

Robotermaterial und ›Künstliche Intelligenz‹

Posthumanistische Potenziale der Robotik

Hannah Link

Abstract: Der Beitrag fragt nach den Beschreibungsmöglichkeiten neuerer KI-Ansätze der Robotik. Auf Basis empirischen Datenmaterials argumentiert der Aufsatz, dass veränderte, dezentrierte Vorstellungen über ›den Menschen‹ wegweisend für die Technikentwicklung jüngerer Robotikzweige sind. In Form ethnografischer Analysen wird gezeigt, (1) wie eine konkrete technowissenschaftliche Praxis des Roboterkonstruierens ausgeübt wird, (2) wie diese Praxis als posthumane Interaktion zwischen Wissensobjekt und -subjekt hervortritt und (3) wie Roboteriker*innen sich tendenziell einer situierten Praxis der Wissensproduktion annähern. Formuliert wird der Ansatz einer Soziologie technowissenschaftlicher Praxis, mit dem Ziel, die posthumanistischen Potenziale der Robotik für die Soziologie zugänglich zu machen.

1. Einleitung

In Karel Čapeks Theaterstück *Rossums Universal Robots* prophezeite der junge Fabrikdirektor Domin den Aufbruch in ein neues Zeitalter der Maschinenarbeit; ein Zeitalter, das mit der lang ersehnten Ausrottung menschlicher Unproduktivität beginnt:

Ein Mensch, der ist etwas, das – sagen wir – Freude fühlt, Geige spielt, spazieren gehen will und überhaupt einen Haufen Sachen zu tun braucht, welche eigentlich überflüssig sind [...]. Welche überflüssig sind, wenn er weben oder addieren soll. Aber eine Arbeitsmaschine muss nicht Violine spielen, muss nicht Freude fühlen, muss nicht einen Haufen anderer Dinge tun. Die Erzeugung soll möglichst einfach und das Erzeugnis das praktisch Beste sein. (Čapek 2017: 12)

Anfang der 1920er Jahre brachte Čapek damit erstmals die Idee der Synthesierung ökonomisch brauchbarer menschlicher Eigenschaften auf den Begriff des Roboters (aus dem tschechischen Nomen *robot*: mühsame Arbeit, Frondienst oder Knechtschaft). Er beschrieb damit eine verzerrte Kopie des Menschen, die ihm einerseits ähnlich sieht, dabei aber andererseits ein Vielfaches seiner körperlichen Kraft besitzt und nur einen Bruchteil seiner geistigen und emotionalen Tiefe: eine bedürfnislose Maschine als vollendete Arbeitskraft. Das Stück kulminiert in einem blutigen Aufstand der nach Freiheit und Autonomie trachtenden humanoiden Sklaven. Hat man zu Beginn noch den Eindruck, die Maschine sei dienendes Objekt eines gebieterischen Subjekts, wird im weiteren Verlauf eine allmähliche Destabilisierung der hierarchischen Beziehung zwischen Mensch und Maschine deutlich. Auf diese Weise ließ Čapek ihre Grenze brüchig werden und begründete die Ideengeschichte des modernen Roboters (vgl. Richardson 2016).

Etwa hundert Jahre später hat die Frage nach der technischen Reproduzierbarkeit menschlicher Eigenschaften weiterhin Konjunktur. Roboter werden zunehmend als humanoide Wesen konstruiert, die sich in gesellschaftliche Zusammenhänge integrieren sollen: als Sozialpartner auf der einen und als Arbeitskraft auf der anderen Seite. Vor diesem Hintergrund verweisen rezenten Diskursen der Technikforschung auf die Rekomposition der menschlichen Selbstwahrnehmung (Turkle 1984) und prophezeien die Entstehung neuer Sozialformen (Alač 2009). Hieran anknüpfend zeigen empirische und theoretische Studien zum einen das Gelingen von Mensch-Roboter-Interaktionen (etwa Pitsch 2016; Meister/Schulz-Schaeffer 2016; Hergesell et al. 2021) oder fragen zum anderen nach ihren Bedingungen: Wie etwa ko-konstruiert die Robotik eine techno- und roboteraffine Gesellschaft (Šabanović 2014; Suchman 2007; Lipp 2022)? Welche Rolle spielen in diesem Kontext Konzepte von Verantwortung, Moral und Ethik (etwa Coeckelbergh 2020)? In diesem Zusammenhang werden mitunter Forderungen nach politischer Regulation vermeintlich autonomer Roboterwesen laut (Beck 2012).

Beide, hoffnungsvolle und kritische, Deutungen kreisen um die Frage nach dem Verhältnis des Menschen zu intelligenten Maschinen. Diese, so der Eindruck von Barbara Becker und Jutta Weber (2005: 14), würden »zu einem zentralen Referenzpunkt in unserer Auseinandersetzung mit der *conditio humana*«. Intelligente Maschinen dienen auf der einen Seite als Spiegelung des Humanen: Es ist das technowissenschaftliche Bestreben, die menschliche Verfasstheit durch ihre technische Reproduktion zu erschließen. Auf der anderen Seite wird das Erkenntnisinteresse geradezu invertiert: Das *Humane* dient als

Vehikel der Entwicklung technischer Lösungen. In diesen, zum Teil auch populären Diskursen zirkulieren Begriffe wie *Künstliche Intelligenz*, *deep learning*, *machine vision*, *artificial emotions* etc., die Menschenähnlichkeit indizieren. Die Frage, ob diese als menschlich verstandenen Eigenschaften und Leistungen auch tatsächlich durch die Technik realisiert werden, klammere ich im Folgenden aus. Ich wende mich stattdessen dem Phänomen zu, dass verschiedene Bezeichnungen von Maschinen, mit denen ihnen spezifische Eigenschaften zugeschrieben werden, emische und zugleich kontroverse Begriffe des Feldes der Robotik sind. In diesem Kontext bezeichnet die sogenannte ›Künstliche Intelligenz‹ umstrittene Annahmen des Feldes über ›gelungene‹ Kognition.

Basierend auf der Beobachtung, dass die Robotik von Annahmen über das Menschliche inspiriert wird, braucht es eine Deutung, die das Verhältnis von Technologie und Menschenbild ins Zentrum rückt. Interessant ist dabei, dass gerade neuere Entwicklungszweige der Robotik ›den Menschen‹ nicht mehr kognitivistisch als isolierte, souverän agierende Einheit und somit als rationales Subjekt denken. Vielmehr findet sich in diesen Ansätzen tendenziell ein dezentriertes Menschenbild, das auf Körperlichkeit und Umweltkopplung abstellt. Für die Beschreibung neuerer KI-Konzepte in der Robotik liegt es daher nahe, insbesondere posthumanistische Konzepte heranzuziehen, die ein Vokabular für veränderte Menschenbilder bereithalten. Der Begriff Posthumanismus beschreibt in diesem Zusammenhang unterschiedliche analytische und ethische Projekte, die im Zuge gesellschaftlich-technologischer Veränderungen auf eine Rekonzeptualisierung der Figur des Menschen abzielen.

Der Beitrag argumentiert, dass insbesondere posthumanistische Einsichten von Donna Haraway für die wissenssoziologische Erforschung der Robotik übernommen werden können. Eine posthumanistisch informierte Wissenssoziologie, die sich einer Exemplifizierung der Laborpraxis der Robotik zuwendet, vermag es, das soziomaterielle Wissen der Teilnehmer*innen in den Blick zu nehmen, ohne eine Hierarchisierung von (Erkenntnis-)Subjekt und (Untersuchungs-)Objekt voraussetzen zu müssen. Aus dieser Perspektive heraus fragt der Beitrag, welches soziomaterielle Wissen in die Bearbeitung von Robotern eingeht; es wird fokussiert, welche Vorstellungen, Annahmen und Theorien über ›natürliche‹ bzw. ›menschliche‹ und ›Künstliche Intelligenz‹ in der Arbeit am Robotermaterial sichtbar werden und wie das Material selbst wirksam wird. Vor diesem Hintergrund wird deutlich werden, dass in neueren Zweigen der Robotik Konzepte von Intelligenz vom Kopf auf die Füße gestellt werden: Es wird darauf gezielt, eine verteilte Korpus-›Intelligenz‹ zu entwer-

fen, mit der die Vorstellung zurückgedrängt wird, der Roboterkörper, seine materielle Komposition, sei ein Derivat eines softwaretechnischen »Geistes«. Die Robotermaterie selbst wird als intelligent und wirkmächtig konzeptualisiert (vgl. Link/Kalthoff 2023).

