

Lernen mathematischer Ideen mit programmierbaren Robotern aus der Perspektive der Lernenden

Ergebnisse einer qualitativen Studie zu einer Unterrichtsreihe in einer Schulklasse der Praxismittelschule der Pädagogischen Hochschule Salzburg

Simon Plangg

Der Einsatz von programmierbaren Robotern bietet die Möglichkeit für die Gestaltung eines motivierenden und sinnstiftenden Mathematikunterrichts, der mit den grundlegenden Konzepten der Informatik verknüpft ist. Die Erfahrungen, welche die Lernenden in einem Mathematikunterricht unter Verwendung derartiger Werkzeuge machen, steht im Mittelpunkt dieses Beitrags. Hierfür wurde eine Unterrichtsreihe zu unterschiedlichen mathematischen Themen in einer Klasse der Praxismittelschule der Pädagogischen Hochschule Salzburg erprobt. Daten wurden mit einem schriftlichen Rückmeldebogen erhoben und anschließend mittels thematischer Analyse qualitativ analysiert. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass ein derartiger Unterricht aus der Perspektive der Lernenden grundsätzlich als attraktiv eingestuft werden kann. Hierfür zuträgliche Aspekte sind aus der Sicht der Lernenden insbesondere das eigenständige Arbeiten mit einem Roboter, das Programmieren, eine problemorientierte Herangehensweise, die ein Arbeiten auf unterschiedlichem Anforderungsniveau ermöglicht, flexible Unterstützungsmaßnahmen, ein gewisses Ausmaß an Selbstbestimmung, die Zusammenarbeit in Kleingruppen, Aufgaben die einen „Spiel-Charakter“ aufweisen wie auch eine adäquate Gestaltung der Arbeitsbedingungen.

Schlagwörter: Einsatz von Robotern, Programmieren, Mathematikunterricht

Einleitung, Fragestellung und Hintergrund

Innovation und technologische Entwicklung treiben einen raschen digitalen Wandel voran und verändern Gesellschaft und Arbeitsmarkt sowie die Anforderungen an eine vollständige Teilhabe in diesen Bereichen (Europäische Kommission, 2020). Demnach sollte im Bildungssystem ein besonderer Fokus auf den Erwerb von Wissen und die Entwicklung von Fähigkeiten und Fertig-

keiten in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik gelegt werden (Europäische Union, 2018). Dabei ist es wichtig, die Verbindungen zwischen den genannten Fächern zu berücksichtigen und den Lernenden zu ermöglichen, Erfahrungen im Bereich der künstlichen Intelligenz oder im Umgang mit Robotern zu sammeln (Europäische Union, 2019). Die Informatik und ihre Konzepte spielen dabei eine wichtige Rolle. Seit geraumer Zeit haben bildungspolitische Initiativen, die informatiknahe Konzepte wie „Computational Thinking“ (Wing, 2006) in das Bildungssystem integrieren, deutlich an Relevanz gewonnen und in vielen Ländern zu Lehrplanreformen geführt (Hsu et al., 2019). Auf der Ebene des österreichischen Schulsystems spiegelt sich diese Entwicklung im Bereich der Sekundarstufe im Lehrplan des Pflichtgegenstandes "Digitale Grundbildung" wider. Im Rahmen des Kompetenzbereichs „Produktion“ geht es unter anderem auch darum, Algorithmen zu entwerfen und zu programmieren (BMBWF, 2023b). Im Bereich der Primarstufe wird dieser Bereich in den Lehrplan zum Sachunterricht im „Technischen Kompetenzbereich“ zumindest in Ansätzen verankert (BMBWF, 2023a). Gleichzeitig wird der Einsatz von Robotern für unterrichtliche Zwecke – im englischen Sprachgebrauch „Educational robotics“ (ER) – zusehends als innovativer Ansatz gesehen, der das Lernen verändern und in vielfältigen Kontexten unterstützen kann (Atman Uslu et al., 2022). Es besteht die begründete Aussicht, dass die Integration von Robotern in den Unterricht einen fruchtbaren fächerübergreifenden pädagogischen Ansatz für die MINT-Bildung darstellt (McDonald, 2016). Interessen und Einstellungen für diese Fächer können damit maßgeblich verbessert werden (Burack et al., 2019; Chang & Chen, 2020). Zudem zeigt sich, dass gerade auch bei jüngeren Lernenden mit diesen Werkzeugen das mathematische und naturwissenschaftliche Verständnis (Sáez-López et al., 2019) sowie die Fähigkeiten zur Problemlösung verbessert wer-

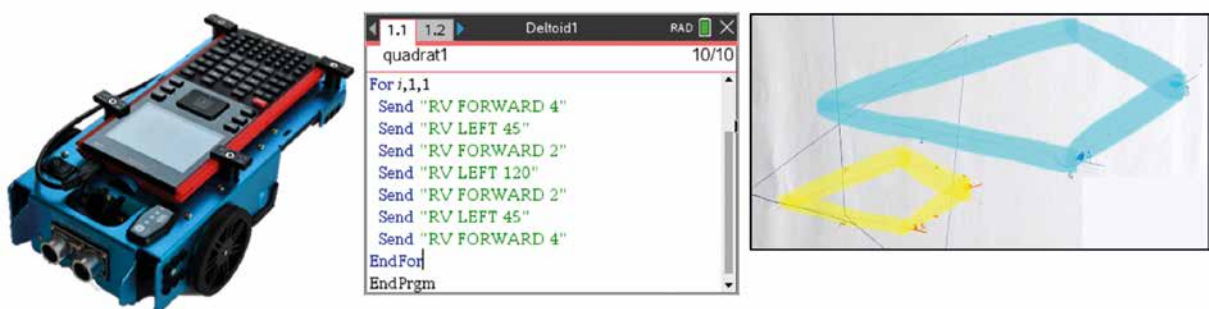
Plangg, S. (2023). Lernen mathematischer Ideen mit programmierbaren Robotern aus der Perspektive der Lernenden. Ergebnisse einer qualitativen Studie zu einer Unterrichtsreihe in einer Schulklasse der Praxismittelschule der Pädagogischen Hochschule Salzburg. F&E Edition, 29, 28-43.

den kann (Cherniak et al., 2019). Problematisch erscheint jedoch, dass die Mathematik als MINT-Disziplin, welche die grundlegende Bedeutung der Mathematik anerkennt, in solchen Studien dennoch deutlich unterrepräsentiert ist (Martín-Páez et al., 2019). Unter dem Titel "The M in STEM what is it really?" weist Lance Coad (2016) auf die folgenden Gefahren in diesem Zusammenhang hin: Mathematik könnte in MINT-Aktivitäten zu einem Werkzeug der Datendarstellung degradiert werden oder so in MINT-Aktivitäten integriert werden, dass weder ein Verständnis noch eine Anwendung von Mathematik erwartet wird. Eine solche Rolle der Mathematik ist eindeutig weder zielführend noch wünschenswert. Der in der hier vorgestellten Unterrichtsreihe verfolgte Ansatz trägt dieser Entwicklung Rechnung und versucht, ausgehend von einem mathematischen Thema eine Brücke zur Informatik zu schlagen. Das übergeordnete Ziel dabei ist es, das Potential von programmierbaren Robotern für den Mathematikunterricht zu untersuchen. Das geförderte Bildungslaborprojekt „Lernen mathematischer Ideen mit expressiven digitalen Medien“¹ sowie weitere zugeordnete Forschungs- und Kooperationsprojekte an der pädagogischen Hochschule Salzburg² stellen den Rahmen für die Arbeit mit diesen Werkzeugen an Schulen dar. In diesem Beitrag geht es um die Perspektive der beteiligten Lernenden, ganz konkret um die Frage: Welche Erfahrungen machen Lernende mit einem programmierbaren Roboter in einem entdeckend-problemorientierten Mathematikunterricht? Für diesen Zweck wurden Unterrichtseinheiten zu bestimmten auch im Mathematiklehrplan verankerten Themen entwickelt und sodann in einer

Schulklasse der Praxismittelschule der Pädagogischen Hochschule Salzburg erprobt. Beim eingesetzten Roboter handelt es sich um den TI Innovator Rover (Abbildung 1, links), einen mobilen programmierbaren Roboter, der über einen Programmierer auf dem angeschlossenen Handheld gesteuert wird. Über ein komfortables Menü können Kontrollstrukturen wie Schleifen oder Fahrbefehle wie Vorwärts- oder Drehbefehle (Abbildung 1, mittig) eingefügt werden.

