

Ein Modell zur Analyse von Vorstellungen über Roboter und ihrer Funktionsweise

Kathrin Müller, Carsten Schulte¹

Abstract: Kinder wachsen heute in einer Welt auf, in der sie immer früher und häufiger digitalen Artefakten begegnen. Daher wird auch die Forderung nach informatischer Bildung für Kinder in der Primarstufe immer größer. Informatische Bildung sollte Kindern ermöglichen, Informatiksysteme, deren Funktionsweise sowie unterschiedliche Rollen im Alltag wahrnehmen zu können. Als exemplarisches Informatiksystem werden hier Roboter verwendet. Doch mit welchen eigenen Vorstellungen begegnen die Kinder diesen Robotern? Bisherige Studien konzentrieren sich besonders auf Fragen wie: Sind Roboter lebendig? Sind Roboter intelligent? In diesem Artikel stellen wir ein Modell vor, welches auf Basis der Ergebnisse vorangegangener Studien und dem Ansatz der Dualitätsrekonstruktion entwickelt wurde. Mit diesem Modell ist es möglich, Vorstellungen zur Funktionsweise und Rollen von Robotern zu analysieren und klassifizieren. Es ermöglicht, einen Überblick über unterschiedliche Vorstellungen der Kinder zu bekommen und somit eine darauf abgestimmte informatische Bildung konzipieren zu können, welche die vorhandenen Vorstellungen zielgerichtet erweitern oder ggf. auch verändern kann.

Keywords: Informatik in der Primarstufe, Roboter, Schülervorstellungen

1 Einleitung

Durch die Tatsache, dass Kinder immer früher und häufiger mit digitalen Artefakten in Berührung kommen, wird auch die Forderung nach einer entsprechenden informatischen Bildung immer größer. Diese sollte es Kindern ermöglichen, Informatiksysteme, deren Funktionsweise sowie unterschiedliche Rollen im Alltag wahrnehmen zu können. Für einen anschaulichen Unterricht und einen Lebensweltbezug, wurden und werden zahlreiche Informatiksysteme für den Unterricht entwickelt. Besonders hervorzuheben sind hier Roboter. Sie existieren in unterschiedlichen Formen in der Lebenswelt der Kinder (Spielzeug, Filme, Haushalt) und bereits für die frühe informatische Bildung in KiTa und Grundschule.

Doch mit welchen eigenen Vorstellungen begegnen die Kinder digitalen Artefakten und besonders diesen Robotern? Zahlreiche vorangegangene Studien (siehe Abschnitt 2) konzentrieren sich besonders auf Fragen wie: Sind Roboter lebendig? Sind Roboter intelligent, etc. Hinsichtlich eines Systemverständnisses in Verbindung mit der Programmierung des Roboters ist uns kaum Forschung bekannt. Diese Forschungslücke sollte unserer Meinung

¹ Universität Paderborn, Didaktik der Informatik, Fürstenallee 11, 33102 Paderborn, [vorname].[nachname}@uni-paderborn.de

nach im Hinblick auf die informatische Bildung geschlossen werden. Roboter stehen hier nur exemplarisch für eine wichtige Klasse von digitalen Artefakten. Andere digitale Artefakte funktionieren nach denselben oder zumindest ähnlichen Prinzipien.

Robotern wird noch eher als anderen digitalen Artefakten entsprechendes autonomes und intentionales Verhalten zugetraut (per Definition der Technologiekategorie), da sie bewusst für eine solche Wahrnehmung und solchen Einsatz (vgl. die Forschungsrichtung *social robotics*) entwickelt und entworfen werden. Arthur C. Clarke [Wi16] geht sogar soweit, dass jede hinreichend fortgeschrittene Technologie nicht von Magie zu unterscheiden sei. Wir wissen aus vielen Praxisbegegnungen, -berichten und Forschungsergebnissen, dass Computertechnologie an sich vermenschlicht wird (Elektronengehirn, ...). Es ist daher eine Aufgabe der informatischen Bildung, diese vorunterrichtlichen Alltagsvorstellungen aufzugreifen und ihnen angemessene Vorstellungen über die tatsächlichen Wirkprinzipien gegenüberzustellen. Daher bietet sich die Nutzung dieser Technologie besonders an, da ihre Faszination zu Neugier und Hinterfragen anregt, und andererseits hier die Neigung bzw. Zuschreibung von menschlichen Eigenschaften vermutlich noch größer ist. An diesem Gegenstand lässt sich also besonders gut erforschen, welche Vorstellungen Kinder haben, und mit welchen didaktischen Konzepten diese verändert bzw. angereichert werden können.

