technik – education

1. Jahrgang

Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht

2|2021

www.tec-edu.net

tedu

tedu technik - education

1. Jahrgang
2|2021

Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht

https://tec-edu.net/tedu

HERAUSGEBER
Dr. Hannes Helmut Nepper
Armin Ruch, OStR
Prof. Dr. Lars Windelband

REDAKTION
Dr. Dierk Suhr

Mail
herausgeber@tec-edu.net

Anschrift
Pädagogische Hochschule Schw. Gmünd
Institut für Bildung, Beruf und Technik
Abteilung Technik
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
www.tec-edu.net

AUTOR*INNEN IN DIESEM HEFT
Samuel Benz
Sindi Dressnandt
Stefan Ginthum
Hannes Groß
Till Lohse
Jörg Ostertag
Sarah Ryser

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Herausgeber wieder.
Titelfoto: Armin Ruch

ISSN: 2748-2022

Inhalt

Grußwort der Herausgeber 2

Unterrichtsforschung
S. Ryser
Bildung für nachhaltige Entwicklung im technischen und textilen Gestalten 3

Unterrichtsforschung
J. Ostertag
Comicvignetten als fallbasierte Methode zur Sensibilisierung von Lehrkräften 12

Diskussionsbeitrag
tedu
Technik im Bereich Sonderpädagogik 21

Diskussionsbeitrag
S. Dressnandt & S. Ginthum
Learning by Making 23

Unterrichtspraxis
T. Lohse
Alternativen zum gekauften Bausatz 26

Unterrichtspraxis
S. Benz
Ein Trinkwasserspender für das Klassenzimmer 32

Unterrichtspraxis
H. Groß
Die App Blyk 40

Alternativen zum gekauften Bausatz

Synergien beim Einsatz des 3D-Druckers

Till Lohse

SCHLAGWORTE

3D-Druck
Bausätze
Robotik
Mikrocontroller
DIY

ABSTRACT

Der 3D-Druck hält Einzug in den allgemeinbildenden Technikunterricht. Doch die „neue" Technologie birgt einige Hürden. Oft fehlen Kenntnisse in der Bedienung oder der Aufbereitung von Bauteilen (Olk, 2018). Dieser Beitrag möchte anregen, den 3D-Drucker im allgemeinbildenden Technikunterricht einzusetzen. Zudem wird aufgezeigt, wie der 3D-Drucker synergetisch eingesetzt wird, um Alternativen für teure Komplettbausätze mit Hilfe des 3D-Druckers selbst herzustellen.

Interessante Technologie

Bis vor wenigen Jahren wurden die additiven Fertigungsverfahren nur zu industriellen Zwecken eingesetzt. Seither entwickelt sich diese Technologie stetig weiter und erstreckt sich inzwischen auch auf ein breites Anwendungsgebiet im privaten Bereich. Je weiter eine Technologie in die Lebensbereiche der Menschen vordringt, umso relevanter erscheint diese Technologie auch für die Thematisierung im allgemeinbildenden Technikunterricht. Doch wie kann es gelingen, eine neue Technologie wie den 3D-Druck in einem sich ständig wandelnden Umfeld wie dem Bildungssektor zu integrieren?

Probleme

Der Begriff 3D-Druck findet unter einer Vielzahl von Bezeichnungen wie Rapid Prototyping, Rapid Tooling, additiv manufactoring (AM) oder generative Fertigung Anwendung und beschreibt dabei eine Vielzahl von Fertigungsvarianten (Berger et al., 2019, S.9). Der Fertigungsprozess erfolgt in mehreren einzelnen Schritten, mit weiteren Technologien wie CAD Systemen. Abbildung 1 zeigt die Prozesskette, wie sie für einen allgemeinbildenden Technikunterricht aussehen könnte (Gebhardt et al., 2016, S.78).

Diese Darstellung eignet sich zum einen, den Produktlebenszyklus (PLC) im Unterricht zu thematisieren, aber auch um eine Vorstellung für die entstehenden Herausforderungen mit dem 3D-Druck ersichtlich werden zu lassen. Jeder einzelne Druck sowie das verwendete Material (Filament) benötigt eigene Druckeinstellungen und verursacht mögliche Problemfelder. Von der Idee und ersten Skizze bis hin zur Anwendung und der späteren Entsorgung, werden weitere Prozesse mit teils komplexen Technologien notwendig.