Ziel des Beitrags ist es, die Black Box der Roboterkonstruktion zu öffnen und die Robotik in ihren praktischen und posthumanen Dimensionen zugänglich und anschlussfähig zu machen. Durch einen solchen empirischen Blick auf die Praxis kann der Enttäuschung über technologisch unverdaute Humanismen in der Robotik (vgl. Weber 2003) ein posthumanistisches Potenzial entgegengestellt werden. Insofern stellen die folgenden Überlegungen den Versuch dar, einige Positionen eines leidenschaftlich geführten Diskurses aufzugeben und mit der Praxis der Robotik zu konfrontieren.

Hierzu werde ich zunächst wissenssoziologische und posthumanistische Theorieangebote miteinander ins Gespräch bringen und eine posthumanistisch imprägnierte Perspektive entwickeln (2). Ich werde deutlich machen, dass eine posthumanistische Perspektive den persistenten humanistischen Impuls der Wissenssoziologie zu konterkarieren vermag. Der darauffolgende Abschnitt setzt sich mit der Praxis der Robotik auseinander (3). Hierzu werde ich zunächst anhand von Interviewdaten dokumentieren, wie sich grundlegende Annahmen und Paradigmen der Robotik verändert haben (3.1). Es wird deutlich werden, dass in neueren Entwicklungszweigen Materialität eine konstitutive Rolle bei der Roboterkonstruktion zugesprochen wird. Anhand von ethnografischen Protokollen werde ich anschließend darlegen, wie sich Robotiker*innen und Roboter in konflikthaften Relationen ko-konstituieren und wie sich die technowissenschaftliche Praxis als engagiertes Zusammenspiel mit dem Materiellen zeigt (3.2). Ich werde argumentieren, dass ein solches Zusammenspiel als Annäherung an eine »situierte« (Haraway 1995b) Wissenschaftspraxis verstanden werden kann. Daran anschließend fasse ich die zentralen Argumente und Ergebnisse des Textes zusammen und diskutiere abschließend die posthumanistischen Potenziale neuerer Robotikzweige (4).

Der Beitrag basiert auf einem soziologisch-ethnografischen Dissertationsprojekt, das dem Forschungsparadigma der »theoretischen Empirie« (Kalthoff 2018) folgt. Empirisch basiert der Beitrag auf einem heterogenen Datenkorpus aus In-situ-Beobachtungen technowissenschaftlicher Laborarbeit und Leitfaden- sowie ethnografischen Interviews mit Robotiker*innen. Die erhobenen Daten wurden mit dem Kodierverfahren der Grounded Theory (Glaser/Strauss 1967) analysiert. Das empirische Material wurde in Zusammenarbeit mit Herbert Kalthoff im Rahmen des Teilprojektes »Maschinelle

Humandifferenzierung. Ethnosozialien der Robotik« (SFB 1482) an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz erhoben.

2. Wissenssoziologie und Posthumanismus

Der Beitrag fragt, wie Roboter zu ihrer Form kommen, welches Wissen und welche Wissensaktivitäten in der Roboterkonstruktion sichtbar werden und wie sich dies in die kognitive wie materielle Architektur einschreibt. Welche Annahmen bzw. Vorstellungen über und impliziten Bezüge auf ›natürliche‹ und ›künstliche Intelligenz‹ werden in Roboter eingehegt? Umgekehrt interessiert sich der Beitrag aber auch dafür, wie Roboter bei ihrer Fertigung selbst materiell wirksam werden; wie Robotiker*innen durch ihr Material affiziert und rekonfiguriert werden: Wie wird Wissen durch die Objekte (mit)gestaltet? Aus einer praxistheoretischen Perspektive liegt der Fokus des Beitrags auf den körperlich-materiell gebundenen Abläufen im Labor. Die praxistheoretische Umorientierung vom rationalen Zentrum menschlicher Handlungen zu »kulturell geprägten ways of doing« (Hirschauer 2016: 46; Hervorh. im Orig.) erlaubt es, Handlungen zu dezentrieren, also auch vermeintlich stumme Elemente einer Praxis als Teil dieser Handlung in die wissenssoziologische Analyse einzubinden. So geraten neben dem expliziten Wissen und den Motivlagen der Teilnehmer*innen auch Körper und Artefakte als Speicher und Ko-Produzenten von Wissen in den analytischen Fokus. Schon in den frühen ethnografischen Laborstudien wurde die konstitutive Rolle, die materiellen Objekten des Labors bei der Erzeugung wissenschaftlichen Wissens zukommt, in den Blick genommen. So hat etwa Bruno Latour deutlich gemacht, dass die im Labor gehandhabten technischen Objekte auf die menschlichen Wissenschaftler*innen zurückwirken, indem sie den Prozess der Wissensgenese systematisieren und verstetigen (vgl. Latour 1993). Zunehmend geraten seither Objekte als konstitutive Elemente menschlicher Praxis in den Fokus. Obwohl es nun gerade durch die Etablierung der Praxistheorien gelang, auch nichtmenschliche Entitäten als konstitutive Bestandteile techno- und naturwissenschaftlicher Arbeit zu konzeptualisieren, scheinen sich diese Entitäten nicht zuletzt auf die eine oder andere Weise in der analytischen Peripherie zu befinden. So tendieren Praxistheorien dazu, materielle Objekte entweder in ihrem artifiziellen oder in ihrem ermöglichen Charakter zu besprechen: entweder als materialisiertes Wissen und geronnener Sinn oder als Rohstoff der Praxis, der diese präformiert und festigt. So zeugen zahlreiche

Untersuchungen von dem Interesse daran, wie menschliche Handlungsziele durch nichtmenschliche Entitäten mediatisiert (Schatzki 2002), präfiguriert (Bourdieu 1980) und stabilisiert (Latour 1993) werden¹. Für die Integration nichtmenschlicher Entitäten in eine Soziologie wissenschaftlichen Wissens sind diese praxistheoretischen Ansätze unabdingbar, sie leisten jedoch einer immer schon gesetzten ontologischen Asymmetrie zwischen einem dynamischen Subjekt und einem passiven Objekt Vorschub. Fokussiert wird eine Praxis *durch* Objekte, nicht aber eine Praxis *der* Objekte. Der Beitrag argumentiert nun, dass die Integration einer kritisch-posthumanistischen Perspektive dieser persistenten Passivierung materieller Objekte entgegenwirken kann.

Unter dem Begriff Posthumanismus werden unterschiedliche wissenschaftliche Projekte vereint, die seit dem Entstehen der Kybernetik systematisch zur Dekonstruktion der Figur des Menschen beitragen. Innerhalb dieser heterogenen Forschungslandschaft lassen sich grob drei Perspektiven unterscheiden: eine technologische, eine sozialtheoretische und eine kritische. Während technologische Projekte daran interessiert sind, neue Wege einer technischen Erweiterung oder gar Überwindung des Menschen zu erkunden, ist die zweite Perspektive an der Beschreibung sozialer Phänomene interessiert, die nicht zwangsläufig auf den Menschen zurückzuführen sind. Demgegenüber steht jene im Folgenden fokussierte – dritte Perspektive, der in erster Linie daran gelegen ist, das humanistische Subjekt der Aufklärung, das immer auch an konstitutive Ausschlüsse des Anderen (Natur, Frauen, Kolonisierte und Objekte) geknüpft ist, zu hinterfragen (vgl. Haraway 1995a, 1995b; Braidotti 2014). Auf diese Weise räumen sie nun jenen Anderen eine produktive Kraft ein, die mit Beginn der europäischen Neuzeit als dem Menschlichen untergeordnet verstanden wurden. Innerhalb dieses Diskurses nimmt Donna Haraways feministische Wissenschaftskritik eine Schlüsselstellung ein. Insbesondere in ihrem 1988 veröffentlichten Aufsatz *Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective* argumentiert sie, dass der wissenschaftliche Anspruch neutraler, objektiver Forschung zentrale weltliche Verstrickungen verkenne, die eben nicht durch

¹ Inwiefern Bruno Latours Arbeiten einem praxistheoretischen Forschungsprogramm zugeordnet werden können ist umstritten (vgl. Reckwitz 2002, Schatzki 2002). Eine zentrale Differenz scheint sich mitunter im Umgang mit ontologischen Fragestellungen abzuzeichnen: Während Latour eine methodologische Symmetrisierung mit einer ontologischen Symmetrisierung verbindet, lehnen genuin praxistheoretische Argumentationen ontologische Fragestellungen ab (vgl. Wieser 2015).

die eigentümliche Trennung zwischen aktivem (Erkenntnis-)Subjekt und passivem (Forschungs-)Objekt darstellbar werden. Hiermit angesprochen ist die Kritik an der Konzeptualisierung von Wissensobjekten als vorliegend und vollständig beschreibbar. Vor diesem Hintergrund votiert Haraway (1988) mit dem Konzept des situierten Wissens für eine radikale Reflexion dieser Verstrickungen und der gesellschaftlichen Positionen, von denen aus geforscht wird: Erst das Aufgeben des Ideals distanzierter Objektivität – das nur bestimmten Körpern zugestanden wird² – erlaubt es uns, von einer artifiziellen Logik des Entdeckens zu einer Konversation mit der Welt überzugehen (vgl. Haraway 1995b: 84).³

