

1.1 Didaktik des Roboters und der Robotik an allgemeinbildenden Schulen

Peter Röben, Jan Landherr, Dani Hamade, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Die Didaktik geht von der Priorität der Ziele aus: Was will man durch die Behandlung eines Gegenstands erreichen? Im Falle des Roboters haben wir es zunächst mit einem technischen Gegenstand zu tun, der an sich noch keinen Bildungswert besitzt. Damit dieser entwickelt werden kann, müssen die Kontexte, Wirkungen, Funktionsprinzipien des Roboters ermittelt werden. Der Industrieroboter werkelt seit über 60 Jahren in den Werkhallen vornehmlich der Automobilindustrie: Warum kam man lange ohne seine detaillierte Behandlung der Robotik in der *allgemeinbildenden* Schule aus und was macht sie nun zum so dringlichen Thema, dass die Landesregierung Millionen dafür aufbringt, sie nun zum Unterrichtsgegenstand zu machen?

In der *beruflichen* Schule sieht das etwas anders aus. Da Roboter ohne die Betreuung durch menschliche Fachkräfte nicht zu haben sind, gehört das Thema schon länger zum Kanon der beruflichen Schulen.

Im Folgenden wird der Schwerpunkt auf die allgemeinbildenden Schulen gelegt und es wird aus der Perspektive der allgemeinbildenden Technikdidaktik argumentiert. Dies kann aber gerne auch auf die beruflichen Schulen ausgedehnt werden.

1.1.1 Einleitung: Warum jetzt Roboter und Robotik in der Schule?

Unser Projekt führt den Begriff Robonatives im Titel und das verweist in Analogie auf digital Natives auf eine Generation, die mit Robotern aufgewachsen ist. Damit sind aber keineswegs die heute über 60-Jährigen gemeint (der erste Industrieroboter Unimate wurde 1961 in Betrieb genommen), sondern, sondern, Menschen, die Robotern ohne falsche Vorbehalte und Ängste gegenüber treten und mit ihnen zielgerichtet zusammenarbeiten können.

Die häufigste Form des mit Menschen kooperierenden Roboters ist aktuell noch der Industrieroboter, vor allem der sogenannte Cobot. Von ihm allein sind aber keine revolutionären Umbrüche zu erwarten, sondern weitere Schritte auf seiner inzwischen über sechzigjährigen Evolution. Aber sicherlich hat die Stiftung recht, wenn darauf hingewiesen wird, dass der Umkreis der Personen, die mit Robotern arbeitet, sich deutlich vergrößern hat. Arbeiten meint hier beides: sowohl Kooperation mit dem Roboter im Sinne des synchron und asynchron miteinander Arbeitens als auch Programmierung des Roboters, was bislang eher Sache von Spezialisten war, aber nun zur Arbeitsaufgabe von Nicht-Spezialisten wird. Insofern ist es auch völlig legitim, auf einen vorurteilslosen Umgang mit Robotern vorzubereiten.

Die eigentliche Revolution der Roboter wird aber erst noch kommen, allerdings zeichnet sie sich schon in ersten Umrissen ab: Roboter im Straßenbild und im Alltag. Ein Roboter wie z. B. Digit, der als Paketträger konstruiert ist und Pakete aus einem Lager oder von einem autonomen Auslieferungsfahrzeug bis zur Haustür bringen kann, wird inzwischen auf dem Markt angeboten¹. Spot, ein Roboter der Firma Boston Dynamics, wurde z. B. von der Polizei in Nordrhein-Westfalen angeschafft und kam nach dem dramatischen Großbrand in Essen zum Einsatz². Er wird auch für Routineinspektionen in Industrieanlagen (z. B. Ölplattformen³) eingesetzt, die er selbstständig erledigt⁴ oder für die Überwachung des Raketenstartgeländes von Space X⁵.

Die großen Fortschritte in der Erkennung der realen Umwelt, der Wahrnehmung von Menschen und ihren Gefühlen und der Erzeugung von Sprache mit Hilfe der KI führen fast im monatlichen Rhythmus zu neuen Meldungen über Fortschritte, von denen allerdings viele auch mit Vorsicht zu genießen sind.

1 <https://www.theverge.com/2020/1/6/21050322/bipedal-robot-digit-agility-robotics-on-sale-delivery-inspection-ces-2020>

2 <https://www.feuerwehrmagazin.de/nachrichten/roboter-hund-erkundet-brandruine-113412>

3 <https://edison.media/digital/kuenstlicher-hund-ueberwacht-oelplattform/25200923/>

4 <https://www.energy-robotics.com/industries-page>

5 <https://www.youtube.com/watch?v=aajbF07xwBM>

1.1.2 Bildungsziele

Roboter ziehen Aufmerksamkeit auf sich. Sie sind für viele SuS sehr attraktiv und wenn man ihnen die Möglichkeit bietet, sie für eigene Projekte einzusetzen, werden sie begeistert genutzt. Auch ein Roboter wie z. B. der Dobot, zieht diese Aufmerksamkeit auf sich und dieses Interesse lässt sich für die Bildungsarbeit nutzen.