In diesem Papier stellen wir ein Modell vor, welches Ergebnisse vorangegangener Studien zu Robotervorstellungen und den Ansatz der Dualitätsrekonstruktion [Sc09] zusammenbringt. Das Modell klassifiziert und beschreibt Schülervorstellungen (deskriptiver Aspekt) und ermöglicht es, diese Vorstellungen einzuordnen und zu bewerten (normativer Aspekt). Darüber hinaus dient es als Werkzeug, um vorhandene Vorstellungen zu erweitern oder zu verändern (konstruktiver Aspekt) (vgl. die Einteilung bei [Ra11]).

2 Vorstellungen über Roboter

Im Folgenden möchten wir einen Überblick über uns bekannte Forschungen zu Vorstellungen von Robotern geben. Bei der Recherche fiel auf, dass viele dieser Studien bereits älteren Datums sind. Die Technik hat sich seitdem stark weiterentwickelt, dennoch gehen wir davon aus, dass viele dieser Vorstellungen auch heute noch von Relevanz sind. Einen guten ersten Überblick über Vorstellungen zu Computern allgemein gibt [RP16]. Auf Basis einer Literaturrecherche werden hier die Vorstellungen in *Computer sind intelligent*, *Computer sind allwissende Datenbanken*, *Computer sind mechanisch*, *Computer sind Kabelnetzwerke* und *Computer sind programmierbar* gruppiert. Besonders im Bereich *Computer sind intelligent* weist der Artikel auch auf Studien im Bereich Vorstellungen über Roboter hin. Die Ergebnisse dieser und weiterer Studien stellen wir nun im Folgenden gegliedert vor.

Psychologische und technologische Perspektiven

Nach Turkle [Tu05] und Ackermann [Ac91] gibt es psychologische und physische bzw. technologische Perspektiven. Von der psychologischen ist die Rede, wenn der Gegenstand mit lebendigen Ansichten, Emotionen, Persönlichkeit oder eigenem Willen versehen wird. Im

Gegensatz dazu sprechen sie bei technologischen Perspektiven von leblosen Materialien, wie Motoren, Sensoren und Kontrollprogrammen.

Turkle [Tu05] hat Kinder in einem natürlichen/ gewohnten Umfeld mit intelligenten Spielsachen konfrontiert und die Gespräche der Kinder aufgezeichnet. Sie fand in ihrer Studie sowohl eine eher psychologische Sichtweise - wie z.B. ein sprechendes Spielzeug ist lebendig, da sprechende Wesen automatisch lebendig sind - aber auch eine gegenteilige Sichtweise auf intelligente Spielsachen heraus. Die gegenteilige Sichtweise behauptet, lebendige Wesen müssen mit Intentionen handeln, daher könne ein sprechendes Spielzeug nicht lebendig sein.

Ackermann [Ac91] geht von zwei ähnlichen Perspektiven aus: „psychologisch“ und „engineering“. Beim psychologischen Bild werden intelligente Artefakte als lebendig angesehen, wenn sie Intentionen, Bewusstsein, Persönlichkeit oder einen eigenen Willen zu haben scheinen. Die Perspektive „engineering“ wird typischerweise benutzt, wenn das Bild eines gebauten oder programmierten Systems vorherrscht, dass das System gebaut oder programmiert wird und keine Intentionen aufweist, sondern das Verhalten lediglich durch die Interaktion der einzelnen Komponenten zustande kommt. Laut Ackermann ist eine vollständige Beschreibung jedoch nur durch beide Perspektiven möglich: Die Fähigkeit, Objekte zu beleben bzw. Objekten Leben zu geben, sei ein entscheidender Schritt in Richtung des Aufbaus kybernetischer Theorien und kein Zeichen von kognitiver Unreife. Es wird die Fähigkeit erlangt, Perspektiven gezielt zu wechseln und für den richtigen Zweck einzusetzen. Daher sollte es ein Ziel informatischer Bildung sein, diese Fähigkeit zu fördern. Levly und Mioduser [LM08] bestätigen diese Perspektiven in einer Studie mit fünf- und sechsjährigen Kindern in gewisser Weise. Die Studie untersucht die Erklärungsperspektiven hinsichtlich eines mobilen Roboters, während die Kinder sein Verhalten anhand von Regeln programmieren. Als Ergebnis lassen sich zwei Typen von Schülerperspektiven finden: Die Perspektive „bridging“ stellt dabei eine Mischperspektive aus „engineering“ und der psychologischen Perspektive dar. Außerdem wird im Gegensatz zu anderen Studien, die die Kinder bzw. Schülerinnen und Schüler ausschließlich die Roboter beobachten lassen, deutlich, dass die Kinder durch die Steuerung von Robotern eine Vorstellung davon entwickelt haben, wie Roboter funktionieren und arbeiten.

