

Csosch, Fabian

Soziale Roboter im Technikunterricht. Entwicklung und Evaluation von Einsatzszenarien

technik-education (tedu). Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht 4 (2024) 1, S. 16-29



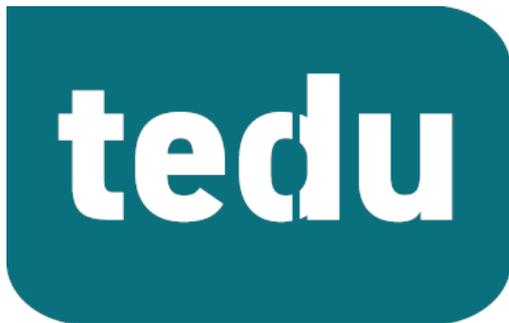
Quellenangabe/ Reference:

Csosch, Fabian: Soziale Roboter im Technikunterricht. Entwicklung und Evaluation von Einsatzszenarien - In: *technik-education (tedu). Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht 4 (2024) 1, S. 16-29* - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-300676 - DOI: 10.25656/01:30067

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-300676>

<https://doi.org/10.25656/01:30067>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<https://tec-edu.net/tedu>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen, solange Sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and render this document accessible, make adaptations of this work or its contents accessible to the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

technik – education

4. Jahrgang

Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung
im allgemeinbildenden Technikunterricht

1 | 2024

|| 1 a n e o n Arial

|| 1 n n n e n Futura PT

|| 1 a n e o Source Sans Pro

www.tec-edu.net

tedu

Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht

[HTTPS://TEC-EDU.NET/TEDU](https://tec-edu.net/teedu)

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Hannes Helmut Nepper
Dr. Armin Ruch, OStR
Dr. 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

Simon Baier
Lucas Bareis
Daniel Beckenbauer
Fabian Csoch
Maximilian Fuchs
Markus Hummel
Lara Mayer
Jochen Pfeifer
Dierk Suhr
Katrin Wohlfromm

Inhalt

GRUSSWORT DER HERAUSGEBER.....2

UNTERRICHTSFORSCHUNG

D. SUHR

KONZEPTE EINER MINT-DIDAKTIK.....3

UNTERRICHTSFORSCHUNG

F. CSOSCH

SOZIALE ROBOTER IM TECHNIKUNTERRICHT16

UNTERRICHTSPRAXIS

K. WOHLFROM

KI-GENERIERTE PÄDAGOGISCHE AGENTEN30

UNTERRICHTSPRAXIS

M. FUCHS

EIN UNTERRICHTSTAUGLICHES 3D-DRUCKERGEHÄUSE37

UNTERRICHTSPRAXIS

D. BECKENBAUER

ARDUWOOD-ILLUMISPHERE45

UNTERRICHTSPRAXIS

M. HUMMEL

SMARTER BLUMENTOPF73

UNTERRICHTSPRAXIS

S. BAIER, L. BAREIS, LARA MAYER & J. PFEIFER

FERTIGUNG EINES NISTKASTENS IN DER GRUNDSCHULE..86

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Herausgeber wieder.

Insbesondere bei unterrichtspraktischen Artikeln wird darauf hingewiesen, dass es unterschiedliche Sicherheitsbestimmungen gibt und jede Lehrkraft bei der Umsetzung selbst dafür verantwortlich ist, die Gefährdung zu beurteilen und die Vorschläge für die eigene Praxis entsprechend der jeweilige Vorschriftenlage anzupassen.

Titelbild: Armin Ruch

ISSN: 2748-2022

Soziale Roboter im Technikunterricht

Entwicklung und Evaluation von Einsatzszenarien

Fabian Csosch

SCHLAGWORTE

Unterrichtsforschung

Robotik

UTAUT

Soziale Roboter

ABSTRACT

Der vorliegende Artikel beschäftigt sich mit der Entwicklung und Evaluation von Einsatzszenarien für soziale Roboter im Technikunterricht. Dabei wurde das Educational Design Research-Verfahren angewendet, um zunächst Probleme zu analysieren und Lernziele zu formulieren. Anschließend wurden konkrete Einsatzszenarien entwickelt und mithilfe von Experteninterviews evaluiert, um die Szenarien zu überarbeiten und zu verbessern. Die Arbeit zielt darauf ab, spezifische Einsatzszenarien für soziale Roboter im Technikunterricht zu entwickeln, die pädagogischen Mehrwert bieten und auf dem Modell der Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) basieren.

EINLEITUNG

Autos fahren unbemannt, Staubsauger bewegen sich wie von Geisterhand durch die Wohnung und Servierroboter bringen das Essen an den Tisch. Es handelt sich hierbei nicht um einen neuen Science-Fiction-Film, sondern um die Realität des beginnenden 21. Jahrhunderts. Wir leben in einer Welt, die vom technischen Fortschritt geprägt wird. Die Zahlen der IFR – International Federation of Robotics (2022, S. 11) bezeugen diese Entwicklung. Sie zeigen einen über 200%igen Anstieg von Industrierobotern weltweit vom Jahr 2011 bis 2021. Konkret gesagt, waren im Jahr 2011 weltweit zirka eine Million Industrieroboter im Einsatz, heute sind es beinahe dreieinhalb Millionen. Allerdings reicht es heutzutage nicht mehr, lediglich einen Industrieroboter zu besitzen, der getrennt vom Menschen seine Arbeit verrichtet, sondern es wird nach immer mehr Kollaboration oder sogar Autonomie der Roboter gestrebt. Im Jahr 2021 sind 39.000 kollaborative Roboter im Industriesektor im Einsatz, während es 2017 nur 11.000 waren (IFR – International Federation of Robotics, 2022, S. 14).

Das Phänomen der gestiegenen Nachfrage an Robotern spiegelt sich allerdings nicht nur im Industriebereich wider, sondern ist längst auch schon im Gesundheitsbereich und weiteren Bereichen des Lebens angekommen (Darling, 2020). Die Rede ist hier von sozialen Robotern, die zum Einsatz kommen, wenn es um die Interaktion mit Lebewesen geht (Bendel, 2021, S. 215).

Im Hinblick auf den Bildungskontext stellt sich die Frage, ob mit sozialen Robotern ebenfalls ein kollaboratives Mensch – Maschine – Setting möglich ist und ob dies im Schulleben nicht sogar zu einer Verbesserung der Schulleistungen und Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern führen kann. Es existieren bereits Studien (Belpaeme et al., 2018; Chen et al., 2020; Johal, 2020), die sich mit der Thematik von sozialen Robotern im Bildungsbereich auseinandergesetzt und beschäftigt haben. Diese Studien werden auf-

gegriffen, genauer betrachtet und Schlüsse gezogen, um die vorliegende Forschung zu betreiben.

Ziel der Arbeit

Basierend auf dem Fortschreiten der Digitalisierung sowie der Technologien müssen Kinder und Jugendliche auf diese Herausforderungen der Zukunft vorbereitet werden. Die Schule ist genau dafür da, Kinder und Jugendliche bestmöglich auf die Zukunft vorzubereiten (OECD, 2019, S. 7) und speziell der Technikunterricht eignet sich hierfür am besten. Der Einsatz von sozialen Robotern im Technikunterricht zeigt eine reelle Möglichkeit, zum einen das Lernen interaktiver und effektiver gestalten und zum anderen eine Brücke zwischen Menschen und Maschine schlagen kann.

Die auf dieser Grundlage erarbeitete und untersuchte Forschungsfrage lautet:

Wie können soziale Roboter mit pädagogischem Mehrwert im Technikunterricht eingesetzt werden?

Die Absicht der vorliegenden Arbeit besteht darin, konkrete Einsatzszenarien für soziale Roboter im Technikunterricht mittels „Education Design Research“ von McKenney und Reeves (2014) zu entwickeln. Diese werden mit Hilfe von Expertinnen und Experten analysiert und abschließend überarbeitet. Die notwendigen Informationen zur Überarbeitung der Einsatzszenarien stammen aus Interviews mit den Expertinnen sowie Experten, basieren auf dem „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)“-Modell von Venkatesh et al. (2003) und beinhalten den Nutzen sowie die Akzeptanz von sozialen Robotern in den entwickelten Szenarien.

GRUNDLAGEN SOZIALER ROBOTER

Der Begriff „Roboter“ wurde erstmals 1921 vom tschechischen Schriftsteller Karel Čapek in seinem Theaterstück „Rossum’s Universal Robots (R.U.R.)“ (2016) verwendet

(Christaller, 2001, S. 18). Biochemisch geschaffene, humanoide Maschinen sollten die Welt mit Arbeitern versorgen, damit die Weltbevölkerung vom Zwang der Arbeit befreit wird. Abgeleitet wurde das Wort Roboter vom tschechischen Wort *robota*, was übersetzt Fronarbeit bedeutet (Brockhaus, o. J.).

Eine erste offizielle Definition für Roboter stammt aus den VDI-Richtlinien aus dem Jahr 1990:

Industrieroboter sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkeln frei (d. h. ohne mechanischen Eingriff) programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind (Verein Deutscher Ingenieure, 1990, S. 15).

Aus einem Artikel von Kramer (2014) wird deutlich, dass erst im Laufe der Jahre ein Wechsel der Betrachtungsweise auf Roboter stattgefunden hat. Diese wurden nicht mehr nur als *Bewegungsautomaten*, wie es in der Definition der VDI-Richtlinie lautet, angesehen, sondern als ein ergänzendes Instrument der Menschen.