Aufschluss über die bestehende Problematik um den Einsatz von 3D-Druckern ergibt eine nicht repräsentative Umfrage im Rahmen einer Studienarbeit (Lohse, 2020).

Diese deutet darauf hin, dass die Ausstattung mit 3D-Technologie an Schulen noch nicht flächendeckend vorhanden ist. Von n=32 befragten Lehrkräften gaben lediglich zwei an, die technischen Voraussetzungen an ihrer Schule vorzufinden. Außerdem gaben 61% der Befragten auf die Frage nach bestehender Erfahrung an, überhaupt keine Erfahrungswerte vorweisen zu können.

Auch bei weiteren Technologien, wie dem Umgang mit einem CAD System, gaben immer noch 41% der befragten Techniklehrkräfte an, wenig Erfahrung im Umgang mit CAD Systemen zu haben. Dementsprechend fehlt es hier auch am Erfahrungspotenzial (Lohse, 2020, S25ff).

Was spricht für den 3D-Druck

Bei der aufgezeigten Komplexität hat der 3D-Druck aber

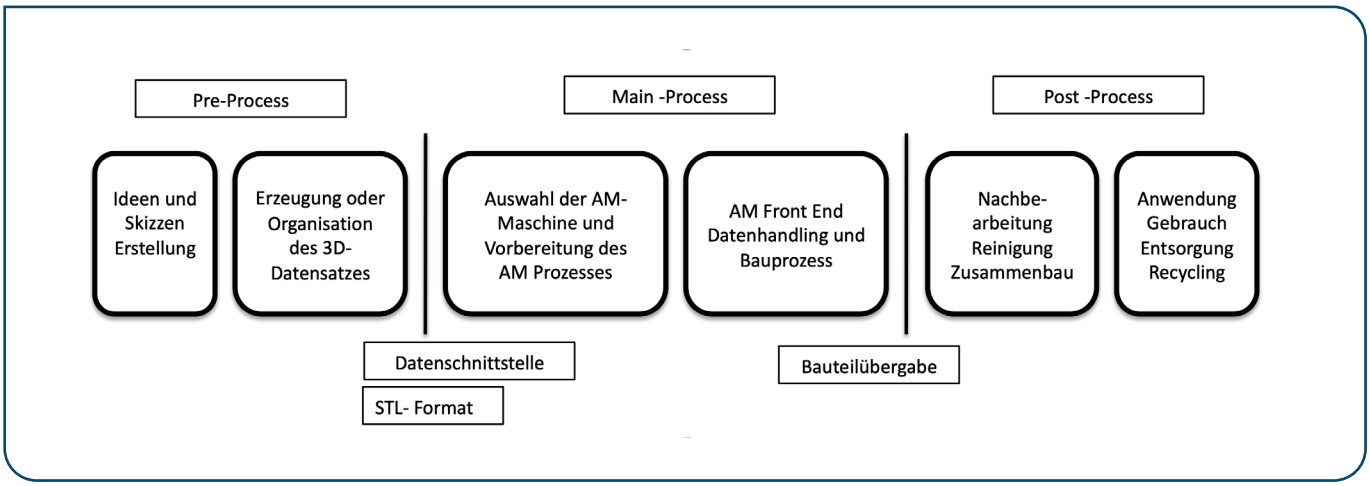

Abbildung 1: Prozesskette für den allgemeinen Technikunterricht (erweiterte eigene Darstellung nach Gebhardt et.al., 2016, S.78)

auch große Vorteile. Im Vergleich zum Einsatz von Fräsmaschinen im Technikunterricht verzeiht der 3D-Druck viele Fehler. Die Maschinen sind sehr bedienerfreundlich und dadurch in Schulen problemlos einsetzbar. Die Sicherheitsbestimmungen und die Lärmbelastung sind zudem vergleichsweise gering.