Resnick und Martin [RM91] unterteilen die wechselnden Perspektiven in der Grundschule beim Umgang mit Lego Robotern in psychologische (Tier/ lebendig), mechanische (Maschinen) und informatische (Informationsfluss von einem Teil zum anderen) Denkmuster.

Eigenschaften von Robotern

In den im vorherigen Abschnitt vorgestellten Studien lassen sich bereits erste Eigenschaften erkennen, die Kinder Robotern zuweisen.

Bernstein und Crowley [BC08] beschäftigten sich mit der Frage, inwieweit Erfahrungen mit Robotern und intelligenten Systemen im Kindesalter die Konzepte von „lebendig sein“ und „Intelligenz“ beeinflussen. Um dies zu untersuchen, wurden 60 Kinder zwischen 4 und 7 Jahren über intellektuelle, psychologische und biologische Eigenschaften von acht Dingen befragt. Zusätzlich wurden die Eltern der Kinder befragt. Themen waren hier: Zugänglichkeit von Robotern und digitalem Spielzeug und/oder Lernmaterial, Roboter im

Haushalt und Interesse und Vorwissen über Roboter und Computer. Daraus ergab sich ein quantitatives Maß der Vorerfahrungen der Kinder.

In dieser Studie wurde deutlich, dass einem Roboter im Bereich der Intelligenz mehr Eigenschaften zugeordnet wurden als einem Computer. Auf der Ebene der Intelligenz sind die Werte vergleichbar mit einer Katze. Die Werte für biologische Eigenschaften lagen im mittleren Segment, vergleichbar mit einer Pflanze. In der durchschnittlichen Bewertung der psychologischen Eigenschaften wurde deutlich, dass gut die Hälfte der Kinder Robotern einen freien Willen und/oder eigene Emotionen zuschreiben (Werte lagen im Mittelfeld). In [Be11] werden weitere kognitive Eigenschaften wie z.B. Erinnerungsvermögen genannt. Darüber hinaus werden hier emotionale und verhaltensorientierte Eigenschaften genannt.

Roboter und Animismus

In den vorherigen Abschnitten wurde bereits deutlich, dass es Kinder gibt, die Robotern menschliche Charakteristika wie beispielsweise eine Persönlichkeit oder Bewusstsein oder gar Lebendigkeit zuordnen. Diese Tendenz, leblosen Objekten menschliche Charakteristika zuzuordnen wurde ursprünglich von Piaget entdeckt und wird als Animismus bezeichnet (vgl. [Be11]). Es gibt zahlreiche Studien, in denen der mehrdeutige Status von technischen Objekten untersucht wird. Einige wie z.B. [DS96], [Be11] oder [BC08] zeigen, dass der beschriebene Animismus häufig auch in Bezug auf Roboter vorliegt.