Um Szenarien für das Thema Roboter vorzubereiten, sollen im Folgenden einige Bildungsziele entwickelt werden. Sie sind nicht im Sinne einer Prioritätenliste zu lesen und auch nicht im Sinne eines vollständig abzuarbeitenden Programms. Vielmehr soll es darum gehen, die verschiedenen Ebenen unterrichtlichen Arbeitens kohärent zu vernetzen und auszurichten. Wie sie in unterrichtlichen Settings aufgegriffen und umgesetzt werden können, wird an konkreten Beispielen demonstriert.

Bildungsziel 1: Aufgeklärter Umgang mit Robotern

Humanoide Roboter, wie z. B. Amica¹, sind auf dem Vormarsch und werden in den nächsten Jahren das Bild des Roboters in der Öffentlichkeit nachhaltig prägen. Und deswegen ist ein zentrales Bildungsziel in Bezug auf Roboter die Unterscheidung zwischen Fake und Wirklichkeit. Gerade weil das Internet nur so überquillt von Fake-Meldungen auch in Bezug auf Roboter, ist es notwendig, dass SuS erlernen, wie man sich ein halbwegs verlässliches Bild über Roboter machen kann: Welche Quellen sind vertrauenswürdig? Wie kann man Videos prüfen? Ist das, was gezeigt wird, mit dem Stand der Technik vereinbar?

Bildungsziel 2: Unterscheidung zwischen Phantasie und Wirklichkeit

Die meisten Roboter, mit denen SuS in Berührung kommen, sind Phantasieprodukte in Filmen, Computerspielen und weiteren Medien. Das bedeutet aber nicht, dass sie für Bildungsaufgaben vernachlässigbar sind. Denn sie prägen Vorstellungen, Ängste und Erwartungen von SuS und ein guter Unterricht sollte dies aufnehmen. Vor diesem Hintergrund empfiehlt es sich, aktuelle Videos über Roboter (reale und phantastische) anzusehen und zu diskutieren. Das Ziel im Unterricht sollte sein, Strategien des Umgangs mit realen und phantastischen Robotern zu entwickeln.

Das Ziel des Unterrichts sollte u. a. sein, dass man auf die Anforderungen an die Robotertechnik zu sprechen kommt. Wie wird es technisch möglich gemacht, dass ein Roboter greifen und laufen kann, Aufgaben erledigt und unvorhergesehene Situationen meistert? Die beste Art, sich davon ein Bild zu machen ist es, selbst einen Roboter zu programmieren und ein Szenario seines Einsatzes zu entwickeln.

Bildungsziel 3: Den Roboter kennenlernen und durchschauen (der Roboter als Lerngegenstand und als Modell)

In der Anfangsphase werden SuS sich genauso wie die LuL mit dem Roboter als Lerngegenstand auseinandersetzen. Auf der einen Seite geht es darum, einen konkreten Roboter (z. B. den Dobot) in Betrieb zu nehmen und ihn dazu zu bringen, dass er das tut, was er tun soll. Dieser konkrete Roboter soll dabei als Modell für Roboter stehen, d. h. was man am konkreten Roboter lernt, lässt sich auch an Robotern der Praxis wiederfinden. Der Dobot z. B. kann dabei als Modell für Industrieroboter stehen, aber nur eingeschränkt für Serviceroboter. Die Frage, was an dem Dobot Modellcharakter hat und was identisch mit echten Robotern ist, ist dabei zu klären.

Der Roboter als Modell

Ein Roboter wie der Dobot hat alle Eigenschaften, die einen echten Industrieroboter auszeichnen. Nach Herstellerangaben wird eine nur geringfügig erweiterte Ausführung als echter Roboter in der Produktion verwendet. Das macht ihn zu einem guten Modell, an dem alle wichtigen Eigenschaften eines Industrieroboters studiert werden können. An ihm kann man vieles über Kinetik, Mechanik, Antrieb, Sensorik, Aktorik und Programmierung sowie Steuerung lernen. Die Übertragung des Gelernten auf echte Industrieroboter ist weitgehend möglich, der Dobot ist tatsächlich die „abgespeckte“ Version eines echten Industrieroboters.

¹ <https://www.golem.de/news/ameca-roboter-angeschaut-der-bislang-am-wenigsten-gruselige-roboter-2201-162256.html>

Übertrag und Transfer auf reale Roboter

1.1

Die Vielfalt der realen Industrieroboter kann weitestgehend nur durch Medien in den Unterricht geholt werden, z. B. durch Videos und Fotos. Es bietet sich an, eine Exkursion z. B. in ein Unternehmen der Umgebung zu unternehmen, um sie in der Realität kennenzulernen. Durch den immer weiter ausgreifenden Einsatz von Robotern in der Industrie, findet man sie nicht nur in der Automobilindustrie, sondern z.B. Delta-Roboter in der Nahrungsmittelproduktion zum Abpacken von Keksen, Scara-Roboter in der pharmazeutischen Industrie oder auch Gelenkarmroboter in der Logistik in fast allen Industriebereichen.

