzten die Materialien als gut verständlich ein. Dies lässt auf eine ge-

lungene Adaptivität und Zugänglichkeit der Materialien für heterogene Lernvoraussetzungen schließen.

#### 5.4 Einheiten im Vergleich zum Regelunterricht und Lernen der Schüler\*innen (F5)

Auf die Frage, ob ihnen der Unterricht mit dem *Rover* besser gefiel als reguläre Mathematikstunden, antworteten 25 Schüler\*innen mit „besser“, fünf mit „gleich gut“, niemand mit „schlechter“. Eine Person machte keine Angabe. Damit zeigt sich eine deutliche positive Gesamtwahrnehmung der Lerneinheit im Vergleich zum üblichen Fachunterricht. Aufgrund der großteils nicht vorhandenen Vorerfahrungen der beteiligten Schüler\*innen zur Programmierung von Robotern oder zum Programmieren allgemein (vgl. Abschnitt 4.2), müssen in diesem Kontext zumindest in einem gewissen Ausmaß sogenannte „novelty effects“ (Walker et al., 2016) in Betracht gezogen werden.

In Bezug auf die Frage nach dem Gelernten nannten die Schüler\*innen sowohl kognitive Aspekte (z. B. „Programmieren“, „Steuern des *Rovers*“) als auch affektive Einschätzungen (z. B. „cool“, „spannend“, „Spaß“, „interessant“). Drei Schüler\*innen gaben „alles“ als Lernerfolg an, während jeweils eine Person „nichts“ bzw. „weiß nicht“ angab. Sechs Schüler\*innen machten keine kognitiv orientierten Angaben (z. B. „nein“, „nö“). Dies zeigt, dass emotionale Aspekte im Erleben des Projekttages deutlich präsent waren, während die fachliche Reflexion bei einigen Lernenden nicht explizit aktiviert wurde. Davis und Class (2023) betonen, dass bei Interaktionen mit Robotern neben kognitiven auch sozi-

al-emotionale Prozesse eine Rolle spielen können. Zwar bezieht sich dieser Befund primär auf Roboter mit komplexem Verhalten, dennoch kann die physische Präsenz und Beweglichkeit des *Rovers* zur emotionalen Einbindung beitragen.

## 5.5 Qualität und Praxistransfer der Unterrichtsmaterialien für eigenen Unterricht (F6)

Beide Lehrkräfte vergaben vier bzw. fünf Sterne für die Unterrichtseinheiten. Sie betonten die Eigenständigkeit und das freie Denken der Schüler\*innen sowie die funktionale Unterstützung durch die Materialien. Als Verbesserungsvorschlag wurde angemerkt, dass der freie Teil früher hätte beginnen sollen und dass längere Arbeitsphasen zu Konzentrationsverlust geführt haben.

Beide Lehrkräfte trauen sich den zukünftigen Einsatz des *Rovers* auch ohne externe Unterstützung zu – unter der Bedingung ausreichender eigener Vertrautheit mit dem Gerät. Die Webseite wird von beiden als „gut“ bzw. „sehr gut“ für den Unterrichtseinsatz eingestuft. Eine Lehrkraft würde sie direkt einsetzen, die andere zeigt sich unter bestimmten Bedingungen (z. B. Einarbeitung, Materialverfügbarkeit) offen dafür. Nachdem sich die beiden Lehrkräfte aus eigenem Interesse an diesem Projekt beteiligt haben, ist diese eher positive Einschätzung auch zu erwarten. Reich-Stiebert und Eyssel (2016) hingegen beschreiben, dass Lehrpersonen generell Robotern eher negativ gegenüberstehen, die Einsatzbereitschaft in MINT-Fächern allerdings höher ist. Lehrkräfte mit einem höheren Technologiebewusstsein stehen dem Einsatz offener gegenüber, ein Einsatz folgt eher, wenn diese leicht handhab-

bar sind sowie das Lernen fördern, ohne den Unterricht zu stören und die Schüler\*innen motivieren (Reich-Stiebert & Eyszel, 2016).