Kategorien von Robotern

Im Rahmen der Studie von Bernstein und Crowley [BC08] wurden aus den bereits zuvor vorgestellten Eigenschaften von Robotern drei Kategorien zur Klassifizierung von Robotern herausgearbeitet. Dabei handelt es sich um die Kategorien Roboter als Tier, Roboter als Maschine und Roboter als intelligente Technik (smart technology). Roboter als Tiere weisen die Eigenschaft Lebendigkeit sowie viele psychologische und kognitive Eigenschaften auf. Roboter als Maschine weisen keine Eigenschaft im Bezug auf Lebendigkeit auf. Psychologische und kognitive Eigenschaften sind kaum bis gar nicht vorhanden. Im Zuge der Kategorie Roboter als intelligente Technik machen die Autoren keine Aussage zur Eigenschaft Lebendigkeit. Die Kategorie weist aber viele kognitive Eigenschaften auf und Kinder, deren Vorstellungen in diese Kategorie eingeordnet werden, haben bereits mehr Erfahrungen oder Begegnungen mit Robotern gehabt.

Aus der Literaturanalyse wird deutlich, dass der Roboter häufig als technologische Blackbox betrachtet wird. Der Fokus liegt auf den biologischen, psychologischen und intellektuellen Eigenschaften sowie den Funktionen des Roboters. Lediglich die technologische Perspektive betrachtet Motoren, Sensoren etc. und bietet somit Hinweise auf ein technisches Verständnis der Roboter. Um ein vollständigeres Bild über Roboter im Kontext der informatischen Bildung zu erhalten, führen wir im folgenden Abschnitt eine Dualitätsrekonstruktion dieses digitalen Artefakts durch.

Dualitätsrekonstruktion und Roboter

Die Dualitätsrekonstruktion [Sc09] ist ein Verfahren zur didaktischen Analyse von digitalen Artefakten bzw. Informatiksystemen für die informatische Bildung. Es verschränkt die

Beschreibung von Präkonzepten und angestrebten Kompetenz- bzw. Lernzielen mit der exemplarischen Analyse der wesentlichen informatischen Aspekte des Unterrichtsgegenstands. Diese sind generell die Funktionsweise (*Struktur*) sowie die mit dem System verknüpften Absichten, Einsatzziele, -zwecke und Nebenwirkungen (*Funktion*). Um diese zu fassen, wird jeweils auch auf die *technikgeschichtliche Entwicklung* der betrachteten Klasse von Informatiksystemen eingegangen.

In den 1940er prägte Isaac Asimov in seinen Science-Fiction-Geschichten die berühmten drei (später auf vier erweiterten) Robotergesetze, denen zufolge ein Roboter keinen Menschen (bzw. später die Menschheit) schädigen darf, den Menschen gehorchen und sich selbst schützen muss - jeweils soweit nicht ein übergeordnetes Gesetz dagegen spricht. Tatsächlich gebaut wurden die ersten Roboter in den 1960er und 1970er Jahren, zunächst als Master-Slave-Arm zum Umgang mit atomaren Stoffen, später dann als sogenannte Industrie-Roboter in der industriellen Produktion. In den 1980er Jahren ging es um die intelligente Verknüpfung von Wahrnehmung und Operation: Durch ausgeklügelte programmierte Steuerung sollten Roboter anhand ihrer Sensoren die Umgebung erfassen und dementsprechend die Umgebung manipulieren oder sich selbst darin bewegen (mittels Aktoren). Mit dem Fortschreiten der Technologie erweiterte sich der Einsatzbereich von stark begrenzten und kontrollierbaren Umgebungen (Fertigungsstraße, Operationssaal, etc.) zu alltäglichen Umgebungen (Haushalt,...), und damit auch die Interaktion zwischen Mensch und Roboter von der engen Kontrolle zu stärkerer Autonomie und von der strikten Trennung der Einsatzbereiche bzw. -orte zu kooperierenden Formen, sodass heute auch von social robotics und co-bots anstelle von ro-bots gesprochen wird.

Die *Funktion* von Robotern wird daher auch mit Automatisierung (im Sinne Objektivierung: Übertragen von Handlungen an eine Maschine, die diese dann ausführt) nicht vollständig erfasst. Roboter werden eher menschenähnlich als Teil der Handlungen (z.B. Arbeitsprozesse) bzw. als autonom agierende Wesen betrachtet, die zur sozialen Umgebung dazugehören (z.B. Roboter in der Pflege). Anders formuliert: Robotern wird noch stärker als anderen digitalen Artefakten Autonomie und Interaktion als eigenständige Handlungsfähigkeit in einer sozialen Umgebung zugesprochen. Damit wird das Verhalten einer Maschine tendenziell als menschenähnlich, intentional aufgefasst.