Die Provokation von Haraways Wissenschaftskritik besteht nun darin, dass sie die Souveränität von Wissenschaftspersonen relativiert, indem sie an eine wissenschaftliche Verkörperung und Einbettung in eine dynamische materielle Welt erinnert. Gerade Haraways Insistieren auf eine konstitutive Situiertheit von Erkenntnisssubjekten birgt folgenreiche posthumanistische Implikationen ihrer feministischen Wissenschaftskritik. So denkt sie materielle Wissensobjekte (wie etwa Körper und Organismen) von ihren selbstorganisierenden, »ontogenetischen« (Folkers 2013: 25) Potenzialen her, die eine vollständige, objektive Repräsentation durch ein Erkenntnisssubjekt unmöglich machen. Materielle Objekte liegen nicht passiv vor, sondern sind dynamisch, mitunter destruktiv und für ihre Erforschung nie gänzlich verfügbar. Haraway fordert uns – anders formuliert – dazu auf, das »Subjekt-Werden« (Keller 1983: 118) des Wissensobjekts zu riskieren: »Situertes Wissen erfordert, dass das Wissensojekt als Akteur und Agent vorgestellt wird und nicht als Leinwand oder Grundlage oder Ressource [...].« (Haraway 1995b: 93) Entitäten, die gängigerweise auf der passiven Seite modernistischer Gegenstandszauber vermutet werden, begreift sie als wirkmächtige, widersinnige und an ihrer eigenen Entdeckung beteiligte Agenten. So gesehen überdauern und stabilisieren materielle Objekte nicht bloß soziale Situationen, sondern wirken auf sie ein und werden zugleich durch sie rekonfiguriert; sie sind

-
- 2 Haraway (1995b: 82) betont, dass der »göttliche Trick« als entkörperte Blick auf die Welt sowohl an rassifizierte als auch vergeschlechtlichte Ausschlüsse gebunden ist.
- 3 In neueren Publikationen spitzt sie ihre Einsichten über die Eingebettetheit von Wissenschaftler*innen deutlich zu: Mit der Ontologie der Gefährt*innenspezies (Haraway 2016) konstatiert sie ein radikales Miteinander-Werden von Entitäten. Demnach sind menschliche und nichtmenschliche Entitäten nicht als isolierte Einheiten, sondern als sympoietische Komplexe zu verstehen, die sich in wechselseitiger Abhängigkeit ko-konstituieren (vgl. Hoppe 2019).

mithin dynamisch und entziehen sich notwendigerweise einer endgültigen wissenschaftlichen Festschreibung.⁴

Auf diese Weise hat Haraway etwas gefunden, das nicht allein durch gesellschaftliche und kulturelle Kontexte erklärbar ist, sondern in einer gewissen Eigenlogik existiert und sich somit dem konventionellen sozial- und geisteswissenschaftlichen Zugriff versperrt.

In der Auseinandersetzung mit kritisch-posthumanistischen Autor*innen kann die Soziologie begründen, dass (materielle) Wissensobjekte zu wesentlichen Anteilen an ihrer eigenen Handhabung und Entdeckung beteiligt sind. Ich plädiere nun dafür, Wissensbestände der kritischen Posthumanismen als geschärfe Optik aufzunehmen. Das »konzeptionelle Instrumentarium« (Hoppe/Lemke 2015: 274) des Posthumanismus soll es erstens ermöglichen, Geschehnisse der Praxis in ihrer spannungsreichen Vorläufigkeit und Relationalität zu begreifen. Zweitens soll es den Blick für Material, Objekte etc. schärfen, ohne diese als stabilisierendes Moment zu passivieren. Es wird darum gehen, am Fall der Robotik zu zeigen, wie die Sozio-Logik einer technowissenschaftlichen Praxis durch eine posthumanistische Linse neu gedacht werden kann.

3. Die Praxis der Robotik

Anhand von empirischem Material sollen im Folgenden zunächst Ethnotheorien, Annahmen und Entwicklungslinien unterschiedlicher KI-Systeme der Robotik skizziert werden (3.1). Diese werden dann in einem zweiten Schritt durch die Rekonstruktion konkreter Abläufe und Situationen der Roboterkonstruktion ergänzt. Dabei soll stärker auf Mikroprozesse soziomaterieller Aushandlungen fokussiert werden, in denen Robotermaterie als machtvolle Mit- und Gegenspielerin auftritt (3.2).

⁴ Obwohl sich rezente Diskurse (etwa Barad 2012; Bennett 2010) der sogenannten Neomaterialismen einer »founding gesture« (Ahmed 2008) des komplett Neuen bedienen, sind sie von der posthumanistischen Geste der feministischen Wissenschaftskritik Haraways maßgeblich informiert (vgl. Hoppe 2019).

3.1 Vom Symbolischen zum Materiellen: Neuere Ansätze der Robotik

Die Robotik ist – wie viele andere Disziplinen auch – durch eine gewisse Un-einheitlichkeit gekennzeichnet: Es gibt nicht nur die eine Robotik, sondern viele Robotiken, die unterschiedlichen Entwicklungspfaden folgen, miteinander konkurrieren und sich verschiedenen Aufgaben annehmen. Ein Ziel der Robotik ist die Fertigung von Maschinen, die auch außerhalb des Labors in relativ unstrukturierten Umgebungen funktionieren können: »Systeme für die echte Welt bauen«, so ein Robotiker. Ein anderes Ziel ist, den menschlichen Alltag – die »echte Welt« – in das Labor zu überführen und dort technisch-experimentell zu erkunden. Beide Forschungsausrichtungen stehen dabei vor der zentralen Aufgabe, die rasante Dynamik und Unsicherheit des menschlichen Alltags (beispielsweise implizite oder uneindeutige Kommunikationsweisen, abrupt wechselnde Situationen) auf die eine oder andere Weise technisch in den Griff zu bekommen.

Klassische Ansätze der Robotik (etwa Newell/Simon 1997) begegnen diesen Problemen mit Symbolverarbeitungen. Die Welt, so die Vorstellung, hat ein symbolisches Korrelat im Geiste des Menschen. Die Aufgabe der Robotiker*innen bestehe entsprechend darin, unabhängig verstandene Merkmale der Welt zu entdecken, mathematisch zu erschließen und symbolisch zu rekonstruieren. Innerhalb dieses Symbolsystems soll die Software Zusammenhänge berechnen und Steuerungsinformationen an die entsprechenden Korpusteile senden, etwa zur Bewegung der Hand. Die symbolische Robotik arbeitet zu einem wesentlichen Teil daran, technisch alle denkbaren Zustände der Umwelt und des Roboters symbolisch zu implementieren, bevor Roboter in ihrer Umwelt operieren, mit dem Ziel, dass sich Roboter anschließend in ihren intern symbolisch abgebildeten Umwelten bewegen können. In der symbolischen Robotik werden rechnerische und abstrakte Verfahren den materiellen Dimensionen übergeordnet: ›Künstliche Intelligenz‹ soll durch Berechnungen der Software entstehen. KI kann – so die Vorstellung – demnach auf der Ebene von Algorithmen und Rechenprozessen untersucht werden, ohne dafür eine materielle Struktur, das heißt den Roboterkörper, einbeziehen zu müssen. Die Frage nach materiellen Eingriffsmöglichkeiten in die Umwelt wird somit auf einen peripheren Kanal reduziert.

Im Gegensatz dazu stehen neuere Ansätze der Robotik, auf die sich der Fokus des Beitrages richten wird: Dort ist nicht per se die Software zentraler Gegenstand der Forschung, sondern die materielle und technische Beschaffen-

heit des Korpus. Die sogenannte emergente Robotik⁵ reagiert damit auf fundamentale Probleme klassischer KI-Konzepte, mit denen die symbolische Robotik bis dato hantiert (vgl. Kalthoff/Link 2021). So stellen Kritiker*innen etwa Mitte der 1980er Jahre heraus, dass diese Systeme zwar in Bereichen der abstrakten Symbolverarbeitung (etwa *reasoning, problem solving*) gut funktionieren, aber in konkreten Alltagsanwendungen, die materielle und körperliche Elemente zwangsläufig einschließen, einfachste Standards unterschreiten: Das Greifen eines Glases oder das Überschreiten einer Türschwelle entwickelt sich zu einem beinahe unlösbaren Problem. Bekannt ist diese Kritik unter dem Schlagwort *real world problems*, das bisweilen zwei Probleme der Roboterentwicklung adressiert: Robustheit auf der einen und realzeitliche Prozessierung auf der anderen Seite (vgl. Pfeifer/Scheier 1999: 64). Geringfügige ungeplante Veränderungen der Umwelt sollten also erstens nicht zum Absturz des Systems führen. Zweitens sieht das KI-Konzept der symbolischen Robotik eine »räsonierende Zentralinstanz« (Kalthoff/Link 2021: 319) vor, die jegliche Daten bearbeitet und anschließend an die einzelnen Korpusteile verschickt. Spontane Reaktionen auf die Umwelt können also kaum operationalisiert werden. Bereiche wie Objektmanipulation, Navigation und Raumorientierung stecken daher seit den 1950er Jahren in den Kinderschuhen.

