

2 Grundlagen

In diesem Kapitel wird der interdisziplinäre Rahmen für die Einordnung und Beurteilung technischer Systeme zur Unterstützung, Assistenz und Hilfe von Personen (z.B. Hilfe- und Pflegebedürftige), so genannten Unterstützungssystemen, geschaffen. Dazu werden die Perspektiven der Ingenieurwissenschaft, Techniksoziologie, Philosophie, Sozialwissenschaft, Rechtswissenschaft und Wirtschaftswissenschaft in die Überlegungen mit einbezogen. Zunächst erfolgt die Schärfung des Verständnisses von Unterstützungssystemen, wobei grundlegende Einflussgrößen und Anforderungen an derartige Systeme aufgeführt werden, um sie als Unterstützungssysteme bezeichnen zu können. Anhand von zwei konkreten Handlungszusammenhängen wird anschließend die Herangehensweise einer bedarfsorientierten Technikentwicklung beschrieben. Nach dem bis zu diesem Punkt die Frage leitend war, welche Technik die Menschen wollen bzw. wollen sollen, fällt in den philosophischen Aufgabenbereich die Frage danach, was der Mensch sein sollte, sofern er sich als Mensch verstehen will. Es folgt daher die kritische Diskussion möglicher negativer Einflüsse auf das menschliche Selbstverständnis durch den Einsatz von Unterstützungssystemen. Natürlich kann auch mit dem vorgestellten Ansatz der technikkritischen philosophischen Anthropologie kein „objektives“ Menschenbild begründet werden, aber es werden Wege der philosophischen und damit logischen Argumentation aufgezeigt, die dabei unterstützen, eine ethisch-moralische Begründung für ein normatives Menschenbild zu liefern.

Da Unterstützungssysteme Mensch und Technik multidirektional, dynamisch und interaktiv miteinander verbinden und in Beziehung setzen, finden sich hier eine Vielzahl von Schnittstellen. Dass deren Funktion nicht ausschließlich als neutraler Mittler beschrieben werden kann, leuchtet ein. Die Begründung ihrer sinnstiftenden Wirkung wird in einem weiteren Abschnitt aufgezeigt. Neben der philosophischen Annäherung an die Grundlagen von Unterstützungssystemen werden im Rahmen des Kapitels zudem sozial- und ingenieurwissenschaftliche Zugänge zur Klassifikation von Unterstützungssystemen vorgestellt. Hierdurch können in Zukunft entsprechende Systeme bedarfsorientiert und zielgerichtet entwickelt und bewertet werden.

Schließlich werden in weiteren Beiträgen sowohl die juristischen Herausforderungen als auch die wirtschaftlichen Chancen bei der Entwicklung und durch die Nutzung von Unterstützungssystemen aufgezeigt. Die juristische Bewertung derartiger Systeme hebt auf die unterschiedlichen Anforderungen ab, die sich aus Rechtsgebieten wie Datenschutz, Produktsicherheit, Arbeits- und Verfassungsrecht ergeben, um daraus einen gesetzgeberischen Handlungsbedarf abzuleiten. Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen des demografischen Wandels und einer verbreiteten Nutzung von Unterstützungssystemen mit Fokus auf die resultierende Möglichkeit einer Entlastung der Sozialsysteme sind Gegenstand der Betrachtung des letzten Abschnitts.

2.1 Technik, die die Menschen wollen – Unterstützungssysteme für Beruf und Alltag – Definition, Konzept und Einordnung

R. Weidner, T. Redlich und J. P. Wulfsberg

2.1.1 Einleitung

Im Jahr 2030 werden in Deutschland 37 % der Erwerbstätigen zwischen 50 und 65 Jahre alt sein und über 37 % der Bevölkerung der Altersgruppe über 60 Jahre angehören [1]. Die (älteren) Menschen wünschen sich eine dauerhafte Erhaltung ihrer Gesundheit, um länger selbstständig am alltäglichen Leben partizipieren zu können. Unternehmen jeglicher Art stehen vor der Herausforderung, geeignetes Personal zu finden, das langfristig verfügbar ist und die tätigkeitsspezifischen Anforderungen erfüllen kann. Eine Strategie, um erstens die beruflichen Anforderungen länger erfüllen zu können und zweitens die Teilhabe alternder bzw. körperlich eingeschränkter Personen in allen Lebensbereichen zu ermöglichen, liegt in der Entwicklung und Bereitstellung technischer Unterstützungssysteme.

Entsprechende Systeme, die den Menschen präventiv und operativ, angepasst an individuelle Bedürfnisse und spezifische Tätigkeiten, unterstützen, stellen einen vielversprechenden Ansatz dar. Sie müssen die individuellen Anforderungen des Menschen (z.B. Größe, Funktionalitäten und Bedienbarkeit) sowie der Unternehmen (z.B. Qualität, Auslegung und Verfügbarkeit) erfüllen und dürfen den Menschen beim Gebrauch nicht behindern, einschränken und verletzen. Im nachfolgenden Abschnitt werden zunächst die Ausgangssituation und bereits entwickelte Systeme bzw. Ansätze zur Unterstützung des Menschen im Berufs- und Alltagsleben aufgezeigt. Darauf aufbauend werden wesentliche Forschungsfragen abgeleitet und Ansätze für zukünftige Unterstützungssysteme aufgezeigt.

2.1.2 Ausgangssituation

In nahezu allen Lebenssituationen ist eine zunehmende Verbindung bzw. Interaktion von Mensch und Technik spürbar. Teilweise wird diese Entwicklung als „Technikabhängigkeit“ konnotiert. Überwiegend wird Technik allerdings in „guter“ Absicht z.B. zur Erhöhung von Komfort und Bequemlichkeit sowie aufgrund der gegenüber dem Menschen vorteilhaften bzw. überlegenen Eigenschaften technischer Systeme (u.a. Ausdauer, Wiederholgenauigkeit und Präzision) genutzt.

Verschiedene Anwendungen können als Indizien einer zunehmenden Verbindung zwischen Mensch und Technik betrachtet werden:

- Mobiltelefon, tragbare Computer und Wearables (Konsumgüterindustrie),
- Implantate, wie Zähne und Hüftgelenke (Medizintechnik),
- Intelligentes Haus und Drahtlosnetzwerke (Kommunikationstechnik),
- Mensch-Roboter-Kollaboration (Produktionstechnik),
- Geräte für Hilfs- und Pflegebedürftige, wie der computergestützte Rollstuhl und die Greifzange (Pflege und Rehabilitation).

Bei den genannten Anwendungen konnte ein stetiger Veränderungsprozess beobachtet werden: Mensch und Technik sind schrittweise „zusammengewachsen“. Die entsprechende Entwicklung im Bereich der Produktion kann wie folgt dargestellt werden:

- Der Mitarbeiter führt seine Arbeit eigenständig unter Zuhilfenahme von Werkzeugen durch.
- Der Mitarbeiter wird durch den Einsatz von vollautomatisierten Systemen, wie Industrieroboter, entlastet, indem das technische System eine fest programmierte Aufgabe verrichtet.
- Der Industrieroboter wird mit Sensorik ausgestattet, um die technische Intelligenz und dadurch die Flexibilität zu verbessern.
- Mensch-Roboter-Kollaboration: Schrittweise Zusammenlegung von Arbeitsaufgaben von Mensch und Roboter in einem Arbeitsraum, in der Regel jedoch zeitlich getrennt. Die Aufgabenverteilung erfolgt nach den individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten.
- Hybridisierung von biomechanischen und technischen Elementen in einem System (Mensch, technische Systeme, Werkzeuge und weitere Funktionalitäten) mit Hoheit beim Menschen. Hierbei werden die Elemente seriell und/oder parallel angeordnet, um den Mitarbeiter aufgaben- und personenangepasst zu unterstützen. Die individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten des Menschen sowie der technischen Elemente können bei diesem Ansatz zeitgleich ausgenutzt werden.

Entlang dieses Entwicklungsstrangs können folgende Arten von Hilfesystemen voneinander abgegrenzt werden:

- Technische Systeme, die eine Person **substituieren** und dadurch zu einer Entlastung führen (Technik führt die Aufgabe für den Menschen aus), und
- technische Systeme, die dem Menschen bei der Ausführung seiner Aufgaben **unterstützen** ohne ihn dabei zu ersetzen (Mensch behält die Hoheit und wird durch die Technik angemessen unterstützt).

Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Argumente und Systematisierungen wird dieser Arbeit die folgende Definition von Unterstützungssystemen zu Grunde gelegt:

Bei einem technischen System handelt es sich um ein Unterstützungssystem, wenn

1. es den Menschen bei Tätigkeiten unterstützt, ohne ihn ganz oder teilweise zu substituieren,
2. es dem Menschen die Hoheit über die Ausführung überlässt (Sollwertvorgabe durch Bediener, keine Zwangsvorgaben),
3. es sich bei dem Menschen um den Systembediener handelt und
4. vom System keine Gefahr für den Bediener und für Dritte ausgeht.

2.1.3 Aktuelle Ansätze und Systeme aus dem Stand der Technik Berufsleben

Im Bereich der Produktion existieren sowohl die genannten Substitutionslösungen als auch technische Unterstützungssysteme im Sinne der o.g. Definition. Eine Unterstützung kann durch Hilfsmittel und Werkzeuge realisiert werden. Werkzeuge können hierbei z.B. Drehmomentschlüssel und Akkuschauber darstellen.

Bei der Ausführung von Arbeiten in gefährlichen Umgebungen und im Bereich der Chirurgie lassen sich Telemanipulatoren als Hilfsmittel einsetzen, die durch den Menschen gesteuert werden. Bei Handhabungsaufgaben mit großen Lasten und großen Bauteilen finden durch den Menschen bediente Balancer bzw. Hebehilfen ihren Einsatz. Der Ansatz der Mensch-Roboter-Kollaboration kann im Zwischenbereich zwischen den frei programmierbaren Automaten und den manuellen Arbeitsplätzen eingeordnet werden. Mit diesem Ansatz wird angestrebt, die Arbeitsaufgaben zwischen Mensch und Maschine in einem Arbeitsraum aufzuteilen, so dass ein simultanes Arbeiten möglich ist. Technische Systeme übernehmen in der Regel kraftraubende Handhabungsaufgaben sowie Aufgaben mit vielen Wiederholungen. Die kooperierenden Arbeiten von Mensch und Maschine an einem Werkstück sind dabei mit Stand der Technik strikt räumlich oder zeitlich getrennt. Erste Ansätze für eine räumliche und zeitliche Kooperation werden aktuell erforscht [2]. Die Automatisierung wird vor allem bei Aufgaben mit hohem Wiederholcharakter und geringer Produktvarianz vorangetrieben. Einsatz hierbei finden verstärkt Roboter mit serieller und paralleler Kinematik, die unter Umständen durch eine sensorgestützte Sollwertvorgabe im Regelkreis ergänzt werden. Technische Systeme wie Roboter und Hebehilfen entlasten den Mitarbeiter durch Übernahme verschiedenster Tätigkeiten und können somit die Ergonomie verbessern bzw. gewisse Aufgaben überhaupt erst ermöglichen. Darüber hinaus wurden eine Reihe unterschiedlicher Assistenzsysteme mit verschiedenen Schwerpunkten entwickelt, z.B. Assistenz mit Hilfe von Datenbrillen. Vereinzelt kommen im produzierenden Umfeld auch (einfache) Exoskelette zur Kraftsteigerung zum Einsatz. Eine neue Systemlösung stellen Unterstützungssysteme nach dem Ansatz des Human Hybrid Robot (HHR) dar [3]. Hierbei handelt es sich um eine logische Weiterentwicklung der klassischen Mensch-Roboter-Kollaboration. Diese Systeme sind durch eine serielle und/oder parallele Kopplung von biomechanischen und technischen Elementen charakterisiert (intelligente Kopplung des Menschen mit technischen Systemen, Werkzeugen und Funktionalitäten).

Zusammenfassend lässt sich in den vergangenen Jahren auch im industriellen Bereich eine engere Verknüpfung von Mensch und Maschine feststellen. Die Entwicklung ist vereinfacht in **Abb. 2.1** dargestellt.

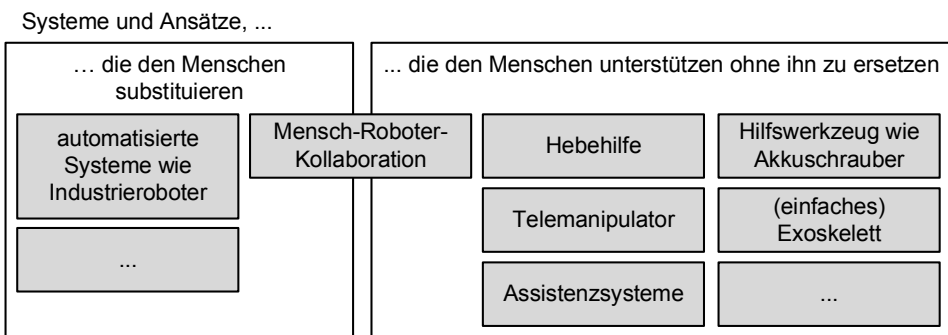


Abb. 2.1: Unterstützungssysteme für das Berufsleben

Alltagsleben

Auch für das Alltagsleben existieren zahlreiche Substitutionslösungen wie auch technische Unterstützungssysteme im Sinne der Definition. Zu den Systemen, die Menschen aller Altersgruppen unterstützen können zählen bspw. Treppenlifte, Elektrofahrräder, Spurhalteassistenten im Automobil, Exoskelette, Rollatoren, Elektrozaunbürsten etc. Als Substitutionslösungen können in diesem Bereich insbesondere autonome Maschinen wie Staubsaugroboter oder Serviceroboter, selbstfüllende Kühlschränke oder autonome Kraftfahrzeuge angesehen werden (**Abb. 2.2**).

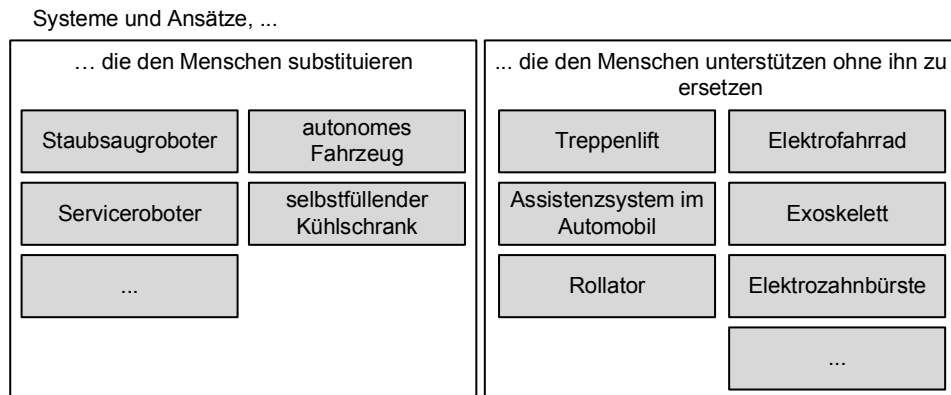


Abb. 2.2: Systemlösungen für die Unterstützung im Alltagsleben

2.1.4 Handlungsbedarf und Forschungsfragen

In der Vergangenheit wurden unterschiedliche Systemlösungen für die Unterstützung sowie für die Entlastung durch Übernahme von Aufgaben (Substitution des Menschen durch Maschinen) entwickelt. Die Technologieentwicklung wurde in der Regel technologiegetrieben auf Basis einer vorangegangenen groben Bedarfsanalyse durchgeführt. Hierbei wurden Nutzer teilweise bereits frühzeitig in den Entwicklungsprozess einbezogen, doch die Entscheidung nach der Art der Technik war bereits zuvor getroffen (**Abb. 2.3** oben). Dies konnte dazu führen, dass eine Technologie entwickelt wurde, die nach technischen und ökonomischen Kriterien einen Vorteil bieten könnte, aber durch den (potentiellen) Anwender zum einen nicht akzeptiert (passiv) und zum anderen nicht genutzt (aktiv) wird. Um das eigentliche Potenzial neuer Technologien besser ausschöpfen zu können, besteht die Möglichkeit, die beschriebene Vorgehensweise so zu modifizieren (**Abb. 2.3** unten), dass bereits früher Anforderungen und Bedürfnisse von Nutzern aufgegriffen und einbezogen werden können (partizipativer Ansatz). Dies hat wiederum zur Folge, dass vor der Technikentscheidung eine umfangreiche Bedarfsanalyse gemeinsam mit dem Nutzer durchzuführen ist.

Bei einer derartigen Modifikation des Entwicklungsvorgehens gelangt der (potentielle) Nutzer stärker in den Mittelpunkt. Diese Vorgehensweise lässt nicht nur die Entwicklung bedarfsgerechter Technologien erwarten. Durch die Berücksichtigung von nicht ausschließlich ökonomischen (Unternehmensgewinn, Kostenreduktion, Effizienzsteigerung), sondern vielmehr auch weiteren gesellschaftlich relevanten Zielgrößen (z.B. Akzeptanz,

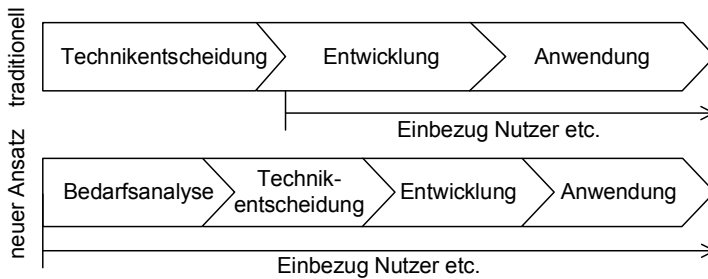


Abb. 2.3: Gegenüberstellung von Ansätzen für eine Technologieentwicklung

Lebensqualität, Selbstständigkeit, Freiheit, Glück) kann ein globales Optimum im Sinne zusätzlicher volkswirtschaftlicher Leistungssteigerung bzw. gesellschaftlicher (nicht-monetärer) Wertschöpfung erreicht werden.

Aus den beschriebenen Gründen ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Bei welchen Aufgaben und Tätigkeiten wünscht sich der (ältere) Mensch eine Unterstützung?
- Wie könnte eine Unterstützung aussehen bzw. welche Art von Systemen lassen sich hierfür einsetzen?
- Wie kann die passive Akzeptanz und die aktive Aneignung entsprechender Systeme gesteigert werden?
- Wie können Nutzer bei der Technikentwicklung integriert werden?
- Wo liegen Grenzen und was sind Potenziale entsprechender Systeme?

2.1.5 Unterstützungssysteme der Zukunft

Die im vorherigen Abschnitt beschriebene Änderung in der Vorgehensweise bedingt eine Anpassung der Entwicklungsschritte. Darüber hinaus wird die Entwicklung allgemeingültiger und Szenario unabhängiger Technologien angestrebt, d.h. die Entwicklung einer Technik, die sich in unterschiedlichen Kontexten im Alltags- und Berufsleben nutzen lässt. Um Technik entwickeln zu können, die gesellschaftlich akzeptiert und genutzt wird, werden auf Basis des ermittelten Bedarfs Unterstützungsfunktionalitäten definiert (Abb. 2.4). Diese sind in Hardware- und Software-Modulen umzusetzen. Hierbei sind Standards für z.B. Schnittstellen einzuhalten, um eine Kombinier- und Austauschbarkeit zu gewährleisten. Mit Hilfe der vorentwickelten Module, die sich in einem Baukastensystem zusammenfassen lassen, können ortsungebundene und ortsfeste Unterstützungssysteme aufgebaut werden. Diese können sowohl den kompletten menschlichen Körper als auch nur Teilbereiche davon unterstützen. Die Konfiguration erfolgt dabei individuell angepasst an die Person bzw. an die auszuführende Aufgabe.

Die technischen Systeme sollen zusätzlich so gestaltet werden können, dass sich der Unterstützungsgrad, d.h. die „Stärke“ und der „Umfang“, individuell einstellen lässt. Unterscheiden lassen sich dabei der

- personenabhängige (d.h. in Abhängigkeit zu den individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie Wünschen und Bedürfnissen),

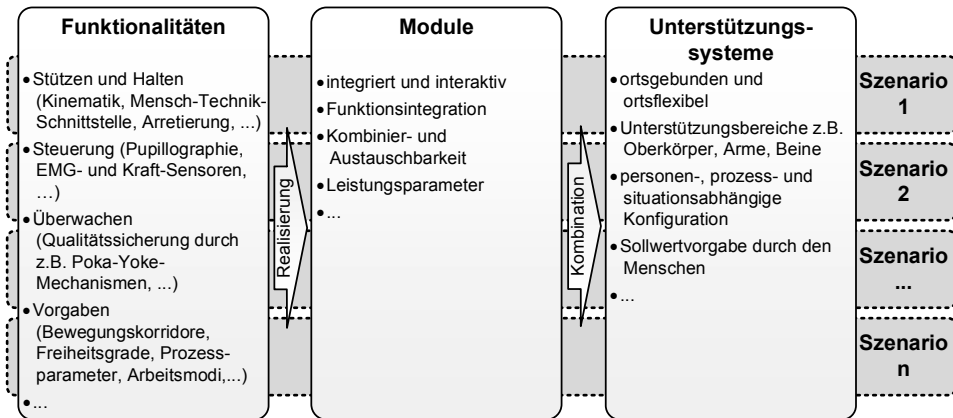


Abb. 2.4: Angestrebtes Entwicklungsvorgehen [4]

- aufgabenabhängig (d.h. in Abhängigkeit von prozessrelevanten Anforderungen und personenunabhängig) und
- zeitabhängig (d.h. in Abhängigkeit von z.B. Arbeitszeit und -dauer)

Unterstützungsgrad. Verdeutlicht wird dieser Zusammenhang beispielhaft in **Abb. 2.5** oben am Beispiel der Produktion. Betrachtet wird hierbei neben einer aufgabenabhängigen Unterstützung, die erforderlich ist, um überhaupt die Qualitätsanforderungen erfüllen zu können, ein Unterstützungsgrad in Abhängigkeit des Alters der Mitarbeiter zum einen (hierfür wird angenommen, dass gewisse Funktionseinbußen im Alter vorliegen) und aufgrund von zirkadianen Leistungsschwankungen zum anderen. Durch an die Person und Aufgabe anpassbare technische Systeme ergeben sich prinzipiell unterschiedliche Lösungsansätze mit verschiedenen Unterstützungsgraden. Drei Beispiele sind in **Abb. 2.5** unten illustriert:

- Szenario 1: Geringe Unterstützung, sodass weder altersabhängige, tagesabhängige noch aufgabenrelevante Aspekte kompensiert werden können.
- Szenario 2: Mittlerer Unterstützungsgrad, sodass aufgabenrelevante Anforderungen erfüllt werden können, aber nicht alle altersbedingten Funktionseinbußen und tagesabhängige Leistungsschwankungen ausgeglichen werden.
- Szenario 3: Maximal mögliche Unterstützung, sodass teilweise ein zu hoher Grad der Unterstützung vorherrschen kann.