Auf der Betrachtungsebene der *Struktur* wird deutlich, dass dieses (emergente) Verhalten auf einer Kombination von Sensoren, Programmsteuerung und Aktoren beruht. Sensoren umfassen typischerweise optische Sensoren, aber auch akustische und Berührungssensoren sowie weitere „Sinne“, die Menschen so nicht haben (Radar, Ultraschall, u.a). Aktoren dienen der Bewegung im Raum (Räder, u.a.) und der Manipulation von Gegenständen bzw. der Umgebung (Greifarm, u.a.).

3 Modell zur Analyse von Vorstellungen über Roboter und ihre Funktionsweise

Im Folgenden stellen wir nun unser theoretisches Modell zur Analyse und Einordnung von Vorstellungen über Roboter und ihrer Funktionsweise vor. Um ein möglichst vollständiges Bild von Robotern in unserem Modell abzubilden, haben wir die Ergebnisse der uns bekannten Studien um weitere Charakteristika und um die zusätzlichen Perspektiven Struktur und Funktion aus der Dualitätsrekonstruktion ergänzt. Abbildung 1 zeigt unser

| Perspektive Merkmale | technologisch | psychologisch | Struktur | Funktion |
|----------------------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| biologisch | | | | |
| mechanisch/technisch | | | | |
| emotional | | | | |
| kognitiv/intellektuell | | | | |
| intentionales Verhalten | | | | |
| steuerbar (manuell, automatisch) | | | | |

Klassifizierung

- Roboter als Lebewesen (soziales Wesen)
- Roboter als Maschine
- Roboter als intelligente Technik (smart technology)
- Roboter als soziale Technik

Abb. 1: Modell zur Analyse und Einordnung von Vorstellungen über Roboter und ihre Funktionsweise

vollständiges Modell bestehend aus Perspektiven und Merkmalen von Robotern. Ergänzt wird das Modell um eine Klassifizierung von Robotern. In den folgenden Abschnitten beschreiben wir die einzelnen Aspekte des Modells und die vorgenommenen Ergänzungen genauer.

Perspektiven auf Roboter

In der Literatur wurde deutlich, dass Kinder Roboter aus den Perspektiven technologisch oder psychologisch, bzw. einer Mischung der beiden Perspektiven beschreiben (vgl. z.B. [LM08]). Wie bereits erwähnt, wurde in den vergangenen Studien wenig Fokus auf die technologische Funktion und Struktur von Robotern gelegt. Würde man nur - beispielsweise - die psychologische Perspektive mit der technologischen Perspektive ergänzen oder ersetzen, fehlt ein wichtiger Aspekt informatischer Bildung, der leider oft übersehen wird. Verstehen einer Technologie ist nicht reduzierbar auf das Verstehen eines Artefakts oder eines Phänomens an sich. Es lässt sich auch nicht auf die Analyse und Beschreibung reduzieren. Denn dann würde man die Technologie quasi naturwissenschaftlich als gegebenen Untersuchungsgegenstand - als naturgegeben - hinnehmen. Dabei ist der Unterschied zwischen Technologie und Natur, dass die Technologie und damit technische Artefakte von Menschen mit bestimmten Absichten künstlich erschaffen worden sind und weiterhin neue erfunden und erschaffen werden. Diese beiden Perspektiven werden daher als Struktur (Aufbau eines technischen Systems) und Funktion (Interpretation eines technischen Systems) ergänzt. Zusammenfassend umfasst das Modell die folgenden Perspektiven:

technologisch: Diese Perspektive betrachtet technische Bauteile und Eigenschaften und bietet somit Hinweise auf ein technisches Verständnis der Roboter.

psychologisch: Der Fokus dieser Perspektive liegt auf den biologischen, psychologischen und intellektuellen Eigenschaften sowie den Funktionen des Roboters.

Struktur: Diese Perspektive charakterisiert sich durch beobachtbare Merkmale, die messbar und objektiv beschreibbar sind.

Funktion: Diese Perspektive charakterisiert eine interpretierende Zuschreibung: Mehr oder weniger plausible Annahmen über Effekte, Nutzen, Angemessenheit, Einsatzzweck etc..

