

**Carl von Ossietzky Universität Oldenburg**

**Studiengang**

**Master of Education Physik und Technik**

**Masterarbeit**

**Entwicklung eines quantitativen Forschungsinstrumentes zur  
Erhebung von Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter.**

**Vorgelegt von:**

**Dani Hamade**

**Betreuender Gutachter: Prof. Dr. Peter Röben**

**Zweiter Gutachter: Dr. Tobias Wiemer**

Oldenburg, 02.06.2022

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	II
Verzeichnis der Abkürzungen .....	IV
Tabellenverzeichnis .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	VI
1 Einleitung.....	1
2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung.....	3
2.1 Roboter: Historie und Begriff.....	4
2.2 Klassifikation von Robotern .....	11
2.2.1 Industrieroboter Begriff und Einsatzbereiche .....	12
2.2.1.1 Industrieroboter: Kinematik .....	14
2.2.1.2 Industrieroboter: Programmierung .....	15
2.2.2 Serviceroboter .....	17
2.2.3 Humanoide Roboter .....	19
2.3 Roboterlernen und Anthropomorphismus .....	23
2.4 Die Darstellung von Robotern in Filmen und Videospielen .....	26
3 Schülervorstellungen .....	29
3.1 Begriffsbestimmung .....	29
3.2 Vorstellungsgenese und Ausprägung .....	31
3.3 Strategien zum Umgang mit Schülervorstellungen .....	32
3.3.1 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion .....	32
3.3.2 Die Conceptual-Change Theorie.....	34
3.4 Empirische Befunde zu Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter .....	37
4 Fragestellung.....	40
5 Methodik und empirische Vorgehensweise .....	42
5.1 Untersuchungsdesign .....	42
5.2 Stichprobe .....	43
5.2.1 Erhebungsverfahren .....	45
5.2.2 Durchführung .....	52
5.2.3 Transkription .....	53
5.2.4 Auswertung .....	54
5.2.5 Gütekriterien.....	66
5.3 Ergebnisse der qualitativen Untersuchung .....	68
5.3.1 Allgemeine Vorstellungen zu Robotern.....	69
5.3.2 Roboterarten .....	71
5.3.3 Roboter in Filmen und Videospielen .....	74
5.3.4 Einsatzgebiete von Robotern.....	75
5.3.5 Bewegungsmöglichkeiten .....	77
5.3.6 Umgebungswahrnehmung.....	79
5.3.7 Lernfähigkeit von Robotern .....	81
5.3.8 Kommunikation mit Robotern .....	83
5.4 Entwicklung des quantitativen Erhebungsinstrumentes .....	85
5.4.1 Aufbau des Fragebogens und Beschreibung der eingesetzten Skalen .....	85

6	Diskussion und Ausblick .....	88
7	Literaturverzeichnis .....	94
8	Anhang.....	101
8.1	„SPSS“-Leitfaden .....	101
8.2	Interviewleitfaden nach Helfferich (2011) .....	107
8.3	Exemplarisches Interviewtranskript .....	110
8.4	Begleitschreiben .....	114
8.5	Codebuch .....	117
8.6	Fragebogenlink .....	131

## Verzeichnis der Abkürzungen

CIRC .....	<i>Kreisbewegung</i>
EVA.....	<i>Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe</i>
HRP .....	<i>Humanoid Robotics Project</i>
KI.....	<i>künstliche Intelligenz</i>
LIN .....	<i>lineare Bewegung</i>
MDR.....	<i>Modell der Didaktischen Rekonstruktion</i>
MINT.....	<i>Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik</i>
MRT .....	<i>Magnetresonanztomographie</i>
PTP .....	<i>Point to Point</i>
RIA .....	<i>Robot Institute of America</i>
SCARA.....	<i>Selective Compliance Assembly Robot Arm</i>
SRI.....	<i>Stanford Research Institute</i>
TCP .....	<i>Tool Center Point</i>
VDI.....	<i>Verein Deutscher Ingenieure</i>

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Minimalanforderung klassische Roboter (in Anlehnung an Haun, 2013, S. 15ff.) .....	9
Tabelle 2: Tabellarischer Aufbau des Interviewleitfadens in Anlehnung an Helfferich, 2011, S. 185f.....	50
Tabelle 3: Teil 1 der gebildeten A-priori-Hauptkategorien.....	61
Tabelle 4: Teil 2 der gebildeten A-priori-Hauptkategorien.....	62
Tabelle 5: Ausdifferenziertes Kategoriensystem.....	64

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Szene aus dem Theaterstück R.U.R. Die „Androiden“-so würde man menschenähnliche Roboter Heute bezeichnen- greifen Menschen an. Quelle: Mareczek, 2020, S. 2 .....	4
Abbildung 2: Schnittdarstellung des hydraulisch angetriebenen Industrieroboters "Unimate". Quelle: Mareczek, 2020, S. 6 .....	6
Abbildung 3: Kategorisierung von Robotern in stationäre, mobile und kognitive Systeme. Quelle: Haun, 2013, S. 18. ....	11
Abbildung 4: Kategorisierung hinsichtlich der Roboterkinematik in serielle und parallele Roboter. Quelle: Pott, Dietz, 2019, S. 18.....	12
Abbildung 5: Verkaufszahlen von Robotern unterschiedlicher Bauformen. Stand 2016. Quelle: Pott, Dietz, 2019, S. 20 .....	13
Abbildung 6: Endeffektoren nach Prozessen (GR= Greifer, WZ=Werkzeug, M&P=Prüf- und Messmittel). Quelle: Pott, Dietz, 2019, S. 36 .....	13
Abbildung 7: Serielle und parallele Kinematik von Robotern. Quelle: Wüst, 2018, S. 21. ....	14
Abbildung 8: Der humanoide Roboter "P2" von Honda. Quelle: Siciliano, Khatib, 2016, S. 1793 .....	20
Abbildung 9: Der Serviceroboter "Pepper". Quelle: Plautz, Henkenberens, Deitschun, 2021, o.S.).....	22
Abbildung 10: Die Androidin "Sophia". Quelle: Watzel, 2021, o.S. ....	23
Abbildung 11: Sechs Muster von Roboterdarstellungen in Filmen ab 1950. Quelle: Ruge, 2015, S. 89.....	26
Abbildung 12: Beziehungsgefüge der Teilaufgaben der Didaktischen Rekonstruktion "das fachdidaktische Triplet". Quelle: Kattman et al., 1997, S. 4.....	33
Abbildung 13: Kategorisierung der Schülerzeichnungen in humanoide, funktionale und Industrieroboter. Quelle: Nepper et al., 2021, S. 73.....	37
Abbildung 14: Verwendeter Knickarmroboter in der Studie. Quelle: Beran et al., 2011, S. 541 .....	39
Abbildung 15: Ablaufmodell der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz. Quelle: Kuckartz, 2018, S. 100).....	55
Abbildung 16: Möglichkeiten der Auswertung bei der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse. Quelle: Kuckartz, 2018, S. 118.....	65

# 1 Einleitung

*„The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.“ (Ausubel, 1968, S. vi).*

Der pädagogische Psychologe Ausubel machte mit diesem Zitat deutlich, dass der Lernerfolg maßgeblich von der Implementierung des Vorwissens von Schülerinnen und Schülern in den Planungsprozess von Unterricht, abhängt. Aus Sicht der aktuellen Schülervorstellungsforschung stehen neben den in Ausubels Zitat implizit epistemisch konnotierten Wissensinhalten vor allem die durch Alltagsituationen geprägten Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler im Vordergrund, welche eine weitreichende Funktion im Lernprozess einnehmen (vgl. Schecker et al., 2015, S. 3 f.). Die Kenntnis über die Vorstellungswelten der Schülerinnen und Schüler kann in Verbundenheit zur fachwissenschaftlichen Perspektive nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion genutzt werden, um Synergieeffekte zwischen beiden Konstrukten zu erschließen und optimale Lernbedingungen für die Schülerinnen und Schüler zu ermöglichen (vgl. Kattmann et al., 1997, S. 15). Die Notwendigkeit dieser empirischen Aufgabe erschließt sich zudem allein anhand der Tatsache, dass Schülervorstellungen, die oftmals nicht im Einklang mit der fachwissenschaftlichen Perspektive stehen, zu Lernschwierigkeiten führen können (vgl. Schecker et al., 2015, S. 5). In welchem Maße eben diese Schülervorstellungen durch entsprechend ausgerichtete Lernsettings beeinflusst werden können, ist eine zentrale Fragestellung der Conceptual – Change -Forschung (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 49 f.). Die Anwendung verschiedener Strategien hinsichtlich des Umgangs mit Schülervorstellungen setzt allerdings voraus, dass eben diese zunächst ergründet werden. Das Problem an dieser Stelle ist allerdings, dass die Fachdidaktik der Technik im Vergleich zu anderen Disziplinen im MINT – Bereich in der Vergangenheit weniger Wert auf Forschungsarbeiten in diesem Feld gelegt hat und somit eine Forschungslücke besteht, die es zu schließen gilt (vgl. Nepper et al., 2021, S. 72 f.; Möller, Wyssen, 2018, S. 160). Hinsichtlich einiger Aspekte kann die Technikdidaktik hier zwar von Forschungsarbeiten aus den Nachbardisziplinen profitieren, beispielsweise wenn es sich um Vorstellungen zum Gebiet der Mechanik oder der Elektrotechnik handelt (siehe hierzu z.B. Schecker et al., 2015). Geht es allerdings um spezielle technische Anwendungssysteme, so greifen diese Konzepte nicht mehr vollumfänglich (vgl. Möller, Wyssen, 2018, S. 159).

Ein Beitrag zu dieser Grundlagenforschung soll im Zusammenhang zu der Forschungslücke auch diese Arbeit leisten. Eine solche technische Anwendung, zu der bisher kaum Erkenntnisse über Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern bestehen, sind Roboter. Im Zuge der Digitalisierung des Arbeitsmarktes kommen Robotern eine immer größere Bedeutung zu (vgl. Nepper et al., 2021, S. 73). Damit den Schülerinnen und Schülern eine größtmögliche Teilhabe am Berufsleben ermöglicht werden kann, hat die niedersächsische Landesregierung im Zuge des „Masterplans Digitalisierung“ den Entschluss gefasst, insgesamt 100 allgemeinbildende Schulen mit sensitiven Robotern auszustatten (vgl. Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr und Digitalisierung, 2018, S. 79). Das mit dem Namen „Robonatives“ versehene Projekt, verfolgt einerseits das Ziel, Schülerinnen und Schüler näher an die MINT Bereiche zu führen. Auf der anderen Seite sollen sie aber auch auf die Arbeitswelt in der Industrie 4.0 vorbereitet werden (vgl. Landesinitiative n-21, 2020, S. 2). Damit verbunden ist also ein Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler, welcher wie eingangs bereits deutlich gemacht, nur unter Berücksichtigung des Vorwissens und vor allem der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler, erfolgreich erfolgen kann. Es besteht also die Notwendigkeit die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler der allgemeinbildenden Schulen in Bezug auf Roboter zu erheben, damit diese in der Unterrichtsplanung berücksichtigt und die angestrebten Ziele erreicht werden können. Für den Primarbereich konnten hier bereits erste Ergebnisse recherchiert werden (siehe z.B. Nepper et al., 2021; Mioduser, Kuperman, 2012; Beran et al., 2011), allerdings konnten für weiterführende Schulen keine Forschungsergebnisse gefunden werden. Aus diesem Grund soll mit dieser Arbeit ein Instrument für die Forschungspraxis bereitgestellt werden, mit welchem Schülervorstellungen zu Robotern erhoben werden können. Mithilfe eines leitfadengestützten Interviews sollen im Rahmen dieser Arbeit zunächst vorherrschende Schülervorstellungen zu Robotern ermittelt werden. Im Anschluss werden aus den dadurch erworbenen Erkenntnissen und den theoretischen Rahmenbedingungen Items für ein quantitatives Instrument abgeleitet. Das quantitative Instrument soll es den Lehrkräften erleichtern, die Schülervorstellungen zu Robotern zu quantifizieren, sodass didaktisch-methodische Konsequenzen für die Planung von Lernsituationen gezogen werden können. Auf der anderen Seite soll es den Schülerinnen und Schülern somit ein - aus konstruktivistischer Sichtweise - erfolgreiches Lernen ermöglichen.

## **2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung**

In diesem Kapitel werden die dieser Arbeit zugrundeliegenden theoretischen Grundlagen dargelegt. Die Dissonanzen zwischen den Vorstellungswelten der Schülerinnen und Schüler und der fachwissenschaftlichen Perspektive lassen sich erst dann ergründen, wenn die fachlich relevanten Inhalte aufgearbeitet und analysiert werden (vgl Kattmann et al., S. 10). Im Gegensatz zur theoretischen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Grundprinzipien respektive Gesetzmäßigkeiten, welche durch Kausalitäten bestimmt sind, ist es in Bezug auf finalorientierte technische Anwendungen nicht besonders trivial, den theoretischen Rahmen einzugrenzen. In Bezug auf Roboter wird dies bereits an der Produktvielfalt und den diversen Einsatzzwecken deutlich. Die finale Zweckursache ist hier demnach nur in einzelnen Anwendungsfällen klar definiert. Weiterhin ist insbesondere hinsichtlich der Schülervorstellungen zu berücksichtigen, wo sich Begegnungspunkte zwischen den Schülerinnen und Schülern und Robotern ergeben, die einen möglichen Einfluss auf deren Vorstellungen ausüben. Aus diesem Grund wird zu Beginn die fachwissenschaftliche Sicht auf Roboter beschrieben. Neben einer begrifflichen Bestimmung werden Einsatzfelder und Grenzen der Robotik aufgeführt. Des Weiteren wird sich auch mit der Darstellung von Robotern in Filmen und Videospiele auseinandergesetzt, da hier mögliche Begegnungspunkte zu verorten sind. Im Anschluss an die theoretische Darstellung zu Robotern erfolgt die theoretische Auseinandersetzung mit der Schülervorstellungsforschung. Auch hier soll zunächst eine begriffliche Abgrenzung erfolgen, bevor sich im Anschluss mit Strategien im unterrichtlichen Umgang mit Schülervorstellung befasst wird. Hinsichtlich der Strategien wird hier im Besonderen der Fokus auf das Modell der Didaktischen Rekonstruktion und die Conceptual-Change Theorie gelegt. Am Ende dieses Kapitels werden zudem die Ergebnisse vorliegender Studien in Bezug auf Schülervorstellungen zu Robotern beschrieben.

## 2.1 Roboter: Historie und Begriff

Für die Begriffsbestimmung bedarf es zunächst einem kurzen Einblick in die Historie der Robotik. Vorab soll allerdings erwähnt werden, dass in der Geschichte der Robotik durchaus auch von mechanischen Automaten, wie sie beispielsweise vom universalgelehrten Leonardo da Vinci geplant wurden, profitiert werden konnte (vgl. Stark, 2009, S. 13). Das Hauptaugenmerk soll hier aus platzökonomischen Gründen allerdings weniger auf den Vorläufern der Roboter liegen, da im Zusammenhang zu dieser Arbeit der Begriff der „Roboter“ und seine Entstehung vordergründig sind. Abgeleitet vom slawischen Begriff „robota“ mit der Bedeutung „Arbeit“, liegt die Wiege des Begriffs „Roboter“ nämlich in einem tschechischen Theaterstück von Karel Capek, welches unter dem Namen „R.U.R.“ (Rossum’s Universal Robots) im Jahre 1921 zum ersten Mal aufgeführt wurde (vgl. Krüger, 2009, S. 3).



Abbildung 1: Szene aus dem Theaterstück R.U.R. Die „Androiden“-so würde man menschenähnliche Roboter Heute bezeichnen greifen Menschen an. Quelle: Mareczek, 2020, S. 2

Das Stück von Capek handelt von einem Wissenschaftler (Rossum) und seinem Sohn, welche unter Zuhilfenahme chemischer Substanzen dazu imstande waren, Roboter herzustellen (vgl. Haun, 2013, S. 14). Diese Roboter sollten dem Menschen dienen und schwere Arbeit verrichten, was am Ende allerdings in eine dramatische Wendung mündet (siehe Abbildung 1), in der die Roboter die Überhand gewinnen, rebellieren und schließlich alles menschliche Leben vernichteten (vgl. ebd., S. 15).

Beginnend mit diesem ersten Berührungspunkt zwischen dem Begriff „Roboter“ und der Gesellschaft, werden Roboter mit intelligenten und selbsttätigen Automaten assoziiert (vgl. Stark, 2009, S. 13). Ein Beweis für diese Begriffsprägung ergibt sich allein durch einen Blick in einschlägige Enzyklopädien wie den Brockhaus, nach dem ein Roboter im allgemeinen Sprachgebrauch als Maschine verstanden wird, „...*die dem Aussehen des Menschen nachgebildet ist und die Funktion des Menschen ganz oder teilweise übernimmt.*“ (Mareczek, 2020, S. 2). Weiterführend hat der amerikanische Biochemiker und Science-fiction-Autor Isaak Asimov mehrere Erzählungen über Roboter verfasst und im Zuge dessen mit seiner Kurzgeschichte „Runaround“ den Begriff der „Robotik“ repräsentativ für das Wissensgebiet der Roboter und ihrer Technik etabliert (vgl. Haun, 2013, S. 15). Geprägt von den anthropomorphen Erscheinungsformen wie sie schon in Capeks Stück vorkamen und den in den Erzählungen zugeschriebenen Fähigkeiten der Roboter, entstanden die berühmten, von Asimov verfassten Robotergesetze:

*„0. Ein Roboter darf die Menschheit nicht verletzen oder durch Passivität zulassen, dass die Menschheit zu Schaden kommt.*

- 1. Ein Roboter darf keinen Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zu Schaden kommen lassen, außer er verstieße damit gegen das nullte Gesetz.*
- 2. Ein Roboter muss den Befehlen der Menschen gehorchen – es sei denn, solche Befehle stünden im Widerspruch zum nullten oder ersten Gesetz.*
- 3. Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, solange sein Handeln nicht dem nullten, ersten oder zweiten Gesetz widerspricht.“* (De Florio-Hansen, 2020, S. 77).

Der Ursprung des Begriffs liegt demnach im Science-fiction Genre, in welchem Roboter seither eine lange Tradition verfolgen (siehe hierzu Abschnitt 2.4). Doch sowohl zu Zeiten von Capeks Aufführung als auch in der Zeit, in der Asimov seine Gesetze verfasste, waren Roboter reine Fiktion und noch lange nicht so etabliert wie in der heutigen Zeit. Die ersten realen Umsetzungen ließen allerdings nicht lange auf sich warten und folgten in der Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts mit sogenannten Master-Slave-Robotern (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 2). Bei Master-Slave Steuerungen kommen meist leichtere und kleinere Robotermodelle (Master) zum Einsatz, die kinematisch gleich ausgelegt sind wie die Hauptgeräte (vgl. Haun, 2013, S. 236).

Das Hauptgerät (also der Slave) folgt den Bewegungen des Masters, wobei in den meisten Fällen auch die Positionen der Endeffektoren übernommen werden (vgl. Haun, 2013, S. 236). Im Jahre 1946 gelang es dem Amerikaner G.C. Devol ein Steuergerät zu entwickeln, welches dazu in der Lage war, elektrische Signale magnetisch aufzuzeichnen, die dann wieder zur Ansteuerung von Maschinen zur Verfügung standen (vgl. ebd., S. 4). Die Entwicklung erster numerisch gesteuerter (NC) Handhabungsgeräte erfolgte dann fünf Jahre später (vgl. ebd.). Die ersten Einsatzbereiche für diese Handhabungsgeräte ergaben sich im fertigen Gewerbe respektive zur sicheren Beförderung radioaktiver Substanzen (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 2). Die Kontrolle über diese Handhabungsgeräte war im Gegensatz zu den heutigen Ausführungen noch sehr rudimentär und die Roboter waren gar nicht bis kaum dazu in der Lage, ihre Umgebung respektive ihren Arbeitsraum wahrzunehmen (vgl. ebd.). Ein weiterer Nachteil im Zusammenhang zu diesen meist auf einen Fertigungsprozess hochspezialisierten Maschinen bestand darin, dass diese bei Veränderungen im Produktdesign erneuert werden mussten (vgl. Mareczek, 2020, S. 5).

*„Die vorliegende Erfindung ermöglicht zum ersten Mal eine mehr oder weniger allgemein nutzbare Maschine mit universeller Einsetzbarkeit für eine riesige Vielfalt von Anwendungen mit idealerweise zyklischen Arbeitsprozessen“* (Mareczek, 2020, S. 5).

So die sinngemäße Übersetzung (nach Mareczek, 2020) eines Ausschnitts aus dem im Jahre 1954 von Devol eingereichten Patent, mit welchem der Grundstein für Industrieroboter (im Sinne heutiger Definitionen, siehe hierzu Abschnitt 2.2.1) gelegt wurde (vgl. ebd.).

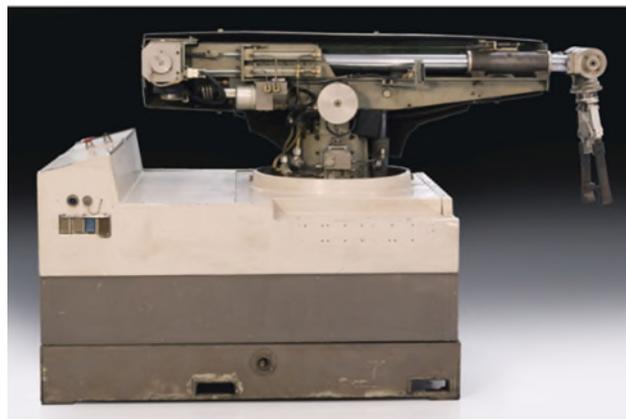


Abbildung 2: Schnittdarstellung des hydraulisch angetriebenen Industrieroboters "Unimate". Quelle: Mareczek, 2020, S. 6

Der erste Industrieroboter „Unimate“ (siehe Abbildung 2), welcher auf den Arbeiten Devols beruhte, wurde noch vor dem Erhalt des Patents im Jahre 1960 vorgestellt (vgl. Haun, 2013, S. 4). Das Patent mit dem Titel „Programmed Article Transfer“ was so viel bedeutet wie „programmierter Transport von Gegenständen“ erhielt Devol schließlich im Jahre 1961 (vgl. ebd., S. 4). Durch die gemeinsam mit Joseph Engelberger gegründete Firma „Unimation Inc.“ folgte bereits im selben Jahr auch schon der erste industrielle Einsatz in einem Werk von General Motors, in welchem der Unimate in einem Druckgusswerk eingesetzt wurde (vgl. Blume, 2014, S. 7). Die genaue Aufgabe des Unimate bestand hier darin, heiße Druckgussteile zu entnehmen und in eine Kühlwanne zu befördern (vgl. Mareczek, 2020, S. 5). Die in Devols Patent versprochene Universalität des Unimate sollte sich weniger als eine Dekade später beweisen und der Unimate wurde für Schweißarbeiten an Karosserien eingesetzt (vgl. ebd.). Im Zuge des technologischen Fortschritts in den Bereichen der Elektrotechnik (hier insbesondere die Entwicklungen hinsichtlich integrierter, miniaturisierter Schaltkreise und in der Antriebstechnik) und der digitalen Computertechnik (hier auch das Aufkommen immer komplexerer Programmiersprachen), konnten schließlich erste programmierbare, computergesteuerte Roboter entwickelt werden (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 2). Neben den Industrierobotern, die sich stetig weiterentwickelt haben und bereits anthropomorphe Eigenschaften erhalten haben, wie es beispielsweise bei der Gelenkauslegung des elektrisch angetriebenen PUMAs der Fall war, wurden auch erste mobile, mit Sensorik ausgestattete Roboter entwickelt. Ein Beispiel ist hier „Shakey“, welcher am SRI entwickelt wurde (vgl. Haun, 2013, S. 5). Aber nicht nur in industriellen Anwendungen sollten sich Roboter schnell etablieren. Es folgten immer vielfältigere Anwendungsgebiete wie beispielsweise in der Reinigung, der Menschenrettung, dem Weltall und in der Medizin (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 2). Die Erweiterungen im Einsatzspektrum der Roboter, welche bis heute anhalten, führte in den 1980er Jahren zu einer Neudefinition des Gebietes der Robotik, nach der die Robotik als das Studium der intelligenten Verknüpfung zwischen Wahrnehmung und Aktion zu verstehen ist (vgl. ebd.). *„With reference to this definition, the action of a robotic system is entrusted to a locomotion apparatus to move in the environment (wheels, legs, propellers) and/or to a manipulation apparatus to operate on objects present in the environment (arms, end effectors artificial hands), where suitable actuators animate the mechanical components of the robot.“* (Siciliano, Khatib, 2016, S. 2).

Roboter sind demnach also entweder mit einem Fortbewegungsmechanismus ausgestattet oder sie verfügen über Handhabungsmechanismen, wobei eine Koexistenz beider Erscheinungsformen nicht ausgeschlossen ist (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 2). Die Wahrnehmung erfolgt über Sensoren, welche einerseits Informationen über das System „Roboter“ (wie z.B. Geschwindigkeit und Position) liefern können (vgl. ebd.). Andererseits können die Sensoren aber auch Informationen hinsichtlich des Roboterumfeldes bereitstellen, anhand derer sich der Roboter in diesem orientieren kann (vgl. ebd.). Die intelligente Verknüpfung der zwei Variablen erfolgt schließlich durch den Programmierungs-, den Planungs- und den Kontrollaufbau, welche vom Robotermodell und seiner Umgebung abhängen (vgl. ebd.). Diese Definition für Roboter ist allerdings sehr weit gefasst, stellt man sie der VDI-Richtlinie gegenüber:

*„Ein Roboter ist ein frei und wieder programmierbarer, multifunktionaler Manipulator mit mindestens drei unabhängigen Achsen, um Materialien, Teile, Werkzeuge oder spezielle Geräte auf programmierten, variablen Bahnen zu bewegen zur Erfüllung der verschiedensten Aufgaben.“* (VDI-Richtlinie 2860, 1990 zitiert aus: Grunwald, Hillerbrand, 2021, S. 393).

Eine ähnliche Definition hat auch die RIA verfasst (siehe hierzu z.B. Oubbati, 2009, S. 6). Die Definition ist zur Klassifizierung von Industrierobotern durchaus geeignet, entspricht allerdings nicht mehr dem aktuellen Diskurs und wird den Fortschritten, die in der Robotik seither gemacht wurden nur bedingt gerecht (vgl. Christaller et al., 2001, S. 19). Im Zuge dieser Problemstellung und mit dem Aufkommen von immer komplexeren und differenzierteren Robotern, aus denen Menschen einen Nutzen ziehen sollten, einigte man sich im interdisziplinären Diskurs auf folgende Definition (vgl. ebd.):

*„Roboter sind sensumotorische Maschinen zur Erweiterung der menschlichen Handlungsfähigkeit. Sie bestehen aus mechatronischen Komponenten, Sensoren, 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 Verhaltensform.“* (Christaller et al., 2001, S. 19).

In dieser Definition wird eine ergänzende Abgrenzung zwischen Robotern und anderen Maschinen getätigt.

Allerdings ist auch diese nicht trennscharf genug, da die Anzahl der Freiheitsgrade nicht definiert ist. Schlussendlich lässt sich sagen, dass sich bis heute keine einheitliche Definition für den Roboter durchsetzen konnte, was eine klare Abgrenzung der Roboter von anderen technischen Anwendungen äußerst diffizil gestaltet (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. VIII). Für die Zielstellung dieser Arbeit ist es allerdings unabdingbar, klare Merkmalsausprägungen von Robotern zu definieren. Aus diesem Grund werden einzelne Eigenschaften, die als Voraussetzung für einen klassischen Roboter gelten (siehe Tabelle 1), den Definitionen gegenübergestellt, sodass eine Arbeitsdefinition abgeleitet werden kann. Die folgenden Mindestanforderungen für die Bezeichnung eines technischen Systems als „Roboter“ im Sinne der klassischen Robotik, werden (hier in drei Kategorien zusammengefasst) wie folgt angegeben (vgl. Haun, 2013, S. 15f.).

Tabelle 1: Minimalanforderung klassische Roboter (in Anlehnung an Haun, 2013, S. 15ff.)

<b>Sensorik</b>	<b>Aktorik/Motorik</b>	<b>Steuerung/ Interaktion</b>
<b>Überwachung/Kollisionsschutz:</b> Ein Roboter kann seine Umgebung und/oder innere Zustände selbstständig überwachen beziehungsweise Kollisionen erfassen.	Ein Roboter hat die Möglichkeit, sich und/oder Objekte zu bewegen.	<b>Steuerungsmechanismen</b> für Bewegungen.
<b>Handlungsorientierung:</b> Ein Roboter interpretiert die überwachten Ergebnisse, um im autonomen Betrieb Entscheidungen selbst zu treffen.	Mobile Roboter haben entweder Räder oder Beine.	Ein Roboter verfügt über <b>Speichersysteme</b> (Speicherung von Befehlen)
Ein Roboter verfügt über <b>Sensoren</b> zur Erfassung von beispielsweise: Inneren Zuständen, der Umgebung, physikalischer Messgrößen, zur Identifikation und Zustandsbestimmung von Werkstücken und Wechselwirkungen, zur Analyse von Situationen und Szenen der Umwelt.	Ein Roboter verfügt über einen Arm, Handgelenke und einen Endeffektor falls die Bewegung von Objekten vorgesehen ist.	<b>Delegation:</b> Der Roboter führt im Auftrag des Anwenders oder eines Masters Aufgaben autonom aus.
-	<b>Antriebsmechanismen</b> für Bewegungen.	<b>Kommunikationsfähigkeit:</b> Entgegennahme der Befehle und Statusmitteilung.

In Anlehnung an die in diesem Abschnitt beschriebenen Definitionen, werden die aufgeführten Minimalanforderungen an einen Roboter synergetisch dazu genutzt, eine Arbeitsdefinition herzuleiten. Die Definition versucht die weit gefassten Definitionen zu konkretisieren und eine klare Abgrenzung zu anderen technischen Anwendungen zu ermöglichen.

#### *Arbeitsdefinition „Roboter“*

*Ein Roboter ist nach dieser Arbeitsdefinition ein frei und wieder programmierbares, universell einsetzbares technisches System, welches über mindestens drei unabhängige Achsen (Freiheitsgrade) verfügt und entweder mit einem Lokomotions- oder/und einem Manipulationsmechanismus ausgestattet ist. Unabhängig von Lokomotion oder Manipulation ist ein Roboter dazu in der Lage, seine Umwelt/seinen Arbeitsraum und/oder innere Zustände mithilfe von Sensoren zu erfassen (hierunter zählt auch der Kollisionsschutz), auf Einflüsse dieser zu reagieren und diese dem Anwender über Benutzerschnittstellen oder andere Ebenen der Kommunikation mitzuteilen. Die vom Anwender oder einem Master zugeteilten Aufgaben können vom Roboter hierbei gespeichert und (teil-)autonom erledigt werden.*

Mithilfe dieser Definition soll eine Einordnung der Schülervorstellungen zu Robotern, in den fachwissenschaftlichen Stand erleichtert werden. Diese Arbeitsdefinition beschreibt Roboter im übergeordneten Sinne und kann in Abgrenzung an einzelne Roboterklassifikationen, welche im folgenden Kapitel aufgeführt werden, erweitert, spezifiziert respektive konkretisiert werden. Zu vermerken ist jedoch, dass diese Definitionen mit großer Vorsicht zu betrachten sind. Bezugnehmend auf Roboterdefinitionen kann nach dieser Recherche nämlich der Schluss gefasst werden, dass es zwar Roboterdefinitionen gibt, diese allerdings immer im Zusammenhang zu einer Roboterart oder einer Robotergeneration stehen. Es muss also immer geschaut werden, inwiefern diese Definitionen auf verschiedene Generationen der Roboter zutreffen. Will man, dass der Unimate noch hinzuzählt, so müsste man die Kriterien, wie sie beispielsweise von Haun (2013) erweitert wurden, genau abgrenzen und abwägen, auf welche Bezugspunkte bei der Definition verzichtet werden kann.

## 2.2 Klassifikation von Robotern

In diesem Abschnitt findet eine Klassifizierung von Robotern nach Arten und Einsatzgebieten statt. Übergeordnet lassen sich kommerzielle Roboter in stationäre, mobile und kognitive Systeme einteilen (siehe Abbildung 3). Diese Einteilung ist allerdings nur bedingt richtig, da es auch eine Unterscheidung in mobile kognitive und stationäre kognitive Roboter geben müsste. Stationäre Robotersysteme verfügen hierbei über eine feste Basis, einen klar vordefinierten Arbeitsraum und über starre Elemente, die über Gelenke miteinander verbunden sind (vgl. Haun, 2013, S. 18). Am Ende der kinematischen Kette stehen die sogenannten Endeffektoren, welche als Manipulationsmechanismus fungieren, die relativ zur Basis agieren können (vgl. ebd.).

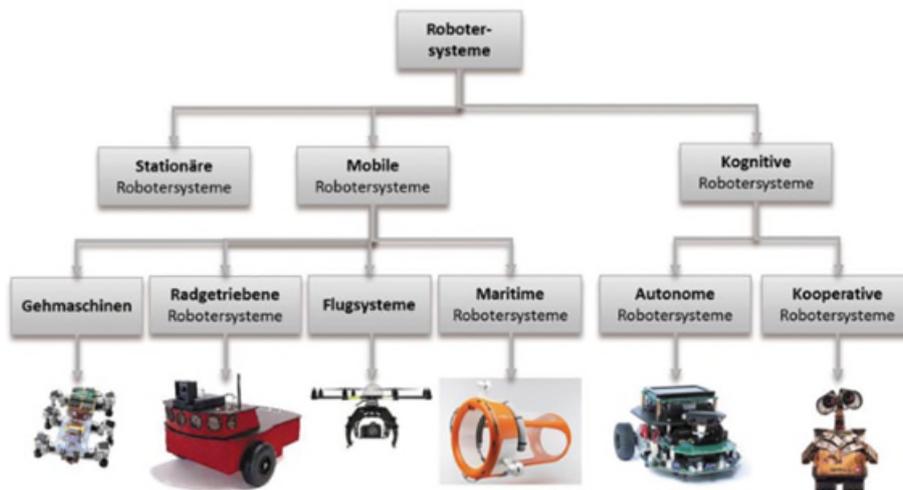


Abbildung 3: Kategorisierung von Robotern in stationäre, mobile und kognitive Systeme. Quelle: Haun, 2013, S. 18.

Die mobilen Robotersysteme hingegen verfügen über einen Lokomotionsmechanismus und werden unterteilt in landgestützte (Gehmaschinen und radgetriebene Systeme), Flug- und maritime Systeme (vgl. ebd.). Der Lokomotionsmechanismus ermöglicht es den Robotern unter Zuhilfenahme von Sensorik, ihren Standort zu verändern, die Umgebung wahrzunehmen und sich entsprechend dieser anzupassen (vgl. ebd.). Die kognitiven Robotersysteme grenzen sich von klassischen Robotersystemen insofern ab, dass sie eine weitaus höhere Komplexität bei geringerer Spezialisierung aufweisen (vgl. ebd., S. 29). Diese neue Generation von Robotern befindet sich aktuell allerdings noch in der Entwicklung und die Erreichung von Autonomie, sozialem Verhalten und Entscheidungsfähigkeit der Roboter liegt wohl noch in ferner Zukunft (vgl. Steil, 2019, S. 31).

Es fehlt nämlich an Methoden zur „...*Handlungsplanung, Modellierung und der Kontrolle externer Freiheitsgrade.*“ (Toussaint et. al., 2020, S. 3). Eine Vorstellung davon, was kognitive Roboter zu leisten vermögen werden, wird durch den PR1 der Firma Willow Garage vermittelt<sup>1</sup> (vgl. ebd.). Der Roboter räumt mit äußerster Sorgfalt ein Wohnzimmer auf, wobei anzumerken ist, dass der „kognitive“ Roboter im Video teleoperiert, also ferngesteuert ist (vgl. ebd.). Neben dieser übergeordneten Klassifizierung, werden Roboter häufig auch hinsichtlich ihrer Einsatzgebiete kategorisiert. Eine Trennschärfe ist aus der Literatur hierbei nur schwer zu deuten. Häufig wird zwischen Service- und Industrierobotern differenziert, weshalb sich im Rahmen dieser Arbeit auch auf Industrieroboter und Serviceroboter als übergeordnete Kategorien beschränkt wird. Eine Sonderform der Serviceroboter soll hierbei dennoch in den Vordergrund rücken, nämlich humanoide Roboter.

### 2.2.1 Industrieroboter Begriff und Einsatzbereiche

Die Entwicklung des „Unimate“ (siehe hierzu Kapitel 2.1) kann als Geburtsstunde eines entscheidenden Treibers in der industriellen Produktion angesehen werden. Gemeint ist der Industrieroboter (vgl. Pott, Dietz, 2019, S. 1).

*„Eine in der Automatisierungstechnik eingesetzte Maschine bezeichnet man als Industrieroboter, wenn sie automatisch gesteuert und universell einsetzbar ist, sowie mindestens drei programmierbare Bewegungsachsen aufweist und die Programmierung veränderbar ist.“* (Mareczek, 2020, S. 8).



Abbildung 4: Kategorisierung hinsichtlich der Roboterkinematik in serielle und parallele Roboter. Quelle: Pott, Dietz, 2019, S.

<sup>1</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=jJ4XtyMoxIA>

Industrieroboter werden heutzutage entweder über hydraulische, pneumatische oder elektrische Antriebe angetrieben und lassen sich hinsichtlich ihrer Kinematik (siehe Kapitel 2.2.1.1) kategorisieren (siehe Abbildung 4). Unterteilt wird hierbei in serielle und parallele Roboter (vgl. Pott, Dietz, 2019, S. 17). Die seriellen Roboter, worunter Knickarmroboter, SCARA-Roboter und Portalroboter (siehe Abbildung 4) gezählt werden, machen hierbei 95% des Marktanteils aus, wobei Knickarmroboter am meisten verkauft werden (vgl. ebd., S. 18ff.).

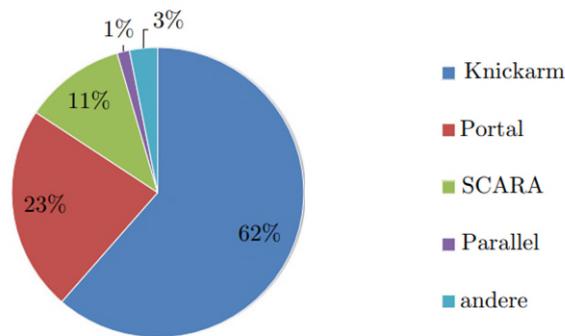


Abbildung 5: Verkaufszahlen von Robotern unterschiedlicher Bauformen.  
Stand 2016. Quelle: Pott, Dietz, 2019, S. 20

Die unterschiedlichen Robotersysteme führen ihrer Auslegung (hier auch in Bezug auf die Freiheitsgrade) entsprechende Prozesse aus, die sich entweder in Handhabungs-, Schweiß-, Beschichtungs-, Klebe-, Bearbeitungs- und (De-)Montageprozessen widerspiegeln können (vgl. ebd., S. 22). Es gibt noch weitere Prozesse, die unter die Kategorie „Andere“ fallen, welche aus platzökonomischen Gründen allerdings nicht benannt werden. Von den eingesetzten Industrierobotern werden 48% dazu eingesetzt, Material zu transportieren (Handhabung), 22% für Schweißprozesse (hier vor allem in der Automobilindustrie), vier Prozent werden für Beschichtungs-, Bearbeitungs- und Klebprozesse eingesetzt und etwa 12% kommen in der (De-)Montage zum Einsatz (vgl. ebd., S. 23ff.). Bei den einzelnen Prozessen kommen unterschiedliche Werkzeuge (sogenannte Endeffektoren) zum Einsatz (siehe Abbildung 6).