## 6. Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die entwickelten Unterrichtsmaterialien und die begleitende Projektwebseite von den beteiligten Schüler\*innen insgesamt positiv bewertet wurden. Die hohe funktionale Zugänglichkeit der Webseite, die multimodale Aufbereitung der Inhalte sowie das differenzierte Materialangebot unterstützten verschiedene Lernpräferenzen und führten zu einer intensiven Nutzung. Die weitgehend positive Bewertung der Bedienbarkeit des *Rovers* und der enge Zusammenhang zur Bewertung der Webseite deuten auf eine gelungene Verzahnung technischer und didaktischer Komponenten hin. Hervorzuheben ist die hohe Akzeptanz des robotergestützten Unterrichts im Vergleich zum Regelunterricht, was bis zu einem gewissen Ausmaß auf mögliche affektive als auch kognitive Lerngewinne hinweist. Die Untersuchung bestätigt darüber hinaus die Anschlussfähigkeit der Materialien an heterogene Vorerfahrungen – insbesondere im Hinblick auf technologische Kompetenzen. Die geringe Bedeutung des Ausmaßes der Vorerfahrung für den erfolgreichen Umgang mit den eingesetzten Medien spricht für eine hohe Adaptivität der Materialien. Für die Praxis lässt sich ableiten, dass der Erfolg solcher Lerneinheiten nicht allein in der Bereitstellung digitaler oder robotischer Komponenten liegt, sondern maßgeblich von deren methodischer Einbettung abhängt. Die geringere

Nutzung des Begleithefts verdeutlicht, dass unterstützendes Material nur dann wirksam ist, wenn es didaktisch sinnvoll eingebunden und seine Nutzung aktiv angeleitet wird.

Die vorliegende Untersuchung weist mehrere Limitationen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Erstens ist die Stichprobe mit nur zwei Klassen und insgesamt 31 Schüler\*innen sowie zwei Lehrkräften klein und nicht repräsentativ, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Gleichwohl erlaubt die klare Kontextualisierung der Untersuchung im schulischen Alltag – eine Pilotierung in zwei dritten Klassen einer Mittelschule (Sekundarstufe I) mit projektbeteiligten Lehramtsstudierenden und dem Einsatz von programmierbaren Robotern – eine dichte Beschreibung konkreter Lern- und Unterrichtsprozesse, was im Sinne eines explorativen Designs durchaus als Stärke zu werten ist. Zweitens fand die Datenerhebung in einem sehr kompakten zeitlichen Rahmen statt, was Aussagen über längerfristige Wirkungen des didaktischen Konzepts nur eingeschränkt zulässt – Stichwort Neuheitseffekte. Dennoch bietet die unmittelbare Rückmeldung der Lernenden und Lehrkräfte wertvolle Hinweise auf die Akzeptanz und die kurzfristige Wirksamkeit der Intervention. Drittens ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz digitaler Werkzeuge – insbesondere der programmierbaren Roboter – für viele Lernende eine neuartige Erfahrung darstellte, was sowohl motivationssteigernd als auch überfordernd wirken kann. Die Erhebung berücksichtigt diese Ambivalenz durch gezielte Fra-

gen zu Bedienung, Verständnis und Motivation, sodass differenzierte Rückschlüsse möglich sind.

Insgesamt stellt die Studie einen fundierten ersten Schritt zur Evaluation des entwickelten Handlungsrahmens dar. Die aufgezeigten Limitationen relativieren die Aussagekraft der Ergebnisse, weisen aber zugleich auf sinnvolle Anschlussmöglichkeiten für weiterführende Forschung hin. Zukünftige Projekte sollten zudem darauf abzielen, die methodische Integration analoger und digitaler Materialien zu optimieren sowie Lehrkräfte gezielter in die Anwendung und Adaption der Materialien einzubinden. Weiterführende Studien könnten untersuchen, inwiefern die Interaktion mit Bildungsrobotern langfristig zur Förderung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen beiträgt. Darüber hinaus wäre zu analysieren, welche spezifischen robotergestützten Unterrichtsdesigns besonders geeignet sind, um sowohl kognitive als auch sozial-emotionale Lernprozesse nachhaltig zu fördern.

---

## Anmerkungen

- 1 <https://www.inter-di-ko.net/rover/>
- 2 <https://www.inter-di-ko.net/rover/> (CC BY-NC)
- 3 <https://www.r-project.org>

---

## Literatur

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63–71.