Das gezeigte Programm ist in der Programmiersprache TI-Basic implementiert, wobei mittlerweile Python verfügbar ist und für sämtliche fortgesetzte Projekte eingesetzt wird. Es zeigt die Realisierung zur näherungsweise Konstruktion eines Deltoids durch eine Gruppe von Schüler*innen im Rahmen der 3. Einheit der Unterrichtsreihe. Die entsprechende Konstruktion ist in Abbildung 1 (rechts) zu sehen (Hervorhebung durch den Autor). Das Ziel bei dieser Aufgabe ist es, eine selbst gewählte ebene geometrische Figur mit Hilfe des Rovers zu zeichnen und dann diese in einem ebenfalls selbst gewählten Verhältnis zu verkleinern (siehe Abschnitt Unterrichtsaktivitäten). Die dargestellte Bearbeitung zeigt, dass die Schülerinnen, obwohl die Drehwinkelmaße aus mathematischer Sicht nicht völlig korrekt sind, zu einer akzeptablen Konstruktion führen und die Lernenden sehr wohl erkannt haben, dass die Seitenlängen im gewählten Verhältnis 1:2 zu verkleinern, die Drehwinkelmaße hingegen beizubehalten sind.

Für eine detaillierte Darstellung der theoretischen Hintergründe sei an dieser Stelle aus Platzgrün-



Abbildungen 1: TI Innovator Rover (links), ein Programmausschnitt für die näherungsweise Konstruktion eines Deltoids (mittig), Detailausschnitt des aufgezeichneten Weges des Rovers nach Hervorhebung durch den Autor (rechts)

den auf die Ausführungen in Plangg und Fuchs (2022) verwiesen. Lernen wird im Rahmen dieses Beitrags im Sinne des Konstruktivismus als ein aktiver, kumulativer und sozial vermittelter Konstruktionsprozess verstanden, im Zuge dessen die Lernenden aufbauend auf ihren Vorkenntnissen neue Begriffe konstruieren und ausdifferenzieren (Baumert & Köller, 2000). Daran knüpft auch der von Seymour Papert begründete Konstruktivismus an (Papert, 1980), welcher insbesondere durch die Aspekte Realitätsbezug und Personalisierung, Einsatz von expressiven digitalen Medien, Modellbilden, Abstraktion sowie Reflexion und Kollaboration charakterisiert werden kann (Brennan, 2015; Noss & Clayson, 2015). Die Schüler*innen bearbeiten in den hier diskutierten Einheiten die gegebenen Problemstellungen dieser Auffassung entsprechend eigenständig im eigenen Tempo, in Kleingruppen und unter Zuhilfenahme eines programmierbaren Roboters.

Methoden

Teilnehmer*innen und Sampling

Im Rahmen dieser Studie fand eine Unterrichtsreihe bestehend aus vier Einheiten im Zeitraum von 2020 bis 2021 an der Praxismittelschule der Pädagogischen Hochschule Salzburg statt. Eine einzelne Klasse bestehend aus 24 bzw. 25 Schüler*innen (12 bzw. 13 weiblich, 12 männlich) nahm an diesen Einheiten teil. Zum Zeitpunkt der 1. Einheit waren die Schüler*innen 11-12 Jahre alt und befanden sich in der 6. Schulstufe, bei der letzten Einheit hingegen in der 8. Schulstufe.

Im Laufe dieser Zeit schied ein Schüler aus und ein Schüler wie auch eine Schülerin kamen neu dazu. Die Klasse wurde von der unterrichtenden Lehrkraft in Mathematik im Vergleich zu den anderen Klassen an der Schule als durchschnittlich leistungsfähig eingestuft und kann aufgrund der Schulform und der städtischen Lage als nicht überdurchschnittlich in Hinblick auf das Bildungssystem in Österreich eingeschätzt werden. Bei der Klasse handelt es sich um eine bereits bestehende Lerneinheit an der Schule, die aufgrund des Interesses der Lehrkraft für eine solche Intervention ausgewählt wurde. Die Schüler*innen hatten zum Zeitpunkt der 1. Einheit keine Erfahrung mit Robotern und Programmierung.

Unterrichtsaktivitäten

Zur Untersuchung der von den Lernenden gemachten Erfahrungen wurden Materialien für mehrere lehrplanmäßigen Themen entwickelt (Tab. 1).

Jede Einheit weist eine Dauer von einem Halbtage auf, wobei für die Einheiten 1, 3 und 4 die Schüler*innen auf zwei bzw. drei Halbtage aufgeteilt wurden und in den Räumlichkeiten der besagten Schule stattfanden. Die 2. Einheit wurde an der Pädagogischen Hochschule Salzburg abgehalten und fand mit der gesamten Klasse an einem Halbtage statt. In Summe arbeitete somit jede Schülerin und jeder Schüler vier Halbtage mit dem Rover. Eine weitere Einheit in dieser Klasse, die im April 2022 stattfand konnte bei dieser Analyse nicht mitberücksichtigt werden, da keine entsprechende Datenerhebung mittels

Tabelle 1: Bezeichnung und Thema der abgehaltenen Einheiten sowie Zeitpunkt und Ort der Abhaltung

Einheit	Thema	Zeitpunkt	Ort
1	Ebene geometrische Figuren	Februar 2020	Praxismittelschule
2	Kongruenzsätze im Dreieck	März 2020	PH Salzburg
3	Ähnlichkeit	Juni 2021	Praxismittelschule
4	Lineare Funktionen	Dezember 2021	Praxismittelschule

Tabelle 2: Aufgabenstellungen der 1. Einheit

Aufgabenstellungen	
Vor-Zurück-Fahren	Lasst den Rover zunächst 3 Einheiten vorwärtsfahren und ihn dann wieder zum Ausgangspunkt zurückkehren.
Rechteck	Lasst den Rover ein Rechteck fahren.
Gleichseitiges Dreieck	Lasst den Rover ein gleichseitiges Dreieck mit Seitenlänge 4 Einheiten fahren.
Sechseck	Lasst den Rover ein Sechseck fahren.
Beliebiges Vieleck	Lasst den Rover ein Vieleck eurer Wahl fahren.

Rückmeldebogen (siehe Abschnitt Erhebungsinstrumente und Datenanalyse) erfolgt ist. Für die Arbeit in den jeweiligen Einheiten wurden die Lernenden in Tandems eingeteilt, wobei diese zunächst von der unterrichtenden Lehrkraft in Absprache mit den Lernenden festgelegt wurden und für sämtliche Einheiten nach Möglichkeit beibehalten wurden. In Einzelfällen wurden ab der 2. Einheit aufgrund von krankheitsbedingten Abwesenheiten oder Zu- und Abgängen von Schüler*innen zwangsläufig vereinzelt Gruppen neu zusammengestellt. Die Zusammensetzung von neun Tandems war über alle vier Einheiten hinweg ident. Bei einer einzigen Einheit musste eine Person ohne Partner*in arbeiten. Die Gesamtdauer der jeweiligen Einheiten betrug in etwa 3,5 Stunden. Der Beginn bestand jeweils aus einer kurzen Einführung durch den Projektleiter oder einer am Projekt beteiligten Studentin (4. Einheit) in den Ablauf der bevorstehenden Aktivität, einer kurzen Erläuterung der zu bedienenden Geräte und einer Erläuterung der Komponenten des Arbeitsplatzes. Es folgte eine erste Arbeitsphase von etwa einer Stunde mit einer anschließenden Pause von ca. 20 Minuten. Die Arbeit wurde sodann in einer weiteren Arbeitsphase von ca. 1,5 Stunden fortgesetzt, wobei nicht immer alle Tandems diese Zeit vollständig nutzten. In den Arbeitsphasen bearbeiteten die Tandems die vorgelegten Aufgabestellungen eigenständig und im eigenen Tempo. Für allfällige Fragen und Schwierigkeiten während der Arbeitsphasen stand mindestens eine Lehrkraft, im Regelfall zwei und zum Teil auch drei betreuende Personen zur Verfügung. Die Hilfestellungen durch