Der Maschinenbauingenieur James Trevelyan (1999, S. 1222) definierte nach jahrelanger Roboterforschung schlussendlich den Begriff Roboter neu. Für ihn sind Roboter intelligente Maschinen zur Expansion menschlicher motorischer Fähigkeiten. Basierend auf dieser sehr allgemein gehaltenen Definition präziserte Christaller die bis heute noch verwendete Definition eines Roboters (Bendel, 2021, S. 187):

Roboter sind sensumotorische Maschinen zur Erweiterung der menschlichen Handlungsfähigkeit. Sie bestehen aus mechatronischen Komponenten, Sensoren und rechnerbasierten Kontroll- und Steuerungsfunktionen. Die Komplexität eines Roboters unterscheidet sich deutlich von anderen Maschinen durch die größere Anzahl von Freiheitsgraden und die Vielfalt und den Umfang seiner Verhaltensformen (Christaller, 2001, S. 19).

Der Wirtschaftsinformatiker Oliver Bendel (2021, S. 187) unterteilt Roboter in zwei unterschiedliche Typen. Zum einen Hardwareroboter wie Industrie-, Service- und Weltraumroboter, zum anderen Softwareroboter wie Chatbots oder Social Bots.

Begrifflichkeiten sozialer Roboter

Soziale Roboter, die sowohl Hard- als auch Software miteinander vereinen, werden im folgenden Abschnitt hinsichtlich ihrer Bestimmung genauer betrachtet. Zum besseren Verständnis werden zunächst ein paar Definitionen aufgelistet.

A physical entity embodied in a complex, dynamic, and social environment sufficiently empowered to behave in a manner conducive to its own goals and those of its community (Duffy et al., 1999, S. 4).

Cynthia Breazeal (2002, S. 1), die Vorreiterin zur Erforschung der sozialen Roboter (Bendel, 2021, S. 215), beschreibt einen sozialen Roboter als einen gesellschaftsfähigen Roboter, der mit den Menschen kommunizieren, interagieren, ihn verstehen und eine Art Beziehung aufbauen kann. Die genannten Aspekte führt sie in ihrer Definition eines sozialen Roboters zusammen: „[...] a sociable robot is socially intelligent in a

humanlike way, and interacting with it is like interacting with another person“ (Breazeal, 2002, S. 1). Eine etwas aktuellere und genauere Definition von sozialen Robotern lautet wie folgt:

„A social robot is an autonomous or semi-autonomous robot that interacts and communicates with humans by following the behavioral norms expected by the people with whom the robot is intended to interact“ (Bartneck & Forlizzi, 2004, S. 592).

Bartneck und Forlizzi (2004, S. 592) setzen mit dieser Definition voraus, dass soziale Roboter eine physische Personifikation besitzen und einen gewissen Grad an Autonomie haben. Zudem machen sie deutlich, dass das soziale Verhalten an das Wissen und in Teilen an die Imitation menschlicher Aktivität und der umgebenden Gesellschaft gebunden ist. Anhand der aufgeführten Definitionen kann gesagt werden, dass soziale Roboter sensumotorische Maschinen sind, die für den Kontakt mit Lebewesen vorgesehen werden. Dies beinhaltet sowohl Mensch als auch Tier.

Eigenschaften sozialer Roboter

Die Grundlage für die folgenden Kapitel und somit die Charakterisierung von sozialen Robotern bieten die von Fong et al. (2003, S. 145) zugeschriebenen sechs bedeutenden Eigenschaften, die an dieser Stelle aufgeführt werden. Ein sozialer Roboter (1) kommuniziert unter Benutzung natürlicher Sprache oder nonverbaler Modalitäten wie z.B. Bewegungen, Geräuschen oder Lichteffekten, (2) nimmt menschliche Emotionen wahr und drückt affektives Verhalten aus, (3) besitzt einen einzigartigen Charakter bzw. eine einzigartige Persönlichkeit, (4) kann soziale Aspekte des Menschen modellieren, (5) lernt und/oder entwickelt soziale Fähigkeiten und (6) baut soziale Beziehungen auf bzw. erhält diese aufrecht. Damit soziale Roboter die genannten Eigenschaften beherrschen können, müssen laut Lindner (2021, S. 109) Verfahren der Robotik erweitert werden. Dabei helfen Methoden aus der künstlichen Intelligenz, um Werte und Normen des sozialen Miteinanders explizit zu schaffen.

Künstliche Intelligenz ist ein Bereich der Informatik, der sich mit computergestützten Nachbildungen menschlicher Denk-, Handels-, Entscheidungs- und Problemlösefähigkeiten auseinandersetzt (Bendel, 2021, S. 124). Maschinelles Lernen ist ein Teil der computerbasierten Intelligenz, der darauf abzielt, den menschlichen Lernprozess auf einem Computer zu simulieren (Kerner et al., 2020, S. 39). Das Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS (2022) beschreibt maschinelles Lernen als einen Algorithmus, der durch Training eigenständig Aufgaben bewältigt. Hierfür leiten Computer aus historischen Daten Wissen ab, welches bei neuen und unbekanntenen Daten das weitere Schlussfolgern und Handeln beeinflusst. Computer lernen autonom Strukturen der Daten zu erkennen. Ein effektiver Ansatz für die Problemlösung beim maschinellen Lernverfahren ist Deep Learning (Kerner et al., 2020, S. 230). Die Basis bilden künstliche neuronale Netzwerke. Diese Netzwerke sind den menschlichen Neuronen im Gehirn nachgebaut und „[...] bestehen aus Schichten von Knoten (künstliche Neuronen), die durch verstellbare Gewichtsverknüpfungen (Synapsen)

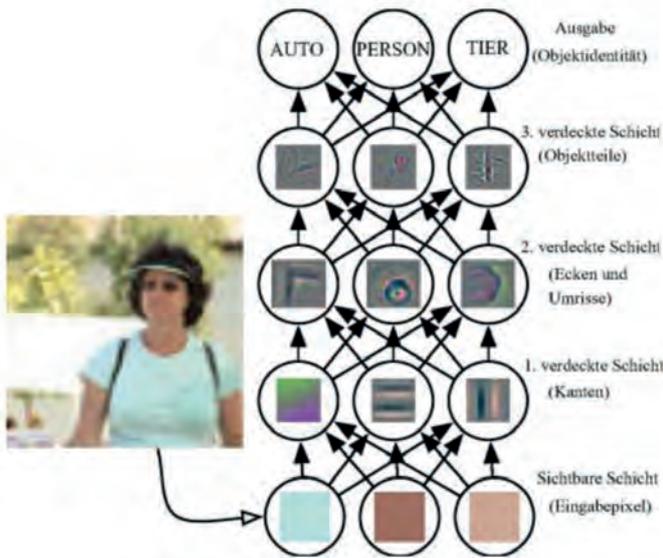


Abbildung 1: „Deep Learning“ (Goodfellow et al., 2018, S. 6)

miteinander verbunden sind“ (Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation, 2019, S. 104). Goodfellow et al. (2018, S. 6f.) erklären den Deep-Learning-Prozess als eine Aufteilung der komplexen Zielzuordnung in eine Reihe verschachtelter deutlicherer Zuordnungen, d.h. es wird eine eigene Rangordnung von Repräsentationen entwickelt. Abbildung 1 zeigt diesen Prozess am Beispiel eines Personenbildes. Das Bild wird als Menge von Pixelwerten dargestellt. Die direkte Zuweisung dieser Menge von erkannten Pixeln zu einer konkreten Objektidentifizierung ist unmöglich. Die sichtbare Schicht (Eingabepixel) zeigt die Variablen, die sichtbar sind. Die folgenden Schichten sind alle verdeckt, da die Werte nicht in den erkannten Variablen stecken, sondern selbst entschieden werden muss, welche Konzepte notwendig sind, um den Zusammenhang der beobachteten Daten zu erklären.

Funktionsweise sozialer Roboter

Seufert et al. (2021, S. 478) veranschaulichen die Funktionsweise sozialer Roboter anhand des Input-Output-Modells (Abb. 2). Äußere Veränderungen (Input) in der Umgebung nehmen Roboter durch „[...] akustische, optische, taktile und positionserfassende Sensoren“ (Seufert et al., 2021, S. 477) wahr.

Von zentraler Bedeutung im Interaktionsprozess ist die akustische Spracherkennung, die mittels Machine Learning und künstlicher Intelligenz das Gesprochene in Textform konvertiert (Novoa et al., 2021, S. 1f.). Der erkannte Input wird durch den Intent-Dialog-Response-Prozess bearbeitet, sodass der bestmögliche Output entgegengebracht werden kann. Um den geschilderten Prozess zu ermöglichen, greift der Roboter zum einen auf interne Kontext- und Interaktionsdatenbanken zurück. Die programmierte Kontextdatenbank beinhaltet Fachwissen, Absichten und Entitäten. Die Interaktionsdatenbank basiert auf vergangenen Interaktionen, die als Benutzer- und Dialoghistorie bezeichnet wird, und auf Daten- sowie Lernanalysen. Zum anderen kann der Roboter über Schnittstellen auch externe Datenanfragen stellen und auf externe Dienste zugreifen. Der sprachlich, mimisch oder gestisch resultierende Output seitens des Roboters basiert demnach auf dem Input, dem eigens Gelernten oder den externen Daten. Mithilfe von Affective Computing sollen nach Picard (2015, S. 19) menschlich übermittelte Stimmungen und Emotionen von diversen Sensoren erfasst und verarbeitet werden, um eine Absicht (Intent) des Gegenübers zu entziffern. Anschließend wird mittels Dialogmanagement (Dialog) die bestmögliche Antwort (Response) ermittelt. Dies ist beispielsweise erkennbar in der Veränderung der Augengröße und -form oder in der Variation von Farbe und Helligkeit der verbauten Leuchtdioden in Kopf und Körper des Roboters (Schulze et al., 2021, S. 24).