Angesichts derartiger Beschränkungen fordert eine Reihe von KI-Forscher*innen (etwa Steels/Brooks 1995; Pfeifer 2000) einen Richtungswechsel, der die ›echte‹ Welt, also die Alltagswelt des Menschen, und dessen körperlich-leibliche Verfasstheit als integralen Bestandteil von Intelligenz ernst nimmt. Aber nicht nur forschungspraktische Probleme treiben die neueren Entwicklungen an, Robotiker*innen reagieren auch auf die sozialwissenschaftliche und philosophische Technikkritik (u.a. Hubert Dreyfus, Barbara Becker oder John Searle). So problematisierte etwa Hubert Dreyfus (1985) die strikte Trennung von Körper und Geist in der symbolischen Robotik und KI-Forschung. Kritisch Bezug nehmend auf Dreyfus fordern auch Vertreter*innen neuerer Ansätze der Robotikforschung eine konsequente Verkörperung von Intelligenz:

I think he [Dreyfus; Anm. H. L.] was right about many issues, such as the way in which people operate in the world is intimately coupled to the ex-

⁵ Die emergente Robotik umfasst Projekte wie *soft robotics, verhaltensbasierte Robotik, evolutionary robotics, embodied AI*.

istence of their body in that world. Unfortunately, he made claims about what machines could not do in principle. (Brooks 2002: 168)

Unterscheiden will sich die emergente von der symbolischen Robotik in zwei Aspekten: Sie verfolgt erstens einen tendenziell holistischen Ansatz, der Körper und die materielle Umgebung in den Konstruktionsprozess bewusst integriert. Sie distanziert sich von der klassischen Orientierung an der formalen Logik und Mathematik und wendet sich zunehmend kybernetischen und evolutionsbiologischen Konzepten zu. Zweitens wird davon ausgegangen, dass intelligente Verhaltensmuster nicht schon immer im Menschen vorrätig vorhanden sind, sondern erst durch körperlich-materielle Interaktionen mit der Umwelt emergieren. Ziel ist es, dass neues Verhalten entsteht, das über die Basisprogrammierung hinausgeht. Verhalten wird hierfür entlang eines Bottom-up-Prinzips dezentriert und in ein Netzwerk aus vielen einzelnen Einheiten (z.B. einfache Zustandsautomaten oder neuronale Knoten) zerlegt, die je für sich auf Umweltimpulse reagieren. System und Umwelt werden somit durch einfachste sensomotorische Schleifen relativ unvermittelt aneinander gekoppelt. Konkret geht es der emergenten Robotik darum, nicht jedes Verhalten programmieren zu müssen, sondern durch die Kombination verschiedener Reiz-Reaktions-Schemata neues Verhalten in Kontakt mit der Umwelt entstehen zu lassen. Die enge System-Umwelt-Verschaltung soll eine gewisse Ablösung der Maschine von der Kontrolle durch ihre Konstrukteur*innen und damit einen Zuwachs an Autonomie ermöglichen. Der Mensch erscheint dann zunehmend nicht mehr als steuernde Instanz, sondern als ›Bystander‹ einer scheinbar autonom interagierenden Maschine.

Diese System-Umwelt-Kopplung ist von kybernetischen Prinzipien inspiriert. Kybernetik ist der Versuch, »eine Theorie zu entwickeln, die den gesamten Bereich von Steuerung und Kommunikation in Maschinen und lebenden Organismen abdeckt« (Wiener 2002: 15). Hiermit verbunden ist der Verzicht auf die Suche nach intrinsischen Eigenschaften von Mensch, Tier und Maschine (vgl. Ashby 2016): Wichtig ist das Verhalten von Systemen und Organismen, nicht aber ihre materielle Komposition oder ihr genetischer Code. Vor diesem Hintergrund werden nicht nur Maschinen als Black Box konzeptualisiert, sondern ebenfalls Menschen und Tiere. Auf diese Weise wird es möglich, Bio- und Maschinenlogiken einander anzunähern (vgl. Weber 2017: 351), also Roboter mit anthropomorphen Vokabular zu beschreiben, Analogien zu organischen Funktionsprinzipien zu bilden und Vergleiche zum Menschen und zu Tieren (etwa Insekten) heranzuziehen. Hierzu ein Interviewauszug:

Soz.: Haben Sie da schon in Bezug auf die Frage, wie Intelligenz entsteht, erste Ideen?

Rob.: Wichtig ist, dass der Antrieb immer durch das untere Paradigma kommt, also was im Körper Bewegung antreibt und nicht imperative Strukturen, also welches Ziel will ich erreichen, was muss ich dann tun? Das kommt erst sehr viel später. Kinder müssen ja auch erst spielen.

Intelligenz basiert nicht auf einem hierarchischen Aufbau – so mein Gesprächspartner –, sondern auf dem ungezielten Zusammenwirken einfacher Mechanismen. Die Ziellosigkeit der einzelnen Mechanismen wird analog-räsonierend mit kindlichem Spiel verglichen. Kinder werden damit als planlose, aber zugleich als sich bewusst werdende, sich entwickelnde Wesen vorgestellt. Es handelt sich hier um eine bereits aus der frühen Neuzeit bekannte Vorstellung des Kindes als einer plastischen biologischen Ausgangsstruktur jenseits kultureller Inskriptionen (vgl. Kalthoff/Link 2021). Sowohl in Publikationen und medialen Darstellungen als auch in der konkreten Forschungspraxis dient die Figur des Kindes erstens als heuristischer Bezugspunkt der Forschung, ist aber zweitens auch ein dankbares Mittel für Robotiker*innen, hohe Erwartungen an die Maschine zu begrenzen.

Für die Ausbildung ihrer plastischen Maschinen schaffen Labore bisweilen Experimentierobjekte an, die in Form und Funktion an Kinderspielzeug erinnern: bunte Klötchen, Alphabet-Magnete, Bälle, Stofftiere usw. Roboter sollen schließlich – analog zur kindlichen Entwicklung – lernen, diese Dinge zu halten, in eine Reihenfolge zu bringen oder sie schlicht als solche zu erkennen. Die Idee bei der Nutzung von Spielzeug ist, subtile Eigenschaften von Objekten farblich und durch die Größe zu verstärken, also eine gewisse Eindeutigkeit herzustellen. Ein Interviewauszug:

Soz.: Welchen Unterschied macht es denn, wenn man Spielzeug verwendet?

Rob.: Damit klappt das ganz gut, das ist halt einfacher. Das ist so eine Einstiegsdroge, sag ich mal, bevor man zu Objekten aus dem Alltag kommt. Weil da ist dann immer alles schwieriger. Die sind halt glänzend, haben dann keine schöne zylindrische Form, dann sind die am Ende spitz und die haben nicht so poppige Farben. Aber klar, zu den Alltagsobjekten müssen wir hin am Ende. Aber irgendwie muss man versuchen, sich die Aufgabe zunächst so leicht wie möglich zu machen und dann immer komplexer zu werden.

Roboter werden zunächst in teilstrukturierten Umgebungen trainiert, die menschlichen Umgebungen nur in wenigen Aspekten ähnlich sein sollen,

»weil dann ist immer alles schwieriger«. Das Ziel ist ein zweifaches: Erstens sollen Roboter schrittweise an unseren gesellschaftlichen Alltag herangeführt werden. Dabei richtet sich das Vorhaben nach der Vorstellung, Roboter nicht nur zum Objekt der technischen Konstruktionsarbeit zu machen, sondern auch zum Objekt der menschlichen Erziehung, das heißt, die maschinelle Entwicklung wird durch die Simulation kindlicher Objektumwelten der menschlichen angenähert. Zu diesem Zweck werden zuweilen entwicklungsdiagnostische Tests für Kinder auf Roboter angewendet: »um das ordentlich zu fundieren« (Robotiker); um also eine Referenz sowohl für die eigene Forschung als auch für die wissenschaftliche Community zu entwickeln. Das zweite Ziel ist es, nicht nur Robotern, sondern auch Robotiker*innen die technische Übersetzung und Formalisierung kontingenter Alltagsphänomene zu vereinfachen. Diese müssen mit ihren Robotern zunächst gewissermaßen ›spielen‹ bzw. einen relativ niedrigschwwelligen Einstieg in die technische Bewältigung von Alltagsanforderungen finden.