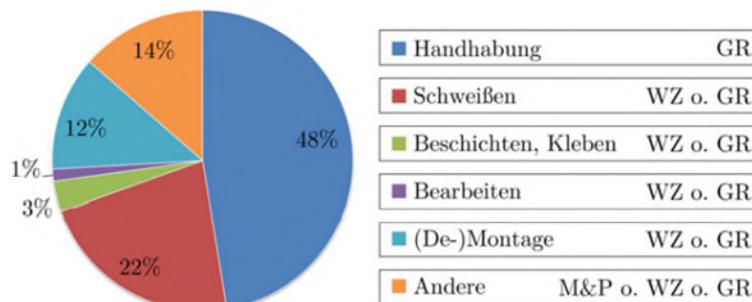


Abbildung 6: Endeffektoren nach Prozessen (GR= Greifer, WZ=Werkzeug, M&P=Prüf- und Messmittel).  
Quelle: Pott, Dietz, 2019, S. 36

### 2.2.1.1 Industrieroboter: Kinematik

Ausgehend von dem Effektormittelpunkt (TCP) können Industrieroboter Koordinaten innerhalb eines definierten Arbeitsraumes anfahren, wobei die Berechnung der Bewegung entweder über die direkte oder die inverse Kinematik erfolgt:

*„Mit der direkten Kinematik wird aus einer bekannten Bewegung der Antriebe die Bewegung am Endeffektor berechnet. Damit bestimmt der Roboter seine derzeitige Bewegung des Endeffektors aus den verfügbaren Sensordaten der Antriebsstränge. Bei der inversen Kinematik wird die im Roboterprogramm definierte, gewünschte Bewegung des Endeffektors vorgegeben und daraus die notwendige Stellung der Antriebe berechnet.“* (Pott, Dietz, 2019, S. 25).

Grundlage für die Berechnung der Bewegungen liefern verschiedene mathematische Verfahren zur Koordinatentransformation. Bei der direkten Kinematik erhält jedes Glied des Roboters ein Koordinatensystem, welches sich relativ zu den Umgebungskoordinaten (sogenannte Weltkoordinaten) befindet, um die Lage des Manipulators zu definieren und damit sich dieser in der Umgebung orientieren kann (vgl. Mareczek, 2020, S. 41). Anders als bei der direkten Kinematik, sind bei der inversen Kinematik keine Gelenkkoordinaten bekannt und die Berechnung dieser erfolgt durch die gegebene Zielposition, wofür es allerdings aufgrund der Nichtlinearität kein allgemeines Verfahren gibt (vgl. Gerke, 2015, S. 205). Bei den einzelnen Berechnungen ist weiterhin zwischen der seriellen und der parallelen Kinematik zu unterscheiden (vgl. Wüst, 2018, S. 20).

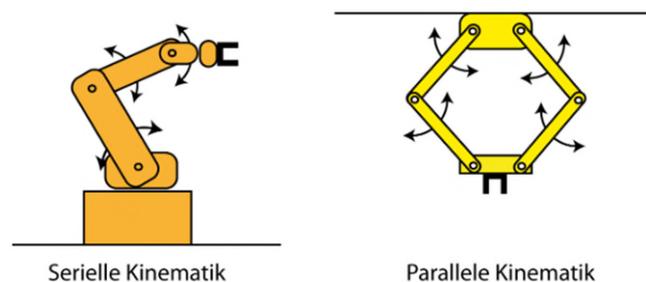


Abbildung 7: Serielle und parallele Kinematik von Robotern. Quelle: Wüst, 2018, S. 21.

Bei der seriellen Kinematik liegt eine offene kinematische Kette vor (vgl. ebd.). Dies bedeutet, dass jedes Element des Roboterarmes über einen Punkt mit dem darauffolgenden Element verbunden ist und das Ende der Kette mit dem letzten Element definiert ist und auch nur ein Verbindungspunkt zur Basis besteht (vgl. ebd., S. 21).

Die parallele Kinematik kennzeichnet sich hingegen durch eine geschlossene Kinematik, bei der es keinen Endpunkt gibt, jedoch mehrere Verbindungspunkte zur Basis über die der Endeffektor angesteuert werden kann (vgl. Wüst, 2018, S. 21). Die aus der jeweiligen Kinematik resultierenden Bewegungsarten unterteilen sich grob in Punkt-zu-Punkt-Bewegungen (PTP), lineare Bahnbewegungen (LIN) und Bögen (CIRC). Bei PTP-Bewegungen werden nur Zielkoordinaten definiert und die Bewegungsumsetzung ist für den Anwender nicht vorhersehbar, weshalb bei geforderter, geometrisch definierter Ausführung von Prozessen lineare Bahnbewegungen zum Einsatz kommen, bei denen der Bewegungspfad und die Dynamik im Programm vordefiniert werden (vgl. Pott, Dietz, 2019, S. 55). Die Programmierung der Roboter erfolgt entweder über Teaching und Playback Verfahren (hier auch Master-Slave Anwendungen) oder über Roboterprogrammiersprachen, die ähnlich zu Hochsprachen der Computerprogrammierung sind (vgl. Pott, Dietz, 2019, S. 54f.). Die Programmierung von Robotern wird häufig auch in online und offline Programmierung unterschieden, womit sich im nächsten Abschnitt näher befasst werden soll (vgl. Gerke, 2015, S. 251; Haun, 2013, S. 424).

### **2.2.1.2 Industrieroboter: Programmierung**

In der Programmierung von Robotern liegt ein entscheidender Abgrenzungsfaktor zu herkömmlichen Maschinen, da diese den Robotern ihre Flexibilität verleiht (vgl. Pott, Dietz, 2019, S. 65). Unterschieden wird bei der Roboterprogrammierung zwischen online- und offline Programmierung. Während der Onlineprogrammierung ist der Roboter direkt involviert, während dies bei der Offlineprogrammierung nicht zwingend erforderlich ist (vgl. Gerke, 2015, S. 251). Zunächst werden hier die verschiedenen Verfahren der Onlineprogrammierung aufgeführt, unter die man zusammengefasst das Teach-In-Verfahren, das Play-Back-Verfahren oder Master-Slave-basierte Verfahren zählt (vgl. Haun, 2013, S. 424; Seeberger, 2019, S. 11ff).

#### Teach-In-Verfahren:

*„Unter dem „Teach-In“-Verfahren versteht man alle Verfahren, bei denen einem Roboter sein späteres Verhalten durch „Learning by doing“ so lange angelernt wird, bis das gewünschte Ergebnis erzielt ist.“* (Haun, 2013, S. 424). Hierbei werden mithilfe von Programmierhandgeräten Anfahrpunkte programmiert (vgl. Gerke, 2015, S. 251).

Der Roboter wird meist manuell zu den gewünschten Zielkoordinaten (Posen) geführt, wobei hier auch einzelne Gelenke respektive der Endeffektor justiert werden können (vgl. Gerke, 2015, S. 251; Seeberger, 2019, S. 12). Die resultierenden Raumkoordinaten können unter Berücksichtigung des TCP durch Tastendruck gespeichert werden (vgl. Gerke, 2015, S. 251). Anschließend kann innerhalb der Oberfläche zwischen verschiedenen Bewegungsmodi gewählt werden, mit denen der Roboter die geteachten Positionen anfahren soll (vgl. Seeberger, 2019, S. 12).

#### Play-Back-Verfahren:

Bei diesem Verfahren wird der Roboter entweder direkt (bei Playback ohne eigenen Antrieb per Hand durch lösen der Motorbremsen) oder durch einen Master-Roboter entlang einer Bahn geführt (vgl. Gerke, 2015, S. 252). In einem vorgegebenen Takt werden hier einzelne Koordinatenpunkte eingelesen und abgespeichert, die der Roboter hinterher mit individuell anpassbarer Geschwindigkeit anfahren kann (vgl. ebd.).

Eine weitere Möglichkeit ist hier die Master-Slave Programmierung, in der ein kinematisch gleicher Masterroboter Bewegungsabläufe ausführt, welche dem „Slave“ übermittelt werden (siehe Abschnitt 2.1). Es gibt neben dieser direkten Programmierung von Robotern schließlich auch die Möglichkeit, die Roboter über die sogenannte Offlineprogrammierung indirekt zu programmieren. Hierbei kommen beispielsweise textuelle Programmierverfahren zum Einsatz (vgl. Seeberger, 2019, S. 13). Diese können dem Roboter durch die in der Programmiersprache enthaltenen Befehle (Schleifen, Abfragen etc.) Steuerungsanweisungen zuweisen, nach denen der Roboter operieren soll (vgl. ebd.). Häufig kommt hierbei auch eine Simulationssoftware zum Einsatz, in der ein virtuelles Modell des Roboters sowie Parameter aus dem Roboterumfeld enthalten sind (vgl. Pott, Dietz, 2019, S. 70). Es können bei diesen Simulationssoftwares (ein Beispiel ist hier RoboDK) beispielsweise ganze Roboterzellen samt Werkstücken und Peripherie nachgestellt werden, um möglichst geringe Abweichungen zu erhalten (vgl. Seeberger, 2019, S. 13). Geringere Anforderungen an den Anwender stellen sogenannte aufgabenorientierte Programmierungen dar, bei denen Bewegungsbefehle und Aktionen durch vordefinierte Blöcke gegeben sind, die „nur“ noch in eine sinnvolle Logik anzuordnen sind (vgl. ebd., S. 14). Der größte Vorteil der Offlineprogrammierung im Gegensatz zur Onlineprogrammierung ist, dass es zu keinen Mehrkosten aufgrund von zu langen Produktionsausfällen kommt (vgl. Pott, Dietz, 2019, S. 70).

### 2.2.2 Serviceroboter

Im Gegensatz zu Industrierobotern sind Serviceroboter dazu da, dem Menschen Dienstleistungen außerhalb des vollautomatisierten, produzierenden Gewerbes zu erbringen (vgl. Pijetlovic, 2020, S. 35).

*„Ein Serviceroboter ist gemäß der aktuellen Definition der IFR ein Roboter, der teil- oder vollautonom Dienstleistungen zum Nutzen menschlichen Wohlbefindens und für Einrichtungen oder für Aufgaben außerhalb der industriellen Produktion ausführt. Serviceroboter werden unterschieden nach solchen für gewerbliche Anwendungen (üblicherweise bedient durch eine eingewiesene Person) und solchen für persönliche und domestische Anwendungen (bedient durch Laien, nicht eingewiesene Personen).“* (Pijetlovic, 2020, S. 35f.).

Auf Ebene der gewerblichen Anwendungen werden Serviceroboter zum größten Teil in der Logistik eingesetzt, gefolgt von öffentlichen Umgebungen wie Hotels, Restaurants oder Geschäften, in denen sie Dienstleistungen erbringen oder Informationen bereitstellen (vgl. Afflerbach, 2021, S. 9f.). Im häuslichen Gebrauch kommen Serviceroboter hingegen überwiegend für automatische Staubsaugarbeiten, Nassreinigungen, für Rasenmäharbeiten oder zur Unterhaltung zum Einsatz (vgl. ebd., S. 11). Einhergehend mit dem Aufgabenspektrum, müssen Serviceroboter im Haushalt in den meisten Fällen mobile Roboter sein und sich mithilfe von Sensorik und Navigation autonom in einer unstrukturierten Umgebung fortbewegen können (vgl. Stark, 2009, S. 17). Außerdem müssen die Roboter über eine leichte Benutzeroberfläche verfügen, die es Laien ermöglicht, mit diesen zu interagieren (vgl. ebd.). Serviceroboter im häuslichen Gebrauch werden weiterhin hinsichtlich ihrer Aufgabenfelder gegliedert in Telepräsenz- und Begleitroboter, humanoide Unterhaltungsroboter, motivierende Sozialroboter und häusliche Assistenzroboter (vgl. Pijetlovic, 2020, S. 36).

Ergänzend zu der vom IFR vorgesehenen Einteilung von Servicerobotern in domestische und gewerbliche Anwendungen, lassen sich Serviceroboter gemäß ihren Einsatzfeldern in Roboter aufgliedern, *„[...] die nach einem Programm eine Aufgabe autonom oder teilautonom erfüllen, und Assistenzrobotern, die mit dem Menschen gemeinsam an einer Aufgabe arbeiten und eine maschinelle Wahrnehmung und kognitive Fähigkeiten besitzt.“* (Gerke, 2015, S. 105).

Unter den in dieser Unterscheidung aufgeführten kognitiven Fähigkeiten sind kognitive und analytische Aufgaben (einige Beispiele sind sich wiederholende Aufgaben in Call-Centern oder komplexe Finanzanalysen) zu verstehen, die die Roboter durch Computerverarbeitung und künstliche Intelligenz meistern (vgl. Afflerbach, 2021, S. 16). Bei der KI geht es hauptsächlich darum, Wege zu finden Computer dazu in die Lage zu versetzen, Dinge zu tun, in denen wir Menschen derzeit noch überlegen sind (vgl. Ertel, 2021, S. 3). Man spricht in diesem Zusammenhang häufig auch von intelligenten Systemen:

*„Ein System heißt intelligent, wenn es selbstständig und effizient Probleme lösen kann. Der Grad der Intelligenz hängt vom Grad der Selbstständigkeit, dem Grad der Komplexität des Problems und dem Grad der Effizienz des Problemlösungsverfahrens ab.“* (Mainzer, 2019, S. 3).

Bei der Durchführung von Berechnungen haben Computer heutzutage keine Probleme mehr und schlagen den Menschen gnadenlos. Aus diesem Grund sieht man beispielsweise auch immer mehr davon ab, Schachcomputer zu bauen, da diese Weltmeister um Längen schlagen (vgl. ebd.). Die Herausforderungen liegen insbesondere bei Servicerobotern darin, sich in Echtzeit an Gegebenheiten anzupassen und sie zu deuten, wie es beispielsweise beim Betreten eines Raumes der Fall wäre (vgl. ebd.). Die Serviceroboter sind zudem nicht dazu in der Lage, Emotionen im Sinne des „deep actings“ zu fühlen respektive auszudrücken (vgl. Afflerbach, 2021, S. 15). Es gibt mittlerweile allerdings Serviceroboter, die über Spracherkennung und Möglichkeiten des Erkennens von Mimik und Gestik verfügen, welche sie dazu befähigen, auf diese entsprechend zu reagieren (vgl. de Florio-Hansen, 2020, S. 73f.). In Zusammenhang mit Aufgabenstellungen, welche sowohl hohe emotionale als auch kognitive Fähigkeiten abverlangen, bietet sich entsprechend eine Mensch-Roboter-Kollaboration an (vgl. Afflerbach, 2021, S. 16). Eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Formen der Kollaboration zwischen Menschen und Robotern würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen (zur Vertiefung eignet sich: Buxbaum, 2020).

Insgesamt lässt sich sagen, dass sich Serviceroboter auf dem Vormarsch befinden, was unter anderem auch in einen Zusammenhang mit den Auswirkungen der Pandemie gebracht wird (vgl. ebd., 2021, S. 7).

Ein aktuelles Beispiel ist mit dem von Boston Dynamics entwickelten Serviceroboter „Spot“ gegeben, welcher zum Schutz von Mitarbeitern einer Parkanlage dazu eingesetzt wurde, die Besucher an die aufgrund der Pandemie verordnete Maskenpflicht zu erinnern (vgl. Afflerbach, 2021, S. 7). Der Einsatz von Servicerobotern eignet sich allerdings überwiegend für Aufgaben die gleichbleibend sind, da die Kosten respektive die technischen Möglichkeiten bei vielfältigeren Aufgaben schnell ausgeschöpft sind (vgl. Afflerbach, 2021, S. 13). Eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Serviceroboterarten, und ihrer Aufgabenfelder würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, zumal es hier keine Trennschärfe dahingehend gibt, welche Roboter eigentlich wirklich Serviceroboter sind. Eine weitere wichtige Unterscheidung von Servicerobotern, die allerdings noch Erwähnung finden soll, bezieht sich auf die Gestaltung von Servicerobotern. Hier wird nämlich unterschieden zwischen humanoiden und nicht humanoiden Robotern (vgl. Afflerbach, 2021, S. 18). Nicht humanoide Roboter besitzen keine menschlichen Eigenschaften und ihre Form ist entsprechend der auszuführenden Aufgabe ausgelegt (vgl. ebd.). Humanoide Roboter hingegen sind menschenähnlich und gelangen immer mehr in den Vordergrund der Robotik- Diskurse, weshalb sich im nächsten Kapitel mit dieser Sonderform der Serviceroboter auseinandergesetzt wird.

### **2.2.3 Humanoide Roboter**

Als humanoide Roboter werden Roboter bezeichnet, die dem Menschen äußerlich ähneln und sich wie Menschen verhalten (vgl. Regenstein, 2010, S. 1). Abgesehen von diesen Merkmalen, müssen humanoide Roboter autonom, lernfähig, interaktions- und kooperationsfähig sein und eine hohe Systemsicherheit aufweisen (vgl. ebd., S. 2). Sind alle diese Eigenschaften erreicht, so wäre das Ziel des HRP (Humanoid Robotics Project) erfüllt, welches von Japan bereits seit 1998 verfolgt wird (vgl. Mainzer, 2019, S. 142). Humanoide Roboter bewegen sich in den meisten Fällen auf zwei Beinen und die Gelenke sind ähnlich ausgerichtet wie beim Menschen (vgl. Afflerbach, 2021, S. 18). Diese am Menschen orientierte Architektur hat den Grund, dass das Ziel, welches mit der Entwicklung humanoider Roboter verfolgt wird darin besteht, die Roboter direkt in der menschlichen Umgebung wirken zu lassen (vgl. Mainzer, 2019, S. 138). Die menschliche Umwelt ist auf menschliche Proportionen ausgelegt und die Werkzeuge, die wir Menschen nutzen, sind angepasst auf die, über die unser Körper verfügt (vgl. ebd.).

Andere Architekturen würden dementsprechend mit einem Mehrkostenaufwand einhergehen, da nicht der Roboter an die Umgebung, sondern die Umgebung an den Roboter angepasst werden müsste (vgl. Mainzer, 2019, S. 139f.).

Der erste kabellose, sich selbst regulierende humanoide Roboter war der P2 (siehe Abbildung 8) von Honda, welcher 1996 vorgestellt wurde (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 1793). Der P2 stellte zwar einen wesentlichen Fortschritt hinsichtlich der Lokomotion mittels zweier Beine dar, allerdings fand noch keine Wahrnehmung der Umgebung statt (vgl. ebd.).



Abbildung 8: Der humanoide Roboter "P2" von Honda.

Quelle: Siciliano, Khatib, 2016, S. 1793

Heute nutzen humanoide Roboter für die Fortbewegung in, Interaktion mit und Analyse der Umwelt eine Vielzahl an Sensoren (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 1794). Häufig kommen hier beispielsweise Kameras (auch 3D-Kameras), Abstandssensoren (Ultraschall und Laser/LIDAR), Mikrophone, und Drucksensoren zum Einsatz (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 1794; Mainzer, 2019, S. 141). Für die Erreichung des Ziels des HRP, bedarf es neben dieser Sensorik allerdings auch einer entsprechenden kognitiven Verarbeitung der Daten (vgl. Mainzer, 2019, S. 142). Hierbei werden drei grundlegende Ansätze verfolgt, nämlich einmal der sogenannte kognitivistisch-funktionalistische Ansatz, der konnektionistische Ansatz und der handlungsorientierte Ansatz (vgl. ebd., S. 143ff.). Die Umgebung wird dem Roboter nach dem kognitivistischen-funktionalistischen Ansatz vollkommen symbolisch repräsentiert, wobei die Symbolik ständiger Anpassung bedarf sobald sich der Roboter bewegt (vgl. ebd., S. 143).

Das Grundprinzip der symbolischen Repräsentation beruht hierbei auf Prinzipien der klassischen Programmierung (vgl. Zech, 2020, S. 13). Ein Beispiel ist gegeben mit *„Relationen wie ON(TABLE,BALL), ON(TABLE,CUP), BEHIND(CUP,BALL) etc., mit denen die Relation eines Balls und einer Tasse auf einem Tisch relativ zu einem Roboter repräsentiert wird, ändern sich, wenn sich der Roboter um den Tisch herum bewegt.“* (Mainzer, 2019, S. 143).

Die reine symbolische Interpretation der Umwelt wäre somit nicht praxistauglich, da ein ständiges Update der Variablen notwendig wäre, damit sich der Roboter in Alltagssituationen zurechtfinden kann (vgl. Mainzer, 2019, S. 144; Zech, 2020, S. 32). Dieses Problem soll mit dem konnektionistischen Ansatz behoben werden (vgl. Mainzer, 2019, S. 144):

*„Der konnektionistische Ansatz betont deshalb, dass Bedeutung nicht von Symbolen getragen wird, sondern sich in der Wechselwirkung zwischen verschiedenen kommunizierenden Einheiten eines komplexen Netzwerks ergibt. Die Herausbildung bzw. Emergenz von Bedeutungen und Handlungsmustern wird durch die sich selbst organisierende Dynamik von neuronalen Netzwerken möglich.“* (Mainzer, 2019, S. 144).

Neuronale Netzwerke sind also weniger auf rein mathematisch symbolische Interpretationen aus und verarbeiten gewaltige Datenmengen über verschiedene Prozessoren parallel zueinander. Auf diese Weise ist es möglich, Daten zu segmentieren, zu gruppieren, zu klassifizieren und sie für Prognosemodelle heranzuziehen (vgl. Haun, 2013, S. 330). Das Netzwerk „lernt“, indem es sogenannte Verbindungsgewichte zwischen Prozessoren in Bezug auf wahrgenommene Daten verändert (vgl. Haun, 2013, S. 330; Zech, 2020, S. 15ff.). Diesem Prozess der Lernerfahrung im Cognitive Computing steht der handlungsorientierte Ansatz gegenüber, welcher die Implementierung des Roboterkörpers in die Umgebung zentralisiert und lernen als praktisch erworbenes Wissen im direkten Umgang mit der Problemdomäne ansieht (vgl. Mainzer, 2019, S. 144; Haun, 2013, S. 461). Der Schluss, welcher aus diesen drei Ansätzen gezogen werden kann ist, dass humanoide Roboter nur dann zur gewünschten Ausprägungsstufe kommen, wenn man alle drei Ansätze miteinander vereint, wie es beim Menschen schließlich auch der Fall ist (vgl. Mainzer, 2019, S. 144f.).

*„Richtig ist es daher, wie beim Menschen von einer eigenen Leiblichkeit (embodiment) der humanoide Roboter auszugehen. Danach agieren diese Maschinen mit ihrem Roboterkörper in einer physischen Umwelt und bauen dazu einen kausalen Bezug auf. Sie machen ihre je eigenen Erfahrungen mit ihrem Körper in dieser Umwelt und sollten ihre eigenen internen symbolischen Repräsentationen und Bedeutungssysteme aufbauen können.“ (Mainzer, 2019, S. 145).*

Es gibt allerdings bereits erste Einsatzbereiche für humanoide Roboter niedrigerer Stufe. Humanoide Roboter wurden in den letzten Jahren beispielsweise im Servicebereich zunehmend eingesetzt. Deutlich wird dies, wenn man sich beispielsweise aktuelle Einsatzzahlen des humanoiden Roboters „Pepper“ (siehe Abbildung 9) anschaut. Insgesamt wird Pepper bereits von mehr als 2000 Unternehmen weltweit eingesetzt und erledigt Aufgaben im Verkauf, an Empfangstresen oder im Gesundheitswesen (vgl. Afflerbach, 2021, S. 19). Im medizinischen Sektor wird Pepper beispielsweise auch dafür eingesetzt, Behandlungen wie die MRT zu erläutern und über Ablauf und Risiken zu informieren (vgl. Omari, 2018, S. 30). An dieser Stelle ist jedoch anzumerken, dass die Produktion von Pepper aufgrund zu geringer Nachfrage eingestellt wurde. Der Grund für die geringe Nachfrage liegt darin, dass die Erwartungen an die Fähigkeiten von Pepper zu hoch waren und die Nutzung und Einrichtung des Roboters sehr aufwendig ist (vgl. Kölling, 2021, o.S.).



Abbildung 9: Der Serviceroboter "Pepper". Quelle: Plautz, Henkenberens, Deitschun, 2021, o.S.).

Ein gutes Beispiel für die Lernfähigkeit von humanoiden Robotern ist mit ASIMO gegeben, welcher von der Firma Honda hergestellt wird. ASIMO ist dazu in der Lage, in englischer und japanischer Zeichensprache zu kommunizieren, wobei immer neue Wörter dazugelernt werden<sup>2</sup>. Diese humanoiden Serviceroboter haben jedoch eine noch sehr künstliche Erscheinungsform im Gegensatz zu den sogenannten Androiden, welche eine weitere Unterform darstellen.

<sup>2</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=skXYr8BzjpM>

*„Androide Roboter werden humanoide Roboter genannt, wenn diese dem Menschen täuschend ähnlich sehen, sich meist durch einen menschenähnlichen Körperbau und Gesichtszüge auszeichnen und aus Materialien bestehen, welche dem menschlichen Gewebe nachempfunden sind.“ (Afflerbach, 2021, S. 20).*

Die wohl bekannteste Androidin ist „Sophia“ (siehe Abbildung 10), welche besonders im Jahr 2017 für großes Aufsehen gesorgt hat, als Saudi-Arabien ihr die Staatsangehörigkeit verliehen hat (vgl. Omari, 2018, S. 28). Sophia verfügt laut Hersteller über eine künstliche Intelligenz und hat zudem die Fähigkeiten, visuelle Daten zu verarbeiten und Gesichter und Emotionen zu erkennen. Weiterhin ist Sophia angeblich dazu in der Lage, die Mimik und Gestik von Menschen imitieren und bestimmte Fragen beantworten respektive Dialoge über vorab definierte Themen führen zu können (vgl. Pijetlovic, 2020, S. 34).



Abbildung 10: Die Androidin "Sophia". Quelle: Watzel, 2021, o.S.

In der Wahrnehmung humanoider Roboter tendieren viele Menschen und damit auch Schülerinnen und Schüler dazu, in ihm mehr menschliche Fähigkeiten zu sehen als tatsächlich in ihm stecken (Anthropomorphismus). Deswegen soll diesem Thema im Folgenden ein eigenes Unterkapitel gewidmet werden.

### **2.3 Roboterlernen und Anthropomorphismus**

*„Anthropomorphismus ist die menschliche Tendenz, leblosen Objekten wie Robotern menschliche Fähigkeiten wie rationales Denken und Fühlen zuzuweisen. Dabei ist der kognitive Prozess des Anthropomorphismus wahrscheinlicher, wenn der Roboter mit menschenähnlichen Merkmalen wie menschenähnlichen Gesichtsausdrücken, Stimmen und Namen ausgestattet ist.“ (Afflerbach, 2021, S. 19f.).*

Mit dem Bezug zur Lernfähigkeit von Robotern führt der Anthropomorphismus bei Laien häufig zu Trugschlüssen, die durch verblüffende, medienwirksame Präsentationen solcher Roboter zusätzlich verstärkt werden (vgl. Steil, 2019, S. 18). Es ist daher von großer Relevanz, die Möglichkeiten und Grenzen des „Roboterlernens“ aufzuführen. Das Roboterlernen wird hierbei in Anlehnung an Steil (2019) in das Lernen in der virtuellen, der physikalischen und der sozialen Welt unterschieden. Die damit einhergehenden Herausforderungen und Grenzen werden zusammengefasst wie folgt beschrieben (vgl. Steil, 2019, S. 20ff.).

#### Roboterlernen in der virtuellen Welt:

Sei es die Gesichtserkennung, die Interpretation von Bildern oder das Erkennen und Verarbeiten von Sprache, überall kommen sogenannte „Deep Learning Verfahren“ zum Einsatz. *„Dabei werden Neuronale Netze verwendet, die, mathematisch gesehen, hochgradig verschachtelte Funktionen mit sehr vielen, teilweise Millionen von Parametern sind (Deep Learning), z.B. ca. 120 Mio. in der aktuellen Gesichtsdetektion von Facebook AI Research.“* (Steil, 2019, S. 20). Das Problem an dieser Stelle ist allerdings, dass riesige Datenmengen verarbeitet und Millionen Trainingsschritte ausgeführt werden müssen, bevor eine Erkennung stattfinden kann (vgl. Steil, 2019, S. 20; Döbel et al., 2018, S. 29). Weiterhin machen fehlende Skalierbarkeit und Übertragbarkeit das Ausüben neuer Aufgaben häufig äußerst unpraktikabel und die Neuronalen Netzwerke und Lernalgorithmen müssen bei neuen Lernaufgaben angepasst werden (vgl. Steil, 2019, S. 20).

#### Roboterlernen in der physikalischen Welt:

Hier liegen die Herausforderungen insbesondere in der Fortbewegung in der realen Welt, da zur Erfassung von Trainingsdaten Bewegungsabläufe geplant, ausgeführt und bewertet werden müssen (vgl. Steil, 2019, S. 20f.; Mainzer, 2019, S. 7f.). Aufgrund der Datenmenge kann dies allerdings nur begrenzt realisiert werden (vgl. Steil, 2019, S. 21). Die Zustandsräume sind zu groß und die Anzahl an möglichen Situationen die einem Roboter im Alltag begegnen ist nicht kalkulierbar, weshalb solche Systeme auch nicht umsetzbar sind (vgl. Zech, 2020, S. 29). Neben dem Problem im „Lernprozess“ selbst, ist die Ausführung von Bewegungen begrenzt.

Diese Einschränkungen ergeben sich aufgrund von Problemen hinsichtlich der „...Regelung, Sensorik, Echtzeitanforderungen, Sicherheit, Bewegungsplanung und Energiemanagement.“ (Steil, 2019, S. 21). Der wesentliche Punkt ist schließlich, dass die Strategien zum Lernen von Bewegungsabläufen zu aufwendig und komplex sind und neue Methoden erforscht werden müssen, damit Roboter dazu in die Lage versetzt werden können, komplexe Bewegungen in der realen Welt durchzuführen (vgl. Steil, 2019, S. 22f.).

#### Roboterlernen in der sozialen Welt:

Im Hinblick auf die Interaktion im sozialen Umfeld, ergibt sich eine endlose Liste an Fähigkeiten, die Roboter beherrschen müssen, um mit dem Menschen mithalten (einige Beispiele sind hier die Körpersprache, die Dialogfähigkeit, Aufmerksamkeit etc.). Die meisten Sozialroboter weisen deshalb ein eher starres Verhalten auf und verkörpern vorprogrammierte Ausgabegeräte (vgl. Steil, 2019, S. 23). Alle Ebenen des sozialen Lernens in Robotern umzusetzen ist deshalb auch noch nie gelungen und Roboter sind in ihrem Verhalten fest programmiert respektive werden durch einen Menschen teleoperiert (vgl. ebd., S. 24f.). *„Dies zeigt, dass interaktives und soziales Lernen nie abgeschlossen ist und ein sozial lernender Roboter ständig flexibel und auf allen Ebenen lernend bleiben muss. Genau dies ist aber nicht systematisch realisierbar.“* (Steil, 2019, S. 25).

Abgesehen von diesen Grenzen ist es trotzdem bemerkenswert, wozu humanoide Roboter mittlerweile imstande sind, schaut man sich allein Asimo oder den von Boston Dynamics entwickelte „Atlas“ an. Allerdings ist genau darauf zu achten, wie Roboter präsentiert und welche Fähigkeiten ihnen zugesprochen werden, um zwischen Fantasie und Realität differenzieren zu können. Dies ist für einen Laien schier unmöglich und durch die optisch immer zunehmende Anlehnung von humanoiden Robotern an den Menschen, neigt man schnell zum Anthropomorphismus. Bekräftigt wird die Vermenschlichung unter anderem auch durch die Darstellung von Robotern in Filmen und Videospielen, womit sich im nächsten Kapitel befasst wird.

## 2.4 Die Darstellung von Robotern in Filmen und Videospielen

Wie die in Kapitel 2.1 vorgenommene Begriffsbetrachtung gezeigt hat, hat das Schauspiel mit dem Stück von Capek einen wesentlichen Beitrag zum Diskurs über und der Etablierung von Robotern geleistet. Roboter in Filmen ziehen die Menschen seither immer wieder in ihren Bann. Ein Beispiel ist hier der von George Lukas in den 70 er Jahren gedrehte Film „Krieg der Sterne“, welcher Kinogeschichte schrieb (vgl. Haun, 2013, S. 7). Der weitläufig bekannte Roboter in diesem Film war „C3PO“, ein aufrecht gehender Roboter, der den Begleiter von Luke Skywalker darstellte (vgl. ebd.). Besonders auffallend hierbei ist der Wandel der Roboterdarstellungen und der Fähigkeiten, die Robotern in Filmen zugeschrieben werden.

Ruge (2015) hat die Entwicklung der Darstellungen von Robotern in Filmen analysiert. Im Zuge dieser Analyse hat Ruge ein Kategoriensystem entwickelt, welches Roboterdarstellungen in Filmen in die Kategorien „Menschenähnlichkeit“, „Interaktionsqualität“ und „Rahmenbedingungen“ mit jeweiligen Unterkategorien unterteilt (vgl. Ruge, 2015, S. 88). Die Kategorie der Menschenähnlichkeit wird untergliedert in „Bewusstsein“, „Lernfähigkeit“, „Willensstatus“, „visuelle Ähnlichkeit“ und „Emotionalität“, wobei es jeweils unterschiedliche Ausprägungsgrade der einzelnen Eigenschaften gibt (vgl. ebd.). In der Kategorie „Interaktionsqualität“ geht es um die Interaktion zwischen Robotern und anderen Individuen, wobei auch hier wieder mehrere Unterkategorien mit unterschiedlichen Ausprägungsgraden bestehen (vgl. ebd.).

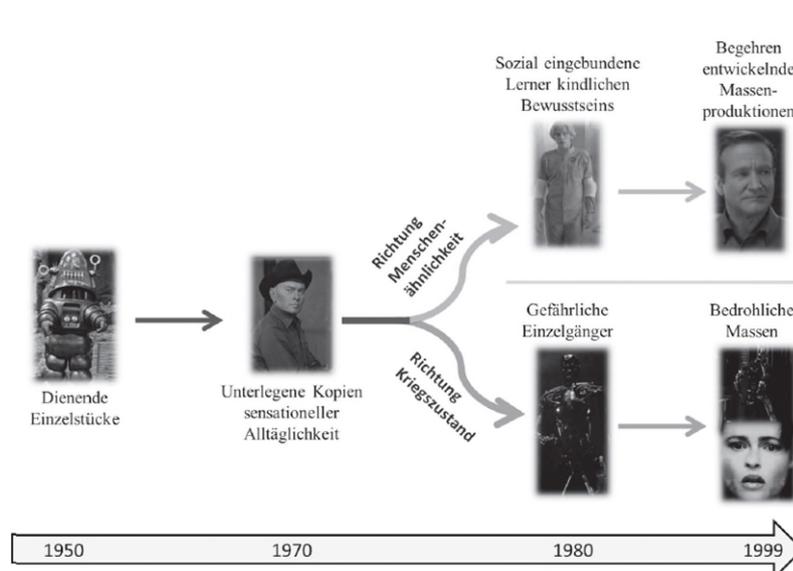


Abbildung 11: Sechs Muster von Roboterdarstellungen in Filmen ab 1950. Quelle: Ruge, 2015, S. 89

Die Kategorie „Rahmenbedingungen“ ist hingegen auf soziale Bedingungen auf der Makroebene wie „Friedensstatus“ oder „Alltäglichkeit“ forciert (vgl. Ruge, 2015, S. 88). Auf Grundlage dieser Kategorien konnten schließlich insgesamt sechs Muster für Roboterdarstellungen herauskristallisiert werden, die sich mit dem Wandel der Zeit ergeben (Abbildung 11). Ein Muster stellen hier „dienende Einzelstücke“ dar, welche dem Menschen untergeordnet sind, mit geringer Menschenähnlichkeit und geringer Interaktionsqualität versehen wurden (vgl. ebd., S. 97). „Unterlegene Kopien“ besitzen ein unterlegenes Bewusstsein und sind auch nicht dazu in der Lage, Emotionen auszudrücken (vgl. ebd.). Die „sozial eingebundenen Lerner kindlichen Bewusstseins“ hingegen sind dazu in der Lage, etwas zu lernen, soziale Beziehungen aufzubauen und Anerkennung in Form von emotionaler Zuwendung zu erhalten (vgl. ebd.).

Das vierte Muster repräsentieren die „gefährlichen Einzelgänger“, welche Kriege gegen die Menschheit führen und sich aus ihren dienenden Rollen befreit haben (vgl. ebd., S. 97). Allerdings verfügen sie über keine Emotionen, pflegen keine sozialen Beziehungen und haben kein übergeordnetes Bewusstsein (vgl. ebd.). Das vorletzte Muster sind die „Begehren entwickelnden Massenproduktionen“ (vgl. ebd.). Sie sind menschenähnlich, erfahren Anerkennung, pflegen soziale Beziehungen und sind körperlich als auch geistig vom Menschen kaum noch Abgrenzbar (vgl. ebd.). Das letzte Muster verkörpern die „bedrohlichen Massen“, welche über eine Kollektivintelligenz verfügen und den Menschen verdrängen (vgl. ebd.).

Es lässt sich demnach also festhalten, dass Roboter in Filmen im Laufe der Zeit immer autonomer und sozialisierter dargestellt werden, was von den realen Möglichkeiten der Technik allerdings abweicht, wie sich in Kapitel 2.2.3 gezeigt hat. Bei vielen Science-Fiction Filmen mit humanoiden Robotern ist zudem auffallend, dass die Roboter durch echte Menschen verkörpert werden (vgl. Hermann, 2020, S. 111). Die Besetzung mit echten Menschen trägt logischerweise zur Dramaturgie bei, wenn man bedenkt, dass reale, humanoide Roboter respektive Androiden wie beispielsweise „Sophia“ (siehe hierzu Kapitel 2.2.3) die Handlungen durch fehlende technische Möglichkeiten unmöglich machen würden (vgl. ebd.). An diese Stelle rückt auch die Relevanz der Auseinandersetzung mit Roboterdarstellungen in Science-Fiction Genre. Es handelt sich um Filme, die von Millionen Menschen gesehen und bewundert werden.