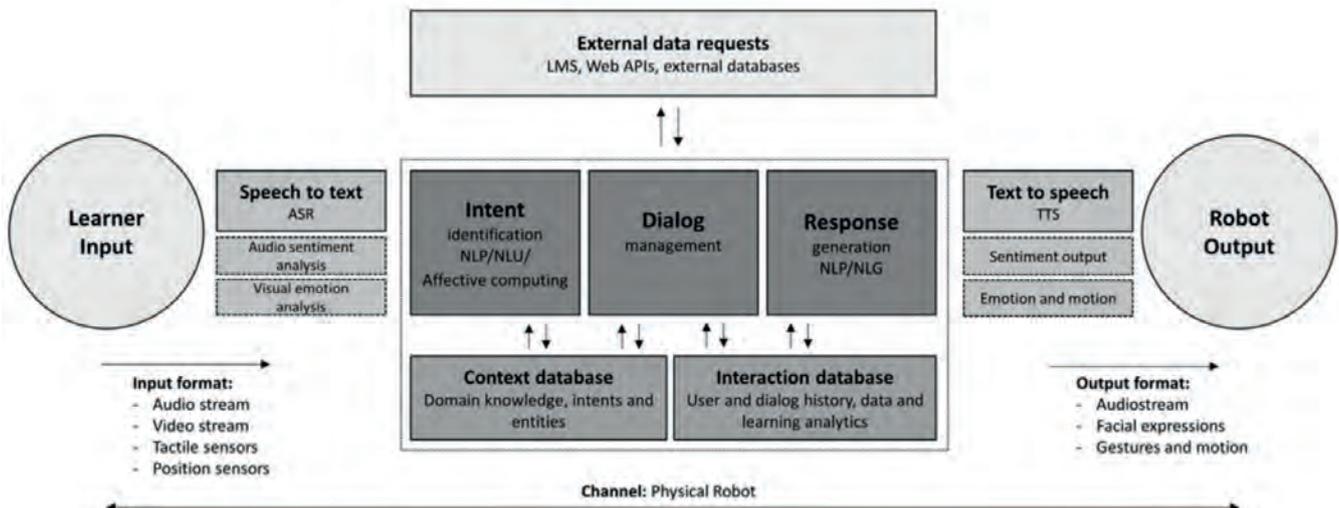


Abbildung 2: „Funktionsweise sozialer Roboter“ (Seufert et al., 2021, S. 478)

Inbetriebnahme und Programmierung eines sozialen Roboters am Beispiel NAO

Der humanoide Roboter NAO von Aldebaran (2022) eignet sich besonders für den Kontext der vorliegenden Arbeit, da er speziell für Lehr- und Forschungszwecke entwickelt wurde. Auch Entrance Robotics (2022) bestätigen, dass er sich als Lehrassistent bewiesen hat und besonders für Kinder ansprechend wirkt.

Aldebaran (o. J.) liefert eine genaue Anleitung für den ersten Einsatz von NAO. Der Roboter muss zunächst an eine Stromquelle angeschlossen und dann über ein Ethernet-Kabel mit dem Internet verbunden werden. Nachdem der Brustknopf einmal gedrückt wurde und der Roboter „OG-NAK GNOUK“ sagt, wird nach erneutem Drücken die IP-Adresse genannt. Diese wird im Browser eingegeben, um das Authentifizierungsfenster zu öffnen, wo Benutzername und Passwort eingegeben werden müssen, um mit der Konfiguration zu beginnen. Daraufhin können Sprache, Name und Passwort geändert und der Roboter mit dem WLAN verbunden werden. Durch Drücken des Brustknopfes geht NAO an, befindet sich jedoch zunächst nur im vom Besitzer eingestellten Modus. Für den Autonomous-Life-Modus muss der Brustknopf zweimal gedrückt werden, was den Roboter aufrecht und reaktionsfähig, aber stumm und taub macht. Um die volle autonome Funktionalität zu aktivieren, müssen der Basic Channel und die Installed Activities zugeschaltet werden. Je mehr Anwendungen NAO schlussendlich besitzt, desto umfangreicher ist auch seine menschenähnliche Verhaltensweise.

Das entwickelte Betriebssystem für NAO von Aldebaran (o. J.) nennt sich NAOqi. Damit lässt sich der Roboter individuell programmieren, steuern und kontrollieren, was eine beinahe uneingeschränkte Präsentations- und Kommunikationsmöglichkeit bietet. Das Programmiergerüst, welches

zur Programmierung verwendet wird, nennt sich NAOqi Framework. Unterstützte Programmiersprachen sind sowohl Python als auch C++, darüber hinaus werden aber auch .Net, Java, Matlab und Urbi als Programmiersprachen eingesetzt (Aldebaran, o. J.). Das von Aldebaran bereitgestellte Programmierprogramm *Choregraphe* ist eine Desktopanwendung, die auf allen Betriebssystemen, Windows, macOS und Linux installiert werden kann, und ist das Standardprogramm für die NAO-Programmierung. Mit Hilfe von *Choregraphe* lassen sich Animationen und leistungsstarke Verhaltensweisen wie Interaktionen mit Menschen einfach per Drag-and-Drop mit den entsprechend vorgefertigten Boxen grafisch in einem Flussdiagramm aneinanderreihen (Löwenstein, 2015) und auf den Roboter installieren (Abb. 3). Die bereits vorgefertigten Boxen sind in einer Bibliothek im Programm hinterlegt und können direkt in das Flussdiagramm-Panel gezogen werden (Aldebaran, o. J.). Die erstellten Programme lassen sich unmittelbar in *Choregraphe* an einem simulierten Roboter oder aber auf einem realen Roboter testen.

Soziale Roboter im Schul- und Bildungskontext

Aus der Studie von Mubin et al. (2013, S. 2f.) geht hervor, dass soziale Roboter eher domänenspezifisch eingesetzt werden. Die Domänen beziehen sich auf Technologie-, Sprach- sowie Wissenschaftsunterricht. Darüber hinaus konkretisieren die Autorinnen und Autoren drei Hauptrollen, Lerngegenstand, Peer und Tutor, die soziale Roboter im Unterricht einnehmen können. Seufert et al. (2021, S. 479f.) beschreiben den sozialen Roboter als Lerngegenstand zum Lernen, um Versuche zu machen, oder zum Programmieren. Lehrkräfte können ihn als Anschauungsobjekt nutzen, um Wissen anschaulicher zu vermitteln (Conti et al., 2020, S. 221). Der soziale Roboter als Peer wird im Prozess des „Learning-by-Teaching“ von Martin (1985) eingesetzt und dient dazu, Schülerinnen und Schüler

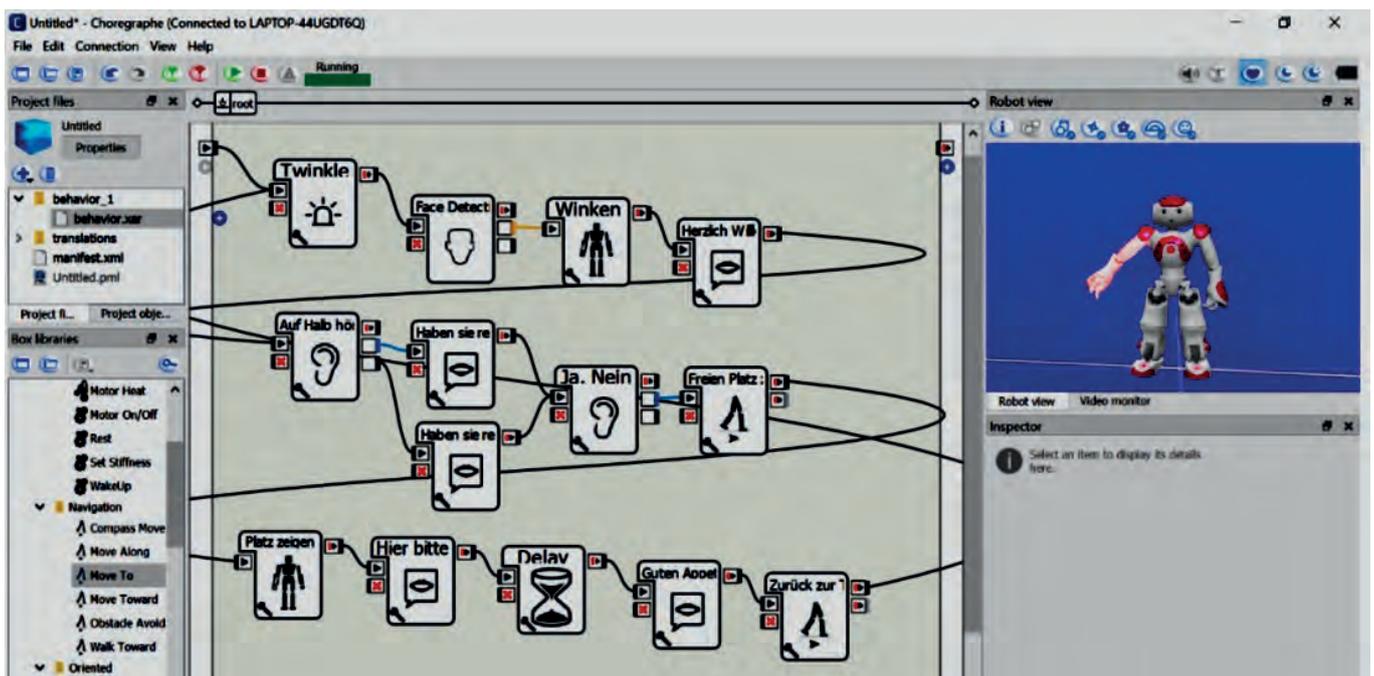


Abbildung 3: Beispielprogramm in Choregraphe (Eigene Darstellung)

zum Lernen zu motivieren, indem sie den sozialen Roboter anleiten und ihm etwas beibringen. In der Rolle des Tutors fungiert ein sozialer Roboter als Vermittler und Prüfer von Wissen, in dem er mit den Schülerinnen und Schüler in unmittelbarer Interaktion steht. Belpaeme et al. (2018, S. 4ff.) zeigen auch in ihrer Übersichtsarbeit, dass die Rolle als Tutor in 48% der Studien untersucht worden ist. Die Rolle als Peer wurde lediglich in 9% der betrachteten Studien untersucht. Allerdings wird betont, dass die Rolle als Peer großes Potenzial im Bildungskontext hat. Eine komplett autonome Nutzung von sozialen Robotern als Lehrkraft im Bildungsbereich ist aufgrund der begrenzten technischen Fähigkeiten im Moment und in naher Zukunft eher unwahrscheinlich (Seufert et al., S. 479).