2.1.6 Zusammenfassung und Ausblick

Die demografischen Entwicklungen, die zunehmende Arbeitsdichte, das verlängerte Erwerbsleben und die gestiegenen Anforderungen führen zu einem erhöhten Unterstützungsbedarf im Berufs- und Alltagsleben. Zu deren Kompensation wurden in der Vergangenheit bereits eine Reihe von Ansätzen und Systemen entwickelt, die den Menschen entlasten und unterstützen sollen. Hierbei handelt es sich um Systeme, die den Menschen unterstützen ohne ihn zu ersetzen oder um Systeme, die den Menschen durch die Abnahme von Aufgaben entlasten (Substitution). Häufig besitzen derartige Systeme eine geringe gesellschaftliche Akzeptanz. Dies kann auf das Entwicklungsvorgehen zurückgeführt

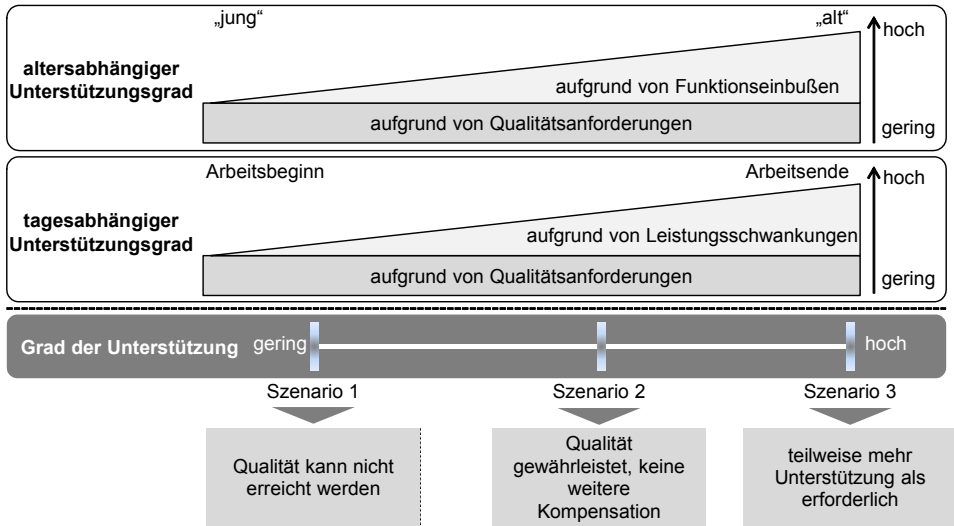


Abb. 2.5: Exemplarische Unterstützungsgrade inkl. denkbarer Szenarien am Beispiel der Produktion

werden; (potentielle) Nutzer werden zwar in den Entwicklungsprozess einbezogen, um die individuellen Anforderungen aufzugreifen, die Entscheidung welche Art von Technologie entwickelt werden soll, ist jedoch vorab gefällt worden.

Im vorangegangenen Abschnitt wurde ein neuer Ansatz für die Entwicklung von „Technik, die die Menschen wirklich wollen“ aufgezeigt. Ausgangspunkte der Technikentwicklung entsprechend dieses Ansatzes sind die individuelle wie auch gesellschaftliche Akzeptanz. Hierfür wird zum einen eine Vorgehensweise vorgeschlagen, mit der potentielle Nutzer früher im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden können und zum anderen die technischen Systeme so gestaltet werden, dass sie sich an den jeweiligen Nutzer und Aufgabe anpassen lassen. Hiermit verbunden ist auch die Möglichkeit, den Unterstützungsgrad individuell anpassen zu können.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt: 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Berlin, 2008.
- [2] Thomas, C.; Busch, F.; Kuhlenkötter, B.; Deuse, J.: Ensuring Human Safety with Offline Simulation and Real-time Workspace Surveillance to Develop a Hybrid Robot Assistance System for Welding of Assemblies, in: Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability, Springer, 2011, S. 464-470.
- [3] Weidner, R.; Kong, N.; Wulfsberg, J. P.: Human Hybrid Robot: a new concept for supporting manual assembly tasks, in: Production Engineering, 7(6), 2013, S. 675-684.
- [4] Weidner, R.; Wulfsberg, J. P.: Aufbau und Implementierung eines aktiven Gelenkarms für Human Hybrid Robots (HHR), in: wt Werkstattstechnik online, 104, 2014, Nr. 3, Düsseldorf, Springer-VDI-Verlag, S. 174-179.

2.2 Was sollen wir wollen – Möglichkeiten und Grenzen der bedarfsorientierten Technikentwicklung

M. Decker und N. Weinberger

2.2.1 Einleitung

Die Frage, welche Technik Menschen „wirklich“ wollen, scheint besonders im Nachhinein vergleichsweise leicht zu beantworten. Beispielsweise kann in einer Umfrage explizit danach gefragt werden, welche Technik Menschen in ihrem Alltag benutzen, welche ihnen unentbehrlich vorkommt und welche Technik sie sich vielleicht angeschafft haben, diese letztendlich aber nicht anwenden. Schwieriger ist die Frage *ex ante* zu beurteilen. Das hängt zum einen damit zusammen, dass nicht alle Menschen darin geübt sind, ihren Bedarf an technischer Unterstützung zu formulieren. Man kann zwar allgemein danach fragen, in welchen Handlungszusammenhängen ihres Alltags Probleme auftreten, jedoch bedarf es einer beträchtlichen Transferleistung, um für diese Probleme mögliche technische Lösungen vorschlagen zu können. Des Weiteren ist bekannt, dass neue technische Möglichkeiten auch entsprechende Bedarfe nach diesen Möglichkeiten erst wecken. So darf die Möglichkeit, mit dem Mobiltelefon kurze Textnachrichten zu verfassen und zu versenden als ein solches Phänomen angesehen werden. Es ist wenig wahrscheinlich, dass *ex ante*, bspw. bei einer Umfrage zur Nutzung von Mobiltelefonen, ein Bedarf zur Versendung von Textnachrichten über das Mobiltelefon, explizit geäußert worden wäre. *Ex post* wird von Nutzern von Mobiltelefonen das Versenden von Textnachrichten als eine zentrale Funktion dieser Technologie angesehen. Sie ließen bei einer solchen Umfrage auch sicherlich keinen Zweifel daran, dass sie diese Funktion des Mobiltelefons nicht missen möchten, und sie somit „wirklich“ wollen. Ob die Nutzung dieser Technologie in der Art und Weise, wie wir sie in unserer Gesellschaft nun beobachten können, gesellschaftlich wünschenswert ist oder nicht steht auf einem anderen Blatt und soll hier nicht weiter behandelt werden [1].

Klassisch darf es als zentrales Element der Ingenieurskunst angesehen werden, dass neue Technologien so entwickelt bzw. bestehende Technologien so verändert werden, dass sie in die Handlungszusammenhänge des Alltags eingebunden werden. Hier kann von einem *Technology Push*¹ gesprochen werden, denn die Technikentwicklung wird aus den Ingenieurwissenschaften heraus betrieben. Dabei kann es eine verfolgenswerte Strategie sein, eine bestehende Technik um zusätzliche technische Möglichkeiten zu erweitern, um damit den Nutzwert der Technik zu erhöhen. Obiges Beispiel aus der Mobiltelefonie stellt einen solchen Fall dar: Die Möglichkeit des Versendens von Textnachrichten hat den Nutzwert des Mobiltelefons erhöht. Doch obwohl es in der Technikentwicklung nach dem *Techno-*

¹ Bei Nemet (2009) finden sich ein historischer Abriss und eine kritische Beleuchtung der Technology Push- und Demand Pull Perspektiven. [2]

logy Push Modell durchaus üblich ist, Nutzer in den Entwicklungsprozess zur Identifizierung wünschenswerter technischer Möglichkeiten und deren Praktikabilität einzubinden, bleibt im *Technology Push* Modell die (weiter) zu entwickelnde Technik „gesetzt“.

Eindeutiger scheint die Frage: „welche Technik wollen wir wirklich?“ zu beantworten zu sein, wenn im Vorhinein der Bedarf an einer bestimmten Technik artikuliert wird. Das heißt „wirklich wollen“ wird so interpretiert: eine Technik wird dann wirklich gewollt, wenn der Wunsch eine solche Technik anwenden zu können, bereits vor der Entwicklung der Technik explizit geäußert wird. Geht man davon aus, dass neue Technologien selten für Einzelpersonen entwickelt werden, dann kann man das „wirklich“ wollen auch als einen Konsens in einer Nutzergruppe interpretieren. Aus der Größe der potentiellen Nutzergruppen und der Stabilität des Konsenses in dieser Nutzergruppe könnte man das ökonomische Potenzial der Technologie abschätzen.

Diese bedarfsorientierte Vorgehensweise kann dem Gedanken eines *Demand Pull*-Modells zugeordnet werden. Allerdings stellt die Bedarfserhebung in einem konkreten Handlungskontext in diesem Zusammenhang schon das Ende einer thematischen Hinführung dar. Denn *Demand Pull* zielt zunächst auf die Entwicklung von Technologien, die dazu geeignet sind, Lösungsansätze für drängende gesellschaftliche Probleme anbieten zu können. Als solche Problemlagen können die sogenannten „Grand Challenges“ moderner Gesellschaften verstanden werden. Das Abstraktionsniveau dieser gesellschaftlichen Herausforderungen spielt sich dabei auf der Höhe eines „demographischen Wandels“ ab, dem Thema des Wissenschaftsjahres 2013, oder „Lernen und Arbeiten in einer smarten Welt“ oder „Plurale Gesellschaft auf der Suche nach Zugehörigkeit und Distinktion“².

Dieser Abstraktionsgrad ist aber offensichtlich zu hoch, um als Anfangspunkt für eine bedarfsorientierte Technikgestaltung dienen zu können. Es bedarf dagegen eines Herunterbrechens dieser gesellschaftlichen Herausforderungen in einzelne Handlungskontexte, die in Bezug auf die Herausforderungen relevant sind. Diese Relevanz wird aus den Beschreibungen der gesellschaftlichen Herausforderungen abgeleitet.

Der Bezugspunkt für die in diesem Beitrag beschriebene Bedarfserhebung ist der demographische Wandel. Hier kann heute davon ausgegangen werden, dass die zugrunde liegenden Argumentationsmuster bereits hinreichend bekannt sind. Sie können daher in der gebotenen Kürze dargestellt werden: In den nächsten Jahren und Jahrzehnten wird der Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung stark zunehmen. Hinzu kommt, dass die durchschnittliche Lebenserwartung im Vergleich zum letzten Jahrhundert aufgrund medizinischer Verbesserungen erheblich gesteigert werden konnte. Dieser Trend, so wird vermutet, hält an. So wird bspw. innerhalb der nächsten fünfzig Jahre eine weitere Steigerung um sieben bis 11 Jahre erwartet. Damit verbunden ist auch eine Veränderung im Rahmen der Krankheitsverläufe im Alterungsprozess zu verzeichnen. Insgesamt wird eine Zunahme im Krankheitsspektrum hin zu chronisch-degenerativen und -funktionellen Erkrankungen angenommen [3]. In diesem Zusammenhang ist auch die Zunahme der Demenz zu sehen. Allein in Deutschland leiden bereits jetzt etwa 1,2 Mio. Menschen an einer

² Dies sind zwei von sieben gesellschaftlichen Herausforderungen, die das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für das Jahr 2030 genannt hat.

leichten bis schweren Demenz. Das sind rund 7% der über-65-Jährigen. Diese Zahl soll sich bis zum Jahr 2050 nochmals verdoppeln [4]. Das bedeutet, dass sich mit ansteigendem Alter, die Wahrscheinlichkeit pflege- und/oder hilfsbedürftig zu werden, stark zunehmen wird. Zum anderen verringert sich aufgrund des sozialen Wandels bei steigendem Hilfebedarf die Zahl der versorgenden Unterstützer. Daraus folgend wird der Bedarf an Pflegekräften steigen, obwohl dieser bereits heute, nur schwer zu decken ist. Auf Basis dieser Annahmen werden zukünftig die Sozialplanung und die Dienstleister vor große Herausforderungen gestellt.

Aus dieser Beschreibung kann man schon sehr konkret ableiten, dass eine Unterstützung von Menschen mit Demenz zu den Herausforderungen unserer Gesellschaft in Deutschland gehört. Infolgedessen bezieht sich dieser Beitrag auf die bedarfsorientierte Entwicklung von Unterstützungssystemen für Menschen mit Demenz. Im Folgenden wird der konkrete Handlungskontext in dem diese Unterstützungssysteme eingesetzt werden sollen noch weiter eingegrenzt, um letztendlich einen Handlungsbereich in der Unterstützung von Menschen mit Demenz identifizieren zu können, indem die Bedarfserhebung dann stattfinden soll. Anschließend werden zwei Bedarfserhebungen exemplarisch beschrieben, die in zwei Forschungsprojekten durchgeführt werden, die sich thematisch mit der technischen Unterstützung von Menschen mit Demenz auseinandersetzen. Schließlich werden erste Schlussfolgerungen gezogen, in denen die Möglichkeiten und Grenzen einer bedarfsorientierten Technikentwicklung ausgelotet werden.

2.2.2 Konkrete Herausforderungen bei der Unterstützung von Menschen mit Demenz

Zur Veranschaulichung der Vorgehensweise bei einer bedarfsorientierten Technikgestaltung werden hier zwei Handlungskontexte vorgestellt, die in konkreten Forschungsprojekten näher untersucht werden. Es handelt sich zum einen um die Bedarfserhebung von technischen Unterstützungssystemen in sogenannten Pflegenetzwerken in der ambulanten Pflege und zum anderen um Unterstützung zum Erhalt der Mobilität in der stationären Pflege von Menschen mit Demenz. In beiden Fällen wird zunächst das so genannte Pflegearrangement [5] herausgearbeitet, das für die Erhebung des Bedarfs nach technischen Unterstützungssystemen den zu untersuchenden Handlungskontext darstellt.

2.2.3 Pflegenetzwerke in der ambulanten Pflege von Menschen mit Demenz

Es besteht ein starker Wunsch der Menschen, auch bei einem verstärkten Hilfebedarf, zuhause wohnen bleiben zu können oder zumindest in der gewohnten Umgebung [6], wodurch mit erheblich höherer Nachfrage bei ambulanten Pflegedienstleistungen zu rechnen ist. Im Zuge dessen hat die ambulante Versorgung bspw. durch die Gründung von Sozialstationen und ambulanten Pflegediensten enorm an Bedeutung gewonnen. Ausdruck fand dies in dem Ausbau eines großen und stellenweise sehr dichten Versorgungsnetzes in Deutschland. Das ambulante Pflegeangebot wird durch zahlreiche komplementäre Dienste ergänzt, wie z.B. durch Mobile Soziale Hilfsdienste, Mahlzeitendienste oder auch Beratungsstellen, die zusätzliche Dienstleistungen in der Betreuung von pflegebedürftigen Menschen übernehmen. Diese Entwicklungen haben zu Ansätzen – besonders

im Bereich der ambulanten Pflege – geführt, die auf die Schaffung neuer pflegerischer Strukturen durch Netzbildung abzielen. Begründet wird diese Zielsetzung damit, dass (1) insbesondere Menschen mit länger andauerndem Pflegebedarf auf eine funktionierende, auf die Bedürfnisse der Betroffenen ausgerichtete Kooperation angewiesen sind, (2) man individuellen Bedürfnissen gerecht werden muss, wofür sogenannte „mixed packages“ zu schnüren sind, die aus sich ergänzenden Angeboten in Versorgungsketten bestehen. Dazu gehören *Managed Care* Konzepte, *Disease Management* Programme, Konzepte der integrierten Versorgung usw., und (3) reibungslose Versorgungsübergänge geschaffen sowie (4) die Vermeidung von Fehl-, Unter- oder gar Überversorgung realisiert werden sollen. Dafür werden durch die Vernetzung der beteiligten Institutionen, Dienste und Berufsgruppen innovative Versorgungsmodelle geschaffen.

So gibt es mit Blick auf die Versorgung zu Hause die Tendenz, dass die unterschiedlichen Instanzen dieser Netzwerke (Hausarzt, neurologische Abteilung(en) einer Klinik und auch Pflegedienste) stärker bei der Behandlung der Patienten zusammenspielen (sollen). Mit Blick auf die Gewährleistung einer angemessenen Pflege gibt es darüber hinaus Initiativen, unterschiedliche Träger der Kranken- und Pflegeversicherung, öffentliche Einrichtungen, pflegerische Leistungserbringer besser zu vernetzen, um Effektivitäts- und möglicherweise auch Effizienzsteigerungen in den Pflegeabläufen zu erzielen. Ein wichtiger Aspekt ist hierbei die Einbindung von ehrenamtlich Tätigen in die ambulante Pflege, die vor allem die pflegenden Angehörigen erheblich entlasten sollen. So sollen in diesen individuellen Pflegesituationen Angehörige, Professionelle und Ehrenamtliche netzwerkartig gleichermaßen zusammengeschlossen werden, um eine bedarfsgerechte Pflege zu Hause auch dann möglich zu machen, wenn einzelne pflegende Personen an ihre Grenzen kommen und häufig nur noch die Aussicht auf stationäre Pflege bleibt.

Weiterführend gibt es in jüngeren Diskussionen auch eine zunehmende Verflechtung der Themen Pflege und Betreuung von alten Menschen in ihren spezifischen Umgebungen, dem so genannten Quartier, was neue Herausforderungen an Städteplanung stellt. So gibt es Szenarien von Stadtquartieren, die Heterogenität (unterschiedliche Alterskohorten, verschiedene Lebenszeiten, Paare, Singles, Familien, Alleinerziehende), bürgerschaftliches Engagement (nachbarschaftliche Projekte nach eigenen Bedürfnissen und Interessen), Caring Community und das Gefühl des Zuhause-Seins (offene Begegnungsräume, Quartierforum, Café, grüne Dachterrassen, kulturelle Veranstaltungen, vielfältiges Miteinander aller Generationen, moderierte Nachbarschaft) mit einer langfristigen nachhaltigen Perspektive kombinieren. Der Grundgedanke basiert hier auf integrativen Ansätzen, die architektonische und soziale Impulse setzen, um neue Formen der Vergemeinschaftung zu initiieren. Diese sollen vor allem generationenübergreifende Beziehungen fördern und ermöglichen, alte und junge Menschen in vielfältige soziale Gruppen zu vereinen.

Versorgungsnetzwerke dieser Art stellen das Pflegearrangement dar, in dem der Bedarf nach technischer Unterstützung erhoben werden sollte. Dabei wird deutlich, dass anders als in der Einleitung skizziert, nicht eine einzelne Person in Bezug auf ihre Bedarfslage an technischer Unterstützung befragt werden kann, sondern dass die technische Unterstützung im gesamten Pflegearrangement, das ist hier das Versorgungsnetzwerk um eine Person mit Demenz, auf entsprechende Zustimmung treffen muss. Letztendlich wird in dem

Versorgungsnetzwerk eine Pflegehandlung an einem Mensch mit Demenz erbracht und in diese Pflegehandlung soll oder kann ein technisches Unterstützungssystem eingebracht werden, das zunächst ganz allgemein eine Verbesserung in Bezug auf die Pflegehandlung darstellen soll. Dabei bleibt es offen, ob die technische Unterstützung durch einen Akteur im Netzwerk, unmittelbar in der Pflege des Menschen mit Demenz, oder als unterstützende Technik im kommunikativen Bereich innerhalb des Netzwerks angewendet wird. Entscheidend ist, dass die technische Unterstützung von den Akteuren im Netzwerk als akzeptabel anerkannt wird.

2.2.4 Mobilitätsunterstützung für Menschen mit Demenz im Heim

Mit dem Fortschreiten der Demenz ist ein zunehmender Verlust der geistigen Leistungsfähigkeit festzustellen, der sich unter anderem in einer abnehmenden Fähigkeit zeigt, Alltagsprobleme eigenständig zu lösen, sodass Menschen mit Demenz einen zunehmenden Selbstständigkeitsverlust erleben und immer mehr auf Unterstützung angewiesen sind. Die extreme Unruhe von Menschen mit Demenz kann sich dabei in einem hohen Bewegungsdrang (sog. „Wandering“) äußern. In Kombination mit den beschriebenen Defiziten können diese zu einem Selbstgefährdungspotenzial führen, weil eine örtliche Orientierung kaum oder gar nicht mehr möglich ist. Andererseits wird gerade Bewegung als Intervention zur Aktivierung der Gehirnfunktion und zur Teilhabe am sozialen Leben empfohlen. So kommen die Autoren der S3-Leitlinie „Demenzen“ der DGN und DGPPN als psychosoziale Intervention zum Thema „Bewegungsförderung“ zu folgendem Schluss: „Regelmäßige körperliche Bewegung und ein aktives geistiges und soziales Leben sollte empfohlen werden.“ Die Autoren weisen in diesem Zusammenhang auf Studien hin, die einen aktiven Lebensstil mit körperlicher Bewegung, sportlicher, sozialer und geistiger Aktivität als protektiv hinsichtlich des Auftretens einer Demenz einschätzen [7].

Die Bewegung kann damit als eine wirkungsvolle und nebenwirkungsarme Schlüsselkomponente bei der Pflege und Betreuung von Menschen mit Demenz angesehen werden. Mit ihr ist eine motorische, eine sensorische sowie eine soziale Aktivierung verbunden, die sich auf die subjektive Lebensqualität und den funktionellen Status der Menschen mit Demenz auswirken und dazu beitragen, Stürze, Kontrakturen sowie Dekubitus zu verhindern. So können bestehende Ressourcen so lange wie möglich erhalten, und eine hohe Pflegeintensität kann hinausgezögert werden. Die Realisierung von Bewegung vor allem außerhalb der Einrichtung stellt allerdings die Pflegenden, die Bewohner und deren Angehörige, aber auch die Bürger im Quartier vor eine dilemmatische Situation: Einerseits soll die Selbstständigkeit der Menschen mit Demenz gefordert und gefördert werden, andererseits besteht in Abhängigkeit von der Tagesform und den individuellen kognitiven Fähigkeiten der Wunsch der Pflegenden und der Angehörigen nach Sicherheit, was dann häufig mit Formen von Freiheitsentzug korreliert. Dies führt dazu, dass die eigentlich gewollte Selbstbestimmung und Selbstständigkeit durch Sicherheitserwägungen und Furcht vor Selbstgefährdung eingeschränkt wird. Ziel ist es also, das „Draußen aktiv“ unter dem Motto: „So viel Freiheit wie möglich, so viel Schutz wie nötig“ zu gestalten.

Das Pflegearrangement in diesem Handlungskontext lässt sich durch das Zusammenwirken des Menschen mit Demenz, seiner Angehörigen sowie den professionell Pflegenden

beschreiben. Dazu kommen noch Bewohner des Quartiers, in dem sich das Heim befindet. Denn idealer Weise sollen die Menschen mit Demenz im Sinne der Teilhabe im Quartier ein „demenzfreundliches“ Milieu und eine generationengerechte Infrastruktur vorfinden. Dieses Pflegearrangement hätte auch noch weiter gefasst werden können, indem z.B. auch der Träger Pflegeheims Berücksichtigung findet. In diesem Projekt wurde davon abgesehen, da zunächst nur darauf abgezielt werden sollte, ob und wenn ja welche technischen Unterstützungssysteme in einem solchen Arrangement als akzeptabel erachtet werden. Ökonomische Gesichtspunkte, die sicherlich durch das Einbeziehen des Trägers hätten berücksichtigt werden können, sollten zunächst keine einschränkenden Kriterien darstellen.

2.2.5 Methodische Vorgehensweise

Die bedarfsorientierte Technikentwicklung beginnt nicht wie die oben skizzierten Entwicklungen nach dem *Technology Push* Modell, denn dort ist die Art der Technologie, die entwickelt werden soll, festgelegt. Sondern am Anfang steht die Erhebung des Bedarfes, um dann in einem weiteren Schritt aus den identifizierten Bedarfslagen Kriterien abzuleiten, nach denen man einen Technikentwicklungsprozess beginnen kann. Welche Art Technik entwickelt werden soll, ist somit offen. So wird letztendlich erst aus der Bedarfserhebung heraus eine Technologie vorgeschlagen, von der man begründet annehmen kann, dass sie den geäußerten Bedarf befriedigen kann. Dabei orientiert sich die methodische Vorgehensweise der Bedarfserhebung an der empirischen qualitativen Sozialforschung. Möglichst alle Akteure im Pflegearrangement sollen zu ihrer Bedarfslage befragt werden. Je nach Konstellation werden Einzel- oder auch Gruppeninterviews durchgeführt. Da sich die beiden Projekte, die hier als Fallbeispiel dienen sollen, sowohl in ihrer Laufzeit als auch in ihrer finanziellen Ausstattung deutlich unterscheiden, wird die methodische Vorgehensweise für die Bedarfserhebung einzeln kurz dargestellt.