diese Personen erfolgte nach dem Prinzip der minimalen Hilfen. Dieses besagt, dass in einem ersten Schritt lediglich Motivationshilfen, bei weiterem Bestehen der Schwierigkeiten Rückmeldehilfen wie auch strategische Hilfen und erst im Anschluss daran inhaltliche Hilfestellungen angeboten werden (Zech, 2002). Der Abschluss einer jeden Einheit bildete eine kurze Reflexion mit vorformulierten Fragen (ca. 20 min), die individuell und schriftlich durchgeführt wurde. Eine gemeinsame Reflexion im Plenum fand aus organisatorischen Gründen nicht mehr statt. Die Arbeitsplätze der einzelnen Tandems befanden sich auf dem Boden. Sie bestanden jeweils aus einer Zeichenfläche bestehend aus Plakaten, die auf dem Boden befestigt waren, farbigen Stiften, den Unterlagen mit den Aufgaben und einer Möglichkeit für Notizen, einem Audioaufnahmegerät, einer Sitzmatte oder -polsterung, einem Rover und in der 1. Einheit auch aus einem Tablet mit einer einführenden Schritt-für-Schritt-Anleitung zum Erlernen des Umgangs mit dem Rover. Ab der 2. Einheit wurde anstatt des Tablets ein Handout mit den wichtigsten Befehlen und Handhabungsschritten allen Tandems zur Verfügung gestellt. Bei der 2. Einheit hatten die Lernenden zudem ein Kartondreieck als Hilfestellung am Arbeitsplatz, um die mögliche Kongruenz zweier Dreiecke besser erkennen zu können.

Im Fokus der 1. Einheit stand das Erlernen des Umgangs mit dem Gerät und aus mathematischer Sicht das Zeichnen ebener regelmäßiger geometrischer Figuren (Tab. 2). Aus informatischer Sicht waren die Kontrollstrukturen Sequenz und

Wiederholung sowie informatische Praktiken wie Testen und Fehlersuche/Korrektur ein wesentlicher Bestandteil dieser und mehrheitlich auch der weiteren Einheiten.

Der mathematische Kern der 2. Einheit bildeten zwei ausgewählte Kongruenzsätze im Dreieck und zwar der SWS- und der WSW-Satz. Weiters wurden auch Variablen als Platzhalter für Zahlen von Seiten der Informatik und auch Mathematik im Rahmen dieser Einheit angedacht. Beispielhaft lautete eine erste Aufgabe dieser Einheit wie folgt:

„Lasst den Rover Dreiecke mit den folgenden Angaben zeichnen:

A1.1) $c=6$ RE, $\beta=45^\circ$ und $a=5$ RE

A1.2) $c=5$ RE, $\beta=45^\circ$ und $a=6$ RE

Variiert dabei die Startposition des Rovers!

Vergleicht die Dreiecke! Was fällt euch auf?

Das Kartondreieck kann euch dabei behilflich sein!“

Bei der 3. Einheit stehen ähnliche ebene geometrische Figuren im Mittelpunkt. Die letzte Aufgabenstellung dieser Einheit, für welche auch in Abbildung 1 (rechts) dieses Beitrags eine Schülerlösung abgebildet ist, lautete:

„Lasst den Rover eine andere Figur eurer Wahl zeichnen. Macht vorher eine Skizze und gebt an, um was für eine Figur es sich dabei handelt. Lasst den Rover die Figur zeichnen. Abspeichern nicht vergessen! Verkleinert die gezeichnete Figur mit Hilfe des Rovers in einem selbst gewählten Verhältnis und gebt dieses Verhältnis an. Beschriftet alle Seiten der gezeichneten Figuren mit den entsprechenden Seitenlängen aus den Programmen. Abspeichern unter einem anderen Namen nicht vergessen!“

Zu guter Letzt war das Thema der 4. Einheit die lineare Funktion. Eine Aufgabe, die den Schüler*innen positiv aufgefallen ist (siehe Abschnitt Aufgabenbezogene Erfahrungen), ist die Aufgabe „Schiffe“, die an das Spiel „Schiffe versenken“ angelehnt ist. Dabei handelt es sich um ein Spiel am Ende der Einheit, bei dem die Schüler*innen eines Tandems gegeneinander antreten und versuchen müssen durch Wahl der Parameter „k“ und „d“ der allgemeinen Funkti-

onsvorschrift $f(x)=k \cdot x+d$ das Schiff des jeweils anderen mit Hilfe des Rovers zu finden. Für dieses Spiel verwenden die Schüler*innen ein bereits vorgefertigtes Programm am Rover. Während Spieler*in 1 die Position des eigenen Schiffs im Programm verdeckt eingibt, muss Spieler*in 2 durch Eingabe von „k“ und „d“ am Rover versuchen die Position des Schiffs ausfindig zu machen. Nach Eingabe von „k“ und „d“ am Rover fährt dieser in einem vorgefertigten Koordinatensystem auf einem Plakat ein Stück weit entlang des Graphen der zugehörigen linearen Funktion und zeigt am Ende am Display auch an, ob das Schiff bei dieser Routenwahl gefunden wurde oder auch nicht. Am Ende gewinnt diejenige Person, die weniger Versuche braucht, um das Schiff des anderen auf diese Weise zu finden. Diese Aufgabe wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Pädagogischen Hochschule Salzburg von Emma Gumpetsberger entwickelt und in der besagten Einheit auch erprobt.

Erhebungsinstrumente und Datenanalyse

Das Erhebungsinstrument zur Datengewinnung ist ein Rückmeldebogen. Dieser wurden im Anschluss an die Arbeitsphasen einer jeden Einheit schriftlich und in Einzelarbeit von sämtlichen Lernenden bearbeitet und abgegeben. Auf den jeweiligen Rückmeldebogen sind mehrere, offen gestellte Fragen vermerkt, zu denen die Schüler*innen etwas schreiben sollen. Die Lernenden wurden nicht gezwungen, sich zu jedem dieser Punkte zu äußern. Diese sollten vielmehr als Ideengeber für die Produktion des Textes dienen. Die Lernenden wurden angehalten, insgesamt zumindest eine halbe Seite zu schreiben. Im Regelfall wurde diese Vorgabe von den Lernenden eingehalten, teilweise wurde auch wesentlich mehr geschrieben. Aufgrund der zunehmenden Fülle an Fragen (siehe unten), haben nicht immer alle Lernenden zu sämtlichen Fragen etwas rückgemeldet. Die Absicht dieser Fragen ist es, die Lernenden möglichst frei von ihren Erlebnissen und Eindrücken des Vormittags berichten zu lassen. Die Zeitvorgabe hierfür waren 20 Minuten, wobei nicht immer alle das vorgegebene Zeitfenster zur Gänze ausschöpften. Die folgenden Fragen waren über die ersten drei Einheiten hinweg ident:

- Was hat dir besonders gut/weniger gut gefallen?
- Was hast du dabei gelernt?
- Welche Schwierigkeiten sind aufgetreten?
- Was würdest du dir für das nächste Mal wünschen?

Im Rahmen der 2. und 3. Einheit wurden noch die folgenden Fragen zusätzlich in den Rückmeldebogen integriert:

- Welche Strategien zur Bearbeitung/Lösung der Aufgaben hast du angewendet?
- Wie hast du die Unterstützung durch die Lehrkräfte und Unterlagen erlebt?
- Wie war die Zusammenarbeit mit deinem Partner/deiner Partnerin?

Bei der 4. Einheit wurde der Rückmeldebogen aufgrund der Einpassung dieses Instruments im Rahmen einer Abschlussarbeit teilweise auf Aufgabenaspekte fokussiert und nochmals weitere Fragen ergänzt:

- Welche Aufgaben haben dir besonders gut/weniger gut gefallen?
- Welche Aufgaben sind dir leicht gefallen und warum?
- Welche Aufgaben sind dir schwergefallen und warum?
- Haben dich die Aufgaben dazu motiviert noch mehr zu diesem Thema zu lernen?
- Würde dir eine weitere Stunde mit den Robotern zu einem anderen Thema gefallen? Wenn ja, warum?