Mit den medialen Repräsentationen kann ihr Einsatz in der Produktion gut anschaulich gemacht werden, im Internet gibt es dazu sehr viel Material. Aber um sich die Bedeutung der Roboter zu erschließen, müssen SuS sich intensiver mit ihrer Entwicklung beschäftigen, Vergleiche ziehen und Konsequenzen erörtern. Ein solcher Unterricht hätte ökonomische und politische Aspekte zu klären, denn die Automobilindustrie, zumal in Niedersachsen, ist ein immenser politischer Faktor. Um aber die Verwendung von Robotern in der Produktion nicht einfach nur anzusehen, sondern auch zu erschließen, kommt man nicht umhin, sich mit dem Thema Produktionstechnik zumindest in den Grundzügen zu beschäftigen.

Da der Unterricht unter Einbeziehung von Robotern in sehr verschiedenen Fächern stattfinden kann, braucht es ein flexibles Angebot an Materialien, die ggf. nach Anpassung an die eigenen Unterrichtsziele einsetzbar sind.

Beispiele für die verschiedenen möglichen Materialien:

1. Einführungslehrgang in die Inbetriebnahme und den Einsatz des Dobot (ggf. auch anderer Roboter)
2. Thematische Bausteine mit Informationen und Bezügen zum Thema, die in verschiedenen Unterrichtseinheiten nutzbar sind:
 - a. Grundlagen des Roboters (Antrieb, Mechanik, Kinetik, Sensorik, Aktorik, Steuerung und Regelung)
 - b. Geschichte des Roboters und seines Einsatzes
 - c. Überblick und Systematik von Robotern
 - d. Roboter in Fantasie, Literatur, Film und Computerspielen
 - e. Beispiele von aktuellen Robotern und solchen, die in den kommenden Jahren in die Alltagswelt vordringen werden (Serviceroboter, Pflegeroboter, Haushaltsroboter)
3. Beispielhafte Unterrichtseinheiten, in denen der Aufbau einer Unterrichtseinheit unter Verwendung von Lehrgängen und thematischen Bausteinen gezeigt wird.

Viele dieser Materialien sind in dem laufenden Projekt bereits realisiert worden.

Bildungsziel 4: Die Technik des Roboters für eigene Ziele einsetzen (der Roboter als Werkzeug)

Komplexe Technik tritt den Schülerinnen und Schülern oft als Black Box gegenüber, in der Informatik gibt es mit dem EVA-Prinzip eine darauf basierende Methode, mit der das komplizierte Innenleben von informationsverarbeitenden Systemen auf das Verhalten von Input zu Output reduziert werden kann. Gleichzeitig verlieren technische Systeme damit einen sinnlich anschaulichen Zugang für das Verstehen, weil Ein- und Ausgabe nur noch in einem abstrakten, rein logischen Verhältnis zueinanderstehen.

Durch das Programmieren des Dobot kann ein wenig Licht in die Blackbox gebracht werden. Wenn erst einmal der Zusammenhang zwischen Sensorik und Aktorik in einem eigenen Programm verwirklicht ist, werden auch mit den Fehlern, die der Dobot damit anfangs zwangsläufig macht, Einsichten in die Robotik und die Erfahrung vermittelt, dass die Robotertechnik kein Buch mit sieben Siegeln ist. Denn die Fehler kann man beheben und nach kurzer Zeit tut der Roboter das, was man von ihm will.

Die Beschäftigung mit Robotern, wie dem Dobot, fordert SuS in Gebieten heraus, die einen wichtigen Teil der technischen Bildung ausmachen: Seine technischen Abläufe können so durchschaut werden, dass eigene Aufgaben mit ihm bearbeitet werden können und er damit als Werkzeug für die eigenen Ziele eingesetzt werden kann. Wenn SuS lernen, den Dobot für ein eigenes Projekt zu programmieren, liefert dies wertvolle Einsichten in das Innere der Blackbox. In diesem handelnden Umgang mit einem Roboter werden Vorstellungen über Möglichkeiten und Grenzen eines Roboters und die Voraussetzungen ihrer Verwirklichung erworben, auf denen weiterer Unterricht zur Aufklärung von Mythen und Darstellung der Wirklichkeit von Robotern anknüpfen kann.