2.2.6 Bedarfserhebung der Pflegenetzwerke in der ambulanten Pflege

Dieses Projekt ist zeitlich auf zwölf Monate ausgelegt und untersucht Pflegenetzwerke im Großraum Heidelberg und Karlsruhe. Trotz der Tatsache, dass in der Fachliteratur auf die Existenz dieser Pflegenetzwerke hingewiesen wird, war es zunächst eine Herausforderung, die theoretisch diskutierten und (sozial-)politisch geforderten bzw. gewünschten Pflegenetzwerke zu identifizieren. Ein strategischer Suchprozess, in dem auch die Anfrage bei einschlägigen Behörden berücksichtigt wurde, führte schließlich zur ersten Kontaktaufnahme mit möglichen Pflegenetzwerken. Es stellte sich schnell heraus, dass sowohl die institutionelle Einbettung als auch die Organisationsformen dieser Netzwerke sich sehr stark unterscheiden. Im Rahmen dieses vergleichsweise kleinen Projektes, war es nur möglich, eine Erstanalyse durchzuführen. Letztendlich konnten „vermeintliche“ Versorgungsnetzwerke um sieben unterschiedliche Akteure aus dem Pflege- und Betreuungsbereich von Menschen mit Demenz identifiziert und analysiert werden: (1) Informationsplattform zur Vernetzung von Akteuren des ambulanten Gesundheitssektors, (2) Gesprächskreis für pflegende Angehörige unter fachlicher Anleitung, (3) Arbeitskreis zur Vernetzung verschiedener regionaler Altenpflegeangebote, (4) Demenzcafé unter Leitung

von Ehrenamtlichen und Fachkräften, (5) Verein zur psychosozialen Beratung von Betroffenen und Angehörigen, (6) Anbieter von Telemedizin und (7) Unterstützung und Beratung für altersgerechtes Wohnen zu Hause. Durch die Analyse dieser Netzwerke zeigt sich, dass es eine deutliche Diskrepanz zwischen wissenschaftlichen und politischen „Vorgaben“ und tatsächlichen Befunden gibt. Dies wird aber an anderer Stelle zu diskutieren sein.

2.2.7 Bedarfserhebung zur Mobilität von Menschen mit Demenz in Heimen

In diesem etwas größeren Projekt, das auf zwei Jahre angelegt ist, lag der Schwerpunkt im ersten Jahr auf einer möglichst umfassenden Bedarfserhebung. Diese wurde eingeleitet mit einer allgemeinen Beobachtung der Aktivitäten und Abläufe im Heim. Methodisch war das an der Idee der Teilnehmenden Beobachtung angelehnt, wobei jedoch nur eine kurze Beobachtungsdauer von zwei Wochen realisiert werden konnte. In dieser Phase waren 3-4 Beobachter auf verschiedenen Stationen und bei unterschiedlichen Aktionen im Pflegeheim als stille Beobachter von morgens bis abends vor Ort. Die Erkenntnisse, die in dieser Phase gewonnen wurden, dienten der inhaltlichen Vorbereitung von Einzel- und Gruppeninterviews. So wurden mit den Menschen mit Demenz sowie mit der Heimdirektion und der Pflegeleitung Einzelinterviews geführt. Die Menschen mit Demenz waren auf Grund ihrer körperlichen und geistigen Verfasstheit nicht in der Lage, an Gruppeninterviews in adäquater Weise teilnehmen zu können. Für die Heimdirektion und Pflegeleitung wurden je Einzelinterviews geführt, da diese in der Rollenverteilung des Heims eine besondere Perspektive auf die Aktivitäten haben und auch aus ihrer Sicht andere Bedarfe äußern. Die professionell Pflegenden, die Ehrenamtlichen und die Angehörigen der Menschen mit Demenz wurden in je einer Gruppendiskussion im Stile einer Fokusgruppe befragt. Wenn mehrere Interviewpartner in einer vergleichbaren Rolle im Pflegearrangement agieren, haben Gruppeninterviews methodisch dahingehend einen Vorteil, dass sich aus der Gruppendiskussion Argumentationszusammenhänge ableiten lassen, und in der Diskussion eine Bewertung der vorgebrachten Argumente vollzogen wird. Im Leitfaden der Gruppen- und Einzelinterviews wurde nach einer einführenden Selbstbeschreibung durch die Interviewpartner jeweils zunächst nach allgemeinem Unterstützungsbedarf im Pflegehandeln gefragt, bevor abschließend konkreter der Bedarf an technischer Unterstützung aus der individuellen und beruflichen Perspektive heraus diskutiert wurde.

Die weitere Vorgehensweise sieht in diesem Projekt vor, dass diese allgemeinen Bedarfe und auch die technisch formulierten Unterstützungsmöglichkeiten in einem Brainstorming-Workshop mit Technikentwicklern diskutiert werden. Zu diesem Zweck wurden die Bedarfslagen in kurzen szenarischen Beschreibungen aufbereitet, die in der Diskussion der Technikentwickler als Impulse dienen konnten. Ergänzt wurde der Workshop mit den Technikentwicklern um einen Diskussionsblock, in dem die Technikentwickler ihrerseits vor dem Hintergrund der Schlagworte „Demenz“, „Bewegung“, „Heimpflege“ und „Adaptive Systeme“ Vorschläge für unterstützende Technologien machen konnten. Hier wurden sowohl bereits entwickelte Technologien genannt, als auch noch nicht existierende Lösungen vorgeschlagen. Im weiteren Projektverlauf werden die in diesem Workshop vorgeschlagenen technischen Unterstützungssysteme nochmals mit den professionell

Pflegenden und den Angehörigen diskutiert. Mit dieser Diskussion ist auch ein Auswahlprozess verbunden. Im nächsten Schritt sind wieder die Technikentwickler an der Reihe. Sie arbeiten die verbliebenen technischen Möglichkeiten detaillierter aus und entwerfen erste sogenannte „Pflichtenhefte“. Diese werden ein letztes Mal in Fokusgruppen der professionell Pflegenden und Angehörigen diskutiert, bevor schließlich konkrete Pflichtenhefte für technische Unterstützungssysteme verfasst werden, die dann als Basis für zukünftige Technikentwicklungsprojekte herangezogen werden können.

2.2.8 Erste Erkenntnisse

Beide Projekte sind noch nicht abgeschlossen, daher können an dieser Stelle nur erste Erkenntnisse aus dem Arbeitsprozess heraus formuliert werden. Diese beziehen sich insbesondere auf konzeptionelle Aspekte der bedarfsorientierten Technikentwicklung. Drei Aspekte sollen im Folgenden angesprochen werden, (1) die Konfiguration des Pflegearrangements, (2) die Wirkung der „Grand Challenge“ auf das Forschungsfeld und schließlich (3) eine erste Replik zu bedarfsseitig vorgeschlagenen Technologien.

(1) Die Pflegearrangements, die in den Projekten untersucht werden, wurden ihrerseits aus gesellschaftlichen Bedarfslagen abgeleitet. Dieser Prozess wurde oben beschrieben. Das entscheidende Argument in diesem Zusammenhang war, dass gesellschaftliche Problemstellungen auf einem zu hohen Abstraktionsniveau formuliert sind, sodass sich daraus kein konkreter Handlungskontext für eine technische Entwicklung ableiten lässt. Bei diesem Herunterbrechen einer gesamtgesellschaftlichen Bedarfslage in ein konkretes Handlungsfeld werden aus der Projektfragestellung heraus verschiedene Annahmen gemacht, sogenannte Relevanzentscheidungen [8] getroffen. Das konnte hier nur skizzenhaft dargestellt werden. Die Frage, ob in der Heimpflege auch der Heimbetreiber in der Bedarfserhebung Berücksichtigung finden soll, stellt eine solche Relevanzentscheidung dar. Mit dem Zuschneiden des Pflegearrangements sind seitens des Projektes Festlegungen gemacht, die im Projektverlauf nur schwierig zu verändern sind.

Umgekehrt können sich im Projektverlauf vor dem Hintergrund dieser Festlegungen entsprechende Überraschungen ergeben. So war es in dem Projekt zu den Pflegenetzwerken im ambulanten Bereich eine Überraschung, dass diese Netzwerke, zumindest im untersuchten Raum, nicht in der Form existieren, wie man es nach der Voranalyse erwartet hätte. Bereits bei der Suche nach entsprechenden Netzwerken musste daher der Netzwerk-begriff deutlich erweitert werden. Das wurde methodisch dadurch abgefedert, dass man letztendlich sieben statt der geplanten vier Netzwerke untersuchte. In dem Projekt zur Heimpflege stellte sich heraus, dass der Quartiersgedanke, d.h. die aktive Einbindung des Pflegeheims in die örtliche Struktur, bei dem untersuchten Pflegeheim nicht wie erwartet vorhanden war. Während das Projektteam bei ersten zufälligen Gesprächen z.B. in den Geschäften in unmittelbarer Umgebung des Heimes zunächst den Eindruck gewann, dass sich die Menschen durchaus bewusst sind, dass sie in der Nähe eines Pflegeheimes wohnen, und dazu auch eine wohlwollende Einstellung haben, so wollte letztendlich niemand, genauer gesagt nur eine Person, an einer Gruppendiskussion zu diesem Thema teilnehmen. Ein erster Schluss lässt sich bezüglich dieser Sachverhalte dahingehend ziehen, dass die angenommenen Pflegearrangements sich in der Analysephase entsprechend verändern

können, weil die im Vorfeld getroffenen Annahmen sich auf den konkreten Analysefall nicht übertragen lassen. Hier ist einerseits seitens der Bedarfsanalyse eine entsprechende Flexibilität gefragt, andererseits lassen sich aus den nicht eingetroffenen Erwartungen auch schon interessante Projektergebnisse ableiten.

(2) Ein zweiter Aspekt, der aus diesen beiden Projekten heraus offensichtlich wurde, ist, dass die übergeordnete gesellschaftliche Bedarfslage im Analyseprozess wieder aufscheint. So ist es nicht verwunderlich, dass in den Diskussionsprozessen immer wieder auf die Gesamtsituation der professionell Pflegenden, der Menschen mit Demenz, und auch derer Angehörigen eingegangen wurde. Fortwährend wurde die zu kurze Zeitdauer, die für die Pflege von Menschen mit Demenz eingesetzt werden kann, und das Spannungsfeld zwischen Pflege und Betreuung thematisiert. Damit zusammenhängend wurde das Betreuungsverhältnis von professionell Pflegenden zu der Anzahl der Menschen mit Demenz mehrfach angesprochen und ist im Heim in der Nacht, mit einem Verhältnis von ca. 1:50, dramatisch. Auch im ambulanten Bereich werden ein hoher Termindruck und damit verbunden die nicht vorhandene Möglichkeit, sich bspw. adäquat auf den nächsten Termin vorbereiten zu können, als Problem geschildert.

Auch wenn diese Tatsache auf den ersten Blick so erscheint, als würde eine im Vorfeld unternommene Einschränkung des Analysebereichs wieder aufgehoben, ja man könnte sogar vermuten, es wäre einem Moderator nicht gelungen, die Diskussion „beim Thema“ zu halten, so stellen sich diese Diskussionszusammenhänge als wichtige Kontextualisierung der Handlungszusammenhänge dar. D.h. in den Diskussionsprozessen muss in das Pflegearrangement, welches das Projekt analysieren möchte, entsprechend eingeführt werden. Darüber hinaus müssen die Diskussionsteilnehmer die Möglichkeit haben, die in diesem Zusammenhang für sie wichtigen Punkte zu Protokoll geben zu können. Erst dann lassen sie sich auf einen spezielleren Diskussionsprozess ein. Seitens des Projektteams erfährt man auf diesem Wege deutlich mehr wichtige Hinweise als man für den engeren Projektkontext weiter verwenden kann. Vor diesem Hintergrund ist es interessant, wenn in einem Projekt der bedarfsorientierten Technikentwicklung auch ein Diskussionsstrang aufrecht erhalten werden kann, in dem diese abstrakteren, die „Grand Challenge“ betreffenden, Hinweise auch in adäquater Form gesammelt und weiterverarbeitet werden können. In dem Projekt zu den Pflegenetzwerken war dies aufgrund knapper Ressourcen leider nicht möglich. In dem Projekt zu der Heimpflege besteht die Möglichkeit diese Hinweise mit einem Expertenbeirat entsprechend zu diskutieren.

(3) Der dritte Aspekt, der hier vorläufig diskutiert werden kann, ist die Tatsache, dass das Diskutieren von technischen Hilfsmitteln sowohl den Angehörigen als auch den professionell Pflegenden zunächst nicht leicht fällt. Es bedarf jeweils eines deutlichen Impulses, die Diskussion in diesem Zusammenhang aufleben zu lassen. Dabei gab es auch und gerade zu der Frage, ob überhaupt Technik zur Lösung der beschriebenen Diskussionen beitragen kann, sehr kontroverse Stellungnahmen. Insofern kann das in dem Projekt zur Heimpflege angewendete zweistufige Diskussionsverfahren, in dem zunächst alltägliche Problemsituationen geschildert wurden, ohne dabei zu berücksichtigen, ob sich dafür technische Lösungen anbieten könnten, als zielführend angesehen werden. Erst im zweiten Teil der Diskussion wurde explizit die Frage nach möglicher technischer Unterstützung

gestellt. Das eröffnet im Projektverlauf die Möglichkeit, die nicht technisch geäußerten Problemsituationen den Technikentwicklern zu präsentieren, in der Hoffnung, dass diese aus ihrer Perspektive entsprechende technische Unterstützungssysteme vorschlagen können. Darüber hinaus können dann auch die technisch formulierten Wünsche der professionell Pflegenden und Angehörigen den Technikentwicklern präsentiert werden. Interessant wird nun sein, aber das findet erst in der zweiten Hälfte des Projekts statt, wie die professionell Pflegenden auf diese Vorschläge seitens der Technikentwickler reagieren werden.

Insofern muss die Frage, wie wir Technik entwickeln können, die die Menschen wirklich wollen, leider zunächst unbeantwortet bleiben. Dennoch lassen sich erste Erkenntnisse gewinnen, die es aussichtsreich erscheinen lassen, dass eine bedarfsorientierte Technikentwicklung möglich ist. D.h. man kann belegen, dass es ein Pflegearrangement gibt, dass eine bestimmte Art Technik *ex ante* wirklich will. Ob das *ex post* auch dazu führt, dass diese Technik in den Pflegearrangements auch wirklich eingesetzt wird, und damit zu einer gelungenen Innovation wird, ist ungeklärt. Aber zumindest darf die bedarfsorientierte Vorgehensweise, die hier vorgeschlagen wurde, als eine sinnvolle Ergänzung zu den „angenommenen Bedarfen“ gelten, die aus Sicht der Technikentwicklung bei einer Technology Push Vorgehensweise zu Grunde gelegt werden. Vor diesem Hintergrund ist die vorgeschlagene iterative Kombination der Bedarfsseite und der Technikentwicklerseite ein gangbarer Weg eine Technik zu entwickeln, die die Menschen „wirklich“ wollen.

Literatur

- [1] Decker, M.: Technikfolgen, in: Grunwald, A. (Hrsg.): Handbuch Technikethik, Stuttgart, Weimar, Metzler, 2013, S. 33-38.
- [2] Nemet, G. F.: Demand-pull, technology push, and government-led incentives for non-incremental technical change, in: Res. Policy 38, 2009, S. 700-709.
- [3] Amelung, V. E.; Sydow, J.; Windeler, A.: Vernetzung im Gesundheitswesen im Spannungsfeld von Wettbewerb und Kooperation, in: Amelung, V. E.; Sydow, J.; Windeler, A. (Hrsg.): Vernetzung im Gesundheitswesen: Wettbewerb und Kooperation, 2009, S. 9-4.
- [4] Statistisches Bundesamt: Pflege im Rahmen der Pflegeversicherung. Deutschlandergebnisse, Wiesbaden, 2013.
- [5] Krings, B.-J.; Böhle, K.; Decker, M.; Nierling, L.; Schneider, C.: ITA-Monitoring. Serviceroboter in Pflegearrangements, in: Decker, M.; Fleischer, T.; Schippl, J.; Weinberger, N. (Hrsg.): Zukünftig Themen der Innovations- und Technikanalyse. Lessons Learned und ausgewählte Ergebnisse, KIT Scientific Reports, Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2013.
- [6] Steiner, B.; Pflüger, M.; Kroll, J.: Automatisierter Notruf sens@home - Ausgewählte Aspekte der Systemanforderung aus Perspektive von Nutzern und Unterstützungsnetzwerk, Lecture Notes in Informatics, Gesellschaft für Informatik, 2012, S. 1331.
- [7] Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde (DGPPN); Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN) (Hrsg.) (2009): S3-

Leitlinie "Demenzen", S. 91, Kurzversion: Internet: www.dgppn.de/fileadmin/user_upload/_medien/download/pdf/kurzversion-leitlinien/s3-leitlinie-demenz-kf.pdf, letzter Zugriff: 09.02.2015.

- [8] Decker, M.; Grunwald, A.: Rational Technology Assessment as Interdisciplinary Research, in: Interdisciplinarity in Technology Assessment, implementation and its Chances and Limits, Springer, 2001, S. 33-60.

2.3 Technikkritik aus Sicht der philosophischen Anthropologie

J. Sombetzki

2.3.1 Einleitung

Der technologische Fortschritt stellt den Menschen nicht nur vor soziale, politische und ökonomische Herausforderungen, sondern er verändert auch das menschliche Selbstverständnis. Inwiefern die Technik unser Nachdenken über den Menschen angeht, zeigt sich an den Schnittstellen von Anthropologie und Technikphilosophie. In dem folgenden Abschnitt werden die philosophisch-anthropologischen Sorgen bezüglich technischer Unterstützungssysteme ausgebreitet und reflektiert.

Die philosophische Anthropologie (phA) stellt die Frage nach dem Menschen immer (zumindest auch) normativ und nicht wie die zahlreichen anthropologischen Disziplinen der Gegenwart (bspw. die biologische oder ethnologische Anthropologie) mit Hinblick auf einzelne deskriptiv feststellbare Facetten des menschlichen Daseins. Kurz gesagt erörtert sie nicht nur, was der Mensch ist bzw. bislang war, indem sie die Ergebnisse der empirischen Anthropologien bündelt und zu einer umfassenderen Gesamtschau zusammenstellt, sondern in ihren genuin philosophischen Aufgabenbereich fällt die Frage danach, was der Mensch sein *sollte*, sofern er sich als Mensch verstehen will. Den Menschen bspw. als „zoon politikon“ zu begreifen, wie es Aristoteles in seiner *Politik* auf den Punkt bringt [1], sieht nur auf den ersten Blick wie eine bloße Beschreibung des Tatsächlichen aus. Dieser Kurzdefinition liegt die Vorstellung von einem guten Leben zugrunde, die (in Aristoteles' Fall) Ethik und politische Reflexion fundamental an das menschliche Dasein knüpft. Will sich der Mensch auch weiterhin als Mensch verstehen können, so Aristoteles sinngemäß wiedergegeben, hat er sich als guter Polis-Bürger in die Belange der öffentlichen Sphäre einzubringen, da nur ein politisches Leben (neben dem kontemplativen) Glückseligkeit („eudaimonia“) garantiert.

Insbesondere diejenigen technischen Unterstützungssysteme werden in den Blick genommen, die die Menschen aus Sicht der phA nicht wollen *sollten*. Der grundsätzliche Einwand, den die technikkritische phA gegen technologische Entwicklungen in Anschlag bringen kann, lautet:

Durch die Technik „entmenschlicht“ sich der Mensch selbst, d.h. er beraubt sich grundlegender Eigenschaften oder Möglichkeiten bzw. transformiert sich in ein anderes Wesen. Manche technologischen Errungenschaften entpuppten sich bei genauerer Betrachtung als Gefährdungen der genuin menschlichen Bestrebungen, ein gelingendes Leben zu führen (Tugendethik, bspw. Aristoteles), sie verringerten die ‚Menge‘ an Glückspotenzial auf Erden (Utilitarismus, bspw. Jeremy Bentham) bzw. griffen die Würde des Menschen und damit seine Autonomie als fundamentales Kriterium des menschlichen Daseins an (deontologische Ethik, bspw. Immanuel Kant).

Die folgenden Überlegungen nehmen davon ihren Ausgang, dass geläufige technikkritische Argumente de facto zumindest implizit auf philosophisch-anthropologischen Prämissen

sen darüber, wie der Mensch ist und sein sollte, beruhen. Insofern dient der folgende Beitrag insbesondere dazu, unsere Intuitionen darüber, was den Menschen ausmacht, freizulegen und kritisch zu überprüfen.

Zur groben Ordnung technikkritischer Argumente aus Sicht der phA werden die drei von Hannah Arendt in der Einleitung zu ihrem Werk *Vita activa oder Vom tätigen Leben* [2] formulierten Vorwürfe gegenüber dem technologischen Fortschritt in Form dreier Emanzipationsbewegungen des Menschen genutzt. [3] Mit Emanzipation meint Arendt, dass uns jeweils eine bestimmte konstitutive Kompetenz oder Eigenschaft gänzlich verloren geht. Erstens wolle sich der Mensch durch die Technik von der Erde emanzipieren, was eine Konsequenz seines Wunsches nach einer Emanzipation vom Körper darstelle. Diese Überlegungen werden im folgenden Abschnitt übersetzt in den Vorwurf der phA, durch technologische Entwicklungen laufe der Mensch Gefahr, sich der körperlichen Seite seines genuin menschlichen Daseins zu berauben. Zweitens gebe der Mensch durch die Technik letztlich sein Denkvermögen preis, also seinen Geist und andere mentale oder kognitive Kompetenzen. Diese Emanzipationsbewegung wird schließlich als Kritik an extended-mind-Technologien besprochen. Drittens versuche der Mensch, über die Technik eine Emanzipation von der Arbeit zu erreichen, was allgemeiner als Emanzipation von spezifisch menschlichen Praktiken reformuliert wird.

2.3.2 Die Emanzipation des Menschen vom Körper

Da die Menschen seit jeher den Körper als eine Last angesehen haben und seit dem 20. Jahrhundert sogar darauf verfallen sind, Körper und Erde unmittelbar miteinander zu verknüpfen, betrachten sie nun nicht mehr nur „den Körper als ein Gefängnis für Geist und Seele“ [4], sondern halten Arendt zufolge ebenso „die Erde für ein Gefängnis des menschlichen Körpers“. Es scheint, als könne eine „Emanzipation des Menschengeschlechts von der Erde“ auch das Versprechen einer Lossagung vom ach so lästigen Körper einlösen [5]. Alle Unternehmungen zur Besiedelung des Weltraums sind deshalb so problematisch, da eigentlich nur die Erde den Menschen die Grundlagen für ein genuin menschliches Leben bereitstellt. Als lebende Organismen, die Luft und Nahrung bedürfen, sind sie auf die Erde angewiesen. Darüber hinaus bauen sie auf der Erde einerseits eine gemeinsame Welt aus menschengemachten Gegenständen (Artefakte) und andererseits aus menschlichen Handlungen und Bezügen (Praktiken). Nur in der menschlichen Welt können sie eine Heimat finden und sich zumindest bedingt auch um Unsterblichkeit bemühen, nämlich in Form dauerhafter Gegenstände und erinnerungswürdiger Taten. Erde und Welt gehen den Menschen Arendt zufolge bei einer Besiedelung des Weltraums verloren. Zieht der Mensch hinaus in den Weltraum, entmenschlicht er sich selbst. Im Weltraum lebende Menschen wären fundamental andere Wesen. Dabei hat sie einen zweiten Raum menschlichen Daseins, der sich neben dem Weltraum im 20. Jahrhundert etablierte, noch gar nicht in den Blick genommen: die Virtualität.