Dementsprechend sind solche Roboterdarstellungen auch bei Schülerinnen und Schülern präsent (vgl. Nepper et al., 2021, S. 74). Dies prägt zudem die Wahrnehmung, da sie in den meisten Fällen keinen realen Kontakt zu echten Robotern, die häufig in geschlossenen Laborräumen operieren, haben (vgl. Weber, 2021, S. 550). Neben Darstellungen in Filmen, schlagen sich Roboter ähnlicher Darstellung auch in vielen Videospiele nieder (vgl. Könitz, 2022, S. 5). Für Kinder und Jugendliche sind Computerspiele und dergleichen völlig selbstverständlich und alltagsprägend (vgl. Gabriel et al., 2019, S. 225). Etwa drei Millionen Jugendliche in Deutschland spielen regelmäßig Videospiele (vgl. DAK, 2019, S. 1). Das Feld der Videospiele scheint im Gegensatz zum Film noch ziemlich unerforscht, wenn es um Roboterdarstellungen geht. Eine detaillierte Kategorisierung wie bei den Roboterdarstellungen in Filmen kann im Rahmen dieser Arbeit einmal aus diesem aber auch aus platzökonomischen Gründen nicht vorgenommen werden.

Dennoch gilt es, sich auch mit solchen Aspekten auseinanderzusetzen, um Schülerinnen und Schüler in ihrer Reflexions- und Urteilsfähigkeit hinsichtlich des Spannungsgefüges zwischen Realität und Fiktion zu fördern (vgl. Gabriel et al., 2019, S. 225). Hierbei ist es auch die Aufgabe von Lehrkräften, sich mit den Darstellungen von Technologien in Videospiele und Filmen, zu denen die Schülerinnen und Schüler einen Bezug haben, auseinanderzusetzen und diese in Diskussionen im Unterricht einfließen zu lassen.

### **3 Schülervorstellungen**

Dieses Kapitel der Arbeit befasst sich mit grundlegenden Theorien zu Schülervorstellungen. Nach einer begrifflichen Eingrenzung stehen hier die Strategien im Umgang mit Schülervorstellung in Lehr-Lern-Prozessen im Vordergrund.

#### **3.1 Begriffsbestimmung**

Der Begriff „Schülervorstellungen“ beschreibt die in der Komplexität divergierenden, subjektiven kognitiven Konstrukte von Schülerinnen und Schülern (vgl. Kattmann et al., 1997, S. 11; Gropengießer, Marohn, 2018, S. 51). Diese kognitiven Konstrukte sind das Resultat von angesammelten Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler, wobei auch unterrichtliche Erfahrungen zur Genese dieser Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler beitragen (vgl. Denk, 2019, S. 3; Möller, 2018, S. 35). Die Schülervorstellungen können hierbei enaktiv, ikonisch oder symbolisch sein und man kann sie je nach Ausprägung kategorisieren in Überzeugungen, Vorstellungen in bestimmten Situationen und ad hoc Vorstellungen (vgl. Möller, 2018, S. 36). Es finden sich in der Literatur neben dem Terminus „Schülervorstellungen“ auch viele weitere Begriffe wie beispielsweise „Fehl- respektive Falschvorstellungen („*misconceptions*“), Präkonzepte, alternative Vorstellungen, subjektive und intuitive Theorien oder Alltagsvorstellungen (vgl. Schecker et al., 2018, S. 12; Werther, 2016, S. 33; Denk, 2019, S. 33; Asal, Burth, 2016, S. 19).

Der Terminus „Fehlvorstellungen“, welcher in der Schülervorstellungsforschung ursprünglich genutzt wurde, stellt die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler den fachwissenschaftlichen Ansichtsweisen gegenüber und konzentriert sich auf Defizite, wobei der kontextuale Zusammenhang der Vorstellungen meist nicht berücksichtigt wird (vgl. Schecker et al., 2018, S. 10f.). Die Verwendung der Begriffe „Fehl- und Falschvorstellungen“ geriet aufgrund des abwertenden Charakters hinsichtlich der sich im Alltag häufig durchaus bewährenden Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler bereits in den 1980er Jahren in die Kritik (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 52). Der Begriff „Schülervorstellungen“ konnte sich aufgrund seiner Neutralität und des Wertigkeitszuspruches der subjektiven Theorien der Schülerinnen und Schüler behaupten (vgl. Schecker et al., 2018, S. 12).

Das Konstrukt der Vorstellung wird hierbei in die Komplexitätsniveaus „Begriff“, „Konzept“, „Denkfiguren“ und „Theorien“ zusammengefasst (vgl. Katmann et al., 1997, S. 11; Gropengießer, Marohn, 2018, S. 51f.; Denk, 2019, S. 4). Die niedrigste Stufe bilden hierbei die Begriffe, welche durch einzelne Wörter ausgedrückt werden und sich auf einzelne Dinge respektive Vorgänge beziehen (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 51f.). Die Vernetzung respektive das in Beziehung setzen mehrerer Begriffe innerhalb eines Satzes oder einer Behauptung beschreibt die höhergelegene Komplexitätsstufe des Konzeptes (vgl. ebd., S. 52). Die nächste Komplexitätsstufe bilden die sogenannten „Denkfiguren“, welche einen Grundsatz beschreiben, wohingegen die letzte Stufe der „Theorie“ bereits ein Aussagengefüge umfasst (vgl. Werther, 2016, S. 34). Die verschiedenen Bezeichnungen wie beispielsweise „Präkonzept“ erscheinen in der Literatur häufig in synonyme Verwendung zum Begriff der „Schülervorstellungen“ (vgl. Denk, 2019, S. 3). Die Begründung liegt hierbei häufig darin, dass die Begriffe nicht präzise voneinander abgrenzbar seien (vgl. ebd.). Die synonyme Verwendung der Begriffe birgt allerdings Risiken im Hinblick auf die Trennschärfe der innerhalb des theoretischen Konstruktes „Vorstellung“ verwendeten Termini und ihrer Wirkungsgeflechte. So sind Präkonzepte *„...fest verankerte, stabile und komplexe Alltagstheorien im kindlichen denken zu verstehen, anhand derer sich die Kinder Phänomene der belebten und unbelebten Umwelt erklären.“* (Werther, 2016, S. 34).

Der Begriff des Präkonzeptes tritt hierbei deshalb auch häufig im Zusammenhang mit der Coceptual-Change-Theorie auf, wobei die Konzepte hier zur Strukturierung kategorialen Wissens dienen und als Vorstufe einer Theorie anzusehen sind (vgl. Denk, 2019, S. 4). Das Konstrukt der Vorstellung zentralisiert Konzepte allerdings nicht, sondern sieht sie als eine Komplexitätsstufe subjektiver Theorien an, womit mit dem Terminus „Präkonzept“ nur eine Abstraktionsebene in den Vordergrund rückt. Anders als im Bereich der Naturwissenschaften verfügen Schülerinnen und Schüler nur in seltenen Fällen über ausgeprägte Vorstellungen zu Funktionsweisen technischer Systeme und der kritischen Reflexion dieser (vgl. Möller, Wyssen, 2018, S. 159). Hinsichtlich technikbezogener Vorstellungen ergibt sich die Besonderheit, dass die Sprache in vielen Fällen nicht ausreicht, um die Vorstellungen äußern zu können, da raumzeitliche Beziehungen und Anordnungen nur bedingt über die Sprache ausgedrückt werden können (vgl. ebd.). In der Äußerung der Vorstellung fehlen zusätzlich oft einzelne Bezeichnungen technischer Elemente (vgl. ebd.).

Aus diesem Grund wird im Zuge dieser Arbeit der Begriff der Schülervorstellung verwendet, da dieser am umfassendsten ist und im Kontext dieser Arbeit alle Komplexitätsstufen des theoretischen Konstruktes „Vorstellung“ – samt der Präkonzepte – einschließt.

### **3.2 Vorstellungsgenese und Ausprägung**

Die theoretische Auseinandersetzung mit der Frage, inwiefern sich Vorstellungen bei Lernenden bilden und welche Faktoren diese Genese beeinflussen, führt auf mehrere Ansätze und Modelle zurück (vgl. Denk, 2019, S. 13ff.).

Ein Faktor der die Vorstellungsgenese beeinflusst und in enger Relation zum Anthropomorphismus steht (siehe Kapitel 2.3), ist der Animismus. Unter Animismus versteht man die Neigung von Kindern, Phänomenen der Natur ein Bewusstsein zuzuschreiben (vgl. Werther, 2016, S. 37). In der Theorie des Animismus werden drei Stadien zwischen dem dritten und zwölften Lebensjahr unterschieden, wonach die Vorstellungswelt bis zum zwölften Lebensjahr noch stark vom Animismus geprägt ist und Kinder leblosen Dingen häufiger (innerhalb der Stadien mit zunehmendem Alter graduell abnehmend) ein Bewusstsein zuschreiben (vgl. ebd.).

Nach Chi et al. bilden sich im Verlauf der kognitiven Entwicklung eines Individuums drei ontologische Kategorien, in welchen Konzepte gespeichert werden können (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 58). *„Die Ontologie ist die Lehre vom „So-Sein“, d.h. vom Wesen der Dinge und Erscheinungen. Dabei wird gefragt, was es gibt und wie das, was es gibt, in Beziehung zueinander steht.“* (Schecker et al., 2018, S. 31). Die Kategorien nach denen unterschieden werden kann sind Dinge, Prozesse und mentale Zustände, wobei Schülervorstellungen dadurch entstehen, dass vorhandene Konzepte falschen Kategorien zugeordnet werden (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 58). Vosniadu und Brewer hingegen sehen Vorstellungen in ihrem Rahmentheorieansatz (Kohärenzansatz) als in theoretische Strukturen eingebettete Denkkonzepte an, die in inhaltsspezifische Theorien und Rahmentheorien zergliedert sind (vgl. Denk, 2019, S. 15; Gropengießer, Marohn, 2018, S. 59; Hardy, Meschede, 2018, S. 26). Die Rahmentheorien unterteilen sich hierbei in ontologische und epistemologische Überzeugungen, welche sich durch die Beobachtung und Deutung der Umwelt bereits im Kindesalter bilden (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 59).

Die jeweiligen inhaltsspezifischen Theorien sind einzelnen Rahmentheorien untergeordnet und im Gegensatz zu diesen leicht (graduell) veränderlich (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 59). Die anfänglich recht kohärenten Strukturen der Rahmentheorien lassen sich entsprechend nur schwer beeinflussen und werden nach der Theorie eher synthetisch und über einen langen Zeitraum durch die Veränderung einzelner inhaltsspezifischer Theorien revidiert (vgl. Denk, 2019, S. 16f.; Gropengießer, Marohn, 2018, S. 59).

Ein weiterer Ansatz zur Theorie der Genese begrifflichen Wissens ist der sogenannte Fragmentierungsansatz. Nach diesem Ansatz sind Alltagsvorstellungen anders als bei dem Rahmentheorieansatz nicht kohärent und liegen in fragmentierten Wissens-elementen vor (vgl. Hardy, Meschede, 2018, S. 27; Schecker et al., 2018, S. 33). Diese „Wissenselemente“ (in dem Ansatz als „phenomenological primitives“ (p-prims) beschrieben), beruhen auf Alltagserfahrungen und sind äußerst abstrakt (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 59). Die einzelnen p-prims sind hierbei voneinander abgekoppelt und werden je nach wiedererkannter Situation unterschiedlich abgerufen (vgl. Schecker et al., 2018, S. 33; Hardy, Meschede, 2018, S. 27).

### **3.3 Strategien zum Umgang mit Schülervorstellungen**

Für den unterrichtlichen Umgang mit und die Veränderung von Schülervorstellungen haben sich Ansätze wie beispielsweise das Modell der Didaktischen Rekonstruktion oder die Conceptual-Change Theorie bewährt (vgl. Nepper, Gschwendtner, 2020, S. 77). Aus diesem Grund wird sich im Folgenden mit den Grundzügen dieser zwei Ansätze auseinandergesetzt.

#### **3.3.1 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion**

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion von Kattmann et al. erlaubt eine enge Bezugnahme zwischen fachlicher Klärung, vorhandenen Schülervorstellungen und der didaktischen Strukturierung hinsichtlich eines Unterrichtsgegenstandes (vgl. Kattmann et al., 1997, S. 4).

Die fachlichen Vorstellungen werden hierbei in eine Beziehung zu den Perspektiven der Schülerinnen und Schüler gesetzt, um auf dieser Grundlage einen Unterrichtsgegenstand zu entwickeln (siehe Abbildung 13). Hierbei basiert die Didaktische Rekonstruktion auf einer gegenseitigen Abhängigkeit der Didaktiken und der Fachwissenschaften, wobei fachliche Aspekte die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler gleichermaßen beeinflussen, wie die Schülervorstellungen die fachlichen Standpunkte (vgl. Kattmann et al., 1997, S. 4f.).

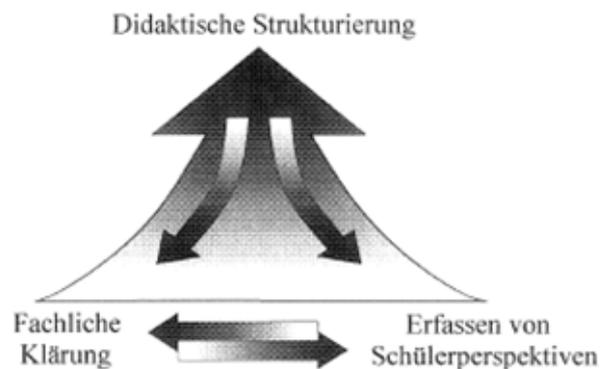


Abbildung 12: Beziehungsgefüge der Teilaufgaben der Didaktischen Rekonstruktion "das fachdidaktische Triplet". Quelle: Kattmann et al., 1997, S. 4

Aus diesem Beziehungsgeflecht ergeben sich die didaktische Strukturierung und die Planung von Lernprozessen (vgl. ebd., S. 5). Schülervorstellungen werden nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion nicht im Sinne der *misconceptions* verstanden, da sie sich im Alltag schließlich bewähren (vgl. ebd., S. 6). Vordergründig ist im Modell der didaktischen Rekonstruktion also nicht die Anstrengung dahingehend, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler durch einen realitätsfernen Konzeptwechsel zu ändern (vgl. ebd.). Vielmehr sollte der Fokus darauf liegen, die Relevanz der Wirkung wissenschaftlicher Vorstellungen im kontextualen Zusammenhang klarzustellen (vgl. ebd.). Die Schülerinnen und Schüler erhalten auf diesem Wege die Möglichkeit, vorhandene Vorstellungen zu ordnen und ihre Sinnhaftigkeit in unterschiedlichen Kontexten zu bewerten (vgl. ebd.). Das Methodengefüge der Didaktischen Rekonstruktion sieht hierbei hermeneutisch-analytische fachliche Klärungen und empirische Untersuchungen von Schülervorstellungen vor, aus denen schließlich die konstruktive Aufgabe der didaktischen Strukturierung von Lernszenarien resultiert (vgl. ebd., S. 10).

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion verfolgt eine konstruktivistische Sichtweise, ähnlich wie sie auch in der Theorie des Conceptual-Change verfolgt wird, mit der sich im nächsten Abschnitt befasst wird (vgl. Kattmann et al., 1997, S. 6).

### 3.3.2 Die Conceptual-Change Theorie

Die Theorie des Conceptual Change beruht auf der Theorie der Äquilibration von Piaget, nach der das Lernen als Aufbau respektive Veränderung von Vorstellungen betrachtet wird (vgl. Möller, 2018, S. 38; Werther, 2016, S. 40). Hierbei versucht ein Lernender im Assimilations- oder Akkomodationsprozess vorhandene Vorstellungen (Begriffe, Wissen und/oder Schemata) zu nutzen, um neue Wissensstrukturen aufzubauen (vgl. Möller, 2018, S. 38; Schecker et al., 2018, S. 27.). Die Vorstellungsgenese ist hierbei als nichtlinearer, in Teilschritten ablaufender Prozess zu sehen (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 58).

*„Während bei der Assimilation ein neuer Aspekt relativ einfach in eine bestehende Wissensstruktur integriert werden kann (z.B. Wärme als weitere Erscheinungsform von Energie), müssen bei der Akkomodation neue Strukturen entwickelt oder bestehende deutlich umstrukturiert werden, da die neuen Elemente nicht sinnvoll zu den alten in Beziehung gesetzt werden können...“* (Schecker et al., 2018, S. 27).

Nach dieser Theorie können vorhandene kognitive Konstrukte dann umstrukturiert werden, wenn – ausgelöst durch einen kognitiven Konflikt - eine Unzufriedenheit mit einer vorhandenen Vorstellung besteht (dissatisfaction), die neue Vorstellung verständlich und ergründbar ist (intelligible), wenn die neue Vorstellung nachvollzogen werden kann und mit bestehenden Vorstellungen vereinbar ist (plausible) und, wenn sich die neuen Vorstellungen in neuen Kontexten anwenden lassen und bewähren (fruitful) (vgl. Werther, 2016, S. 40; Gropengießer, Marohn, 2018, S. 58). Diese Urauffassung der Conceptual-Change-Theorie vertritt eine radikal-konstruktivistische Sichtweise auf das Lernen und ist im Sinne des sozial-konstruktivistischen Ansatzes um motivationale, situationsbezogene und soziale Bedingungen erweitert worden, welche ebenso wie die zuvor genannten kognitiven Komponenten einen Einfluss auf die Vorstellungsgenese ausüben (vgl. Möller, 2018, S. 38f.; Gropengießer, Marohn, 2018, S. 59).

Der kognitive Konflikt steht auch heute noch im Mittelpunkt der Conceptual Change Theorie (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 59). Als Begründung für die Notwendigkeit eines kognitiven Konflikts wird der Kohärenzansatz gesehen (siehe Kapitel 3.2), nach welchem die Vorstellungen von Lernenden miteinander vernetzt und schwer veränderbar sind und demnach ein radikales Umdenken erfordern (vgl. Schecker et al., 2018, S. 42f.). Eine Strategie ist hier die direkte Konfrontation mit der fachwissenschaftlichen Perspektive (vgl. ebd., S. 43). Hierbei stellen die Lernenden beispielsweise Hypothesen zu einem Sachverhalt auf und werden im Verlauf des Lernprozesses mit der Diskrepanz zwischen ihren Vorstellungen und der fachwissenschaftlich korrekten Ansichtweise, konfrontiert (vgl. ebd.). Das Resultat ist schließlich eine Unzufriedenheit mit der eigenen Vorstellung, auf der dann gemäß den Gelingensbedingungen eines Conceptual-Changes eine Umstrukturierung der kognitiven Konstrukte erfolgen kann (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 60; Schecker et al., 2018, S. 43).

Eine Erweiterung des kognitiven Konflikts ist der soziokognitive Konflikt, nach dem sich in Gruppen mit divergierenden Standpunkten und Vorstellungen auseinandergesetzt wird und somit eine Neustrukturierung von Wissen erfolgen kann (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 60). In Erweiterung an die Conceptual-Change Theorie, welche mit den kognitiven Konflikten einen eher diskontinuierlichen Lernweg verfolgt, gibt es verschiedene Aufbaustrategien, die einen kontinuierlichen Lernweg zum Ziel haben (vgl. Schecker et al., 2018, S. 41f.). Hier wird auf bestehenden Schülervorstellungen angeknüpft und Schrittweise zur gewünschten Vorstellung geführt (vgl. ebd., S. 42). Beispielsweise werden hier bestimmte lernförderliche und anknüpfungsfähige p-prims nach dem Fragmentierungsansatz als Schlüsselreize aktiviert, oder lernhemmende p-prims (siehe Kapitel 3.2) umgangen respektive umgedeutet (vgl. ebd., S. 51ff.). Diese Umgangsformen sind im Vergleich zur ursprünglichen radikalen Auslegung des Conceptual-Change deutlich angepasst. Doch folgt man den Ansichtsweisen des moderaten Konstruktivismus, so lassen sich Schülervorstellungen nicht „schlagartig“ oder in kurzen Zeiträumen verändern. Es ist vielmehr als ein lebenslanger Prozess anzusehen und die Strategien im unterrichtlichen Umgang dienen der frühzeitigen Anbahnung neuer, fachwissenschaftlicher Vorstellungswelten (vgl. Werther, 2016, S. 41).

Zusammengefasst lässt sich also sagen, dass sowohl die Vertreter des MDR (siehe Kapitel 3.3.1) als auch die der Conceptual-Change Theorie der Auffassung sind, dass die Berücksichtigung von Schülervorstellungen durch die Lehrkräfte unabdingbar ist, um fachliche Konzepte entwickeln zu können (vgl. Nepper et al., 2021, S. 72). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass hierunter keine ad hoc Veränderung der Schülervorstellungen hervorruft und man fachwissenschaftlich korrekte Ansichtsweisen unter Einsatz geeigneter Strategien lediglich anbahnen kann (vgl. Hartinger, Murmann, 2018, S. 58). Weiterhin sollte man Bezug auf den kontextualen Zusammenhang (im Sinne der Entwicklung von Hybridvorstellungen) der Vorstellungen nehmen und keine unnützen Bemühungen anstellen, radikale Konzeptwechsel vorzunehmen, wenn sich Vorstellungen im Alltag doch bewährt haben (vgl. Kattmann et al., S. 6). Die Anbahnung neuer Vorstellungen kann in sozialen Kontexten besser erfolgen, weshalb im Unterricht auch darauf zu achten ist, dass die Schülerinnen und Schüler sich mit der Heterogenität der Vorstellungen der Mitschülerinnen und Mitschüler auseinandersetzen (vgl. Gropengießer, Marohn, 2018, S. 61f.).

### 3.4 Empirische Befunde zu Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter

Nepper et al (2021) haben Schülervorstellungen von Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher Herkunftsländer und Altersstufe erhoben (vgl. Nepper et al., 2021, S. 73ff.). Methodisch sind sie hierbei so vorgegangen, dass Schülerinnen und Schüler zunächst eine Zeichnung eines Roboters anfertigen sollten, welche im Anschluss in einzelnen Fällen durch standardisierte Interviews ergänzt wurden (vgl. ebd.). Die Ergebnisse der Zeichnungen (N>1000) ließen drei Kategorien zuweisen (siehe Abbildung 13).

Bezeichnung	Beispielabbildung	Beschreibung
<i>humanoider Roboter</i> (91%)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menschenähnlich (mit u.a. Händen, Füßen, Kopf)</li> <li>- zumeist ohne (bzw. mit wenigen) technischen Details</li> </ul>
<i>funktionaler Roboter</i> (8%)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Roboter mit (überwiegend vielen) technischen Details</li> <li>- keine (bzw. wenige) menschliche Details</li> <li>- Fortbewegung über Kettenlaufwerk oder Rollen</li> </ul>
<i>Industrieroboter bzw. ähnliches</i> (< 1%)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine humanoiden Details</li> <li>- besteht lediglich aus Roboterarmen, Gliedern, Werkzeuge etc.</li> </ul>

Abbildung 13: Kategorisierung der Schülerzeichnungen in humanoide, funktionale und Industrieroboter. Quelle: Nepper et al., 2021, S. 73.

Schülerinnen und Schüler assoziieren mit dem Begriff „Roboter“ demnach überwiegend humanoide Roboter (91%). Acht Prozent der Schülerinnen und Schüler zeichneten einen funktionalen und ein Prozent einen Industrieroboter (vgl. ebd.). Die ergänzend dazu durchgeführten Interviews haben zudem folgende Vorstellungen, die sich auf die Fähigkeiten der Roboter beziehen, ergeben (vgl. ebd., S. 74).

- *„Roboter verfügen über einen eigenen Willen und können mit Menschen kommunizieren und dabei sehr komplexe Bewegungsabläufe durchführen.*
- *Roboter werden zwar von Menschen gebaut, haben danach aber ein „Eigenleben“.*
- *Roboter bzw. roboterähnliche Maschinen möchten dem Menschen helfen (von sich heraus).*
- *Roboter sind überwiegend aus dem Werkstoff Metall gefertigt und besitzen zudem Kabel, um Strom einzuspeisen.*
- *Roboter besitzen einen Motor ähnlich wie ein Herz eines Menschen, der den „Antrieb“ des Roboters darstellt.*
- *Roboter werden überwiegend im Alltag bzw. Haushalt eingesetzt.“ (Nepper et al., 2021, S. 74)*

Die Forschungsergebnisse geben einen guten ersten Einblick in Schülervorstellungen zu Robotern. Allerdings ist in dieser Studie nicht nach Altersgruppen unterschieden worden. Wie sich bei der theoretischen Betrachtung gezeigt hat, spielt der Animismus in der Vorstellungsgenese im Kindesalter eine wesentliche Rolle (siehe Kapitel 3.2). Der Animismus nimmt bis zum zwölften Lebensjahr graduell ab, weshalb keine altersübergreifenden Schlüsse gezogen werden sollten. Auch hat sich gezeigt, dass humanoide Roboter eben genau dafür gemacht sind, den Menschen in seiner Gestalt nachzubilden. Die meisten Schülerinnen und Schüler liegen demnach also gar nicht falsch und es müsste eine detailliertere Auseinandersetzung mit einzelnen Fähigkeitszuschreibungen erfolgen, um ansatzweise von Diskrepanzen in Bezug auf die fachwissenschaftliche Perspektive sprechen zu können. Interessant wäre an dieser Stelle beispielsweise, was genau unter dem „Eigenleben“ des Roboters zu verstehen ist, um zwischen technisch realisierbaren neuronalen Netzwerken und fiktionalen, sozial voll ausgeprägten Robotern differenzieren zu können. Auch die Beschreibung, ein Roboter verfüge über einen Motor, der - ähnlich wie beim Menschen das Herz- als Antrieb fungiert ist fachlich auf den ersten Blick korrekt.

Schließlich verfügen Roboter eben über Elektromotoren, hydraulische oder pneumatische Antriebssysteme und die Frage ist hier, ob der Vergleich mit dem Herz nur als Erklärungshilfe beigelegt wurde oder, ob die Funktionsweisen tatsächlich analog gesehen werden. Auf genau diesen Animismus im Kontext zu Schülervorstellungen hinsichtlich Roboter fokussierte sich eine Studie einer kanadischen Arbeitsgruppe (vgl. Beran et al., 2011). Insgesamt haben an der Untersuchung 198 Besucherinnen und Besucher eines Science-Centers im Westen Kanadas im Alter zwischen acht und 15 Jahren teilgenommen (vgl. ebd., S. 541). Methodisch wurde hierbei ein halbstrukturiertes Interview durchgeführt, während ein Knickarmroboter vorprogrammierte Aufgaben durchführte.

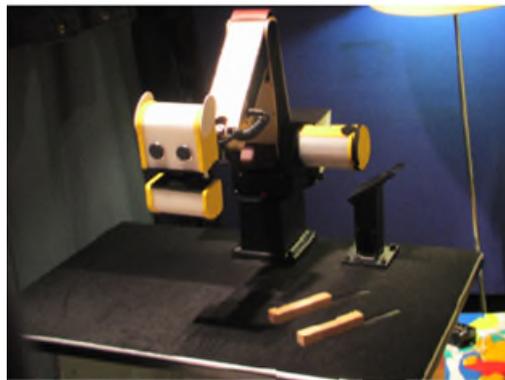


Abbildung 14: Verwendeter Knickarmroboter in der Studie. Quelle:

Beran et al., 2011, S. 541

Die Fragen bezogen sich konkret auf den Roboter und beinhalteten menschliche Attributszuweisungen (vgl. ebd., S. 542). Der Roboter selbst war hierbei mit Augen und einem Maulähnlichen Greifer ausgestattet (siehe Abbildung 14). Die Fragen, die während des Interviews gestellt wurden, bezogen sich auf kognitive, affektive, verhaltensorientierte und generelle Beschreibungen des Roboters (vgl. ebd.). So haben beispielsweise 52,7% der Probanden angegeben, dass der Roboter sich an sie erinnern würde, wenn sie das Science-Center nochmal besuchen. 64% gaben an, dass der Roboter sie mögen würde (vgl. ebd., S. 542ff.). Statt nun aber einzelne Items weiter auszuführen, soll an dieser Stelle Kritik angebracht werden. Wie sich nämlich gezeigt hat, ist der kognitive Prozess des Anthropomorphismus wahrscheinlicher, wenn man leblosen Objekten menschenähnliche Attribute verleiht (siehe Kapitel 2.3). Zur Überprüfung dieser These wäre die methodische Vorgehensweise durchaus angebracht, allerdings werden in dieser Studie auch Schlüsse hinsichtlich Schülervorstellungen gezogen, die somit etwas erzwungen wirken, da der Animismus durch die Merkmale des Roboters befeuert wird. Die Studie zeigt allerdings gut, dass der Animismus in Bezug auf Roboter trotz dieser Umgestaltung mit zunehmendem Alter abnimmt (vgl. ebd., S. 547).

## 4 Fragestellung

Mit dem theoretischen Konstrukt und der Beschreibung des Forschungsstandes als Fundament, liegt die Intention dieses Kapitels in der Herleitung der Fragestellung. Schülervorstellungen sind aus konstruktivistischer Sichtweise Anknüpfungspunkte für erfolgreiche Lernprozesse (siehe Kapitel 3.3). Bezugnehmend auf die Ziele des von der niedersächsischen Landesregierung angestrebten „Masterplans Digitalisierung“, ist besonders hinsichtlich des Robonatives-Projekts die Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten und Grenzen von Robotern maßgebend. Hierbei ist im Kontext dieser Arbeit die Abgrenzung zwischen der Lernfähigkeit von humanoiden Robotern und dem damit einhergehenden Anthropomorphismus zentral (siehe Kapitel 2.3). Wie vorherige empirische Befunde nahelegen, assoziieren Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff „Roboter“ hauptsächlich humanoide Roboter. Diese Ansicht stellt übergeordnet kein Lernhindernis dar, da humanoide Roboter schließlich existieren. Was an dieser Stelle von größerer Bedeutung ist, ist was Schülerinnen und Schüler den von ihnen beschriebenen Robotern für Fähigkeiten zuschreiben, damit Diskrepanzen ausgemacht werden können und eine frühzeitige Anbahnung fachwissenschaftlicher Konzepte erfolgen kann. Damit allerdings lernförderliche Methoden, beispielsweise im Sinne des Conceptual-Change, festgemacht werden können, müssen Schülervorstellungen zunächst umfassend bekannt sein. Das Ziel dieser Untersuchung ist es deshalb, die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Robotern zu rekonstruieren, da hierzu keine weitreichenden, empirischen Befunde vorliegen. Einhergehend mit den eben genannten Aspekten ergibt sich folgende erste Forschungsfrage:

1. *Welche Schülervorstellungen zu Robotern sollten im Unterricht aufgegriffen werden, um mögliche Lernhemnisse zu beseitigen?*

Ausgehend von den erhobenen Vorstellungen und der theoretischen Auseinandersetzung mit Robotern, sollen schließlich Items für die Konstruktion eines Fragebogens abgeleitet werden, mit welchem Schülervorstellungen zu Robotern auf quantitativem Wege erhoben werden können. Der Bezug zur Theorie der Robotik, hier vor allem die technische Machbarkeit und die damit einhergehenden Grenzen von Robotersystemen, stellen neben den Vorstellungen einen wichtigen Faktor dar, um weitere mögliche Diskrepanzen auszumachen.

Aus dem theoretischen Überbau sollen deshalb ergänzend zu den Vorstellungen Items formuliert werden, mit denen Rückschlüsse auf die Fähigkeitszuschreibungen gezogen werden können. Diese Vorgehensweise macht es möglich, ein umfassendes Bild über die Vorstellungswelt der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Roboter zu erhalten. Die zweite zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit lautet entsprechend dieses Aspektes:

2. *Wie lassen sich die erhobenen Schülervorstellungen zu Robotern in Verbindung zum theoretischen Überbau operationalisieren, um einen Fragebogen zur Erhebung von Schülervorstellungen zu Robotern zu konstruieren?*

## **5 Methodik und empirische Vorgehensweise**

In den nachfolgenden Kapiteln ist der empirische Teil dieser Arbeit verordnet. Nachdem zunächst die begründete Auswahl des Untersuchungsdesigns in den Vordergrund rückt, wird die Stichprobe der Untersuchung beschrieben. Im Anschluss daran werden die angewandten Erhebungs- und Auswertungsverfahren erläutert.

### **5.1 Untersuchungsdesign**

In der vorliegenden Arbeit wird zur Erhebung von Schülervorstellungen hinsichtlich des technischen Artefaktes „Roboter“ ein qualitativ-rekonstruktives Untersuchungsdesign herangezogen. Es haben sich zur Erhebung von Schülervorstellungen in der Forschung sowohl quantitative als auch qualitative Untersuchungsdesigns etabliert (vgl. Schecker et al., 2018, S. 15). Die Items in quantitativen Instrumenten beruhen hierbei allerdings auf den in qualitativ-rekonstruktiven Untersuchungen gewonnenen Erkenntnissen (vgl. Schecker et al., 2018, S. 16; Hartinger, Murmann, 2018, S. 56). Bevor also eine Generalisierbarkeit möglich wird, müssen die Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter zunächst ganzheitlich erfasst und rekonstruiert werden, was auf das qualitative, wissenschaftstheoretische Grundprinzip der ganzheitlichen und rekonstruktiven Untersuchung lebensweltlicher Phänomene zurückzuführen ist (vgl. Döring, Bortz, 2016, S. 64ff.). Ist das Feld hinsichtlich spezifischer Vorstellungen also noch ziemlich unerforscht, so müssen diese auf qualitativem Wege also zunächst ergründet werden. Wie die Auseinandersetzung mit den vorherigen empirischen Befunden gezeigt hat, kann noch nicht davon ausgegangen werden, dass Schülervorstellungen zu Robotern umfassend erfasst sind. Besonders im Hinblick auf die Zielgruppenspezifität in dieser Untersuchung liegen keine klar abgrenzbaren Erkenntnisse vor. In Bezug auf die Zielstellung dieser Arbeit hat sich zudem ergeben, dass Schülervorstellungen komplexe und vom Verständnis der eigenen Wirklichkeit abhängige Gedankenkonstrukte sind, die durch das alltägliche Leben geprägt werden. Diese Prägung durch den Alltag gilt es in diesem Zusammenhang auch zu rekonstruieren. Es kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass Roboterdarstellungen wie sie beispielsweise in Filmen oder Videospiele auftauchen (siehe Kapitel 2.4) in die Vorstellungswelt der Schülerinnen und Schüler eindringen oder, dass die dort zugeschriebenen Fähigkeiten der Roboter auf reale Roboter übertragen werden.

Vielmehr ist es also wichtig herauszufinden, ob und inwiefern die Schülerinnen und Schüler zwischen solchen Alltagsdarstellungen von Robotern und realen Robotern differenzieren. Es muss also einerseits untersucht werden, welche Roboter den Schülerinnen und Schülern präsent sind, andererseits aber auch inwiefern sie in der Lage sind, zwischen Realität und Fiktion zu differenzieren. Es muss also darum gehen, die Gedankengänge der Schülerinnen und Schüler in diesem komplexen Spannungsgefüge zwischen Realität und Fiktion zu rekonstruieren. In Zusammenhang dazu begründet sich das gewählte Untersuchungsdesign dieser Arbeit in Abgrenzung zum isolierten, deduktiven quantitativen Paradigma darin, dass der Untersuchungsgegenstand in seiner vollen Komplexität erfasst werden soll (vgl. Mayring, 2010, S. 19). „*Dagegen berufen sich qualitative Verfahren auf die Erkenntnis der Sozialwissenschaften, dass menschliche Wirklichkeit [...] vielfältig und komplex konstituiert wird.*“ (Mayring, 2010, S. 20).

Die Erfassung und Rekonstruktion dieser komplexen subjektiven Theorien und Sichtweisen erfordert zudem eine direkte und offene Kommunikation zwischen dem Untersuchenden und dem Beforschten, was in den Grundprinzipien qualitativer Forschung verankert ist und unter dem Prinzip der Kommunikation und Kooperation gefasst wird (vgl. Döring, Bortz, 2016, S. 69; Helfferich, 2011, S. 21). Schülervorstellungen schlagen sich in Äußerungen nieder, über die nur dann ein ausgiebiges Verständnis entwickelt werden kann, wenn diese ausführlich sind und die Möglichkeit zu Nachfragen besteht (vgl. Hartinger, Murmann, 2018, S. 53). Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass das übergeordnete Forschungsziel dieser Arbeit weniger darin liegt, die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf Roboter im Sinne einer explanativen Untersuchung zu erklären, sondern sie in ihrer umfassenden Komplexität zu ergründen und zu verstehen, sodass Handlungsempfehlungen für den unterrichtlichen Umgang abgeleitet werden können. „*Qualitative Wissenschaft als verstehende will also am Einmaligen, am Individuellen ansetzen, quantitative Wissenschaft als erklärende will an allgemeinen Prinzipien, an Gesetzen oder gesetznähnlichen Aussagen ansetzen.*“ (Mayring, 2010, S. 19).

## **5.2 Stichprobe**

Die Stichprobe besteht, wie bereits aus der Forschungsfrage einhergeht, aus Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I.

Im Vergleich zu quantitativen Studien arbeiten qualitative Studien mit vergleichsweise kleinen Stichproben, was mit dem Interesse des qualitativen Settings an der Interpretation und Rekonstruktion der subjektiven, lebensweltbezogenen Theorien und dem damit einhergehenden Aufwand in Verbindung steht (vgl. Döring, Bortz, 2016, S. 302). Auch gestaltet sich die Auswahl der Stichprobe anders als bei quantitativen Untersuchungen. Es ist hierbei nicht nach dem Zufallsprinzip eine möglichst große Stichprobe zu rekrutieren, da diese Vorgehensweise zur Erlangung einer möglichst globalen Repräsentativität, wie es bei einer quantitativen Untersuchung der Fall wäre, bei qualitativen Studien nicht greift und sogar eine Verzerrung der Ergebnisse hervorrufen würde (vgl. ebd.). Bei qualitativen Untersuchungen spricht man deshalb auch vom „purposive sampling“, nach welchem eine bewusste Auswahl der Untersuchungsobjekte getroffen wird (vgl. ebd.). Der Vorteil der bewussten Auswahl des Samples liegt vor allem darin, dass auf theoretische Überbauten Bezug genommen werden kann, sodass das Sample entsprechend der Aussagekraft für die Forschungsfrage gewählt werden kann (vgl. ebd.). Bezugnehmend auf die Fragestellung dieser Untersuchung ist hierbei insbesondere der Aspekt der Vorstellungsgenese vordergründig für die Auswahl der Stichprobe. Es wurde bei der Rekrutierung der Schülerinnen und Schüler darauf geachtet, dass diese zwischen 12 und 13 Jahren alt sind, da dieses Alter bezugnehmend auf den mit humanoiden Robotern einhergehenden Anthropomorphismus von besonderem Interesse ist (siehe Kapitel 2.3). Damit zusammenhängend ist der bei der Vorstellungsgenese entscheidende Prozess des Animismus, welcher nach der Theorie mit dem Alter von 12 Jahren eine weniger große Rolle spielt (siehe Kapitel 3.2). Die Auseinandersetzung mit dem Forschungsstand in Bezug auf Schülervorstellungen zu Robotern hat gezeigt, dass der Animismus eine scheinbar große Rolle spielt (siehe Kapitel 3.4). Allerdings ging aus den Forschungsergebnissen keine Trennschärfe zwischen Primar- und Sekundarbereich einher. Aus diesem Grund wurde die Stichprobe aus Jungen und Mädchen im Alter zwischen 12-13 Jahren gewählt, die alle die siebte Jahrgangsstufe besuchen. Neben der Berücksichtigung beider Geschlechter, wurde darauf geachtet, dass sowohl Schülerinnen und Schüler der Oberschule als auch welche, die das Gymnasium besuchen, innerhalb des Samples sind. Diese Samplezusammensetzung steht auch im Zusammenhang zu der inneren Repräsentativität als Gütekriterium für die Stichprobe (vgl. Helfferich, 2011, S. 173). Insgesamt handelt es sich nämlich um eine Stichprobe, die eng gewählt, allerdings eine große innere Variation aufweist (vgl. ebd., S. 174). Mit einer Stichprobengröße von N=14 ist eine insgesamt sehr umfangreiche Stichprobe gegeben (vgl. ebd., S. 175).