Nun sind Robotiker*innen gewiss weit davon entfernt, robotische Kinder zu entwerfen, die in der menschlichen Gesellschaft ›groß werden‹. Faktisch handelt es sich um ein grundlagenwissenschaftliches Experimentieren mit kybernetischen und evolutionsbiologischen Ideen von ›lernenden‹ Maschinen. Denn wie so oft in der Roboterforschung kam es auch in der emergenten Robotik zwar zu raschen Anfangserfolgen, auf die allerdings bald neue, kaum zu überwindende Herausforderungen folgten. Eine prominente Schwachstelle wird unter dem Begriff »Scaling-up-Problem« (Christaller et al. 2001: 73) verhandelt: Zwar gelingt es, einfache Verhaltensweisen zu entwickeln, jedoch bleibt weitestgehend unklar, wie diese Architekturen in ihrer Komplexität gesteigert werden können: »Wie kommt man von den heute üblichen 20–40 Verhaltensweisen zu tausend, Millionen und noch mehr Verhaltensweisen?« (ebd.) Tatsächlich scheint der emergenten Robotik noch die passende Sprache und Methode zu fehlen. So kritisiert etwa Jutta Weber (2003), dass neuere Robotikzweige ihr Menschenbild zwar so dynamisieren, dass zunehmend das dialogische Werden mit der und durch die Umwelt einbegriffen wird, dabei jedoch erkennen, dass die Erzählungen vom Werden letztlich in althergebrachten Vorstellungen vom Sein münden. So greift die emergente Robotik auf Individuationsannahmen zurück, die Weber mit der naturalisierenden Logik des ›survival of the fittest‹ in Zusammenhang bringt: Mutter Natur dient als Vorbild, die mit dem Prinzip der natürlichen Selektion die Ausbildung sich entwickelnder und offener Organismen vorgibt (ebd.: 129). Der Vorstellung

von heterogenen Mensch-Nichtmensch-Gefügen würde nun wieder eine stabile Natürlichkeit untergehoben.

Neben dieser partiellen Rückkehr zu Vorstellungen einer stabilen menschlichen Natur machen sich auch methodische Schwierigkeiten bemerkbar: Die Implementierung einfacher sensomotorischer Feedbackschleifen durch neue Interfaces wie Tastsensoren oder Sprachausgaben sollte nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, dass es sich bei emergenten Robotern immer noch um Maschinen handelt, die Algorithmen verarbeiten und in vorprogrammierten »*Trial and Error*-Rekurschleifen« (Bächle 2015: 275; Hervorh. im Orig.) operieren. Genau genommen beschreibt der Emergenzbegriff der Robotik mehr eine Hoffnung oder ein Ideal denn eine Tatsache. Begreift man Emergenz als das Entstehen einer gänzlich neuen algorithmischen Struktur, erscheint der Gehalt der Prophezeiungen dieser neueren Robotikzweige in einem neuen Licht: Das Verhalten dieser Roboter mag zwar aufseiten der Beobachter*in zu Überraschungen führen, es sollte jedoch nicht als Emergenz neuer algorithmischer Strukturen überhöht werden (vgl. Christaller et al. 2001: 70f.).

Ich resümiere: Jenseits ihrer re-naturalisierenden Tendenz und den gegenwärtigen technischen Limitationen scheint die emergente Robotik zunehmend von kognitivistischen Ansätzen und somit von einem humanistischen Menschenbild abzuwenden. So modelliert sie Intelligenz nicht mehr jenseits der Welt und des Körpers. Die materielle Umwelt des Roboters (Spielzeug, Infrastruktur und menschliche Gesten) wird in den Prozess des Intelligent-Werdens einbezogen. An die Stelle von Vorabprogrammierungen der symbolischen Robotik sollen nun biologisch inspirierte algorithmische Lernprozesse treten. Hierfür werden Vorstellungen über kindliches Lernen technisch nutzbar gemacht. Beobachtungen über das Kind sollen für die Dynamisierung des Roboters herhalten und bilden eine heuristische Grundlage für ein System, das nicht mit sich identisch bleibt, sondern offen und veränderlich sein soll. Abseits der Frage, ob die emergente Robotik ihren Ansprüchen tatsächlich gerecht wird, ist damit ein neuer Ernst verbunden, mit dem der Roboterhardware begegnet wird: Die materiellen Voraussetzungen für Körperlichkeit erhalten in der Entwicklung einen zentralen Status, wodurch die Hardware zuweilen als Akteurin in die Konstruktion eingespannt wird. Vor diesem Hintergrund werden in neueren Entwicklungszweigen der Robotik Intelligenzstrukturen und Roboter nicht getrennt voneinander verstanden. »Intelligenz« soll *mit* und *an* dem Korpus des Roboters entstehen.

3.2 Roboter konstruieren: Die Arbeit an und mit Robotermaterial

Im Folgenden wird es darum gehen, diese konzeptionelle Umdeutung von Materialität in den konkreten Situationen der Roboterkonstruktion zu zeigen. Es soll dabei in die Arbeit an der Roboterhardware eingetaucht und dokumentiert werden, wie Robotiker*innen auf ihr Material treffen und wie sich eine konflikthafte und dynamische Relation entfaltet.

Inmitten von Apparaturen, Kabeln, Werkzeugen, Computern, 3-D-Druckern, aber auch Kaffeemaschinen, zwischengelagerten Fahrrädern, eingemotteten Roboterteilen und Resten des Mittagessens kommen Roboter allmählich zu ihrer Form. Jenseits der Vorstellung einer fragilen hochtechnologischen Infrastruktur, die von der Außenwelt geschützt und von Kittel tragenden Robotiker*innen instand gehalten wird, findet die Konstruktion eines Roboters in hybriden Räumen statt, die sowohl Alltagsobjekte als auch kritische technische Apparaturen beinhalten.

Hier müssen Roboter nicht nur gebaut, sondern zunächst geplant und entworfen werden. Vor dem Bau eines Roboters gehen tatsächlich mehrere Wochen und Monate der Vorbereitung ins Land. Diese Vorbereitung umfasst oftmals Absprachen mit Abnehmer*innen. Bei solchen Absprachen, die vor allem dann nötig sind, wenn Roboter externen Zwecken dienen sollen, werden in der Regel zwei Dinge geklärt: Ästhetik auf der einen (wie soll der Roboter aussehen?) und Funktionalität auf der anderen Seite (was soll er können?). Anschließend werden konzeptualisierende Skizzen angefertigt und Berechnungen durchgeführt, die dann prüfend in eine Computersimulation überführt werden (Abb. 1).

Abbildung 1



© Hannah Link

Hierauf folgt letztlich die Modellierung in Form von 3-D-Drucken, die in den Händen beäugt und gewendet werden (Abb. 2). Anschließend erfolgen gegebenenfalls Materialrecherchen und es werden Baustoffe bestellt, mit denen letztlich der Roboter (Abb. 3) zusammengebaut wird.

Abbildung 2



© Hannah Link

Abbildung 3



© Hannah Link

Hierzu ein Ausschnitt aus einem ethnografischen Beobachtungsprotokoll. Dokumentiert wird eine Situation aus der der relativ fortgeschrittenen Phase der Baustoffaufbereitung:

Nach der Mittagspause im Labor gehen Henri, der für die Konstruktion des Roboters verantwortliche Doktorand, Roland, sein Student, und ich zurück in die Werkstatt. Henri will Roland und mir zeigen, was wir für den Bau des Roboters beachten müssen. Henri spannt mich hier und da in den Konstruktionsprozess ein und weist mir einige einfache Aufgaben zu, die ich ohne technisches Vorwissen erledigen kann. Er erklärt uns, dass erst die Kanten der frisch geschnittenen Konstruktionsprofile gesäubert werden müssen, damit Spitzen und Splitter der Metallecken später andere Hardwareteile nicht beschädigen. Ich fluche innerlich. Meine Hände sind noch vom gestrigen Aussäubern der Kanten wund – heute darf ich auf keinen Fall die Handschuhe vergessen. Ich schaue Roland an, dem ich einen ähnlich panischen Gesichtsausdruck ablesen kann.