Gleich geblieben im Rückmeldebogen zur 4. Einheit sind im Vergleich zu den übrigen Einheiten die folgenden Fragen:

- Wie hast du die Unterstützung durch die Lehrkräfte und Unterlagen erlebt?
- Wie war die Zusammenarbeit mit deinem Partner deiner Partnerin?
- Was würdest du dir für das nächste Mal wünschen?

Von drei Lernenden fehlt die entsprechende Rückmeldung zu einer Einheit, zwei bei der 2. Einheit und eine bei der 3. Einheit. Zwei Lernende haben jeweils nur zwei der vier Einheiten absolviert, sowie eine Person nur die letzte Ein-

heit. Die Rückmeldungen von diesen Personen wurden von der Analyse ausgeschlossen. Vier Lernende haben drei der vier Einheiten absolviert und jeweils nur einmal gefehlt. Die von diesen Personen erhalten Rückmeldungen wurden in die Analyse einbezogen.

Die so erhobenen Daten wurden eingescannt und mit Hilfe der Software MAXQDA, einer Software für die professionelle sozialwissenschaftlich orientierte Datenanalyse, importiert, codiert und analysiert. Die Analyse orientiert sich dabei an der Methode der Thematischen Analyse nach Braun und Clarke (2006). Das Ziel dieser qualitativen Methode ist es, relevante Themen in Bezug auf die Fragestellung zu identifizieren und herauszuarbeiten. Dabei wurde eine induktiv geprägte Herangehensweise an die zu analysierenden Daten gewählt.

Ergebnisse

Im Rahmen der thematischen Analyse konnten sechs Themen unter dem Aspekt der Lernendenperspektive aus den erhobenen Daten rekonstruiert werden (Abbildung 2). Diese werden im Folgenden detaillierter dargestellt und mittels typischen Aussagen von Schüler*innen in Form von Zitaten veranschaulicht.

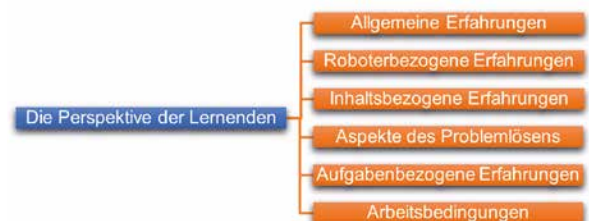


Abbildung 2: Die sechs rekonstruierten Themen aus den Schülerrückmeldungen zu den Einheiten

Allgemeine Erfahrungen

Die allgemeinen Erfahrungen sind fast ausschließlich positiv geprägt. Den allermeisten Lernenden haben die Einheiten gut bzw. sehr gut gefallen, sie hatten Spaß und wünschen sich häufig eine Wiederholung, so die Wahrnehmungen der Lernenden. Weitere häufig geäußerte Assoziationen zu den Einheiten sind lustig, interessant, spannend und cool.

„S: Ich würde das gerne noch einmal machen, weil es sehr viel Spaß gemacht hat.“ (1. Einheit)

Derartige Wahrnehmungen in den Rückmeldungen treten am häufigsten bei der ersten und am wenigsten bei der letzten Einheit auf. Sie betreffen mit einer einzigen Ausnahme alle Lernenden.

Einzelne Wahrnehmungen deuten auch auf negative Erfahrungen bei wenigen Lernenden hin. Diesbezügliche Assoziationen sind langweilig, nicht so gefallen, nichts Neues gelernt, wenig interessant und kein Spaß. Eine Person hat nach einer in der 1. Einheit noch positiven Erfahrung eine grundlegend ablehnende Haltung in zwei weiteren Rückmeldungen zum Ausdruck gebracht.

„S: Mir hat es nicht so gut gefallen, weil ich es langweilig finde.“ (2. Einheit)

Negativ geprägte allgemeine Wahrnehmungen treten vor allem bei der Rückmeldung zur letzten Einheit auf, bei der ersten Einheit hingegen gar nicht.

Roboterbezogene Erfahrungen

Das Thema der roboterbezogenen Erfahrungen stellt einen Zusammenhang mit dem verwendeten Werkzeug, dem Roboter her und wird von den Kategorien Positive Erfahrungen, Outcome, Schwierigkeiten und Strategien gebildet (Abb. 3).

Positive Erfahrungen mit dem Rover

Positive Erfahrungen der Lernenden im Rahmen der abgehaltenen Einheiten stehen häufig auch unmittelbar mit dem Rover in Zusammenhang, insbesondere mit dem Arbeiten mit dem Rover, dem Rover selbst, dem Programmieren des Rover wie auch der Funktions- und Verhaltensweise des Rover.

„S1: Mir hat besonders gut gefallen mit so einem Gerät zu arbeiten und zu lernen wie es funktioniert.“ (1. Einheit)

„S2: Mir hat es gefallen mit dem Rover wieder zu programmieren.“ (2. Einheit)

Über die vier Einheiten hinweg fällt dabei die 4. Einheit auf, bei der die Rückmeldungen etwas weniger derartige Wahrnehmungen aufweisen

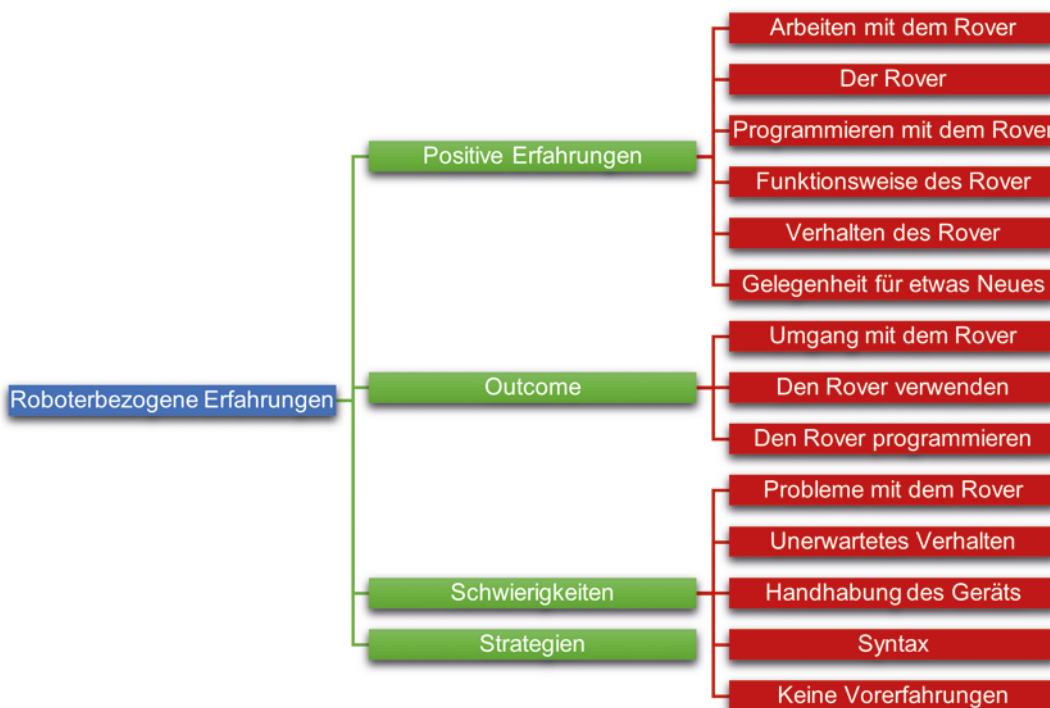


Abbildung 3: Übersicht der Kategorien und Codes zu den roboterbezogenen Erfahrungen

als die Rückmeldungen zu den restlichen Einheiten.

Eine einzelne Wahrnehmung nimmt auch explizit auf die empfundene Neuheit des Rovers Bezug.

„S3: *Ich fand den Rover auch sehr interessant, weil ich noch nie so einen Gegenstand gesehen habe.*“ (1. Einheit)

Outcome

Der Outcome aus der Sicht der Lernenden betrifft vor allem die Beherrschung des Umgangs mit dem Rover sowie den Rover für bestimmte Zwecke einsetzen und diesen auch programmieren zu können.

„S1: *Ich habe gelernt wie man Sachen speichert oder umbenennen kann.*“ (1. Einheit)

„S2: *Ich habe dabei gelernt wie man mit dem Rover Dreiecke zeichnet.*“ (2. Einheit)

„S3: *Ich habe gelernt den Rover zu programmieren und ich kenne mich jetzt besser beim Rover aus als vorher.*“ (3. Einheit)

Vor allem die Wahrnehmungen den Umgang mit dem Rover gelernt zu haben, treten bei der 1. Einheit gehäuft auf.