Deshalb ist es nicht das Ziel der vorliegenden Arbeit, Szenarien zu entwickeln, in denen die Lehrkräfte vollständig ausgetauscht werden sollen. Stattdessen sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie Thematiken durch den Einsatz von sozialen Robotern als Lerngegenstand einfacher zu veranschaulichen und leichter zu verstehen sind. Erweitert soll durch einen möglichen Einsatz als Peer die Lehrkraft entlastet werden, um individuell Schülerinnen und Schüler fördern zu können, während der Rest der Klasse gemeinsam mit einem sozialen Roboter begleitet lernen kann.

Mehrwert für Lernende

Verschiedene empirische Studien haben bereits aufgezeigt, dass soziale Roboter einen positiven Beitrag im Bildungswesen leisten können. Beispielsweise fanden Azizi et al. (2022) heraus, dass soziale Roboter ein effektives pädagogisches Mittel sein können. Das Ergebnis ihrer Studie ist, dass der Roboter als Lerngegenstand das Engagement der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler positiv steigert. Darüber hinaus wird eine Reduzierung von ablenkendem Verhalten erreicht und die Schülerinnen und Schüler sind länger konzentriert bei der Sache.

Alemi et al. (2014) untersuchten, wie sich durch roboterassistiertes Sprachenlernen das Angstniveau und die Einstellung im Englischunterricht bei 12-jährigen Schülerinnen und Schüler verändert. Neben Ergebnissen über das verbesserte Angstverhalten der Schülerinnen und Schüler, die das roboterassistierte Sprachenlernen verwendeten, zeigt sich auch, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Einstellung zum Sprachenlernen positiv veränderten, da sie größeren Spaß am Lernprozess hatten. Sie glaubten, dass sie besser und effektiver lernen können, was die Motivation gegenüber dem Sprachenlernen auf lange Sicht betrachtet steigert.

Chen et al. (2020) untersuchten in ihrer Studie explizit, wie das Lernen von Schülerinnen und Schüler durch verschiedene Rollen eines sozialen Roboters beeinflusst wird. Die Ergebnisse zeigen, dass Schülerinnen und Schüler signifikantere Verbesserungen im Tutor-Setting zeigen als im Tutee-Setting, da sie mehr Wörter lernen konnten. Die Auswertung des Peer-Settings verdeutlicht, dass die Schülerinnen und Schüler die meisten Wörter lernen, diese auch länger behalten und fortgeschrittenere Vokabeln beherrschen. Insgesamt hat das Peer-Setting leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler hervorgebracht. Zusätzlich haben die Schüle-

rinnen und Schüler, die im Peer-Setting mit dem Roboter gelernt haben, größere Freude am Vokabellernen als die Schülerinnen und Schüler im Tutor- oder Tutee-Setting.

Die geschilderten Ergebnisse untermauern die Übersichtsarbeit von Belpaeme et al. (2018). Die Autorinnen und Autoren haben n = 309 Studienergebnisse analysiert und zeigen ebenfalls, dass durch den Einsatz sozialer Roboter ein Motivationszuwachs, eine Besserung der Aufmerksamkeit und ein Lernfortschritt möglich ist.

Allerdings muss erwähnt werden, dass es sich bei den Studien um Momentaufnahmen handelt. Langzeitstudien in diesem Bereich fehlen, was die Aussagekraft der Studien schmälert (Siebert, 2018, S. 91).

Soziale Roboter im Technikunterricht

Für den Technikunterricht bietet der Einsatz eines sozialen Roboters einige Vorteile. Zum einen bietet er als Medium Lehrkräften die Möglichkeit, neue Technologien zu präsentieren. Beispielsweise kann mit Hilfe des Roboters künstliche Intelligenz veranschaulicht und demonstriert werden. Zum anderen bietet ein sozialer Roboter aber auch als Lerngegenstand die Möglichkeit, selbst zum Versuchsobjekt zu werden und den Schülerinnen und Schülern die Option des Experimentierens und Ausprobierens zu geben. Ein möglicher Einsatz im Eins-zu-Eins-Setting ist ebenfalls denkbar, da der Einsatz eines sozialen Roboters als Peer neben der Rolle als Tutor am verbreitetsten und häufigsten untersucht ist. Der soziale Roboter als Peer im Technikunterricht kann bedeuten, dass er auf dem gleichen Bildungsniveau der Schülerinnen und Schüler ist und gemeinsam mit bzw. von ihnen lernt.

ENTWICKLUNG VON EINSATZSZENARIEN EINES SOZIALEN ROBOTERS IM TECHNIKUNTERRICHT

Das folgende Kapitel bezieht sich auf konkrete Einsatzszenarien eines sozialen Roboters speziell für den Technikunterricht. Zunächst wird detailliert beschrieben, wie bei der Entwicklung der Szenarien und bei der darauffolgenden Überarbeitung vorgegangen wird, um nach der begründeten Entscheidung der ausgewählten Themen drei Einsatzszenarien ausführlich darzulegen.

Design Research

Zur Planung der Einsatzszenarien wird das von McKenney und Reeves (2014, S. 131ff.) entwickelte Verfahren, das Educational Design Research, angewendet. Ziel dabei ist, durch einen iterativen, also wiederholenden Prozess immer näher an eine exakte Lösung zu kommen. Die Vorgehensweise zur Entwicklung der Einsatzszenarien richtet sich nach einer genau festgelegten Reihenfolge: Problemanalyse, Design, Evaluation und einem anschließenden Redesign. Der Grund für die Verwendung von Educational Design Research liegt darin, dass bis jetzt keine präzisen Einsatzszenarien für soziale Roboter im Technikunterricht vorliegen. Die in dieser Arbeit entwickelten Szenarien sollen als Grundlage für künftige Forschungen und Problemstellungen dienen. Die einzelnen

Schritte werden nachfolgend kurz erläutert.

1. Problemanalyse und Exploration: Probleme werden durch Literaturrecherche und Betrachtung der Situationen, in der die vorgeschlagene Lösung entwickelt werden sollte, analysiert (Wozniak, 2015, S. 600).
2. Design und Aufbau: Erstellung und Konstruktion einer praktikablen Lösung für das analysierte Problem (Wozniak, 2015, S. 600).
3. Evaluation und Reflexion: Mit Hilfe von Fachexperten werden die erarbeiteten Szenarien evaluiert und reflektiert, um zu untersuchen, ob die vorgeschlagene Lösung funktioniert oder ggf. im Redesign verbessert werden muss.

UNTERSUCHUNGSMETHODE

Da zur Verbesserung der entwickelten Einsatzszenarien menschliche Erfahrungen sowie Einstellungen und Meinungen erforderlich sind, wird auf die qualitative Erhebungsmethode eines Interviews, genauer gesagt eines Experteninterviews, zurückgegriffen. Zusammenfassend bieten Expertinnen- und Experteninterviews folgende Vorteile:

- Expertinnen- und Experteninterviews legen den Schwerpunkt auf spezifische Informationen, die aus praxisnahem Insiderwissen der befragten Personen stammen. In Anbetracht einer Überarbeitung der entwickelten Einsatzszenarien erfüllt das Experteninterview dahingehend den nötigen Ansatz, da die Expertinnen und Experten unmittelbar im Gespräch Verbesserungsvorschläge aufzeigen und begründen können.
- Durch die offene Strukturierung des Interviews wird der nötige Spielraum für Erklärungen geschaffen. Somit kann im Verlauf flexibel auf Antworten reagiert und ggf. bei Unklarheiten nachgefragt werden. Daher bieten Experteninterviews in der vorliegenden Situation die Chance, die Einsatzszenarien im Nachgang bestmöglich zu überarbeiten.
- Die ausgewählten Expertinnen und Experten stellen aufgrund ihrer beruflichen Erfahrungen und Fachkenntnisse die am besten geeigneten Interviewpartnerinnen und -partner dar.

Auswertungsmethode

Die qualitative Inhaltsanalyse ermöglicht es nach Mey und Mruck (2010, S. 603), aus Interviewprotokollen forschungsrelevante Informationen zu extrahieren und in definierte Kategorien einzuordnen. Der zentrale Aspekt liegt in der Erstellung eines Categoriesystems, welches als maßgebliches Instrument der Auswertung gekennzeichnet ist. Dadurch lassen sich Materialien nach zuvor festgelegten Kriterien durchleuchten und analysieren. Um die entwickelten Einsatzszenarien zu evaluieren und zu überarbeiten, werden die Interviewprotokolle nach folgenden Kategorien durch-

leuchtet:

- Erwarteter Nutzen
- Erwarteter Aufwand
- Sozialer Einfluss
- Erleichternde Umstände
- Kompetenzförderung
- Verbesserungsvorschläge

Grundlage für die Entwicklung der gestellten Fragen im Interview und die Kategorien in der darauffolgenden Auswertung ist das „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)“-Modell von Venkatesh et al. (2003). Dabei wird die Akzeptanz sowie die Nutzung des sozialen Roboters in den vorliegenden Einsatzszenarien ermittelt. Für die Ermittlung der geförderten Kompetenzen in den jeweiligen Szenarien werden zum einen die prozessbezogenen Kompetenzen aus dem Bildungsplan (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 9–12) und zum anderen die Kompetenzen, die aus dem Lernkompass 2030 von der OECD (2019, S. 15ff.) hervorgehen, berücksichtigt. Die Kompetenzen aus dem Lernkompass umfassen Schlüsselkompetenzen wie Lesen, kritisches Denken, soziale Kompetenzen, funktionale Kompetenzen wie technisches Wissen und kontextuelle Kompetenzen wie der Umgang mit neuen Medien. Die drei geschilderten Kompetenzbereiche sind für die heutige Wissensgesellschaft von Bedeutung.