Dass erst die Virtualität und nicht bereits der Weltraum die von Arendt befürchtete Körperlosigkeit mit sich bringt, kann im Folgenden nicht diskutiert werden. [6] Der Kerngehalt der Arendtschen These einer Emanzipation des Menschen von der Erde durch die Tech-

nik besagt, dass der Mensch im Grunde ein körperliches Wesen ist, das, schiebt man seinem unermüdlichen Entdeckergeist keinen Riegel vor, insbesondere seine körperliche Seite durch die Technik auf kurz oder lang destruiert. In einer längeren Textstelle zeichnet sie den bedenklichen Weg nach, den die Naturwissenschaften in dem Versuch eingeschlagen haben, gegebene Bedingungen des menschlichen Daseins zu verändern:

„Schon seit geraumer Zeit versuchen die Naturwissenschaften, auch das Leben künstlich herzustellen, und sollte ihnen das gelingen, so hätten sie wirklich die Nabelschnur zwischen dem Menschen und der Mutter alles Lebendigen, der Erde, durchschnitten. Das Bestreben, ‚dem Gefängnis der Erde‘ und damit den Bedingungen zu enttrinnen, unter denen die Menschen das Leben empfangen haben, ist am Werk in den Versuchen, Leben in der Retorte zu erzeugen oder durch künstliche Befruchtung den Übermenschen zu züchten oder Mutationen zustande zu bringen, in denen menschliche Gestalt und Funktionen radikal ‚verbessert‘ werden würden, wie es sich vermutlich auch in den Versuchen äußert, die Lebensspanne weit über die Jahrhundertgrenze auszudehnen.“ [7]

Die Krise der Naturwissenschaften besteht laut Arendt darin, dass diese, einen Weg einmal eingeschlagen, aus sich heraus keinen Grund definieren, ihn nicht bis zu seinem womöglich bitteren Ende zu verfolgen. Naturwissenschaftliche Forschung kann die Ziele dieser Forschung nicht wissenschaftsimmanent reflektieren und zeigt sich in dieser Hinsicht eigenen Ergebnissen gegenüber nicht kritikfähig. Über Arendt lässt sich damit die erste Technikkritik aus Sicht der phA wie folgt wiedergeben:

Technische Unterstützungssysteme, die gravierenden Einfluss auf die Körperlichkeit des Menschen haben, sind zu vermeiden, da die menschliche Körperlichkeit genuiner Bestand einer Definition des Menschen ist.

Dies betrifft, folgt man der oben zitierten Textstelle, (1) die durch Technik evozierte „Herstellung“ menschlicher Körper, (2) „radikale“ Formen von Human Enhancement sowie (3) die Verlängerung des menschlichen Lebens bis in die Unsterblichkeit. Die genannten Sorgen der phA ergänze ich durch eine vierte, die ich oben bereits mit dem Verweis auf die Virtualität angedeutet habe: (4) die gänzliche Loslösung von der menschlichen Körperlichkeit durch einen Einzug in die Virtualität.

(1) Die künstliche Herstellung von Leben und „in der Retorte“ betrifft den Eintritt des Menschen ins Dasein, wobei unklar bleibt, was sich Arendt darunter genau vorstellt; ob künstliche Befruchtung, In-Vitro-Fertilisation, Embryotransfer, Klonen, allgemeiner alle reproduktionsmedizinischen Verfahren, Methoden der Präimplantationsdiagnostik (PID) oder sogar die Erschaffung humanoider autonomer Systeme. Alle diese technischen Entwicklungen lassen sich auch als Unterstützungssysteme des Menschen lesen. In diesem Zusammenhang stellt ihre philosophisch-anthropologische Kritik, nur das dürfe mit Fug und Recht „Mensch“ genannt werden, was auf ‚natürlich-menschliche‘ Weise ins Leben gerufen wurde, zunächst eine These, doch noch kein Argument dar. Was soll bspw. „natürlich“ überhaupt bedeuten? Warum sollte Natürlichkeit einen Maßstab für gutes menschliches Leben bilden? Und was hat Natürlichkeit mit der Weise, in der menschliche Wesen gezeugt werden und ins Dasein treten, zu tun? Schließlich: Selbst wenn man mit guten Gründen bestreiten könnte, dass gleichwie ‚künstlich‘ erzeugte oder gar ‚hergestellte‘ Wesen Menschen sind, welche Bedenken sollten uns davon abhalten, diese Nicht-Menschen

zu erschaffen? Was wäre aus philosophischer (bspw. ethischer) Sicht dagegen einzuwenden? Diese Frage kann zwar mit Recht gestellt werden, doch lässt sie sich nicht mehr im Rahmen der phA allein, sondern nur innerhalb je eigener bereits bestehender philosophischer Konzeptionen des Menschen (z.B. ethischer, politischer oder sozialer) beantworten. Jürgen Habermas könnte bspw. einwenden, dass Menschen dazu neigen, ‚gemachten‘ – also erschaffenen – Wesen weniger Respekt angedeihen zu lassen, ihnen schlimmstenfalls ihre Würde abzusprechen. Darüber hinaus verfallen die Entwickler im Zweifel einem Narzissmus, dass sie in der Lage seien, Menschen zu erschaffen, und ihre Schöpfungen laufen Gefahr, unter einem gestörten Selbstverständnis zu leiden. [8] Für diese Position muss jedoch eigens argumentiert werden; wir begegnen in ihr also einer ethischen Technikkritik unter Indienstnahme eines philosophisch-anthropologischen Gewands von einem guten menschlichen Leben und Dasein.

(2) Radikale Weisen des Human Enhancements beziehen sich (auch) auf die Spanne des menschlichen Lebens selbst – bis hin zu einer Beeinflussung zukünftiger Generationen durch genetisches Enhancement. Für gewöhnlich wird zwischen verschiedenen Enhancement-Formen differenziert; neben den Weisen körperlicher ‚Verbesserung‘ des Menschen können auch seine geistigen Kapazitäten (durch Neuroenhancement) betroffen sein. Arendt scheint mit ihrem Einwand gegen radikale Verbesserungen der menschlichen Gestalt und Funktion einen aufklärerisch-humanistischen Standpunkt zu vertreten, insofern der Mensch mit seiner gegebenen Leibgestalt zufrieden zu sein habe [9]. Auch in diesem Fall bleibt mein Zweifel bestehen, ob die philosophisch-anthropologische Position eines Aufklärungshumanismus, die einer eigenen Begründung bedürfte, gegen die körperliche Veränderung des menschlichen Daseins durch technologische Unterstützungssysteme tatsächlich so viel auszurichten hat. Wieder muss die phA auf bspw. Argumente der politischen Philosophie zur Verteilungsgerechtigkeit von Ressourcen zurückgreifen oder ihren Ansatz mit ethischen Überlegungen, dass z.B. nur das als eigenes Werk anerkannt zu werden verdiene, das selbst durch Training und Leistung erlangt wurde, unterfüttern, ein Argument, das gerne gegen Doping im Sport und die geistige Leistung steigernde Enhancement-Mittel bemüht wird. So diskutiert bspw. Eric T. Juengst in seinem klassischen Text, inwiefern manche Mittel für das Erreichen von Zielen als natürlich und damit erlaubt, andere hingegen als künstlich und damit verwerflich interpretiert werden. Thomas H. Murray setzt sich damit auseinander, inwiefern der zusätzliche Vorteil, den die Einnahme von Medikamenten wie bspw. Antibiotika im Hochleistungssport verschafft, nachvollziehbar, tolerierbar oder unmoralisch ist. [10]

(3) Die Verlängerung des menschlichen Lebens bis in die Unsterblichkeit hinterfragt den Tod als natürlichen Endpunkt alles Organischen. Unsterblichkeit ist seit den ersten schriftlichen Zeugnissen des Menschen, wie bspw. das *Gilgamesch-Epos* (ca. 2.400-1.800 v. Chr.) belegen, immer das oder zumindest eins der bedeutsamsten erklärten Ziele des Menschen gewesen. Bis zu einigen Auslegungen der christlichen Auferstehungslehren kannte die philosophische und theologische Reflexion auch immer eine körperliche Deutung dieses Unterfangens. Die offensichtliche Herausforderung gegenwärtiger technologischer Errungenschaften besteht darin, das menschliche Leben immer weiter zu verlängern und da-

bei auch ein hohes Niveau an Lebensqualität sicherzustellen. Diesem impliziten Forschungsziel wird – wie Arendt an den Naturwissenschaften kritisiert – keine ethische Grenze gesetzt. Vielmehr wird grundsätzlich die Gewährleistung körperlicher Unsterblichkeit angepeilt. In diesem Zusammenhang kommen direkt mehrere technologische Unterstützungssysteme in den Sinn, angefangen bei Serviceleistungen (teil-)autonomer Systeme in Medizin und Altenpflege, über Formen des Human Enhancements zur Unterstützung eines gesunden Körpers, bis hin zu transhumanistischen Projekten im Bereich der Kryonik. Bezüglich der beispielhaft genannten Gewänder, in die sich der technologische Fortschritt in diesem Fall kleiden mag, ist nicht auszumachen, was Arendt diesbezüglich vorschwebte. Und wie zuvor stellt auch jetzt die Aussage, dass der Körper und damit auch Sterben und Tod Teil einer Definition von „Mensch“ ist, erst den anthropologischen, noch nicht aber den philosophischen Begründungsanteil dar. [11]

(4) Die Möglichkeiten des virtuellen Raums, die von Arendt noch nicht antizipiert wurden, bringen dann auch endlich die von einigen populären Posthumanisten bereits lang ersehnte Körperlosigkeit und damit – quasi en passant – Unsterblichkeit des menschlichen Geistes mit sich. Die Pioniere und Verfechter des sogenannten Uploadings aus Robotik (Hans Moravec), Physik (Frank Tipler) und KI-Forschung (Marvin Minsky) verfolgen dieses Projekt mit der Übertragung des menschlichen Geistes auf ein Computer-Interface („Whole Brain Emulation“ oder „Mind uploading“) seit den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts. Die technikkritische pHÄ würde gegen solche und ähnliche Versuche einer Auflösung des Cartesischen Substanzdualismus‘ zugunsten des rein Geistigen, losgelöst von jeglicher organischer oder maschineller ‚Hardware‘, wieder nur bemerken können, dass dem Menschen auch weiterhin an seiner Körperlichkeit gelegen sein sollte, wollen wir ihn nicht bis zu seiner absoluten Unkenntlichkeit deformieren. Insbesondere diese letzte Sorge gegenüber technischen Unterstützungssystemen scheint mit den Intuitionen vieler Menschen zusammenzuklingen: Wir sind mehr als nur ein körperloses mentales Vermögen, irgendwie gehört der Körper doch zu dem, was wir als Mensch begreifen wollen. Doch auch wenn diese Intuitionen noch so stark sein mögen, stellen sie für sich genommen noch kein Argument dar. Gesetzt den Fall, man könnte tatsächlich gute Gründe dafür anführen, dass der Mensch mehr als nur sein Geist ist, warum sollte mit dem Einzug in die Virtualität die Erschaffung ‚posthumaner Wesen‘ in irgendeiner Weise problematisch sein? Vielleicht sollten wir erst einmal sicherstellen, dass uns diese Posthumanen auch tatsächlich wohl gesonnen wären? Oder umgekehrt – vielleicht sollten wir zunächst mit unserem anthropozentrischen Speziesismus aufräumen, dass dem Menschen ein besonderer Status gegenüber anderen Arten zukommt [12]?

2.3.3 Die Emanzipation des Menschen vom Geist

Die zweite durch Arendt prognostizierte technikgeleitete Emanzipation des Menschen von seinem menschlichen Wesen betrifft die Befürchtung, der Mensch könnte sein Denkvermögen, seinen Geist, also die andere Seite des Cartesischen Substanzdualismus, an Maschinen abgeben. Aufgrund einer generellen Unfähigkeit der Naturwissenschaften, sich den eigenen Forschungsergebnissen gegenüber kritisch zu positionieren, wird der Mensch auf kurz oder lang nicht mehr befähigt sein, ihren technologischen Entwicklungen geistig

zu folgen, sie also nicht mehr „verstehen, d.h. denkend über sie [...] sprechen“ [13] können. Der Mensch versteht die Technik einfach nicht mehr, eine Entwicklung, die schon längst eingesetzt hat. Irgendwann nehmen die Maschinen ihren Schöpfern auch die genuin menschlichen Fähigkeiten des Denkens und Sprechens ab. Pointiert gelangt Arendt zu dem Schluss, dass wir in einem solchen Fall nur mittelbar Sklaven unserer eigenen Erfindungen sind, wie aus technikkritischem Mund häufig mit schneller Zunge behauptet wird. Im eigentlichen Sinne sind wir Sklaven unseres Erkenntnisvermögens, d.h. der naturwissenschaftlichen Theoriebildung und unseres technologischen Know-hows. Wir können uns dann nur noch darauf verlassen, dass die Maschinen, ausgerüstet mit unseren kognitiven Kompetenzen, an unserer Stelle schon wissen werden, was zu tun ist. Der Mensch ist dann ganz Homo Faber geworden, unter Verlust seiner spezifisch menschlichen Seite, nämlich zu denken. Arendt sieht einen direkten Zusammenhang zwischen der spezifisch menschlichen Tätigkeit, nämlich dem Handeln und Sprechen, und dem geistigen Vermögen, dem Denken. Das innere Denken stellt die Entsprechung des äußeren Handelns und Sprechens dar. Die Tätigkeit des Herstellens (die Tätigkeit des Homo Fabers), die oben mit dem Erkennen, als Ausdenken, und Ersinnen, gleichgesetzt wird, ist eine durchaus wichtige Kompetenz, denn sie dient u. a. dem Bau der Welt, aber sie ist nicht das, was das spezifisch Menschliche ausmacht. [14]

Der auf die Spitze getriebene Homo Faber hat sich in der erfolgreichen Entledigung seiner Denkfähigkeit durch den technologischen Fortschritt quasi selbst maschinisiert – er ist zu einem hohlen Apparat ohne menschliche Substanz geworden. Dies stellt laut Arendt ein Defizit dar. Mit dem Körper beraubt er sich seiner menschlichen Bedingtheiten, was schlimm genug ist, denn damit geht ihm das natürliche Setting verloren, in das eingerahmt Menschen sich zu Menschen erst entwickeln können. Mit dem Denken (und Handeln, das wird im folgenden Abschnitt näher in den Blick genommen) hat er sich nun seine genuin menschliche Weise, tätig und damit Mensch zu sein, genommen, ohne, dass an ihre Stelle etwas anderes getreten wäre. Damit lässt sich über Arendt die zweite Technikkritik aus Sicht der phA formulieren:

Technische Unterstützungssysteme, die gravierenden Einfluss auf spezifisch geistige Vermögen des Menschen haben, sind zu vermeiden, da diese – und insbesondere die Denkkapazität – genuiner Bestand einer Definition des Menschen sind.

Arendt zielt in diesem kurzen Abschnitt der Einleitung zur *Vita activa* maßgeblich auf einen vollständigen Verlust mentaler Kompetenzen, wobei die extended-mind-Kritik traditionell weiter zu fassen ist. Unter „extended mind“ fallen alle zu beobachtenden Entwicklungstendenzen, Fähigkeiten aus dem menschlichen Körper auszulagern, ob nun über Taschenrechner, Navigationssysteme, Computer, Handys oder andere Geräte. Arendt geht davon aus, dass in dem Maße, in dem wir menschliche Fähigkeiten (wobei sie hier explizit nicht von Praktiken und Tätigkeiten spricht, sondern zunächst von mentalen Kompetenzen) externalisieren, sie uns zumindest auf lange Sicht vollständig verloren gehen. Nutzen wir bspw. nur noch Navigationssysteme, um von A nach B zu gelangen oder uns in unbekannten Gegenden zurechtzufinden, werden wir auf kurz oder lang unserem Orientierungsvermögen komplett verlustig gehen und schließlich gänzlich auf nicht-menschliche organische oder maschinelle Hilfestellung angewiesen sein.

In ihrer starken und umfassenden Interpretation beklagt die extended-mind-Kritik die Übertragung jeglicher menschlicher Tätigkeiten, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Kompetenzen, Vermögen und Techniken auf Maschinen, ganz gleich, welcher Stellenwert diesen in der Entwicklungsgeschichte der Spezies Mensch insgesamt zugesprochen werden mag. Insbesondere auf den Verlust von Tätigkeiten und Praktiken wird im folgenden Abschnitt noch eingegangen. An dieser Stelle geht es insbesondere um geistige Kapazitäten und Vermögen. Dabei gerät gerne aus dem Blick, dass Menschen immer schon neue Techniken entwickelt, Werkzeuge erfunden, Kompetenzen erworben und auch immer wieder verloren haben, da diese entweder nicht mehr benötigt wurden (wie bspw. das Aussterben vieler traditioneller Handwerksberufe zeigt) oder aber durch andere ersetzt wurden (wie z.B. das Reiten durch das Autofahren). In einem schwächeren und engeren Sinn nimmt die extended-mind-Kritik im Sinne Arendts die technologischen Entwicklungen in den Blick, die nicht den Verlust irgendwelcher Vermögen nach sich ziehen, sondern menschlicher Kernkompetenzen (wie in ihren Augen das Denken).

Beide Versionen gründen auf der Vermutung einer Emanzipation von den fraglichen Eigenschaften im Sinne eines vollständigen Verlusts. Tatsächlich bedürfte es einer eigenen Untersuchung darüber, welche Kompetenzen in dem hier vorgestellten Sinne als spezifisch menschlich zu nennen wären, so dass ihr Verlust eine wie auch immer geartete entmenschlichende Funktion hätte [15]. Daran müsste sich die Frage anschließen, ob wir besagte Vermögen überhaupt vollständig abgeben können. Doch selbst wenn letzteres der Fall sein sollte, bleibt dahingestellt, ob die abgegebenen Fähigkeiten nicht damit auch Raum für neue schaffen oder vielleicht gar nicht verlustig gehen, sondern quasi eine Kompetenz-Transformation durchlaufen, wie man bspw. an Kindern der neuen Generation in ihrem kreativen Umgang mit digitalen Medien nachvollziehen kann. Die Sorge der phA einer tatsächlichen Beraubung des Menschen durch technologische Unterstützungssysteme um elementare geistige Vermögen bleibt ihre Begründung noch schuldig. Alle anderen Techniken und Handwerke betreffend konnte bislang noch nicht hinreichend dargelegt werden, warum ein Verlust für den Menschen als Menschen tatsächlich so tragisch sein sollte. Wendel Wallach und Colin Allen stellen in ihrem im Bereich der Roboterethik bereits klassisch zu nennenden Werk *Moral Machines* den Ansatz der funktionalen Äquivalenz vor. Kurz zusammengefasst wollen sie damit den implizit metaphysischen Charakter, der zahlreichen geistigen Kompetenzen wie u.a. Willensfreiheit, Bewusstsein und Geist zugesprochen wird, durch ein graduelles Zuschreibungsmodell ersetzen. Maschinen können Wallach und Allen zufolge in einem funktional äquivalenten Sinn über dieselben Vermögen verfügen, ohne, dass dem Menschen dadurch etwas Substanzielles genommen würde. [16]

2.3.4 Die Emanzipation des Menschen von menschlichen Praktiken

Dieser Abschnitt behandelt die letzte von Arendt beklagte Emanzipationsbewegung des Menschen durch den technologischen Fortschritt, nämlich seine Emanzipation von der Arbeit. In mehrerlei Hinsicht ähnelt ihre Kritik der im vorherigen Abschnitt bereits vorgestellten Sorge bezüglich um sich greifender extended-mind-Technologien – hier jedoch

weniger den Verlust mentaler Kompetenzen betreffend (insbesondere das Denkvermögen), sondern menschliche Tätigkeiten und Praktiken [17]. Der Wunsch nach einem sorgenfreien Leben ohne Arbeit ist, das gesteht Arendt ein, zwar so alt wie die Menschheit selbst, und doch erst für die moderne Gesellschaft prekär, da erst diese in der Arbeit ihren wesentlichen Lebenssinn gefunden hat. Ähnlich wie bezüglich der ersten zwei Technikkritiken geht es Arendt weniger darum, jede Erleichterung des Menschen von der Arbeit zu problematisieren, ebenso wenig wie sie generell jeden Gebrauch von extended-mind-Technologien kritisiert oder jeden Ausflug in den Weltraum per se als Gefährdung der menschlichen Natur einschätzt – solange ein bestimmtes Maß nicht überschritten wird.

Als „ein Grundaspekt menschlichen Daseins“ [18] insbesondere für die gegenwärtige „Arbeitsgesellschaft“ [19] müsse der generelle Verlust der Arbeit, der sich in der „Ausbreitung der Automation“ [20] Mitte der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts drohend ankündigt, die Sinnentleerung des menschlichen Lebens schlechthin bedeuten. Doch eigentlich, so Arendt, arbeitet der Mensch nur um der Notwendigkeit der Lebenserhaltung willen; die Arbeit als Subsistenzsicherung verbindet ihn auf eine ganz spezifische Weise mit der Natur, der er das tägliche Brot abringen muss. Ihr kommt damit ein ähnlicher Stellenwert zu wie dem Planeten. Wie die Erde stellt auch die Arbeit die Bedingungen dafür bereit, dass wir unsere eigentlich menschlichen Kompetenzen und Fähigkeiten, nämlich denken, sprechen und handeln, ausüben können. Insofern bewegt Arendt sich in ihrer Kritik am technologischen Fortschritt im Rahmen der dritten Emanzipationsbewegung argumentativ in zweierlei Hinsicht auf zwei Ebenen: (a) Eine Emanzipation von der Erde sowie von der Arbeit greift die Grundlagen menschlicher Existenz an – ohne einen gemeinsamen Daseinsraum, ohne die Möglichkeit, sich am Leben zu erhalten, gäbe es den Menschen schlicht nicht. Die Emanzipation vom Denkvermögen betrifft darüber hinaus die genuin menschlichen Kompetenzen (und letztlich Tätigkeiten) selbst, für die der Mensch erst dann Zeit hat, wenn Umwelt und Lebensgrundlagen bereits gesichert sind. Die Emanzipationsbewegungen eins (von der Erde) und drei (von der Arbeit) stehen also auf einer anderen Ebene als die Emanzipationsbewegung zwei (vom Denkvermögen).

(b) Die Konstatierung einer Transformation der modernen Gesellschaft zu einer Gesellschaft des Animal laborans, in der der Raum zum Handeln und Sprechen auf ein Minimum reduziert bzw. sogar in den Privatbereich verschoben wird, trifft einen wesentlichen Kern von Arendts Kritik am Stand der Dinge bzw. am Stand des Menschen. Um dieses Thema (nicht um das unter a beschriebene) wird es ihr in *Vita activa* u.a. gehen. Die Arbeit hat nicht nur den ihr zustehenden Platz im menschlichen Leben (die Privatsphäre) bei weitem überschritten, sondern hat das spezifisch Menschliche (das sich eigentlich im Öffentlichen abspielt) regelrecht ersetzt. In Arendts Worten bezieht sich diese Emanzipation von der Arbeit durch technische Entwicklungen – ähnlich der im zweiten Abschnitt diskutierten Emanzipation von der Erde bzw. vom Körper – auf das natürliche Rahmengerüst menschlicher Bedingtheiten, denn die Arbeit stellt nichts genuin Menschliches dar wie das Handeln, Sprechen und Denken (auch Tiere müssen gewissermaßen „arbeiten“, um ihr Überleben zu sichern). Es ist also bereits an sich eine pathologische Entwicklung moderner Gesellschaften, sich nur noch über die Tätigkeit des Arbeitens zu definieren [21]. Das

Animal laborans der Arbeitergesellschaft entpuppt sich also bereits als quasi entmenslichter Mensch, es ist der Mensch minus seine genuin menschlichen Fähigkeiten des Denkens, Sprechens und Handelns, und kommt doch in seiner ‚Reinform‘ eigentlich nicht vor. Normalerweise ist der Mensch sowohl handelndes, als auch herstellendes Wesen (Homo faber) und Animal laborans (indem es arbeitend seine Lebensgrundlagen garantiert). Unter (b) sind also die Ebenen der antiken Welt, die noch zwischen Privatsphäre (Arbeit) und öffentlichem Raum (Handeln) zu differenzieren wusste und damit das genuin Menschliche im Öffentlichen garantierte, von der modernen Welt, die das eigentlich Private der Arbeit in die öffentliche Sphäre zerrt und dem Menschen damit seine spezifisch menschliche Weise des Tätigseins nimmt, zu unterscheiden.