Bildungsziel 5: Wirkungen des Einsatzes von Robotern auf die Gesellschaft erkennen

Roboter entstehen nicht von selbst, sondern werden gemacht. Welche Ziele werden mit ihnen verfolgt? Die Roboter, die bislang die größte Wirkung auf die Gesellschaft hatten, sind Industrieroboter. Ohne sie wären z.B. Autos wesentlich teurer oder sehr viel einfacher. Sie hätten nicht die Qualität, die sie heute haben und die Ausstattungsvielfalt wäre erheblich geringer. In der Produktion von Autos fänden sich sehr viel mehr Arbeitsplätze, die von den Arbeiterinnen und Arbeitern einiges abverlangen und zu Gesundheitsbelastungen führen würden. In der Lackiererei z. B. muss kein Mensch mehr die belastete Luft atmen, da es dort während des Lackierens nur noch Roboter gibt. Die bisherigen Roboter sind klar den ökonomischen Zielen der Unternehmen zuzuordnen, die Roboter im großen Stil zur Rationalisierung der Produktion einsetzen.

Doch das Aufkommen der Serviceroboter verändert diese Situation. Statt in der Produktion findet man bald viele Roboter in Bereichen wie Logistik, Hotels und Restaurants, Museen, Pflegeeinrichtungen und auch im häuslichen Bereich finden. Vereinzelt ist dies jetzt schon der Fall. Sie werden mit den Menschen kommunizieren, teilweise wird das sogar ihre Hauptaufgabe sein, oder Dienstleistungen für ihn erledigen. Das wird viele ethische Fragen aufwerfen, von denen einige auch von großer Bildungsrelevanz für die Schule sein werden. In unseren technischen Seminaren an der Universität wurden lebhafte Diskussionen von den Studierenden darüber geführt, ob Service-Roboter in Pflegeeinrichtungen eingesetzt werden sollen, um Pflegekräfte einzusparen. So wurde beispielsweise die Vorstellung, dass alte Menschen von Robotern gefüttert werden sollen, als inhuman verurteilt.

Übergreifende Bildungsziele

Wie eingangs bemerkt, stellt sich aus der Perspektive der Didaktik auch immer die Frage: Welche Ziele lassen sich mit einem Thema erreichen? Ist es das Ziel, dass Schülerinnen und Schüler am Ende ihrer Schullaufbahn wissen, wie der Dobot funktioniert und wie man ihn programmiert? Es bietet sich an, eine Analogie zu ziehen, z. B. zur Didaktik der Biologie: Müssen Schülerinnen und Schüler notwendigerweise am Mikroskop ausgebildet werden? Die Antwort muss sicherlich „Nein“ lauten, wenn die Notwendigkeit auf den Wert für das spätere Leben bezogen ist, denn nur die wenigsten von ihnen werden später ihren Arbeitsalltag vor dem Mikroskop bestreiten. Doch das Mikroskopieren ist mehr, als die Bedienungselemente des Mikroskops kennenzulernen, seine Anwendung und das Präparieren der Objektträger. Der Blick durchs Objektiv erschließt eine Welt, die vorher nicht wahrgenommen wurde. Gerade, wenn die Proben von SuS selbst gezogen wurden, z. B. aus einem Tümpel in der Nähe der Schule und sie die Probe als Repräsentanten des Tümpels anerkennen, erfährt das Bild im Mikroskop eine Bedeutung, die entsprechende Abbildungen im Schulbuch nicht leisten können. Zusammen mit anspruchsvollen Aufgaben, wie z. B. dem Vergleich unterschiedlicher Proben und der Erkenntnis des Zusammenhangs zwischen naturnahen Tümpeln und einer großen Vielfalt im Mikroskop wird dieses zu einem Werkzeug der Erkenntnis für die SuS.

Auch für den Dobot lassen sich vergleichbare Bildungsziele festmachen. In einer Welt, die von Bits und Bytes beherrscht wird, kommt dem Verständnis über die grundlegende Funktionsweise des Dobots eine wichtige Funktion für das Verständnis der realen Welt zu. Sein Einsatz als Werkzeug der SuS ermöglicht ihnen ein Verständnis für die reale Roboterwelt.

Der Dobot als Vertreter der Digitalisierung

Dass der Dobot in einem gesellschaftlichen Verhältnis steht, dürfte aus den vorangegangenen Ausführungen deutlich geworden sein. Neben einem aufgeklärt-kritischen Umgang mit der Thematik und dem Erlernen informationstechnologischer Grundlagen am Beispiel des Dobots steht dieser auch als Vertreter der Digitalisierung im Fokus des didaktischen Interesses. Immerhin findet das Projekt „Robonatives“ im Rahmen des Masterplans Digitalisierung statt. Das ist erklärungsbedürftig, denn für Schülerinnen und Schüler ist erst einmal nicht ersichtlich, was der Dobot mit dem zu tun hat, was sie vielleicht unter Digitalisierung verstehen: das Smartphone, soziale Netzwerke, KI und Smart Home. Der Aspekt der Digitalisierung hat in der Robotik insbesondere im Zusammenhang zur Industrie 4.0 und der vernetzten Produktion eine große Rolle inne.