Merkmale von Robotern

Die Merkmale von Robotern in unserem Modell setzen sich aus den in der Literatur bereits benannten Merkmalen biologisch, emotional, kognitiv sowie intentionalem Verhalten und der Ergänzung um mechanisch/technisch und steuerbar zusammen. Die Ergänzung wurde vorgenommen, um im Bereich der Merkmale eine wichtige Komponente aus den Bereichen der Funktionsweise und Struktur hinzuzufügen. Konkret sind die einzelnen Merkmale wie folgt zu betrachten:

biologisch: Hinter biologischen Merkmalen verbergen sich neben dem Animismus, also der Zuschreibung von Lebendigkeit, weitere Aspekte, die Lebewesen zugeschrieben werden können, wie z.B. Wachsen oder Atmen sowie Sinne.

mechanisch/technisch: Hinter mechanischen, bzw. technischen Merkmalen verbergen sich insbesondere mechanische, bzw. technische Komponenten wie z.B. Sensoren und Aktoren und entsprechende mechanisch/technische Eigenschaften und Abläufe.

emotional: Emotionale Merkmale sind solche, die man dem Bereich Emotionen und dem emotionalen Erleben zuordnen kann. Hierzu gehören aber auch Interessen und Einstellungen.

kognitiv/intellektuell: Kognitive bzw. intellektuelle Merkmale beinhalten alle kognitiven bzw. intellektuellen Fähigkeiten wie beispielsweise Denken, Rechnen, etwas wissen etc.

intentional: Unter intentionalem Verhalten werden alle Verhaltensweisen betrachtet, die zielgerichtet, bzw. beabsichtigt sind. Hierzu gehört auch Sprechen.

steuerbar: Merkmale im Bereich steuerbar gliedern sich auf in direkt und indirekt steuerbar. Unter direkt steuerbar wird beispielsweise die Steuerung über Hebel oder eine Fernbedienung verstanden. Indirekt steuerbar beinhaltet die Programmierung.

Klassifizierung von Robotern

Zur Klassifizierung von Robotern übernehmen wir die drei Kategorien aus [BC08] mit der Ergänzung um Roboter als soziale Technik und definieren diese wie folgt:

Roboter als Lebewesen: In diese Kategorie fallen Vorstellungen über Roboter, die diese als lebendig ansehen und darüber hinaus neben eventuellen weiteren biologischen Merkmalen, Merkmale aus der Struktur-Perspektive aufweisen. Aus psychologischer Perspektive gibt es Merkmale im Bereich der Emotionalität, der Kognition sowie dem intentionalen Verhalten. Diese Merkmale können zusätzlich auch aus der Funktions-Perspektive auftauchen.

Roboter als Maschine: In diese Kategorie fallen Vorstellungen über Roboter, die diese

nicht als lebendig ansehen, also keine biologischen Merkmale aus der Struktur-Perspektive aufweisen. Aus Struktur- sowie technologischer Perspektive weisen Vorstellungen dieser Kategorie mechanische bzw. technische Merkmale auf. Diese sind z.B. aus Struktur-Perspektive technische Bauteile. Darüber hinaus weisen Vorstellungen dieser Kategorie aus Funktions-Perspektive Merkmale im Bereich steuerbar auf.

Roboter als intelligente Technik: Vorstellungen über Roboter als intelligente Technik weisen eine Abwesenheit von biologischen und emotionalen Merkmalen in allen Perspektiven auf. Im Prinzip erweitern Vorstellungen dieser Kategorie die Kategorie Roboter als Maschine um kognitive Merkmale aus technologischer und Funktions-Perspektive.

Roboter als soziale Technik: Vorstellungen dieser Kategorie weisen im Unterschied zu Robotern als intelligente Technik Merkmale aus dem Bereich der Emotionalität aus Funktions- und technologischer Perspektive auf. Kognitive Merkmale sind ggf. gar nicht oder geringer vorhanden.

Abbildung 2 zeigt die Einordnung der einzelnen Kategorien in das Modell.