Die Rekrutierung der Stichprobe erfolgt hierbei über das sogenannte Schneeballsystem und es wurde ein Informationsschreiben (siehe Anhang 8.4) an verschiedene Personen weitergeleitet, die dieses wiederum weitergeleitet haben (vgl. Helfferich, 2011, S. 176). Potentiell waren auch mehr Interviewteilnehmer möglich, allerdings wurde die Stichprobengröße aufgrund der Forschungsökonomie insofern eingegrenzt, dass bei theoretischer Sättigung keine weiteren Interviews mehr durchgeführt wurden (vgl. Döring, Bortz, 2016, S. 302). Insgesamt setzt sich die somit erhaltene Stichprobe aus fünf Mädchen und neun Jungen zusammen.

### 5.2.1 Erhebungsverfahren

Wie in der Beschreibung des Untersuchungsdesigns deutlich geworden ist, eignet sich zur Rekonstruktion von Schülervorstellungen ein qualitatives Untersuchungssetting. Hierbei können verschiedene Erhebungsverfahren angewandt werden, wobei die Art des Verfahrens maßgeblich vom Forschungsinteresse abhängt (vgl. Helfferich, 2011, S. 26). Das dieser Arbeit zugrundeliegende Forschungsinteresse liegt in der Erfassung von Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter. Diese Vorstellungen können sich in einzelnen Begrifflichkeiten, aber auch in bereits ausgeprägten subjektiven Konzepten, Theorien oder Grundsätzen widerspiegeln (siehe Kapitel 3.1), die es zu erfassen und anschließend zu analysieren gilt. Aus diesem Grund muss das Erhebungsverfahren für die Erfassung subjektiver, kognitiver Konstrukte geeignet sein, damit diese anschließend einer umfassenden Rekonstruktion unterzogen werden können. Nach Helfferich (2011) bietet sich das Interview als Methode zur Erfassung subjektiver Theorien also „[...]„*der Welt im Kopf von Menschen*“[...]“ (Helfferich, 2011, S. 29), an. Hartinger und Murmann (2018) verwenden beziehungsweise auf die Dominanz des Interviews als Erhebungsverfahren zur Erfassung von Schülervorstellung den Begriff des „Königswegs“ (vgl. Hartinger, Murmann, 2018, S. 52).

*„Um Aussagen über den Status quo zu erhalten, also Informationen darüber zu gewinnen, welche Vorstellungen Lernende zu verschiedenen (unterrichtsrelevanten) Inhalten bzw. Themen zu einem bestimmten Zeitpunkt haben, eignen sich Interviews gut, da man davon ausgeht, dass die in Interviews gewonnenen Daten „unverzerrt-authentisch sind, intersubjektiv nachvollzogen und beliebig reproduziert werden können.“ (Lamnek, 2005, S. 329)“ (Hartinger, Murmann, 2018, S. 53).*

Nachdem also feststeht, dass das Interview als Erhebungsverfahren geeignet ist, muss sich noch mit Abgrenzungskriterien hinsichtlich der Auswahl einer Interviewvariante auseinandergesetzt werden. Auch hier liegt die Orientierung am Forschungsinteresse und die „[...] *Erhebung von subjektiven Konzepten, subjektiven Theorien, Deutungsmustern, Orientierungen, Positionierungen* verträgt eine gewisse Strukturierung z.B. in Form eines Leitfadens für die Interviewdurchführung.“ (Helfferich, 2011, S. 38). Hierbei ist jedoch besonders im Hinblick auf die Rekonstruktion von subjektiven Theorien und Alltagswissen eine größtmögliche Offenheit zu gewährleisten (vgl. Helfferich, 2011, S. 179; Fendt, 2019, S. 63).

Ein weiterer Vorteil des bei halbstrukturierten Interviews eingesetzten Leitfadens liegt darin, dass von diesem spontan abgewichen werden kann, um einzelne Aspekte zu vertiefen, was im Gegensatz dazu bei einem vollstrukturierten Interview beispielsweise nicht möglich wäre (vgl. Döring, Bortz, 2016, S. 372). Der Erzählfluss wird bei einem leitfadengestützten Interview vom Interviewer geleitet. Dies hat im Gegensatz zum narrativen Interview, bei dem der Erzählfluss bei dem Interviewten liegt, den Vorteil, dass vom Interviewer eingegriffen werden kann, um in Bezug auf das Forschungsinteresse zielführende Informationen zu erlangen (vgl. Helfferich, 2011, S. 179). Nach umfassender Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Erhebungsverfahren und deren Vor- und Nachteilen, wird der Entschluss entsprechend der hervorgebrachten Argumente in Relation auf das hier vorliegende Forschungsvorhaben auf ein leitfadengestütztes Interview gefasst. Damit zusammenhängend wird sich im nächsten Schritt mit der Konstruktion des Leitfadens befasst. Hierzu werden zunächst grundlegende Anforderungen an einen Leitfaden definiert, auf deren Grundlage im Anschluss eine Konstruktion erfolgen kann.

Helfferich (2011) formuliert insgesamt sechs übergeordnete Anforderungen an einen Leitfaden (vgl. Helfferich, 2011, S. 180). Demnach muss ein Leitfaden den Grundprinzipien des qualitativen Paradigmas gerecht werden und Offenheit gewähren (vgl. ebd.). Als weitere Anforderung wird hier formuliert, dass ein Leitfaden nicht zu viele Fragen enthalten soll, damit genug Zeit für offene Äußerungen und aufrechterhaltene Darstellungen bleibt (vgl. ebd.). Als Maß für die Fragenanzahl werden in der Regel zwischen acht und 15 Fragen angenommen, wobei diese in Haupt- und Differenzierungsfragen unterteilt sein können (vgl. Döring, Bortz, 2016, S. 372).

Eine weitere Anforderung bezieht sich auf die formale Struktur und die Handhabung des Leitfadens (vgl. Helfferich, 2011, S. 180). Diesbezüglich ist darauf zu achten, dass sowohl Übersichtlichkeit als auch eine einfache Handhabung gewährleistet werden, damit potentielle Distraktoren ausgemerzt werden und der Fokus auf der Interviewsituation bleibt (vgl. ebd.). Beim Aufbau des Leitfadens ist zudem darauf zu achten, dass ein natürlicher Argumentationsfluss unter Vermeidung abrupter Themenwechsel vorherrscht und Fragen, bei denen lange Antworten erwünscht sind am Anfang und jene die keine längeren Aussagen erfordern am Ende stehen (vgl. ebd.).

Weiterhin ist als Anforderung an den Interviewenden selbst aufgeführt, dass die Fragen nicht abgelesen werden und der Leitfaden bei Unsicherheit hinsichtlich der Vollständigkeit erst am Ende des Interviews herangezogen werden soll (vgl. Helfferich, 2011, S. 180). Die letzte übergeordnete Anforderung hängt unmittelbar mit der ungewünschten Überfrachtung durch zu viele Interviewfragen zusammen und bezieht sich darauf, dass Vertiefungen zugelassen werden sollen, auch wenn sie über den Rahmen des zuvor definierten Leitfadens hinausgehen (vgl. ebd.). Bezugnehmend auf die Konstruktion des Leitfadens hat sich zur Einhaltung der Offenheit bei gleichzeitiger Struktur des Leitfadens das sogenannte „SPSS bei der Leitfadenerstellung“ bewährt (vgl. ebd., S. 182). Jeder Buchstabe in „SPSS“ repräsentiert hierbei einen Schritt zur Erstellung des Leitfadens (vgl. ebd., S. 182 ff.):

- 1. Schritt: „S“ wie das Sammeln von Fragen
- 2. Schritt: „P“ wie Prüfen: Durcharbeiten der Liste unter Aspekten des Vorwissens und der Offenheit
- 3. Schritt: „S“ wie Sortieren
- 4. Schritt: „S“ wie Subsumieren (vgl. ebd.).

Die Vorgehensweise soll in Bezug auf diese Untersuchung adaptiert werden, weshalb die einzelnen Schritte im Folgenden kurz erläutert werden.

### *1. Schritt: Sammeln von Fragen*

Hierunter ist eine Art Brainstorming zu verstehen, bei welchem zunächst alle im Interesse des Forschungsgegenstandes stehenden Fragen gesammelt werden (vgl. ebd., S. 182).

## 2. Schritt: Prüfen: Durcharbeiten der Liste unter Aspekten des Vorwissens und der Offenheit

Hierbei handelt es sich um eine detaillierte Auseinandersetzung mit den in „Schritt eins“ gesammelten Fragen. Diese werden gemäß fünf übergeordneter Prüffragen reduziert und sortiert (vgl. Helfferich, 2011, S. 182). Die erste Prüffrage fokussiert sich hierbei auf die Eliminierung von Faktenfragen, welche aus Gründen der Forschungsökonomie vom Interview abgekoppelt werden sollten (vgl. ebd.).

Die zweite Prüffrage setzt sich mit der Passung zwischen Fragestellungen und Forschungsziel auseinander. Hier wird insbesondere darauf geachtet, dass die Fragen für die Erlangung offener Antworten geeignet sind (vgl. ebd., S. 183). In der dritten Prüffrage wird untersucht, inwiefern einzelne Fragen darauf abzielen, bereits bekanntes (z.B. aus bereits vorliegenden empirischen Befunden) Vorwissen abzufragen (vgl. ebd.). Diese Fragen sollten möglichst eliminiert oder zumindest neu definiert werden (vgl. ebd.). Die vierte Prüffrage setzt sich mit dem richtungsweisenden Charakter der Fragen auseinander. Hier sollen gerichtete Fragen vermieden werden, sodass das Grundprinzip der Offenheit bestehen bleibt und Antworten unabhängig von Vorabannahmen des Interviewers auftauchen können (vgl. ebd.). Die letzte Prüffrage setzt sich mit dem Abstraktionsgrad der Fragen auseinander. Fragen, die auf die allgemeine Beantwortung des Forschungsinteresses abzielen sollen hier vermieden werden (vgl. ebd., S. 183f.).

Die einzelnen Prüffragen wurden auch für die in dieser Forschung im Zuge eines Brainstormings aufgestellte Fragesammlung beantwortet (siehe Anhang 8.1). Diese wurden gemäß Schritt drei im „SPSS“ sortiert, um Fragenbündel zu erstellen. Das Vorgehen wird nachfolgend nahegelegt.

## 3. Schritt: Sortieren

Die in Schritt zwei geprüften Fragen werden im dritten Schritt des „SPSS“ sortiert, wobei je nach Forschungsziel entweder nach zeitlicher Abfolge oder nach inhaltlichen Aspekten sortiert werden kann (vgl. ebd., S. 185). Unabhängig von dieser Sortierung entstehen nach Durchführung dieses Schritts zwischen einem und vier Fragenbündel (vgl. ebd.). Dieser Schritt ist auch für dieses Vorhaben erfolgt, wobei hier nicht nach zeitlicher Abfolge, sondern nach inhaltlicher Logik kategorisiert wurde (siehe Anhang 8.1).

#### 4. Schritt: Subsumieren

Die im dritten Schritt des „SPSS“ entstandenen Fragenbündel werden hier passenden Erzählaufforderungen untergeordnet. Es ist hierbei darauf zu achten, dass die in den Erzählaufforderungen gesetzten Impulse dahingehend geeignet sind, dass eine möglichst umfassende Erzählung im Sinne des Forschungsziels erfolgt (vgl. Helfferich, 2011, S. 185).

Schließlich werden diese Erzählaufforderungen samt subsumierter Fragebündel respektive Stichpunkte für Nachfragen in eine tabellarische Form gebracht, mit der der Leitfaden seine endgültige Struktur erhält (vgl. Helfferich, 2011, S. 185). Mit dem tabellarischen Aufbau ist zugleich als auch das Forschungsinstrument gegeben, welches sich abgeleitet aus Schritt vier wie folgt aufbaut (vgl. ebd., S. 185 f.). Die in Spalte eins enthaltenen Erzählaufforderungen (siehe Tabelle 2) sind keine direkten Fragen, sondern Stimuli, welche insbesondere am Anfang von Interviews dazu eingesetzt werden, zum Erzählen aufzufordern (vgl. ebd., S. 102 f.). Die in Spalte vier aufgeführten Aufrechterhaltungsfragen können einerseits dazu genutzt werden, in der erzählten Situation zu verweilen (beispielsweise durch Formulierungen wie *„Erzählen sie doch noch ein bisschen mehr darüber.“*) oder, um die Erzählung voranzutreiben, beispielsweise durch Aufforderungen wie *„Und dann?“* (vgl. ebd., S. 104). Ebenfalls in Spalte vier enthalten sind die sogenannten Steuerungsfragen, welche einerseits dazu dienen, das Interviewtempo zu regulieren, andererseits aber auch zur Aufforderung der ausführlicheren Beschreibung bereits benannter Aspekte genutzt werden können (vgl. ebd., S. 104 f.). Typische Formulierungen sind hier beispielsweise gegeben durch Fragen wie *„Können Sie ein Beispiel nennen?“* oder *„Können Sie... noch ein wenig ausführlicher beschreiben?“* (vgl. ebd., S. 105).

Letztlich ist noch zwischen den Ausführungen der in der dritten Spalte gestellten Fragen zu differenzieren (vgl. ebd., S. 181). Die Leitfaden-Fragen können hierbei einerseits nach ihrem Rang differenziert werden, wobei den höchsten Rang solche Fragen haben, die öffnend und erzählgenerierend sind (vgl. ebd.). Weiterhin können aus den Fragen auch Stichworte abgeleitet werden, welche in der Interviewsituation angepasst werden (vgl. ebd.). Als drittes Faktum wird zur Fragendifferenzierung der Grad der Verbindlichkeit aufgeführt, nach dem Fragen respektive Stichworte durch ergänzende Hinweise für den Interviewenden selbst versehen werden können (vgl. ebd.).

Der letzte Punkt zur Fragendifferenzierung befasst sich mit der inhaltlichen Steuerung, nach welchem auch die zuvor bereits erläuterten Aufrechterhaltungsfragen und Stimuli Berücksichtigung finden sollen (vgl. ebd.).

Tabelle 2: Tabellarischer Aufbau des Interviewleitfadens in Anlehnung an Helfferich, 2011, S. 185f.

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4
Die erste Spalte enthält die aus den in Schritt 3 des „SPSS“ erstellten Fragebündeln abgeleiteten Erzählaufforderungen .	Diese Spalte dient zur Überprüfung (Checkliste) der aus den Fragebündeln abgeleiteten Stichpunkte. Sollten die hier aufgeführten Aspekte nicht aus dem Erzählfluss resultieren, so können diese aufgegriffen werden.	Die dritte Spalte enthält obligatorische, konkrete Fragestellungen . Diese sollten jedem Interviewten in gleicher Form gestellt werden.	Hier sind Vorschläge für Aufrechterhaltungsfragen zu verorten. Sollte die Interviewte Person die Erzählpassagen relativ kurzhalten, so kann durch diese zum Weitererzählen motiviert werden. Außerdem können hier Steuerungsfragen zum vorantreiben des Erzählflusses angebracht werden.

Die mit dem „SPSS“ beschriebene Vorgehensweise wurde auf dieses Forschungsvorhaben adaptiert (siehe Anhang 8.1) und der tabellarische Leitfaden ist im Anhang einzusehen (siehe Anhang 8.2). Der Fokus soll im weiteren Verlauf den aus Schritt drei abgeleiteten Fragenbündeln und deren Relevanz im Kontext der Untersuchung liegen.

Der erste Teil des Leitfadens beinhaltet Aspekte hinsichtlich des grundlegenden Verständnisses in Bezug auf Roboter. Konkret geht es darum, dass zunächst Assoziationen mit dem Begriff „Roboter“ aufgeführt werden. Die damit zusammenhängende Leitfrage lautet:

*„Würdest du mir bitte erzählen, was dir alles einfällt, wenn du an Roboter denkst?“*

Mit diesem Teil soll außerdem herausgefunden werden, welche Roboter bei den Schülerinnen und Schülern präsent sind und wo sie diese gesehen haben. Es soll darum gehen, herauszufinden, ob die Schülerinnen und Schüler selber auch schon Erfahrungen mit Robotern gemacht haben. Der Interviewabschnitt soll außerdem dazu dienen, zu ergründen, welche Einsatzbereiche die Schülerinnen und Schüler den Robotern zusprechen und wie stark sie zwischen Realität und Fiktion abgrenzen können. Zudem soll der Fokus hier darauf liegen, inwiefern die Schülerinnen und Schüler Roboter in Bezug auf andere Maschinen abgrenzen.

Der zweite Teil des Leitfadens befasst sich mit den von den Schülerinnen und Schülern erfolgenden Fähigkeitzuschreibungen in Bezug auf die Roboter die sie kennen.

*„Würdest du mir beschreiben, was die Roboter, die du kennst (hier wird Bezug auf die in Teil I genannten Roboter genommen), können?“*

Hierbei wird im Interview spontan auf die von den Schülerinnen und Schülern genannten Roboter eingegangen. Außerdem wird durch konkrete Formulierungen erfragt, inwiefern bestimmte Funktionen in den Augen der Schülerinnen und Schüler umgesetzt respektive möglich werden. Eine Nachfrage befasst sich hier mit der Umsetzung von Bewegungen bei Robotern, während eine weitere Frage sich mit dem „Wahrnehmungsprozess“ der Umgebung auseinandersetzt. Zudem soll es hier darum gehen, Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf industrielle Roboter und deren Einsatz zu ergründen. In einer weiteren Frage geht es darum, dass die Schülerinnen und Schüler sich hinsichtlich der Umsetzung lernfähiger Roboter äußern.

Im letzten Teil des Interviews soll es darum gehen, herauszufinden, wie die Schülerinnen und Schüler sich die Kommunikation zwischen Menschen und Roboter vorstellen. Vordergründig ist hier die Programmierung von Robotern.

Es soll darum gehen, wie sich die Schülerinnen und Schüler den Ablauf der Programmierung eines Roboters vorstellen und was sie für Vorstellungen über Programmierungsbestandteile haben.

*„Würdest du mir beschreiben, wie man einem Roboter klar machen kann, was er tun soll?“*

### **5.2.2 Durchführung**

Die Interviews fanden verteilt auf drei Tage an unterschiedlichen Orten statt. Die Orte wurden hierbei während der Rekrutierung der Probanden mit diesen respektive ihren Erziehungsberechtigten abgesprochen. Darüber hinaus wurde auch über Art und Zeitpunkt des Interviews informiert und auf die Einhaltung der im Zusammenhang zur Covid-19 Pandemie stehenden Hygienevorschriften hingewiesen. Vor der eigentlichen Durchführung wurden ein Pretest durchgeführt, um den Interviewleitfaden hinsichtlich des Aspektes der Verständlichkeit zu überprüfen. Die Interviews selbst können auf verschiedene Art und Weise durchgeführt werden. Es bieten sich hierbei Möglichkeiten wie das persönliche Face-to-Face-Interview aber auch online respektive telefonische Interviews an (vgl. Döring, Bortz, 2016, S. 357). Im Zuge dieser Untersuchung wurde sich für Face-to-Face-Einzelinterviews entschieden, da diese für eine persönliche Atmosphäre sorgen und Befragungspersonen individuell angesprochen und auf ihre Antworten eingegangen werden kann (vgl. ebd.).

Mit den insgesamt 13 Probanden wurden auf dieser Grundlage Face-to-Face-Interviews durchgeführt, welche entweder bei den Schülerinnen Schülern zuhause oder beim Interviewenden selbst durchgeführt wurden. Dies hing sowohl mit der Einwilligung der Erziehungsberechtigten als auch mit den Präferenzen der Schülerinnen und Schüler selbst zusammen. Die Durchführung erfolgte wie eingangs bereits erwähnt an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Uhrzeiten, die während der Rekrutierung mit den Erziehungsberechtigten abgestimmt wurden. Die Erziehungsberechtigten wurden mittels eines Schreibens im Voraus über das Forschungsvorhaben informiert (siehe Anhang 8.3). Im Zuge dieses Schreibens wurde auch über die Form der Erhebung informiert und das Einverständnis der Eltern im Hinblick auf die Tonaufnahme und dessen Verarbeitung eingeholt.

Außerdem wurden Kontaktdaten hinterlegt, sodass die Schülerinnen und Schüler oder die Erziehungsberechtigten die Möglichkeit zur Kontaktaufnahme für Rückfragen oder ähnliches haben (vgl. Helfferich, 2011, S. 177 f.). Bevor mit dem Interview gestartet wurde, wurde ein Warm-Up-Gespräch (Smalltalk) geführt, um eine entspannte Atmosphäre zu schaffen (vgl. Döring, Bortz, S. 366). Außerdem wurde eine Testaufnahme mit dem eingesetzten Diktiergerät durchgeführt, um dieses auf Funktion und Qualität der Aufnahme zu prüfen. Es wurde bei den Interviews darauf geachtet, dass eine angenehme Nähe-Distanz-Regulation vorherrscht, indem Stühle in angemessenem Abstand gegenüber voneinander positioniert wurden (vgl. ebd.). Nachdem weitere Vorbereitungen wie beispielsweise das Schließen offener Fenster für die Vermeidung von verzerrten Audioaufnahmen, getroffen wurden, konnte mit dem Interview gestartet werden. Hierzu wurde der Leitfaden in ausgedruckter Form mitgebracht, sodass alle notwendigen Informationen erhalten werden können. Neben dem Leitfaden muss bei Interviews aber auch damit gerechnet werden, dass spontane, aus dem Gespräch resultierende Fragen gestellt werden müssen (vgl. ebd., S. 366). Dies hängt einerseits mit der Heterogenität der Stichprobe, aber auch mit den Aussagen der Befragten zusammen. Nach Ende des Interviewleitfadens wurde das Diktiergerät nicht unmittelbar ausgeschaltet, da insbesondere hier wichtige Informationen seitens der Probanden kommen könnten (vgl. ebd.). Aus diesem Grund wird zum Schluss noch Raum für weitere Anregungen gegeben. Nach der Verabschiedung wurde noch ein Postskriptum mit Gesprächsnotizen angefertigt, welches in der Auseinandersetzung mit den Gütekriterien zur Validitätsbeurteilung beiträgt (vgl. ebd., S. 367).

### **5.2.3 Transkription**

Nach der Durchführung der Interviews mussten die Audiodateien transkribiert werden, was im Zuge dieser Arbeit unter Zuhilfenahme der Software „f4 transcript“ geschah. Dieser Schritt ist zur Vorbereitung der qualitativen Inhaltsanalyse substantiell, da die Inhaltsanalyse allgemein, spezifisch aber die in Kapitel 5.2.4 gewählte Analysetechnik, mit Textmaterial als Grundlage arbeitet (vgl. Mayring, 2015, S. 55). Die Verwendung der Transkriptionssoftware bringt den Vorteil mit sich, dass einschlägige Transkriptionsregeln bereits in dieser implementiert sind und über Tastenkombinationen in das Transkript übertragen werden können.

Ein weiterer Vorteil des Programmes ist, dass automatisch Zeitmarken gesetzt werden, die im Anschluss auch in weiterführenden Auswertungssoftwares, wie die hier verwendete QDA-Software MAXQDA übertragen werden. Die Übernahme der Zeitmarken in die Auswertungssoftware ermöglicht es, die zugehörigen Audiodateien einzubinden und Stellen zur Vertiefung noch einmal zu wiederholen. Auch sind Funktionen wie der automatische Sprecherwechsel und das Fuß-Pedal zur Pausierung der Aufnahme im Transkriptionsprozess von Vorteil. Bei der Transkription der hier vorliegenden Interviews handelt es sich um inhaltlich-semantische Transkripte, welche gemäß den Transkriptionsregeln nach Dresing und Pehl verschriftlicht wurden (vgl. Dresing, Pehl, 2011, S. 20ff). Die Transkription beginnt direkt bei der ersten forschungsrelevanten Erzählaufforderung. Das davor durchgeführte Warm-Up ist für die Zielstellung dieser Arbeit nicht von Bedeutung und wurde entsprechend in der Transkription ausgelassen. Die einzelnen Notationen und Regeln sollen hier aus platzökonomischen Gründen nicht aufgeführt werden, zumal sie in standardisierter Form durch die Software vorgegeben sind. Die Transkripte sind angehängt (siehe Anhang 8.3).

#### **5.2.4 Auswertung**

Dieses Kapitel der Arbeit befasst sich mit der Auswertung der durch die Interviews gewonnenen Daten. Wie in Kapitel 5.1 bereits dargestellt, liegt der Fokus des qualitativen Forschungszweiges nicht wie etwa beim quantitativen Paradigma auf der Explanation, sondern auf dem Verstehen der Untersuchungsobjekte. Mit diesem Kriterium zusammenhängend ist auch eine auf die Hermeneutik zurückzuführende Reflexivität bei der Betrachtung der Daten notwendig (vgl. Kuckartz, 2018, S. 26). Ermöglicht wird dies in Bezug auf die hier vorliegenden Interviewdaten mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse.

*„Demgegenüber stellt die qualitative Inhaltsanalyse eine interpretative Form der Auswertung dar, hier werden Codierungen aufgrund von Interpretation, Klassifikation und Bewertung vorgenommen; die Textauswertung und -codierung ist hier also an eine menschliche Verstehens- und Interpretationsleistung geknüpft.“* (Kuckartz, 2018, S. 27).

Die qualitative Inhaltsanalyse zeichnet sich hierbei durch eine systematische, regelgeleitete und nachvollziehbare Vorgehensweise aus, was eine intersubjektive Überprüfbarkeit ermöglicht (vgl. Mayring, 2015, S. 51).

Diese intersubjektive Überprüfbarkeit wird bei qualitativen Inhaltsanalysen insbesondere durch die vorherige Festlegung eines Analyseablaufmodells, in welchem einzelne Analyseschritte aufgeführt sind, bestärkt (vgl. Mayring, 2015, S. 61). Für die qualitative Inhaltsanalyse wurde in dieser Arbeit deshalb nach dem Modell der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) vorgegangen (siehe Abbildung 15).



Abbildung 15: Ablaufmodell der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz. Quelle: Kuckartz, 2018, S. 100).

Die Auswertung wurde hierbei mithilfe der Software MAXQDA2020 durchgeführt. Nach dem Ablaufmodell der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse kann zur Kategorienbildung sowohl vollständig induktiv als auch rein deduktiv vorgegangen werden, allerdings taucht diese einseitige Kategorienbildung nur selten auf und es wird Gebrauch von sogenannten Mischformen gemacht (vgl. Kuckartz, 2018, S. 97). Auch in dieser Arbeit erfolgt die Bildung der Kategorien zweigleisig, nämlich auf deduktiv-induktivem Wege. Es findet eine mehrstufige Kategorienbildung statt, bei der zunächst deduktive Hauptkategorien gebildet werden, die aus dem eingesetzten Leitfaden resultieren (vgl. ebd.).

Anschließend erfolgt eine induktive Kategorienbildung am Material selbst und das Kategoriensystem wird in Form von induktiv gebildeten Subkategorien weiter ausdifferenziert (vgl. Kuckartz, 2018, S. 97). Der mehrstufige Codier- und Analyseprozess wird nach dem Ablaufmodell (siehe Abbildung 15) in mehrere Phasen gegliedert (vgl. ebd., S. 101 ff.). Bevor diese Gliederung näher dargelegt wird, müssen noch einige Begriffsbestimmungen erfolgen, die im Kontext der Inhaltsanalyse von Bedeutung sind.

Zuvor war beispielsweise bereits die Rede von sogenannten „Kategorien“. Der Begriff „Kategorie“ entstammt aus dem Griechischen und wird in verschiedensten Kontexten verwendet, hat allerdings nicht immer dieselbe Bedeutung (vgl. ebd., S. 32 ff.). Vordergründig im Zusammenhang zu der qualitativen Inhaltsanalyse ist hierbei die Sichtweise der empirischen Forschung hinsichtlich des Kategorie-Begriffes. Kategorien werden im Zusammenhang zur qualitativen Inhaltsanalyse als komplexe Begriffe angesehen, welche erst dann zu einer Kategorie werden, wenn diese als solche definiert werden (vgl. ebd., S. 37). Weiterhin zeichnet sich eine Kategorie durch die folgenden drei Aspekte aus:

- *„eine prägnante Bezeichnung, die im Idealfall bereits Rückschlüsse auf deren Inhalt ermöglicht*
- *eine Beschreibung des Inhalts durch Angabe einer Indikatorenliste, in der alle Merkmale (Indikatoren) aufgelistet sind, die eine Textstelle aufweisen muss, um dieser Kategorie zugewiesen werden zu können*
- *eine Angabe konkreter Textbeispiele aus Interviewtranskripten, die die Zuweisung zu einer Textstelle nachvollziehbar machen“* (Kaufmann, 2021, S. 122).

Die Summe aller definierten Kategorien ergibt schließlich das Kategoriensystem, welches hierarchisch aufgebaut ist und neben sogenannten Hauptkategorien auch untergeordnete Subkategorien aufweist (vgl. Kuckartz, 2018, S. 38). Häufig werden die Begriffe Kategorie und Code synonym verwendet und es gibt keine standardisierte Verwendung, was Kuckartz als Problem sieht, da der Begriff des Codes seinen Ursprung im quantitativen Paradigma hat (vgl. ebd., S. 35 f.).

Allerdings zeigt sich im Zusammenhang zu dieser Forschungsarbeit, dass auf eine synonyme Verwendung kaum verzichtet werden kann, da allein schon die Auswertungssoftware von dem Begriff „Codesystem“ statt „Kategoriensystem“ Gebrauch macht und auch einzelne Kategorien als Codes bezeichnet werden.

Die Grundlage für die Kategorienbildung sind die Interviewtranskripte, welche in der qualitativen Inhaltsanalyse mit dem Begriff der Auswahleinheiten gleichgesetzt werden. Die Auswahleinheit ist also das Material, welches für die Inhaltsanalyse herangezogen wird. Im Rahmen dieser Arbeit werden alle 14 Interviewtranskripte als Auswahleinheiten betrachtet. Gleichzeitig sind diese Auswahleinheiten auch als Analyseeinheiten zu betrachten. *„Analyseeinheiten sind immer Teil einer Auswahleinheit, sie gehen nie über eine Auswahleinheit hinaus, häufig fallen sie mit ihr in eins, das ist beispielsweise beim Transkript eines qualitativen Interviews der Fall [...]“* (Kuckartz, 2018, S. 30 f.). Bei der Analyseeinheit geht es also um den Einbezug von Datenmaterial in die Inhaltsanalyse (vgl. Kuckartz, 2018, S. 30). Die Ausdifferenzierung der Analyseeinheiten ist dann wichtig, wenn einzelne Untersuchungsgegenstände in inhaltlich verschiedene Themen aufgeteilt werden können, die unterschiedlich innerhalb der Auswertung berücksichtigt werden (vgl. Kaufmann, 2021, S. 122). Die Interviewtranskripte der hier vorliegenden Untersuchung sind im Hinblick auf die übergeordnete Fragestellung dieser Arbeit als eine geschlossene Analyseeinheit zu betrachten, da es darum gehen soll, die Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter zu ergründen.

Ein weiterer wichtiger Begriff, der im Laufe der Auswertung von Bedeutung sein wird, ist mit der sogenannten „Codiereinheit“ gegeben. Codiereinheiten sind Textstellen, die mit einer bestimmten Kategorie in Verbindung stehen (vgl. Kuckartz, 2018, S. 41). Hierbei können Textstellen einerseits Kategorien zugeordnet werden, andererseits aber auch zu der Bildung neuer Kategorien führen (vgl. ebd.). Die Auswertung der Daten ist an das Ablaufmodell von Kuckartz gebunden, weshalb im Rahmen der hier vorliegenden Auswertung die von Kuckartz priorisierte Bezeichnung des „codierten Segmentes“ anstelle der Codiereinheit verwendet wird (vgl. ebd., S. 41 f.). Für die inhaltlich-strukturierende Inhaltsanalyse legt Kuckartz folgende Codierregeln fest.

1. *„Es werden in der Regel Sinneinheiten codiert, jedoch mindestens ein vollständiger Satz.*
2. *Wenn die Sinneinheit mehrere Sätze oder Absätze umfasst, werden diese codiert.*
3. *Sofern die einleitende (oder zwischengeschobene) Interviewer-Frage zum Verständnis erforderlich ist, wird diese ebenfalls mitcodiert.*
4. *Beim Zuordnen der Kategorien gilt es, ein gutes Maß zu finden, wie viel Text um die relevante Information herum mitcodiert wird. Wichtiges Kriterium ist, dass die Textstelle ohne den sie umgebenden Text für sich allein ausreichend verständlich ist.“ (Kuckartz, 2018, S. 104).*

Nun, da die wesentlichen Grundbegriffe, die im Verlauf der Darstellung der Analyse auftreten werden, geschildert wurden, kann sich mit den einzelnen Phasen des Ablaufmodells (siehe Abbildung 15) auseinandergesetzt werden.

#### Phase 1: Initiierende Textarbeit, Markieren wichtiger Textstellen und Schreiben von Memos:

Diese Phase ist die die Inhaltsanalyse einleitende Phase, in der sich das Datenmaterial zunächst sorgfältig durchgelesen und wichtige Stellen markiert werden (vgl. ebd., S. 101). Zu diesen markierten Passagen können Memos erstellt werden, in denen Besonderheiten oder bereits erste Auswertungsideen festgehalten werden (vgl. ebd.). Man verschafft sich demnach einen ersten Überblick über das Material, was auch im Zuge dieser Arbeit mit den Auswahleinheiten stattgefunden hat. Die initiierende Textarbeit wurde hierbei bereits mit MAXQDA realisiert, da hier die Möglichkeit geboten ist, Textstellen farblich zu markieren und einzelne Memos zu verfassen. Entsprechend der forschungsleitenden Fragen wurden hier jene Stellen markiert, die Schüleraussagen in Bezug auf einzelne Robotereigenschaften enthalten.

#### Phase 2: Entwickeln von thematischen Hauptkategorien:

In dieser Phase geht es um die konkrete Bildung von inhaltlichen Hauptkategorien (vgl. ebd., S. 101 f.). Die Hauptkategorien bilden sich wie eingangs bereits dargestellt aus den bei der Erhebung leitenden Fragen (vgl. ebd.).

Die ersten Hauptkategorien, die sich ergeben, stehen in einem direkten Zusammenhang zu der in Kapitel 2.1 durchgeführten Begriffsbestimmung in Bezug auf Roboter. Basierend auf verschiedenen Definitionen von Robotern wurde in Ergänzung durch die Minimalanforderung an ein klassisches Robotersystem nach Haun (2013) eine Arbeitsdefinition für Roboter abgeleitet. In der VDI-Richtlinie 2860 ist niedergeschrieben, dass ein Roboter frei und wieder programmierbar sein sollte und zudem über mindestens drei unabhängige Achsen verfügen muss (vgl. Grundwald, Hillerbrand, 2021, S. 393). Zusätzlich zu diesen Kriterien steht die Multifunktionalität bei Robotern im Mittelpunkt (vgl. ebd.). Siciliano und Khatib (2016) fügen der Definition eines Roboters in ihrem Handbuch der Robotik zwei grundlegende Zweckursachen hinzu. Demnach ist ein Roboter als ein System anzusehen, das einerseits dazu in der Lage sein kann, sich zu bewegen (Lokomotion) und andererseits zu bestimmten Handhabungszwecken eingesetzt werden kann, wobei beide Zwecke sich nicht gegenseitig ausschließen (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 2). Solche einzelnen Aspekte wurden aus den verschiedenen Definitionen extrahiert, sodass diese sich gegenseitig ergänzend dazu genutzt werden konnten, eine Arbeitsdefinition herzuleiten (siehe Kapitel 2.1). Es ist allerdings ziemlich frühzeitig deutlich geworden, dass es keinen Konsens bezüglich der Definition eines Roboters gibt. Damit Roboter im weiten Sinne definiert werden können, ist es erforderlich, diese generationsbezogen zu analysieren und einzelne Klassifizierungen abzugrenzen.

Aus diesem Grund wurde die Entscheidung getroffen, ergänzend zu den Definitionen aus der klassischen Robotik, ausgewählte Robotersysteme, die im Kontext der forschungsleitenden Frage von besonderer Bedeutung sind, theoretisch zu beschreiben. Vor dem Hintergrund, dass diese Arbeit aus dem Kontext des von der Landesinitiative n-21 initiierten Projekts „Robonatives“ motiviert wurde, standen zunächst Industrieroboter im Vordergrund. Auch Industrieroboter sind frei programmierbar und universell einsetzbar, wobei diese eben – wie die Bezeichnung bereits suggeriert – für industrielle Zwecke eingesetzt werden (vgl. Mareczek, 2020, S. 8). Neben diesen Industrierobotern, spielen humanoide Roboter im Hinblick auf Schülervorstellungen eine große Rolle. Die Auseinandersetzung mit den empirischen Befunden zu Robotern hat gezeigt, dass die große Mehrheit der Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff „Roboter“ eher humanoide Roboter assoziieren (vgl. Nepper et al., 2021, S. 72 f.).

Schlussendlich lassen sich die Aussagen der Schülerinnen und Schüler allerdings nicht durch theoretische Vorarbeit prognostizieren, da wie in Kapitel 2.4 auch Einflussfaktoren wie Filme und Videospiele zur Begriffsbildung der Schülerinnen und Schüler beitragen können. Aus diesem Grund wird die erste Hauptkategorie bezeichnet als „Allgemeine Vorstellungen zu Robotern“. Hierunter werden demnach alle Aussagen gefasst, in der Schülerinnen und Schüler Eigenschaften eines Roboters im weiten Sinne beschreiben. Wird explizit auf einzelne Roboterarten eingegangen, so greift wiederum die zweite Hauptkategorie „Roboterarten“. Stellvertretend für Aussagen über Roboter in Filmen und Videospiele steht die dritte Hauptkategorie. Wie sich in der theoretischen Auseinandersetzung mit den einzelnen Roboterarten herausgestellt hat, reichen die Einsatzgebiete von Robotern von industriellen Anwendungen bis hin zu dem Einsatz von Servicerobotern wie zum Beispiel Spot, welcher zur Erinnerung an die Einhaltung der Coronamaßnahmen eingesetzt wurde (vgl. Afflerbach, 2021, S. 7). Dementsprechend gibt es eine weitere Hauptkategorie, in der alle Aussagen über Einsatzbereiche von Robotern gefasst werden.