Ich halte das Messer, geformt wie eine kleine Sichel, zwischen Daumen und Zeigefinger in der Hand und stütze es am Griff mit der Handfläche ab. Um

alle Splitter abschneiden zu können, muss die Schneidefläche des Messers gegen die Kante gepresst und unter gleichbleibendem Druck nach vorne bewegt werden. Der Druck und die Bewegung schneidet nicht nur in die Konstruktionsprofile, sondern auch in meine Hand: Der stumpfe Griff wird mit einem Mal hart und schmerhaft.

Henri fährt fort: Dann sollen wir unbedingt daran denken, mit dem Druckluftkompressor alle Profile abzupusten [...]. Dabei aber immer – ganz wichtig – Brillen tragen, damit uns keine Splitter in die Augen fliegen. Schon schnappt sich Henri ein Konstruktionsprofil aus der Ecke des Raumes, hält es auf Armlänge von sich und mit der anderen Hand den Kompressor, drückt einen Knopf und pustet zügig und gekonnt das Profil ab. Roland und ich springen schnell, wenn auch zu spät, zur Seite und wenden unsere Gesichter ab. Wir lachen erschrocken und befühlen halb ironisch, halb ängstlich unsere Augen – Henri hat uns keine Zeit gegeben, unsere Brillen aufzusetzen.

Robotermaterial muss aufwendig vorbereitet, aufbereitet und nachbereitet werden. Unter Körpereinsatz und der Nutzung etwaiger Instrumente wie Messern und Kompressoren wird das Material geschliffen, zurechtgeschnitten und gesäubert. Die Konstruktion eines Roboters beruht daher zu einem wesentlichen Teil auf handwerklicher körperlicher Arbeit. Dies führt mitunter zu Frustration und zerschundenen Körperstellen. Dabei zeigen sich die Körper in ihrer Fragilität, während sich das Robotermaterial in seiner Standhaftigkeit offenbart. So benötigt es Handschuhe, Brillen und etliche weitere Dinge, um die Körper vor dem widerspenstigen Material zu schützen. Die Schutzbedürftigkeit unterscheidet sich jedoch. So ist der erfahrene Robotiker vertraut im Umgang mit dem Material und dem Werkzeug, mit dem er schnell und geschickt jegliche Splitter entfernt. Die Tätigkeit ist bisweilen von Souveränität, inkorporiertem Wissen und Routine geprägt. Das Material erscheint ihm als vertraute Ressource; für die Laien hingegen ist es widerständig und erfordert ein strapaziöses Abarbeiten. Die unterschiedlichen Erscheinungsweisen des Robotermaterials im Zusammenhang mit dem offensichtlichen Kompetenzgefälle lassen vermuten, dass sich bestimmte Aktivitätspotenziale des Materials im handwerklichen Prozess bemerkbar machen. Das Robotermaterial verlangt den Akteur*innen bestimmte Fertigkeiten ab und strukturiert das, was mit ihm verrichtet werden kann, mit: Es formatiert gewissermaßen Komplementärkörper, die sich entlang der materiellen Erfordernisse ausbilden. Diese Passung der Menschenkörper macht

sich mitunter durch wunde Stellen oder Einkerbungen der Haut bemerkbar, zeigt sich aber auch darin, dass Schutzkleidung angelegt werden muss und in der Notwendigkeit zur Aneignung professionellen Körperwissens.

Die Dinge liegen also anders: Nicht nur das Robotermaterial wird zum Gegenstand der Bearbeitung, sondern auch die Robotiker*innenkörper werden entsprechend den Materialerfordernissen formatiert. Es zeigt ein gewisses Aktivitätsniveau des Materials, das spezifische Körperantworten der menschlichen Teilnehmer*innen provoziert. Es handelt sich um eine konflikthafte Ko-Konstitution von Robotiker*innen und Robotern, da die Verarbeitung des Materials zu einem Roboter nicht voraussetzungslos ist. So ist es auf der einen Seite formbar, hinterlässt aber auf der anderen Seite Spuren. Gemeinsam durchlaufen Forscher*innen und Forschungsobjekt eine Transformation: Durch den Kontakt mit dem Material entstehen professionelle Robotiker*innen mit einem spezifischen Wissen und umgekehrt erfahren Konstruktionsprofile einen Zuschnitt.

In einem zweiten Beispiel bauen die Akteur*innen den Roboter zusammen. Zu beobachten ist dabei ein Moduswechsel vom anfänglichen Handwerk zur ingenieurwissenschaftlichen Konstruktion:

Henri, Roland und ich sitzen an der Tischgruppe im Labor. Auf Kopfhöhe hat Henri einen Ausdruck der Simulation des Roboters aufgehängt und auf dem Tisch befindet sich ein Miniaturmodell des Roboters aus dem 3-D-Drucker. So soll er mal aussehen. Nach einer Weile konzentrierten ineinandersteckens und Herumschraubens hält Henri jetzt das zusammengeschraubte Robotergelenk vor sein Gesicht, kneift die Augen zusammen und betrachtet es mit gerunzelter Stirn. Jetzt zieht er sein Knie etwas hoch vor seinen Bauch und hält die Gelenkkonstruktion erst davor und drückt sie dann gegen sein Knie. Seine Arme zittern. Er hält die Konstruktion wieder hoch vor sein Gesicht, beäugt sie, dreht sie, ruckelt dann ein wenig daran und schaut sie wieder mit gerunzelter Stirn an. »Was machst du?«, frage ich. »Ich will sehen, was passiert, wenn ich hier ein bisschen Kraft ausübe.« Und noch einmal: Er drückt das Gelenk mit aller Kraft an seine Kniescheibe. Nichts. »Weil, wenn der Roboter sich auf dem Boden bewegt, sind da ja auch Kräfte.« Nach einer Weile fügt er leise hinzu: »Okay es funktioniert, ist halt super schwer, aber das passt schon, glaube ich«, und wiegt das Gelenk in der Hand hin und her.

Die robotische Gelenkkonstruktion wird zwar aufwendig berechnet, gezeichnet, simuliert und am Ort des Geschehens in Bildform vergegenwärtigt, allerdings scheint bis zuletzt unsicher zu sein, wie sich die Konstruktion im Einsatz

konkret verhält, also auch, wie sich das Material im Gebrauch entfalten wird. Das Gelenk wird ad hoc und unsystematisch auf die Probe gestellt. Der Roboter spannt dafür seinen Körper ein, fühlt das Robotergelenk durch seine Knie und wiegt es mit den Händen. Die leibliche Annäherung, das Vertrautmachen, wechselt sich aber zugleich mit einer Distanznahme ab: Der Roboter tritt zurück, beäugt das Gelenk, zweifelt und führt es wieder näher an sich heran. Kann die Konstruktion halten? Die Kombination aus prüfendem Blick, leiblichem Ertasten und Ad-hoc-Erprobungen soll Ahnungen und Vorstellungen davon generieren, was sich später entfalten könnte. Der Herstellung eines Roboters scheint ein kritischer Restbestand an Kontingenzen inhärent zu sein. Es kann sich so oder so entwickeln: halten, einbrechen, bestimmte Bewegungen ausführen oder eben nicht. Akribische Berechnungen, Zeichnungen und Simulationen müssen in letzter Instanz einer Intuition weichen, die auslotet, was möglich ist. So scheint sich die Konstruktion nicht zuletzt einer wissenschaftlichen Vereindeutigung und Verfügung zu entziehen. Aus der Perspektive des Feldes ist die Konstruktion also weniger ein materielles Ding, das – einmal gebaut – in vorhersehbarer Weise vorfindbar ist, denn eine kontingente Konstellation, deren Sein umstritten bleibt. Die Kraft des Robotermaterials liegt nun nicht nur in der Raumverschiebung, die durch die erzeugte Reibung dichter Objekte entsteht. In der intuitiven Erprobung des Gelenks zeigt sich vielmehr ein Umgang mit dem Material, das dessen Unberechenbarkeit antizipiert. Die Konstruktionspraxis macht ein Materialitätsverständnis sichtbar, das die Fähigkeit zur Veränderung, zur Überraschung ebenso mitdenkt wie die Möglichkeit, dass sich das Material einem formatierenden Zugriff entzieht.