Digitale Kompetenzen umfassen dem DigComp, dem Europäischen Referenzrahmen für digitale Kompetenzen,¹ nach nicht nur jene Fertigkeiten und Kenntnisse, die man braucht, um z. B. eine Mail zu schreiben oder eine Suchmaschine zu nutzen, sondern u. a. Datenkompetenzen, Kompetenzen für das Gestalten und Erzeugen digitaler Inhalte sowie solche, die mit Sicherheitsaspekten und Problemlösen assoziiert sind. Die KMK hat dies in ihrem Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“² in sechs Kompetenzfelder umgesetzt, von denen hier insbesondere Kompetenzfeld 5 „Problemlösen und Handeln“ sehr gut passt. Die Beschäftigung mit dem Dobot kann diesbezüglich wichtige Impulse geben, um in den verschiedenen Bereichen des Referenzrahmens zu einer Entwicklung bei den Schülerinnen und Schülern zu führen.

1 <https://digcomp.enterra.de/europaeischer-referenzrahmen-digcomp.html>

2 https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf

1.1.3 Robotik im Technikunterricht: Einordnung und curriculare Rahmenvorgaben

Dani Hamade, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Die Thematisierung der Robotik im Unterricht stellt ein anspruchsvolles Unterfangen dar. Man bedenke alleine die Tatsache, dass die Robotik das gesamte Wissensgebiet der Roboter und ihrer Technik repräsentiert (vgl. Haun, 2013, S. 15). Anders als bei naturwissenschaftlichen Fragen, welche sich mit Kausalitäten beschäftigen, ist die Technik auf die finale Zweckursache ausgerichtet, was es bereits erschwert, einen theoretischen Rahmen als Grundlage für die Unterrichtsplanung auszumachen. In diesem Zusammenhang ist es insbesondere die Vielfalt an Robotern, sowie der anhaltende, technologische Fortschritt auf dem Gebiet der Robotik (vor allem auch in Verbindung mit der künstlichen Intelligenz), welche es zu erschweren scheinen, eine Eingrenzung und somit auch die Implementierung der Robotik unter Berücksichtigung verschiedener Roboterarten in den Unterricht vorzunehmen. Im Hinblick auf Industrieroboter ist mit dem Dobot hingegen ein System gegeben, welches überschaubar ist und sich angemessen in theoretische, aber auch diverse lebensweltbezogene Kontexte setzen lässt. Nicht zu vernachlässigen sind hierbei allerdings die Grenzen, die dem System gesetzt sind, wenn es darum geht, Wirklichkeitsbezüge zu Industrierobotern herzustellen. Es muss also herausgestellt werden, was den Modellcharakter des Dobots ausmacht.

Damit die Frage der Praxis, also des Unterrichts zur Robotik geklärt werden kann, muss man sich allerdings zunächst mit den übergeordneten Zielen auseinandersetzen, die man mit der Integration der Robotik in den Unterricht verfolgen sollte. Das übergeordnete Ziel sollte es, wie in den vorangestellten Abschnitten bereits hervorgehoben, sein, Schülerinnen und Schüler dazu zu befähigen, mit digitalen Systemen, worunter im Kontext des Projektes auch Roboter einzuordnen sind, selbstbestimmt umzugehen. Das Projektziel steht hierbei in Analogie zu der 2016 erstellten „Dagstuhl-Erklärung“, in welcher eine umfassende Betrachtungsweise solcher Systeme für den selbstbestimmten Umgang damit, vorausgesetzt wird (vgl. Gesellschaft für Informatik, 2016, S. 1).

*„Bildung in der digitalen vernetzten Welt (kurz: Digitale Bildung) muss aus **technologischer, gesellschaftlich-kultureller und anwendungsbezogener Perspektive** in den Blick genommen werden.“* (Gesellschaft für Informatik, 2016, S. 1).

Die dort erklärten Ziele weisen ebenfalls Synergien mit den fachdidaktischen Perspektiven im Hinblick auf den Technikunterricht auf. Nach dem mehrperspektivischen Verständnis des Technikbegriffs, darf die rein technologische Perspektive auf technische Artefakte und somit auch auf Roboter nicht allein im Mittelpunkt stehen und muss erweitert werden. Vielmehr wird ein anthropozentrisches Bild der Technik deutlich, in welcher Technik in enger Wechselwirkung mit dem Menschen steht. Technikunterricht umfasst demnach viele Perspektiven, was voraussetzt, dass unter anderem auch Ambivalenzen von Technik in den Vordergrund gerückt werden (vgl. Schmayl, Wilkening, 1995, S. 70 ff.). Die Zusammenführung mehrerer Wirkungsdimensionen im Kontext des Technikbegriffes geht demnach mit der Notwendigkeit einher, sowohl die technologische als auch die gesellschaftlich-kulturelle und anwendungsbezogene Perspektive auf Technik zum Gegenstand des Unterrichtes zu machen. Die Überführung der verschiedenen Wirkungsdimensionen von Technik in den Unterricht ist also unabdingbar, damit Schülerinnen und Schüler selbstbestimmt handeln können.