Von komplexen Zusammenhängen wie der Konstruktion von Bauteilen, der Umwandlung in druckfähige Daten und dem 3D-Druck an sich, gilt es sich nicht einschüchtern zu lassen (Lohse, 2020, S. 48ff). Um sich der Technologie zu nähern kann beispielsweise auf bestehende Datensätze zurückgegriffen werden. Zahlreiche Plattformen bieten inzwischen „open source" auch sehr gute Projekte für den Technikunterricht an (Gartner, 2011). Das Probieren am 3D-Drucker gehört zum Lernprozess dazu. Fehlerhafte Bauteile können sehr gut diskutiert werden und zu neuen, besseren Lösungen beitragen. Ein Beispiel dazu soll der zweite Teil dieses Beitrags zeigen.

Bausätze im Technikunterricht

Der Reiz, komplette Bausätze im Technikunterricht einzusetzen, ist groß aber auch viel diskutiert (Fletcher, 2018, S.43). Man erhält alle Einzelteile inklusive einer Bauanleitung sowie im Optimalfall eine didaktische Aufbereitung. Das Rundum-sorglos-Paket, so scheint es. Doch was, wenn die Schülerinnen und Schüler mit dem Bausatz nicht klarkommen oder die Bauanleitung fehlerhaft ist? Die Lehrkraft muss dann in der Lage sein, die Probleme zu erkennen und zu lösen. Man kommt als Lehrkraft daher nicht um eine sorgfältige Aufbereitung umher. Ambitionierte Bausätze sind häufig teuer, und im Anschluss an den Technikunterricht nicht mehr zu gebrauchen.

Diese Erfahrung machten Studierende für das Lehramt der Sekundarstufe 1 in einem Seminar zur Maschinentechnik an der PH Schwäbisch Gmünd. Ein Bausatz in Form eines ferngesteuerten Roboterarms, welcher über einen Arduino programmiert werden sollte, brachte die Teilnehmerinnen und Teilnehmer deutlich an ihre Grenzen. Die Anleitung auf Englisch sowie fehlende und defekte Bauteile machten das Projekt von Beginn an kompliziert. Dieser Bausatz für knapp 60 €, so war es die einheitliche Meinung der Seminargruppe, sei so für den Unterricht nicht zu gebrauchen. Eine sorgfältige Aufbereitung für den Einsatz an der Schule wäre daher unbedingt notwendig. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass der Einsatz von Bausätzen nicht automatisch zu einer Arbeitserleichterung für die Lehrkraft führt. Gleichzeitig stand aber auch die Erwartung im Raum, das relevante Thema des Roboterarms im Unterricht zu thematisieren.

Angetrieben von der Motivation, günstigere Varianten für einen Roboterarm zu finden und zusätzliche Lerninhalte zu generieren, eigene Erfahrungen sowie Teile des bestehenden Bausatzes integrieren zu können, war die Idee, ein eigenes ähnliches Projekt mit dem 3D Drucker zu realisieren. Um den Schwerpunkt auf die didaktische Arbeit mit dem Roboterarm zu legen und nicht zwingend auf ausgeprägte CAD-Kenntnisse angewiesen zu sein, wurde auf Online-Plattformen nach freien „open source" Projekten gesucht.

Im Folgenden soll thematisiert werden, wie dies im Rahmen des Technikunterrichts oder auch einer AG umgesetzt werden kann.

Hinweis

Der Begriff „open source" geht ursprünglich auf die Entwicklung von Software zurück. Heute hat sich daraus eine neue Art Bewegung der ideellen Zusammenarbeit in unterschiedlichen Bereichen entwickelt.

„Open source" meint dabei das frei zugängliche zur Verfügung stellen von Daten, Arbeitsmaterialien und Wissen. Diese frei zugänglichen Ressourcen können dabei nach eigenem Ermessen genutzt, aber auch geändert und weiterverarbeitet werden.

Im Bereich des 3D-Drucks bieten dazu einige Online-Plattformen die Möglichkeit, eigene Daten zu Verfügung zu stellen, aber auch, sich an den vielen vorhandenen Projekten zu bedienen, um diese am eigenen Drucker zu realisieren.