Begründete Entscheidung der Themen

Der erste Schritt im Educational Design Research ist die Problemanalyse. Dafür werden die Inhalte und Themen aus dem Technikbuch „Prisma Technik I“ mit den Eigenschaften eines sozialen Roboters und dem möglichen Mehrwert für Schülerinnen und Schüler miteinander verglichen, um mögliche Probleme und darauffolgende Lernziele zu formulieren.

Die bereits im Prisma Technik I vorhandene Segmentierung in Information, Infografik, Werkstatt und Aufgaben wird auch bei der Themenauswahl in der vorliegenden Arbeit beibehalten. Zudem werden die Autonomiegrade von Parasuraman et al. (2000, S. 287f.) bei einer konkreten Entscheidung mitberücksichtigt. Allerdings wird lediglich eine Einteilung von niedrig bis hoch vorgenommen und nicht konkret eine der zehn Stufen genannt, da Beer et al. (2014, S. 86) eine Konzeptualisierung¹ konkreter Autonomiegrade problematisch sehen. Es liegt keine Abgrenzung von Autonomie vor, die auf alle Bereiche anwendbar ist. Soll beispielsweise Autonomie auf einer Skala von null bis einhundert Prozent eingeteilt werden, kann nicht eindeutig gesagt werden, was der Unterschied zwischen 62 und 66 Prozent ist. Die konkreten Themen der Einsatzszenarien werden dann so gewählt, dass ein sozialer Roboter als Option eingesetzt wird.

Im ersten Einsatzszenario dient der soziale Roboter als Anschauungsobjekt und wird zur Information eingesetzt. Hierfür wird geschaut, welche Thematik bestmöglich passt. Da ein sozialer Roboter eine Vielzahl an Aktoren und Sensoren besitzt, ist er zur Vermittlung genau dieser Bauteile ideal geeignet und kann somit zur Einführung für die Sensorik ein-

1 engl. to conceptualize; in Begriffe fassen (LEO GmbH, o. J.)

gesetzt werden. Der Autonomiegrad ist entsprechend gering.

Das zweite Szenario soll im Rahmen der Werkstatt stattfinden. Damit soziale Roboter funktionieren, müssen sie zunächst einmal programmiert werden. Deshalb eignen sich diese ideal als Lerngegenstand, um erste Programmierkenntnisse zu erlangen. Der Autonomiegrad des Roboters in diesem Szenario wird etwas höher eingestuft, da sie in der Lage sein sollen, den Schülerinnen und Schülern auf Programmierbefehle Feedback zu geben.

Einsatzszenario Nummer drei dient als Sicherungs- und Wiederholungsszenario mit Hilfe entsprechender Aufgaben. Dabei soll der soziale Roboter als Peer fungieren und gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern zum Abschluss eines Kapitels Aufgaben lösen. Im Grunde genommen kann ein sozialer Roboter für jegliches Themengebiet als Peer eingesetzt werden. Im spezifischen Fall wird er allerdings für das Kapitel Elektrotechnik und Elektronik eingesetzt. Der Autonomiegrad des eingesetzten Roboters ist dementsprechend hoch, um eigenständig denken und mitarbeiten zu können.

VERLAUFSPLANUNG

Im Anschluss werden die bereits überarbeiteten Verlaufspläne eingestellt, die sowohl als kreative Impulse als auch als inspirative Quellen betrachtet werden können. Es besteht die Möglichkeit, dass sie als fundiertes Fundament für zukünftige Forschungsinitiativen, insbesondere mit dem Blick auf die praktikable Umsetzbarkeit, fungieren könnten.

Einsatzszenario I – Sozialer Roboter als Anschauungsobjekt

Im Sinne des mehrperspektivischen Technikunterrichts werden mittels des Szenarios folgende vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016, S. 3–31) im Bildungsplan verankerte Kompetenzen vermittelt:

1. Leitperspektiven

„Bildung für Toleranz und Akzeptanz von Vielfalt (BTV)“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 4)

Der Technikunterricht vermittelt die Fähigkeit, mit technikbeeinflussten Alltagssituationen umzugehen. Dabei schafft er notwendige Bedingungen für die Teilnahme an sozialen Interaktionen und am persönlichen Leben.

- Berufliche Orientierung (BO)
Die Theorie- und Praxisauseinandersetzung mit Technik hilft Schülerinnen und Schüler bei der Bestimmung einer potenziellen Karriere in technikaffinen Bereichen.

2. Prozessbezogene Kompetenzen

- Erkenntnisgewinnung: Instruktion
„Die Schülerinnen und Schüler können technische Informationen mit vorhandenem Wissen verknüpfen und anwenden“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 9).
- Bewertung: technische Entwicklung

„Die Schülerinnen und Schüler können Chancen und Risiken technischer Entwicklungen in privaten, öffentlichen und beruflichen Feldern bewerten“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 11).

3. Inhaltsbezogene Kompetenzen Klasse 7/8/9

Die dargestellten inhaltsbezogenen Kompetenzen für die Klasse acht werden auf G-, M- und E-Niveau angestrebt.

- Systeme und Prozesse
(8) Aufgaben und Funktionen elektrischer Bauteile bestimmen (Sensoren und Aktoren)
- Mensch und Technik: Mobilität
(6) gegenwärtige Wandlungen der Mobilität beschreiben und ggf. bewerten (autonome Fahrzeuge)

Einsatzszenario II – Sozialer Roboter als Lerngegenstand

Im Sinne des mehrperspektivischen Technikunterrichts werden mittels des Szenarios folgende, vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016, S. 3–31) im Bildungsplan verankerte Kompetenzen vermittelt:

1. Leitperspektiven

- Medienbildung (MB)
Ziel der Medienpädagogik im Technikunterricht ist es, Schülerinnen und Schüler dabei zu unterstützen, sich selbstbewusst und kompetent „[...] den Anforderungen und Herausforderungen der heutigen Mediengesellschaft [...]“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 4) zu stellen. Es sollen dabei bei der Planung und Nutzung informationstechnischer Medien, Informationen, Wissen und Mediengesellschaft, sowie -analyse weiterentwickelt und konsolidiert werden.

2. Prozessbezogene Kompetenzen

- Erkenntnisgewinnung: Experiment und Erkundung sowie Planung und Strukturierung
„Die Schülerinnen und Schüler können technische Experimente planen, durchführen und auswerten“ und „geeignete Methoden zur Gewinnung von Lösungs-ideen anwenden“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 9).
- Herstellung und Nutzen: Konstruktion
„Die Schülerinnen und Schüler können konstruktive Lösungen für technische Probleme entwickeln“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 12).

3. Inhaltsbezogene Kompetenzen Klasse 10

Die dargestellten inhaltsbezogenen Kompetenzen für die Klasse zehn werden auf G-, M- und E-Niveau angestrebt.

- Systeme und Prozesse
(5) Steuerungen computergestützt realisieren

3.5.3 Einsatzszenario III – Sozialer Roboter als Peer

Im Sinne des mehrperspektivischen Technikunterrichts werden mittels des Szenarios folgende, vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016, S. 3–31) im Bildungsplan verankerte Kompetenzen vermittelt:

1. Leitperspektiven

- „Bildung für Toleranz und Akzeptanz von Vielfalt (BTV)“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 4)
Der Technikunterricht vermittelt die Fähigkeit, mit technikbeeinflussten Alltagssituationen umzugehen. Dabei schafft er notwendige Bedingungen für die Teilnahme an sozialen Interaktionen und am persönlichen Leben. Dem grundlegenden Ziel der Erziehung zu Toleranz und Anerkennung von Vielfalt wird durch „[...] gewaltfreie Kommunikation, eine angemessene Ausdrucksform [und den] Umgang mit Kritik [...]“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 4) dressiert.
- Medienbildung (MB)
Ziel der Medienpädagogik im Technikunterricht ist es, Schülerinnen und Schüler dabei zu unterstützen, sich selbstbewusst und kompetent „[...] den Anforderungen und Herausforderungen der heutigen Mediengesellschaft [...]“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 4) zu stellen. Dabei liegt besonderes Augenmerk auf der Kommunikation und Kollaboration mit dem sozialen Roboter.

2. Prozessbezogene Kompetenzen

- Erkenntnisgewinnung: Instruktion sowie Planung und Strukturierung
„Die Schülerinnen und Schüler können technische Informationen mit vorhandenem Wissen verknüpfen und anwenden“ und „Die Schülerinnen und Schüler können geeignete Methoden zur Gewinnung von Lösungsideen anwenden“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 9).
- Kommunikation
Schülerinnen und Schüler tauschen sich über technische Fragen und wissenschaftliche Beobachtungen aus. Sie benutzen dafür Alltagssprache und zunehmend Fachsprache. Die verwendete Sprache ist wertschätzend und gendersensibel. Zudem sind Schülerinnen und Schüler in der Lage in aufkommenden Diskussionen ihren Standpunkt empfangerecht darzustellen.

3. Inhaltsbezogene Kompetenzen Klasse 7/8/9

Die dargestellten inhaltsbezogenen Kompetenzen für die Klasse acht werden auf G-, M- und E- Niveau angestrebt.