BMBWF. (2024). *Grundsatz erlass Medienbildung, Aktualisierung, Information der Schulen: Geschäftszahl 2022-318.453* [Rundschreiben Nr. 12/2022]. [https://rundschreiben.bmbwf.gv.at/media/2022\\_12.pdf](https://rundschreiben.bmbwf.gv.at/media/2022_12.pdf)

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*. Paper presented at annual American Educational Research Association meeting, Vancouver, BC, Canada.

Brinda, T., Brüggem, N., Diethelm, I., Knaus, T., Kommer, S., Kopf, C., Missomelius, P., Leschke, R., Tilemann, F., & Weich, A. (2019). *Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digitalen Welt: Ein interdisziplinäres Modell*. <https://dagstuhl.gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/Frankfurt-Dreieck-zur-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf>

Chahine, I. C., Robinson, N., & Mansion, K. (2020). Using robots and engineering design inquiries to optimize mathematical learning for middle level teachers: A case study. *Journal on Mathematics Education*, 11(2), 319–332.

Chevalier, M., Giang, C., El-Hamamsy, L., Bonnet, E., Papaspyros, V., Pellet, J.-P., Audrin, C., Romero, M., Baumberger, B., & Mondada, F. (2022). The role of feedback and guidance as intervention methods to foster computational thinking in educational robotics learning activities for primary school. *Computers & Education*, 180, 104431.

Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A., & Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: A model for creative computational problem solving. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1–18.

Darmawansah, D., Hwang, G.-J., Chen, M.-R. A., & Liang, J.-C. (2023). Trends and research foci of robotics-based STEM education: A systematic review from diverse angles based on the technology-based learning model. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 1–24.

Davis, P. M., & Class, M. (2023). Educational robots for social and emotional learning. *AI, Computer Science and Robotics Technology*, 2(1), 1–10.

Feurzeig, W., & Papert, S. A. (2011). Programming languages as a conceptual framework for teaching mathematics. *Interactive Learning Environments*, 19(5), 487–501. (Reprint mit einem Vorwort von Bob Lawler)

Futschek, G. (2006). Algorithmic thinking: The key for understanding computer science. In R. T. Mittermeir (Hrsg.), *Informatics education – the bridge between using and understanding computers: International Conference on Informatics in Secondary Schools – Evolution and Perspectives, ISSEP 2006, Vilnius, Lithuania, November 7–11, 2006; proceedings* (S. 159–168). Springer.

Himawan, S. B., Budiyo, C. W., & Budianto, A. (2024). Technology self-efficacy in robotic-based integrated STEM learning: A systematic review. In A. Kusumastuti (Hrsg.), *Advances in Social Science, Education and Humanities Research Series. Proceedings of the 6th Vocational Education International Conference (VEIC 2024)* (S. 135–141). Atlantis Press.

Irion, T., & Scheiter, K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. Der Einsatz digitaler Technologien aus grundschul- und mediendidaktischer Sicht. *Grundschule aktuell: Zeitschrift des Grundschulverbandes*, (142), 8-11.

Ulucan, J., & Yilmaz, B. (2024). Effects of coding and robotics activities on computational thinking and problem-solving skills: A meta-analysis study. *Journal of Computer Education*, 3(1), 64–87.

Karapanos, M., Becker, C., & Christophel, E. (2018). Die Bedeutung der Usability für das Lernen mit digitalen Medien. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 36–57.

Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote* (5. Aufl.). De Gruyter.

Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). Grundlagentexte Methoden. Beltz Juventa.

Lu, C.M., Kang, S., Huang, S.C. & Black, J.B. (2011). Building Student Understanding and Interest in Science through Embodied Experiences with LEGO Robotics. In T. Bastiaens & M. Ebner (Hrsg.), *Proceedings of ED-MEDIA 2011-World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (S. 2225-2232). Lisbon, Portugal: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3. Aufl.). University Press.

Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3. Aufl.). Cambridge University Press.

Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. A., & Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning*, 1(1), 1-7.

Müller-Radtke, J. (2016). *Emotionale Gestaltung multimedialer Lernumgebungen: Der Einfluss visueller Ästhetik und Usability auf affektives Erleben, Motivation und Lernerfolg* [Dissertation]. Universität Erfurt, Erfurt.