Die Problemstellung

Die Problemstellung resultiert aus dem fehlerhaften Bausatzes, welcher am Ende des Seminars nur zum Teil einsatzfähig war. Die Motivation, etwas Bestehendes besser zu machen, ist oft im Unterricht hoch. Ebenfalls ist vorstellbar, die zunehmende automatisierte Fertigung und Unterstützung durch Roboter, verbunden mit der Frage, welche Auswirkung Technik auf eine Gesellschaft nimmt, ins Zentrum der Einheit zu stellen.

Grundidee war es, die Fertigung des Projekts in zwei Teile zu gliedern. Der erste Abschnitt beschäftigt sich mit der Mechanik und den dazugehörigen Bauteilen des Roboterarms. Der andere Teil konzentriert sich auf die Ansteuerung und somit auf die elektronischen Komponenten des Arms. Beide Teile können völlig autark voneinander bearbeitet werden. Vorstellbar ist außerdem auch, die Schülerinnen und Schüler in unterschiedliche Gruppen zu teilen. Am Ende des Projekts werden beide Projektteile zusammengefügt. So kann interessengeleitet gearbeitet werden. Zusätzlich werden unterschiedliche Aspekte der Tätigkeit im Berufsfeld Mechatronik deutlich.

Teil 1: Mechanik und Roboterarm

Grundlegend ist bei diesem Projekt, an bestehendes Vorwissen anzuknüpfen. Das Wissen über mechanische Komponenten wie Hebel, Zahnräder, Wellen, Achsen oder elektrische Bauteile, etwa unterschiedliche Motoren und ihre Funktionsweise, wird vorausgesetzt oder muss didaktisch aufbereitet, eingeführt oder wiederholt werden.

Zu Beginn ist das Ziel, nach einem bauähnlichen Roboterarm auf einer „open source" Online-Plattform zu suchen. Kriterien dafür können sein:

- Steuerung über vier Servomotoren der Bauart MG90S,
- Schraubengröße für den Zusammenbau mindestens M3 und M4,
- Größe des Arms,
- Optik,
- Funktion,

- [...].

Die Auswahl der Modelle durch die Schülerinnen und Schüler kann dabei durch die Lehrkraft gesteuert werden. Zum einen ist es möglich, unterschiedliche Bausätze in verschieden Gruppen auszuprobieren, oder auch den kompletten Datensatz vorzugeben. Selbstverständlich können auch eigene Bauteile und Komponenten selbstständig am CAD System entwickelt werden.

Da diese Verfahren sehr zeitintensiv und fehleranfällig sind, ist zu überlegen, dies lediglich im Rahmen der Differenzierung in den Unterricht zu integrieren.

Das vorliegende Projekt wurde hierbei um einen Halter für den Arduino sowie die Befestigungselemente für den Joystick mit Hilfe des CAD-Systems Audodesk-Fusion 360 erweitert. In Verbindung mit der Erstellung von Skizzen und technischen Zeichnungen zeigt sich hier das Potenzial der