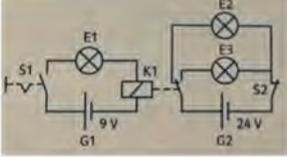
- Systeme und Prozesse
(7) Strom- oder Energieverbrauchsberechnungen durchführen
(8) Aufgaben und Funktionen elektrischer Bauteile bestimmen

Thema der Unterrichtseinheit: Mensch und Mobilität					
Thema der Unterrichtsstunde: Sensoren und Aktoren					
Übergeordnetes Unterrichtsziel:					
<ul style="list-style-type: none"> - Kennenlernen von Sensoren und Aktoren - Die Schülerinnen und Schüler benennen Sensoren und Aktoren - Die Schülerinnen und Schüler ordnen die Funktionen den jeweiligen Sensoren und Aktoren zu 					
Zeit/Dauer	Phase und Ziele	Geplanter Unterrichtsverlauf	Didaktische Intention	Sozialform	Material/Medien
3 Minuten	Einstiegsphase -Ziel 1: Schülerinnen- und Schüleraktivierung -Ziel 2: Irritation durch Neues	Nach den Formalien schaltet die Lehrkraft den programmierten Roboter an. Dieser begrüßt die Klasse und erzählt einen <i>Running Gag</i> von der Lehrkraft.	Aufmerksamkeit auf den sozialen Roboter lenken. Alternativer Stundenbeginn, um die Schülerinnen und Schüler direkt anzusprechen und zu motivieren. Durch den <i>Running Gag</i> sollen Emotionen bei den Schülerinnen und Schülern geweckt werden und zu höherem Lernerfolg führen.	Plenum	Sozialer Roboter
7 Minuten	Demonstration -Ziel 1: Auf Stundenthema lenken -Ziel 2: Schülerinnen und Schüler zum Nachdenken anregen	Die Lehrkraft lässt den programmierten Roboter auf dem Pult umherlaufen, Hindernissen ausweichen und sich am Schluss hinsetzen.	Die Schülerinnen und Schüler zum Nachdenken anregen, wie das sein kann, dass der Roboter nirgends dagegen läuft.	Plenum	Sozialer Roboter
15 Minuten	Erarbeitungsphase -Ziel 1: Wissen aufbauen -Ziel 2: Interesse wecken	Im darauffolgenden Unterrichtsgespräch sollen zunächst alle Fragen seitens der Schülerinnen und Schüler geklärt werden. Das Ziel hierbei ist, dass die Schülerinnen und Schüler selbstständig auf die Fragen nach den Sensoren und Aktoren kommen können.	Schülerinnen und Schüler durch das selbstständige Formulieren der Fragen, eine Erhöhung des Lern- und Verständnisprozesses ermöglichen.	Plenum, Unterrichtsgespräch	Soziale Roboter
15 Minuten	Sicherungsphase -Ziel 1: Benennen der Aktoren -Ziel 2: Zuordnen der Aufgaben	Für die Sicherungsphase wird ein Arbeitsblatt von der Lehrkraft ausgeteilt. Darauf sind nochmals die Sensoren und Aktoren des Roboters abgebildet sowie die jeweiligen Aufgaben der Bauteile. Die Schülerinnen und Schüler sollen in Partnerinnen- und Partnerarbeit die Aktoren und Sensoren beschriften und deren Aufgaben zuordnen.	Die Schülerinnen und Schüler sollen das erarbeitete Wissen anwenden und sich einprägen. Durch die Partnerinnen- und Partnerarbeit können die Schülerinnen und Schüler sich nochmals austauschen und helfen.	Partnerinnen-Partnerarbeit	Arbeitsblatt, Stift
3 Minuten	Kontrolle -Ziel 1: Kontrolle der bearbeiteten Aufgabe	Nach der Sicherung wird das Arbeitsblatt im Plenum besprochen. Die Schülerinnen und Schüler überprüfen ggf. ihre Aufgaben.	Die Kontrolle dient dafür, dass alle Schülerinnen und Schüler die richtigen Antworten auf ihrem Blatt haben.	Plenum	Arbeitsblatt
2 Minuten	Stundenabschluss -Ziel 1: Ordnung und Sauberkeit -Ziel 2: Gemeinsames Stundenende -Ziel 3: Feedbackrunde	Kurz vor dem Ende der Stunde bittet die Lehrkraft um Feedback. Positive als auch negative Aspekte sollen ausgesprochen und geklärt werden. Zuletzt verabschiedet der Roboter die Klasse in die nächste Stunde.	Die Feedbackrunde dient als Ritual am Ende der Stunde. Dadurch sollen alle Schülerinnen und Schüler nochmals die Stunde Revue passieren lassen und aufgekommene Schwierigkeiten angesprochen werden. Dies dient ebenfalls zur Verbesserung künftiger Stunden.	Plenum	
	Puffer -Ziel 1: Neu gewonnenes Wissen in der Praxis anwenden -Ziel 2: Verknüpfung zwischen den Sensoren und Aktoren eines sozialen Roboters und eines modernen Autos herstellen	Transfer: Die Schülerinnen und Schüler sollen die Aktoren und Sensoren des sozialen Roboters den Sensoren und Aktoren eines modernen Autos zuordnen. Dabei wird gemeinsam im Unterrichtsgespräch zunächst erarbeitet, welche Sensoren und Aktoren in einem modernen Auto verbaut sind und welche davon ebenfalls in dem sozialen Roboter verbaut sind.	Schülerinnen und Schüler werden gefördert, das erworbene Wissen auf neue und unterschiedliche Situationen anzuwenden. Dabei können die Schülerinnen und Schüler das eben erworbene Wissen direkt vertiefen, festigen und erweitern, indem sie es auf neue Kontexte und Herausforderungen übertragen. Somit wird eine Verbindung zwischen dem theoretisch Besprochenen und der realen Welt hergestellt, was den Praxisbezug fördert.	Plenum	Sozialer Roboter, Bild von einem modernen Auto
	Notausstieg	Die angefangene Aufgabe wird als Hausaufgabe beendet.			

Tabelle 1: Einsatzszenario 1 – Sozialer Roboter als Anschauungsobjekt“ (Eigene Darstellung)

Thema der Unterrichtseinheit: Einführung Programmieren					
Thema der Unterrichtsstunde: Programmieren eines sozialen Roboters					
Übergeordnetes Unterrichtsziel:					
<ul style="list-style-type: none"> - Schülerinnen und Schüler erarbeiten passende Einsatzsituationen für soziale Roboter - Schülerinnen und Schüler entwickeln eine Problemlösung - Schülerinnen und Schüler programmieren den sozialen Roboter 					
Zeit/Dauer	Phase und Ziele	Geplanter Unterrichtsverlauf	Didaktische Intention	Sozialform	Material/Medien
3 Minuten	Einstiegsphase -Ziel 1: Schülerinnen- und Schüleraktivierung	Die Lehrkraft begrüßt die Klasse. Anschließend wird die Anwesenheit kontrolliert. Nach den Formalien widmet sich die Lehrkraft dem Roboter, der auf dem Pult steht. Er bittet eine Schülerin oder einen Schüler diesen zu begrüßen. Daraufhin grüßt der Roboter zurück und erzählt einen Witz.	Aufmerksamkeit auf den Technikunterricht lenken. Auflockerung der Klasse. Das Thema der Stunde wird verdeckt vermittelt und kann so zunächst einmal sinnlich erfasst werden.	Plenum	Sozialer Roboter
5 Minuten	Aufgabenstellung -Ziel 1: Sammeln möglicher Problemfelder -Ziel 2: Wiederholung der vorgesehenen Einsatzmöglichkeiten von sozialen Robotern	Die Lehrkraft stellt die Aufgabe für die kommenden Stunden: <i>„Die Schülerinnen und Schüler sollen sich eine Situation überlegen, in der ein sozialer Roboter eingesetzt werden kann, um Prozesse zu vereinfachen. Dafür sollen sie dann ein Programm für den Roboter in Choregraphie erstellen.“</i> Im Unterrichtsgespräch werden Ideen gesammelt, anschließend geordnet, um ähnliche Situationen und Problemlösungen zu finden.	Durch das gemeinsame Besprechen und Sammeln kann nochmals konkret darauf eingegangen werden, was einen sozialen Roboter ausmacht und für welche Einsatzszenarien dieser geeignet ist.	Plenum	Digitale Tafel
10 Minuten	Problemorientierung -Ziel 1: Die Schülerinnen und Schüler finden mögliche Problemsituationen. -Ziel 2: Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Problemlösestrategien -Ziel 3: Selbstständiges Arbeiten	Die Schülerinnen und Schüler besprechen in Partnerinnen- und Partnerarbeit, welche an der Tafel notierte Situation sie mit einem sozialen Roboter lösen wollen. Ein mögliches Beispiel könnte sein: <i>Ein sozialer Roboter steht beim Empfang in einem Restaurant und soll neue Gäste begrüßen und diese zu einem freien Tisch begleiten (s. Abb. 7).</i>	Die Partnerarbeit bietet sich deshalb an, damit gemeinsam Lösungen erarbeitet werden können und das soziale Lernen gestärkt wird. Hohe Auseinandersetzung mit dem Thema führt zu höherer Motivation und Lernaktivität. Die ähnlichen Situationen bieten die Möglichkeit, dass sich die Schülerinnen und Schüler auch untereinander helfen können.	Partnerarbeit	Stift, Papier
24 Minuten	Arbeitsphase -Ziel 1: Selbstständiges Arbeiten -Ziel 2: Entwicklung des Programms für den Roboter	Die Schülerinnen und Schüler bekommen in Partnerinnen- und Partnerarbeit einen Roboter und beginnen mit dem Programmieren über <i>Choregraphie</i> . Die Lehrkraft hilft bei Fragen oder unterstützt bei Problemen. Die Schülerinnen und Schüler sollen aber durch Ausprobieren selbstständig arbeiten.	Durch den Roboter können die Schülerinnen und Schüler direkt erkennen, was sie programmiert haben. Dies führt zu größerem Lernzuwachs, da selbstständig nach Lösungen bzw. Fehlern gesucht werden kann.	Partnerarbeit	Sozialer Roboter, <i>Choregraphie</i> , PC
3 Minuten	Stundenabschluss -Ziel 1: Prozess Revue passieren lassen -Ziel 2: Probleme klären -Ziel 3: Aktuellen Stand erfahren	Die Schülerinnen und Schüler speichern ihr Programm, fahren den Computer herunter und räumen ihren Roboter auf. Die Lehrkraft bittet um ein Feedback der Stunde. Wie ist es mit dem Programmieren gelaufen? Wie seid ihr vorangekommen? Der aktuelle Stand der Gruppen wird abgefragt. Danach wird die Klasse in die nächste Stunde verabschiedet.	Die Feedbackrunde dient als Ritual am Ende der Stunde. Dadurch sollen alle Schülerinnen und Schüler nochmals die Stunde Revue passieren lassen und entstandene Probleme angesprochen werden. Dies dient ebenfalls zur Verbesserung künftiger Stunden. Zudem bekommt die Lehrkraft den aktuellen Stand der Gruppen mit und kann die Fortschritte beobachten.	Plenum	Sozialer Roboter, <i>Choregraphie</i> , Computer
	Puffer	Verlängerung der Arbeitsphase			
	Notausstieg	Verkürzung der Arbeitsphase			