Was bedeutet das nun für die Thematisierung der Robotik? Die einzelnen übergeordneten Perspektiven wurden in den diesem Abschnitt vorangestellten Bezügen zu den Bildungszielen bereits weitestgehend herauskristallisiert. Im Folgenden sollen diese Aspekte in den Vordergrund gerückt und eine systematische Analyse curricularer Gegebenheiten vorgenommen werden, sodass eine Praxistauglichkeit im Kontext der unterrichtlichen Rahmenvorgaben bei gleichzeitiger Berücksichtigung einer mehrperspektivischen Herangehensweise hergestellt werden kann.

Eine Grundvoraussetzung für die Arbeit mit Robotern wie beispielsweise dem Dobot, ist der sichere Umgang mit den Robotik-Systemen. Wird der sichere (und pflegsame) Umgang mit den Systemen im Unterricht konkret vermittelt, so ist im Hinblick auf die Berührungsängste eine Hürde genommen und ein Schritt in Richtung des selbstbestimmten Umgangs geleistet. Dieser Gesichtspunkt ist in den curricularen Vorgaben mit dem ersten Handlungsbereich und dem dort aufgeführten Themenfeld „Sicheres Arbeiten mit Werkzeugen und Maschinen“ abgedeckt (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium, 2012, S. 13 f.). Aus allen dort aufgeführten Kompetenzbereichen sind hierbei verschiedene Ziele auf die Arbeit mit Robotern adaptierbar. So sollten Schülerinnen und Schüler im Bereich des Fachwissens die Funktionsteile des Roboters benennen und beschreiben können (z.B. Endeffektoren oder Schrittmotoren), die Handhabung der Roboter beschreiben können (z. B. die Entriegelung der Motoren zur manuellen Führung des Roboterarmes) und schlussendlich auch Sicherheitsregeln benennen können (z.B. Quetschgefahr am Roboterarm) (vgl. ebd.). Im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung steht im Zusammenhang zur Arbeitssicherheit, dass Schülerinnen und Schüler Gefahrenpotenziale der Roboter erklären können (z.B. bei der Einbindung des 3D-Druck-Moduls beim Dobot). Gleiches gilt auch für den Kompetenzbereich der Beurteilung und Bewertung, in welchem angestrebt ist, dass sich Schülerinnen und Schüler mit den Sicherheitsregeln der Roboter auseinandersetzen (also keine reine Benennung). (vgl. ebd.). Weiterführend kann im Themenfeld „Planen, Konstruieren und Herstellen“ Bezug zum dort aufgeführten, planvollen Handeln genommen werden (vgl. ebd., S. 14). Besonders vor der Einrichtung aufwendigerer Produktionslinien, in welchen mehrere Roboter zum Einsatz kommen, ist es von großer Bedeutung, dass Schülerinnen und Schüler die Arbeitsabläufe und die dazugehörige Arbeitsorganisation planen.

Ein weiterer Aspekt, welcher in der Auseinandersetzung mit Robotern in den Vordergrund rückt und der technologischen Perspektive unterzuordnen ist, ist der der Antriebstechnik. Will man tiefer in die Technik von Robotern eindringen und sich mit den verschiedenen Antriebssystemen auseinandersetzen, die in der Robotik zum Einsatz kommen, so kann man sich auf den zweiten Handlungsbereich „Energie und Technik“ und das sich darin befindende Themenfeld „Antriebssysteme“ beziehen (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium, 2012, S. 17). Auf eine Auflistung einzelner zu verfolgender Ziele aus den drei Kompetenzbereichen wird für diesen Bereich aus platzökonomischen Gründen allerdings verzichtet.

Der Handlungsbereich drei „Information und Kommunikation“ des Curriculums ist jener, welcher für die Auseinandersetzung mit der Robotik im Mittelpunkt steht. Insbesondere stechen hier die Themenfelder „Steuern und Regeln“, „Daten verarbeiten – digitale Schaltkreise“ und „Die Computer automatisieren technische Prozesse“ hervor (vgl. ebd., S. 20). Hier tritt auch die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive im Hinblick auf die Robotik in den Vordergrund, nämlich dann, wenn Schülerinnen und Schüler die Auswirkungen der Digitalisierung und computergesteuerter Prozesse auf die Arbeits- und Lebenswelt bewerten und beurteilen (vgl. ebd., S. 21 f.). An dieser Stelle ist auch an die Berufsorientierung als Querschnittsaufgabe aller Fächer zu erinnern. So sollte bei der Diskussion der Auswirkungen der Robotik im Zusammenhang zur Arbeitswelt nicht auf den Bezug zu den Berufen verzichtet werden, bei denen die Robotik eine Rolle spielt und es sollten Möglichkeiten der Aus- und Weiterbildung auf dem Gebiet aufgeführt werden (siehe hierzu zum Beispiel Abschnitt Robotik im berufsbildenden Bereich).