Schwierigkeiten

Auch die Wahrnehmung von Schwierigkeiten tritt bei der ersten Einheit häufiger auf als bei den anderen. Diese umfassen Probleme mit dem Rover, das häufig unerwartete Verhalten des Rovers, die Handhabung des Geräts, die Syntax wie auch die Feststellung, dass noch keine Vorerfahrungen zu diesem Gerät vorhanden sind.

„S1: *Es sind Schwierigkeiten aufgetreten, weil sich der Rover immer ausgeschaltet hat.*“ (1. Einheit)

„S2: *Oft hat der Rover irgendetwas gemacht was wir nicht wollten, wie zum Beispiel sich durchgehend im Kreis zu drehen.*“ (2. Einheit)

„S3: *Am Anfang war das sehr schwer, weil ich nichts über diesen Rover wusste.*“ (1. Einheit)

Die wahrgenommenen Schwierigkeiten treten ebenfalls vermehrt bei den Rückmeldungen zur ersten Einheit auf, die Aussagen zu den nicht vorhandenen Vorerfahrungen ausschließlich bei jenen zur ersten Einheit. Den Rückmeldungen

der Lernenden entsprechend schließt das Auftreten von Schwierigkeiten eine positive Erfahrung mit dem Rover aber nicht aus.

Strategien

Als Strategien, die unmittelbar mit dem Roboter in Zusammenhang stehen und in der Wahrnehmung der Lernenden für die Problemlösung eingesetzt wurden, sind vor allem das Probieren und in zwei Fällen auch das sich Vorstellen der Fahrt des Roboters.

„S1: *Es hat ein wenig gedauert bis wir die perfekten Grad hatten. Beim 20-Eck mussten wir herumprobieren, aber wir haben auch gerechnet.*“ (1. Einheit)

„S2: *Ich habe überlegt wie es aussehen könnte und dann hat es der Rover nachgefahren.*“ (3. Einheit)

Inhaltsbezogene Erfahrungen

Die Rückmeldungen der Lernenden lassen auch auf inhaltsbezogene Erfahrungen schließen. Diese umfassen sowohl positiv als auch negativ prägte Wahrnehmungen, einen Outcome der sowohl mathematische als auch informatische Aspekte beinhaltet sowie Hinweise für zukünftige Inhalte (Abbildung 4).

Positive Erfahrungen

Positive Erfahrungen betreffen vor allem das Programmieren, in zwei Wahrnehmungen auch Figuren zu zeichnen (1. Einheit) und das Thema der Einheit selbst (4. Einheit).

„S1: *Ich habe gelernt wie man richtig programmiert, ich finde das sehr interessant und spannend.*“ (1. Einheit)

„S2: *Mir hat das Zeichnen mit dem Rover sehr gut gefallen.*“ (1. Einheit)

„S3: *Mir würde noch eine Stunde mit dem Rover zu diesem Thema gefallen, weil ich finde, dass das das interessanteste Thema bis jetzt war.*“ (3. Einheit)

Derartige Wahrnehmungen sind vermehrt in den Rückmeldungen zur 1. Einheit aufgetreten.

Negative Erfahrungen

Diesbezügliche Äußerungen, die auf negative Erfahrungen hinsichtlich der Inhalte schließen



Abbildung 4: Übersicht der Kategorien und Codes zu den inhaltsbezogenen Erfahrungen

lassen, kommen vor allem in den Rückmeldungen zur 3. und 4. Einheit vor. Diese betreffen vor allem mathematische Tätigkeiten und Inhalte wie das Rechnen (3. Einheit) oder das Thema Dreiecke bzw. Vielecke (1. und 2. Einheit) und in drei einzelnen Fällen auch das Programmieren.

„S1: Mir hat das ganze Rechnen nicht so gut gefallen.“ (3. Einheit)

„S2: Ich würde etwas anderes machen als Mathematik.“ (4. Einheit)

„S3: Der Rover war sehr cool, nur das Programmieren war mit der Zeit nervig.“ (1. Einheit)

Outcome

Über alle vier Einheiten hinweg wurden von nahezu allen Lernenden mindestens einmal ein bestimmter inhaltlicher Outcome angeführt. Dieser betrifft aus der Sicht der Lernenden sowohl mathematische als auch informatische Aspekte. Aus mathematischer Sicht sind das für die 1. Einheit vereinzelte Wahrnehmungen Vielecke programmieren bzw. konstruieren zu können und in einem Fall auch wie man den Drehwinkel für ein regelmäßiges Vieleck berechnen kann, für die 2. Einheit die Erkenntnis, dass sich der Rover an den Eckpunkten des Dreiecks um den Außenwinkel dreht und in einem Fall wie dieser zu bestimmen ist und für die 4. Einheit das bessere Verstehen des Koordinatensystems und in einer einzelnen Wahrnehmung zudem für was das „k“ und das „d“ bei linearen Funktionen steht. Für die 3. Einheit sind keine diesbezüglichen Wahrnehmungen vorhanden.

„S: Am meisten hat mir Aufgabe 2 gefallen, weil ich da am meisten gelernt habe wie man die Ko-

ordinaten im Rover eingibt und wie das Koordinatensystem funktioniert.“ (4. Einheit)

Wahrnehmungen zu informatischen Aspekte betreffen in den meisten Fällen das Programmieren im Allgemeinen und vereinzelt das Konzept der Wiederholung.

„S: Ich habe dabei vieles gelernt, zum Beispiel wie man eine Schliefe macht die Befehle wiederholt.“ (1. Einheit)

Zukünftige Inhalte

In einzelnen Wahrnehmungen werden von den Lernenden auch Ideen für zukünftige Inhalte gegeben. Diese betreffen in einem Fall den Rover in anderen Fächern einzusetzen, etwas noch cooler zu zeichnen und ganz konkret auch das Thema Kreis. Eine einzelne Wahrnehmung ist allerdings auch dahingehend, dass weniger gezeichnet werden sollte. Eine weitere Person schlägt zudem das vermehrte Arbeiten mit Rover vor.

Aspekte des Problemlösens

Die Kategorie Aspekte des Problemlösens umfasst das Wahrnehmen einer Hürde, die sowohl mathematischer als auch informatischer Natur sein kann und die von den Lernenden berichteten Strategien zum Überwinden derartiger Hürden im Rahmen der Problemlösung (Abbildung 5).

Wahrnehmen einer Hürde

Das Wahrnehmen einer Hürde kommt in den Rückmeldungen der Lernenden zahlreich vor.

„S: Bei dem letzten Beispiel bei 3b hatte ich zuerst



Abbildung 5: Übersicht der Kategorien und Codes zu den Aspekten des Problemlösens

Schwierigkeiten, weil ich zuerst nicht wusste wie man das macht.“ (4. Einheit)

Mathematikbezogene Hürden werden vom überwiegenden Teil der Lernenden genannt und betreffen vor allem den Umgang mit Brüchen und Verhältnissen (3. Einheit), das Zeichnen geometrischer Figuren (1. Einheit), Winkel und Längen (1. und 2. Einheit) wie auch das Berechnen von Größen (1. und 3. Einheit).

„S: Es war immer sehr schwer als da zum Beispiel $\frac{3}{4}$ stand das auszurechnen.“ (3. Einheit)

Informatikbezogene Hürden dagegen werden nur vereinzelt genannt. Die Lernenden nehmen wahr, dass das Programmieren schwer zu lernen ist und sehr viel Zeit benötigt. Eine einzelne Wahrnehmung nimmt dabei auch direkten Bezug zum Konzept der Wiederholung.

„S: Eine Schwierigkeit ist aufgetreten beim ersten Versuch der Schleife, es war sehr schwer für mich zu verstehen wie die Schleife funktioniert.“ (1. Einheit)

In einzelnen Fällen wird von den Lernenden in Zusammenhang mit derartigen wahrgenommenen Hürden auch vom Überwinden von diesen berichtet, insbesondere auch davon, etwas geschafft zu haben und froh darüber zu sein.