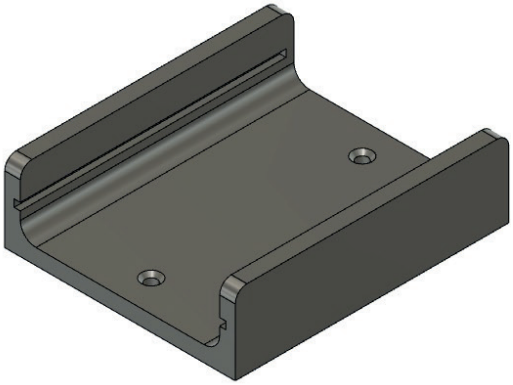

Abbildung 2: Arduinohalter - eigene CAD-Konstruktion über Autodesk Fusion 360

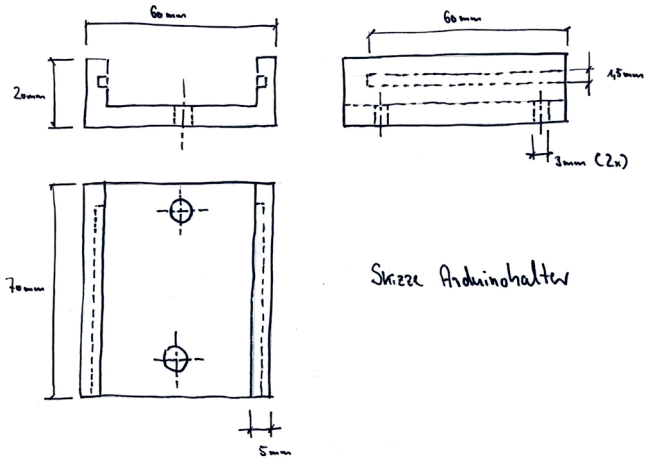

Abbildung 3: Skizze für den Arduinohalter als Grundlage für die CAD-Konstuktion

Aufgabe, um die in den jeweiligen Curricula verankerten Kompetenzen zu fördern.

Für das vorliegende Projekt wurde der Roboterarm EZZYbotARM von EZZYrobots (www.eezyrobots.it) ausgewählt. Die Bauteile, sowie die Anleitung, stehen auf „thingiverse.com" sowie „instructables.com" zur Verfügung. Ausschlaggebend für die Auswahl waren hierfür die Konstruktion der

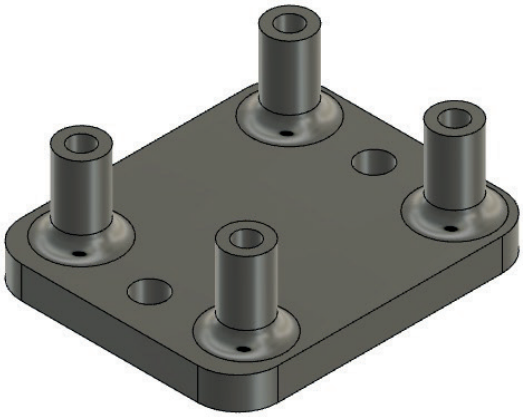

Abbildung 4: Joystickhalter, eigene CAD Konstruktion über Autodesk Fusion 360

einzelnen Bauteile sowie die Schraubengröße M3 und M4 für den anschließenden Zusammenbau, welche für die Schülerinnen und Schüler geeigneter erscheinen.

Im nächsten Schritt setzen sich die Schülerinnen und Schüler mit dem Drucken der Bauteile auseinander. Kleine Bauteile mit kurzen Druckzeiten bieten sich dabei an, um erste und zeitökonomische Erfahrungen mit dem 3D-Drucker zu machen. Wenn die kleinen Bauteile mit einer Druckzeit von 10 - 20 Minuten zum gewünschten Erfolg geführt haben, können anschließend die komplexeren Bauteile mit Druckzeiten von über einer Stunde angegangen werden. Hier ist es von Vorteil, wenn die Lehrkraft die komplexen Bauteile im Vorfeld bereits vorbereitet hat, um im Notfall darauf zurückgreifen zu können. Als Differenzierungsmöglichkeit ist es ebenfalls denkbar, Bauteile unterschiedlicher Größe und Komplexität zur Umsetzung an unterschiedliche Schülerinnen und Schüler zu verteilen. In Verbindung mit der Erstellung von Skizzen und technischen Zeichnungen zeigt sich hier wiederum das Potenzial der Aufgabe (siehe oben). Nachdem alle Bauteile gefertigt wurden, kann der Zusammenbau beginnen. Hier besteht eine erste Verbindung zum zweiten Feld der Aufgaben. Die Servomotoren müssen mit den Teilen aus dem 3D-Drucker verbaut werden.

Teil 2: Ansteuerung der Servomotoren

Das zweite Aufgabenfeld beschäftigt sich mit der Ansteuerung der Servomotoren mit Hilfe eines Arduinos und zweier Joysticks. Die Programmieraufgabe des Roboterarms kann ebenfalls sehr individuell an den Unterricht und die Schülerinnen und Schüler angepasst werden. Für die Programmierung kann die jeweils an der Schule verfügbare Software eingesetzt werden. Die Vorstellung den vorhandenen Roboterarm programmieren zu müssen, mag für den Großteil der Leser (den Autor eingeschlossen) bereits zu Beginn als unlösbare Mammutaufgabe wirken. Daher soll in diesem zweiten Teil auf unterschiedliche Möglichkeiten eingegangen werden, wie man dieser Aufgabe begegnen kann.