Auch die anwendungsbezogene Perspektive tritt in diesen Handlungsbereichen auf, beispielsweise dann, wenn Schülerinnen und Schüler beschreiben, wie eine Serienfertigung computergestützt eingerichtet werden kann (vgl. ebd., S. 22). Es ließen sich aus diesem Handlungsbereich noch unzählige Kompetenzen im Hinblick auf die technologische Perspektive aufführen, die im direkten Zusammenhang zur Robotik stehen (z. B. die Entwicklung von Programmen zur Steuerung und Regelung oder die Erklärung der Wechselwirkungen zwischen Sensorik und Aktorik), welche hier allerdings nicht alle im Einzelnen aufgeführt werden. Vielmehr sollte mit dieser Analyse der curricularen Vorgaben ein Einblick in mögliche Anknüpfungspunkte für den Technikunterricht unter Berücksichtigung der verschiedenen Wirkungsdimensionen gegeben werden. Zuletzt ist noch anzuführen, dass Roboterarme im Curriculum auch konkret für das Themenfeld „Die Computer automatisieren technische Prozesse“ genannt werden (vgl. ebd., S. 34). Wie sich allerdings gezeigt hat, ist die Robotik an weitaus mehrere Handlungsfelder anknüpfungsfähig. Denkt man alleine an die Gestaltung vieler Roboter, so ließe sich zum Beispiel auch der Handlungsbereich vier mit dem Themenfeld der Bionik adaptieren, da viele Roboter die belebte Natur zum Vorbild haben.

Literatur

Haun, M. (2013): *Handbuch Robotik. Programmieren und Einsatz intelligenter Roboter. 2. Auflage*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

Gesellschaft für Informatik (2016): *Bildung in der digital vernetzten Welt. Eine gemeinsame Erklärung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars auf Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH*. Online abgerufen unter: https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf (zuletzt geprüft am: 24.04.2023).

Niedersächsisches Kultusministerium (2012): *Kerncurriculum für die Oberschule Technik*. Online abgerufen unter: <https://cuvo.nibis.de/index.php?p=download&upload=25> (zuletzt geprüft am: 24.04.2023).

Schmayl, W., Wilkening, F. (1995): *Technikunterricht. 2. überarbeitete Auflage*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. Online abgerufen unter: <https://dgtb.de/wp-content/uploads/2020/04/Schmayl-Wilkening-Technikunterricht.pdf> (zuletzt geprüft am: 24.04.2023).

1.1.4 Anknüpfungspunkte für den Informatikunterricht in Sek. I laut Kerncurriculum

Jan Landherr, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Janzen et al. (2015) haben in einer Studie im Regierungsbezirk Münster untersucht, weshalb Schülerinnen und Schüler das Fach Informatik nicht wählen und sind hierbei darauf gestoßen, dass andere Fächer attraktiver zu sein scheinen und dass Desinteresse an Computer dazu führt, dass das Fach nicht belegt wird. Peters et al. (2018) vermuten, dass „[...] die curricularen Fragestellungen der Informatik für die Schülerinnen und Schüler nicht ansprechend [sind]“. Gleichzeitig legen Studien nahe, dass die Thematisierung von Robotern im Informatikunterricht eine motivierende Wirkung auf die Lernenden haben kann (Peters et al. nennen hier Samuelsen et al. (2009), Çankaya et al. (2017) und Chetty (2015)) und dass das Fach dadurch auch für Schülerinnen und Schüler, die das Programmieren scheuen, attraktiver gestaltet werden könnte. Damit also die Brücke zwischen curricularen Fragestellungen und motivierendem, attraktiv gestaltetem Unterricht durch den Einsatz von Robotern geschlagen werden kann, wird im Folgenden Abschnitt eine curriculare Einordnung der Robotik vorgenommen.

Für den Sekundarbereich I werden im Kerncurriculum für das Fach Informatik in vier Lernfelder die inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen zusammengeführt: *Daten und ihre Spuren, Computerkompetenz, Algorithmisches Problemlösen* und *Automatisierte Prozesse*. Im Folgenden werden diejenigen Kompetenzen zitiert, die sich als anknüpfungsfähig erweisen, um das Thema Robotik im Unterricht zu behandeln, da sich nur in zwei Kompetenzformulierungen ein direkter Hinweis auf das Thema Roboter/ Robotik finden lässt.