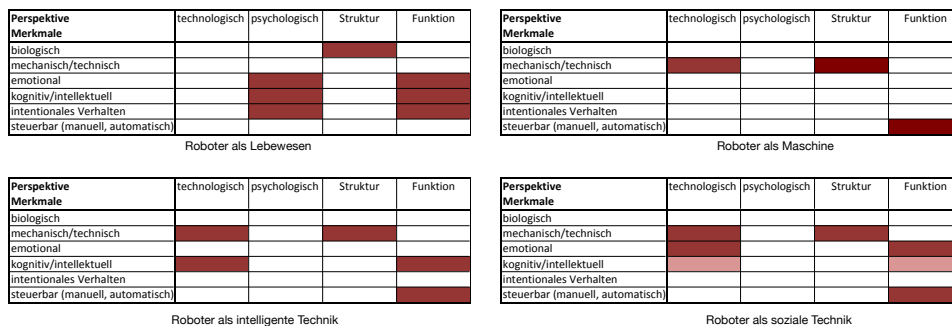


Abb. 2: Klassifizierung von Robotervorstellungen anhand des Modells

3.1 Anwendungsfelder

Die Anwendungsfelder für das hier vorgestellte Modell lassen sich in normative, deskriptive und konstruktive Aspekte unterteilen. Der deskriptive Aspekt umfasst dabei die Kategorisierung der Vorstellungen und die Einordnung der einzelnen Vorstellungsbestandteile in das Modell. Dabei ist die Form der Vorstellungserhebung z.B. Interview, Text, Bild etc. nicht von Relevanz. Die erhobenen Vorstellungen können zunächst z.B. mit einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet werden. Als Kategorien dienen hierbei die einzelnen Perspektiven und Merkmale des Modells (vgl. Abb. 1, Tabelle links). Die Ergebnisse können dann anhand der vorgegebenen Klassifizierung eingeordnet werden (vgl. Abb. 1, Auflistung rechts). Auf diese Art und Weise können sowohl Vorstellungen von einzelnen Individuen als auch von Gruppen analysiert und beurteilt werden. Die so gesammelten Vorstellungen werden sichtbar und können damit in Lernprozessen berücksichtigt werden.

In einem weiteren Anwendungsfeld (normativer Aspekt) kann untersucht werden, inwieweit die vorhandenen Vorstellungen ausreichend bzw. hilfreich sind. Hierzu wird zunächst festgelegt, wie Roboter zu verstehen sein sollten. Angemessene Vorstellungen sind unserer Meinung nach eine Verknüpfung der Kategorien *Roboter als intelligente Technik* und *Roboter als soziale Technik* (vgl. Abb. 2). Offen ist, inwiefern die psychologische Perspektive dabei weiterhin berücksichtigt werden soll und ob die technologische Perspektive feiner unterteilt werden sollte [Ac91; RM91].

Im dritten Anwendungsfeld, dem konstruktiven Aspekt, können basierend auf bekannten Schülervorstellungen und normativen Modellen Methoden entwickelt und evaluiert werden, die zur Erweiterung und ggf. Veränderung der vorhandenen Vorstellungen beitragen. Wir können mit unserem Modell die vorunterrichtlichen Vorstellungen wie folgt beschreiben: Sie sind vermutlich im Bereich *Roboter als Lebewesen*, bzw. *Roboter als Maschine* angesiedelt (Abb. 2 oben). Aus normativer Perspektive angemessene Vorstellungen wären aus den Bereichen *Roboter als intelligente*, bzw. *soziale Technik* (Abb. 2 unten). An der Gegenüberstellung mit dem Modell kann nun direkt abgelesen werden, auf welchen Vorstellungen im Unterricht aufgebaut werden kann. So können Konzepte und Werkzeuge entstehen, die es ermöglichen Vorstellungen von Lernenden zu diagnostizieren und sinnvoll zu verändern, bzw. anzureichern. Für die Erforschung von didaktischen Konzepten und Lernprozessen kann das Modell an unterschiedlichen Stellen als Werkzeug zur Einordnung der Vorstellungen eingesetzt werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Artikel stellt neben einem Überblick zum Stand der Forschung zu Robotervorstellungen ein Modell vor, welches ein Werkzeug zur Analyse und Einordnung von Vorstellungen über Roboter und ihrer Funktionsweise darstellt. Dieses theoretisch erstellte Werkzeug wird in einem nächsten Schritt in der Praxis eingesetzt, um Vorstellungen von Grundschulkindern zu Robotern zu analysieren und einzuordnen. Dabei wird es empirisch evaluiert und ggf. um fehlende Komponenten ergänzt. Eine interessante Fragestellung an dieser Stelle ist, ob die Perspektive *technologisch* im Anwendungskontext ausreichend ist, oder, ob sie wie bei [RM91] in mechanische und informatische Perspektive unterteilt werden sollte.