Komplexe Aufgaben didaktisch reduzieren

Die Kunst scheint doch zu sein, die Komplexität aus der Auf-

gabe zu nehmen, um sich der Problematik Schrittweise zu nähern. Auch hier bietet das Projekt ausreichend Möglichkeiten.

So sollte zu Beginn versucht werden, jeweils einzelne Bewegungen wie das Öffnen des Greifers oder eine Drehung des Arms durch einfache WENN - DANN Bedingungen zu realisieren.

Ebenfalls ist es möglich, die Joysticks durch einfache Taster zu ersetzen und die Bewegung zu Beginn der Aufgabe durch einen Knopfdruck zu starten.

Mit ausreichend Vorkenntnissen und Erfolgserlebnissen können die Lernenden dann versuchen, die Servomotoren auch in Kombination selbst anzusteuern, um sich abschließend auch mit der Steuerung über einen Joystick zu nähern.

Einsatz vorhandener Programme

Weiterhin ist es möglich, sich an vorhandenen Programmen aus dem Internet oder aus einem gekauften Bausatz zu bedienen und anzuwenden. Beachtet werden muss auch hier, dass diese Verwendung im Vorfeld didaktisch aufbereitet werden muss. Dennoch wurde in der Vergangenheit das Suchen und Herunterladen immer wieder didaktisch hinterfragt und belächelt. Tatsächlich ist es aber auch in der Berufswelt üblich, nach bestehenden Problemlösungen zu suchen, anstatt das Rad immer wieder neu zu erfinden. Die gezielte Suche setzt voraus, dass die Lernenden sich darüber klar sind, wonach sie eigentlich suchen müssen.

Einsatz anderer Mikrocontroller

Naheliegend ist es, den Mikrocontroller einzusetzen, welcher den Schülerinnen und Schülern bereits aus anderen Bereichen, wie dem Informatikunterricht, bekannt ist.

Ebenfalls ist es aber auch denkbar andere oder auch unterschiedliche Mikrocontroller einzusetzen und an diesem Projekt zu erproben. An dieser Stelle kann auf den Artikel von Armin Ruch „Der Micro:bit für den Technikunterricht" verwiesen werden (Ruch, 2021) welcher unter anderem auf die Komplexität unterschiedlicher Mikrocontroller eingeht. Denkbar an dieser Stelle auch, unterschiedliche Mikrocontroller als Möglichkeit der Differenzierung zu nutzen.

Fächerverbindender Unterricht

Unterrichtsinhalte können mit anderen MINT-verwandten Fächern verbunden werden. Programmieraufgaben können im Kontext des Informatikunterrichts umgesetzt werden, wo dann der Schwerpunkt weniger auf der Funktionalität der Komponenten, sondern auf der Erstellung des Codes liegen würde.

Kosten

Eingangs wurden die Kosten von Komplettbausätzen angesprochen. In Anbetracht des zusätzlichen Aufwands sollte genau überlegt werden, inwiefern Kosten eingespart werden können. Einige Bauteile gehören oft bereits zur Ausstattung der Technikräume. Einen Überblick gibt dazu die Stückliste des vorliegenden Projekts mit den aufgeführten Kosten der Einzelteile. Insgesamt sollte das eigene Projekt unter 40 € pro Roboterarm zu realisieren sein. Es wird darauf hingewiesen, dass der Arduino auch in anderen Projekten verwendet werden kann, wenn er so verbaut wird, dass er zerstörungsfrei getauscht werden kann.

Weiter lohnt es sich, die Motorplatine durch ein „Breadboard" zu ersetzen und einzusparen, welches dann als Schnittstelle fungiert, oder die Aufgabe durch eine eigene Platine zu erweitern.