Wir fühlen uns intuitiv an das Handeln, Sprechen und Denken erinnert – die den Leser bereits im zweiten Abschnitt begegnet sind. Dort ging es Arendt vornehmlich um die Sorge eines Verlusts mentaler und kognitiver Kompetenzen am Beispiel des Denkvermögens. Nun wird diese Kritik in ähnlicher Weise an menschlichen Tätigkeiten und Praktiken wiederholt, wobei sich an der Arbeit zeigt, dass Arendt keine philosophische Anthropologin war und dass es ihr in der Einleitung zur *Vita activa* nicht primär um eine differenzierte Technikkritik aus Sicht der phA ging. Abrückend vom Arendtschen Begriffsverständnis der Arbeit als Tätigkeit, die sowohl von Menschen als auch von Tieren ausgeübt wird (und somit in einem philosophisch-anthropologischen Ansatz zu menschlichen Praktiken ihrer Ansicht nach nicht viel zu suchen hätte) sowie dem Denken, Sprechen und Handeln als der (den) spezifisch menschlichen Aktivität(en) (die also erst an dieser Stelle und nicht bereits im vorherigen Abschnitt Aufmerksamkeit finden dürften), werden Tätigkeiten – ähnlich wie vom Anthropologen Arnold Gehlen – als weder rein geistige noch als rein körperliche Phänomene betrachtet. Gehlen zufolge ist es insbesondere das Handeln, das den Menschen und nur diesen auszeichnet und eine Brücke über den Dualismus zwischen Geist und Körper zu schlagen einlädt. [22] Weiter unten kommt deshalb noch einmal die von Arendt implizit befürchtete Gefahr einer zu starken Entlastung des Menschen durch extended-mind-Technologien zur Sprache – nicht nur (wie bereits oben veranschaulicht), da wir dadurch unserer geistigen Kernkompetenzen verlustig gehen, sondern da wir menschlicher Tätigkeiten und Praktiken beraubt werden. Über Arendt lässt sich auf diese Weise die dritte Technikkritik aus Sicht der phA wie folgt zusammenfassen:

Technische Unterstützungssysteme, die gravierenden Einfluss auf Praktiken und Tätigkeiten des Menschen haben, sind zu vermeiden, da diese genuiner Bestand einer Definition des Menschen sind.

Im schlimmsten Fall zeigt sich eine Emanzipation von Aktivitäten, die die Menschen ausführen, in einem vollständigen Verlust derselben, ohne, dass an ihre Stelle etwas anderes treten würde. Es bietet sich hier ein Vergleich mit den im vorigen Abschnitt erläuterten Versionen der extended-mind-Kritik an, denn wie bereits dort deutlich geworden ist, konzentriert sich diese traditionell nicht allein auf mentale oder kognitive Kompetenzen, sondern bezieht ebenso Handwerke, Techniken und Praktiken mit ein. Auch das Handeln lässt sich als menschliche Fähigkeit hierunter fassen, was sicherlich eine starke Intuition bezüglich des technologischen Fortschritts und seiner befürchteten Auswirkungen auf die Gesellschaft aufgreift: Nicht nur wird der Mensch bald nichts mehr zu arbeiten haben

(entgegen der Arendtschen Differenzierung zwischen diesen beiden Weisen des Tätigseins wird für gewöhnlich das Arbeiten als eine Form zu handeln begriffen), sondern darüber hinaus nehmen ihm ‚die Maschinen‘ bald jegliche Autonomie und Würde – und bringen damit die Grundlagen der menschlichen Handlungsfähigkeit selbst ins Wanken. Wenn wir uns nicht mehr als Personen und Akteure deuten können, wenn wir nicht mehr in der Lage sind zu handeln, haben wir durch den Luxus technologischer Unterstützungssysteme das Subjekt, das diesen Luxus als solchen wird genießen können, vollständig nivelliert: den Menschen.

Ohne an dieser Stelle die Bemerkungen aus dem zweiten Abschnitt zu einer Auseinandersetzung mit den verschiedenen Versionen der extended-mind-Kritik zu wiederholen, darf man dennoch nicht aus den Augen verlieren, dass die Angst vor einem Verlust an Autonomie und Handlungsfähigkeit de facto zunächst nur eine psychologische Tatsache darstellt. Ob diese begründet ist – ob sich der Mensch also tatsächlich von seiner Autonomie und Handlungsfähigkeit „emanzipieren“ kann in dem Sinne – und ob dies als negativ bewertet werden sollte, bedarf einer eigenen Begründung, die die phA aus anderen philosophischen Disziplinen wie bspw. der Ethik, Kultur- oder Sozialphilosophie zu rekrutieren hat. Insbesondere die Abgabe von Arbeit an Maschinen wurde im 20. Jahrhundert als große Errungenschaft des technologischen Fortschritts gefeiert [23]. Andere haben indes darauf verwiesen, dass durch die Abgabe von Arbeit für den Menschen entweder neue Arbeit entstehen kann, oder Zeit für andere Aktivitäten [24]. Man sieht, dass auch in dieser Hinsicht ein Vergleich mit den im vorherigen Abschnitt diskutierten Versionen der extended-mind-Kritik angebracht ist.

2.3.5 Schluss

Ein anthropologischer Essenzialismus kann aus sich heraus, d.h. nur unter dem Verweis darauf, welche körperlichen, geistigen, biologischen, organischen oder kulturellen Eigenschaften sich der Mensch selbst zuschreibt, keine Einhegung des technologischen Fortschritts und keine Kritik technischer Unterstützungssysteme definieren. Auch aufklärerisch-humanistische Positionen, die auf der jetzigen Leibgestalt beharren, da diese bislang dem Menschen so und nicht anders gegeben war, müssen, um keinen naturalistischen Fehlschluss zu begehen, begründen, warum die Leibgestalt nicht zur Disposition stehen darf. In den vorausgegangenen Überlegungen hat sich gezeigt, dass die technikkritische phA allein auf der Grundlage anthropologisch-essenzialistischer Intuitionen über das menschliche Wesen – und seien diese auch noch so stark – nichts gewinnt. Sie muss generell eine spezifische Konzeption eines guten bzw. gelingenden menschlichen Lebens in Anspruch nehmen, das einer ethisch-moralischen Begründung bedarf. In den hier vorgestellten technikkritischen Positionen aus den drei gewählten Perspektiven Körper, Geist und Praktiken bedarf es einer sauberen Differenzierung von Ebenen, nämlich der Ebenen der

1. Intuitionen: Welche meiner Annahmen gehen zwar in mein persönliches Menschenbild mit ein, bedürfen allerdings einer eigenen Begründung? Was entspricht dabei ei-

ner subjektiven (oder sogar objektiven) psychologischen Tatsache, ohne, dass sich daraus bereits ein passant ein normativer Gehalt ergäbe (was sonst den oben angesprochenen naturalistischen Fehlschluss zur Folge hätte)?

2. Empirie: Was lässt sich deskriptiv über den Menschen feststellen? Wie haben wir den Menschen bislang verstanden, wie definieren ihn die unterschiedlichen Bereichswissenschaften wie z.B. die Biologie oder Ethnologie? Wieder: Die unterschiedlichen Menschenbilder der verschiedenen anthropologischen Disziplinen generieren aus sich heraus noch keinen Einwand gegen technische Unterstützungssysteme, sondern können nur beschreibend wiedergeben, wie sich der Mensch entwickelt hat, auch wenn die verschiedenen Fächer mit konnotierten und moralisch aufgeladenen Begriffen arbeiten, die implizit normative Aspekte über den Menschen transportieren.
3. Philosophie: Welche Vorstellungen von einem guten Leben bzw. von dem Ziel des menschlichen Daseins können mit welchen guten Gründen untermauert werden? Normative Aussagen darüber, wie der Mensch sein sollte, nehmen implizit Maß an einem ethischen Konzept gelingender Lebensführung, das die phA nicht aus sich heraus gewinnt. Sie ist eine Patchwork-Disziplin, die ihre anthropologische Basis um normative Argumente aus der Sozialphilosophie, politischen Philosophie oder Ethik erweitert. Abhängig davon stellt sie den empirischen Wissenschaften ein normatives Menschenbild in einem je sozialen, politischen oder ethischen Gewand gegenüber.

Die Aufgabe der technikkritischen phA kann nicht darin bestehen, ein „objektiv“ schlüssiges und begründbares Menschenbild zu liefern, sondern die Wege der Argumentation, seien diese nun utilitaristische, tugendethische, deontologische, diskursethische, essenzialistische, deliberative, sozialkonstruktivistische, poststrukturalistische oder andere zu entschlüsseln, und denjenigen, die eines solchen normativen Menschenbildes bedürfen, vorzustellen.

Literatur und Anmerkungen

- [1] Aristoteles: Politik, übersetzt und mit erklärenden Anmerkungen versehen von E. Rolfes, Felix Meiner Verlag, 1981; hier Erstes Buch, 2. Kapitel, 1253 a2.
- [2] Arendt, H.: Vita activa oder Vom tätigen Leben, 10. Auflage. Piper 2011; im Folgenden abgekürzt wiedergegeben mit VA.
- [3] Arendt war weder genuine Technikphilosophin noch Anthropologin. Sie bietet sich für das Anliegen dieses Beitrags an, da sie die klassischen Sorgen bezüglich des technologischen Fortschritts der 60er Jahre, die 2015 ihre Aktualität noch nicht eingebüßt haben, bündelt.
- [4] VA, S. 8.
- [5] Alle in ebd., S. 9.
- [6] Die Problematik der Körperlosigkeit ergibt sich in der von Arendt gedachten radikalen Weise erst mit den Möglichkeiten des virtuellen Raums – vor allem im Sinne des von R. Kurzweil propagierten Anbruchs der Ära der Singularität; vgl. sein Buch *The Singularity is Near. When Humans Transcend Biology*. Penguin Books, 2005.
- [7] VA, S. 9.

- [8] Vgl. hierzu Habermas, J.: Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik? Suhrkamp, 2001 (insbesondere der Abschnitt Das Gewachsene und das Gemachte, S. 80-93), aber auch Karafyllis, N. C.: Biofakte – Grundlagen, Probleme, Perspektiven. In: Erwägen, Wissen, Ethik 17(1), 2006, S. 547-558. Vgl. darüber hinaus Karnein, A.: Warum dürfen wir unsere Kinder nicht klonen? Habermas und seine Kritiker in der bioethischen Debatte, in: Forschung aktuell 2, 2009, S. 68-71, online verfügbar unter URL: http://www.forschung-frankfurt.uni-frankfurt.de/36050561/11_Anja_Karnein.pdf? [Stand: 25.11.2014].
- [9] Vgl. Kettner, M.: Humanismus, Transhumanismus und die Wertschätzung der Gattungsnatur, in: Die menschliche Natur. Welchen und wieviel Wert hat sie? Mentis, 2005, S. 73-96; hier S. 89: „Humanisten im engen Sinne [...] beschränken die zulässigen Ideen der verwirklichter möglichst guten Lebensform [...] durch die Bedingung [...] der Leibgestalt des heutigen Menschen. (Unsere jetzige Leibgestalt ist gut genug, basta.)“.
- [10] Juengst, E. T.: What Does Enhancement Mean?, in: Enhancing Human Traits. Ethical And Social Implications, Georgetown University Press, 2007, S. 29-47 sowie Murray, T. H.: Zwangsaspekte beim Sport-Doping, in: Enhancement, Die ethische Debatte, Mentis, 2009, S. 75-92.
- [11] H. Jonas sieht in der menschlichen Praxis des Begrabens einen „Beweis des Transanimalischen“ (S. 45). Nur der Mensch wisse, dass er sterben muss und habe eine Vorstellung von Zeitlichkeit; Jonas, H.: Philosophische Untersuchungen und metaphysische Vermutungen, Insel Verlag, 1992; darin insbesondere die Abhandlung Werkzeug, Bild und Grab. Vom Transanimalischen im Menschen.
- [12] Das zeigt J. Savulescu anschaulich in dem Text The Human Prejudice and the Moral Status of Enhanced Beings: What Do We Owe The Gods?, in: Human Enhancement, Oxford, 2010, S. 211-247.
- [13] VA, S. 10.
- [14] „Sollte sich herausstellen, dass Erkennen und Denken nichts mehr miteinander zu tun haben, dass wir erheblich mehr erkennen und daher auch herstellen können, als wir denkend zu verstehen vermögen, so würden wir wirklich uns selbst gleichsam in die Falle gegangen sein, bzw. die Sklaven – zwar nicht, wie man gemeinhin glaubt, unserer Maschinen, aber – unseres eigenen Erkenntnisvermögens geworden sein, von allem Geist und allen guten Geistern verlassene Kreaturen, die sich hilflos jedem Apparat ausgeliefert sehen, den sie überhaupt nur herstellen können, ganz gleich wie verrückt oder wie mörderisch er sich auswirken möge.“ (VA, S. 11).
- [15] Wie uns bspw. bereits Michel de Montaigne an zahlreichen Stellen seiner *Essais* vorführt, verfügen zahlreiche Tiere über dieselben Fähigkeiten wie Menschen, nur in sehr viel schwächerem Maße; vgl. dazu auch Wild, M.: Michel de Montaigne und die anthropologische Differenz, URL: http://www.buendnis-mensch-und-tier.de/pages/bibliothek/texte/Wild_Michel_de_Montaigne.pdf [Stand: 23.11.2014].
- [16] Im Detail nachzulesen in Wendel, W. und Collin, A.: Moral Machines. Teaching Robots Right from Wrong. Oxford University Press, 2009; bspw. S. 69: „Just as a

computer system can represent emotions without having emotions, computer systems may be capable of functioning as if they understand the meaning of symbols without actually having what one would consider to be human understanding.”

- [17] Arendt differenziert in VA drei Weisen des menschlichen Tätigseins, nämlich das Arbeiten (der Mensch als Animal Laborans), das Herstellen (der Mensch als Homo Faber) und das Handeln. Nur das Handeln (gekoppelt mit dem Sprechen und Denken) ist spezifisch menschlich.
- [18] VA, S. 12.
- [19] Ebd., S. 13.
- [20] Ebd., S. 12.
- [21] „Was uns bevorsteht, ist die Aussicht auf eine Arbeitsgesellschaft, der die Arbeit ausgegangen ist, also die einzige Tätigkeit, auf die sie sich noch versteht. Was könnte verhängnisvoller sein?“ (VA, S. 13).
- [22] Vielleicht würde Arendt dem sogar folgen, dass das Denken ein geistiges Vermögen darstellt und das Handeln eine Tätigkeit, die sowohl geistige als auch körperliche Aspekte aufweist. Das Arbeiten würde sie dennoch nicht an dieser Stelle behandelt sehen wollen, da es keine spezifisch menschliche Praktik darstellt. Gehlen zeigt in seinem Werk *Anthropologische Forschung* (Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1961), dass sich der Mensch insbesondere durch seine Handlungsfähigkeit auszeichnet, was ihm zufolge den Geist-Körper-Dualismus als Fundament philosophisch-anthropologischer Überlegungen aufhebt; vgl. z.B. S. 17.
- [23] Vgl. bspw. die Positionen von Nikolaj Berdjajew, Henri Bergson, Friedrich Pollock und Vilém Flusser.
- [24] Ähnliches ließe sich bspw. bei Fritz Giese, Sybille Krämer und Eberhard Zschimmer nachlesen.

2.4 Hermeneutik der Mensch-Maschine-Schnittstelle

K. Liggieri

2.4.1 Inter-Face – Zur Problematik des Zwischengesichts

„Hier konnte niemand sonst Einlaß erhalten, denn dieser Eingang war nur für dich bestimmt. Ich gehe jetzt und schließe ihn.“ (Franz Kafka, *Vor dem Gesetz*)

Janus, der Doppelköpfige (*biceps*) oder Zweigesichtige (*bifrons*), ist der Gott der Durchgänge. In der antiken Mythologie schützte er Ein- und Ausgang. Wie die Tür hat auch er zwei Seiten – eine nach außen und eine nach innen gerichtete. In den *Fasti* Ovids sagt Janus von sich selbst: „Über des Himmels Portal wach' ich mit den huldigen Horen, Ein- oder Ausgang hat Jupiter selber durch mich. Janus heißt ich darum.“ Seine Hand erst „vollzieht aller Eröffnung und Schluss [...]. Und wie bei euch der Pfortner vorne an der Schwelle eures Hauses seinen Platz hat und den Ein- und Ausgang überwacht, so sehe ich, als Pfortner an der Himmelshalle, Ost und West zugleich.“ [1]

Janus (Dianus) verkörpert wie Jupiter den Himmelsgott und gilt wohl als eine der rätselhaftesten Göttergestalten des alten Roms. Als Gott des Anfangs begleitet er den Menschen, wenn dieser etwas Neues beginnt und dabei ungeahnte Wege beschreitet. Mit seiner bipolaren Art agiert Janus dialektisch als Symbol aller Gegensatzpaare: innen und außen, Mythos und Vernunft, rechts und links, konservativ und progressiv. Dieser doppelgesichtige Gott ist nur scheinbar verbannt aus unserer säkularisierten Zeit, denn auch die technologisierte Moderne hat ihre eigene mythische Gottheit des Ein- und Ausgangs, des Zu- und Aufschließens sowie des Ein- und Umschreibens: Das Zwischengesicht (*Inter-face*). Das Interface ist seinem Namensgeber dem Ingenieur James Thomson zufolge ein Gebilde zwischen dynamischen Begrenzungen, das erst durch die einsetzende Differenzierung Liquidität und Bewegung ermöglicht: „[It is] as if the fluid everywhere possesses an expansive tendency, so that pressure must everywhere be received by the fluid on one side of a dividing surface (or as I call it *interface*) from the fluid, or solid, on the other side, to prevent the fluid from expanding indefinitely, or to balance its expansive force.“ [2] Das Interface definiert und separiert 1869 für Thomson somit Bereiche des ungleichen Energievertriebs innerhalb einer Flüssigkeit in Bewegung und einem statischen Objekt. Diese Macht der Trennung sowie des Zusammenfügens, welches nur im Tun Wirklichkeit beansprucht, wohnt auch modernen Interfaces inne.

Interfaces sind vielseitig, es können zum einen Ausgabesysteme in allen Varianten sein (Bankautomaten, Computerbildschirme, Telefonsysteme, etc.), so verstanden bilden sie ein Netzwerk von „bedeutenden Flächen“[3], die für den User bestenfalls intuitiv und benutzerfreundlich sein sollen, zum anderen sind es aber auch Durchgänge, die durch Kontrolle und Macht Zugänge ge- oder verwehren. Schnittstellen sind allgemein gesprochen dazu da, eine Kommunikation zweier sich fremder Systeme überhaupt erst zu ermöglichen. Das kann die angesprochene Bedieneinheit zwischen Mensch und Maschine sein oder eine Maschine-Maschine-Kommunikationsschnittstelle zwischen zwei unterschied-

lichen Kommunikationsstandards, die ihre Daten (z.B. bits im digitalen Fall) auf verschiedene Weise verpacken/anordnen/strukturieren und so nicht vom anderen Standard interpretiert werden können. Man denke für die Hauptaufgabe eines Interfaces vereinfacht an das Beispiel eines menschlichen Übersetzers zwischen zwei Menschen, die nicht dieselbe Sprache sprechen.

Will man Hookway folgen, so umfasst eine Theorie des Interface immer eine Theorie der Kultur. „If culture is an enacted reconciliation of human beings with the social, biological, material, technological, and other realism, the interface describes a cultural moment as much as it does a specific relationship between human users and technological artifact.“ [4] Die Benutzung eines Interfaces ist somit gleichbedeutend mit der Partizipation an Kultur.

Im Folgenden soll im ersten Schritt eine systematische Beschreibung des Interfaces bei Mensch-Maschine-Interaktionen vorgenommen werden, darauf aufbauend muss sich die epistemologische Frage nach der besonderen Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine (sowie der Akzeptanz technischer Artefakte) gestellt werden. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass gerade das Interface als Leitbegriff für eine bestmögliche Gestaltung beim Zusammenwirken von Mensch und Maschine durch Anpassung der Maschine an den Menschen hinsichtlich Leistung, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit Wichtigkeit erlangt. Schaut man auf die Beschreibung von Mensch-Maschine-Schnittstellen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung von 2014, so erkennt man, dass „[d]ieses Zukunftsfeld neuen Zuschnitts [Mensch-Maschine-Kooperation] [...] eine integrierte Forschungsperspektive auf das komplexe Zusammenspiel menschlichen und technischen Wandels [liefert]. Angesichts immer unmittelbarer an den Menschen heranrückender Technologien und einer fortschreitenden Technisierung der Lebenswelt gilt es, neuartige Konstellationen von Mensch und Technik in ihrer ganzen Vielschichtigkeit in den Blick zu nehmen.“ Dabei soll der Mensch als Maßstab jedoch nicht aufgeben werden. Vor allem für die Gegenwart ergibt sich durch einen epistemologischen Blick auf die Bedeutung und Gestaltung des Interfaces ein ungeahntes Potenzial in der Interaktion von Mensch und Technik in Bezugnahme auf Technikwissenschaft und -geschichte. Neben der Frage welche Problematisierungsdiskurse sich bei diesem in den 1960er Jahren verstärkt aufkommenden ‚Dialog‘ zwischen Mensch und Maschine ergeben und wie sich dabei *akzeptable* Interfaces gestalten, muss ebenso nach der Rolle des technischen Objekts gefragt werden, dessen sozialer Status sich durch optimierende Schnittstellen immer mehr modifiziert.