Ouyang, F., & Xu, W. (2024). The effects of educational robotics in STEM education: A multilevel meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11(1).

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. Basic Books.

Plangg, S. (2025). Interdisziplinärer Mathematikunterricht mit programmierbaren Robotern. In F. Nagele, U. Greiner, M. Ivanova, & E. Windischbauer (Hrsg.), *Salzburger Bildungslabore. Salzburger Bildungslabore: Konzepte und Innovationen an der Schnittstelle Lehrer:innenbildung und Praxisfeld Schule* (S. 231–241). Verlag Julius Klinkhardt.

Projektteam INTER-DI-KO. (2025). *Unterrichtskonstellationen vor dem Anspruch von Digitalisierung & Medienbildung: Digitale Ideen, die Unterricht spannend(er) machen – Projektdokumentation*. Paris Lodron Universität Salzburg. Einleitung und Projektvorstellung (S. 4–6). <https://www.inter-di-ko.net>

Reich-Stiebert, N., & Eyssel, F. (2016). Robots in the classroom: What teachers think about teaching and learning with education robots. In A. Agah, J.-J. Cabibihan, A. M. Howard, M. A. Salichs, & H. He (Hrsg.), *Lecture notes in computer science / Lecture notes in artificial intelligence: Bd. 9979. Social robotics: 8th international conference, ICSR2016, Kansas City, MO, USA, November 1–3, 2016: proceedings* (S. 671–680). Springer.

Ropohl, M., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A., & Schwanewedel, J. (2018). Planungsbereiche für Medieneinsatz im Fachunterricht. *MNU Journal*, 71(3), 148–155.

Scheiter, K. (2021). Lernen und Lehren mit digitalen Medien: Eine Standortbestimmung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(5), 1039–1060.

Schubert, S., & Schwill, A. (2011). *Didaktik der Informatik* (2. Aufl.). Spektrum.

Shankar, R. T., Ploger, D., Nemeth, A., & Hecht, S. A. (2013). Robotics: Enhancing pre-college mathematics learning with real-world examples. *120th ASEE Annual Conference & Exposition*.

Socratous, C. & Ioannou, A. (2019). An Empirical Study of Educational Robotics as Tools for Group Metacognition and Collaborative Knowledge Construction. In Lund, K., Niccolai, G. P., Lavoué, E., Hmelo-Silver, C., Gweon, G., & Baker, M. (Hrsg.), *A Wide Lens: Combining Embodied, Enactive, Extended, and Embedded Learning in Collaborative Settings*, 13th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) 2019 (Band 1, S. 192–199). International Society of the Learning Sciences.

Stephens, M., & Kadjevich, D. M. (2019). Computational/algorithmic thinking. In S. Lerman (Hrsg.), *Springer eBook Collection. Encyclopedia of Mathematics Education* (S. 1–6). Springer.

Universität Wien, & Forschungs-, Wissenschafts-, Innovations- und Technologieentwicklungsrat. (2024). *Zukunft der Bildung im Kontext von Digitalisierung und Chancengerechtigkeit*. Universität Wien. <https://irihs.ihs.ac.at/id/eprint/6944/1/universitaet-wien-fwit-2024-zukunft-bildung-kontext-digitalisierung-chancengerechtigkeit.pdf>

Walker, E., Giroto, V., Kim, Y., & Muldner, K. (2016). The effects of physical form and embodied action in a teachable robot for geometry learning. In *2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (S. 381–385).

Wei, C.-W., Hung, I.-C., Lee, L., & Chen, N.-S. (2011). A joyful classroom learning system with robot learning companion for children to learn mathematics multiplication. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(2), 11–23.

Williams, K., Igel, I., Poveda, R., Kapila, V., & Iskander, M. (2012). Enriching K–12 science and mathematics education using LEGOs. *Advances in Engineering Education*, 3(2).

Wing, J. M. (2010). *Computational thinking: What and why?* <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>

Wittmann, E. Ch. (1981). *Grundfragen des Mathematikunterrichts* (6. Aufl.). Vieweg.

Zhong, B., & Xia, L. (2018). A systematic review on exploring the potential of educational robotics in mathematics education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79–101.