Einsatz

Aufgrund der Komplexität und der Anwendung unterschiedlicher Technologien wie dem 3D-Druck oder der Programmierung eignete sich dieses Projekt für Schülerinnen und Schüler in den Abschlussjahrgängen der Sekundarstufe 1. Das Projekt kann mit vielen unterschiedlichen Materialien umgesetzt werden und zahlreiche Fähigkeiten und Fertigkeiten aufzeigen. Daher eignet sich dieses Projekt aus Sicht des Autors hervorragend als Abschlussprojekt der zehnten Klasse.

Fazit

Auf der Suche nach ansprechenden Technikprojekten sind fertige Bausätze nicht immer zielführend. Diese können aber einen großen Beitrag leisten, dabei zu helfen, eigene Ideen umzusetzen oder vorhandene Teile sowie Elemente der Programmierung zu übernehmen. Die Kosten dürfen dabei nicht aus dem Blick gelassen werden. Die Aufstellung zeigt, wie sich die beiden Varianten unterscheiden. Der Aufwand in der Vorbereitung ist bei beiden Varianten (dem gekauften als auch dem eigenen Bausatz) nahezu identisch. Auch mit einem kompletten Bausatz kommt man nicht daran vorbei, das Projekt für seine Schülerinnen und Schüler und die vorhandenen Rahmenbedingungen anzupassen.

Das eigene Projekt besticht nach der Ansicht des Autors dadurch, zusätzliche Lerninhalte durch wenig Aufwand integrieren zu können.

Hinweis des Autors

Das aktuelle Projekt befindet sich noch in einem Entwicklungsstatus. Es ist geplant, das Projekt mit Anleitungen, Programmen, kompletten Datensätzen und didaktischen Hinweisen über die Plattformen der Abteilung Technik der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd den Leser*innen zur Verfügung zu stellen. Interessenten sind herzlich eingeladen, sich auch direkt an den Autor wenden, um Fragen zu stellen und sich auszutauschen.

Links

https://www.thingiverse.com/thing:1015238
https://www.instructables.com/EEZYbotARM/
http://www.eezyrobots.it

Lfd. Nr.	Bauteil	Stück	Kosten	Kommentar
1	Arduino (UNO R3)	1	9,99€	kein Original
2	Motorplatine	1	8,00€	Kann durch eine eigene Platine ersetzt werden.
3	MG90S Servo	4	3,60€	Stückpreis
4	Servoadapter	4		Im Lieferumfang Servo
5	Joystick	2	1,25€	Stückpreis
6	Steckbrückenkabel (jump wire) female-female	10	0,3€	Anschluss Joystick
7	Steckbrückenkabel (jump wire) female-male	3	0,3€	Verlängerung Servo 4
8	M4 Muttern selbstsichernd	2	0,10€	Baumarkt
9	M3 Muttern		0,10€	Baumarkt
10	Unterlegscheibe M3		0,05€	Baumarkt
11	Unterlegscheibe M4		0,05€	Baumarkt
12	Linsenkopfschraube M3x16		0,10€	Baumarkt
13	Linsenkopfschraube M3x 20		0,10€	Baumarkt
14	Linsenkopfschraube M4x16		0,10€	Baumarkt
15	Linsenkopfschraube M4x20		0,10€	Baumarkt
16	Messingrohr 4x3x22mm	1	0,10€	Baumarkt
17	Messingrohr 4x3x22mm	1	0,10€	Baumarkt
18	Bauteil_001_Sockel	1	0,10€	3D-Druck STL download
19	Bauteil_002_Arm vertikal	1	0,20€	3D-Druck STL download
20	Bauteil_003_Verbindung	3	0,20€	3D-Druck STL download
21	Bauteil_004_Antriebshebel	1	0,10€	3D-Druck STL download
22	Bauteil_005_Arm horizontal	1	0,20€	3D-Druck STL download
23	Bauteil_006 Dreieckverbindung	1	0,10€	3D-Druck STL download
24	Bauteil_009_Servomotor Platte	3	0,05€	3D-Druck STL download
25	Bauteil_010_Unterteil	1	0,10€	3D-Druck STL download
26	Bauteil_011_Rundplatte	1	0,20€	3D-Druck STL download
27	Bauteil_012_Unterstützung Greifer	1	0,10€	3D-Druck STL download
28	Bauteil_013_Greifer rechts	1	0,05€	3D-Druck STL download
29	Bauteil_014_Greifer links	1	0,05€	3D-Druck STL download
30	Bauteil_015_Antriebsrad	1	0,05€	3D-Druck STL download
31	Bauteil_016_Getrieberad	1	0,10€	3D-Druck STL download
32	Bauteil_Arduinohalter	1	0,10€	3D-Druck Konstruktion
33	Bauteil_Joystickhalter	2	0,10€	3D-Druck Konstruktion
34	Holzplatte Multiplex 140x290x18	1	0,30€	Restmaterial