2.4.2 Eine theoretische Betrachtung des Interface

In der postkybernetischen Wissensordnung nach 1960 wird gerade von der anthropotechnischen Ergonomie (Rainer Bernotat/Rüdiger Seifert) angestrebt einen gemeinsamen Code für Menschen und Maschinen als Handlungsaktanten zu finden [5], denn nur Gleiches kann mit Gleichem kommunizieren. Als Unterschied zur Kybernetik der 1940-1960er Jahre erkennt die arbeitswissenschaftliche Anthropotechnik allerdings die Verschiedenheit der beiden Entitäten Mensch und Maschine und eröffnet so den Diskurs um die komplexe Schnittstellengestaltung. Weder darf die Maschine zu anthropomorph noch der Mensch als Maschine zu reduktionistisch gesehen werden. Vielmehr muss man beide

– und das zeigt das Interface in Reinkultur – von der Interaktion her denken. Demnach definiert und annulliert die Schnittstelle Differenzen, indem sie zwei Bereiche trennt und wieder verbindet. Sie stellt hierbei eine besondere Ausformung der technologischen Entwicklung dar, weil sie den Menschen weder schlicht prothetisch kompensiert (traditionelle Organprojektion der Technik), noch ihn einfach in der Maschine verschwinden lässt (trans- und posthumane Tendenzen). Man kann das Interface demnach eher als technologische Relation verstehen, die die Zugangsweise ermöglicht wie Menschen mit Maschinen und vice versa umgehen, und diese wie auch sich selbst definieren. Die ‚Definitio‘, die als ‚Abgrenzung‘ lesbar ist, wird allerdings von der Schnittstelle evoziert wie subvertiert, womit die statisch gedachten Größen Mensch/Maschine bzw. Subjekt/Objekt ins Wanken geraten und ihre Zuschreibung nur in der prozessualen Relation des Interfaces besitzen. Nur in diesem fluiden Raum werden Mensch und Maschine zu Handlungsträgern sowie Subjekten der Interaktion. Die Frage nach Machtverhältnissen stellt sich in dieser Konstellation nun neu, da durch das Interface einseitig dichotome Machtstrukturen aufgrund von Subjekt-Objekt-Auflösung zerfallen, denn „[w]o es kein Objekt gibt (und daher kein Subjekt), ist die Macht machtlos.“ [6] Gibt es somit eine Machtverlagerung in das ‚Zwischenstadium‘ des Interfaces? Das Durchgangsstadium der Schnittstelle bleibt als epistemisches Ding selbst nicht einsehbar für den Akteur, da hier etwas ‚zwischen‘ (*inter*) zwei Systemkomponenten ‚getan‘ (*facere*) wird, welches einer Black-Box anheimfällt. Das Interface ist ein Gesicht, welches sich uns auf dem ersten Blick zwar lesbar zeigt, am Ende aber – wie unser eigenes Gesicht – immer entzogen und unzugänglich ist. „[...] gewisse Körperteile kann ich nur in eigentümlicher Verkürzung sehen, und andere (z.B. der Kopf) sind überhaupt für mich unsichtbar. Derselbe Leib, der mir als Mittel aller Wahrnehmungen dient, steht mir bei der Wahrnehmung seiner selbst im Wege und ist ein merkwürdig unvollkommen konstituiertes Ding.“ [7] Auch das Interface ist für den Nutzer das „Mittel aller Wahrnehmung“, es selbst jedoch invisibilisiert sich, löst sich auf als reines Medium, Kanal und Übermittler. Es zeigt sich nur als Drittes, welches zwischen Mensch und Maschine scheinbar neutral Informationen prozessiert und damit ‚Dialoge‘ evoziert. Für den reibungslosen Dialog (im Sinne eines gemeinsamen Codes und vielleicht nicht grundlos auch als *διάλογος*/ein ‚Fließen von Nachrichten‘ übersetzbar) muss der Mensch wie die Maschine aneinander angepasst werden. Daher müssen Nachrichten und Informationen so codiert und decodiert werden, dass sie für Empfänger und Sender beidseitig lesbar werden. Damit ist das Interface neben Janus als Türöffner auch der Götterbote Hermes, der als mythologischer Nachrichtenübermittler die Beschlüsse von Zeus an die Menschen überbringt und übersetzt. Er symbolisiert als Gott der Wege den heiligen Kanal zwischen unsterblichen Göttern und dem sterblichen Mensch. Schon hier erkennt man die problematische Aufgabe eines Datenverkehrs, der von zwei vollkommen unterschiedlichen Systemen ausgeht. Die übermittelten Botschaften sind folglich keine bloßen Mitteilungen, sondern fordern Einsicht und Verständnis: *Hermeneutik* – klassisch verstanden als vermittelnde „Kunst“ einen „andern richtig zu verstehen“. [8] Die Nachrichten müssen demnach für die Gegenseite verständlich und lesbar gemacht werden. Das hermeneutische Interface ist folglich jenes co- und decodierbares Tableau auf dem Information erst lesbar gemacht

wird. Kommunikation (lat. *Communicatio*: Mitteilung, aber noch mehr *communicare*: gemeinsam machen, vereinigen) als Verbindung, Zusammenhang oder Verständigung ist stets wechselseitig zu denken, da ein Kreislauf zwischen mindestens zwei Systemen (hier Mensch/Maschine), die aktiv am Prozess beteiligt sind, stattfindet. Information muss für eine Übertragbarkeit oberhalb des „reinen Zufalls wie dem weißen Rauschen“ [9] liegen und ist (nach der ‚Mutter aller Informationstheorien‘ von Shannon/Weaver) das Entgegennehmen einer Nachricht von einem Sender, der den gleichen Zeichensatz zur Informationsübertragung benutzt, wie der Empfänger [10]. Für eine gelungene Kommunikation muss auf beiden Seiten, die Information *sinnvoll* eingeordnet und interpretiert werden. Die Basis hierfür liefert jedoch erst das akzeptable und zu akzeptierende Interface.

Die zentrale Frage, die schon seit dem Ende des 19. Jahrhundert immer mehr in den Fokus rückt, bündelt sich besonders in der Ergonomie nach 1960: Wofür muss der Mensch, wofür die Maschine eingesetzt werden und wie gestaltet man die Schnittstelle im Gesamtsystem möglichst effektiv? Wie gelingt es zwei scheinbar vollkommen unterschiedlichen Entitäten so miteinander zu kommunizieren, dass es zur optimalen Schnittstelle zwischen Effizienzsteigerung, Akzeptanz technischer Artefakte und Benutzungsfreundlichkeit kommt?

Schaut man auf die Probleme der Kommunikation, die mit selbstregulierten und informationsverarbeitenden Maschinen aufkommt, so stellt sich die Frage nach einer gemeinsamen Sprache und die Suche nach Vereinbarkeiten zwischen Menschen und Automaten verschärft. Der Kybernetiker Karl Steinbuch verwies mit Hinblick auf diese Problematik 1968 noch darauf, dass die „Grundlagen für das Zurechtfinden in der zukünftigen [...] Welt“, „eine Erziehung [bietet], die auf Logik, Semantik und Kybernetik aufgebaut ist.“ [11] Der Mensch müsse sich durch kybernetische Pädagogik auf die Maschine „einstellen“, um ihre Verfahrensweisen lesen und in einen reziproken Austausch mit ihr einsteigen zu können. Diese kybernetische Annahme, dass der Mensch sich als komplexe Funktionsmechanik nicht prinzipiell von Maschinen unterscheidet, wird in den 1960er Jahren als problematisch oder zumindest verbesserungswürdig betrachtet (vgl. die Bergerdorfer Gespräche 1963-1965). Die kybernetische Vision, in der „Lebewesen in einer Systemarchitektur verortet werden“, kein „Objekt, Raum oder Körper [...] mehr heilig und unberührbar [ist]“, und jede „beliebige Komponente mit jeder anderen verschaltet werden [kann], wenn eine passende Norm oder ein passender Kode konstruiert werden kann, um Signale in einer gemeinsamen Sprache auszutauschen“, wird immer vehementer kritisch hinterfragt. Der Gedanke, dass der Wissende schlicht zur „Rechenmaschine“ wird und „Schaltkreise des Denkens“ im „Fleisch“ bestimmt werden können, folglich Zahl und Mensch überlappen und eine Physiologie des Berechenbaren entsteht, in der das Nervensystem zur „logische[n] Maschine par excellence“ heran wächst [12], war für eine empirische Ergonomie nicht nachvollziehbar bzw. in Experimenten problematisch verifizierbar. Es kann hier nicht weiter ausgeführt werden, dass Mechanisierung und Kybernetisierung, im Allgemeinen die technologisierte Steuerbarkeit des Menschen, im Hinblick auf eine reibungslose Integration in den ‚Regelkreis‘ bei der veränderten Mensch-Maschine-Stellung der 1960er Jahre defizitär bleiben musste. Das Interface agiert im Unterschied zum materialistischen Blick der Kybernetik zwischen einer zu einseitigen Anpassung des

Menschen an die Maschine (*human factor*) und einer einseitigen Anpassung der Maschine an den Menschen (*Anthropotechnik*) [13]. Damit ist das Interface als dritter, scheinbar externer Vermittler mehr in den epistemischen und praktischen Prozess involviert, als es auf den ersten Blick scheint. Will man mit Serres argumentieren, so ist das Interface der Parasit, dessen anwesende Abwesenheit erst den Dialog möglich macht. Ähnlich wie der Parasit ist auch das Interface ein Mittler, den man notwendigerweise für jede Inter-subjektivität einschließt, um ihn auszuschließen: „Es gibt ein Drittes vor dem Zweiten; es gibt einen Dritten vor dem anderen. [...] Ich muss durch eine Mitte hindurch bevor ich ans Ende gelange. Es gibt stets ein Medium, eine Mitte, ein Vermittelndes.“ [14] Ein erweitertes Beispiel wäre ein Gateway, welches Informationen zwischen zwei unterschiedlichen Protokollen vermittelt. Die Aufgabe ist ähnlich zu Schnittstellen, da jeder Kommunikationsstandard sein eigenes Protokoll sowie seine eigene Struktur, wie die Bits angeordnet werden, besitzt. Ein Gateway kann Informationen entsprechend in andere Protokolle konvertieren und lesbar bzw. interpretierbar machen.

2.4.3 Bestmögliche Gestaltung von Schnittstellen

Ähnlich wie ein Paratext (als unbestimmte Zone zwischen innen und außen) wirkt auch das Interface im Unsichtbaren, im Selbstverständlichen. Diese intuitive Selbstverständlichkeit ist jedoch ein aufwändiger und komplexer Prozess, der die problematische Verbindung zwischen Mensch und Maschine einfach – und das meint in diesem Kontext *natürlich* – aussehen lassen will. Die Unmöglichkeit den Anderen zu verstehen, wird beim Mensch-Maschine-Dialog nochmals auf eine höhere Ebene gehoben, da hier zwei vollkommen unterschiedliche Systeme miteinander kommunizieren müssen. Diese Unmöglichkeit wird jedoch vom Interface nicht eingestanden und bestmöglich kompensiert, da eine Schnittstelle umso besser ist, je weniger sie auffällt.

Da bei der Interface-Gestaltung meist Hersteller und User auseinandertreten, greift der Designer (oft Ingenieure) nur noch auf reine (normierte) Daten des Benutzers zurück, wobei selbst durch die Laborexperimente (Simulation) der praktische Bezug zur Lebenswelt des Users fehlt. Ergonomische Mensch-Maschine-Systeme werden daher konzipiert, indem man Konzepte und Methoden benutzerzentriert entwickelt, diese prototypisch realisiert und sie unter Beteiligung der Nutzer in Feld- sowie Laborstudien evaluiert. Der Benutzer bleibt zwar im Modus eines *rapid prototyping* scheinbar im Zentrum und arbeitet in zahlreichen Experimenten an der Entwicklung mit, ist jedoch praktisch nur in Form abstrakter Datenmenge vorhanden. „Die Entwicklung und Gestaltung von Schnittstellen für Mensch-Maschine-Systeme erfordern, neben der Kenntnis der Aufgabe und der Arbeitsumgebung, auch eine Vorstellung über die kognitiven Anforderungen an zukünftige Benutzer. Ein Grund dafür liegt in der zunehmenden Informationsdichte und dem ansteigenden Automatisierungsgrad von technischen Systemen. Daraus ergibt sich die Frage, welche Art von Schnittstelle die kognitiven Prozesse bei der Interaktion am besten unterstützt und wie diese prospektiv gestaltet werden kann.“ [15] Diese für Interface bekannte Benutzermodellierung macht den Menschen auf der einen Seite für das Interface als Vermittler lesbar, somit berechenbar, auf der anderen Seite optimiert es aber auch die Interaktion mit der Maschine (als Eingabe durch bzw. Ausgabe an den Menschen), da diese

mögliche Optionen des Menschen eher voraussagen und analysieren bzw. sich dazu verhalten kann. In der Entwicklung von Mensch-Maschine-Interaktionen stellen folglich die Gestaltung, die Analyse sowie Optimierung der Benutzungsoberflächen eine wichtige Aufgabe dar. Das Ziel hierbei ist eine adäquate Unterstützung der Entwicklungs- und Entscheidungsprozesse, da eine erhöhte Automatisierung sowie Komplexität technischer Systeme eine Verlagerung der Handlungsebene menschlicher Tätigkeiten zur Folge hatte. Das Werkzeug modifizierte sich zum Denkzeug und der Operateur (lat. „Arbeiter“; „Verrichter“) wurde im Diskurs einer ergonomischen Effektivität zum Überwacher und Vermittler im Interface, der nur noch in kritischen Fällen eingreift. Für genau diese kritischen Kausalitäten muss jedoch die Schnittstelle optimal gestaltet sein. In diesem Sinne stellen moderne Interfaces eine Vielzahl von graphischen Anzeigen und Interaktionselementen zu Verfügung, um den User bei seiner Aufgabenbearbeitung zu unterstützen. Diese Unterstützung ist jedoch zweischneidig, da sie den Menschen zwar ergänzt, aber zugleich aus dem System mangels fehlendem Prozesswissen exkludiert (*Out-of-the-loop-Problem*). Die Aufgabe der Informationsverarbeitung und -sichtbarmachung stellt dazu noch hohe Anforderung an die menschliche Kognition, da der Mensch nur eine bestimmte Zahl unterschiedlicher Signale selektiv wahrnehmen und verarbeiten kann. Das Ermöglichen eines Verstehens und Aufnehmens ist dabei die zentrale Aufgabe des Interfaces, welches Signale nach ihrer Wichtigkeit anordnen und ausgeben muss. Der menschliche Wahrnehmungsapparat (z.B. visuelle Informationsaufnahme und -verarbeitung) ist hierbei stark vom Interface und Surface sowie dessen übersichtliche Gestaltung abhängig. Wenn man über eine bestmögliche Gestaltung nachdenkt, muss man vom Interface, welches wie oben erwähnt, für den User meist unzugänglich oder zumindest invisibel ist, zur Materialisierung der Schnittstelle hinübergehen: *Der Benutzeroberfläche*. Dieses Surface soll gebrauchstauglich (d.h. technisch, ökonomisch, ökologisch und ergonomisch) sein.

Im Folgenden soll der Problemstellung entsprechend nur auf die zu gestaltenden Elemente des technischen Systems (also der Ergonomie) konzis eingegangen werden, da diese im engeren Sinne die Interaktion zwischen Mensch und Maschine ermöglichen. Bei dieser Interaktion wird neben der übenden Anpassung, die der Mensch den Maschinen entgegenbringt, auch die Maschine auf die Berücksichtigung der menschlichen Leistungsfähigkeiten und -grenzen ‚eingestellt‘, folglich stellt die sichere und verlässliche Handhabung zentrale Faktoren dar. Die Schnittstelle und damit die Bedienelemente werden einem *User-centered design* unterstellt, wobei in der Entwicklung iterativ-inkrementell vorgegangen wird. Dieses *Usability Engineering* der Geräte arbeitet u. a. mit Metaphern und Visualisierung zu bekannten lebensweltlichen Aktivitäten (z.B.: Schreibtisch-Metapher, Papierseite, etc.). Durch diese Benutzbarkeit wird nicht nur die Handhabung des technischen Artefaktes einfacher, sicherer und zuverlässiger, auch die Akzeptanz und das menschliche Vertrauen in die Maschine wächst: Es entstehen adaptive Mensch-Maschine-Systeme.

Nach diesen kurz anzitierten Gestaltungskriterien von Schnittstellen soll ein kleiner (wenn auch sehr schematisierter) Überblick über die Stationen der Mensch-Maschine-Schnittstelle nach Sheridan gegeben werden [16]. Wissenshistorisch betrachtet, wird deutlich wie der „Mensch“ noch in den 1950er Jahren mit sensomotorischer Koordination als Regler

von Anzeigen und Bedienelementen auftrat, schon in den 70er Jahren kamen Überwachungsfunktionen dazu, die sich in den 1980er Jahren zu einer Stellung als Dialogpartner bezüglich Schnittstellengestaltung, Fehlervermeidung und Anforderungssimulation erweiterten. Der Mensch, der mit der Maschine interagiert, hat sich also vom Handwerker, Regler über den Überwacher bis zum heutigen interaktiven Problemlöser und kognitiven Partner autonomer Agenten und semantischer Technologien ebenso verändert wie die Maschine. Durch das Interface und dessen reibungslose Verbesserung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, sowie durch das (arbeits- und datenaufwendige) selbsterzeugte ‚Verschwinden‘ dieses heiligen Verbindungskanals als Medium, kamen sich Mensch und Maschine notwendigerweise immer näher. Subjekt und Objekt wurden nicht nur durch das Interface bestmöglich verbunden, sie wurden immer mehr auch in ihren Handlungen voneinander abhängig.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass die anthropologischen wie technischen Grenzen subvertiert werden und es zu Quasi-Objekten (Mensch-Maschine-Systemen) kommt. „Dieses Quasi-Objekt ist kein Objekt, und es ist dennoch eines, denn es ist kein Subjekt [...]; es ist zugleich auch ein Quasi-Subjekt, weil es Subjekte markiert oder bezeichnet.“ [17] Obwohl das vom Interface produzierte Mensch-Maschine-System in diesem ontologischen Zwischenstadium *handelt*, kommt es bei den technischen Quasi-Objekten nicht zu einer naiven Hybridisierung zwischen Mensch und Maschine, sondern eher zu einer Relation der Gleichheit und des reziproken Austauschs, wobei Mensch und Maschine als gleichwertige Handlungsaktanten entworfen werden. „The hope is that, in not too many years, human brains and computing machines will be coupled together very tightly and that the resulting partnership will think as no human brain has ever thought and process data in a way not approached by the information-handling machines we know today.“ [18] Anders jedoch als der Pionier der Mensch-Maschine-Interaktion Joseph C.R. Licklider hier in seiner *Man-Computer Symbiosis* (1960) die Verschmelzung von Mensch und Maschine prognostizierte, vollzieht sich mit immer effektiver und optimaler gestaltenden Interfaces eine wortwörtliche Medialisierung im Zuge des Usability Engineering, da das nicht mehr spürbare Medium die vorhandene Differenz zwischen den beiden konträren Akteuren (Mensch/Maschine) eibnet, indem es zum einen Mensch wie Maschine komplementär gestaltet, und zum anderen die Interaktion von beiden störungsfrei (scheinbar ‚von selbst‘ und vielleicht sogar ‚als Selbst‘) geschehen lässt. Durch Effektivität und Effizienz stellt sich beim User Zufriedenheit und damit Akzeptanz (Identifikation mit dem Objekt, Abbau von ‚Fremdheit‘ des technischen Artefaktes) ein, folglich wird durch Usability Engineering das technische Objekt nicht mehr als solches wahrgenommen und bekommt neben seinem Aktantenstatus (als Handlungsträger) auch noch Subjektstatus (als Emotionsträger) zugesprochen (die *Apple*-IPhones sind nur eines der Beispiele hierfür); Artefakte habitualisieren damit in bestimmter Weise auch unsere Gefühle. [19]

2.4.4 Janus und Hermes als Aktanten des Medialen

Das Interface als Medium, Mitte und Vermittler agiert in einem Zwischenraum, wobei es nicht nur einfach Informationen durchlässt, sondern hermeneutisch *über-bringt*, wodurch

sich die übermittelten Signale transformieren: Das Interface selbst ist kein passiver Durchgang/Oberfläche, sondern im etymologischen Sinne als ‚Hinführer‘ produktiv: Es ist ein „fruchtbare[r] Nexus.“ [20]

Um den Bogen zum Anfang zu schlagen, ließe sich sagen, dass Mythos und Moderne sich in einem Punkt zu ähneln scheinen: Mythologie ist ein Herrschafts- und Ordnungsinstrument zur Generierung von Sicherheit und Vertrautheit. Auch das Interface bietet durch ein benutzerfreundliches Design eine vertraute – nicht mehr ‚un-heimliche‘ – Oberfläche an. „Ein benutzerfreundlicher Computer läßt mich vergessen, daß ich es mit einem Rechner zu tun habe; sein Interface-Design schirmt mich ab gegen die Technologie des Digitalen.“ [21] Obwohl Bolz zurecht fragt, ob es sich hier um ein Verstehen *oder* ein Funkzionieren handelt, muss man die Begriffe wie Funktion/Gebrauch und Verstehen vielleicht weiter und weniger als Gegensatzpaare fassen, wenn man über Mensch-Maschine-Kommunikation spricht: Understanding is doing. Wie weit diese perfekt gestaltete Schnittstelle nun negativ konnotiert eine „Vertrautheitsselbsttäuschung“ [22] oder doch das hermeneutische Medium zur Verständigung mit etwas ‚Fremden‘ ist, bleibt der Kompetenz des jeweiligen Users überlassen.

Um am Ende nochmals Hookway aufzugreifen, kann man sagen, dass auf der einen Seite die Benutzung eines Interfaces gleichbedeutend mit der Partizipation an Kultur ist, auf der anderen Seite ist das User-Subjekt immer auch Unter-Worfenes (*subicere*); es ist abhängig vom Output der Benutzeroberfläche, die das Interface ihm bereitstellt. Damit ist das Interface jedoch nicht einfach ein Objekt, sondern ein Effekt: Die Relation geht den Entitäten voraus. Der User erfährt seine Subjektivation erst durch diesen prozessualen Effekt eines Hindurch-Schreitens und Benutzens, erst hierdurch wird er User und Akteur. Wir haben es also beim Interface nicht mit einem harmlos neutralen Mittler zu tun, sondern selbst mit einem Agenten, der Sinn stiftet und so die Bedingung der Möglichkeit von Kommunikation zwischen zwei unterschiedlichen Systemkomponenten generiert, damit ist das Interface gleichzeitig Janus der Türöffner und Hermes der Nachrichtenbote: Beides – das sollte man mit bedenken – sind Götter in der antiken Mythologie.

Literatur

- [1] Ovid: Die Fasten, herausgegeben, übersetzt und kommentiert von Bömer F. Band I: Einleitung, Text und Übersetzung, Heidelberg, 1957, S. 67.
- [2] Thomson, J.: Notes and Queries – On Gases, Liquids, Fluids: Unpublished notes bearing on [chemist and physicist Thomas] Andrew's experiments, 10. Mai 1869, S. 327.
- [3] Flusser, V.: Für eine Philosophie der Fotografie, Göttingen, 1983, S. 8.
- [4] Hookway, B.: Interface, Cambridge, 2014, S. 15.
- [5] Vgl. Liggieri, K: Mensch-Maschine-Systeme. Das Wesen der Technik im arbeitswissenschaftlichen Milieu, in: M. Grandt und S. Schmerwitz (Hgg.): Der Mensch zwischen Automatisierung, Kompetenz und Verantwortung, (DGLR-Bericht 2014-01), Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V., Bonn, 2014, S. 17-30.
- [6] Flusser, V.: Vom Subjekt zum Projekt, Frankfurt a. M., 1998, S. 145.

- [7] Husserl, E: Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie. Zweites Buch, Hrsg. von Marly Biemel. Haag, 1952, S. 159.
- [8] Schleiermacher, F.: Hermeneutik und Kritik 1838, in: Ders.: Hermeneutik und Kritik, hrsg. von Manfred Frank, Frankfurt a. M., 1977, S. 69-306, hier S. 75.
- [9] Simondon, G.: Die Existenzweise technischer Objekte, Zürich, 2012, S. 124.
- [10] Shannon, C.: A Mathematical Theory of Communication, in: Reprinted with corrections from The Bell System Technical Journal, 27, 1948, S. 379-423, S. 623-656.
- [11] Steinbuch, K: Falsch programmiert. Über das Versagen unserer Gesellschaft in der Gegenwart und vor der Zukunft und was eigentlich geschehen müsste, Stuttgart, 1968, S. 146.
- [12] Vgl. Haraway, D.: Ein Manifest für Cyborgs. Feminismus im Streit mit den Technologieschaften", in: Dies. Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen, Frankfurt a. M., 1995, S. 33-72, hier S. 50, McCulloch, W: Warum der Geist im Kopf ist, 1951, in Ders., Verkörperungen des Geistes, Wien, 2000, S. 93-158, hier S. 94, sowie Ders. Durch die Höhle des Metaphysikers, 1948, in: Ders., Verkörperungen des Geistes, S. 67-80, hier S. 72.
- [13] Bernotat, R.: Das Forschungsinstitut für Anthropotechnik – Aufgaben, Methoden und Entwicklung, in: R. Bernotat, K.-P. Gärtner; H. Widdel (Hrsg.). Spektrum der Anthropotechnik. Beiträge zur Anpassung technischer Systeme an menschliche Leistungsbereiche, Meckenheim, 1987, S. 7-21.
- [14] Serres, M.: Der Parasit. Die fünf Sinne. Eine Philosophie der Gemenge und Gemische, Frankfurt a. M., 1993, S. 97.
- [15] Dzaack, J.: Analyse kognitiver Benutzermodelle für die Evaluation von Mensch-Maschine-Systemen, Düsseldorf DISS, 2008, S. III.
- [16] Sheridan, T. B.: Supervisory control, in: G. Salvendy (Hrsg.), Handbook of human factors, New York, 1997, S. 1295-1327.
- [17] Serres: Der Parasit, S. 346.
- [18] Licklider, J. C. R.: Man-Computer Symbiosis, in: Wardrip-Fruin, N.; Montfort, N. (Hrsg.), The New Media Reader, Cambridge, 2003, S. 74-82, hier: S. 74.
- [19] Meyer-Drawe, K.: Mein Leib als Schildwache. Merleau-Pontys Kritik am kybernetischen Mythos, in: R. Giuliani (Hrsg.): Merleau-Ponty und die Kulturwissenschaften. München, 2000, S. 227-242, hier: S. 230.
- [20] Dagonet, F: Faces, Surfaces, Interfaces, Paris, 1982, S. 49.
- [21] Bolz, N.: Das ABC der Medien, München, 2007, S. 108.
- [22] Schelsky, H.: Auf der Suche nach Wirklichkeit, Düsseldorf, 1965, S. 400.