Eine solch technisch-materielle Kontingenz wird in der emergenten Robotik nicht zwangsläufig kritisch gesehen, sondern mitunter gezielt in den Dienst genommen und nutzbar gemacht.⁶ In einem solchen Fall werden die vorbereitenden Aktivitäten auf ein Minimum reduziert. Akribische Zeichnungen und Computersimulationen weichen sodann einem Verfahren des *rapid prototyping*. Ideen werden mit dem 3-D-Drucker direkt in Musterbauteile konvertiert. Dies geht auf die Überzeugung zurück, dass Material und Form eine gewisse Eigenaktivität oder – in den Worten eines Interviewpartners –

⁶ Während insbesondere in der symbolischen Robotik rigide Materialien (etwa spezifische Metalle), bei denen vorhersehbar ist, wie sie sich in spezifischen Situationen verhalten, verwendet werden, um die Genauigkeit der Roboteraktionen zu gewährleisten, greift etwa das Feld der *soft robotics* auf flexible Materialien (Gummi, Silikon etc.) zurück, deren Bewegungstrajektorie nicht immer vorhersagbar ist.

ein »Eigenleben« haben, das es zu nutzen gilt: »Lass doch den ganzen Käse die Hardware machen.«

Halten wir fest: Die Grenzen mathematischer Berechnungen und Vor- ausplanungen werden deutlich hervorgehoben. Begründet ist diese pro- grammietechnische Zurücknahme darin, dass materielle Eigenaktivitäten erkannt, kanalisiert und als Ko-Konstrukteur*innen nutzbar gemacht werden, aber auch eine unverfügbare Restkontingenz hingenommen wird. Als aktives und stellenweise unverfügbares Wissenobjekt ist der materielle Roboter im Prozess der Konstruktion daher inkompatibel mit der Fantasie einer vollstän- digen Durchdringung der Welt durch distanzierte Forscher*innen. Vielmehr lässt sich bei diesen Robotiker*innen die Vorstellung eines konstruierten Objekts beobachten, das sich zugleich selbst mitkonstruiert, sich entwickelt und Raum für Überraschungen und Irritationen schafft. Robotermaterie wird mithin als aktives Element im soziomateriellen Prozess der Konstruktion verstanden. Das ist es, was Donna Haraway (1995b) mit ihrem Begriff des situierten Wissens beschreibt: Eine nüchterne Einschätzung der eigenen Er- schließungs- und Eingriffsmöglichkeiten im Prozess der Wissensproduktion durch die Anerkennung des produktiven Charakters von Wissenobjekten. »Die Kodierungen der Welt stehen nicht still«, schreibt sie dazu, »sie warten nicht etwa darauf, gelesen zu werden« (ebd.: 94).

4. Schluss

In diesem Beitrag habe ich dafür plädiert, eine posthumanistische Perspektive in die wissenssoziologische Untersuchung der Robotik zu integrieren. Ich ha- be argumentiert, dass (trotz Bemühungen zeitgenössischer Denker*innen) die latente Unterscheidung zwischen menschlichen und nichtmenschlichen Ent- titäten zum festen Inventar soziologischer Zugriffe gehört. Dieser persistente humanistische Impuls offenbart sich in der unerschütterlichen Vorstellung unterschiedlicher Aktivitätsklassen von Entitäten. Insbesondere Donna Har- aways Arbeiten zeichnen sich durch einen gewissen Nachdruck aus, mit dem der latente Humanismus der Praxistheorien herausgefordert werden kann. So beansprucht sie, eine Welt zu denken, die eigenlogisch, also auch jenseits der Frage nach ihrer sozialen Verwertbarkeit, existiert (vgl. Folkers 2013).

Mit der hier entworfenen Perspektive wurde es möglich, eine technowis- senschaftliche Praxis zu dokumentieren, die ›Künstliche Intelligenz‹ im Ma- terial selbst verortet. Robotermaterial wird nicht als technischer Außenbezirk

verstanden, der per Softwaresteuerung Befehle ausführt. Bei der emergenten Robotik handelt es sich vielmehr um eine Forschungspraxis, in der der Roboterkorpus selbst und die materiellen Elemente, die ihn ausmachen, zu einem epistemischen Objekt werden. So ist das Ziel, eine Korpus-›Intelligenz‹ zu entwickeln, die materiell begründet ist und nicht (allein) aus softwaretechnischer Symbolverarbeitung besteht. Robotermaterial wird hier also von einer ausführenden zu einer konstruierenden Instanz umgedeutet. Roboter in ihrer materiellen Verfasstheit sind in der emergenten Robotik – um es in Haraways Wörtern zu sagen – integraler Bestandteil eines »Apparates körperlicher Produktion« (Haraway 1995b: 91). Sie sind also Teil jener wissenschaftlichen Diskurse, Praktiken und Technologien, die Körper und Entitäten in spezifischer Weise hervorbringen.

In diesem Kontext konterkariert das Feld selbst die Fantasie eines überlegenen Menschensubjekts in zweifacher Weise: Erstens dient die Vorstellung eines dezentrierten (also aufs Engste mit der Umwelt gekoppelten) und dynamischen (also sich entwickelnden) Menschen als Heuristik für die Konstruktion intelligenter Maschinen. Und zweitens entzieht das Feld dem Menschen tendenziell seine Vormachtstellung, indem sie Materie als wirkmächtige Gegen- und Mitspielerin sowie Effekt der Forschung thematisiert.

So wurde zunächst anhand von Interviewdaten Auseinandersetzungen mit Materialität rekonstruiert, in denen Materie erstmals ein zentraler Status zugerechnet und sie als Grundlage für die Evolvierbarkeit von Mensch und Maschine diskutiert wurde. Darauf folgten Protokollauszüge, mit denen unterschiedliche Phasen des Materialbezug von Robotiker*innen *in situ* dokumentiert wurde. Dabei wurde zunächst deutlich, wie Robotiker*innen mit dem zu formenden Material ringen. Anstelle einer einseitigen Einhegung von Bauplänen durch den Menschen wurde eine wechselseitige Formierung und Ko-Konstitution von Robotiker*innen und Robotern festgestellt. Darauffolgend zeigte sich eine soziomaterielle Praxis, die sowohl die produktive Eigenaktivität als auch die Unberechenbarkeit des Robotermaterials voraussetzt.

Aus der Perspektive posthumanistischer Theorieangebote offenbart sich im Feld der emergenten Robotik eine dynamische und konflikthafte Aushandlung zwischen Robotiker*innen und Robotern: Robotiker*innen nähern sich einer situierten Praxis der Wissens- und Technikproduktion an. Das heißt, an die Stelle des Versuchs einer objektiven Beschreibung und Verfügbarmachung der Welt tritt ein engagiertes Zusammenspiel von Forschungssubjekt

und -objekt, in dem die Kraft und potenzielle Unverfügbarkeit der Wissensobjekte mitgedacht wird.

Ein Anliegen des Aufsatzes bestand zudem darin, die technowissenschaftliche Praxis als Re-Konfiguration der Welt ernst zu nehmen. Insofern war es Ziel, gesellschaftliche Potenziale neuerer Robotikzweige aufzuzeigen; es ging darum, ein neues technowissenschaftliches Verständnis »des Menschen« sichtbar zu machen, das sich tendenziell von einem humanistischen Bild abzulösen scheint. Dies ist jedoch nicht im Sinne einer »Heilsgeschichte« misszuverstehen, die vor den gegenwärtigen Problemen technowissenschaftlicher Konstruktionsarbeit die Augen verschließt (vgl. Haraway 1995a: 35); so wurde deutlich, dass auch neuere Robotikzweige Re-Naturalisierungstendenzen aufweisen und somit zugleich Humantheorien mitführen, die auf eine einheitliche menschliche Natur rekurren. Vielmehr geht es mir um eine empirisch gesättigte Identifikation von Transformationsmöglichkeiten, die angeeignet und nutzbar gemacht werden können. Dahingehend könnten neuere Robotikzweige eine Herausforderung für ein Technikverständnis sein, das einer Polarität von Natur und Kultur verhaftet bleibt, das Natur als Ressource für Kultur und Technik als Mittel des Verfügbarmachens begreift.

Literatur

- Ahmed, Sara. 2008. Open Forum Imaginary Prohibitions: Some Preliminary Remarks on the Founding Gesture of the ›New Materialism‹. *European Journal of Women's Studies* 15, H. 1: 23–39.
- Alač, Morana. 2009. Moving Android: On Social Robots and Body-in-Interaction. *Social Studies of Science* 39, H. 4: 491–528.
- Ashby, W. Ross 2016. *Einführung in die Kybernetik*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Bächle, Thomas Christian. 2015. *Mythos Algorithmus. Die Fabrikation des computerisierbaren Menschen*. Wiesbaden: Springer VS.
- Barad, Karen. 2012. *Agentieller Realismus*. Berlin: Suhrkamp.
- Beck, Susanne. 2012. *Jenseits von Mensch und Maschine. Ethische und rechtliche Fragen zum Umgang mit Robotern, Künstlicher Intelligenz und Cyborgs. Robotik und Recht*. Baden-Baden: Nomos.
- Becker, Barbara und Jutta Weber. 2005. Verkörperte Kognition und die Unbestimmtheit der Welt. Mensch-Maschine-Beziehungen in der Neueren KI. In *Unbestimmtheitssignaturen der Technik. Eine neue Deutung der technisierten Welt*. Berlin: Suhrkamp.