„S: X und ich haben beim Sechseck eine halbe

Stunde gebraucht und wir wollten schon aufgeben, aber dann haben wir $360:6=60$ und ich habe es dann auch endlich geschafft. X und ich waren froh, dass wir es geschafft haben.“ (1. Einheit)

Einzelne Lernende berichten auch über den großen Bedarf an Hilfe durch die anwesenden Lehrpersonen.

„S: Die Lehrer mussten uns immer ein bisschen helfen damit wir weiterkommen.“ (2. Einheit)

Strategien

Die in den Rückmeldungen berichteten Strategien für die Problemlösung, die nicht unmittelbar mit dem Roboter in Zusammenhang stehen sind das Rechnen in erster Linie und mehrfach auch das Raten. In Einzelfällen wird von den Lernenden auch das Schätzen, das Lesen was zu tun ist sowie die Nutzung des Verstandes genannt.

„S: Also unsere Strategie ist zum Beispiel, steht da 45° und drehen also um ein Dreieck zu bekommen, musste man $45^\circ+90^\circ$, weil es größer sein soll als 90° und kleiner sein soll als 180° .“ (2. Einheit)

Aufgabenbezogene Erfahrungen

Aufgabenbezogene Erfahrungen in den Einheiten betreffen aus der Sicht der Lernenden vor allem den wahrgenommenen Schwierigkeitsgrad der Aufgaben, positive Erfahrungen wie auch Kritik zu den Aufgabenstellungen (Abbildung 6).



Abbildung 6: Übersicht der Kategorien und Codes zu den aufgabenbezogenen Erfahrungen

In Hinblick auf die Schwierigkeit wird von einigen Lernenden vor allem die 2. Einheit aber auch Teile der 4. Einheit als schwierig bzw. zu schwierig wahrgenommen. Darüber hinaus gibt es auch einzelne Wahrnehmungen von Lernenden, dass die Aufgaben der 2. Einheit nicht zu schwierig waren bzw. die 3. Einheit mit Hilfe sehr leicht oder auch, dass die Aufgaben der 3. Einheit einen inhomogenen Schwierigkeitsgrad aufgewiesen haben.

„S: Ich wünsche mir für das nächste Mal, dass die Aufgaben nicht so kompliziert sind.“ (2. Einheit)

Positive Erfahrungen machen viele Lernenden mit der letzten Aufgabe der 4. Einheit, bei der es darum geht gegeneinander anzutreten und die Schiffe des anderen zu finden.

„S: Die Aufgabe 3 hat mir sehr gut gefallen, weil es Spaß gemacht hat gegen X zu spielen.“ (4. Einheit)

Zwei Lernende nehmen bei der 3. Einheit positiv wahr, dass sie bei der letzten Aufgabe dieser Einheit im Rahmen einer offenen Aufgabenstellung selbst eine Figur wählen konnten.

„S: Mir hat es am meisten gefallen als wir uns selber eine Figur aussuchen konnten und wir selber das richtige programmieren mussten.“ (3. Einheit)

Die Kritik hinsichtlich der Aufgabenstellungen bezieht sich im Wesentlichen auf die Beschreibung der Aufgabenstellungen und das vor allem bei der 4., aber auch 3. Einheit.

„S: Ich würde mir wünschen, dass die Fragen einfacher formuliert werden, weil ich nichts verstanden habe.“ (4. Einheit)

Zwei weitere Wahrnehmungen betreffen auch den Wunsch, mehr Freiraum bei den Aufgaben zu bekommen. Zwei Lernende kritisieren bei der 4., Einheit auch, dass Erklärungen zu schreiben sind bzw. zahlreiche Fragen beantwortet werden müssen. Zwei weitere Lernende würden sich zudem kürzere Aufgaben (4. Einheit) bzw. weniger Lesearbeit (2. Einheit) wünschen.

Arbeitsbedingungen

Die Wahrnehmungen der Lernenden zu den Arbeitsbedingungen während der Einheiten umfassen sowohl positive als kritische Aspekte, die Unterstützung durch die Materialien und die Lehrkräfte wie auch die Zusammenarbeit in den jeweiligen Kleingruppen (Abbildung 7).

Positive Aspekte

In den Rückmeldungen äußern sich einige Lernende positiv gegenüber der Arbeit in Kleingruppen in Form von Tandems. Allerdings gibt es auch die Wahrnehmung von Lernenden, dass sie gerne in größeren Gruppen, insbesondere in Dreier bzw. Vierergruppen, arbeiten würden. Eine Wahrnehmung nennt hierfür den Grund, dass so eine ganz bestimmte Person zur bestehenden Gruppe hinzukommen könnte.

Darüber hinaus nehmen einige Lernenden auch die Selbststeuerung im Arbeiten während der Einheiten positiv wahr.



Abbildung 7: Übersicht der Kategorien und Codes zu den Arbeitsbedingungen

„S: Mir hat am meisten gefallen, dass wir wieder ganz alleine arbeiten durften.“ (2. Einheit)

Eine weitere positive Wahrnehmung von einigen Lernenden ab der 2. Einheit ist, dass genügend Zeichenfläche vorhanden war. Dies wurde von mehreren Lernenden in der Rückmeldung zur 1. Einheit kritisiert.

Einzelne Wahrnehmungen betreffen auch die letzte Einheit. In dieser Hinsicht ist das gegeneinander antreten dürfen bei einem Spiel von zwei Lernenden positiv angemerkt worden. Eine Einzelwahrnehmung zur 4. Einheit ist auch, dass mit dem Rover zu arbeiten interaktiver ist als eine normale Mathematikstunde.

„S: Ich würde mich freuen weitere Stunden mit dem Rover zu haben, weil es interaktiver ist wie eine normale Mathestunde.“ (4. Einheit)

Kritik

Kritische Aspekte, die von den Lernenden angemerkt wurden, sind vor allem bei der 1. Einheit, die zu kleine Zeichenfläche, wie auch ab der 2. Einheit bestimmte Gruppenphänomene (siehe positive Aspekte). Darüber hinaus gibt es auch Einzelwahrnehmungen, die das Arbeiten mit einer bestimmten Person einfordern, dass der/die Partner*in aus der letzten Einheit abhandengekommen ist, wie auch der Wunsch nach der Zusammenarbeit mit dem/der gewohnten Partner*in geäußert wird.

Darüber hinaus wird von einige Lernenden, zunehmend bei der 4. Einheit eine nicht ausreichende Sitzgelegenheit bemängelt. Zwei Personen kritisieren auch den Klassenraum (3. Einheit), wobei eine Person einen größeren Raum für das nächste Mal fordert. Auch wird von drei Personen, zum Teil über mehrere Einheiten hinweg die Audioaufzeichnung der Gruppengespräche während der Arbeitsphasen kritisiert.

Während drei Lernende eine zu lange Arbeitszeit wahrnehmen und damit einhergehend eine nachlassende Konzentration, zunehmende Müdigkeit und der Wunsch nach mehr Pausenzeit anführen (3. und 4. Einheit), fordert eine weitere Person mehr Zeit zum Arbeiten (1. Einheit).

Unterstützung

Der Großteil der Lernenden nimmt die Unterstützung während der Einheiten positiv wahr. Damit assoziierte Beschreibungen umfassen gut bzw. sehr gut, Erleichterung, so viel Hilfe wie gebraucht, dickes Lob. Bezieht sich die Beschreibung direkt auf die Unterstützung durch die Lehrkräfte so nehmen der überwiegende Teil der Lernenden die Unterstützung als wirkliche Hilfe wahr.

„S: Die Lehrkräfte haben viele Sachen sehr gut erklärt.“ (4. Einheit)

Im Gegensatz dazu hat eine einzelne Person die Unterstützung durch die Lehrkräfte im Rahmen von zwei Einheiten als zu wenig umfassend wahrgenommen und im Rahmen einer dieser Einheiten stark kritisiert.

„S1: Ich würde mir sehr wünschen [...] und dass der Lehrer auch mal was hilft wenn wir eine Frage haben und nicht nur sagt, ja ihr müsst da drauf drücken sondern es uns zeigt und nicht immer weggeht, wenn wir noch eine Frage haben!“ (2. Einheit)

Die Unterlagen wurden von einigen Lernenden als ausreichend, hilfreich, klar und verständlich wie auch nützlich charakterisiert. Eine Wahrnehmung ist auch dahingegen, dass die Sachen am Tablet verständlich vorgezeigt wurden.