2.5 The human in the loop – Konzeptualisierung hybrider Mensch-Maschine-Systeme

S. Buxbaum-Conradi, T. Redlich und J.-H. Branding

2.5.1 Einleitung

Der vorliegende explorative Abschnitt verfolgt das Ziel, die fortlaufende Verschmelzung von Menschen und technischen Elementen zu beschreiben und entsprechende konzeptuelle Gedanken abzuleiten. Der Fokus wird dabei sowohl auf die Formen möglicher Mensch-Maschine-Schnittstellen und die Multimodalität der Mensch-Maschine-Interaktion als auch auf die damit verbundene Verschiebung von Systemgrenzen gelegt. Wenn wir diesen kontinuierlichen Prozess der synthetischen Hybridisierung verstehen wollen, der auf unterschiedlichen Ebenen stattfindet und verschiedene wissenschaftliche Disziplinen umfasst, ist es notwendig eine stärker holistisch ausgerichtete, transdisziplinäre Perspektive einzunehmen. Sie ermöglicht, denkbare Interrelationen und Wechselwirkungen aufzudecken, zu verstehen und Synergien in Bezug auf das Design zukünftiger Maschinen herzustellen.

In der Entwicklung von technischen Unterstützungssystemen werden der Mensch und das technische Element (z.B. Maschine oder Werkzeug) oft als Teile zweier unterschiedlicher Systeme begriffen. Dieser Logik folgend, fokussiert der auf den Menschen zentrierte Design-Ansatz typischerweise die Frage, *wer* der Nutzer ist (ausgehend vom Individuum als sozio-kulturellem Akteur) anstatt sich damit auseinanderzusetzen, *was* der Nutzer ist (ausgehend vom Menschen als biologisches Wesen). Die steigende Konvergenz von Technologien unterschiedlicher Wissenschaftsfelder sowie Fortschritte in Bio-Engineering, Bio-Mechanik, Kognitions- und Neurowissenschaften, Genetik, Robotik und Nanotechnologie führen jedoch zu neuen Formen und Möglichkeiten von Mensch-Maschine-Interaktionen. Durch sich verschiebende Schnittstellen, bspw. deren Verortung innerhalb der menschlichen Physiologie [1, 2, 3], verschwimmen die Grenzen zwischen Mensch und Maschine deutlich stärker, als dies bei virtuellen, nach außen gelagerten Schnittstellen der Fall ist (z.B. Maus, 3D-Brille). Aktuelle Innovationen im Bereich multi-modaler Schnittstellen ändern daher die Formen der Zusammenarbeit und Interaktion zwischen Menschen und „Maschinen“ [4, 5], die sich in neuen Möglichkeiten in unterschiedlichen Anwendungsbereichen, wie tragbarer Technologien, stimmen- oder gesten-basierte Systeme [6] oder neuen Möglichkeiten in der Emotionsanalyse äußern.

Die erwähnte Fusion oder Verschmelzung kann auf zwei Ebenen beobachtet werden. Beruhend auf den Fortschritten des *ubiquitous computing* werden technische Artefakte komplexer und kombinieren als hybride, physio-kognitive Artefakte oder cyber-physische Systeme (beispielsweise autonome Fahrzeugsysteme, verteilte Robotik oder *smart grid*) materiell-physische sowie immaterielle Komponenten und Funktionen (z.B. Information, Wissen). Dieses Zusammenspiel zwischen materiellen und immateriellen Komponenten macht die Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen der technologischen, sozia-

len und anthropologischen Sphäre besonders deutlich. Information und Wissen sind immer an einen spezifischen sozio-kulturellen Kontext gebunden und dessen (De-)Kodifizierung hängt von der kognitiven Fähigkeit und dem Deutungshorizont des Senders und des Empfängers ab. Deshalb sind virtuelle Schnittstellen der Mensch-Maschinen-Interaktion im Wesentlichen Räume der Kommunikation. In diesem Sinne dienen Sprache und Zeichen als (zwischenengeschaltetes) Medium, um Kommunikation zu ermöglichen. Physische Mensch-Maschine-Schnittstellen stellen ebenfalls Kommunikationsräume dar, nur dass das Medium selbst sich verändert, da eine andere Art von Information übertragen wird (z.B. haptische, neuronale Informationen). Das ist der Bereich, in welchem der Mensch verstärkt auf einer physiologischen Ebene mit der Maschine verschmilzt. Diese steigende Konvergenz physiologischer, physischer, kognitiver und sozialer Aspekte wird in der neuen Generation multi-modaler Mensch-Maschine-Schnittstellen sichtbar [4]. Die Disziplin der Mensch-Maschine-Interaktion konzentriert ihre Aufmerksamkeit jedoch vorrangig auf Mensch-Computer-Interaktion [7, 8, 9] und entsprechend stärker auf kognitive als auf physiologische Aspekte [10]. Statt auf konzeptionellen und theoretischen Gedanken liegt der Fokus üblicherweise auf dem adäquaten Design von Schnittstellen, welche Interaktion bzw. Kommunikation zwischen der Entität der Maschine und der Entität des Menschen ermöglichen [11]. Aktuelle Modelle von Mensch-Maschine-Interaktion und -Integration beruhen zum Großteil auf Rechnerunterstützung und einer Auseinandersetzung mit Symbolen, Kognition und verwandten Disziplinen [12]. Physiologische Aspekte von Mensch-Maschine-Interaktion werden stärker im Feld von Ergonomie und Faktor Mensch (*Human Factors and Ergonomics*) behandelt [13, 14]. In der Biotechnologie, der Medizintechnik und der Neurobiologie werden physiologische und insbesondere neuronale Schnittstellen und Interaktionen untersucht [15, 16]. Die große Herausforderung für Ingenieure in diesem Kontext ist es, zwei Systeme unterschiedlicher Natur zu integrieren: das biologische System (Mensch) und das physio-kognitive System z.B. ein interaktives Artefakt [12].

Am Anfang dieses Abschnitts steht ein kurzer Überblick über die Evolution von Maschinen und der Mensch-Werkzeug- bzw. Mensch-Maschine-Interaktion. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf die steigende Verschmelzung von physischen, kognitiven und physiologischen Aspekten gelegt. Daran anknüpfend und basierend auf vorangegangenen theoretischen Überlegungen zu Wahrnehmung, Form, Varianten von Interaktionsmodalitäten, Aufgabenabhängigkeiten und verwandten Interaktionskreisläufen, verstehen wir Mensch-Maschine-Systeme begrifflich als aufgabenorientierte, verteilte, physio-kognitive Systeme.

2.5.2 Zur Evolution von Maschinen und Mensch-Werkzeug-Interaktion

“We use tools as naturally as our own body and build smartness in our tools to overcome our own shortcomings.” [17]

Der Begriff eines *technischen Unterstützungssystems* ist breit angelegt und kann je nach Perspektive unterschiedlich aufgefasst werden. Allgemein betrachtet, dienen alle jemals vom Menschen erfundenen Werkzeuge dazu, ihn bei der Erfüllung spezifischer Aufgaben

zu unterstützen. Anthropologen und Evolutionswissenschaftlern zufolge ist es die Fähigkeit Werkzeuge nicht nur zu nutzen sondern sie auch herzustellen, um sich den komplexen und ständig verändernden Bedingungen der Umwelt anzupassen, die uns maßgeblich von der Mehrzahl anderer Spezies unterscheidet. In vielen Fällen ersetzen unsere „Werkzeuge“ die Anwesenheit, Fertigkeiten und Fähigkeiten des Menschen sogar vollständig (z.B. in der Automatisierung der Fertigung oder Montage). Die steigende Konvergenz von Technologien unterschiedlicher Wissenschaftsfelder bringt jedoch eine neue Art von „Maschinen“ hervor, welche nicht den Zweck hat, den Menschen bei der Ausführung einer bestimmten Aufgabe zu ersetzen, sondern darauf abzielt, dessen kognitive und physikalische Fähigkeiten zu steigern. Dieses vergleichsweise neue Feld wird im englisch-sprachigen Raum als „human augmentation“ [18], „human enhancement“ [19] oder „human hybrid robot“ [21] bezeichnet.

Ein genauerer Blick auf die Evolution von menschlichen Werkzeugen zeigt eine signifikante Steigerung sowohl hinsichtlich ihrer Komplexität als auch der betroffenen Anwendungsbereiche (**Abb. 2.6**) bis zum heutigen Zeitpunkt, wo der Mensch mit seinen Werkzeugen (z.B. Maschinen) zunehmend zu verschmelzen scheint. Neben ethischen Fragen, welche, obwohl von zentraler Bedeutung in diesem Artikel nicht behandelt werden, ergeben sich daraus auch Fragen nach dem wissenschaftlichen Verständnis einer Maschine. Die Unübersichtlichkeit und Unschärfe die aus der Existenz vielfältiger, unterschiedlicher Begrifflichkeiten (Maschine, Roboter, Hilfsmittel, Mensch-Maschine-System, Human Hybrid Robot, augmented human etc.) und dem Mangel an angemessenen Taxonomien in diesem Feld resultieren, sind auch ein Zeichen für einen stattfindenden Paradigmenwandel, in welchem neue Terminologien und konzeptuelle Rahmen notwendig werden.

Entlang einer klassischen mechanischen Definition ist eine Maschine „a device capable of overcoming a resistance at one point by the application of a force at some other“ [22], oder spezifischer: „a combination of solid bodies, so arranged as to complete the mechanical forces of nature to perform work as a result of certain determinative movements“ [23]. Es ist jedoch von zentraler Bedeutung zu erkennen, dass das Technologische sich nicht auf das Mechanische beschränkt, auch wenn das die Form ist, die es im Rahmen der Cartesischen Physiologie einnimmt; eine Vorstellung die nach wie vor prägend ist für unser allgemeines Bild und Verständnis von einer Maschine im Gegensatz zu etwas Natürlichem, Organischen, etwas „Lebendigen“ [24]. In der historischen Betrachtung der Evolution von Technologie und Wissenschaft aus Sicht der Technikphilosophie wird deutlich, dass sich unser Verständnis änderte vom Mechanischen zum Elektrochemischen, von Automata zu Computern und von der Kybernetik hin zu modernen Informationssystemen [24, 25]. Die kognitive Verschränkung von Organismen und Maschinen wird anhand der engen Verflechtungen von Biologie und Informatik als auch von Physiologie und Elektronik sichtbar ganz besonders aber in der Herausbildung neuer Wissenschaftsdisziplinen wie Biomechanik, Bionik, Kybernetik, Mensch-Maschine-Interaktion oder Bioinformatik (**Abb. 2.6** stellt diese Entwicklung schematisch dar).

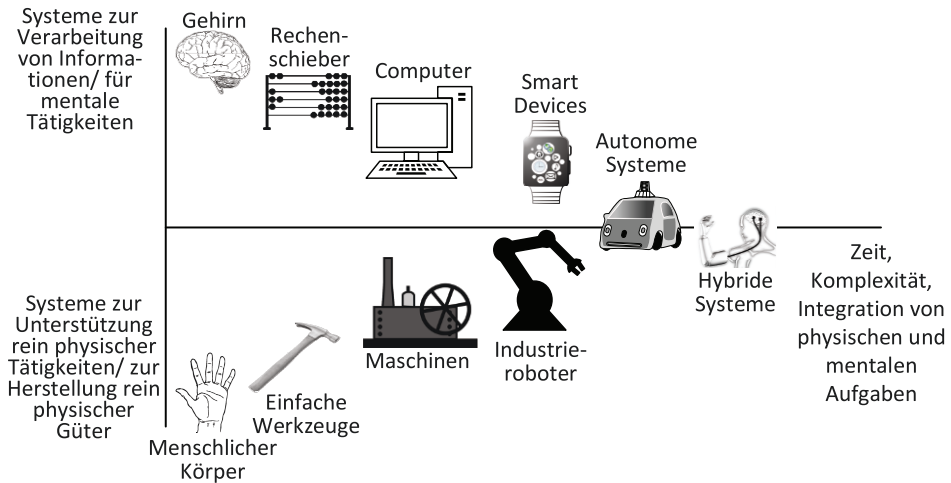


Abb. 2.6: Evolution technischer Unterstützungssysteme

Während zunächst stärker physische Aufgaben unterstützt wurden, rückt in jüngster Vergangenheit die Unterstützung kognitiver, mentaler Aufgaben stärker in den Vordergrund bis hin zu Maschinen, welche sowohl physische als auch mentale Aufgaben unterstützen. Festzuhalten ist, dass die Entwicklung unserer Werkzeuge hin zu „intelligenten“ Werkzeugen wesentlich stattfand ab dem Punkt, als eine direktive Aktion und eine bezugnehmende Reaktion zwischen der Entität Maschine und der Entität Mensch möglich wurde und umso mehr, als diese zu einer wechselseitigen Interaktion wurde (z.B. im Fall von Computern, Neuroprothesen, „smart“ devices etc.). In der aktuellen Epoche hat die metaphysische Verschmelzung zwischen dem Organismus und der Maschine eine neue spezifische Bandbreite an Konfigurationen erreicht [24]. Es ist eben diese Bandbreite an Konfigurationen, die von besonderem Interesse für die vorliegende Analyse ist und die in den vielfältigen Typen von Mensch-Maschine-Interaktionen und entsprechenden Mensch-Maschine-Schnittstellen sichtbar wird. Im Folgenden verstehen wir eine Maschine als physio-kognitives Artefakt auf unter Berücksichtigung sowohl der materiellen als auch der immateriellen (informationellen) Komponenten.

2.5.3 Konzeptueller Rahmen und begriffliche Bestimmung hybrider Mensch-Maschine-Systeme

Wie bereits herausgestellt wurde, ist die Gestaltung eines neuen epistemologischen Bezugssystems notwendig, welches den permanenten Prozess der synthetischen Hybridisierung einbezieht und die vielfältigen Möglichkeiten von Mensch-Maschine-Interaktionen und damit verbundenen Interaktionskreisläufen im Sinne des *human-in-the-loop* Gedanken spezifiziert. Dabei besteht die größte Herausforderung darin, zwei Systeme, die auf den ersten Blick sehr unterschiedlich erscheinen, miteinander zu verbinden: das biologische System (der Mensch) mit dem physio-kognitiven System (z.B. das interaktive Artefakt) [12]. Dieser Vorgang wirft unter Anderem Fragen danach auf, ob ein System als „offen“ oder „geschlossen“ aufgefasst wird, was in Anlehnung daran unter „internen“ und

„externen“ Systemelementen verstanden wird, und wie sich darauf aufbauend die Interaktion zwischen System und Umwelt gestaltet. Dementsprechend bezieht der nächste Abschnitt konzeptuelle Überlegungen zur Wahrnehmung (System und Umwelt) und zur Gestalt bzw. Form von Mensch-Maschine-Systemen ein. Nach einem kurzen Überblick über Varianten und Modi von Mensch-Maschine-Interaktionen wird ein konzeptueller Rahmen vorgestellt, innerhalb dessen Mensch-Maschine-Systeme als aufgabenorientierte, verteilte, physio-kognitive Systeme beschrieben werden.

Wahrnehmung

Aus phänomenologischer Perspektive betrachtet, liefert James Gibson, der visuelle Wahrnehmung studierte und den Ansatz der *ecological psychology* entwickelte, einen Ansatz zur Beziehung zwischen Mensch und Maschine (bzw. Werkzeugen) in seiner Arbeit zur Affordanz. Demnach ist den Merkmalen der Umwelt ein Aufforderungscharakter inhärent, der von einem Lebewesen für seine speziellen Bedürfnisse genutzt werden kann [26]. Am Beispiel eines Hammers erklärt er, dass dieser nur bei Benutzung zu einer Verlängerung der Hand wird, also zu einem Element welches vom Nutzer als Teil des Körpers wahrgenommen wird; im Gegensatz zum Hammer im *ungenutzten* Zustand, der aus der subjektiven Perspektive des Nutzers lediglich als Teil seiner Umgebung wahrgenommen wird [27]. Diese grundsätzliche Möglichkeit dem Körper etwas hinzuzufügen und dieses Element in die Wahrnehmung des Körperschemas einzubeziehen, stellt die generelle Annahme der Haut als fixe Grenze zwischen Mensch und Umwelt infrage. Vielmehr verschieben sich die Grenzen in Abhängigkeit der Affordanz oder dem Aufforderungscharakter eines Artefakts oder in anderen Worten in Abhängigkeit der zu erfüllenden Aufgabe und dem Zweck der Interaktion. Aktuelle neurowissenschaftliche Studien belegen diese Hypothese in Experimenten mit Makaken: Neuronen, die ein- und ausgehende Informationen verarbeiten, unterscheiden nicht zwischen Hand und Werkzeug. Solange das Werkzeug in Gebrauch ist, wird es vollständig in das Körperschema (also die Wahrnehmung unseres Körpers) integriert. Derselbe Effekt wurde in Experimenten mit Affen beobachtet, die nicht mit einem realen Werkzeug sondern einer virtuellen Realität (z.B. einem virtuellen Werkzeug) konfrontiert wurden. Der Grund für diese schnelle Assimilation in das Körperschema liegt in statistischen Gesetzmäßigkeiten der Interaktion begründet [28, 29]. Die Muskelkontraktion, die beispielsweise für das Heben der Hand notwendig ist, wird unmittelbar im Moment der Bewegung reflektiert. Sie erzeugt die Bewegung des Werkzeugs, wobei dieselbe Muskelkontraktion stets in derselben Handbewegung und derselben Bewegung des Werkzeugs resultiert. Diese statistische Regelmäßigkeit (oder Kontinuität der Interaktion) führt also dazu, dass wir das Werkzeug als Teil unseres Körpers wahrnehmen [28]. Die Fähigkeit zur Inklusion „externer“ physischer als auch virtueller Artefakte in die Wahrnehmung unseres Körperschemas ist von essenzieller Bedeutung für die Konzeption eines Mensch-Maschine-Systems. Die Anwendung des Affordanz-Ansatzes auf den Designprozess (wie z.B. von Norman [8], und Maier et al. [30, 31] durchgeführt) bedeutet, dass das Artefakt Merkmale aufweisen muss, die für das Verhalten/die Perfor-

mance des Nutzers zweckdienlich sind und (ohne großen Aufwand) direkt wahrgenommen werden können. Integriert in den Designprozess ist der Affordanz-Ansatz daher als komplementäre Beziehung zwischen zwei separaten Systemen zu verstehen [30, 31]. Allerdings zeigt das Beispiel auch, dass – obwohl das Werkzeug als Teil des Körperschemas wahrgenommen wird – die Mensch-Maschine-Schnittstelle selbst außerhalb der Physiologie des menschlichen Körpers liegt und die Haut lediglich berührt. Anders ist das bei Neuroprothesen oder Gehirn-Computer-Schnittstellen, innerhalb derer sich die Mensch-Maschine-Schnittstelle in die Physiologie des menschlichen Körpers verschiebt. In Anbetracht der direkten Verbindung und Interaktion mit dem neuronalen System wird die Frage danach, ob das Werkzeug als Teil des menschlichen Körpers wahrgenommen wird, obsolet. Der Unterschied besteht vielmehr darin, dass der eigentliche Prozess der Mensch-Maschine-Interaktion durch den Menschen nicht bewusst wahrgenommen und reflektiert werden kann.

Die Überlegungen zeigen, dass sich Mensch-Maschine-Schnittstellen und Systemgrenzen verschieben und auf neue Weise miteinander kombiniert werden können. Sie können innerhalb der menschlichen Physiologie verortet sein, an sie angefügt oder außerhalb in Form loser Verkoppelung über die kognitive Integration in das Körperschema. Darüber hinaus bleibt festzustellen, dass sich klassische Designansätze in der Regel auf abstrakte (System-)funktionen konzentrieren, welche die konkrete Interaktion zwischen Nutzer und Artefakt nicht berücksichtigen. Für die Entwicklung ergonomischer oder hybrider physio-kognitiver Artefakte ist dieser Aspekt jedoch von entscheidender Bedeutung [8, 32, 33].

Form

Im Rahmen der Konstruktion und Entwicklung einer Maschine, insbesondere im speziellen Fall eines aufgabenorientierten, technischen Unterstützungssystems, treten bezüglich ihrer Gestalt und Form häufig Fragen des Anthropomorphismus auf. Die Attribuierung menschlicher Züge und Merkmale (z.B. Aussehen, Verhalten) ist eng verbunden mit Fragen nach der individuellen und sozialen Akzeptanz von Maschinen, einem Gebiet mit dem sich insbesondere die Robotik, die Forschung zu künstlicher Intelligenz und verwandte psychologische Disziplinen beschäftigen. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt in den meisten Fällen sowohl auf der Form als auch auf dem menschlichen Verhalten, welches durch die Maschine nachgeahmt werden soll. Demzufolge wäre die Humanisierung von Maschinen eine logische Konsequenz, sofern eine Entwicklung individuell und sozial akzeptierter Maschinen angestrebt wird. Es kann jedoch nicht angenommen werden kann, dass eine anthropomorphe Form oder anthropomorphes Verhalten einer Maschine effizienter in ihrer Performance ist, da die menschlichen Fähigkeiten und Sinne durchaus begrenzt sind (beispielsweise können wir keinen Ultraschall wahrnehmen, keine komplexen Rechenoperationen ohne Hilfsmittel durchführen etc.).

Descartes, Locke und James – als Vertreter einer dualistisch angelegten philosophischen Strömung, die als „Interaktionismus“ bezeichnet wird – gingen davon aus, dass die Interaktion zwischen Mensch und künstlicher Entität (d.h. dem Artefakt) viele der Eigenschaften hervorbringt, die wir als „menschliche Natur“ ansehen [35, 36]. Da wir also grund-

sätzlich dazu neigen, eine künstliche Entität entsprechend unseres (eingeschränkten) Bezugssystems zu interpretieren, tendieren wir stets auch zum Anthropomorphismus [37]. Uns sollte jedoch bewusst sein, dass jegliche Form der Mensch-Maschine-Interaktion durch die Anatomie des menschlichen Körpers und seiner sensorischen, kognitiven, skeletto-muskulären und endokrinen Systeme determiniert ist. Wenn in Anlehnung an das im vorangegangenen Abschnitt dargestellte Konzept Gibsons davon ausgegangen wird, dass Affordanz als komplementäre Beziehung zwischen zwei verschiedenen Systemen anzusehen ist, dann muss mindestens *ein* gemeinsamer Interaktionskanal zwischen beiden Systemen vorhanden sein. Aus dieser Perspektive ist Anthropomorphismus unvermeidlich, obwohl andere Mechanismen theoretisch denkbar sind, jedoch wäre eine Interaktion vermutlich nicht möglich aufgrund des Fehlens gemeinsamer Interaktionskanäle. Daher ist das vorherrschende anthropozentrische Design-Paradigma eine logische Konsequenz der Tatsache, dass jegliche Form der Mensch-Maschine-Interaktion grundsätzlich anthropomorph ist. Neuroprothesen und damit verbundene Gehirn-Computer-Schnittstellen sind nur möglich, weil die „Maschine“ dazu in der Lage ist, die über das menschliche neuronale System übertragene Information zu decodieren bzw. Impulse zu geben, welche das neuronale System des Menschen übertragen kann. Visuelle, grafische Computer-Schnittstellen sind nur möglich, weil der zugrunde liegende numerische Code in eine Sprache übersetzt wird, die von einer großen Anzahl von Menschen decodiert und verarbeitet werden kann. Ein Exoskelett funktioniert nur, wenn der Computer in der Lage ist, die Ergebnisse der neuronalen Aktivität, die sich aus den Gedanken eines Individuums über die Bewegung seines Beines ergeben, zu entschlüsseln und weiter zu verarbeiten. Auch wenn wir die menschlichen Fähigkeiten steigern können bspw. durch die Verteilung von Wissen und Informationen auf externe Speicher, das Hervorbringen virtueller Realitäten zur Problemlösung und seine physiologischen Fähigkeiten erweitern können (z.B. durch Exoskelette und dazugehörige Technologien), ist die Mensch-Maschine-Interaktion immer durch die Grenzen der menschlichen Anatomie und ihre sensomotorischen Kapazitäten determiniert. Anthropomorphismus stellt daher eine notwendige Bedingung für die Gestaltung von Mensch-Maschine-Interaktionen und –Schnittstellen dar, weil er der Interaktion als solches inhärent ist. Wohingegen die „Vertrautheit“ im Hinblick auf anthropomorphe Gestalt, Eigenschaften und Verhaltensformen eine erstrebenswerte, jedoch keine obligatorische Bedingung ist.