Tabelle 2: Einsatzszenario II – Sozialer Roboter als Lerngegenstand (Eigene Darstellung)

Thema der Unterrichtseinheit: Elektrotechnik und Elektronik					
Thema der Unterrichtsstunde: Zusammenfassung und Aufgaben					
Übergeordnetes Unterrichtsziel:					
<ul style="list-style-type: none"> - Die Schülerinnen und Schüler überprüfen ihr Wissen aus dem Kapitel „Elektrotechnik und Elektronik“ - Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten in einem Peer – Setting Lösungen für gestellte Probleme - Die Schülerinnen und Schüler erstellen eine Übersicht der wichtigsten Themen für die Klausur 					
Zeit/Dauer	Phase und Ziele	Geplanter Unterrichtsverlauf	Didaktische Intention	Sozialform	Material/Medien
5 Minuten	Einstiegsphase -Ziel 1: Schülerinnen- und Schüleraktivierung -Ziel 2: Klären von Unklarheiten	Die Lehrkraft begrüßt die Klasse. Anschließend wird die Anwesenheit kontrolliert. Nach den Formalien fragt die Lehrkraft den bereits am Pult stehenden sozialen Roboter, was das Ziel der Stunde ist. Dieser antwortet, dass der Schwerpunkt der Stunde in der Klausurvorbereitung und Stoffwiederholung liegt. Danach fragt der soziale Roboter die Klasse, ob es bereits Fragen gibt.	Aufmerksamkeit auf den Technikunterricht lenken. Schülerinnen und Schüler sollen durch die Klausurvorbereitung und Lernunterstützung, sowie die Interaktion bereits zu Beginn der Stunde für die kommenden 45 Minuten motiviert werden.	Plenum; Schülerinnen und Schüler – Lehrkraft – Gespräch	Interaktive Tafel
15 Minuten	Wiederholung -Ziel 1: Wissen der Schülerinnen und Schüler abfragen -Ziel 2: Wichtigsten Themen des Kapitels zusammentragen	Basierend auf den wichtigsten Themen des Kapitels werden in einem Schaubild die Themenschwerpunkte zusammengetragen. Dazu werden von dem sozialen Roboter vorprogrammierte Fragen gestellt, die die Schülerinnen und Schüler beantworten. Die Lehrkraft notiert die Antworten auf der interaktiven Tafel, so dass Stück für Stück eine Mindmap mit den Unterkapiteln der Unterrichtseinheit und den jeweiligen Inhalten entsteht. Bevor es in die Aufgabenbearbeitung geht, bekommen die Schülerinnen und Schüler ihren individuell programmierten Roboter und das Aufgabenblatt ausgeteilt.	Die Schülerinnen und Schüler werden durch die Fragen nochmals angeregt über die vergangenen Stunden und Themen nachzudenken und diese Revue passieren zu lassen. Die gemeinsam erstellte Übersicht dient als Zusammenfassung der Unterrichtseinheit und ist Grundlage für kommende Klausuren und/oder Prüfungen.	Plenum	Interaktive Tafel, ggf. Heft
17 Minuten	Aufgabenbearbeitung -Ziel 1: Wiederholung des gelernten Unterrichtsstoffes -Ziel 2: Anwendung des Wissens -Ziel 3: Dem sozialen Roboter Aufgaben erklären	Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten nach und nach gemeinsam mit ihrem Roboter, in Partnerinnen- und Partnerarbeit, die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt. Die Lehrkraft kann in dieser Zeit individuelle Fragen beantworten oder unterstützen. Beispielaufgaben: 1. „Benennt die Bauteile im Schaubild sowie deren Funktion. Gebt anschließend an, welche Lampe leuchtet, wenn d) S1 und S2 geschlossen sind, e) S1 offen und S2 geschlossen ist, f) S1 geschlossen und S2 offen ist.“	Durch die Funktion des Roboters als Peer und die genutzte <i>Learning – by – Teaching – Methode</i> können die Schülerinnen und Schüler als Lehrer fungieren. Sie lösen gemeinsam mit dem Roboter die Aufgabe und erläutern dabei ihre Denkvorgänge. Somit entsteht ein größerer Lernzuwachs für die Schülerinnen und Schüler.	Partnerinnen- & Partnerarbeit	Interaktive Tafel, Stift, Heft
		 <p>2. „Nennt das Ohm'sche Gesetz.“</p> <p>3. „Eine Energiesparlampe nimmt einen Strom von 78 mA, eine LED – Lampe 44 mA auf, wenn sie an 230 V angeschlossen werden. Berechnet die Widerstände dieser Lampen.“</p>			

5 Minuten	Überprüfung	Nach der Aufgabenbearbeitung ruft der soziale Roboter der Lehrkraft Schülerinnen und Schüler zur Beantwortung der Aufgabe auf. Basierend auf gesicherten Daten der Schülerinnen und Schüler werden tendenziell die Schülerinnen und Schüler aufgerufen, die Fehlvorstellungen über das Konzept oder Probleme mit der Thematik haben. Falsche Antworten werden zur Kenntnis genommen und noch weitere Schülerinnen und Schüler aufgerufen, bevor im Plenum die Aufgabe besprochen wird. Die Lehrkraft kann sich während der Überprüfung Notizen machen. Die Schülerinnen und Schüler, die noch Schwierigkeiten haben, können dann in der nächsten Stunde individuell betreut werden, während der Rest der Klasse mit dem sozialen Roboter interagiert.	Die Überprüfung ist relevant, damit alle Schülerinnen und Schüler die korrekten Lösungen in ihren Heften notiert haben. Das Aufrufen der Schülerinnen und Schüler die tendenziell Probleme haben, bringt den Vorteil, dass die Lehrkraft nach der Überprüfung individuell helfen kann. Dadurch das nicht direkt aufgelöst wird das die Aufgabe falsch ist, wird vermieden, dass die Schülerinnen und Schüler sich aufgrund der falschen Antwort unwohl fühlen und bleiben aktiv am Unterricht beteiligt.	Plenum	Interaktive Tafel, Stift, Heft
	-Ziel 1: Die richtigen Inhalte notieren -Ziel 2: Gegenseitiges Unterstützen seitens der Schülerinnen und Schüler				
3 Minuten	Stundenabschluss	Nachdem alle Schülerinnen und Schüler fertig geschrieben haben und ihre Hefte vollständig sind, bittet die Lehrkraft um ein Feedback der Stunde. Positive als auch negative Aspekte sollen ausgesprochen und geklärt werden. Danach packen die Schülerinnen und Schüler ihre Roboter weg, sowie ihre Sachen zusammen und die Klasse wird in die nächste Stunde verabschiedet.	Die Feedbackrunde dient als Ritual am Ende der Stunde. Dadurch sollen alle Schülerinnen und Schüler nochmals die Stunde Revue passieren lassen und aufgekommene Probleme angesprochen werden. Dies dient ebenfalls zur Verbesserung künftiger Stunden.	Plenum	Stifte, Heft
	-Ziel 1: Ordnung und Sauberkeit -Ziel 2: Gemeinsames Stundenende -Ziel 3: Feedbackrunde				
	Puffer	Zusätzliche Aufgabe			
	Notausstieg	Weglassen einer Aufgabe			

Tabelle 3: Einsatzszenario III – Sozialer Roboter als Peer (Eigene Darstellung)

AUTORENINFORMATION

Fabian Csoch, M. Ed. studierte an der PH Schwäbisch Gmünd Lehramt für die Sekundarstufe I (M. Ed.) mit den Fächern Sport und Technik. In seiner Masterarbeit hat er sich intensiv mit der Entwicklung und Evaluation von Einsatzszenarien für soziale Roboter im Technikunterricht auseinandergesetzt. Weiter gefasstes Ziel ist es, die Aufmerksamkeit auf die Integration von Robotik und künstlicher Intelligenz im Technikunterricht zu lenken.