„S: Mir hat es gut gefallen, dass alles am Tablet verständlich vorgezeigt wurde.“ (1. Einheit)

Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit mit dem Partner/der Partnerin wurde von allen Lernenden zumindest einmal positiv in einer der Rückmeldungen vermerkt, häufig auch mehrfach. Die wesentlichen Assoziationen dazu sind gemeinschaftliches Arbeiten, sehr gute Zusammenarbeit, super Team, ein gutes Verstehen im Team, Spaß mit dem/der Partner*in Partner, lustig und nett.

„S: Ich finde, dass ich und meine Partnerin (X) ein sehr gutes Team waren, weil bei einer Aufgabe wusste ich mehr und bei einer anderen sie.“ (2. Einheit)

Negative Äußerungen hinsichtlich der Zusammenarbeit in der Gruppe sind weitaus weniger

häufig aufgetreten. Diese umfassen insbesondere in zwei Fällen der Wunsch nach einem neuen Partner/einer neuen Partnerin und in einem Fall der Wunsch alleine arbeiten zu wollen. Einzelne Wahrnehmungen sind auch dahingehend, dass die Arbeitsaufteilung innerhalb der Gruppe nicht funktioniert hat, wie auch dass die Zusammenarbeit mit dem/der Partner*in von der Arbeit abgelenkt hat bzw. der/die Partner*in von der Arbeit abgelenkt war.

„S: *Ich und X haben sehr schlecht miteinander gearbeitet, weil er die ganze Zeit mit Stiften geworfen hat.*“ (2. Einheit)

Interpretation und Diskussion

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die beteiligten Lernenden im Rahmen der vier abgehaltenen Einheiten zahlreiche positive Eindrücke gewinnen konnten (siehe Abschnitt Allgemeine Erfahrungen). Dabei spielt auch der eingesetzte Roboter eine Rolle, da viele positive Äußerungen der Lernenden explizit in Zusammenhang mit dem Rover stehen (siehe Abschnitt Roboterbezogene Erfahrungen). Weil sämtliche Lernende der besagten Klasse vorher noch nie mit so einem Gerät gearbeitet haben, ist davon auszugehen, dass auch der Roboter als solcher zu einer gesteigerten positiven Wahrnehmung der besagten Einheiten geführt hat. Damit in Verbindung steht auch die mehrheitlich positiv wahrgenommene Erfahrung des Programmierens (siehe Abschnitt Inhaltsbezogene Erfahrungen). Dass die Integration von Robotern in den Unterricht zu mehr Interesse an Naturwissenschaft oder Mathematik, insbesondere auch am Programmieren führen kann, zeigen beispielsweise auch Chang und Chen (2020) im Rahmen einer Studie auf. Über das Programmieren hinaus, weisen die Ergebnisse zu den Rückmeldungen der Lernenden darauf hin, dass die inhaltliche Ausrichtung der Einheiten einen Einfluss auf die Wahrnehmung durch die Lernenden hat. Das Zeichnen von Figuren im Rahmen der 1. Einheit und das Thema der 4. Einheit wird von je zwei Lernenden als positiv herausgestellt, während von mehreren Lernenden das „Mathematische“ an den Einheiten wie das Rechnen mit einer negativen Erfahrung assoziiert wird (siehe Ab-

schnitt Inhaltsbezogene Erfahrungen). Wenn im Unterricht ein adäquates Bild von Mathematik – Mathematik in Form einer geistigen Schöpfung des Menschen, eines Modells zur abstrakten Beschreibung von Sachverhalten oder einer Technik zur Lösung von Problemstellungen (vgl. Winter, 1995) – an die Lernenden herangetragen werden soll, so wird es auch in einem Unterricht mit programmierbaren Robotern zumindest phasenweise darum gehen, ohne auszuprobieren oder abzumessen eine Lösung zu finden, zu bestätigen oder zu widerlegen. So zeigt sich aufgrund der innewohnenden Ungenauigkeit des Geräts beispielsweise beim Zeichnen eines 20-Ecks, dass der Drehwinkel, welcher mit dem Rover zu einem vernünftigen Ergebnis führt, nicht exakt jener ist, welcher mit rein mathematischen Überlegungen beispielsweise mit Hilfe einer Rechnung gewonnen wird. Um die Sinnhaftigkeit des Lernens von (mathematischen) Begriffen in den Vordergrund zu rücken, sind jedenfalls eine verstärkte Problemorientierung oder auch Kontextgebundenheit naheliegend (vgl. Aebli, 1981). Dies wurde auch im Rahmen von weiteren Einheiten an anderen Schulen versucht umzusetzen, indem beispielsweise in einer Klasse der 6. Schulstufe das Koordinatensystem als zu lernender mathematischer Inhalt in das alltagsrelevante Phänomen der Lokalisation (vgl. Freudenthal, 1983) eingebettet wurde. Der problemorientierte Anteil der Einheiten hat bei zahlreichen Lernenden auch zum Wahrnehmen einer Vielzahl von Hürden bewirkt (siehe Abschnitt Aspekte des Problemlösens). Die Überwindung dieser Hürden hat in einigen Fällen sodann auch zum positiven Eindruck „etwas geschafft zu haben“ geführt (siehe Abschnitt Aspekte des Problemlösens), was ein für das Problemlösen bekanntes Phänomen darstellt (vgl. Debellis & Goldin, 2006). Ein problemorientierter Charakter mit differenziertem Anforderungsniveau erscheint folglich in dieser Hinsicht als vorteilhaft. Einige Lernende erachten die 2. Einheit und Teile der 4. Einheit als schwierig bzw. zu schwierig, sodass diese Teile in dieser Hinsicht wenig adäquat erscheinen, zumindest für diese Lerngruppe. Die flexible Unterstützung durch die Lehrkräfte ist in solchen Fällen besonders wichtig (vgl. Polya, 1945) und wird von den Lernenden fast ausschließlich positiv wahrgel-

nommen (siehe Abschnitt Arbeitsbedingungen). In dieser Hinsicht zeigen auch Mareike Kunter und Voss (2011) im Zuge des COACTIV-Projekts für den Mathematikunterricht auf, dass eine konstruktive persönliche Unterstützung der Lernenden eine verstärkende Wirkung auf die Freude an Mathematik sowie eine hemmende Wirkung auf die Leistungsängstlichkeit hat. Der Wunsch nach mehr Freiraum bei den Aufgaben wie auch die positive Wahrnehmung des selbstgesteuerten Arbeitens von einigen Lernenden weist zudem darauf hin, dass ein gewisser Grad an Selbstbestimmung in den Einheiten von Bedeutung für ein positives Erleben in einem derartigen Unterricht ist (siehe Abschnitt Aufgabenbezogene Erfahrungen). Nach Reich (2010) ist Selbstbestimmung im Lernprozess ein wichtiger Faktor konstruktivistischer Sichtweisen auf Lernen. Zudem sind intrinsische Verhaltensweisen auf gewisse Art und Weise auch abhängig von einem Autonomieerleben (Deci & Ryan, 1993). Hinsichtlich der Zusammenarbeit in Gruppen scheinen den Ergebnissen entsprechend Kleingruppen ebenfalls mit einem gewissen Mitbestimmungsrecht der Lernenden über die Gruppenzusammensetzung und -größe vorteilhaft (siehe Abschnitt Arbeitsbedingungen). Damit wird ebenfalls dem Bedürfnis der sozialen Eingebundenheit als eine wichtige Bedingung für die Entwicklung von Motivation (Deci & Ryan, 1993) Rechnung getragen. Zudem nehmen die Lernenden Aufgaben die einen „Spiel-Charakter“ habe positiv wahr (siehe Abschnitt 3.5). In diesem Zusammenhang zeigen Festus und Awogbemi (2012) ebenfalls auf, dass spielartige Situationen im Mathematikunterricht ein Potential zur Motivierung der Lernenden sowie zum Wecken von Interesse und Begeisterung für Mathematik in sich tragen. Nicht zuletzt sind auch die Arbeitsbedingungen, insbesondere die verfügbaren Sitzgelegenheiten, die Beschaffenheit der Räumlichkeiten wie auch eine ausgewogene Taktung zwischen Arbeitsphasen und Pausen für die Lernenden von Bedeutung (siehe Abschnitt Arbeitsbedingungen). Damit werden von den Lernenden bekannte Merkmale guten Unterrichts (vgl. Meyer, 2016), wie die adäquate Rhythmisierung des Unterrichtsablaufs sowie eine vorbereitete Lernumgebung, die auch eine funktionale Einrichtung umfasst, adressiert.