Während es in den ersten Hauptkategorien darum ging, was sich Schülerinnen und Schüler allgemein unter einem Roboter vorstellen, beinhalten die folgenden thematischen Hauptkategorien alle Aussagen, die in Bezug auf Fähigkeitszuschreibungen der Roboter getätigt wurden. Zunächst werden in der Hauptkategorie „Fähigkeiten von Robotern“ alle Aussagen codiert, die Fähigkeitszuschreibungen in Bezug auf Roboter beinhalten. Insbesondere dann, wenn Roboter in einer Umgebung mit variierenden Grundbedingungen agieren sollen, kommen diese an ihre Grenzen. Angefangen bei den Fähigkeiten der Anpassung in der virtuellen Welt, die häufig daran scheitert, dass ganze neuronale Netze und Lernalgorithmen zur Datenverarbeitung angepasst werden müssen, über Probleme bei der Umsetzung von Bewegungsabläufen in der realen Welt aufgrund verschiedener Grenzen in Bezug auf Echtzeitanforderungen, bis hin zu den Grenzen die Robotern gesetzt sind, wenn es um soziale Fähigkeiten geht, das Spannungsgefüge zwischen Science-Fiction und Realität ist groß, betrachtet man beispielsweise die Darstellungen von Robotern in Filmen (vgl. Steil, 2019, S. 20 ff.; Ruge, 2015, S. 88 ff.). Aus diesem Kontext resultieren die folgenden Hauptkategorien. Eine Hauptkategorie bezieht sich hierbei speziell auf Aussagen zu Fortbewegungsmöglichkeiten von Robotern und umfasst alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Bewegungsmöglichkeiten der Roboter.

Eine weitere Kategorie beinhaltet alle Aussagen in Bezug auf die Wahrnehmung der Umgebung durch die Roboter. Die nächste Hauptkategorie bezieht sich auf die Lernfähigkeit von Robotern und beinhaltet alle Aussagen bezüglich der Lernfähigkeit von Robotern.

Zuletzt ist ein weiterer wichtiger Aspekt der Robotik jener der Programmierung. Es gibt verschiedene Wege einen Roboter zu programmieren, was am Beispiel des Industrieroboters deutlich wurde (siehe Kapitel 2.2.1.2). Neben Verfahren der Offline-Programmierung, bei denen Roboter klassisch per Code in einer Programmiersprache angesprochen wird, lassen sich Roboter auch Online programmieren, wie beispielsweise über Play-Back-Verfahren (vgl. Gerke, 2015, S. 252 f.). Neben diesen eher konventionellen Verfahren gibt es in Bezug auf Serviceroboter bereits Möglichkeiten der Spracherkennung (vgl. de Florio-Hansen, 2020, S. 73f.). Alle Wege der Kommunikation hier aufzuführen ist im Kontext der Bildung dieser thematischen Hauptkategorie nicht weiter zielführend, da es schlussendlich darum geht, wie Schülerinnen und Schüler sich die Kommunikation mit Robotern vorstellen. Hierzu wird die Hauptkategorie „Kommunikation mit Robotern“ eingeführt, in der eben solche Aussagen in Bezug auf Möglichkeiten der Kommunikation aufgenommen werden. Zusammengefasst ergeben sich nach dieser auf deduktivem Wege erfolgten Kategorienbildung folgende A-priori Kategorien:

**Tabelle 3: Teil 1 der gebildeten A-priori-Hauptkategorien**

Hauptkategorie	Inhaltliche Beschreibung
Allgemeine Vorstellungen zu Robotern	Alle Aussagen, die allgemeine Eigenschaften von Robotern enthalten.
Roboterarten	Alle Aussagen, die Beschreibungen von verschiedenen Roboterarten beinhalten.
Roboter in Filmen und Spielen	Alle Aussagen, die Beschreibungen von Robotern aus Filmen oder Spielen enthalten.

**Tabelle 4: Teil 2 der gebildeten A-priori-Hauptkategorien**

Hauptkategorie	Inhaltliche Beschreibung
Einsatzbereiche	Alle Aussagen, die im Zusammenhang zu Einsatzgebieten von Robotern stehen.
Bewegungsmöglichkeiten	Alle Aussagen, die sich auf die Bewegungsumsetzung bei Robotern beziehen.
Umgebungswahrnehmung	Alle Aussagen, die im Zusammenhang zu der Roboterwahrnehmung in Bezug auf die Umgebung getätigt werden.
Lernfähigkeit von Robotern	Alle Aussagen, die die Lernfähigkeit von Robotern zum Inhalt haben.
Kommunikation mit Robotern	Alle Aussagen, die in Bezug zur Kommunikation mit Robotern stehen.

Diese deduktiv abgeleiteten A-priori-Kategorien werden am Material selbst in der Folge in induktive Subkategorien ausdifferenziert (siehe Phase 5).

Phase 3: Erster Codierprozess: Codieren des gesamten (bis zu diesem Zeitpunkt vorhandenen) Materials mit den Hauptkategorien:

In diesem ersten Codierprozess werden die Textpassagen der Interviews sequenziell bearbeitet und denen in Phase zwei erschlossenen Kategorien inhaltlich sinnstiftend zugeordnet (vgl. ebd., S. 102). Es ist hierbei zu beachten, dass einzelne Textpassagen mehrere Kategorien ansprechen können und, dass diese ineinander verschachtelt sein können, was häufig auch zu einer Mehrfachcodierung einzelner Bestandteile der Textabschnitte führen kann (vgl. ebd.). Dieser Schritt wurden in Bezug auf die in Phase zwei definierten Hauptkategorien mit MAXQDA durchgeführt.

#### Phase 4: Zusammenstellen aller mit der gleichen Kategorie codierten Textstellen

Die in Phase drei codierten Textstellen werden in Phase vier zusammengestellt (vgl. Kuckartz, 2018, S. 106). Das bedeutet, dass in diesem Schritt alle Textstellen zusammengeführt werden, die derselben Hauptkategorie angehören. Dieser Schritt wurde im Zuge dieser Untersuchung mithilfe der Analysesoftware realisiert und es wurden einzelne Codebücher generiert (siehe digitaler Anhang). Einer der großen Vorteile der Software, welcher die Arbeit innerhalb des Kategoriensystems deutlich vereinfacht hat, besteht hier in der sogenannten Segment-Suche. Hierzu hat man die Möglichkeit, die Analyseeinheiten per Mausklick gebündelt zu aktivieren und entsprechende Kategorien anzuwählen. Mit der Funktion „Liste der codierten Segmente“ lassen sich auf diese Weise alle codierten Segmente eines Codes und aller Analyseeinheiten anzeigen. Die Zusammenstellung erfolgt demnach automatisiert und es bedarf keiner aufwendigen Textzusammenstellung.

#### Phase 5: Induktives Bestimmen von Subkategorien am Material

Während sich die thematischen Hauptkategorien, wie sie in Phase zwei beschrieben wurden, noch auf bestimmte Themen fokussieren, können bei der induktiven Subkategorienbildung durchaus auch sogenannte „natürliche Kategorien“ entstehen. Bei diesen auch als „In-vivo-Codes“ bezeichneten Subkategorien handelt es sich um Begriffe, die von den Untersuchungsobjekten genutzt werden, um sich selbst und anderen Phänomene ihrer Alltagswelt zu erklären (vgl. ebd., S. 35). Nach sorgfältiger Untersuchung der Analyseeinheiten konnte das Kategoriensystem schließlich durch weitere Subkategorien ausdifferenziert werden (siehe Tabelle 5). Diese Subkategorien stellen die verschiedenen Erklärungsansätze der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die thematische Hauptkategorie dar. Das Kategoriensystem samt einzelner Ankerbeispiele und Definition der Subkategorien kann der im digitalen Anhang beigelegten Projektdatei entnommen werden.

**Tabelle 5: Ausdifferenziertes Kategoriensystem**

Hauptkategorien:	Subkategorien:
Allgemeine Vorstellungen zu Robotern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roboter sind autonom</li> <li>• Die Bewegung macht Roboter besonders</li> <li>• Roboter sind menschenähnlich</li> <li>• Reale Erfahrungen mit Robotern</li> <li>• Roboter können sprechen</li> </ul>
Roboterarten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rasenmäherroboter</li> <li>• Staubsaugerroboter</li> <li>• Industrieroboter</li> <li>• Humanoide Roboter</li> </ul>
Roboter aus Filmen und Videospielen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roboter aus Videospielen</li> <li>• Fähigkeiten der Filmroboter</li> <li>• Abgrenzung Realität vs. Fiktion</li> <li>• Humanoide Roboter aus Filmen</li> </ul>
Einsatzgebiete Roboter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medizin/Pflege</li> <li>• Service</li> <li>• Haushalt</li> <li>• Militär/Polizei</li> <li>• Industrie</li> </ul>
Bewegungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegung mit Beinen</li> <li>• Bewegung mit Rollen/Rädern</li> <li>• Bewegung durch Elektromotoren</li> <li>• Antrieb durch Verbrennung</li> </ul>
Umgebungswahrnehmung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schallwellen</li> <li>• Kameras als „Sehorgan“ der Roboter</li> <li>• Klare Raumdefinition durch das Programm</li> <li>• Scannervorstellung</li> </ul>
Lernfähigkeit von Robotern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernen durch Kommunikation</li> <li>• Lernen durch Programmierung</li> <li>• Speichern als „Dazulernen“</li> <li>• Roboter lernen wie Kinder</li> </ul>
Kommunikation mit Robotern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprachbefehle</li> <li>• Übersetzung Programmiersprache/Maschinensprache</li> <li>• Fernsteuerung</li> </ul>

Phase 6: Zweiter Codierprozess: Codieren des kompletten Materials mit den ausdifferenzierten Kategorien.

Diese Phase stellt die letzte Phase im Codierprozess dar und ist die aufwendigste aller Phasen, da hier ein zweiter Codierprozess unter Berücksichtigung der induktiv gebildeten Subkategorien stattfindet (vgl. Kuckartz, 2018, S. 110). Es werden hier alle Analyseeinheiten noch einmal herangezogen und systematisch unter Einbezug der Subkategorien codiert (vgl. ebd.). Dieser Schritt ist ebenfalls mit MAXQDA2020 erfolgt und die Codierung befindet sich im angehängten Codebuch (siehe Anhang 8.5).

Phase 7: Einfache und komplexe Analysen, Visualisierungen

Mit dem Abschluss des zweiten Codierprozesses, beginnt in dieser letzten Phase die Vorbereitung der Ergebnispräsentation und es findet die eigentliche Analyse statt (vgl. ebd., S. 117). Es können hierbei verschiedene Analysen durchgeführt werden (siehe Abbildung 16).

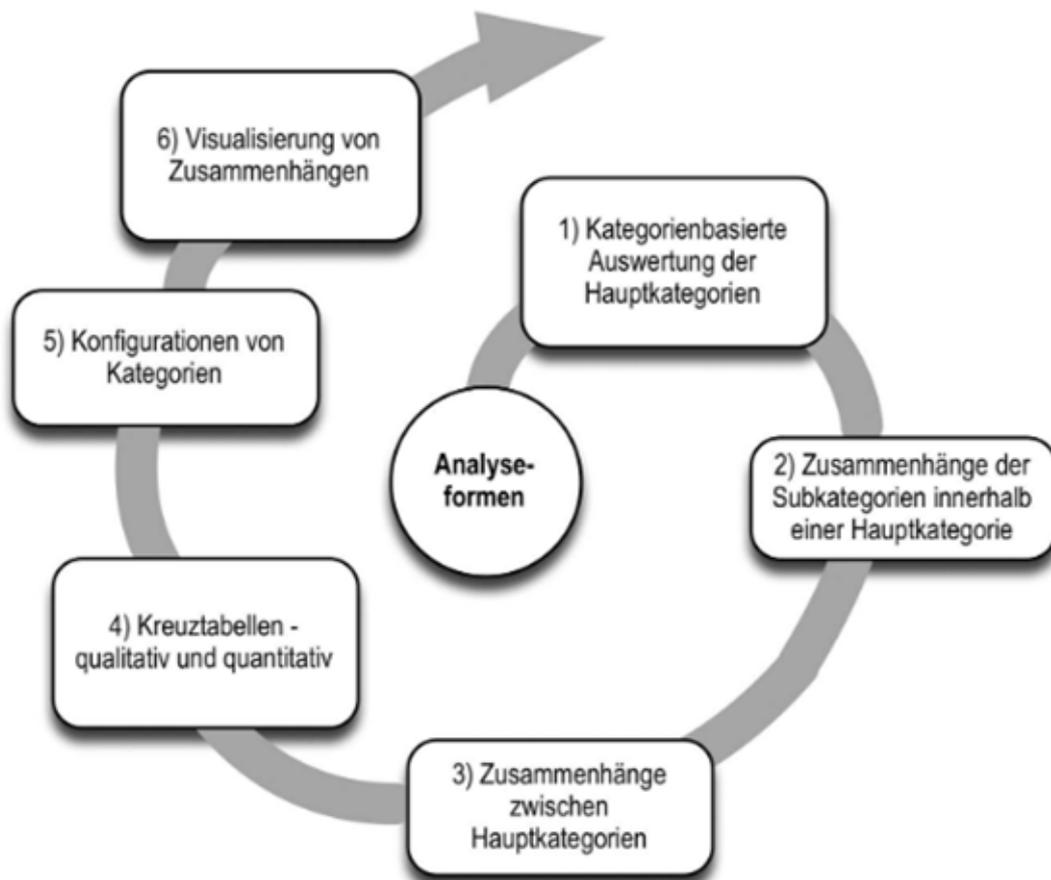


Abbildung 16: Möglichkeiten der Auswertung bei der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse. Quelle: Kuckartz, 2018, S. 118.

Bezugnehmend auf die forschungsleitenden Fragen ist es eher zweitrangig, die Orientierung der Analyse hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen einzelnen Kategorien auszulegen, wie es bei den Analysen zwei, drei, vier und sechs der Fall wäre. Im Zusammenhang zu dem Forschungsziel ist es von größerer Bedeutung interpretativ zu analysieren, was die Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die einzelnen Kategorien für Aussagen tätigen, was der ersten Analyseform entspricht, nämlich der kategorienbasierten Auswertung entlang der Hauptkategorien (vgl. Kuckartz, 2018, S. 118 f.). Es handelt sich also um einen beschreibenden Analyseprozess, in dem die übergeordneten Hauptkategorien mit ihren Subkategorien deskriptiv dargestellt werden (vgl. ebd.). Die siebte Phase leitet wie bereits erwähnt den Ergebnisteil ein, welcher unter Einbezug der gewählten Analyseform in einem gesonderten Kapitel verortet ist (siehe Kapitel 5.3).

### **5.2.5 Gütekriterien**

Insgesamt orientiert sich der methodische Teil dieser Arbeit an den von Kuckartz (2018) beschriebenen qualitativen Forschungsmethoden, weshalb sich in der Auseinandersetzung mit den Gütekriterien ebenfalls an den dort aufgeführten Maximen orientiert werden soll. Im quantitativen Paradigma sind die zentralen Gütekriterien Reliabilität, Validität und Objektivität klar formuliert und konsensfähig, wohingegen die Diskussion in Bezug auf die Güte qualitativer Daten kontrovers geführt wird (vgl. Kuckartz, 2018, S. 201; Döring, Bortz, 2016, S. 106). Die qualitative Forschung hat im Laufe der Jahrzehnte stetig mehr Anerkennung erhalten, womit auch immer mehr die Forderung nach verbindlichen Gütekriterien für qualitative Studien einherging (vgl. ebd., S. 107). Kuckartz formuliert Kriterien für die interne und die externe Studiengüte (vgl. Kuckartz, 2018, S. 204 ff). Die Kriterien orientieren sich hierbei an Sichtweisen zur synergetischen Nutzung quantitativer und qualitativer Maxime hinsichtlich der Studiengüte (vgl. ebd., S. 203). Für die interne Studiengüte beschreibt Kuckartz Kriterien in Bezug auf die Datenerfassung und auf die Durchführung der Analyse (vgl. ebd., S. 204). Diese „Checklisten“ sollen zur Überprüfung der Güte der hier vorliegenden Studie im Folgenden sequenziell durchgegangen werden. Bezüglich der Datenerfassung ist nach Kuckartz darauf zu achten, dass die Daten in Form von Audio- oder Videoaufnahmen fixiert werden (vgl. ebd.).

Dies ist im Zuge dieser Forschung durch die Aufzeichnung der Interviews mit einem Diktiergerät erfolgt und die Audioaufnahmen sind dem digitalen Anhang beigelegt. Ein weiteres Kriterium ist das sogenannte Postskriptum, wie es in Kapitel 5.2.2 bereits beschrieben wurde (vgl. Kuckartz, 2018, S. 204). Dieses wurde unmittelbar nach den Interviews erstellt und Besonderheiten im Interviewverlauf wurden handschriftlich festgehalten. Neben diesen Kriterien zur Durchführung führt Kuckartz in dieser Checkliste auch Kriterien hinsichtlich der Transkription auf (vgl. ebd.). Ein Kriterium ist hierbei die vollständige Transkription der Interviews (vgl. ebd.). In Anbetracht der Forschungsökonomie wurde, wie im Kapitel 5.2.3 beschrieben, auf die Transkription des Warm-Ups verzichtet. Alle weiteren Interviewbestandteile wurden allerdings aufgezeichnet, sodass alle für diese Studie relevanten Aspekte festgehalten wurden. Weiterführend nennt Kuckartz Kriterien zu Transkriptionsregeln und zum Transkriptionsprozess. Hierunter werden Kriterien aufgeführt, die sich auf die Offenlegung der Transkriptionsregeln, die Beschreibung des Transkriptionsprozesses inklusive transkribierende Person, das Verwenden einer Transkriptionssoftware, die Anonymisierung der Daten, das synchrone Arbeiten mit der Audio-Aufnahme und die Vollständigkeit der verschriftlichen Daten fokussieren (vgl. ebd.). Die Transkriptionsregeln und der Transkriptionsprozess wurden in Kapitel 5.2.3 dargelegt und die verwendete Software sowie die transkribierende Person beschrieben. Außerdem befinden sich zur maximalen Transparenz alle Transkripte und Audiodateien im (digitalen-) Anhang. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Kriterien zur internen Studiengüte in Bezug auf die Datenerfassung und Transkription im Zuge dieser Arbeit eingehalten wurden.

In Bezug auf die Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse formuliert Kuckartz eine weitere Checkliste (vgl. ebd.). Die ersten Kriterien befassen sich mit der begründeten Auswahl der inhaltsanalytischen Methode und der Durchführung dieser (vgl. ebd.). Im Zuge dieser Untersuchung ist die Entscheidung auf die inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse gefallen, deren Einsatz in Kapitel 5.2.4 begründet wurde. Das Verfahren ist durch die einzelnen Phasen strukturiert, an denen sich auch im Zuge dieser Untersuchung orientiert wurde. Weiterhin wurde für eine größtmögliche Transparenz hinsichtlich des Codierprozesses die Software MAXQDA verwendet. Das angehängte Codebuch mit Memos, Kategorienbeschreibungen und Ankerbeispielen gibt einen vertieften Blick in die jeweilig relevanten Indikatoren zur Codierung.

Das Material selbst wurde mehrmals codiert und das daraus resultierende Kategoriensystem samt Subkategorien wurde in Kapitel 5.2.4 dargelegt. Ein Kriterium konnte im Zuge dieser Arbeit nicht eingehalten werden, nämlich die sogenannte Inter-Coder-Reliabilität. Bei dieser Masterarbeit handelt es sich um eine Einzelarbeit, weshalb eine Codierung durch mehrere Personen weitestgehend ausgeschlossen ist. Insgesamt kann aber gesagt werden, dass die interne Studiengüte gegeben ist.

Gegenüber der internen Studiengüte steht die externe Studiengüte, welche sich mit der Übertragbarkeit und der Verallgemeinerung der Ergebnisse auseinandersetzt (vgl. Kuckartz, 2018, S. 217 f.). Die Verallgemeinerung ist in der qualitativen anders als in der quantitativen Forschung zu betrachten, da die vergleichsweise kleinen Stichproben eher selten den Verallgemeinerungsgrad wie die der quantitativen Untersuchungen erreichen (vgl. ebd.). Mit dem in dieser Untersuchung erfolgten Stichprobenszusammensetzung, wurde die Fallzusammensetzung nach dem Prinzip des „theoretical samplings“ sorgfältig getroffen, was als Kriterium für eine bessere Verallgemeinerung gilt (vgl. ebd., S. 218). Es soll hier aber bewusst noch nicht von einer Verallgemeinerung gesprochen werden, da das übergeordnete Ziel dieser Arbeit darin liegt, die qualitativ gewonnenen Ergebnisse für die Entwicklung eines Instrumentes zur Verallgemeinerung zu nutzen. Auf diese Weise wird ein konkreter Schritt zur Prüfung der Übertragbarkeit geleistet, wodurch ein weiteres Kriterium für die externe Studiengüte eingehalten ist. Zusammengefasst lässt sich also sagen, dass die Untersuchung bereits Kriterien für die externe Güte einhält, allerdings erst dann von Verallgemeinerung gesprochen werden sollte, wenn das hier entwickelte, quantitative Instrument eingesetzt und ausgewertet wird.

### **5.3 Ergebnisse der qualitativen Untersuchung**

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Darstellung der Interviewergebnisse, welche wie in Kapitel 5.2.4 bereits beschrieben an die kategorienbasierte Auswertung der Haupt- und Subkategorien nach Kuckartz (2018) angelehnt ist. Hierbei werden die erhobenen Schülervorstellungen zu den folgenden neun Hauptkategorien dargestellt: (1) Allgemeine Vorstellungen zu Robotern, (2) Roboterarten, (3) Roboter in Filmen und Spielen, (4) Einsatzgebiete Roboter, (5) Fähigkeiten von Robotern, (6) Bewegungsmöglichkeiten, (7) Umgebungswahrnehmung, (8) Lernfähigkeit von Robotern und (9) Kommunikation mit Robotern dargestellt.

### 5.3.1 Allgemeine Vorstellungen zu Robotern

Auf die Frage nach den allgemeinen Vorstellungen in Bezug auf Roboter haben die Schülerinnen und Schüler die verschiedensten Dinge geäußert. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben hierbei häufig (n=5), dass die Bewegung Roboter besonders macht und sie somit von anderen Maschinen abgrenzbar sind. Dies wird deutlich, betrachtet man die folgende Aussage einer Schülerin:

*„(...) und die Kaffeemaschine, die kann sich halt auch nicht bewegen und so und das macht ja einen Roboter so ein bisschen aus.“ (B06, Pos. 29)*

Noch deutlicher wird diese Zuschreibung, schaut man sich die folgende Aussage dieses Schülers an:

*„(...) Zum Beispiel Roboter, die können sich halt so richtig bewegen und überall hingehen und so.“ (B11, Pos. 19).*

Hier betont der Schüler, dass die Bewegung sich von einfachen, banalen Bewegungen abgrenzt, indem der Zusatz „so richtig und überall“ verwendet wird. Dem Roboter werden hier demnach mehr Freiheitsgrade zugesprochen. Eine ähnliche, anknüpfungsfähige Aussage in Abgrenzung zu anderen Maschinen trifft ein weiterer Schüler:

*„Ja auf jeden Fall, dass die ziemlich eingeschränkt sind, also die Maschinen. Weil Roboter können sich meistens ziemlich frei bewegen denke ich.“ (B4, Pos. 35)*

Betrachtet man die Argumentationslinie einer weiteren Schülerin, so sieht man, dass diese, sich der fachlich korrekten Ansichten nähernden, Aussagen nicht von allen Schülerinnen und Schülern vertreten wird respektive keine klare Unterscheidung zwischen Roboter und Maschine gemacht wird:

*„Ja Maschinen irgendwie so Mixer oder so. Sind das Roboter?“*

*I: Ist das denn für dich ein Roboter, so eine Maschine wie ein Mixer?*

*B: Ja.*

*I: Und warum?*

*B: Weil die sich ja bewegen.“ (B11, Pos. 33-37).*

Nach der Bewegung macht auch die Autonomie die Roboter für manche Schülerinnen und Schüler besonders (n=3), was deutlich wird, betrachtet man die folgenden Aussagen:

*„Der Roboter macht halt alles von alleine und die Maschine muss man halt so per Knopf und so bewegen.“* (B12, Pos. 41).

*„Maschinen können genau arbeiten, die man dann halt fahren muss (...) und Roboter können halt von alleine arbeiten.“* (B2, Pos. 25).

Es wird also erkannt, dass Roboter ihre Aufgaben autonom ausführen, was in Anlehnung an die in dieser Arbeit erstellten Arbeitsdefinition nicht von der fachlichen Perspektive abweicht. Anders sieht es aus, betrachtet man die Beschreibung von vier Schülerinnen und Schülern, die die Besonderheit eines Roboters in der „Intelligenz“ sehen. Exemplarisch dafür steht die Aussage dieser Schülerin:

*„Also Maschinen sollen ja meistens eher helfen und bei Robotern denke ich eher, dass die intelligent sein sollen, also, dass die (...) mit Intelligenz helfen sollen (...)“* (B10, Pos. 25).

Die Roboter sind entsprechend dieser Aussagen intelligent, wobei ein Schüler in Abgrenzung zur menschlichen Intelligenz den Ausdruck der künstlichen Intelligenz verwendet *„Wenn ich an Roboter denke, denke ich zuerst an so etwas wie eine künstliche Intelligenz.“* (B3, Pos. 5).

Eine weitere allgemeine Vorstellung, die im Zusammenhang zu Robotern besteht ist, dass diese an das Aussehen des Menschen angelehnt sind (n=5). Im Zusammenhang zur fachlichen Auseinandersetzung würde diese Vorstellung dementsprechend auf die humanoiden Roboter zutreffen. Auf die Frage, inwiefern sich Roboter von anderen Maschinen abgrenzen antwortete eine Schülerin beispielsweise:

*„Roboter sehen ein bisschen nach Menschen aus und Maschinen sehen einfach aus wie Maschinen. Sind halt nicht so menschlich aufgebaut.“* (B6, Pos. 29).

Auffällig in der Hinsicht ist auch die Schnittmenge zwischen der Assoziation von humanoiden Robotern in Zusammenhang zur Fähigkeitszuschreibung des Sprechens. Drei der fünf Schülerinnen und Schüler, die Roboter mit humanoiden Robotern verbinden sagen zusätzlich, dass Roboter sprechen können.

So sagt beispielsweise die oben genannte Schülerin (B10) in Ergänzung an ihre Ausführung, dass die Roboter meistens sprechen können (B10, Pos. 31).

In Bezug auf allgemeine Vorstellungen hinsichtlich Roboter lässt sich sagen, dass keine ausgeprägten Konzepte bestehen, was eventuell auch damit zusammenhängt, dass die meisten Schülerinnen und Schüler noch keine Praxiserfahrungen mit Robotern gemacht haben. Lediglich drei Schüler haben von eigenen Erfahrungen mit Robotern berichtet. Zwei dieser Schüler haben mit Spielzeugrobotern Erfahrungen gemacht und lediglich ein Schüler berichtete von der Programmierung des LEGO Mindstorms Roboters in einem außerschulischen Lernort (B8, Pos. 23-29).

### 5.3.2 Roboterarten

Die Tatsache, dass es sich bei den allgemeinen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler um keine verfestigten Konzepte handelt, bekräftigt sich, fragt man die Schülerinnen und Schüler nach speziellen Roboterarten. Auf der einen Seite sehen viele Schülerinnen und Schüler die Besonderheit von Robotern im weiten Sinne noch in der humanoiden Gestaltung, der Fähigkeit zum Sprechen oder in der Intelligenz. Bei den Roboterarten nennen sie jedoch spezielle Systeme, die von diesen Charakterisierungen abweichen. So beschreiben insgesamt sieben Schülerinnen und Schüler zwar humanoide Roboter, allerdings beschreiben fünf Schülerinnen und Schüler beispielsweise den Rasenmäroboter. Die meisten Schülerinnen und Schüler nennen Roboter, die in der Industrie zum Einsatz kommen (n=11) und acht weitere Schülerinnen und Schüler nennen beispielsweise Staubsaugerroboter.

Bei den Rasenmärobotern sind die Beschreibungen ziemlich identisch und nicht besonders auffällig. Ein exemplarisches Beispiel ist *„Das sind meistens halt auch solche flachen Kasten mit Rädern und halt den scharfen Klingen.“* (B8, Pos. 33).

Ähnlich oberflächlich sind auch die Beschreibungen in Bezug auf die Staubsaugerroboter:

*„Ja der ist rund und der hat unten so ein paar (...) so (...) wie vom Besen diese Teile (...) Bürsten und dann dreht der und saugt das ein mit so ein bisschen Luft. Dann filtert der das und man kann es in den Müll werden.“* (B12, Pos. 23).

Auffällig ist bei beiden Beschreibungen, dass die Schülerinnen und Schüler die Haushaltsroboter so beschreiben, wie sie sie auch erfahren. Im Alltag findet keine Auseinandersetzung mit der Technik statt, die Systeme werden als Black-Box und die Funktion als selbstverständlich hingenommen.

Anders als bei den Haushaltsrobotern weichen die Beschreibungen der Industrieroboter sehr stark voneinander ab. Acht der befragten Schülerinnen und Schüler beschreiben Industrieroboter zwar als Arme, allerdings können nur wenige diese Arme genau beschreiben und es bestehen eher vage Vorstellungen:

*„Also es gibt ja so Schienen und sowas, womit die auch Gelenke nachbauen können, also denke ich schon, dass die einzelne Gelenke da rein bauen, dass sich das bewegen kann.“* (B10, Pos. 47-49).

Allerdings kann gesagt werden, dass es durchaus Vorstellungen sind, an die angeknüpft werden kann, betrachtet man zusätzlich folgende Beschreibung in Bezug auf Industrieroboter:

*„(...) diese die man typisch kennt, ein großer Arm, der sich in der Mitte einmal teilt und wo vorne noch einmal so ein kleines extra Ärmchen dran ist, dass dann die ganze Feinstarbeit macht. Die sind ja wahnsinnig beweglich die Dinger in alle Richtungen und ich kann mir gut vorstellen, dass es schon aufwendig ist, so etwas zu programmieren. Manchmal ist das ja auch so, dass für bestimmte industrielle Zwecke das nochmal umprogrammiert wird.“* (B13, Pos. 25).

Hier ist mit dem Ärmchen der Endeffektor gemeint und mit der Möglichkeit die Industrieroboter umzuprogrammieren wird die Universalität der Roboter in den Vordergrund gerückt, was auch eine andere Schülerin indirekt angemerkt hat:

*„Ja also meistens ist das so ein Arm und der macht dann verschiedene Sachen.“* (B5, Pos. 13).

Einen konkreten Endeffektor nannte nur ein Schüler:

*„Ja ich denke Gelenke oder die passenden Werkzeuge. Zum Beispiel wenn man etwas verschweißen will, ein Schweißgerät vorne dran, dass das auch geht natürlich.“* (B4, Pos. 53).

In Bezug auf die Programmierung scheinen allerdings von der fachlichen Ansicht abweichende Konzepte zu bestehen. Haben die Schülerinnen und Schüler den Robotern bei den allgemeinen Eigenschaften noch Autonomie zugeschrieben, so werden die Bewegungen der Industrieroboter nach der Vorstellung mancher Schülerinnen und Schüler ferngesteuert und nicht autonom durchgeführt:

*„Also ich kann mir gut vorstellen, dass es am Anfang einprogrammiert ist, dass, wenn man auf den Bildschirm tippt, wo jetzt steht nach oben fahren, dass dann wirklich einprogrammiert ist, jetzt fährst du einen halben Meter nach oben.“* (B13, Pos. 25).

Die Beschreibungen der Industrieroboter weichen voneinander stärker ab, als beispielsweise die Beschreibungen der humanoiden Roboter. Die Gestaltung humanoider Roboter orientiert sich am Menschen, was die Schülerinnen und Schüler auch richtig wiedergeben. Hierbei sind keine ungewöhnlichen Animismen zu erkennen und die Beschreibungen beschränken sich auf das äußerliche Erscheinungsbild der humanoiden Roboter. Einige Beispiele hierfür sind:

*„Also so etwas wie wir Menschen nur halt aus Stahl mit Technik drin“* (B9, Pos. 3).

*„Die haben so einen Kopf, Arme, Füße und Hände.“* (B5, Pos. 17).

Bei den realen humanoiden Robotern, die von den Schülerinnen und Schülern beschrieben werden, bestehen insgesamt keine sehr ausgeprägten Konzepte, was an einem konkreten Beispiel deutlich wird:

*„Ja es gibt solche, also ich kenne die nur aus China und so, solche Menschroboter, aber ich weiß nicht, wozu die genau da sind, also ich weiß, man kann mit denen reden und die können auch verschiedene Sachen tun, aber soweit ich weiß, sind die noch nicht so weit in der Entwicklung, etwas großartiges zu tun.“* (B4, Pos. 13).

Hier ist der Nutzen der humanoiden Roboter nicht bekannt und die Einschätzung der Fähigkeiten ist nicht besonders ausgeprägt, aber dennoch sehr realitätsnah, wenn man es auf das HRP bezieht (siehe Kapitel 2.2.3). Wesentlich ausgeprägter sind die Vorstellungen, wenn nicht die realen humanoiden Roboter beschrieben werden, sondern jene, die die Schülerinnen und Schüler aus Filmen und Videospielen kennen. Mit den dazugehörigen Aussagen wird sich im nächsten Abschnitt befasst.

### 5.3.3 Roboter in Filmen und Videospielen

Die meisten Schülerinnen und Schüler kennen Roboter auch aus Filmen und Videospielen (n=11). Insgesamt drei der Schüler haben von Robotern aus Videospielen berichtet, die über einen Controller von den Schülern selbst gesteuert werden, um mit diesen Kampfhandlungen innerhalb des Spieles durchzuführen. Deutlich wird dies anhand dieser Aussage:

*„Zum Beispiel aus einem Spiel, ich weiß gerade nicht mehr wie das heißt, der ist groß und kann laufen und der kann aus seinen Händen so schießen und kann sich bewegen. Man kann da auch einsteigen und den von innen steuern.“* (B12, Pos. 11).

Während sich die Fähigkeitsbeschreibungen der Roboter aus den Videospielen überwiegend auf teleoperierte Bewegungen und das Abfeuern von Raketen beschränken, haben die Roboter aus den Filmen laut den Schülerinnen und Schülern weitaus mehr Fähigkeiten. Insgesamt fünf Schülerinnen und Schüler haben die Fähigkeiten der Roboter aus den ihnen bekannten Filmen detailliert beschrieben. Eine Schülerin berichtet:

*„Und bei I-Robot können die halt gut kämpfen. Bei den Robotern von I-Robot kann man auch sehen, dass die böse sind, die haben in sich drin ein Licht. Wenn es blau scheint, dann sind sie ganz normal lieb, weil sie sind ja auch dazu da, um im Haushalt oder auf der Straße zu helfen (...) aber wenn die rot leuchten, dann heißt das, dass die böse sind (...). Ja und dann kämpfen die halt gut und springen zum Beispiel auch aus riesigen Transportern und sorgen für Tod.“* (B14, Pos. 27).

Hier können die Roboter neben den Bewegungen und Kampfhandlungen auch Emotionen entwickeln und sich je nach Emotionslage verhalten. Dies deutet auf ein „Eigenleben“ der Roboter in den Filmen hin, was auch von einem weiteren Schüler berichtet wird:

*„Fliegen, (...) können (...) ja die gehorchen Befehlen von jemandem und sind sehr intelligent und manche haben ihr eigenes Leben.“* (B9, Pos. 15).

Insgesamt beschreiben die Schülerinnen und Schüler überwiegend humanoide Roboter mit den gleichen Eigenschaften, wie sie in Kapitel 5.3.2 bereits beschrieben wurden (n=9).

Auffällig ist hierbei allerdings, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler, welche Roboter aus Filmen beschrieben haben, zwischen Realität und Fiktion abgrenzen (n=10). Es werden hierbei verschiedene Abgrenzungskriterien genannt. Eine Schülerin sagt, dass es nicht möglich sei den beschriebenen Roboter in echt umzusetzen, da es keine Geräte mit echten Emotionen gibt (B14, Pos. 14).

Ein anderer Schüler sagt, es sei nicht möglich, Roboter äußerlich so menschnah zu gestalten, wie sie in Filmen dargestellt werden:

*„Ja also mit einer Haut als Beispiel also so ein Gewebe drüber, dass dann wirklich aussieht wie Haut. Da ne, das glaube ich nicht.“* (B13, Pos. 13).

Insgesamt sagen aber sechs Schülerinnen und Schüler, dass die Fähigkeiten der Roboter in den Filmen und Videospielen zukünftig möglich sein werden. Als Begründungen werden hier der nicht ausreichende technologische Fortschritt, sowie die noch nicht vorhandenen, notwendigen Erkenntnisse genannt:

*„Weil vielleicht noch nicht so das Wissen dafür da ist. Also, um welche so komplett zu programmieren.“* (B8, Pos. 21).

*„Theoretisch mit Technik irgendwann ja. Ich denke jetzt noch nicht so genau wie im Film, aber irgendwann wird es schon so sein.“* (B4, Pos. 25).

#### **5.3.4 Einsatzgebiete von Robotern**

Fragt man die Schülerinnen und Schüler nach den Einsatzgebieten von Robotern werden neben Filmen und Videospielen, wie im Kapitel zuvor beschrieben auch Bereiche wie Medizin/Pflege (n=3), Service (n=4), Haushalt (n=4), Militär/Polizei (n=5) und Industrie (n=5) genannt.