- ten Welt, Hg. Gerhard Gamm und Andreas Hetzel, 119–232. Bielefeld: transcript.
- Bennett, Jane. 2010. *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things*. Durham und London: Duke University Press.
- Bourdieu, Pierre. 1980. Le mort saisit le vif. Les relations entre l'histoire réifiée et l'histoire incorporée. *Actes de la recherche en science sociale* 32/33 : 3–14.
- Braidotti, Rosi. 2014. *Posthumanismus. Leben jenseits des Menschen*. Frankfurt a.M. und New York: Campus.
- Brooks, Rodney. 2002. *Menschmaschinen. Wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen*. Frankfurt a.M. und New York: Campus.
- Čapek, Karel. 2017. *W.U.R. Werstands Universal Robots*. Berlin: Hofenberg.
- Christaller, Thomas, Michael Decker, Joachim-Michael Gilzbach, Gerd Hirzinger, Karl Lauterbach, Erich Schweighofer, Gerhard Schweitzer und Dieter Sturma (Hg.). 2001. *Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- Coeckelbergh, Mark. 2020. *AI Ethics*. Cambridge: MIT Press.
- Dreyfus, Hubert. 1985. *Die Grenzen künstlicher Intelligenz: Was Computer nicht können*. Königstein: Athenäum.
- Folkers, Andreas. 2013. Was ist neu am neuen Materialismus? Von der Praxis zum Ereignis. In *Critical Matter. Diskussionen eines neuen Materialismus*, Hg. Tobias Goll, Daniel Keil und Thomas Telios, 17–35. Münster: Edition Assemblage.
- Glaser, Barney und Anselm Strauss. 1967. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Mill Valley: Sociology Press.
- Haraway, Donna. 1988. Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective. *Feminist Studies* 14, H. 3: 575–599.
- Haraway, Donna. 1995a. Ein Manifest für Cyborgs. Feminismus im Streit mit den Technowissenschaften. In *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*, Hg. Carmen Hammer und Emanuel Stieß, 33–72. Frankfurt a.M. und New York: Campus.
- Haraway, Donna. 1995b. Situiertes Wissen. Die Wissenschaftsfrage im Feminismus und das Privileg einer partialen Perspektive. In *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*, Hg. Carmen Hammer und Emanuel Stieß, 73–97. Frankfurt a.M. und New York: Campus.
- Haraway, Donna. 2016. *Das Manifest für Gefährten. Wenn Spezies sich begegnen: Hunde, Menschen und signifikante Andersartigkeit*. Berlin: Merve.

- Hergesell, Jannis, Arne Maibaum, Andreas Bischof und Benjamin Lipp. 2021. Zum Potenzial grundlagenwissenschaftlicher Technikforschung für ein »gutes Leben im Alter«. Ein Plädoyer für konsequente partizipative Technikgestaltung. In *Gute Technik für ein gutes Leben im Alter? Akzeptanz, Chancen und Herausforderungen altersgerechter Assistenzsysteme*, Hg. Debora Frommelt, Ulrike Scorna, Sonja Haug und Karsten Weber, 293–316. Bielefeld: transcript.
- Hirschauer, Stefan. 2016. Verhalten, Handeln, Interagieren. Zu den mikrosoziologischen Grundlagen der Praxistheorie. In *Praxistheorie. Ein soziologisches Forschungsprogramm*, Hg. Hilmar Schäfer, 45–70. Bielefeld: transcript.
- Hoppe, Katharina und Thomas Lemke. 2015. Die Macht der Materie. Grundlagen und Grenzen des agentiellen Realismus von Karen Barad. *Soziale Welt* 66: 261–279.
- Hoppe, Katharina. 2019. Donna Haraways Gefährt*innen: Zur Ethik und Politik der Verwobenheit von Technologien, Geschlecht und Ökologie. *Feministische Studien* 37, H. 2: 250–268.
- Kalthoff, Herbert und Hannah Link. 2021. Zukunftslaboratorien. Technisches Wissen und die Maschinenwesen der Robotik. In *Humandifferenzierung. Disziplinäre Perspektiven und empirische Sondierungen*, Hg. Dilek Dizdar, Stefan Hirschauer, Johannes Paulmann und Gabriele Schabacher, 314–334. Weilerswist: Velbrück.
- Kalthoff, Herbert. 2018. Theoretische Empirie und ihre Konsequenzen. In *Zum Verhältnis von Empirie und kulturosoziologischer Theoriebildung. Stand und Perspektiven*, Hg. Julia Böcker, Lena Dreier, Melanie Eulitz, Anja Frank, Maria Jakob und Alexander Leistner, 132–152. Weinheim und Basel: Beltz Juventa.
- Keller, Evelyn. 1983. *A Feeling of the Organism: The Life and Work of Barbara McClintock*. San Francisco: Freeman.
- Latour, Bruno. 1993. *La clef de Berlin et autres leçons d'un amateur de sciences*, Paris : La Découverte.
- Link, Hannah und Herbert Kalthoff. 2023. Die Naturalisierung des Roboters. Zu einer Soziologie technischen Wissens. In *Jenseits des Menschen. Neue Perspektiven auf Natur/Kultur*, Hg. Torsten Cress, Oliwia Murawska und Annika Schlitte. Paderborn: Fink/Brill (im Erscheinen).
- Lipp, Benjamin. 2022. Caring for Robots: How Care Comes to Matter in Human-Machine Interfacing. *Social Studies of Science*: 1–26.
- Meister, Martin und Ingo Schulz-Schaeffer. 2016. Investigating and Designing Social Robots from a Role-Theoretical Perspective. *AI & Society* 31: 581–585.

- Newell, Allen und Herbert Simon. 1997. Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search. In *Mind Design II. Philosophy, Psychology, Artificial Intelligence*, Hg. John Haugeland, 81–110. Cambridge: MIT Press.
- Pfeifer, Rolf und Christian Scheier. 1999. *Understanding Intelligence*. Cambridge: MIT Press.
- Pfeifer, Rolf. 2000. Embodied Artificial Intelligence: 10 Years Back, 10 Years Forward. In *Informatics: 10 Years Back. 10 Years Ahead. Lecture Notes in Computer Science*, Hg. Reinhard Wilhelm, 294–310. Berlin: Springer.
- Pitsch, Karola. 2016. Limits and Opportunities for Mathematizing Communicational Conduct for Social Robotics in the Real World? *AI & Society* 31: 587–593.
- Reckwitz, Andreas. 2002. The Status of the ›Material in Theories of Culture. From ›Social Structure‹ to ›Artefacts‹. *Journal for the Theory of Social Behaviour* 32: 195–217.
- Richardson, Kathleen. 2016. Technological Animism: The Uncanny Personhood of Humanoid Machines. *Social Analysis* 60, H. 1: 110–128.
- Šabanović, Selma. 2014. Inventing Japan's ›Robotics Culture‹: The Repeated Assembly of Science, Technology, and Culture in Social Robotics. *Social Studies of Science* 44, H. 3: 342–367.
- Schatzki, Theodore R. 2002. *The Site of the Social. A Philosophical Account of the Constitution of Social Life and Change*, University Park, PA: The Pennsylvania State University Press.
- Steels, Luc und Rodney Brooks. 1995. *The Artificial Life Route to Artificial Intelligence: Building Situated Embodied Agents*. New York: Routledge.
- Suchman, Lucy. 2007. *Human-Machine-Reconfiguration: Plans and Situated Actions*. 2. Auflage. New York: Cambridge University Press.
- Turkle, Sherry. 1984. *The Second Self: The Human Spirit in a Computer Culture*. New York: Simon & Schuster.
- Weber, Jutta. 2003. Turbulente Körper und emergente Maschinen. Über Körperfkonzepte in neuerer Robotik und Technikkritik. In *Turbulente Körper, soziale Maschinen. Feministische Studien zur Technowissenschaftskultur*, Hg. Jutta Weber und Corinna Bath, 119–136. Opladen: Leske + Budrich.
- Weber, Jutta. 2017. Feministische STS. In: *Science and Technology Studies – Klassische Positionen und aktuelle Perspektiven*, Hg. Susanne Bauer, Torsten Heinemann und Thomas Lemke, 339–368. Berlin: Suhrkamp.
- Wiener, Norbert. 2002. Kybernetik. In *Futurum Exactum. Ausgewählte Schriften zur Kybernetik und Kommunikationstheorie*, Hg. Bernhard Dotzler, 13–30. Wien: Springer.

Wieser, Matthias. 2015. Inmitten der Dinge. Vom Verhältnis von sozialen Praktiken und Artefakten. In *Doing Culture. Neue Positionen zum Verhältnis von Kultur und sozialer Praxis*, Hg. Karl H. Hörning und Julia Reuter, 92–107. Bielefeld: transcript.