Literaturverzeichnis

Aldebaran (Hrsg.). (o. J.). Box libraries panel. Abgerufen 25. Februar 2023 von http://doc.aldebaran.com/2-1/software/choregraphie/panels/box_libraries_panel.html#chorebox-library-panel

Aldebaran (Hrsg.). (o. J.). Hello Guide. Abgerufen 21. Februar 2023 von http://doc.aldebaran.com/2-1/nao/getting_out_of_the_box.html

Aldebaran (Hrsg.). (o. J.). NAOqi Framework. Abgerufen 24. Dezember 2022 von <http://doc.aldebaran.com/1-14/dev/naoqi/index.html>

Aldebaran (Hrsg.). (o. J.). Programming Guide. Abgerufen 25. Februar 2023 von <http://doc.aldebaran.com/1-14/dev/index.html>

Aldebaran (Hrsg.). (o. J.). What is Choregraphie. Abgerufen 25. Februar 2023 von http://doc.aldebaran.com/2-1/software/choregraphie/choregraphie_overview.html

Aldebaran (Hrsg.). (2022). NAO6 - the versatile humanoid robot. Abgerufen 23. Dezember 2022 von <https://www.aldebaran.com/de/nao>

- Alemi, M., Meghdari, A. & Ghazisaedy, M. (2014). The effect of employing humanoid robots for teaching English on students' anxiety and attitude. In 2014 Second RSI/ISM International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM) (S. 754–759). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRoM.2014.6990994>
- Azizi, N., Chandra, S., Gray, M., Fane, J., Sager, M. & Dautenhahn, K. (2022). User Evaluation of Social Robots as a Tool in One-to-One Instructional Settings for Students with Learning Disabilities. In F. Cavallo, J.-J. Cabibihan, L. Fiorini, A. Sorrentino, H. He, X. Liu, Y. Matsumoto & S. S. Ge (Hrsg.), *Lecture Notes in Artificial Intelligence*: Bd. 13818. Social Robotics: 14th International Conference, ICSR 2022, Florence, Italy, December 13–16, 2022, Proceedings, Part II (1. Aufl., S. 146–159). Springer Nature Switzerland; Imprint Springer.
- Bartneck, C. & Forlizzi, J. (2004). A design-centred framework for social human-robot interaction. In RO-MAN 2004. 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (IEEE Catalog No.04TH8759) (S. 591–594). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2004.1374827>
- Beer, J. M., Fisk, A. D. & Rogers, W. A. (2014). Toward a framework for levels of robot autonomy in human-robot interaction. *Journal of human-robot interaction*, 3(2), 74–99. <https://doi.org/10.5898/JHRI.3.2.Beer>
- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B. & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science robotics*, 3(21). <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat5954>
- Bendel, O. (2021). 300 Keywords Soziale Robotik: Soziale Roboter aus technischer, wirtschaftlicher und ethischer Perspektive (1. Aufl.). Springer eBook Collection. Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler.
- Breazeal, C. L. (2002). *Designing sociable robots*. Zugl.: Diss. A Bradford book. MIT Press.
- Brockhaus (Hrsg.). (o. J.). *Roboter*. Abgerufen 15. Dezember 2022 von <https://brockhaus.de/ecs/enzy/article/roboter>
- Čapek, K. (2016). *Karel Čapek's R.U.R. - Rossum Universal Robots: Ins Deutsche übersetzt und aktualisiert von Yehuda Shenef (Y. Shenef, Hg.)*. Books on Demand.
- Chen, H., Park, H. W. & Breazeal, C. (2020). Teaching and learning with children: Impact of reciprocal peer learning with a social robot on children's learning and emotive engagement. *Computers & Education*, 150, 103836. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103836>
- Christaller, T. (2001). *Robotik: Perspektiven Für Menschliches Handeln in der Zukünftigen Gesellschaft. Ethics of Science and Technology Assessment Ser: v.14*. Springer Berlin / Heidelberg.
- Conti, D., Cirasa, C., Di Nuovo, S. & Di Nuovo, A. (2020). „Robot, tell me a tale!“. *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, 21(2), 220–242. <https://doi.org/10.1075/is.18024.con>
- Darling, K. (2020). Interview durch M. Daßinnies. Abgerufen 16. März 2023 von <https://www.kinofenster.de/filme/archiv-film-des-monats/kf2007/kf2007-hi-ai-interview-kate-darling/#:~:text=Roboter%20werden%20%C3%BCberall%20sein%2C%20in,auf%20sozialer%20Ebene%20interagieren%20k%C3%B6nnen>.
- Dudenredaktion (Hrsg.). (o. J.). *iterativ*. In Duden Online. Abgerufen 26. Februar 2023 von <https://www.duden.de/node/147747/revision/1431837>
- Duffy, B. R., Rooney, C., O'Hare, G. M. P. & O'Donoghue, R. (1999). What is a social robot? Abgerufen 19. Dezember 2022 von <http://hdl.handle.net/10197/4412>
- Entrance Robotics (Hrsg.). (2022). *Ich bin der neue NAO 6*. Abgerufen 21. Februar 2023 von <https://entrance-robotics.de/roboter-nao-kaufen-inkl-individueller-software-und-beratung-3/>
- Fong, T., Nourbakhsh, I. & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 143–166. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00372-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00372-X)
- Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2018). *Deep Learning: Das umfassende Handbuch: Grundlagen, aktuelle Verfahren und Algorithmen, neue Forschungsansätze* (G. Lenz, Übers.) (1. Auflage). mitp.
- IFR - International Federation of Robotics (Hrsg.). (2022). *World Robotics 2022*. Abgerufen 16. März 2023 von https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf
- Johal, W. (2020). Research Trends in Social Robots for Learning. *Current Robotics Reports*, 1(3), 75–83. <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00008-3>
- Kerner, S., Leveling, J., Urbann, O., Weickmann, L., Otten, M. & Vogel, M. (2020). Anwendungsfelder von künstlicher Intelligenz in Industrie-4.0-Systemen. In M. ten Hompel, T. Bauernhansl & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0: Band 3: Logistik* (3. Aufl., S. 227–251). Springer Berlin Heidelberg.
- Kramer, S. (2014). *Die Technik holt auf: Wie Roboter die Wirtschaft verändern*. Tagesspiegel. Abgerufen 21. Februar 2023 von <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/wie-roboter-die-wirtschaft-verandern-3596389.html>
- LEO GmbH (Hrsg.). (o. J.). *conceptualize*. In Leo Online. Abgerufen 21. März 2023 von <https://dict.leo.org/englisch-deutsch/conceptualize>

- Lindner, F. (2021). Soziale Robotik und KI: Wie sich Roboter autonom nach Werten und Normen verhalten können. In O. Bendel (Hrsg.), *Soziale Roboter: Technikwissenschaftliche, wirtschaftswissenschaftliche, philosophische, psychologische und soziologische Grundlagen* (S. 109–125). SpringerGabler.
- Löwenstein, B. (2015). Time for Evolution: Programmierung des NAO - Roboters mit Choreographie und Python. *entwickler magazin*(4). Abgerufen 25. Februar 2023 von <https://entwickler.de/magazine-ebooks/entwickler-magazin/entwickler-magazin-42015>
- Martin, J.-P. (1985). Zum Aufbau didaktischer Teilkompetenzen beim Schüler: Fremdsprachenunterricht auf der lerntheoretischen Basis des Informationsverarbeitungsansatzes. Zugl.: Gießen, Univ., Diss., 1985. Gießener Beiträge zur Fremdsprachendidaktik. Narr.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2014). Educational Design Research. In J. M. Spector (Hrsg.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4. Aufl., S. 131–141). Springer.
- Mey, G. & Mruck, K. (Hrsg.). (2010). *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie* (1. Auflage). VS Verlag.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). (2016). *Technik: Wahlpflichtfach. Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I*. Abgerufen 01. Februar 2023 von https://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_SEK1_T.pdf
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. A. & Dong, J.-J. (2013). A REVIEW OF THE APPLICABILITY OF ROBOTS IN EDUCATION. *Technology for Education and Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015>
- Novoa, J., Mahu, R., Wuth, J., Escudero, J. P., Fredes, J. & Yoma, N. B. (2021). Automatic Speech Recognition for Indoor HRI Scenarios. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 10(2), 1–30. <https://doi.org/10.1145/3442629>
- OECD (Hrsg.). (2019). *OECD FUTURE OF EDUCATION AND SKILLS 2030: OECD Learning Compass 2030*. Abgerufen 16. März 2023 von https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B. & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. Part A, Systems and humans: a publication of the IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society*, 30(3), 286–297. <https://doi.org/10.1109/3468.844354>
- Picard, R. W. (2015). The Promise of Affective Computing. In R. Calvo, S. D’Mello, J. Gratch & A. Kappas (Hrsg.), *Oxford library of psychology. The Oxford handbook of affective computing* (S. 11–20). Oxford University Press.
- Schulze, H., Bendel, O., Schubert, M., Binswanger, M., Simmler, M., Reimer, R. T., Tanner, A., Urech, A., Kreis, J., Zigan, N., Kramer, I., Flückiger, S., Rüegg, M., Künzi, C., Kochs, K. & Zingg, O. (2021). *Soziale Roboter, Empathie und Emotionen - Eine Untersuchung aus interdisziplinärer Perspektive*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5554564>
- Seufert, S., Guggemos, J. & Sonderegger, S. (2021). Soziale Roboter im Bildungsbereich: Konzeptioneller Überblick zum Einsatz sozialer Roboter in der Bildung. In O. Bendel (Hrsg.), *Soziale Roboter: Technikwissenschaftliche, wirtschaftswissenschaftliche, philosophische, psychologische und soziologische Grundlagen* (S. 475–494). SpringerGabler.
- Siebert, S. (2018). Raising Robotic Natives? Einzug digitaler Medien in die Frühpädagogik. <https://doi.org/10.18420/muc2018-ws02-0481>
- Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (Hrsg.). (2019). *Herausforderungen der künstlichen Intelligenz: Bericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe «Künstliche Intelligenz» an den Bundesrat*. Abgerufen 15. Januar 2023 von https://www.sbf.admin.ch/dam/sbf/de/dokumente/2019/12/bericht_idag_ki.pdf.download.pdf/bericht_idag_ki_d.pdf
- Trevelyan, J. (1999). Redefining Robotics for the New Millennium. *The International Journal of Robotics Research*, 18(12), 1211–1223. <https://doi.org/10.1177/02783649922067816>
- Venkatesh, Morris & Davis (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Verein Deutscher Ingenieure (1990). *Montage- und Handhabungstechnik: Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole* (VDI 2860).
- Wozniak, H. (2015). Conjecture mapping to optimize the educational design research process. *Australasian Journal of Educational Technology*, 31(5). <https://doi.org/10.14742/ajet.2505>

tedu

1|2024