Fazit

In Summe zeigt sich, dass ein Mathematikunterricht in dem ein programmierbarer Roboter eingesetzt wird aus der Perspektive der Lernenden attraktiv ist bzw. sein kann. Hierfür zuträgliche Aspekte sind insbesondere das eigenständige Arbeiten mit einem Roboter, das Programmieren bzw. das Programmieren zu lernen und damit nicht nur mathematische Inhalte und Tätigkeiten in die Einheiten zu integrieren, eine problemorientierte Herangehensweise, die ein Arbeiten auf unterschiedlichem Anforderungsniveau ermöglicht, eine flexible Unterstützung durch Unterlagen, Hilfsmittel und Lehrkräfte, ein gewisses Ausmaß an Selbstbestimmung im Rahmen von offenen Aufgaben und Selbststeuerung beim Arbeiten, die Zusammenarbeit in Kleingruppen mit einem gewissen Mitbestimmungsrecht der Lernenden über die Gruppenzusammensetzung und -größe, Aufgaben die einen „Spiel-Charakter“ haben, wie auch eine adäquate Gestaltung der Arbeitsbedingungen, insbesondere genügend und bequeme Sitzgelegenheiten, genügend große Räumlichkeiten sowie eine ausgewogene Taktung zwischen Arbeitsphasen und Pausen.

Für eine mögliche Charakterisierung eines Mathematikunterrichts mit derartigen technologischen Hilfsmitteln im Vergleich zu einem Unterricht ohne diesen, kann die Wahrnehmung einer Lernenden zur 4. Einheit als Ausgangspunkt herangezogen werden, die besagt, dass die Einheiten mit dem Rover interaktiver sind als der normale Mathematikunterricht (siehe Abschnitt Arbeitsbedingungen). Das wechselseitige Beziehen und aufeinander Reagieren mit einem derartigen Werkzeug, sprich das Verhalten des Roboters sich vorzustellen, zu versprachlichen, zu programmieren, zu testen, das tatsächliche Verhalten des Roboters zu interpretieren, um dann in der Regel wiederum von Neuem zu beginnen und das Verhalten des Roboters zu korrigieren, stellt eine Interaktion dar, welche für einen „gewöhnlichen“ Unterricht, der grundlegend auf Schulbuch, Heft und Taschenrechner basiert im Regelfall nicht in diesem Ausmaß zutrifft. „Interaktiv“ kann in dieser Hinsicht aber auch als soziale Interaktion aufgefasst werden und bedeutet dann

ein verstärktes Interagieren mit Menschen, insbesondere anderen Lernenden im Rahmen des Lernprozesses und geht vermutlich über ein gelenktes Lehrer-Schüler-Gespräch und gelegentlichen Gruppenarbeiten hinaus. Dieser Punkt, aber auch die weiteren von den Lernenden wahrgenommenen Aspekte, wie ausgewogene Inhalte und Tätigkeiten, problemorientierter Charakter, innere Differenzierung, eine flexible Unterstützung, Selbst- bzw. Mitbestimmung der Lernenden sowie eine adäquate Ausgestaltung der Arbeitsbedingungen, betreffen die Lernumgebung im Allgemeinen und sind nicht per se mit dem Einsatz eines programmierbaren Roboters verknüpft. Der Roboter allein macht somit den Unterricht auch aus der Sicht der Lernenden nicht in jedem Fall attraktiver oder besser, sondern es bedarf auch hier der Berücksichtigung wesentlicher Aspekte guten Unterrichts.

Endnote

¹ <https://salzburger-bildungslabore.at/>

² <https://www.inter-di-ko.net/>

Literatur

Aebli, H. (1981). Denken: das Ordnen des Tuns. Denkprozesse: Bd. 2. Klett-Cotta.

Atman Uslu, N., Yavuz, G. Ö. & Koçak Usluel, Y. (2022). A systematic review study on educational robotics and robots. *Interactive Learning Environments*, 1–25. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2023890>

Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert (Hrsg.), TIMSS-III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe (Bd. 2, S. 271–315). Leske u. Budrich. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-83411-9>

BMBWF. (2023a). Änderung der Verordnung über die Lehrpläne der Volksschule und Sonderschulen, der Verordnung über die Lehrpläne für Minderheiten-Volksschulen und für den Unterricht in Minderheitensprachen in Volksschulen, der Verordnung über die Lehrpläne der Mittelschulen und der Verordnung über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren

Schulen; Bekanntmachung der Lehrpläne für den Religionsunterricht: BGBl. II Nr. 1/2023 Anlage A zu Art. 1. <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2023/1>

BMBWF. (2023b). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 20.05.2023. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>

Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>

Brennan, K. (2015). Beyond Technocentrism: Supporting Constructionism in the Classroom. *Constructivist Foundations*, 10(3), 289–304.

Burack, C., Melchior, A. & Hoover, M. (2019). Do After-School Robotics Programs Expand the Pipeline into STEM Majors in College? *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(2), 7. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1244>

Chang, C.-C. & Chen, Y. (2020). Cognition, Attitude, and Interest in Cross-Disciplinary i-STEM Robotics Curriculum Developed by Thematic Integration Approaches of Webbed and Threaded Models: a Concurrent Embedded Mixed Methods Study. *Journal of Science Education and Technology*, 29(5), 622–634. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09841-9>

Cherniak, S., Lee, K., Cho, E. & Jung, S. E. (2019). Child-identified problems and their robotic solutions. *Journal of Early Childhood Research*, 17(4), 347–360. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9026-4>

Debellis, V. A. & Goldin, G. A. (2006). Affect and Meta-Affect in Mathematical Problem Solving: A Representational Perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 131–147. <http://www.jstor.org/stable/25472118>

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik [The theory of self-determination of motivation and its relevance to pedagogics]. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.

Europäische Kommission. (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Digital Education Action Plan 2021–2027 – Resetting education and training for the digital age. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0624>

- Europäische Union (2018). Amtsblatt C 189. Mitteilungen und Bekanntmachungen. 61. Jahrgang.
- Europäische Union (2019). Key Competences For Lifelong Learning. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Festus, A. & Awogbemi, C. (2012). The Development and Use of Mathematical Games in Schools. *Mathematical Theory and Modeling*, 2(8), 10-15.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Reidel.
- Hsu, Y.-C., Irie, N. R. & Ching, Y.-H. (2019). Computational Thinking Educational Policy Initiatives (CTEPI) Across the Globe. *TechTrends*, 63(3), 260-270. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00384-4>
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85-113). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830974338>
- Lance Coad (2016). The M in STEM what is it really? *The Australian Mathematics Teacher*, 72(2), 4-6.
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- McDonald, C. V. (2016). STEM Education: A Review of the Contribution of the Disciplines of Science, Technology, Engineering and Mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569.
- Meyer, H. (2016). *Was ist guter Unterricht?* (11. Aufl.). Cornelsen Scriptor.
- Noss, R. & Clayson, J. (2015). Reconstructing Constructivism. *Constructivist Foundations*, 10(3), 285-288.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. Basic Books.
- Plangg, S. & Fuchs, K. J. (2022). A Gender-related analysis of a robots' math class. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 29(3).
- Polya, G. (1945). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400828678>
- Reich, K. (2010). *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik: Einführung in die Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik* (6. Aufl.). Beltz Pädagogik.
- Sáez-López, J.-M., Sevillano-García, M.-L. & Vazquez-Cano, E. (2019). The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: educational use of mBot. *Educational Technology Research and Development*, 67(6), 1405-1425. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09648-5>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Winter, H. (1995). *Mathematikunterricht und Allgemeinbildung*. Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik(61), 37-46.
- Zech, F. (2002). *Grundkurs Mathematikdidaktik: Theoretische und praktische Anleitungen für das Lehren und Lernen von Mathematik*. Beltz.