Der Begriff des Algorithmus ist wesentlicher Bestandteil der Informatik, seine Vermittlung daher ein zentrales Ziel des Informatikunterrichts an allgemein bildenden Schulen. Ausgehend von dieser Leitidee haben Wiesner und Brinda in einer Fallstudie untersucht, inwiefern sich algorithmische Grundstrukturen mithilfe robotischer Systeme im Unterricht vermitteln lassen (Vgl. Wiesner u. Brinda 2007). Besondere Schwierigkeit dabei sei die zeitintensive Einarbeitung, die die Lehrkraft zu tätigen habe, bevor die Schülerinnen und Schüler, z. B. mit komplexen Programmiersprachen einfache algorithmische Abläufe entwerfen und codieren können. Das Ausweichen auf leichte oder grafische Programmiersprachen scheint hierbei eine Möglichkeit zu sein, den Abstraktionsgrad zu verringern. Ebenso scheint es von Vorteil zu sein, einen Praxisbezug und handlungsorientierten Unterricht als Ausgangspunkt zu wählen und reale technische Systeme in den Mittelpunkt zu stellen (Vgl. ebd. 114). Im Lernfeld *Algorithmisches Problemlösen* eignen sich daher folgende Kompetenzaussagen als Bezugspunkte für das Projekt Robonatives:

Die Schülerinnen und Schüler...

- *stellen einen gegebenen Algorithmus in einem Struktogramm dar. (Vertiefung)*
- *interpretieren ein vorgegebenes Struktogramm (Vertiefung)*
- *benennen Anweisung, Sequenz, Schleife und Verzweigung als elementare Kontrollstrukturen (Basis)*
- *entwickeln und implementieren einen Algorithmus in einer grafischen Programmiersprache auf experimentelle Weise (Basis)*
- *entwerfen einen Algorithmus unter zielgerichteter Verwendung der elementaren Kontrollstrukturen (Vertiefung)*

Der Fokus dieses Lernfeldes liegt klar auf der Analyse eines vorgegebenen Problems und dessen Lösung durch einen geeigneten Handlungsablauf. Die Schülerinnen und Schüler sollen hierbei das algorithmische Problemlösen und dessen elementare Prinzipien kennen und anwenden lernen. Dieses Lernfeld abstrahiert noch stark von der konkreten Umsetzung, zum Beispiel durch das Programmieren eines Bewegungsablaufs eines Roboters, sodass hier vielfältige Implementierungsmöglichkeiten denkbar sind.

Für das Projekt Robonatives ist die Verknüpfung des dritten mit dem vierten Lernfeld von Bedeutung, da es hier um *Automatisierte Prozesse* geht. Auf der einen Seite kann das Thema Robotik hier als exemplarischer Vertreter einer Fertigungstechnik behandelt werden:

Die Schülerinnen und Schüler...

- *erläutern Möglichkeiten der Anwendung von robotergestützten Systemen (Basis)*
- *benennen Typen von Sensoren, Aktoren und Verarbeitungskomponenten von technischen Geräten und ordnen sie der Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe zu (Basis)*
- *lesen Sensoren aus und steuern Aktoren an (Basis)*
- *beschreiben die einzelnen Schritte beim Ablauf eines automatisierten Prozesses (Vertiefung)*
- *nennen gesellschaftliche Konsequenzen des Einsatzes automatisierter Prozesse, z.B. in der industriellen Produktion (Vertiefung)*

Auf der anderen Seite können die erarbeiteten algorithmischen Lösungsentwürfe in die Praxis überführt werden.

Die Schülerinnen und Schüler...

- *entwickeln einen Algorithmus zur Steuerung eines einfachen Informatiksystems (Vertiefung)*

Keine Berücksichtigung finden Kompetenzaussagen, die die technische Seite robotischer Systeme thematisieren, z. B. Aufbau und Funktionsweise von Aktoren, Sensoren und mechanischen Komponenten. Zudem müssen mehrperspektivische Betrachtungsweisen, etwa zur Rolle von Robotik im industriellen Produktionsprozess oder zu verschiedenen Einsatzgebieten in Anwendungskontexten, ohne Verortung in den Lernfeldern auskommen.

Literatur

Çankaya, S.; Durak, G.; Yüncül, E. (2017): Education on Programming with Robots: Examining Students' Experiences and Views. In: Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry 10/2017.

Chetty, J. (2015): The notion of Lego© Mindstorms as a powerful pedagogical tool: Scaffolding learners through computational thinking and computer programming.

Janzen, I.; Thomas, M.; Angélica, Y. (2015): Wahlverhalten zum Schulfach Informatik in der SI - eine Studie im Regierungsbezirk Münster. In: Gallenbacher, J. (Hrsg.), Informatik allgemeinbildend begreifen. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 181-190). <https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/2006/181.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peters, L.; Fahrendorff, N.; Debeye, D.; Alt, D. (2018): Nutzung von Robotern im Informatikunterricht – ein Lösungsvorschlag. In: Becker, M. (Hrsg.), SKILL 2018 - Studierendenkonferenz Informatik. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 119-130).

Samuelson, D. A. H.; Graven, O. H. (2009): Low Cost Robots as Target System for Students Training Using Java. In: International Journal of Online Engineering.

Wiesner, B.; Brinda, T. (2007): Erfahrungen bei der Vermittlung algorithmischer Grundstrukturen im Informatikunterricht der Realschule mit einem Robotersystem. In: Schubert, S. (Hrsg.), Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis – INFOS 2007 – 12. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V. (S. 113-124). <https://cs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings112/gi-proc-112-010.pdf>