##### Medizin/Pflege:

Im medizinischen Sektor werden hierbei überwiegend Prothesen genannt *„Ich denke halt, es gibt ja so Fake-Arme oder so Fake-Beine und da kann man die als Prothese dran machen oder so etwas.“* (B6, Pos. 31). Ein Schüler ergänzt hierzu den Pflegebereich:

*„Vielleicht (...) bei Menschen die irgendwelche Sachen nicht mehr machen können und dadurch auf Hilfe angewiesen sind.“ (B8, Pos. 43).*

#### Service:

Die Roboter im Servicebereich sehen die meisten Schülerinnen und Schüler in der Gastronomie als eine Art Kellner. Hier wurde auch ein direkter Erfahrungsbericht mitgeteilt, der Roboter konnte allerdings nicht näher beschrieben werden:

*„Oder zum Beispiel die Roboter bei den Restaurants, die so Teller bringen. An der Nordsee habe ich so etwas schon einmal glaube ich gesehen.“ (B11, Pos. 43).*

#### Haushalt:

Bei den Robotern im Haushalt sehen die Schülerinnen und Schüler das Aufgabenspektrum alle in der Reinigung (n=4) und es werden die zuvor bereits beschriebenen Roboterarten wie der Staubsaugerroboter beschrieben. Auffällig ist hier, dass zwei Schüler zusätzlich zu diesen Roboterarten auch Roboter genannt haben, die dafür zuständig sind, die Wäsche zu waschen:

*„Ja, die machen halt dann die Wäsche oder so, die sind dann auch so einprogrammiert, dass die halt die Wäsche machen können, sauber machen können.“ (B2, Pos. 59).*

#### Militär/Polizei:

Als weitere Einsatzgebiete werden von insgesamt vier Schülerinnen und Schülern das Militär und die Polizei genannt. Zum Militär konnten hierbei keine direkten Einsatzgebiete genannt werden, die Aussagen stehen allerdings teilweise im Zusammenhang zu den geäußerten Fähigkeiten in Bezug auf Kampf und Bewaffnung. Bei dem Einsatz in der Polizei wird von allen eine Entlastung der Polizisten als Einsatzgrund genannt.

*„Vielleicht bei der Armee oder so, oder bei der Polizei, dann ist die Polizei nicht mehr überlastet oder so.“ (B9, Pos. 31).*

So sollen die Roboter den Verkehr regeln, als Sicherheitseinrichtung im Gefängnis fungieren oder bei Protesten an vorderster Front stehen, sodass den Polizisten kein Schaden zugefügt wird:

*„Vielleicht als Polizist, weil da (...) wenn so Protestanten zum Beispiel von der Polizei aufgehalten werden, dann können da Polizisten nicht schwer verletzt werden, so einen Roboter kann man dann ja reparieren. Wäre zwar ein bisschen teuer, aber besser als andersrum.“ (B7, Pos. 29).*

Auffällig ist bei den Beschreibungen dieser Einsatzgebiet folgende Schüleraussage:

*„Bei der Polizei oder im Gefängnis, wenn man da so rein geht, ist so ein Scanner oder im Supermarkt, da gibt es ja diese Warnteile, wenn man irgendetwas klaut, dann piept das ja.“ (B12, Pos. 47).*

Demnach wäre laut diesem Schüler ein Warnsicherungsgateway bereits ein Roboter. Derselbe Schüler hat bei der Frage nach den allgemeinen Vorstellungen in Bezug zu Robotern auch ausgesagt, dass eine Hydraulikpresse ein Roboter sei (B12, Pos. 69). Dies bestätigt, dass die Abgrenzung zwischen Robotern und anderen technischen Artefakten hier besonders schwerfällt. Insgesamt lässt sich hier, aber auch bei den anderen bisher genannten Einsatzgebieten sagen, dass bei den Schülerinnen und Schülern keine ausgeprägten Konzepte in Bezug auf den Einsatz von Robotern besteht. Schaut man sich den letzten genannten Einsatzbereich an, nämlich die Industrie, so lassen sich etwas konkretere Zweckorientierungen ableiten, aber auch hier sind die Vorstellungen sehr marginal, was daran liegt, dass die Schülerinnen und Schüler noch keine direkten Berührungspunkte mit solchen Systemen hatten:

*„Wenn ich an Roboter denke, dann fallen mir Fabriken ein, wo zum Beispiel Autos gebaut werden.“ (B4, Pos. 7).*

### **5.3.5 Bewegungsmöglichkeiten**

Die ersten beschriebenen Kategorien aus den vorherigen Abschnitten befassten sich noch mit sehr allgemeinen Kriterien, wohingegen diese Kategorie sich mit der konkreten Umsetzung von Bewegungen bei Robotern auseinandersetzte. Zunächst wurde auf die Frage geantwortet, womit sich Roboter bewegen. Hierbei gaben neun Schülerinnen und Schüler im Zusammenhang zum humanoiden Roboter die Bewegung mithilfe von Beinen an.

Besonders interessant sind hierbei die Aussagen einer Schülerin, welche im direkten Zusammenhang zur Schüleraussage aus der Studie von Nepper et al., 2021 (siehe Kapitel 3.4) steht.

*„Also, dass die halt vom Menschen so die Struktur nachgebaut haben und das dann auch wie die Maschine halt so wie das Herz machen, dass der halt so laufen kann.“ (B10, Pos. 37).*

Diese Aussage allein genommen würde auf den Animismus hindeuten, nach konkreter Nachfrage in Bezug auf die Rolle des Herzes im Erklärungsprozess, kann man aber erkennen, dass es der Mangel an Begrifflichkeiten bei gleichzeitiger optisch-funktionaler Auslegung humanoider Roboter an dem Menschen ist, die dafür ursächlich ist:

*„I: Okay, Maschine wie das Herz, könntest du mir das näher beschreiben?“*

*B: Das habe ich nur genutzt, um das zu erklären. Das Herz das macht ja alles so mit Blut versorgen und so und die Maschine innen drin, die leitet den ganzen Strom durch den Roboter.*

*I: Das heißt, es gibt so etwas wie eine Zentrale, worüber dann alles läuft beim Roboter oder wie meinstest du das?*

*B: Ja genau.“ (B10, Pos. 36-41).*

Eine andere Ursache für die Bewegung der Beine liegt bei einem Schüler in der Willenskraft, die der Roboter über das Programm entwickelt. Auch hier wird ein ähnlicher Vergleich wie zuvor zum Herzen gezogen, aber es wird auch klar abgegrenzt, dass etwas Technisches dahintersteckt, ähnlich wie bei der Aussage zuvor:

*„So halt wie bei uns Menschen, bei uns Menschen ist es ja Willenskraft und bei dem wird es dann halt programmiert, dass die ihren Willen entwickeln, die zu bewegen.“ (B9, Pos. 43).*

Ein Schüler grenzt in Bezug auf die vorherigen zwei Aussagen konkreter ab:

*„Ich denke nicht wie bei uns durch Organe, sondern eher so durch einen Motor oder durch Strom.“ (B8, Pos. 51).*

In Bezug auf die Bewegungsausführung bei Robotern äußern zwei Schüler, dass diese im Vergleich zur Bewegung des Menschen „*sotterig*“ (B6, Pos. 9) und „*nicht so flüssig*“ (B6, Pos. 35) ist und aufgrund des Gleichgewichtes schwer umsetzbar ist (B4, Pos. 41). Neben der Bewegungsumsetzung haben acht Schülerinnen und Schüler die Bewegung mithilfe von Rädern, von ihnen häufig auch als Rollen bezeichnet, genannt. Fünf betrachten die Rollen als Black-Box, drei der Schüler nannten Elektromotoren als Antrieb und ein Schüler stellt sich den Antrieb analog zum Verbrennungsmotor vor:

*„Also durch verschiedene Energie, zum Beispiel man kann ja so Stoffe verbrennen und dadurch hat man dann Bewegungsenergie und dann denke ich, dass das auch damit zusammenhängt. Wie bei so einem Automotor zum Beispiel.“* (B10, Pos. 51).

### **5.3.6 Umgebungswahrnehmung**

Auf die Frage, wie die Roboter dazu in der Lage sind, die sie umgebenden Dinge wahrzunehmen und innerhalb eines Raumes zu definieren gab es verschiedene Vorstellungen. Zwei Schülerinnen haben die Vorstellung, dass Roboter ihre Umgebung über Schallwellen wahrnehmen.

*„Also ich würde es so wie bei einer Fledermaus denken, dass die halt so Schall oder so etwas, dass man halt merkt, dass da etwas im Weg ist.“* (B10, Pos. 45).

*„Mit so Schallwellen vielleicht. Also wenn der das so merkt, dass er dagegen fährt, dass der das dann halt so wahrnimmt halt.“* (B6, Pos. 41).

Auffällig ist hierbei, dass das Prinzip der Umgebungswahrnehmung als Black-Box angesehen wird und die dafür notwendigen Vorbereitungen (Programmierung, Sensorik usw.) außer Acht gelassen werden. Beide Schülerinnen gehen davon aus, dass der Roboter das von sich aus merkt, als würde dieser über eine Art Bewusstsein verfügen.

Neben den Vorstellungen zu Schallwellen, haben fünf Schülerinnen und Schüler den Einsatz von Kameras als maßgeblich für die Umgebungswahrnehmung angesehen. Hierbei verbinden die meisten Schülerinnen und Schüler die Kameras mit humanoiden Robotern, bei denen diese dann anstelle der Augen verbaut sind und ein 360°-Blick ermöglicht wird:

*„B: Ich glaube die haben dann so einen Sensor. Zum Beispiel dort, wo Menschen Augen haben oder auf dem Kopf und dann so eine rundum Kamera, Bewegungsmelder und damit können die dann feststellen, ob sich da etwas bewegt oder wer da ist.*

*I: Ok, und wie läuft das dann so ab, wenn die diese Sensoren haben?*

*B: Also ich glaube die nehmen das dann halt auf und wenn man nachgucken möchte, dann kann man den Sensor entfernen. Da ist dann eine Festplatte drin, die das alles speichert. Dann kann man sich das danach angucken.“ (B7, Pos. 37-39).*

Diese Aussage wurde bewusst gewählt und das Zitat um die Nachfrage und die dazugehörige Antwort erweitert, da hier gleich mehrere Auffälligkeiten festzustellen sind. Die Sensoren werden hier als etwas Herausnehmbares mit einer integrierten Festplatte verstanden, auf der die Sensordaten gespeichert werden. Mit der Aussage, dass die Daten zunächst ausgelesen und interpretiert werden müssen, damit der Roboter auf Umwelteinflüsse reagieren kann, besteht ein Widerspruch im Hinblick auf die vorherige Aussage, dass der Roboter durch den Bewegungsmelder oder die Kamera feststellen kann, ob sich etwas bewegt oder wer da ist. Die Sensordaten variierender Echtzeitanforderungen würden der Vorstellung nach erst nach der Echtzeitsituation ausgewertet und wären somit unbrauchbar. Ähnlich verhält es sich bei der Vorstellung zwei weiterer Schülerinnen und Schüler, die davon ausgehen, dass der Interaktionsraum des Roboters bereits zuvor programmiert wird:

*„Die sind von Menschen programmiert, wenn sie irgendwo sind, dass sie das wissen, dass die da sind.“ (B1, Pos. 26).*

*„Wenn man zum Beispiel eintippt, zum Beispiel das Bett oder wenn es da mehrere Betten gibt, dann kann man das Bett genau beschreiben, wie zum Beispiel links, rechts oder links neben dem ganz rechten oder halt in der Mitte. Dass man halt eintippt, wo die Gegenstände im Raum sind.“ (B14, Pos. 55).*

Nach dieser Vorstellung müsste man den Roboter nach jeder Veränderung neu programmieren.

Die ausgeprägteste Vorstellung hinsichtlich der Umgebungswahrnehmung und dem Umgang mit Echtzeitanforderungen ist die „Scanner-Vorstellung“.

Drei Schülerinnen und Schüler beschreiben, dass die Roboter über eine Art Scanner verfügen, wobei als Medium sowohl Röntgenstrahlen (z.B. B3, Pos. 41) als auch nicht sichtbares Licht (z.B. B14, Pos. 37) genannt wird. Der Raum wird hierbei von oben nach unten sequenziell „abgescannt“ und der Roboter erhält alle notwendigen Informationen:

*„B: Wahrscheinlich haben die so einen Scanner in sich drin, dass die dann scannen können, was da ist und zum Beispiel bei einem Staubroboter kann er das scannen und dann beim Scannen sieht er OH SCHRANK oder STUHL. Der kann die Umgebung halt so einscannen.“*

*I: Wie denkst du funktioniert das jetzt genau, wenn der scannt?*

*B: Vielleicht hat der irgendwo so etwas wie ein kleines Schießrohr, wo er dann Strahlen rausschießt, die wir Menschen nicht sehen können, die dann so hoch und runter gehen und dann scannt der das so.“ (B14, Pos. 35-37).*

Diese Art den Scanprozesses findet man in Science-Fiction Filmen wieder und ein Schüler verbindet diese Vorstellung auch unmittelbar damit:

*„Also bei den meisten die ich gesehen habe, kam es halt aus den Augen, also so ein Licht und es wurde von oben bis unten gescannt komplett und dann wurden halt jegliche Informationen herausgeholt. Zum Beispiel bei dem Menschen, wie groß ist er, wie alt ist er.“ (B3, Pos. 53).*

### **5.3.7 Lernfähigkeit von Robotern**

In Bezug auf die Lernfähigkeit von Robotern äußerten die Schülerinnen und Schüler Vorstellungen, in denen das Lernen über sprachliche Kommunikation, über die Programmierung und die Speicherung von Daten funktioniert. Außerdem sehen manche Schülerinnen und Schüler den Lernprozess bei Robotern in Analogie zu Lernprozessen bei Kleinkindern (n=2).

In Bezug auf die sprachliche Kommunikation haben die Schülerinnen und Schüler einerseits die Vorstellung, dass man dem Roboter etwas wiederholt sprachlich mitteilt und dieser die Information „auswendig“ lernt:

*„B: Ja halt, wenn man dem das sagt und die das auswendig lernen und das dann auch können. Zum Beispiel wie bei Hunden oder so.*

*I: Kannst du mir das näher beschreiben?*

*B: Man bringt das dem bei, beispielsweise macht man das öfter mit dem zum Beispiel so SITZ sagen und dann machen die das irgendwann von alleine.“ (B12, Pos. 73-75).*

Im Gegensatz dazu sehen manche Schülerinnen und Schüler (n=6) die Programmierung als verantwortlich für den Lernprozess. Hierbei wird allerdings teilweise bereits angenommen, dass die einfache Programmierung von Bewegungsabläufen, wie es bei Industrierobotern der Fall ist, als „Lernprozess“ gelten. Die in der Programmierung verwendete Schleife ist dann so gesehen das Erinnerungsvermögen des Roboters:

*„Wenn man zum Beispiel für Autos irgendetwas baut, dass das jemand davor dann irgendwie alles programmiert und so. Also man bringt dem das vorher schon über das Programm bei, dann kann er das immer wiederholen.“ (B5, Pos. 63).*

Eine weitere Vorstellung ist hier, dass der Lernzuwachs daraus resultiert, dass das Programm immer händisch erweitert wird. Die neuronalen Netze mit ihren Verbindungsgewichten verlieren somit an Bedeutung:

*„Also ich finde das ist nicht so lernen eigentlich, sondern man programmiert die ja, dass die immer mehr das Wissen in Anführungszeichen das Wissen, weil die dann mehr auf der Festplatte haben als das was vorher ist. Also eigentlich ist das nicht dazulernen, sondern einfach nur mehr (..) reinschreiben, so was die können.“ (B10, Pos. 53).*

Eine weitaus anknüpfungsfähigere Vorstellung ist bei zwei anderen Schülerinnen und Schülern vorhanden, welche das Lernen als eine Art Sammeln von Daten verstehen:

*„B: Die haben ja jetzt kein Gehirn, so wie wir Menschen, vielleicht speichern die das in (..) ihrer Festplatte.*

*I: Kannst du mir das näher beschreiben? Also wenn die jetzt etwas Bestimmtes lernen, wie speichern die das ab?*

*B: Fotokameras können ja auch Sachen speichern so auf Karten, vielleicht haben Roboter auch so etwas wo sie sich dann ein Bild davon machen können und danach (..) verarbeitet die Elektrizität das und dann können die das auf einmal auch.“ (B14, Pos. 43-45).*

Der Begriff der Elektrizität ist hierbei etwas unpassend, allerdings ist damit die verbaute Verarbeitungselektronik gemeint und es fehlte der richtige Begriff.

Neben diesen Vorstellungen äußerten zwei Schüler die Vorstellung, Roboter würden lernen wie Kleinkinder. Die Vorstellung erweckt zunächst den Eindruck, als würde eine Abweichung der fachlichen Perspektive bestehen, betrachtet man allerdings die Erläuterungen, so handelt es sich um anknüpfungsfähige Vorstellungen:

*„B: Wahrscheinlich wie so ein Kind in der ersten Klasse lernt. Da wird jetzt gesagt als Beispiel A wie Apfel und B wie Banane und das prägt der sich so ein bisschen ein, das (...) ist dann etwas Neues in seinem Programm, in diesen Zeilen da.*

*I: Und denkst du, dass der Roboter das dann auf Anhieb alles kann?*

*B: Wahrscheinlich schon, also ich glaube nicht, dass er dann noch ein paar Jährchen braucht, um das nochmal zu üben, wie ein Mensch das braucht, sondern da das dann ja in seinem Code eingeschrieben ist und er es als Beispiel nur wiederrufen muss und deswegen glaube ich, ist es dann auch direkt eingepägt.“ (B13, Pos. 37-39).*

### **5.3.8 Kommunikation mit Robotern**

Die Frage, wie man einem Roboter klar machen kann, was er überhaupt tun soll, wurde von den Schülerinnen und Schülern ebenfalls unterschiedlich beantwortet. Manche Schülerinnen und Schüler gehen davon aus, dass man dem Roboter Befehle mittels Spracherkennung vermitteln kann (n=3). Insgesamt acht Schülerinnen und Schüler haben die Vorstellung, dass man mit Robotern über die Programmierung oder über einen Maschinencode kommunizieren kann.

*„Also es ist ja immer so eine Festplatte auf jeden Fall da, wo man das dann hineinschreibt und diese seltsamen Computersprachen, die ich nie in meinem Leben verstehen werde (lacht), dass man da irgendwelche Sachen dann halt so formuliert, dass der Roboter das versteht.“ (B10, Pos. 65).*

Laut dieser Vorstellung wäre die Festplatte das Tool respektive die Programmieroberfläche, auf der man dann alles eintippt. Eine weitere Vorstellung resultiert aus den Erfahrungen eines Schülers mit 3D-Druckern:

*„Also irgendwie muss der ja die Sprache verstehen. Wie bei dem 3D-Drucker zum Beispiel. Also muss man da auch irgendwie eine Skizze machen und dann einfach loslegen und auf Start drücken, das ist bei Robotern auch so, nur, dass man den Raum dann zeichnet, in dem er zum Beispiel ist.“* (B12, Pos. 93).

Hier wäre dann kein direktes Programm, sondern eher eine Zeichnung notwendig, nach der der Roboter die Bewegungen analog zur Funktionsweise des 3D-Druckers abfährt. Von den hierbei notwendigen g-codes, die aus den zugehörigen Slicern der 3D-Druckern resultieren ist allerdings nichts bekannt. Ein Schüler hat hinsichtlich der Programmierung die Vorstellung, dass bereits dort sogenannte Maschinencodes zum Einsatz kommen, wie sie beispielsweise für die Prozessoren notwendig sind. Ein Programmcode bestünde nach dieser Vorstellung aus lauter Nullen und Einsen:

*„Also der besteht so (..) zum Beispiel bei Computern so, da gibt es ja auch so eine Sprache sozusagen. Die besteht aus Nullen und Einsen und ich glaube so sieht das dann auch aus, also so angeordnete Nullen und Einsen in der richtigen Reihenfolge, dass die so einen Satz ergeben.“* (B7, Pos. 59).

Neben diesen Vorstellungen zu der Programmierung, haben sechs Schülerinnen und Schüler zudem die Vorstellung, dass Roboter teleoperiert werden. Hierbei drückt man bestimmte Tasten (ähnlich wie bei einem ferngesteuerten Auto), die für eine jeweilige Bewegung steht. Somit müsste man beispielsweise bei Industrierobotern jede Bewegung selbst steuern und von Autonomie kann nicht gesprochen werden:

*„Ich kenne mich da nicht so gut aus aber (..) man muss wahrscheinlich alles eingeben, was der so machen soll, zum Beispiel Arm runter, Arm hoch, Arm nach links oder nach rechts. Das ist wie bei einem Controller und bei irgendeinem Videospiel, dass man den so steuert.“* (B4, Pos. 61).

*„Man hat halt einen Controller oder irgendetwas, womit man den Roboter steuern kann und dann ist das mit dem Roboter verbunden und so kann man die einzelnen Bewegungen und dieses Ganze (..) auswählen, also, dass er das macht.“* (B3, Pos. 71).

## 5.4 Entwicklung des quantitativen Erhebungsinstrumentes

Dieses Kapitel setzt sich mit der Entwicklung des Fragebogens zur Erhebung der Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter auseinander. Hierzu werden die Items aus den fachtheoretischen Grundlagen und Items aus den erhobenen Schülervorstellungen abgeleitet. Die Items aus den Schülervorstellungen orientieren sich an den thematischen Hauptkategorien und den induktiv gebildeten Subkategorien. Hierbei werden sowohl Schülervorstellungen gewählt, die insgesamt von der fachlich richtigen Ansicht abweichen, aber auch jene, an die durch den Einsatz von passenden Unterrichtsstrategien angeknüpft werden kann. Auf Ebene der fachtheoretischen Grundlagen werden die Items in Bezug auf die den Schülervorstellungen zutreffenden, fachlichen Grundlagen gewählt.

### 5.4.1 Aufbau des Fragebogens und Beschreibung der eingesetzten Skalen

Der Fragebogen selbst baut wie bereits erwähnt auf den aus der qualitativen Untersuchung gewonnenen Erkenntnissen auf. Hierbei gliedert sich der Fragebogen in sechs Themenblöcke. Die einzelnen interessanten Aspekte werden hierbei mit verschiedenen Items erhoben, die einen gemeinsamen Teilbereich betreffen und das identische Bewertungsformat aufweisen. Aufgrund der Tatsache, dass der Fragebogen für dieses Forschungsvorhaben konstruiert wurde und kein adaptierbarer Fragebogen besteht, wurden die wichtigen Kriterien zur Fragebogenkonstruktion nochmals überprüft (vgl. Bortz, Döring, 2006, S. 253 ff.). Es wurden bei dem Fragebogen unterschiedliche Fragetypen verwendet, wobei der Großteil geschlossene Fragen enthält. „*Die Verwendung geschlossener Fragen erleichtert die Auswertung der Fragebögen erheblich. Abgesehen von der höheren Objektivität, entfallen bei dieser Frageform zeitaufwendige und kostspielige Kategorisierungs- und Kodierarbeiten.*“ (Bortz, Döring, 2006, S. 256).

Diese Art der Erhebung widerspricht dem Prinzip der maximalen Offenheit des qualitativen Paradigmas, allerdings gestatten die Ergebnisse qualitativer Untersuchungen keine Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit. Als Alternative bietet sich die Verwendung offener Fragen an, allerdings geht auch damit wieder ein großer Arbeitsaufwand einher, da Analysen des qualitativen Paradigmas zum Einsatz kommen müssten.

Der Kompromiss ist in dieser Arbeit, dass geschlossene Fragen verwendet werden, die jeweils durch Schriftfelder ergänzt werden, in denen die Schülerinnen und Schüler eigene Anregungen anbringen können. Ist dies der Fall, so kann man diese aufgreifen und in anschließenden Interviews näher untersuchen. Bei mehreren Fragen in dem hier konstruierten Fragebogen wurde das geschlossene Format demnach durch ein Schriftfeld ersetzt, in dem die befragten Personen ergänzende Angaben machen konnten. Es wurden also neben den geschlossenen Fragen auch hybride respektive halboffene Fragen integriert. Bei den Antwortmöglichkeiten wurden bei den nominalskalierten Skalen teilweise Mehrfachnennungen zugelassen. Überwiegend sind die Skalen allerdings ordinalskaliert und es sind keine Mehrfachnennungen möglich (Likert-Skala). Die Fragen wurden dementsprechend verständlich gekennzeichnet. Weiterhin ist es durch den digitalen Fragebogen möglich, diese Kennzeichnung durch das Deaktivieren bereits vollständig beantworteter Fragen vorzunehmen. Im Fragebogen werden wie bereits erwähnt unterschiedliche Skalenniveaus angewendet. Neben Nominalskalen kamen auch Ordinalskalen zum Einsatz, um Rangfolgen zu erstellen. Die Rangfolgen sollen hier auch dazu dienen, den Grad der Überzeugung hinsichtlich bestimmter Vorstellungen einschätzen zu können. Die formulierten Items stellen überwiegend Behauptungen dar, die aus den Schülervorstellungen aus den Subkategorien abgeleitet wurden. Mit den Behauptungen lassen sich die Positionen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die Vorstellungen der anderen Schülerinnen und Schüler besser erfassen. *„Mit Behauptungen lässt sich die interessierende Position oder Meinung prononcierter und differenzierter erfassen als mit Fragen.“* (Döring, Bortz, 2006, S. 254). Das sprachliche Niveau wurde hierbei an das der Schüleraussagen in den Interviews angepasst, sollte allerdings mit der Durchführung eines Pretests zusätzlich überprüft werden, um die Güte des Fragebogens sicherzustellen. Dies kann im Rahmen dieser Arbeit aus Gründen der Forschungsökonomie nicht geleistet werden.

Der erste Themenblock des Fragebogens soll in gewisser Weise als Eisbrecher fungieren und es wird zunächst neben der Frage nach dem Alter und dem Geschlecht eine reine Abfrage durchgeführt, welche Roboter die Schülerinnen und Schüler kennen und woher sie diese kennen. Eine zweite Funktion dieser Fragen ist, dass analysiert werden kann, ob es einen Zusammenhang zwischen den genannten Roboterarten (beispielsweise aus Filmen oder Videospiele) und den Fähigkeitszuschreibungen gibt.

Außerdem beinhaltet der Themenblock eine Frage dahingehend, was Roboter im weiten Sinne besonders macht. Hierzu wurden die Aussagen der Schülerinnen und Schüler aus den Interviews analysiert und die Subkategorien in Form von Items formuliert (insgesamt neun Items). Es wurde bei dieser Frage ein zusätzliches freies Antwortfeld eingefügt, sodass ergänzende Schülervorstellungen in Bezug auf die Abgrenzung zwischen Robotern und anderen Artefakten erfassbar werden, um diese in weitergehenden Untersuchungen zu rekonstruieren.

In einem weiteren Themenblock werden in dem Fragebogen die Einsatzbereiche von Robotern mit insgesamt sechs Items abgefragt. Die Einsatzbereiche sind hierbei an die in den Aussagen der Schülerinnen und Schüler erwähnten Einsatzbereiche angelehnt. Auch hier ist ein freies Feld ergänzt, sodass die Schülerinnen und Schüler weitere Einsatzbereiche nennen können. Der nächste Themenblock beinhaltet Items zur Bewegung von Robotern. Hier sind Items enthalten, die aus den Subkategorien der thematischen Hauptkategorie „Bewegungsmöglichkeiten“ abgeleitet wurden. Zusätzlich dazu wurden Items aus der Theorie übernommen, bei denen insbesondere die Echtzeitanforderungen berücksichtigt wurden (siehe Kapitel 2.3). Der nächste Abschnitt des Fragebogens beinhaltet Behauptungen in Bezug auf die Umgebungswahrnehmung, die auch auf der dazugehörigen Subkategorie und den darin enthaltenen Schüleraussagen basieren. Auch hier wurden Aspekte, die in der theoretischen Auseinandersetzung diskutiert wurden aufgenommen, die sich insbesondere mit Echtzeitanforderungen auseinandersetzen. Die letzten zwei Abschnitte des Fragebogens befassen sich mit der Lernfähigkeit und der Kommunikation mit Robotern. In Ergänzung zu den aus dieser Untersuchung erlangten Erkenntnisse wurden auch einzelne Items aus den Befunden abgeleitet, die im Stand der Forschung thematisiert wurden (siehe Kapitel 3.4). Der Fragebogen ist dem Anhang (siehe Anhang 8.6) zu entnehmen, eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Gütekriterien ist erst nach Durchführung der Befragung möglich.

## 6 Diskussion und Ausblick

Einhergehend mit dem stetig fortschreitenden technologischen Fortschritt auf dem Gebiet der Robotik und der Tatsache, dass die niedersächsische Landesregierung den Entschluss gefasst hat, mit dem Dobot einen Vertreter der Roboter in die Schulen zu bringen, ist es von hoher Bedeutung, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Roboter in didaktischen Entscheidungen zu berücksichtigen. Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden Daten zu den Schülervorstellungen hinsichtlich Roboter auf qualitativem Wege erhoben, damit daraus ein quantitatives Forschungsinstrument entwickelt werden kann, mit welchem diese Vorstellungen generalisierbar werden. Mit diesem Vorgehen soll ein erster Schritt dahingehend geleistet werden, dass didaktisch-methodische Entscheidungen gezielt auf diese Vorstellungen ausgelegt und gemäß angemessenen Strategien gehandelt werden kann. Auch ist die Durchführung qualitativer Studien im Zuge der Unterrichtspraxis aus Gründen der Zeitökonomie nicht besonders praktikabel. Mit dem Fragebogen soll es Lehrkräften ermöglicht werden, die Vorstellungen gezielt und effektiv innerhalb der Lerngruppe zu erfassen, um entsprechend darauf reagieren zu können. Damit zusammenhängend war die erste übergeordnete Fragestellung dieser Arbeit:

1. *Welche Schülervorstellungen zu Robotern sollten im Unterricht aufgegriffen werden, um mögliche Lernhemmnisse zu beseitigen?*

Auf Grundlage der Interviewdaten und unter Zuhilfenahme der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse ist es gelungen, ein Kategoriensystem zu entwickeln, welches die Heterogenität der Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter aufzeigt. Allgemein betrachtet, stellen sich die Schülerinnen und Schüler unter einem Roboter autonome, intelligente und häufig auch sprechende Systeme vor, die vielfältige Aufgaben erledigen können. Bezugnehmend auf die in Kapitel 2.1 hergeleitete Arbeitsdefinition in Bezug auf klassische Roboter ist allerdings festzuhalten, dass die Schülerinnen und Schüler teilweise Probleme damit haben trennscharf zwischen Robotern und anderen technischen Artefakten zu unterscheiden. Der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler sind humanoide Roboter bekannt, welche sie aus Filmen und Videospielen kennen. Hierbei wird dieses Kriterium auch häufig von den Schülerinnen und Schülern genutzt, um zwischen Robotern und anderen Maschinen abzugrenzen. Die Vielfalt der Roboter wird hierbei nicht erkannt.

Auch haben viele Schülerinnen und Schüler argumentiert, dass die Bewegung den Roboter besonders macht. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass auch Geräte wie beispielsweise ein Mixer als Roboter aufgeführt werden und die Anzahl der Freiheitsgrade nur bei wenigen Schülerinnen und Schülern eine Rolle spielt. Bei den wenigen Schülerinnen und Schülern, auf die das zutrifft, wird gesagt, dass Roboter sich im Gegensatz zu anderen Maschinen frei bewegen können, was häufig auch an die humanoiden Darstellungen in Filmen angelehnt wird. Eine weitere Vorstellung hinsichtlich der Bewegung von Robotern bezieht sich auf den dazugehörigen Antrieb. Einige Schüler haben die Vorstellung, dass Roboter ähnlich wie bei Autos durch Verbrennungsmotoren angetrieben werden, wobei die fachlich korrekte Sichtweise einen hydraulischen, pneumatischen, aber überwiegend elektrischen Antrieb von Robotern vorsieht (vgl. Gerke, 2015, S. 148 ff.). Es ist also mit Bezug darauf zu berücksichtigen, dass klare Kriterien in Bezug auf Roboter diskutiert und an Beispielen festgemacht werden müssen, sodass die Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit erlangen, zwischen Fantasie und Realität in Bezug auf technische Realisierbarkeit abgrenzen zu können. Der Blick in den theoretischen Überbau dieser Arbeit zeigt, dass auch die Fachwissenschaft uneinig darüber ist, wie ein Roboter zu definieren ist (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. VIII). In Anbetracht dieser Tatsache ist es von großer Relevanz, dass sich die Didaktik mit Klassifizierungen aus der Fachwissenschaft auseinandersetzt und diese versucht, für die Unterrichtsziele zu strukturieren. Hier ist insbesondere die finale Zweckursache immer in den Vordergrund zu rücken, da sich anhand dieser in den meisten Fällen auch die Klassifizierungen herleiten lassen.

In Bezug auf die Umgebungswahrnehmung ist eine bei Schülerinnen und Schülern dieses Samples weit verbreitete Vorstellung, dass die Roboter ihre Umgebung „einscannen“. Hierbei kann der Roboter laut den Schülerinnen und Schülern entweder über Röntgenstrahlen oder anderen elektromagnetischen Wellen außerhalb des sichtbaren Bereichs die Umgebung einscannen und verschiedenste Informationen erhalten (beispielsweise auch das Alter eines Menschen, aber auch einfache Informationen wie Abstände). Dass keine Röntgenstrahlen zum Einsatz kommen liegt allein schon aufgrund der damit einhergehenden Gefahr für Menschen auf der Hand. Die Vorstellung weist also einerseits eine Diskrepanz auf, ist allerdings dennoch anknüpfungsfähig, da manche Roboter mit LIDAR-Systemen arbeiten, um räumliche Informationen zu erhalten (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 179).

Hier sind der Vorgang und die Programmierung also zu thematisieren, damit die Schülerinnen und Schüler eine Vorstellung darüber bekommen, inwiefern solche „Scanprozesse“ in der Realität ablaufen und welche Informationen man dadurch erhält. An dieser Stelle bieten sich beispielsweise bereits günstige LIDAR-Systeme an, die mit gängigen Microcontrollern wie dem Arduino angesteuert werden können<sup>3</sup>. Ähnlich wie die Vorstellung hinsichtlich der Scanprozesse ist die Vorstellung hinsichtlich der Umgebungswahrnehmung über Schallwellen. Schülerinnen und Schüler sehen diesen Prozess eher als Black-Box an und es besteht kein verfestigtes Konzept. Dies bietet die Möglichkeit, an diese Ausgangsthesen anzuknüpfen und diese ähnlich wie beim LIDAR-System unter Zuhilfenahme von Microcontrollern zu thematisieren. Viele Schülerinnen und Schüler sehen allerdings gar nicht Sensoren für die Wahrnehmungen verantwortlich, sondern das Programm. Demnach ist es notwendig, die Position jedes Gegenstandes im Raum innerhalb des Programmes zu definieren, sodass der Roboter sich in diesem orientieren kann. Diese Vorstellung lehnt also an eine reine symbolische Repräsentation der Umgebung an, die wie sich gezeigt hat nicht ausreichend ist, um auf Veränderungen der Umwelt flexibel zu reagieren (vgl. Mainzer, 2019, S. 143 f.). Es bietet sich also an, die jeweiligen Bestandteile wie Sensorik, Verarbeitung und Aktorik nach dem EVA-Prinzip aufzuschlüsseln und zu thematisieren, sodass an die jeweiligen Vorstellungen angeknüpft werden kann. Eine letzte Vorstellung hinsichtlich der Umgebungswahrnehmung bezieht sich auf humanoide Roboter. Hier stellen sich die Schülerinnen und Schüler vor, dass die Sensoren, überwiegend Kameras, an der Position angebracht sind, wo bei uns Menschen die Augen sind. Diese Vorstellung weicht nicht von den Fachwissenschaften ab, da bei humanoiden Robotern versucht wird, die Sensoren so auszulegen, dass diese möglichst nah der Positionierung der menschlichen Rezeptoren liegen (vgl. Siciliano, Khatib, 2016, S. 1795). Das Problem bei dieser Vorstellung ist allerdings, dass die Schülerinnen und Schüler einen 360° Blick beschreiben, welcher bei der Positionierung der Kameras nur dann möglich wäre, wenn der Kopf der Roboter transparent gestaltet würde. Meistens sind es servobetriebene Kameras, die eine eingeschränkte Aufnahmeweite haben und beispielsweise zur Gesichtserkennung eingesetzt werden (vgl. ebd.). Zusammengefasst lässt sich also auch hier sagen, dass die Schülerinnen und Schüler über keine konsensfähigen Vorstellungen verfügen und es häufig den Anschein hat, dass ad-hoc Vorstellungen entwickelt werden.

---

<sup>3</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=VhbFbxyOI1k>

Eine ebenfalls große Heterogenität zeigt sich in den Vorstellungen hinsichtlich des Roboterlernens. Die meisten Schülerinnen und Schüler haben die Vorstellung, dass die Lernprozesse über die Programmierung initiiert werden, was sich mit der fachlichen Ansichtweise deckt. Das Problem ist allerdings, dass häufig schon die reine Programmierung von Bewegungsabläufen als Lernprozess angesehen wird. Der Roboter baut demnach keine Verbindungsgewichte auf, sondern führt die vorprogrammierten Programmabläufe nur aus ohne etwas zu systematisieren. Es ist also wichtig zwischen intelligenten und nicht intelligenten Systemen zu unterscheiden, um diese Vorstellung zu umgehen. Nur wenige Schülerinnen und Schüler sehen den Lernprozess als Ursache von Datenansammlung und wenn ja, dann ohne, dass eine Systematisierung dieser genannt wird.

Bezugnehmen auf die Kommunikation mit Robotern bestehen bei den Schülerinnen und Schülern ebenfalls sehr heterogene Vorstellungen. Etwas weniger als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler geht davon aus, dass die Roboter ferngesteuert werden und nutzen Vergleiche zu Controllern aus Videospielen oder Fernbedienungen. Diese Vorstellung steht nicht im Einklang mit der in vielen Definitionen auftauchenden Autonomie der Roboter, da manche Schülerinnen und Schüler sich vorstellen, dass jede einzelne Bewegungen teleoperiert wird und das Zusammenspiel der Kinematik aus einem gewissen Feingefühl des Menschen hinter dem Controller resultiert. Hinsichtlich der Programmierung von Robotern haben die meisten Schülerinnen und Schüler keine gefestigten Vorstellungen und es werden Analogien zum Beispiel zu Skizzen für den 3D-Druck aufgebaut, um den Prozess der Programmierung zu beschreiben. Es wird von den meisten Schülerinnen und Schülern erkannt, dass eine gewisse Sprache benötigt wird, sodass der Roboter auf die Befehle reagieren kann, aber mehr auch nicht. Das liegt daran, dass die meisten Schülerinnen und Schüler noch keine Erfahrungen in der Programmierung von Robotern sammeln konnten. So hat lediglich ein Schüler von Erfahrungen mit LEGO-Mindstorms an einem außerschulischen Lernort berichtet. Diese Vorstellungen entwickeln sich entsprechend erst dann, wenn die Schülerinnen und Schüler selber Erfahrungen machen konnten, weshalb eine Erhebung nach ersten Berührungspunkten mit der Programmierung durchaus sinnvoll ist. Zusammengefasst kann also gesagt werden, dass ziemlich stark divergierende Schülervorstellungen zu den einzelnen Themenbereichen bestehen.

Die Schülerinnen und Schüler sind durchaus dazu in der Lage zwischen Realität und Fiktion abzugrenzen, allerdings fehlen die Bezüge zur Realität, wodurch die fiktionalen Systeme bei der Befragung in den Vordergrund rücken. Aufgefallen ist, dass immer wieder Rückbezüge auf beispielsweise Filmroboter zu erkennen sind, die die Schülerinnen und Schüler dazu nutzen, um sich die Aspekte des Interviews zu erklären.