Tabelle 1: Stückliste für den Eigenbau-Roboterarm

Autoreninformation

Till Lohse
studiert an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd Lehramt für die Sekundarstufe 1 (M.Ed.) mit dem Fach Technik. In seiner Bachelorarbeit beschäftigte er sich mit den verschiedenen Einsatzvarianten von 3D-Druckern im Technikunterricht, auch unter dem Aspekt der Mehrperspektivität.

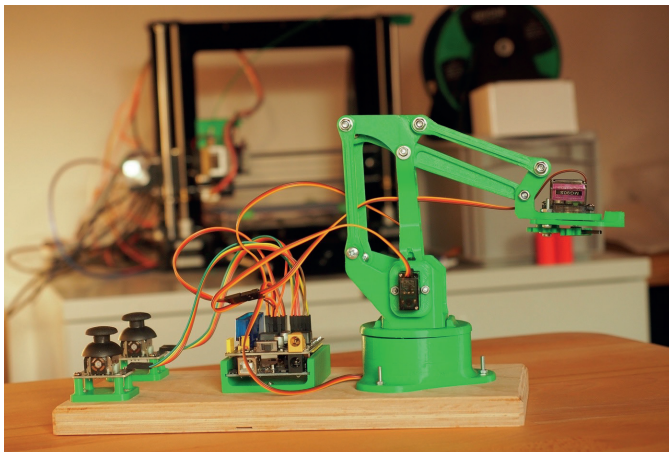

Abbildung 5: Der fertige Roboterarm aus dem 3D-Drucker

Literatur

Berger, U., Hartmann, A., & Schmid, D. (2019). 3D-Druck - Additive Fertigungsverfahren: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing (3. Aufl.). Neourney, Vollmer: Europa-Lehrmittel.

Fletcher, S. (2018). Allgemein bildender Technikunterricht – ein noch wenig erforschtes Fach mit großen Herausforderungen und Chancen. In B. Geißel & T. Gschwendtner (Hrsg), Wirksamer Technikunterricht (Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten, Bd. 10, S. 35-43). Baltmannsweiler: Schneider Hohengeren.

Gartner, J. (2011). Entwicklung und Geschichte der 3D-Drucktechnologie. Zugriff am 08.12.2021. Verfügbar unter https://3druck.com/grundkurs-3d-drucker/3d-drucker-geschichte-342079/

Gebhardt, A., Kessler, J., & Thurn, L. (2016). 3D-Drucken: Grundlagen und Anwendungen des Additive Manufacturing (AM) (2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Hanser.

Geißel, B. & Gschwendtner, T. (Hrsg.) (2018). Wirksamer Technikunterricht (Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten, Bd. 10). Baltmannsweiler: Schneider

Lohse, T. (2020). Einsatzvarianten von 3D-Druckern im Technikunterricht, auch unter dem Aspekt der Mehrperspektivität. Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd.

Olk, J. (2018). 3D-Druck in der Schule—Einführung der additiven Fertigung in der Bildung. Zugriff am 08.12.2021. Verfügbar unter https://www.3dnatives.com/de/3d-druck-in-der-schule-290829181/

Ruch, A. (2021). Der Micro:bit für den Technikunterricht. technik-education (tedu). Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht, 1(1), 38-42.

tedu

2|2021