Durch die Einordnung von Vorstellungen in das Modell ist es möglich, Hypothesen zur Beeinflussung der Vorstellungen zu generieren. Hier sind unterschiedliche Wege vorstellbar, wie z.B. mit Konzepterweiterung und Konzeptwechsel. Darüber hinaus ist es interessant zu erforschen in wie weit in der Kategorie *Roboter als intelligente Technik* und *Roboter als soziale Technik* psychologische Vorstellungen vorhanden sein sollten, um ein umfassendes Verständnis zu Robotern und ihrer Funktionalität zu besitzen. Dies ist gerade dann relevant, wenn es darum geht, Roboter in unterschiedlichen Rollen wahrnehmen zu können und ihnen auch unterschiedliche Rollen zuweisen zu können. Ob dies ohne eine psychologische Perspektive überhaupt möglich, oder wir unsere Kategorien *Roboter als intelligente Technik* und *soziale Technik* um Merkmale aus psychologischer Perspektive ergänzen müssen, ist hier eine spannende Frage.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, dienen Roboter hier als exemplarisches Beispiel für digitale Artefakte. Es ist daher interessant zu untersuchen, welche Veränderungen am Modell für andere digitale Artefakte notwendig sind.

Literatur

- [Ac91] Ackermann, E.: The agency model of transactions: Toward an understanding of children's theory of control. *Psychologie genetique et sciences cognitives*. Geneve: Fondation Archives Jean Piaget/, 1991.
- [BC08] Bernstein, D.; Crowley, K.: Searching for Signs of Intelligent Life: An Investigation of Young Children's Beliefs About Robot Intelligence. *Journal of the Learning Sciences* 17/2, S. 225–247, 2008.
- [Be11] Beran, T. N.; Ramirez-Serrano, A.; Kuzyk, R.; Fior, M.; Nugent, S.: Understanding how children understand robots: Perceived animism in child–robot interaction. *International Journal of Human-Computer Studies* 69/7–8, S. 539–550, 2011.
- [DS96] van Duuren, M.; Scaife, M.: “Because a robot's brain hasn't got a brain, it just controls itself” — Children's attributions of brain related behaviour to intelligent artefacts. *European Journal of Psychology of Education* 11/4, S. 365, 1996.
- [LM08] Levy, S. T.; Mioduser, D.: Does it “want” or “was it programmed to...”? Kindergarten children's explanations of an autonomous robot's adaptive functioning. *International Journal of Technology and Design Education* 18/4, S. 337–359, 2008.
- [Ra11] Rabel, M.: Grundvorstellungen in der Informatik. In (Weigend, M.; Thomas, M.; Otte, F., Hrsg.): *Informatik mit Kopf, Herz und Hand. Praxisbeiträge zur INFOS 2011*. ZfL-Verlag, Münster, S. 61–70, Sep. 2011, ISBN: 978-3-86877-009-4.
- [RM91] Resnick, M.; Martin, F.: Children and artificial life. In (Hartel, I.; Papert, S., Hrsg.): *Constructionism*. Ablex, S. 41–71, 1991.
- [RP16] Rücker, M. T.; Pinkwart, N.: Review and Discussion of Children's Conceptions of Computers. *Journal of Science Education and Technology* 25/2, S. 274–283, 2016.
- [Sc09] Schulte, C.: Dualitätsrekonstruktion Als Hilfsmittel Zur Entwicklung Und Planung von Informatikunterricht. In (Koerber, B., Hrsg.): *Zukunft Braucht Herkunft. INFOS'09*. S. 355–366, 2009, ISBN: 978-3-88579-250-5.
- [Tu05] Turkle, S.: *The Second Self: Computers and the Human Spirit* (MIT Press). The MIT Press, 2005.
- [Wi16] Wikipedia: Clarkesche Gesetze. In: Wikipedia. Page Version ID: 158717013, 13. Okt. 2016, URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Clarkesche_Gesetze&oldid=158717013, Stand: 19.01.2017.