Die zweite übergeordnete Forschungsfrage hatte zum Ziel, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler im Zusammenhang zum theoretischen Überbau zu operationalisieren. Mit der Erarbeitung des Aufbaus des Fragebogens ist auf diese Frage bereits eine Antwort gegeben worden, da es sich als am sinnvollsten herausgestellt hat, eben die vorhandenen Vorstellungen, welche in Subkategorien aufgeteilt wurden, zu nutzen, um den Grad der Globalisierung dieser Vorstellungen quantitativ untersuchen zu können. Hierzu konnten die Aussagen innerhalb der Subkategorien in ihrem Abstraktionsgrad gesenkt werden, um daraus Items für den Fragebogen zu formulieren. Ergänzend dazu wurden Aspekte aus dem theoretischen Überbau herangezogen, die in einem Zusammenhang zu den geäußerten Vorstellungen stehen. Auf diese Weise konnten Items formuliert werden, die insbesondere auf Fähigkeitszuschreibungen und damit einhergehende Grenzen abzielen. Es bietet sich mit Fertigstellung des Fragebogens dementsprechend an, diesen zu streuen und den Generalisierungsgrad der Schülervorstellungen zu untersuchen. Weiterhin ist es im Zuge dessen sinnvoll zu untersuchen, inwiefern Zusammenhänge zwischen den einzelnen Themenblöcken bestehen und, ob bestimmte Themen miteinander korrelieren.

Schlussendlich lässt sich sagen, dass mit dieser Untersuchung Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter rekonstruiert werden konnten, wobei sich herausgestellt hat, dass sich die in Kapitel 3.1 vorgenommene Begriffsunterscheidung zwischen Vorstellungen und Konzepten als durchaus sinnvoll erwiesen hat. Viele Schülerinnen und Schüler haben keine gefestigten Konzepte in Bezug auf einzelne Aspekte der Robotik. Vielmehr nutzen sie verschiedene Erfahrungen aus ihrer Lebenswelt, um sich Dinge zu erklären und hierbei treten Filme und Videospiele häufig in den Vordergrund. Damit zusammenhängend würde es sich anbieten, eine Studie durchzuführen, die sich angelehnt an die Untersuchung von Ruge (2015) mit einer Systematisierung von Robotern in Filmen und Videospielen auseinandersetzt.

Die Schülerinnen und Schüler haben teilweise konkrete Namen von Filmen genannt, die in den Transkripten enthalten respektive aus dem Codebuch entnommen werden können. Viele Schülerinnen und Schüler beziehen sich aber auch auf Videospiele, zu denen keine empirischen Ergebnisse in Bezug auf die Darstellung von Robotern vorliegen. Auch hier wäre eine Systematisierung oder gar ein didaktisches Konzept zur Einbindung von Videospiele in die Unterrichtsdiskussion über Roboter von großem Interesse. Insgesamt fehlt wie bereits erwähnt eine didaktisch aufgearbeitete Strukturierung des inhaltlichen Spektrums um den Roboter, da das Feld ziemlich unübersichtlich und weit gesteckt ist. Mit dieser Arbeit konnte, wenn man nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion geht, der hermeneutisch-analytische Teil und der empirische Teil geleistet werden. Der empirische Teil ist mit der Streuung des Fragebogens zu erweitern, was allerdings in Gänze fehlt ist der konstruktive Teil. Es gilt nun die hier erhaltenen Einblicke in die Schülervorstellungen dazu zu nutzen, Unterrichtsinhalte didaktisch zu strukturieren. Aufbauend darauf sollten Untersuchungen zur Erweiterung des empirischen Teils folgen, mit denen Prä- und Postkonzepte untersucht werden, um didaktische Entscheidungen bewerten zu können. Bezugnehmend auf die Ergebnisse dieser Untersuchung sind allerdings auch Grenzen aufzuführen. Besonders im Hinblick auf das übergeordnete fachliche Thema dieser Arbeit ist es in der Untersuchung schwergefallen, die wichtigen Aspekte der Robotik einzugrenzen. Besonders hinderlich waren hier die Vielfalt und Komplexität unterschiedlicher Systeme. Eine mögliche Lösung für dieses Problem besteht darin, dass man sich statt dem ganzen Feld einzelne Robotersysteme heranzieht und die Schülervorstellungen mithilfe von Fokusinterviews untersucht. Auf diese Weise lassen sich Schülervorstellungen besser einordnen und konkretisieren.

## 7 Literaturverzeichnis

- Adamina, M., Kübler, M., Kalcsis, K., Bietenhard, S., Engeli, E., 2018: „*Wie ich mir das denke und vorstelle...*“ *Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Afflerbach, T., 2021: *Serviceroboter. Digitalisierung von Dienstleistungen aus Kunden-, Mitarbeiter- und Managementperspektive*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Asal, K., Burth, H-P., 2016: *Schülervorstellungen zur Politik in der Grundschule. Lebensweltliche Rahmenbedingungen, politische Inhalte und didaktische Relevanz. Eine theoriegeleitete empirische Studie*. Opladen, Berlin & Toronto: Budrich UniPress.
- Ausubel, D-P., 1968: *a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston
- Bauer, C., 2014: *Neues Konzept zur Bewegungsanalyse und -synthese für humanoide Roboter basierend auf Vorbildern aus der Biologie*. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Bendel, O., 2021: *Soziale Roboter. Technikwissenschaftliche, wirtschaftswissenschaftliche, philosophische, psychologische und soziologische Grundlagen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Beran, T-N., Ramirez-Serrano, A., Kuzyk, R., Fior, M., Nugent, S., 2011: *Understanding how children understand robots: Perceived animism in child-robot interaction*. In: Elsevier: International Journal of Human-Computer Studies 69 (2011). S. 539-550.
- Blume, J., 2014: *Methoden und Anwendungen zur intuitiven Mensch-Roboter-Interaktion*. Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigten Dissertation. Online abgerufen unter: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1207786/1207786.pdf> (abgerufen am: 01.04.2022).
- Buxbaum, H-J., 2020: *Mensch-Roboter-Kollaboration*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Christaller, T., Decker, M., Gilsbach, J.-M., Hirzinger, G., Lauterbach, K., Schweighofer, E., Schweitzer, G., Sturma, D., 2001: *Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft, Mit 77 Abbildungen und Tabellen*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- DAK, 2019: *Computerspiele: 465.000 Jugendliche sind Risiko-Gamer. Neue Studie von DAK-Gesundheit und Deutschen Zentrum für Suchtfragen untersucht auch Geldausgaben bei 12-bis 17-Jährigen*. Pressestelle DAK-Gesundheit. Hamburg, 5. März 2019. Online abgerufen unter: <https://www.dak.de/dak/download/pressemitteilung-computerspielsucht-2103412.pdf> (abgerufen am: 01.04.2022).

- De Florio-Hansen, I., 2020: *Digitalisierung, Künstliche Intelligenz und Robotik. Eine Einführung für Schule und Unterricht. 1. Auflage.* München, New York: Waxmann Verlag GmbH.
- Denk, C-A., 2019: *Lernförderliche Methoden für einen Conceptual Change von Schülervorstellungen zum Aufbau der Erde.* Bayreuther Graduiertenschule für Mathematik und Naturwissenschaften: *Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades.* Online abgerufen unter: <https://epub.uni-bayreuth.de/4381/1/EPub%20Dissertation%20Catharina%20Denk.pdf> (abgerufen am: 28.03.2022).
- Dresing, T., Pehl, T., 2018: *Praxisbuch Interview, Transkription und Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende. 8. Auflage.* Marburg: Eigenverlag.
- Döbel, I., Leis, M., Vogelsang, M-M., Neustroev, D., Petzka, H., Riemer, A., Rüping, S., Voss, A., Wegele, M., Welz, J., 2018: *Maschinelles Lernen. Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung.* In Kooperation mit: Forschungszentrum Maschinelles Lernen im Fraunhofer-Cluster of Excellence Cognitive Internet Technologies. Online abgerufen unter: [https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer\\_Studie\\_ML\\_201809.pdf](https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer_Studie_ML_201809.pdf) (abgerufen am: 02.04.2022).
- Döring, N., Bortz, J., 2006: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 4. Überarbeitete Auflage.* Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Döring, N., Bortz, J., 2016: *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Mit 194 Abbildungen und 167 Tabellen. Unter Mitarbeit von Sandra Pöschl.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Ertel, W., 2021: *Grundkurs Künstliche Intelligenz. Eine praxisorientierte Einführung. 5. Auflage.* Wiesbaden: Springer Fachmedien GmbH.
- Fendt, T., 2019: *Schülervorstellungen im Zentrum des Unterrichtsgesprächs. Ko-konstruktive Lernprozesse im Chemieunterricht.* Bamberg: University of Bamberg Press.
- Gabriel, S., Hütthaler, M., Nader, M., 2019: *Sichtweise von Studierenden der Primarstufe im sechsten Semester.* In: Elmenreich, W., Reinhold, R., Schallegger, F-S., Gabriel, S., Pölsterl, G., Ruge, W-B., 2018: *Savegame. Agency, Design, Engineering.* Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Gerke, W., 2015: *Technische Assistenzsysteme. Vom Industrieroboter zum Roboterassistenten.* Berlin/München/Boston: Walter de Gruyter GmbH.
- Gropengießer, H., Marohn, A., 2018: *Schülervorstellungen und Conceptual-Change.* In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H., (Hrsg.) 2018: *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung.* (S. 49-69).

- Grundwald, A., Hillerbrand, R., 2021: *Handbuch Technikethik. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage*. Berlin: J.B. Metzler; Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Hardy, I., Meschede, N., 2018: *Schülervorstellungen – lern- und entwicklungspsychologische Grundlagen*. In: Adamina, M., Kübler, M., Kalcsis, K., Bietenhard, S., Engeli, E., (Hrsg.) 2018: „*Wie ich mir das denke und vorstelle...*“ *Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. S. 21-33.
- Hartinger, A., Murmann, L., 2018: *Schülervorstellungen erschließen – Methoden, Analyse, Diagnose*. In: Adamina, M., Kübler, M., Kalcsis, K., Bietenhard, S., Engeli, E., (Hrsg.) 2018: „*Wie ich mir das denke und vorstelle...*“ *Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. S. 51-62.
- Haun, M., 2013: *Handbuch Robotik. Programmieren und Einsatz intelligenter Roboter. 2. Auflage*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Helfferich, C., 2011: *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. 4. Auflage*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hermann, I., 2020: *Künstliche Intelligenz in der Science-fiction: mehr Magie als Technik*. In: Ahner, H., Metzger, M., Nolte, M., 2020: *Von Menschen und Maschinen: Interdisziplinäre Perspektiven auf das Verhältnis von Gesellschaft und Technik in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft; Proceedings der 3. Tagung des Nachwuchsnetzwerkes „INSIST“05.-07. Oktober 2018, Karlsruhe (INSIST-Proceedings 3)*. Online abgerufen unter: <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/67663> (abgerufen am: 08.04.2022).
- Hussy, W., Schreier, M., Echterhoff, G., 2013: *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor. 2., überarbeitete Auflage. Mit 54 Abbildungen und 23 Tabellen*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek, M., 1997: *Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion-Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*. ZfdN, Heft 3, 1997, S. 3-18
- Kaufmann, S-H., 2021: *Schülervorstellungen zu Geradengleichungen in der vektoriellen Analytischen Geometrie*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Kuckartz, U., 2018: *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage*. Weinheim: Beltz Juventa.

- Kölling, M., 2021, 2. Juli: *Roboter in der Sinnkrise*. Neue Züricher Zeitung. Online abgerufen unter: <https://www.nzz.ch/wirtschaft/roboter-pepper-in-der-sinnkrise-ld.1632985> (abgerufen am: 01.05.2022).
- Krüger, H., 2009: *Robotik und Ethik*. Diplomarbeit an der Fachhochschule Potsdam. Online abgerufen unter: <https://www.google.com/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjK0NmziYz3AhVeSPEDHbQdCCsQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fopus4.kobv.de%2Fopus4-fhpotsdam%2Ffiles%2F111%2F10073.pdf&usg=AOvVaw1NQlyXovopWMOWZ0OZJlab> (abgerufen am: 28.03.2022).
- Könitz, C., 2022: *Editorial: Die Darstellung von künstlichem Leben in Computerspielen. Konstruktionsprinzipien von Bildungspotenzialen im Kontext einer komparativen Methodologie. MedienPädagogik (Künstl. Leben in Computerspielen, 1-21*. Online abgerufen unter: <https://www.medienpaed.com/article/view/1451/1116> (abgerufen am: 10.04.2022).
- Lamnek, S., 2005: *Qualitative Sozialforschung. 4. Auflage*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Landesinitiative n-21, 2021: *Mensch – Roboter – Kollaboration – Robonatives. Ein Projekt im Rahmen des Masterplans Digitalisierung*. Projektflyer, online abgerufen unter: [https://www.n-21.de/pics/medien/1\\_1574769889/Flyer\\_MRK\\_-\\_Robonatives\\_A4\\_04-2021.pdf](https://www.n-21.de/pics/medien/1_1574769889/Flyer_MRK_-_Robonatives_A4_04-2021.pdf) (abgerufen am: 28.02.2022).
- Mainzer, K., 2019: *Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen? 2., erweiterte Auflage*. Berlin: Springer Verlag GmbH.
- Mareczek, J., 2020: *Grundlagen der Roboter – Manipulatoren – Band 1. Modellbildung von Kinematik und Dynamik*. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Mayring, P., 2010: *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11. Überarbeitete Auflage*. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.
- Mayring, P., 2015: *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarbeitete Auflage*. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.
- Mioduser, D., Kuperman, A., 2012: *Kindergarten Children's Perceptions of „Anthropomorphic Artifacts“ with Adaptive Behavior*. In: *Interdisciplinary Journal of e-Skills and Lifelong Learning* 8. DOI: 10.28945/1732. Online abgerufen unter: [https://www.researchgate.net/publication/268407635\\_Kindergarten\\_Children%27s\\_Perceptions\\_of\\_Anthropomorphic\\_Artifacts\\_with\\_Adaptive\\_Behavior](https://www.researchgate.net/publication/268407635_Kindergarten_Children%27s_Perceptions_of_Anthropomorphic_Artifacts_with_Adaptive_Behavior) (abgerufen am: 28.02.2022).

- Möller, K., 2018: *Die Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lernen im Sachunterricht*. In: Adamina, M., Kübler, M., Kalcsis, K., Bietenhard, S., Engeli, E., 2018 (Hrsg.): „*Wie ich mir das denke und vorstelle...*“ *Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. S. 35-50.
- Möller, K., Wyssen, H-P., 2018: *Technische Entwicklungen und Umsetzungen erschließen – und dabei Schülervorstellungen berücksichtigen*. In: Adamina, M., Kübler, M., Kalcsis, K., Bietenhard, S., Engeli, E., 2018 (Hrsg.): „*Wie ich mir das denke und vorstelle...*“ *Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. S. 157 - 174.
- Nepper, H-H., Gschwendtner, T., 2020: *Schüler- und Lehrervorstellungen zu ausgewählten technischen Grundlagen der Mechanik und Energieversorgung*. In: Zinn, B., Tenberg, R., Pittich, D., 2020: *Journal of Technical Education*. Band 8, Heft 1 (2020). S. 76-98.
- Nepper, H. H., Hecher, N., Ruch, A., Goreth, S., 2021: *Technische Vorstellungswelten von Schüler/inne/n. Roboter, roboterähnliche Maschinen und textile Wertschöpfungsketten*. In: MNU Journal 01/2021, 74. Jahrgang. S. 72-78.
- Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung, 2018: *Die Strategie Niedersachsens zur digitalen Transformation. Masterplan Digitalisierung*. Online abgelegt unter:  
[https://www.mw.niedersachsen.de/download/135324/Masterplan\\_Digitalisierung\\_Niedersachsen.pdf](https://www.mw.niedersachsen.de/download/135324/Masterplan_Digitalisierung_Niedersachsen.pdf)  
(abgerufen am: 28.02.2022).
- Omari, T., 2018: *Industrie 4.0 – Die Entwicklung der Robotik und ihre Auswirkungen auf zukünftige Arbeitsplätze (an Beispiel Medizinroboter)*. Bachelorarbeit an der Hochschule Mittweida. Online abgerufen unter: [https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/10508/file/Bachelorarbeit\\_T.Omari\\_04.10.18-1.pdf](https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/10508/file/Bachelorarbeit_T.Omari_04.10.18-1.pdf)  
(abgerufen am: 05.04.2022).
- Oubbati, M., 2009: *Einführung in die Robotik*. Institut für Neuroinformatik an der Universität Ulm. Online abgerufen unter: [https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website\\_uni\\_ulm/iui.inst.130/Mitarbeiter/oubbati/RobotikWS1113/OubbatiSkript.pdf](https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/iui.inst.130/Mitarbeiter/oubbati/RobotikWS1113/OubbatiSkript.pdf)  
(abgerufen am: 28.03.2022).
- Pijetlovic, D., 2020: *Das Potential der Pflege-Robotik. Eine systemische Erkundungsforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

- Plautz, A., Henkenberens, C., Deitschun, M., 2021: *Touri-Roboter Pepper aus Bremerhaven wird immer plietscher*. Buten un binnen am 21. November 2021. Online abgerufen unter: <https://www.butenunbinnen.de/nachrichten/tourismus-roboter-pepper-bremerhaven-100.html> (abgerufen am: 05.04.2022).
- Pott, A., Dietz, T., 2019: *Industrielle Robotersysteme. Entscheiderwissen für die Planung und Umsetzung wirtschaftlicher Roboterlösungen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Regenstein, K., 2010: *Modulare, verteilte Hardware-Software-Architektur für humanoide Roboter*. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Ruge, W-B., 2015: *Roboter im Science Fiction-Film. Eine Analyse filmischer Bildungspotentiale*. In: Hartung, A., Ballhausen, T., Trültzsch, W., Barberi, a., Kaiser-Müller, K., 2015: *Filmbildung im Wandel*. Wien: new academic press. Online abgerufen unter: [https://www.researchgate.net/publication/307477402\\_Filmbildung\\_im\\_Wandel\\_Mediale\\_Impulse\\_2](https://www.researchgate.net/publication/307477402_Filmbildung_im_Wandel_Mediale_Impulse_2) (abgerufen am: 01.04.2022).
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R., 2015: *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer Spektrum.
- Seeberger, T., 2019: *Design eines Vision-Roboterprogramms für den didaktischen Einsatz*. Hochschule Landshut: Bachelorarbeit. Online abgerufen unter: <https://opus4.kobv.de/opus4-haw-landshut/files/73/Masterdatei.pdf> (abgerufen am: 28.03.2022).
- Siciliano, B., Khatib, O., 2016: *Springer Handbook of Robotics. 2<sup>nd</sup> Edition with 1375 Figures and 109 Tables*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Stark, G., 2009: *Robotik mit MATLAB. Mit 101 Bildern, 33 Tabellen, 40 Beispielen, 55 Aufgaben und 37 Listings*. München: Carl Hanser Verlag.
- Steil, J-J., 2019: *Roboterlernen ohne Grenzen? Lernende Roboter und ethische Fragen*. In: Woopen, C., Jannes, M. (Hrsg.), 2019: *Roboter in der Gesellschaft. Technische Möglichkeiten und menschliche Verantwortung*. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019.
- Toussaint, M., Lang, T., Jetchev, N., 2020: *Kognitive Robotik – Herausforderung an unser Verständnis natürlicher Umgebungen*. In: at- Automatisierungstechnik 68 (2020), 8. Oldenbourg Verlag. (S. 4-10). Online abgerufen unter: <https://argmin.lis.tu-berlin.de/papers/13-toussaint-AT.pdf> (abgerufen am: 01.04.2022).
- Watzel, L., 2021: *Roboter: Wie menschlich sollen sie wirken?* mdr-Wissen, Stand 12.09.2021, 10 Uhr. Online abgerufen unter: <https://www.mdr.de/wissen/roboter-humanoid-wie-menschlich-sollen-sie-sein100.html> (abgerufen am: 05.04.2022).

- Weber, K., 2021: *Soziale Roboter in der Science-Fiction. Ein Bericht über das Verhältnis von Herr und Knecht mit wechselnden Rollen für Menschen und Roboter.* In: Bendel, O. (Hrsg), 2021: *Soziale Roboter. Technikwissenschaftliche, wirtschaftswissenschaftliche, philosophische, psychologische und soziologische Grundlagen.* Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 539-556.
- Werther, J., 2016: *Evolutionstheorie und naturwissenschaftliche Grundbildung. Präkonzepte von Kindern zur Anpassung von Lebewesen unter Berücksichtigung des Naturzugangs.* Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Woopen, C., Jannes, M., 2019: *Roboter in der Gesellschaft. Technische Möglichkeiten und menschliche Verantwortung.* Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019.
- Wüst, K., 2018: *Modul II 2004 im Studiengang BSc Ingenieur-Informatik. Grundlagen der Robotik. Skriptum. Stand: 25. Juni 2018.* Online abgerufen unter: <https://homepages.thm.de/~hg6458/Robotik/Robotik.pdf> (abgerufen am: 02.04.2022).
- Zech, H., 2020: *Risiken Digitaler Systeme: Robotik, Lernfähigkeit und Vernetzung als aktuelle Herausforderungen für das Recht.* (Weizenbaum Series 2). Berlin: Weizenbaum Institute for the Networked Society – The German Internet Institute. Online abgerufen unter: <https://doi.org/10.34669/wi.ws/2> (abgerufen am: 02.04.2022).

## 8 Anhang

### 8.1 „SPSS“-Leitfaden

#### Schritt 1&2: Sammeln und Prüfen

1. Was stellst du dir unter einem Roboter vor?
2. Welche Funktionen hat ein Roboter?
3. Wie sieht ein Roboter aus?
4. Was denkst du können Roboter heutzutage?
5. Welche Roboterarten kennst du?
6. Kannst du mir beschreiben, wie ein Roboter aufgebaut ist?
7. Was denkst du, wo werden Roboter eingesetzt?
8. Welche Aufgaben erledigen Roboter?
9. Denkst du, dass Roboter dem Menschen überlegen sind?
10. Worin denkst du sind Roboter dem Menschen überlegen?
11. Wie werden Roboter deiner Meinung nach angetrieben?
12. Kennst du Roboter und könntest du sie mir mal beschreiben?
13. Woher kennst du die Roboter und was können sie da?
14. Wenn du Roboter mit anderen Maschinen vergleichen müsstest, wo wären da die Unterschiede?
15. Aus welchem Material besteht ein Roboter deiner Meinung nach?
16. Kannst du mir beschreiben, wie ein Roboter denn weiß, was er tut?
17. Was denkst du muss man tun, damit ein Roboter funktioniert?
18. Worin unterscheiden sich die verschiedenen Roboter die du kennst?
19. Kennst du Filme oder Videospiele in denen Roboter vorkommen? Wenn ja, kannst du mir mal beschreiben was die da so können?
20. Denkst du, dass die Roboter in Filmen und Videospiele realisierbar sind und warum?
21. Wo werden Roboter deiner Meinung nach am häufigsten eingesetzt und warum werden sie gerade dort eingesetzt?
22. Meinst du, ein Roboter kann seine Umgebung erkennen?
23. Wie denkst du läuft das ab, wenn ein Roboter seine Umgebung erkennt?
24. Über welche Fähigkeiten verfügen Roboter?
25. Können sich Roboter fortbewegen? Wie denkst du funktioniert das?

26. Wie denkst du, weiß ein Roboter, welche Aufgabe er gerade erledigen soll?
27. Mit welchen Werkzeugen erledigt der Roboter denn seine Aufgaben?
28. Wie selbstständig ist ein Roboter deiner Meinung nach?
29. Kann man mit Robotern kommunizieren? Wie funktioniert das
30. Kannst du mir beschreiben, wie man mit einem Roboter kommunizieren kann?
31. Wofür können Roboter deiner Meinung nach noch eingesetzt werden?
32. Sind Roboter deiner Meinung nach intelligent?
33. Man nennt manche Roboter auch intelligent. Wieso denkst du nennt man sie so?
34. Welche Roboter kennst du und woher?
35. Woher kennst du diese Roboter?
36. Kannst du mir mal beschreiben, wie ein Roboter sich deiner Meinung nach bewegen kann?
37. Ein Roboter verfügt in der Regel über Sensoren. Weißt du wofür diese da sind?
38. Es gibt mittlerweile auch Roboter, die etwas lernen können. Wie denkst du lernen diese Roboter?
39. Kann ein Roboter deiner Meinung nach Gefühle haben? Wenn ja, warum?
40. Was braucht es, damit ein Roboter funktioniert und warum?
41. Ich habe hier ein Bild mitgebracht, auf dem mehrere Dinge zu sehen sind. Kannst du mir begründet sagen, was davon ein Roboter für dich ist?
42. Welche Sprache sprechen Roboter?
43. Woran denkst du, wenn du das Wort Roboter hörst?
44. Bist du schon einmal einem Roboter begegnet? Was konnte dieser Roboter?
45. Kannst du dir Roboter im Haushalt vorstellen oder kennst du schon welche?
46. Wie denkst du kann man einem Roboter mitteilen, was er machen soll?
47. Wozu dient deiner Meinung nach ein Roboter?
48. Welchen Nutzen haben Roboter deiner Meinung nach?
49. Wie sieht ein Roboter aus?
50. Würdest du mir beschreiben, welche Aufgaben Roboter erledigen können?
51. Welchen Sinn siehst du in Robotern?

Prüffragenlegende:

Prüffrage 1: Faktenfragen

Prüffrage 2: Offene Antwort?

Prüffrage 3: Bereits empirisch erschlossen?

Prüffrage 4: gerichteter Charakter?

Prüffrage 5: Abstraktionsgrad: allgemeine Beantwortung des Forschungsziels?

### Schritt 3: Sortieren

Übrig:

1. Welche Funktionen hat ein Roboter?
2. Wie sieht ein Roboter aus?
3. Was denkst du können Roboter heutzutage?
4. Welche Roboterarten kennst du?
5. Kannst du mir beschreiben, wie ein Roboter aufgebaut ist?
6. Was denkst du, wo werden Roboter eingesetzt?
7. Welche Aufgaben erledigen Roboter?
8. Denkst du, dass Roboter dem Menschen überlegen sind?
9. Worin denkst du sind Roboter dem Menschen überlegen?
10. Kennst du Roboter und könntest du sie mir mal beschreiben?
11. Woher kennst du die Roboter und was können sie da?
12. Wenn du Roboter mit anderen Maschinen vergleichen müsstest, wo wären da die Unterschiede?
13. Kannst du mir beschreiben, wie ein Roboter denn weiß, was er tut?
14. Was denkst du muss man tun, damit ein Roboter funktioniert?
15. Worin unterscheiden sich die verschiedenen Roboter die du kennst?
16. Kennst du Filme oder Videospiele in denen Roboter vorkommen? Wenn ja, kannst du mir mal beschreiben was die da so können?
17. Denkst du, dass die Roboter in Filmen und Videospielen realisierbar sind und warum?
18. Wo werden Roboter deiner Meinung nach am häufigsten eingesetzt und warum werden sie gerade dort eingesetzt?
19. Wie denkst du läuft das ab, wenn ein Roboter seine Umgebung erkennt?
20. Über welche Fähigkeiten verfügen Roboter?
21. Wie denkst du, weiß ein Roboter, welche Aufgabe er gerade erledigen soll?
22. Wie selbstständig ist ein Roboter deiner Meinung nach?
23. Kannst du mir beschreiben, wie man mit einem Roboter kommunizieren kann?
24. Wofür können Roboter deiner Meinung nach noch eingesetzt werden?
25. Man nennt manche Roboter auch intelligent. Wieso denkst du nennt man sie so?
26. Welche Roboter kennst du und woher?

27. Kannst du mir mal beschreiben, wie ein Roboter sich deiner Meinung nach bewegen kann?
28. Es gibt mittlerweile auch Roboter, die etwas lernen können. Wie denkst du lernen diese Roboter?
29. Was braucht es, damit ein Roboter funktioniert und warum?
30. Ich habe hier ein Bild mitgebracht, auf dem mehrere Dinge zu sehen sind. Kannst du mir begründet sagen, was davon ein Roboter für dich ist?
31. Woran denkst du, wenn du das Wort Roboter hörst?
32. Wie denkst du kann man einem Roboter mitteilen, was er machen soll?
33. Wozu dient deiner Meinung nach ein Roboter?
34. Welchen Nutzen haben Roboter deiner Meinung nach?
35. Wie sieht ein Roboter aus?--> Doppelt
36. Würdest du mir beschreiben, welche Aufgaben Roboter erledigen können?
37. Welchen Sinn siehst du in Robotern?

Kategorien:

Bündel 1: Roboter Allgemein

Bündel 2: Fähigkeiten von Robotern

Bündel 3: Kommunikation mit Robotern

**Schritt 4: Subsumieren**

Bündel 1:

1. Wie sieht ein Roboter aus?
2. Welche Roboterarten kennst du?
3. Kannst du mir beschreiben, wie ein Roboter aufgebaut ist?
4. Was denkst du, wo werden Roboter eingesetzt?
5. Kennst du Roboter und könntest du sie mir mal beschreiben?
6. Wenn du Roboter mit anderen Maschinen vergleichen müsstest, wo wären da die Unterschiede?
7. Worin unterscheiden sich die verschiedenen Roboter die du kennst?
8. Kennst du Filme oder Videospiele in denen Roboter vorkommen? Wenn ja, kannst du mir mal beschreiben was die da so können?
9. Wo werden Roboter deiner Meinung nach am häufigsten eingesetzt und warum werden sie gerade dort eingesetzt?

10. Welche Roboter kennst du und woher?
11. Ich habe hier ein Bild mitgebracht, auf dem mehrere Dinge zu sehen sind. Kannst du mir begründet sagen, was davon ein Roboter für dich ist?
12. Woran denkst du, wenn du das Wort Roboter hörst?
13. Wozu dient deiner Meinung nach ein Roboter?
14. Welchen Nutzen haben Roboter deiner Meinung nach?
15. Welchen Sinn siehst du in Robotern?

Abgeleitete Erzählaufforderung: Es gibt mittlerweile viele Roboter, die die verschiedensten Dinge erledigen. Würdest du mir bitte erzählen, welche Roboter du kennst und wo diese eingesetzt wurden?

Bündel 2:

1. Welche Funktionen hat ein Roboter?
2. Was denkst du können Roboter heutzutage?
3. Welche Aufgaben erledigen Roboter?
4. Denkst du, dass Roboter dem Menschen überlegen sind?
5. Worin denkst du sind Roboter dem Menschen überlegen?
6. Woher kennst du die Roboter und was können sie da?
7. Denkst du, dass die Roboter in Filmen und Videospielen realisierbar sind und warum?
8. Wie denkst du läuft das ab, wenn ein Roboter seine Umgebung erkennt?
9. Über welche Fähigkeiten verfügen Roboter?
10. Wie selbstständig ist ein Roboter deiner Meinung nach?
11. Wofür können Roboter deiner Meinung nach noch eingesetzt werden?
12. Man nennt manche Roboter auch intelligent. Wieso denkst du nennt man sie so?
13. Kannst du mir mal beschreiben, wie ein Roboter sich deiner Meinung nach bewegen kann?
14. Es gibt mittlerweile auch Roboter, die etwas lernen können. Wie denkst du lernen diese Roboter?
15. Würdest du mir beschreiben, welche Aufgaben Roboter erledigen können?

Abgeleitete Erzählaufforderung: Wir haben gerade sehr ausführlich darüber gesprochen, welche Roboter du kennst und wo diese eingesetzt werden. Jetzt geht es darum, was Roboter so alles können. Würdest du mir beschreiben, was ein Roboter deiner Meinung nach alles kann?

### Bündel 3:

1. Kannst du mir beschreiben, wie ein Roboter denn weiß, was er tut?
2. Was denkst du muss man tun, damit ein Roboter funktioniert?
3. Wie denkst du, weiß ein Roboter, welche Aufgabe er gerade erledigen soll?
4. Kannst du mir beschreiben, wie man mit einem Roboter kommunizieren kann?
5. Was braucht es, damit ein Roboter funktioniert und warum?
6. Wie denkst du kann man einem Roboter mitteilen, was er machen soll?

Abgeleitete Erzählaufforderung: Nachdem wir gerade darüber gesprochen haben, was ein Roboter deiner Meinung nach alles kann, möchten wir in diesem letzten Abschnitt darüber sprechen, wie der Roboter denn weiß, was er tun soll. Würdest du mir beschreiben, was ein Roboter braucht, um zu wissen, was er tun soll?

## 8.2 Interviewleitfaden nach Helfferich (2011)

Leitfrage (Erzählaufforderung)	Check – wurde das erwähnt? Memo für mögliche Nachfragen- nur stellen, wenn von allein nicht angesprochen! Formulierung anpassen.	Konkrete Fragen – bitte an passender Stelle (auch am Ende möglich) in dieser Formulierung stellen.	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen
<p><b>Teil 1: Präsenzte Roboter und deren Beschreibung.</b></p> <p>(Es gibt mittlerweile viele Roboter, die die verschiedensten Dinge erledigen. Heute soll es darum gehen, was dir so zu Robotern einfällt....)</p> <p><i>Würdest du mir bitte erzählen, was dir alles einfällt, wenn du an Roboter denkst?</i></p>	<p>Präsenzte Roboterarten?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Filme und Videospiele?</li> <li>b. Maschine die Aufgaben erledigt.</li> <li>c. LEGO Mindstorms</li> <li>d. Spielzeuge</li> <li>e. Haushaltsroboter (Staubsauger usw.)</li> <li>f. Unterschiede zwischen verschiedenen Roboter?</li> <li>g. Aussehen und Aufbau?</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hast du selber auch schon Erfahrungen mit Robotern gemacht?</li> <li>- Welche Roboter kennst du noch und woher?</li> <li>- Denkst du, dass die Roboter die du beschrieben hast echt sind?</li> <li>- Gibt es deiner Meinung nach Unterschiede zwischen Robotern und</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kannst du dazu noch mehr erzählen?</li> <li>- Und dann?</li> <li>- Kannst du ... noch ausführlicher beschreiben?</li> <li>- Kannst du mir den Roboter näher beschreiben?</li> </ul>

	<p>Zweck der Roboter?</p> <p>h. Wo werden Roboter allgemein eingesetzt?</p> <p>i. Wofür werden Roboter gebaut?</p>	<p>anderen Maschinen? Wenn ja, wo liegen diese?</p> <p>- Wo denkst du werden Roboter überall eingesetzt?</p>	
<p><b>Teil 2: Fähigkeiten eines Roboters</b></p> <p>Wir haben gerade sehr ausführlich darüber gesprochen, welche Roboter du kennst und wo diese eingesetzt werden. Jetzt geht es darum, was die Roboter so alles können.</p> <p><i>Würdest du mir beschreiben, was die Roboter, die du kennst, können?</i></p>	<p>Fortbewegung/Wahrnehmung</p> <p>a. Beine/Räder</p> <p>b. Sensorik/Kameras</p> <p>Effektoren?</p> <p>a. Greifer</p> <p>b. Schweißen etc.</p> <p>Lernfähigkeit?</p> <p>a. Was lernen die Roboter?</p> <p>b. Training?</p>	<p>- Es gibt Roboter, die sich bewegen können, wie denkst du machen die das?</p> <p>- Es gibt Roboter die ihre Umgebung wahrnehmen können. Wie denkst du funktioniert das?</p> <p>- Es gibt Roboter, die arbeiten können z.B. in einer Fabrik. Wie können sie das tun? Was brauchen sie dafür?</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es gibt auch Roboter, die etwas lernen können, was denkst du, wie geht das?</li> </ul>	
<p><b>Teil 3: Programmierung und Kommunikation</b></p> <p>Abgeleitete Erzählaufforderung: Nachdem wir gerade darüber gesprochen haben, was ein Roboter deiner Meinung nach alles kann, möchten wir in diesem letzten Abschnitt darüber sprechen, wie der Roboter denn weiß, was er tun soll.</p> <p><i>Würdest du mir beschreiben, wie man einem Roboter klar machen kann, was er tun soll?</i></p>	<p>Speicher?</p> <p>a. Wie kann sich ein Roboter die gegebenen Befehle merken?</p> <p>Programmierung?</p> <p>a. Wie kann man dem Roboter als Mensch vermitteln, was er machen soll?</p> <p>b. Programm/Algorithmus? Was steht im Programm? Koordinaten (Punkte) Schleifen etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kannst du mir beschreiben, wie man mit einem Roboter kommunizieren kann?</li> <li>- Woher weiß der Roboter was er tun muss?</li> <li>- Wie kann man einen Roboter programmieren?</li> </ul>	

### 8.3 Exemplarisches Interviewtranskript

I: So ich habe die Aufnahme gestartet, erstmal vielen Dank, dass du mitmachst! Ich weiß nicht, ob es dir schon gesagt wurde, aber es soll heute um Roboter gehen. Es gibt Roboter, die machen die verschiedensten Dinge und Heute soll es ein bisschen darum gehen, was du so über Roboter denkst. Und ich will vorab sagen, es gibt kein richtig und kein falsch, es geht wirklich nur darum, was du so über Roboter weißt und was du so kennst. Ja würdest du mir vielleicht bitte erzählen, was dir alles einfällt, wenn du an Roboter denkst? #00:00:26-6#

B1: Ja die sind aus Metall und sie können sprechen. Und sie können zum Beispiel fahren. Oder sie können auch etwas sagen oder ja. #00:00:42-1#

I: Und hast du selber auch schon mal Roboter gesehen oder Erfahrungen damit gemacht? #00:00:44-5#

B1: Nein habe ich noch nicht. #00:00:49-4#

I: Aus Filmen beispielsweise oder aus Spielen, kennst du daher irgendwelche Roboter? #00:00:52-3#

B1: Ja. #00:00:55-2#

I: Und wie sehen die da so aus? #00:00:55-2#

B1: Ja die sehen wie Menschen aus mit Beinen und Armen und einem Gesicht, oder so kleine Roboter halt. #00:01:04-0#

I: Und denkst du, dass Roboter wie sie so in Filmen und Videospiele sind, auch echt sind und es sowas auch in echt gibt? #00:01:07-2#

B1: Ja. #00:01:09-6#

I: Okay und kannst du mir mal beschreiben was die Roboter da so können? #00:01:09-4#

B1: Die können sprechen, Sachen nehmen und gehen (...). #00:01:19-9#

I: Okay und wenn du jetzt mal an Maschinen denkst und an Roboter, denkst du gibt es da Unterschiede? #00:01:27-5#

B1: Roboter sehen ein bisschen nach Menschen aus und Maschinen sehen einfach aus wie Maschinen. Sind halt nicht so menschlich aufgebaut. #00:01:42-3#

I: Okay und wenn du dir jetzt mal vorstellst, dass im realen Leben Roboter eingesetzt werden, wo denkst du werden die überall eingesetzt. #00:01:49-7#

B1: Zum Beispiel (...) wenn ein Mensch etwas will, dann kann der Roboter das nehmen und ihm geben (...) Also um dem Menschen zu helfen. #00:01:58-2#

I: Ja jetzt haben wir gerade darüber gesprochen was du so für Roboter kennst und jetzt wollen wir etwas genauer darüber sprechen, was Roboter so können. Und du hast ja gerade schon ein bisschen was zu menschenähnlichen Robotern gesagt und wenn du nochmal über diese nachdenkst, kannst du mir beschreiben, was die so alles können? #00:02:28-5#

B1: (...)weiß nicht. #00:02:45-1#

I: Gar nicht schlimm, ich habe mir ein paar Fähigkeiten der Roboter aufgeschrieben, über die wir sprechen können. Beispielsweise können sich Roboter bewegen. Wie denkst du funktioniert das? #00:02:44-0#

B1: In dem Roboter gibt es so (7) die bewegen sich halt mit Strom das sich diese Teile eben bewegen also so Motoren sind das glaube ich. #00:03:23-7#

I: Und womit bewegen sich diese Roboter? #00:03:35-4#

B1: Die bewegen sich mit so Beinen halt, manchmal gibt es auch welche mit Rädern. #00:03:35-3#

I: Kennst du welche, die sich so bewegen und kannst du mir die beschreiben? #00:03:36-3#

B1: Ja zum Beispiel wie bei Star Wars dieser Metallroboter, der bewegt sich auch mit Beinen. Mehr weiß ich aber auch nicht dazu. #00:03:44-1#

I: Okay. Ja und dann gibt es Roboter die können ihre Umgebung wahrnehmen. Beispielsweise einen Raum und was sich in diesem so befindet. Wie denkst du funktioniert das? #00:03:50-8#

B1: Die sind von Menschen programmiert, wenn sie irgendwo sind, dass sie das wissen, dass sie da sind. #00:04:02-1#

I: Okay und wie sind die aufgebaut. Also was brauchen die so um zu wissen wo die sind? #00:04:07-8#

B1: Das funktioniert alles über das Programm denke ich. #00:04:13-4#

I: Okay und dann gibt es noch Roboter die arbeiten können. In Fabriken zum Beispiel. Wie können die das tun? #00:04:25-6#

B1: (...)Sie bauen die Maschine und dann programmieren sie das, dass sie das zum Beispiel also etwas zum Beispiel zu machen soll, dann macht der Roboter das zu. Der macht dann so bestimmte Aufgaben. #00:04:40-1#

I: Okay und dann gibt es noch Roboter die können etwas lernen. Wie denkst du kann ein Roboter etwas lernen? #00:04:48-8#

B1: (...)Es ist zum Beispiel so programmiert, also wenn ein Mensch das sagt, dann muss er das halt nehmen, zum Beispiel soll er wissen was der Mensch sagt. (...) Mehr weiß ich nicht(...) #00:05:05-0#

I: Ok. (..) Jetzt hast du gerade über das Programmieren geredet und wir wollen jetzt noch ein bisschen darüber reden, wie man einem Roboter eigentlich klar machen kann, was er tun soll. Wie macht man das, kannst du mir das einmal beschreiben? #00:05:22-7#

B1: (...)In dem Roboter ist sozusagen ein Computer und dann (..) stecken sie zum Beispiel ein Kabel rein und schreiben was er machen soll. Und dann macht der Roboter das. #00:05:55-5#

I: Das heißt man vermittelt dem Roboter als Mensch das ganze über das Programm? #00:06:02-9#

B1: Ja genau #00:06:04-6#

I: Okay und was meinst du, wie sieht so ein Programm aus? Also was steht da so alles drin? #00:06:06-3#

B1: Zum Beispiel steht da bewegen also Hände und Fuß bewegen oder halt was er noch so bewegen kann. Das was er halt so machen soll. #00:06:22-2#

I: Okay. Ich bin mit den Fragen soweit durch und vielleicht nutzen wir die restliche Zeit, um nochmal über die Roboter zu sprechen, die du kennst. Vielleicht kannst du mir diese nochmal ein bisschen näher beschreiben. Also so wie die aussehen und aufgebaut sind. #00:06:41-1#

B1: Es war ein Film, den habe ich gesehen. Da sah der Roboter wie ein Hund aus und da waren ganz viele Metalldinge (..) ganz viele Metallplatten und (.) Metallräder(..) und sowas. #00:07:02-3#

I: Okay der ist aber cool! Und hat er sich mit diesen Rädern auch bewegt? #00:07:02-2#

B1: Ja hat er der ist durch die Gegend halt gerollt. #00:07:07-2#

I: Hast du vielleicht auch schonmal Spielzeugroboter gehabt oder kennst du welche? Und wenn ja, was können die so? #00:07:14-5#

B1: Ja. Die können die Arme bewegen, wenn man dieses Steuerpult benutzt und sonst nicht viel. Die machen halt noch so Geräusche. #00:07:27-7#

I: Okay und kennst du vielleicht auch Roboter die im Haushalt arbeiten? #00:07:31-9#

B1: Ja zum Beispiel diesen Roboterstaubsauger. (...) Er putzt den Boden. #00:07:45-3#

I: Okay und wie denkst du funktioniert der? #00:07:45-3#

B1: (..)In dem Roboter ist ein Staubsauger drin und der ist zum Beispiel rund und dann drückt man den Knopf und dann fährt der und dann geht der Staubsauger an

und (...) er putzt dann das Haus. #00:08:06-6#

I: Und fährt der Staubsaugerroboter auch mal gegen Wände oder Gegenstände?  
#00:08:09-7#

B1: Ja und er kann auch sehen er hat sozusagen einen großen Knopf und wenn er irgendwo gegen stößt, dann dreht er sich um und fährt in eine andere Richtung. Er erkennt halt durch diesen Knopf, dass da ein Gegenstand ist. #00:08:30-1#

I: Kennst du vielleicht noch weitere Roboter aus dem Haushalt? #00:08:35-7#

B1: (...) ne mehr kenne ich nicht.(...) #00:08:46-6#

I: So ich gucke nochmal schnell, ob ich nicht etwas vergessen habe, aber wir sind so gut wie fertig!(...). Ja super, das war es schon. Ich bedanke ich, dass du mitgemacht hast und ich stoppe dann jetzt mal die Aufnahme. #00:09:08-2#

B1: Gerne doch! #00:09:09-4#

## 8.4 Begleitschreiben

Name Student: Dani Hamade

Kontakt Student: 017634590030, E-Mail: [dani.hamade@uni-oldenburg.de](mailto:dani.hamade@uni-oldenburg.de)

Adresse: Am Kampe 32, 49406 Barnstorf

Name der betreuenden Person der Hochschule Prof. Dr. Peter Röben

Lehreinheit Didaktik der Technik  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

### **Informationsschreiben und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an einer Datenerhebung**

Sehr geehrte Erziehungsberechtigte,

Ich führe im Rahmen meiner Masterarbeit eine Studie zu dem Thema „Untersuchung der Vorstellungen und Erklärungskonzepte von Schülerinnen und Schülern im Technikunterricht zum Thema Roboter“ durch. Dieses Projekt ist Bestandteil einer Studienleistung im Rahmen meiner Lehramtsausbildung.

Für die Datenerhebung möchte ich mit Schülerinnen und Schülern eine Erhebung durchführen, an der auch Ihr Kind selbst freiwillig teilnehmen soll. Hierfür bitte ich Sie als Erziehungsberechtigte um die Einwilligung zur Teilnahme Ihrer Tochter/Ihres Sohnes an dieser Erhebung.

#### **Projektbeschreibung**

In meiner Masterarbeit führe ich ein ca. 30minütiges Interview zur Diagnose von Schülervorstellungen durch, um daran sowohl grundlegende Forschungsmethoden zu üben als auch aus den Ergebnissen Rückschlüsse für die Planung und Reflexion von Unterricht zu ziehen. Der Unterrichtsinhalt „Roboter“ stellt einen wichtigen Baustein in der Vermittlung technischer Kenntnisse dar. Im Zuge der Digitalisierung des Arbeitsmarktes kommen Robotern eine immer größere Bedeutung zu. Damit den Schülerinnen und Schülern eine größtmögliche Teilhabe am Berufsleben ermöglicht werden kann, muss sich der Unterricht an den Erfahrungen, die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen, orientieren. Damit dies geschehen kann, habe ich ein Diagnoseinstrument entwickelt, mit welchem genau diese Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ermittelt werden sollen. Die Erhebung der Daten erfolgt durch mich und die Schülerinnen und Schüler, die an dieser Studie teilnehmen, werden durch mich interviewt. In diesem Interview soll es darum gehen, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Roboter zu erfragen. Hierzu habe ich grundlegende Leitfragen, die sich auf Roboter beziehen, die ich den Schülerinnen und Schülern stellen werde. Für die Auswertung werden die Interviews aufgezeichnet (nur Ton). Die Daten werden dann mit Literaturdaten zum Thema „Roboter“ verglichen, sodass Konsequenzen für die Planung von Unterricht gezogen werden können, die im Sinne der Schülerinnen und Schüler sind.

### **Freiwilligkeit der Datenerhebung**

Die Erhebung erfolgt freiwillig und nur mit Einverständnis aller Beteiligten bzw. der Erziehungsberechtigten. Jederzeit kann Ihr Sohn/Ihre Tochter die Teilnahme abbrechen oder Teile auslassen. Die Einwilligung kann (ohne Angabe von Gründen) grundsätzlich jederzeit bis zum Zeitpunkt der Durchführung der Erhebung mir gegenüber (Kontaktdaten s. oben) schriftlich widerrufen werden. Sofern die Einwilligung nicht erteilt oder später widerrufen wird, entstehen weder Ihnen als Erziehungsberechtigten noch Ihrer Tochter/Ihrem Sohn Nachteile, insbesondere hat dies keinerlei Auswirkungen auf die schulischen Belange.

### **Umgang mit den Daten**

Die Interviews werden vollkommen anonym geführt. Die Namen der teilnehmenden Personen werden weder erfragt, genannt, noch verarbeitet. Eine Zuordnung der Aussagen zu einzelnen Personen, die an dem Interview teilgenommen haben, ist nicht möglich.

Es geht nicht darum, das Verhalten oder die Leistung der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler zu bewerten. Die anonym erhobenen wie auch weiterverarbeiteten Daten aus den Interviews werden dazu genutzt, die Schülerantworten forschungsbezogen auszuwerten. Die Ergebnisse sowie exemplarische Beispiele von Schülerantworten werden hierbei vollkommen anonym behandelt.

Ich würde mich persönlich sehr freuen, wenn Sie die Erhebung mit Ihrer Einwilligung unterstützen. Ihre Einwilligung unterstützt mich aber auch andere Lehrkräfte dabei zu lernen, wie ein guter, an dem Lernen der Schülerinnen und Schüler orientierter Unterricht gestaltet werden kann.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Dani Hamade

Oldenburg, den 04.05.2022

## Einwilligungserklärung

Folgende Informationen habe ich zur Kenntnis genommen:

Die Erteilung meiner Einwilligung zu der im Informationsschreiben beschriebenen Verwendung der Daten ist freiwillig. Ich kann die Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen bis zum Zeitpunkt der Durchführung der Erhebung widerrufen.

Der Widerruf ist als formloses Schreiben zu richten an:

[dani.hamade@uni-oldenburg.de](mailto:dani.hamade@uni-oldenburg.de)

## Rückmeldung zur Teilnahme an einer Datenerhebung

Ich, \_\_\_\_\_ (Vorname, Name),

- willige ein  
 willige nicht ein,

dass meine Tochter/mein Sohn an der Erhebung von Herrn Hamade zum Thema Schülervorstellungen zu Robotern teilnehmen darf.

Die Informationen zum Vorhaben habe ich in dem Informationsschreiben vom \_\_\_\_\_ zur Kenntnis genommen.

---

(verpflichtend bei SchülerInnen unter 18 Jahren)  
Ort, Datum, Name und Unterschrift Erziehungsberechtigte/r

---

(verpflichtend für SchülerInnen ab 14 Jahren)  
Ort, Datum, Name, Unterschrift SchülerIn

# Codebuch

Schülervorstellungen in Bezug auf Roboter

02.06.2022

## Codesystem

1 Allgemeine Vorstellungen zu Robotern	29
1.1 Roboter sind autonom	3
1.2 Die Bewegung macht Roboter besonders	6
1.3 Roboter sind intelligent	4
1.4 Roboter sind im Vergleich zu anderen Maschinen menschenähnlich	6
1.5 Roboter können sprechen	5
1.6 Roboter sind Wesen aus Metall	2
1.7 Reale Erfahrungen mit Robotern	4
2 Roboterarten	48
2.1 Rasenmäherroboter	7
2.2 Staubsaugerroboter	10
2.3 Industrieroboter	15
2.4 Humanoide Roboter	9
3 Roboter in Filmen und Spielen	35
3.1 Roboter aus Videospiele	5
3.2 Fähigkeiten der Roboter aus den Filmen	5
3.3 Abgrenzung Realität vs Fiktion	13
3.4 Humanoide Roboter aus Filmen	13
4 Einsatzgebiete Roboter	18
4.1 Medizin/Pflege	3
4.2 Service	4
4.3 Haushalt	5
4.4 Militär/Polizei	5
4.5 Industrie	5
5 Fähigkeiten von Robotern	15
6 Technische Realisierung der Bewegungen	23
6.1 Bewegung mit Beinen	11
6.2 Bewegung mit Rollen/Rädern	9
6.3 Die Bewegung wird mithilfe von Elektromotoren umgesetzt	3
6.4 Antrieb durch Verbrennung	3
7 Umgebungswahrnehmung	22
7.1 Schallwellen	2
7.2 Kameras als "Sehorgan" der Roboter	5
7.3 Raum wird im Programm definiert	3
7.4 Scannervorstellung	7

8 Lernfähigkeit von Robotern	17
8.1 Lernen durch Kommunikation	3
8.2 Lernen durch Programmierung	7
8.3 Speichern als "Dazulernen"	3
8.4 Roboter lernen wie Kinder	2
9 Kommunikation mit Robotern	30
9.1 Sprachbefehle	3
9.2 Übersetzung in Programmiersprache/Maschinencode	12
9.3 Fernsteuerung	9

## 1 Allgemeine Vorstellungen zu Robotern

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, bei denen Schülerinnen und Schüler den Roboter als Spezies, also im weiten Sinne beschreiben.

Ankerbeispiel:

B1: Ja die sind aus Metall und sie können sprechen. Und sie können zum Beispiel fahren. Oder sie können auch etwas sagen oder ja. (Mädchen\B01: 2 - 2)

Erzeugung: deduktiv

### 1.1 Roboter sind autonom

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, bei denen die Schülerinnen und Schüler die Autonomie als etwas Besonderes beim Roboter ansehen.

Ankerbeispiel:

B12: Der Roboter macht halt alles von alleine und die Maschine muss man halt so per Knopf und so bewegen. (Jungen\B12: 41 - 41)

Erzeugung: induktiv

### 1.2 Die Bewegung macht Roboter besonders

Unter diesen Subcode fallen alle Aussagen, in denen Schülerinnen und Schüler die Bewegung als Besonderheit des Roboters in Abgrenzung zu anderen Maschinen sehen.

Ankerbeispiel:

B4: Ja auf jeden Fall, dass die ziemlich eingeschränkt sind, also die Maschinen. Weil Roboter können sich meistens ziemlich frei bewegen denke ich (Jungen\B04: 35 - 35)

Erzeugung: induktiv

### 1.3 Roboter sind intelligent

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, bei denen Schülerinnen und Schüler Roboter mit etwas Intelligentem assoziieren.

Ankerbeispiel:

B3: Wenn ich an Roboter denke, denke ich zuerst an so etwas wie eine künstliche Intelligenz. (Jungen\B03: 5 - 5)

Erzeugung: induktiv

### 1.4 Roboter sind im Vergleich zu anderen Maschinen menschenähnlich

Hier werden alle Segmente codiert, bei denen Schülerinnen und Schüler Roboter in Abgrenzung zu Maschinen als etwas Menschenähnliches sehen.

Ankerbeispiel:

B1: Roboter sehen ein bisschen nach Menschen aus und Maschinen sehen einfach aus wie Maschinen. Sind halt nicht so menschlich aufgebaut. (Mädchen\B01: 14 - 14)

Erzeugung: induktiv

### 1.5 Roboter können sprechen

In diese Kategorie fallen alle Aussagen, in denen die Schülerinnen und Schüler den Robotern die Fähigkeit des Sprechens zuweisen.

Ankerbeispiel:

I: Okay und können die ganz frei sprechen, wie wir Menschen? #00:04:13-3#

B2: Die sprechen halt so ein bisschen robotermäßig. Die sagen halt das (..) wie die einprogrammiert sind also das was die halt sagen sollen. #00:04:32-6# (Jungen\B02: 22 - 23)

Erzeugung: induktiv

### 1.6 Roboter sind Wesen aus Metall

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, in denen Roboter als metallische Artefakte beschrieben werden.

Ankerbeispiel:

B11: Ja so zum Beispiel so komische riesige (..) sich bewegende Dinger aus Metall (...) die können laufen und die können springen und so (Jungen\B11: 3 - 3)

Erzeugung: induktiv

### 1.7 Reale Erfahrungen mit Robotern

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, in denen die Schülerinnen und Schüler über eigene Erfahrungen mit Robotern berichten.

Ankerbeispiel:

B13: Ja nämlich als ich vor kurzem im Universum war, da war ein Roboter, der war bestimmt so 1,40m groß, also schon relativ groß, der hatte unten zwar keine Beine, sondern zwei Rollen und oben dann einen Oberkörper und der ist da auch frei herumgefahren mit seiner eigenen Meinung und man konnte den antippen und mit dem interagieren. Also als wäre das wirklich ein kleiner Mensch. (Jungen\B13: 27 - 27)

Erzeugung: induktiv

## 2 Roboterarten

Hierunter werden alle in den Aussagen aufgeführten und beschriebenen Roboterarten aufgeführt.

Ankerbeispiel:

B14: Roboter wie beispielsweise diese Staubroboter (...) Roboter, die so in Restaurants helfen. (Mädchen\B14: 11 - 11)

Erzeugung: Deduktiv

## 2.1 Rasenmäroboter

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, bei denen Rasenmäroboter beschrieben werden.

Ankerbeispiel:

B12: Rasenmäroboter. Der fährt halt einfach durch den Garten und schneidet mit seinen Klängen ab. (Jungen\B12: 25 - 25)

Erzeugung: induktiv

## 2.2 Staubsaugerroboter

Unter diese Kategorie fallen alle Aussagen, die in Bezug auf die Roboterart des Staubsaugerroboters getätigt werden.

Ankerbeispiel

B12: Ja der ist rund und der hat unten so ein paar (...) so (...) wie vom Besen diese Teile(...) Bürsten und dann dreht der und saugt das ein mit so ein bisschen Luft. Dann filtert der das und man kann es in den Müll werfen. (Jungen\B12: 23 - 23)

Erzeugung: induktiv

## 2.3 Industrieroboter

In diese Kategorie fallen alle Aussagen, in denen die Schülerinnen und Schüler sich auf industrielle Anwendungen von Robotern beziehen.

Ankerbeispiel:

(...) es gibt verschiedene, manchmal denke ich auch an die industriellen Roboter, die dann zum Beispiel beim Autobau helfen oder bei anderen Aufgaben. (Jungen\B13: 5 - 5)

Erzeugung: induktiv

## 2.4 Humanoide Roboter

Diese Kategorie umfasst alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen Roboter mit humanoiden Robotern assoziiert werden.

Ankerbeispiel:

B8: Halt sozusagen Menschen, so in mechanisch. #00:00:31-3#

I: Ok und (.) kannst du mir dazu noch mehr erzählen? #00:00:34-5#

B8: Also halt vielleicht solche Menschen die mechanisch sind und für Menschen irgendwelche Sachen machen, zum Beispiel (...) einen Teller bringen oder so. #00:00:46-7# (Jungen\B08: 3 - 5)

## 3 Roboter in Filmen und Spielen

In diese Kategorie fallen alle Aussagen, in denen die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen mit Robotern aus Filmen und Videospielen äußern.

Ankerbeispiel:

Oder zum Beispiel aus Filmen kennt man die Roboter, die ziemlich menschenrecht aussehen und (...). ja. #00:01:26-5# (Jungen\B13: 5 - 5)

### 3.1 Roboter aus Videospiele

In dieser Kategorie werden alle Aussagen aufgeführt, in denen die Schülerinnen und Schüler über Roboter aus Videospiele berichten.

Ankerbeispiel:

B12: Zum Beispiel aus dem einen Spiel, ich weiß gerade nicht mehr wie das heißt, der ist groß und kann laufen und der kann aus seinen Händen so schießen und kann sich bewegen. Man kann da auch einsteigen und den von innen steuern. #00:01:42-1#

I: Und was kann man da so steuern, wenn man in dem drin ist? #00:01:45-1#

B12: Ja halt die Raketen und seine Bewegungen. #00:01:52-0# (Jungen\B12: 11 - 13)

Erzeugung: induktiv

### 3.2 Fähigkeiten der Roboter aus den Filmen

Diese Kategorie umfasst alle Aussagen, in denen die Schülerinnen und Schüler über die Fähigkeiten der Roboter aus Filmen berichten.

Ankerbeispiel:

I: Okay und was können die da so? #00:01:56-0#

B9: Fliegen, (...) können(...) ja die gehorchen Befehlen von jemanden und sind sehr intelligent und manche haben ihr eigenes Leben. #00:02:14-9# (Jungen\B09: 14 - 15)

Erzeugung: induktiv

### 3.3 Abgrenzung Realität vs Fiktion

In diese Kategorie fallen alle Aussagen, aus denen hervorgeht, inwiefern die Schülerinnen und Schüler zwischen realen Robotern und jenen aus Filmen abgrenzen.

Ankerbeispiel:

B13: Also es gibt ja manche Filme, da heißt es dann, dass die Roboter eine Revolution starten gegen die Menschen, da wäre ich mir jetzt nicht all zu sicher, dass das wirklich passieren könnte, außer man macht etwas falsches. Aber zum Beispiel die Roboter, die jetzt wirklich aussehen wie Menschen, wo du von außen gar nicht erkennst, dass es Roboter sind, das glaube ich nicht, dass so etwas im realen Leben möglich ist. #00:03:07-9#

I: Also, dass die wirklich auch aussehen wie Menschen richtig dann? #00:03:09-0#

B13: Ja also mit einer Haut als Beispiel, also so ein Gewebe drüber, dass dann wirklich aussieht wie Haut. Das ne, das glaube ich nicht. #00:03:19-9# (Jungen\B13: 11 - 13)

Erzeugung: induktiv

### 3.4 Humanoide Roboter aus Filmen

Diese Kategorie umfasst alle SchülerInnenaussagen, in denen humanoide Roboter aus Filmen beschrieben werden.

Ankerbeispiel:

B13: Ja meistens sind die ja (..) also aufgebaut wie ein Mensch mit Armen, Beinen und so und es gibt auch welche, die haben statt Beine Rollen oder welche die sehen eher aus wie kleine Wägelchen oder so etwas. #00:01:54-4# (Jungen\B13: 7 - 7)

Erzeugung: induktiv

## 4 Einsatzgebiete Roboter

Diese Hauptkategorie umfasst alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen verschiedene Einsatzbereiche von Robotern aufgeführt werden.

Ankerbeispiel:

B11: In Fabriken(...) zuhause(...). #00:03:37-8#

I: Und was machen die zuhause so? #00:03:38-5#

B11: Ja so Saugroboter und so. #00:03:44-9# (Jungen\B11: 29 - 31)

Erzeugung: deduktiv

### 4.1 Medizin/Pflege

In diese Kategorie fallen alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen sie Robotereinsatzgebiete dem medizinischen Sektor zuschreiben.

Ankerbeispiel:

B13: Es gibt ja auch noch diese Prototypen für die Endoskelette, das heißt, wo jetzt ein Mann, k eine Ahnung, der querschnittsgelähmt ist, der noch laufen kann, weil er dann von solchen metallischen Skeletten umgeben ist, also außenrum. #00:05:25-8# (Jungen\B13: 23 - 23)

Erzeugung: induktiv

### 4.2 Service

In diese Kategorie fallen alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen sie Robotereinsatzgebiete dem Service-Sektor (hiermit sind nicht direkt Serviceroboter, sondern Bereiche wie die Gastronomie gemeint) zuschreiben.

Ankerbeispiel:

(...)oder zum Beispiel die Roboter bei den Restaurant, die so Teller bringen. An der Nordsee habe ich so etwas schon einmal glaube ich gesehen. #00:05:07-4# (Jungen\B11: 43 - 43)

Erzeugung: induktiv

### 4.3 Haushalt

In diese Kategorie fallen alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, bei denen der Robotereinsatz im Haushalt beschrieben wird.

Ankerbeispiel:

B3: Ja halt den Alltag des Menschen erledigen. Die sollen halt den Platz des Menschen im Haushalt einnehmen und deren Aufgaben erledigen. Zum Beispiel Wäsche machen, ja sowas halt. #00:03:34-6# (Jungen\B03: 27 - 27)

Erzeugung: induktiv

#### 4.4 Militär/Polizei

In diese Kategorie fallen alle Beschreibungen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf den Einsatz von Robotern im militärischen Bereich oder bei der Polizei.

Ankerbeispiel:

B9: Vielleicht bei der Armee oder so, oder bei der Polizei, dann ist die Polizei nicht mehr überlastet oder so. (Jungen\B09: 31 - 31)

Erzeugung: induktiv

#### 4.5 Industrie

In dieser Kategorie sind alle Aussagen aufgeführt, in denen die Schülerinnen und Schüler die Industrie als Einsatzbereich des Roboters beschreiben.

Ankerbeispiel:

B13: Also ich weiß auf jedenfall im Autobau, das habe ich schon mehrfach gesehen. Es gibt aber auch viele andere Möglichkeiten, zum Beispiel allgemein in manchen Fabriken. Das Problem daran meiner Meinung nach ist einfach, dass viele Arbeitsstellen, die dann von Menschen waren, gestrichen wurden. Das ist ja auch in vielen Filmen so gezeigt worden, aber ich kann mir auch gut vorstellen, mein Vater, also mein Stiefvater, der arbeitet als Lasertechniker und (..) da sind auch so Roboter im Gebrauch, weil so ein Laser wiegt ja auch ein bisschen was und (..) ja. #00:04:57-0# (Jungen\B13: 21 - 21)

Erzeugung: induktiv

### 5 Technische Realisierung der Bewegungen

Unter diese Hauptkategorie fallen alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen die Umsetzung der Bewegung bei Robotern beschrieben werden.

Ankerbeispiel:

B14: Also mit(..) die werden oder sind ja allein elektrisch, dass die da irgendeinen bestimmten Motor haben, die das dann bewegen oder, dass die vielleicht mit irgendeiner Fernbedienung gesteuert werden. #00:06:08-8#

I: Okay und wenn du mal an den Staubsaugerroboter denkst, den du am Anfang genannt hast, wie bewegt sich der? #00:06:13-6#

B14: Ich denke immer, dass der irgendwie von den Bürsten auch gleichzeitig geschoben wird. #00:06:30-1# (Mädchen\B14: 31 - 33)

Erzeugung: deduktiv

#### 5.1 Bewegung mit Beinen

Diese Subkategorie umfasst alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen die Bewegung der Roboter mithilfe von Beinen beschrieben wird.

Ankerbeispiel:

B1: Ja zum Beispiel wie bei Star Wars dieser Metallroboter, der bewegt sich auch mit Beinen. Mehr weiß ich aber auch nicht dazu. #00:03:44-1# (Mädchen\B01: 24 - 24)

Erzeugung: induktiv

## 5.2 Bewegung mit Rollen/Rädern

Diese Kategorie umfasst alle Beschreibungen in Bezug auf Roboterbewegung durch Räder.

Ankerbeispiel:

B10: Die haben meistens Rollen unten und da ist dann auch eine Mechanik dahinter, dass die sich von selber bewegen können oder auch mit Fernbedienung, sehr unterschiedlich. #00:06:13-5 (Mädchen\B10: 43 - 43)

Erzeugung: induktiv

## 5.3 Die Bewegung wird mithilfe von Elektromotoren umgesetzt

Alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen die Bewegungsabläufe angetrieben durch Elektromotoren beschrieben werden.

Ankerbeispiel:

B1: In dem Roboter gibt es so (7) die bewegen sich halt mit Strom das sich diese Teile eben bewegen also so Motoren sind das glaube ich. #00:03:23-7# (Mädchen\B01: 20 - 20)

Erzeugung: induktiv

## 5.4 Antrieb durch Verbrennung

Alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen eine Verbrennung für den Bewegungsantrieb verantwortlich gemacht wird.

Ankerbeispiel:

I: Und wie kommt diese Bewegung zustande? #00:07:40-9#

B10: Also durch verschiedene Energie, zum Beispiel man kann ja so Stoffe verbrennen und dadurch hat man dann Bewegungsenergie und dann denke ich, dass das auch damit zusammenhängt. Wie bei so einem Automotor zum Beispiel. #00:07:59-6# (Mädchen\B10: 50 - 51)

Erzeugung: induktiv

## 6 Umgebungswahrnehmung

Diese Hauptkategorie beinhaltet alle Aussagen, in denen die Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit von Robotern beschreiben, ihre Umgebung wahrzunehmen.

Ankerbeispiel:

B14: Wahrscheinlich haben die so einen Scanner in sich drin, dass die dann scannen können, was da ist und zum Beispiel beim Staubroboter kann er das scannen und dann beim Scannen sieht er OH SCHRANK oder STUHL. Der kann die Umgebung halt so einscannen. #00:06:56-3#

I: Wie denkst du funktioniert das jetzt genau, wenn der scannt? #00:07:05-5#

B14: Vielleicht hat der irgendwo so etwas wie ein kleines Schießrohr, wo er dann so Strahlen rauschießt, die wir Menschen nicht sehen können, die dann so hoch und runter gehen und dann scannt der das so. #00:07:20-9# (Mädchen\B14: 35 - 37)

Erzeugung: deduktiv

### 6.1 Schallwellen

Diese Kategorie beinhaltet alle Aussagen, in denen die Schülerinnen und Schüler Schall für die Umgebungswahrnehmung verantwortlich machen.

Ankerbeispiel:

B10: Also ich würde es so wie bei einer Feldermaus so denken, dass die halt so Schall oder so etwas, dass man halt merkt, dass da etwas im Weg ist. Aber es gibt ja zum Beispiel auch Rasenmäherroboter, dass man so eine Leitung verlegt, dass die so laufen, wie die Kabel sagen, wie man dahin soll. #00:06:45-2# (Mädchen\B10: 45 - 45)

Erzeugung: induktiv

### 6.2 Kameras als "Sehorgan" der Roboter

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, in denen die Schülerinnen und Schüler beschreiben, dass Kameras für die Umgebungswahrnehmung zuständig sind.

Ankerbeispiel:

B8: Vielleicht haben sie eine Kamera und irgendwie eine bestimmte Sache, wo sie dann wissen, wo sie fahren können (Jungen\B08: 47 - 47)

Erzeugung: induktiv

### 6.3 Raum wird im Programm definiert

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, in denen die Schülerinnen und Schüler keine direkte Umgebungswahrnehmung, sondern eine vorab Definition des Raumes für die Orientierung verantwortlich sehen.

Ankerbeispiel:

B14: Wenn man zum Beispiel eintippt, zum Beispiel das Bett oder wenn es da mehrere Betten gibt, dann kann man das Bett genau beschreiben, wie zum Beispiel links, rechts oder links neben dem ganz rechten oder halt in der Mitte. Dass man halt eintippt, wo die Gegenstände im Raum sind (Mädchen\B14: 55 - 55)

Erzeugung: induktiv

### 7.4 Scannervorstellung

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, in denen die Schülerinnen und Schüler sagen, dass der Roboter seine Umgebung mit einem Scanner "abscannt".

Ankerbeispiel:

B14: Wahrscheinlich haben die so einen Scanner in sich drin, dass die dann scannen können, was da ist und zum Beispiel beim Staubroboter kann er das scannen und dann beim Scannen sieht er OH SCHRANK oder STUHL. Der kann die Umgebung halt so einscannen. #00:06:56-3#

I: Wie denkst du funktioniert das jetzt genau, wenn der scannt? #00:07:05-5#

B14: Vielleicht hat der irgendwo so etwas wie ein kleines Schießrohr, wo er dann so Strahlen rauschießt, die wir Menschen nicht sehen können, die dann so hoch und runter gehen und dann scannt der das so. #00:07:20-9# (Mädchen\B14: 35 - 37)

Erzeugung: induktiv

## 7 Lernfähigkeit von Robotern

In dieser Hauptkategorie sind alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler enthalten, in denen sie die Lernfähigkeit von Robotern beschreiben.

Ankerbeispiel:

B14: Die haben ja jetzt kein Gehirn, so wie wir Menschen, vielleicht speichern die das in (...) ihrer Festplatte. #00:08:45-1#

I: Kannst du mir das näher beschreiben? Also wenn die jetzt etwas bestimmtes lernen, wie speichern die das ab? #00:08:51-1#

B14: Fotokameras können ja auch Sachen speichern so auf Karten, vielleicht haben Roboter auch so etwas wo sie sich dann ein Bild davon machen können und danach (..) verarbeitet die Elektrizität das und dann können die das auf einmal auch. #00:09:09-6# (Mädchen\B14: 43 - 45)

Erzeugung: deduktiv

### 7.1 Lernen durch Kommunikation

In dieser Subkategorie sind alle Aussagen gefasst, in denen die Schülerinnen und Schüler die Kommunikation durch Sprache mit dem Roboter für das Roboterlernen ursächlich ansehen.

Ankerbeispiel:

B12: Ja halt, wenn man dem das sagt und die das auswendig lernen und das dann auch können. Zum Beispiel wie bei Hunden oder so. #00:10:54-9#

I: Kannst du mir das näher beschreiben? #00:10:54-8#

B12: Man bringt das dem bei, beispielsweise macht man das öfter mit dem zum Beispiel so SITZ sagen und dann machen die das irgendwann von alleine. #00:11:01-3# (Jungen\B12: 73 - 75)

Erzeugung: induktiv

### 7.2 Lernen durch Programmierung

Hier werden alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler codiert, in denen sie die Programmierung als ursächlich für das Roboterlernen sehen.

Ankerbeispiel:

B5: Wenn man zum Beispiel für Autos irgendetwas baut, dass das jemand davor dann irgendwie alles programmiert und so. Also man bringt dem das vorher schon über das Programm bei, dann kann er das immer wieder wiederholen. #00:06:54-8# (Mädchen\B05: 63 - 63)

Erzeugung: induktiv

### 7.3 Speichern als "Dazulernen"

Hierunter werden alle Aussagen gefasst, bei denen die Schülerinnen und Schüler die Speicherung von Daten als ursächlich für das Roboterlernen ansehen.

Ankerbeispiel:

B14: Die haben ja jetzt kein Gehirn, so wie wir Menschen, vielleicht speichern die das in (...) ihre r Festplatte. #00:08:45-1#

I: Kannst du mir das näher beschreiben? Also wenn die jetzt etwas bestimmtes lernen, wie speichern die das ab? #00:08:51-1#

B14: Fotokameras können ja auch Sachen speichern so auf Karten, vielleicht haben Roboter auch so etwas wo sie sich dann ein Bild davon machen können und danach (..) verarbeitet die Elektrizität das und dann können die das auf einmal auch. #00:09:09-6# (Mädchen\B14: 43 - 45)

Erzeugung: induktiv

#### 7.4 Roboter lernen wie Kinder

Hier werden alle Aussagen codiert, in denen die Schülerinnen und Schüler das Roboterlernen mit dem Lernen bei Kindern assoziieren.

Ankerbeispiel:

B13: Wahrscheinlich wie so ein Kind in der ersten Klasse lernt. Da wird jetzt gesagt als Beispiel A wie Apfel und B wie Banane und das prägt der sich so ein bisschen ein, dass (...) ist dann etwas neues in seinem Programm, in diesen Zeilen da. #00:09:52-6#

I: Und denkst du, dass der Roboter das dann auf Anhieb alles kann? #00:09:55-8#

B13: Wahrscheinlich schon, also ich glaube nicht, dass er dann noch ein paar Jährchen braucht, um das nochmal zu üben, wie ein Mensch das braucht, sondern da das dann ja in seinem Code eingeschrieben ist und er es als Beispiel nur wiederrufen muss und deswegen glaube ich ist es dann auch direkt eingepägt. #00:10:15-7# (Jungen\B13: 37 - 39)

Erzeugung: induktiv

#### 8 Kommunikation mit Robotern

In dieser Kategorie werden alle Aussagen codiert, in denen die Schülerinnen und Schüler den Prozess der Kommunikation mit Robotern beschreiben.

Ankerbeispiel:

B10: Also es ist ja immer so eine Festplatte auf jedenfall da, wo man das dann hinein schreibt und diese seltsamen Computersprachen, die ich nie in meinem Leben verstehen werde (lacht), dass man da irgendwelche Sachen dann halt so formuliert, dass der Roboter das versteht. #00:10:37-3# (Mädchen\B10: 65 - 65)

Erzeugung: deduktiv

##### 8.1 Sprachbefehle

Hier werden Aussagen codiert, in denen die Schülerinnen und Schüler die Sprachsteuerung als verantwortlich für die Kommunikation mit dem Roboter sehen.

Ankerbeispiel:

B10: Es gibt ja so etwas wie Sprachfunktionen, dass man halt sagt Alexa Licht an oder so und (Alexa geht an und sagt, "Wohnzimmer unterstützt das nicht") (lacht). #00:09:29-5#

I: Guck mal jetzt ist Alexa sogar angegangen (lacht). #00:09:33-2# (Mädchen\B10: 59 - 60)

Erzeugung: induktiv

## 8.2 Übersetzung in Programmiersprache/Maschinencode

In dieser Subkategorie werden alle Aussagen codiert, in denen die Schülerinnen und Schüler die Programmiersprache beziehungsweise einen Maschinencode für die Kommunikation mit Robotern verantwortlich sehen.

Ankerbeispiel:

B12: Also irgendwie muss der ja die Sprache verstehen. Wie bei dem 3D Drucker zum Beispiel. Also muss man da auch irgendwie so eine Skizze machen und dann einfach loslegen und auf Start drücken, das ist bei Robotern auch so, nur, dass man den Raum dann zeichnet, in dem er zum Beispiel ist. #00:13:03-1 (Jungen\B12: 93 - 93)

Erzeugung: induktiv

## 8.3 Fernsteuerung

Hier werden alle Aussagen codiert, in denen die Schülerinnen und Schüler beschreiben, dass Roboter teleoperiert werden.

Ankerbeispiel:

Das beispielsweise (...) man hat halt einen Controller oder irgendetwas, womit man den Roboter steuern kann und dann ist das mit dem Roboter verbunden und so kann man die einzelnen Bewegungen und dieses Ganze (..) auswählen, also, dass er das macht. #00:14:05-8# (Jungen\B03: 71 - 71)

Erzeugung: induktiv

## **8.6 Fragebogenlink**

<https://www.surveio.com/survey/d/Y5D6A3S6S1S5K2D2X>

Der Fragebogen wird stetig weiterentwickelt. Die Veränderungen im Fragebogen werden automatisch aktualisiert.

## **A      Abschließende Erklärung**

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Oldenburg, den 02.06.2022