Für die folgenden Abschnitte bleibt festzuhalten, dass der Mensch die Fähigkeit besitzt externe physische Artefakte in die Wahrnehmung des Körperschemas genauso einzubinden wie virtuelle Artefakte und dass es in diesem Zusammenhang auf die komplementäre Beziehung bzw. die komplementären Eigenschaften zwischen zwei separaten Systemen (z.B. das menschliche skeletto-muskuläre System und die Materialhärte und Festigkeit des Hammers) ankommt. Darüber hinaus wurde in diesem Abschnitt festgestellt, dass Mensch-Maschine-Interaktion per se anthropomorph ist. Im Folgenden Abschnitt werden unterschiedliche Formen und Möglichkeiten der Mensch-Umwelt bzw. Mensch-Maschine-Interaktion skizziert.

Modalitäten und Formen von Mensch-Maschine-Interaktion

In der Interaktion mit ihrer Umwelt setzen Menschen multi-modale, sensomotorische Stimuli und Kombinationen davon ein. Diese umfassen Sehvermögen, vestibuläre Wahrnehmung, Propriozeption, Hörvermögen, Tastsinn, Geschmack und Geruch [38]. Die menschlichen Sinne bilden dabei jene Schnittstelle, die die Interaktion mit der Umwelt ermöglicht. Im Gegensatz zu einem mono-direktionalen Kausaleffekt, bezeichnet *Interaktion* einen Prozess, der sich in aufeinander bezogenen, wechselseitigen Effekten zweier oder mehrerer Objekte widerspiegelt. Diese eher breite Definition von Interaktion berücksichtigt sowohl physiologisch-technische als auch soziale Interaktion und eignet sich daher dafür, unterschiedliche Formen von Mensch-Maschine-Interaktionen einzubeziehen.

Die „klassischen“ menschlichen Sinne umfassen Seh- und, Hörvermögen, Geschmacks- und Geruchssinn sowie die Somatosensorik. Darüber hinaus wurden weitere Sinne entdeckt und analysiert, wie z.B. der Gleichgewichtssinn (vestibuläre Sinne), Thermorezeption, Propriozeption, Nozizeption (z.B. Schmerz), Chronorezeption (Wahrnehmung von Zeit) [39]. Davon sind einige multi-modale Kombinationen existierender Formen, andere hingegen stehen nicht in Beziehung zu Sinnesorganen, wie beispielsweise die Chronorezeption. Grundsätzlich bezieht sich Exterozeption (Außenwahrnehmung) im Wesentlichen auf die außenliegende Umwelt und Interozeption auf die Wahrnehmung interner Vorgänge des Körpers (z.B. Wahrnehmung von Hunger) [40]. Es handelt sich in beiden Fällen um Interaktionskanäle, die entweder nach innen oder nach außen gerichtet sind.

Die skizzierte multi-modale Interaktion des Menschen mit der ihn umgebenden Umwelt spiegelt sich zunehmend in multi-modalen Mensch-Maschine-Schnittstellen, z.B. in haptischen, visuellen, auditiven und haptisch-ostensiven Schnittstellen sowie damit verbundenen Technologien wieder [41, 42, 43]. Die meisten dieser Technologien konzentrieren sich bis heute auf die fünf klassischen Sinne der Exterozeption. Eine Ausnahme bilden die Gehirn-Computer-Schnittstellen [20, 16] beispielsweise in Exoskeletten [44] oder Neuroprothesen [3]. In ihnen offenbart sich das Potenzial zur Untersuchung und stärkeren Berücksichtigung interozeptiver Interaktionskanäle.

Dieser kurze Überblick zeigt, dass Mensch-Maschine-Interaktion nicht nur in zunehmendem Maße multi-modal ist sondern sich Schnittstellen innerhalb der menschlichen Physiologie verschieben und dadurch neue Interaktionskanäle denkbar werden.

2.5.4 Hybride Mensch-Maschine Systeme als aufgabenzentrierte, verteilte, physiokognitive Systeme

Wie bereits angeführt wurde, berücksichtigen „klassische“ Designansätze, die sich in der Regel auf abstrakte Systemfunktionen beziehen, die konkrete Interaktion zwischen Nutzer und Artefakt gar nicht oder nur unzureichend. Im Forschungsfeld der Mensch-Maschine-Interaktion und der Robotik wird das Mensch-Maschine-System definiert als die Beziehung beobachtbarer, messbarer Prozesse, die während der Erfüllung bewusst kontrollierter (vorgegebener oder frei gewählter) Aufgaben in der Nutzung von Maschinen entstehen. Dementsprechend bestehen Mensch-Maschine-Systeme aus mindestens zwei Komponenten: dem menschlichen Agenten und der genutzten Maschine [45, 46]. Aus einer anderen Perspektive betrachtet, bestehen sie aus zwei verschiedenen Systemen, die bedingt durch

ihre komplementäre Beziehung zueinander in Verbindung stehen. Im Rahmen des Designs von Mensch-Maschine-Systemen werden die zu erfüllenden Aufgaben, Aufgabenhierarchien und -wechselwirkungen analysiert, um die Systemperformance zu beschreiben und vorherzusagen. An dieser Stelle ist jedoch nur festzuhalten, dass die gemeinsame Aufgabe die Grenzen des Mensch-Maschine Systems determiniert. Eine ausführliche Auseinandersetzung mit Verfahren der Aufgabenanalyse (task analysis) findet sich beispielsweise bei Hollnagel [47]. Eine auf den Affordanz-Ansatz von Gibson bezogenes Verfahren wurde z.B. von Morineau beschrieben [32].

Bezugnehmend auf die oben eingeführte Definition von Mensch-Maschine-Systemen ist festzustellen, dass eine *bewusste Kontrolle* (durch den Menschen) vorausgesetzt wird. Dadurch werden neuronale Schnittstellen aus der Definition ausgeschlossen und die Mensch-Maschine-Interaktion weitestgehend auf grafische oder auditive Nutzer-Schnittstellen reduziert. Aus diesem Grund beabsichtigen wir die Herleitung einer breiteren Definition von Mensch-Maschine-Systemen, um verschiedene Formen von Mensch-Maschine- und Mensch-Werkzeug-Interaktion erklären und integrieren zu können.

Systemdefinition

Ausgehend von Erkenntnissen aus den Kognitionswissenschaften (insbesondere dem Gebiet der verteilten Kognition und der ökologischen Psychologie), den Computerwissenschaften sowie Erkenntnissen aus dem Bereich Menschliche Faktoren und Ergonomie (engl. HFE) leiten wir eine Definition so genannter **aufgabenzentrierter, verteilter, physio-kognitiver Systeme (AVPKS)** her. AVPKS sind Systeme, die aus physiologischen, physischen sowie kognitiven Komponenten bestehen. Sie sind insofern als „verteilt“ zu bezeichnen, als sie über mehr als eine Entität (z.B. den Menschen und das Artefakt) verbreitet sind. Mit dem gemeinsamen Ziel eine spezifische Aufgabe auszuführen, sind sie über die Realisierung mindestens einer gemeinsamen Aufgabe und über mindestens einen gemeinsamen Interaktionskanal miteinander verbunden. Wenn wir den Menschen und das (interaktive) Artefakt als ein System betrachten und annehmen, dass jedes System zur Erfüllung mindestens eines gemeinsamen Zwecks existiert (z.B. Heben eines schweren Gewichts, Zeichnen einer Ellipse in Hypergravitation) so konstituiert die gemeinsame Aufgabe nicht nur den Systemzweck sondern definiert gleichzeitig die Systemgrenzen.

Relevante Sub-Systeme

Um Komplexität zu reduzieren und eine holistische Perspektive zu ermöglichen, wird die Darstellung von Sub-Systemen vereinfacht, indem interne Wechselwirkungen nicht betrachtet werden. Es wird zwischen menschenbezogenen Subsystemen und maschinen- oder werkzeugbezogenen Subsystemen unterschieden. Menschenbezogene Subsysteme umfassen das Sensorsystem (Exterozeption und Interozeption), das kognitive System (d.h. das Gehirn), das skeletto-muskuläre und das endokrine System (d.h. das Hormonsystem). Maschinenbezogene Systeme bestehen aus einem ausführenden System, das entweder eine Bewegung oder Handlung ausführt (basierend auf der Interpretation eines Impulses) oder eine Darstellung liefert (basierend auf der Übersetzung einer Information/eines Impulses in eine visuelle oder auditive Form, die der Mensch wahrnehmen/dekodieren kann),

einem Informationssystem (Informationsverarbeitung und -speicherung, Logiksystem, Regelbasen für Entscheidungsprozesse) und einem Sensorsystem. Die zentrale Frage lautet nun, welche der menschlichen und maschinell-künstlichen Subsysteme bei der Ausführung spezifischer Aufgaben miteinander interagieren?

Interdependenzen und Interaktionsschleifen

Im Forschungsfeld der Mensch-Computer-Interaktion wird der Begriff der Interaktionsschleife (engl. *loop*) als Fluss von Informationen zwischen Mensch und Computer definiert [48]. Die Idee der Interaktionsschleife ist jedoch nicht auf Mensch-Computer-Interaktionen allein begrenzt. Sie kann auf die Mensch-Maschine- bzw. die Mensch-Werkzeug-Interaktion im Allgemeinen übertragen werden, vor allem vor dem Hintergrund, dass physische Artefakte zunehmend Informationssysteme enthalten. **Abb. 2.7** zeigt Interaktionsschleifen in verschiedenen AVPKS. Sie zeigen die variierenden Positionen von Schnittstellen (innerhalb – aufgesetzt – außerhalb) ebenso wie die Art und Weise der Interaktion verschiedener Subsysteme.

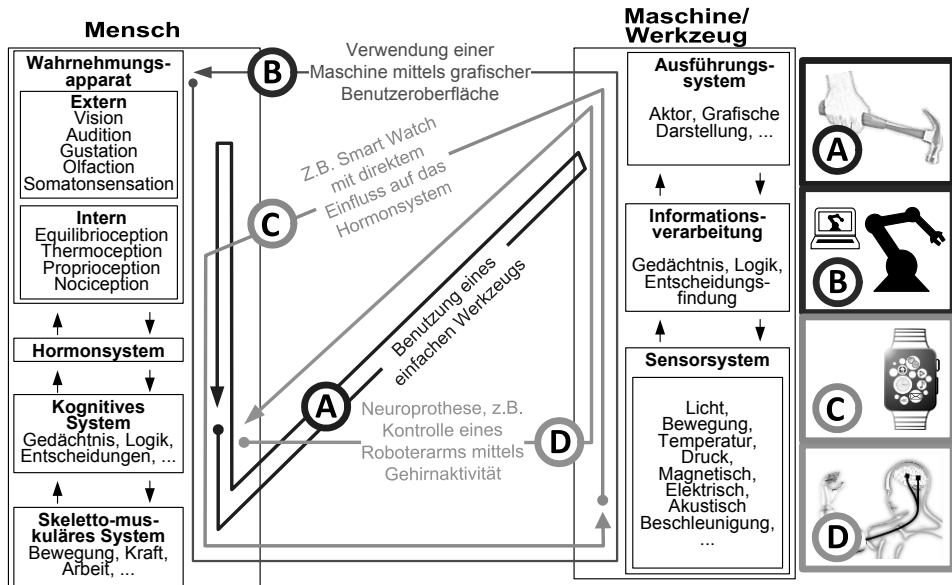


Abb. 2.7: Interaktionsschleifen und sich verschiebende Mensch-Maschine-Schnittstellen in aufgabenzentrierten, verteilten, physio-kognitiven Systemen

In der Interaktionsschleife A wird der Gebrauch des Werkzeugs (Hammer) durch den Agenten bewusst initiiert (kognitives System). Dies führt zur Bewegung der Hand und im weiteren Verlauf zur Bewegung des Werkzeugs (skeletto-muskuläres System). Aufgrund der zuvor beschriebenen statistischen Gesetzmäßigkeiten und der daraus resultierenden Kontinuität der Interaktion wird in diesem Fall das externe Werkzeug vom Nutzer als Teil des Körperschemas und entsprechend als eine Art Erweiterung des Körpers wahrgenommen (kognitives System).

Die Interaktionsschleife B beschreibt die Mensch-Maschine-Interaktion durch grafische Nutzerschnittstellen (graphical user interfaces/GUI) und/oder auditive Schnittstellen (voice user interfaces/VUI). Auf Basis der visuellen oder auditiven Wahrnehmung der Tätigkeit einer Maschine, die auf der GUI oder VUI durch das ausführende System repräsentiert wird, z.B. in Form eines Fehlerreports, wird die Information durch das kognitive System des Menschen verarbeitet und dient als Grundlage für Entscheidungsfindungsprozesse. Die Entscheidung wird dann durch Eingabe von Befehlen über eine haptisch-ostensive Schnittstelle wie bspw. durch Maus oder Tastatur (skeletto-muskuläres System und sensorisches System) an die Maschine transferiert. Der darauf folgende Informationsverarbeitungsprozess innerhalb der Maschine (Informationssystem) erfolgt in einer Aktion, die von der Maschine ausgeführt wird. Diese Aktion wird wiederum vom menschlichen Kognitionsapparat interpretiert und übersetzt.

Die Interaktionsschleife C skizziert ein bislang fiktives Beispiel einer *smart watch* (oder eines vergleichbaren, tragbaren Gerätes), die beispielsweise ermittelt, wann die Obergrenze des Blutzuckerspiegels eines Diabetespatienten erreicht ist (Sensorsystem der Maschine) und sich dann entweder erwärmt oder aber die Ausschüttung von Hormonen durch den direkten Einfluss auf das endokrine System initiiert, indem beispielsweise Botenstoffe ausgeschüttet werden, die den Appetit auf kohlehydratreiche Ernährung reduzieren.

Die Interaktionsschleife D zeigt einen Menschen, der seine Motor-Neuroprothese in Form eines verlängerten Roboterarms über Elektroden in seinem Gehirn (kognitives System) steuert. Der Informationsverarbeitungsprozess wie auch die Regulierung der elektrischen und neuronalen Signale findet dabei nicht im Gehirn statt sondern in einem externen Prozessor (Informationssystem), welcher simultan den Roboterarm (ausführendes System) steuert.

Die aufgeführten Beispiele zeigen, wie vielseitig Mensch-Maschine- oder Mensch-Werkzeug-Interaktion ist und wie der Mensch nicht nur kognitiv, sondern auch physiologisch mit dem Artefakt in entweder loser (Beispiel A) oder eng gekoppelter Verbindung steht (Beispiel D).

2.5.5 Fazit und Ausblick

Sowohl aus der Kombination verschiedener Interaktionsformen, -typen und -kanäle als auch der Kombination interner, aufgesetzter und externer Schnittstellen erwachsen neue Möglichkeiten für das Design hybrider Mensch-Maschine-Systeme. Der vorgestellte konzeptionelle Rahmen liefert einen holistischen Überblick, der Entwicklern bei der Suche nach neuen Kombinationen und Wegen unterstützen soll, indem Analysen aufgabenzentrierter Interaktionsschleifen durchgeführt werden, die sich auf das Affordanz-Konzept stützen (z.B. komplementäre Eigenschaften verschiedener Systeme). Für Ingenieure besteht die große Herausforderung in der Integration dieser multi-modalen Interaktionsformen und -schnittstellen. Die neuen Möglichkeiten, die multi-modalen Mensch-Maschine-Schnittstellen bieten, bringen Herausforderungen in den folgenden vier Feldern mit sich: die Integration von Mensch-Maschine-Systemen (Systembiologie, ingenieurwissenschaftliche Systemintegration, integrative Psychologie), Epistemologie und MMI-Modellierung, Sicherheit (Systemkontrolle, numerische Modellierung) [12] und schließlich im

Bereich der Ethik, Technikfolgeabschätzung und Akzeptanzforschung. Die Kopplung multi-modaler Schnittstellen in AVPKS findet auf unterschiedlichen Ebenen statt und impliziert physiologisch/biologisches Koppeln (z.B. beinhaltet eine sensor-motorische Kopplung, die Transformation sensorischer Koordinaten in motorische Koordinaten), genauso wie die Herstellung logischer und informationeller Verknüpfungen (z.B. hinsichtlich der Wahl des logischen Referenz- oder „Wissenssystems“). Schnittstellen bedürfen einer Integration in die Dynamik menschlichen Handelns und Verhaltens, seine Kognition, Sensomotorik und Emotionen und dementsprechend in die strukturelle und funktionale Organisation des Körpers. In diesem Sinne, sollten wir uns bei der Entwicklung zukünftiger Maschinen und Mensch-Maschine-Schnittstellen stets beides fragen: *wer* und *was* ist der Nutzer.

Literatur

- [1] Wolpaw, J. R.; Birbaumer, N.; McFarland, D. J.; Pfurtscheller, G.; Vaughan, T. M.: Brain-computer interfaces for communication and control, in: *Clinical Neurophysiology*, Elsevier Science, Amsterdam, 2002, S. 767-791.
- [2] Vallabhaneni, A.; Wang, T.; He, B.: Brain-Computer Interface, in: *Neural Engineering*, Springer US, 2005, S. 85-121.
- [3] De Mauro, A.; Carrasco, E.; Oyarzun, D.; Ardanza, A.; Frizera-neto, A.; Torricelli, D.; Pons, J. L.; Agudo, A.G.; Florez, J.: Advanced Hybrid Technology for Neurorehabilitation: The HYPER Project, in: *Advances in Robotics & Virtual Reality*, Hrsg.: Gulrez, T. und Hassanien, A. E., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012, S. 89-108.
- [4] Kraiss, K.-F.: *Advanced Man-Machine Interaction. Fundamentals and Implementation*, Springer, Berlin Heidelberg, 2006.
- [5] Großhauser, T.; Hermann, T.: Multimodal closed-loop human machine interaction, in: *Proceedings of ISON 2010, 3rd Interactive Sonification Workshop*, KTH, Stockholm, 2010.
- [6] Karpouzis, K.; Raouzaoui, A.; Drosopoulos, A.; Ioannou, S.; Balomenos, T.; Tsapatsoulis; Kollias, S.: Facial Expression and Gesture Analysis for Emotionally-Rich Man-Machine Interaction, in: *3D Modeling and Animation: Synthesis and Analysis Techniques for the Human Body*, Hershey, 2004, S. 175-200.
- [7] Norman, D. A.: Stages and levels in human-machine interaction, in: *International Journal Man-Machine Studies*, Academic Press, London, 1984, S. 365-375.
- [8] Norman, D. A.: *Psychology of Everyday Things*, Basic Books, New York, 1988.
- [9] Zhang, J.; Norman, D. A.: Representations in Distributed Cognitive Tasks, in: *Cognitive Science Journal*, Elsevier, New York, 1994, S. 87-122.
- [10] Wright, P. C.; Fiels, R. E.; Harrison, M. D.: Analyzing human-machine interaction as distributed cognition: The resources model, in: *Human-Computer Interaction*, Philadelphia, 2000, S. 1-4.
- [11] Boy, G. A.: *Orchestrating Human-Centered Design*, Springer, London, 2013.

- [12] Fass, D.: Augmented human engineering: a theoretical and experimental approach to human system integration, in: *System Engineering – Practice and Theory*, Hrsg.: Cogan, B., Intech - Open Access Publisher, Rijeka, Croatia, 2012.
- [13] Meister, D.: *The History of Human Factors and Ergonomics*, Taylor and Francis, Hoboken, 1999.
- [14] Karwowski, W.: *Ergonomics and Human Factors: The paradigms for Science, Engineering, Design, Technology, and Management of Human-Compatible Systems*, in: *Ergonomics*, London, 2005, S. 436-463.
- [15] Kumar, S.; Marescaux, J.: *Telesurgery*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- [16] Human enhancement and the future of work, Report from a joint workshop hosted by the Academy of Medical Sciences, the British Academy, the Royal Academy, 2012.
- [17] <https://speakerdeck.com/maebert/what-philosophy-and-neuroscience-can-teach-us-about-ux-design> (Zugang Juni 2015).
- [18] Engelbart, D. C.: *Augmenting human intellect: a conceptual framework*, AFOSR-3233 Summary Report, Stanford Research Institute, Menlo Park, 1962.
- [19] Brey, P.: *Human Enhancement and Personal Identity*, *New Waves in Philosophy of Technology*, Ed. Berg Olsen, J.; Selinger, E.; and Riis, S.; Palgrave, New York, 2008, S. 169-185.
- [20] Eckhardt, A.; Bachmann, A.; Marti, M.; Bernhard, R.; Telser, H.: *Human Enhancement*, vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 2011.
- [21] Weidner, R.; Kong, N.; Wulfsberg, J. P.: *Human Hybrid Robot: a new concept for supporting manual assembly tasks*, in: *Production Engineering* 7(6), 2013, S. 675-684.
- [22] *Dictionary of Science and Technology*, Barnes and Noble, New York, 1971.
- [23] Strandh, S.: *A history of the machine*, A&W Publishers, New York, 1979.
- [24] Vaccari, A.: *The body made machine*, in: *The Flesh Made Text: Bodies, Theories, Cultures in the Post-Millennial Era*, Thessaloniki, Greece, 2003.
- [25] Reuleaux, F.: *The kinematics of machinery. Outlines of a Theory of Machines*, Dover Publications, New York, 2012.
- [26] Gibson, J. J.: *The Ecological Approach to Visual Perception*, Houghton Mifflin, Boston, 1979.
- [27] Gibson, J. J.: *The Theory of Affordances*, in: *Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology*, Hrsg., Shaw, R. and Bransford, J., Lawrence Erlbaum, New York, 1977, S. 67-82.
- [28] Maravita A.; Iriki, A.: *Tools for the body (schema)*, in: *Trends in Cognitive Science*, Elsevier, Philadelphia, 2004, S. 79-86.
- [29] Iriki, A.: *The neural origins and implications of imitation, mirror neurons and tool use*, in: *Current Opinion in Neurobiology*, Elsevier, Philadelphia, 2006, S. 660-667.
- [30] Maier, J. R. A.; Ezhilan, T.; Fadel, G. M.: *The affordance structure matrix – a concept exploration and attention directing tool for affordance based design*, in: *ASME Conference on Design Theory and Methodology*, Las Vegas, 2007.

- [31] Maier, J. R. A.; Fadel, G. M.: An affordance-based approach to architectural theory, design, and practice, *Design Studies*, Elsevier, 2009, S. 393-414.
- [32] Morineau, T.: Turing machine task analysis: a method for modelling affordances in the design process, *International Journal of Design Engineering*, 2011, S. 58-70.
- [33] Galvao, A. B.; Sato, K.: Affordances in product architecture: linking technical functions and users' tasks, in: *Proceedings of IDETC/CIE*, Long Beach, Ca, USA, 24.-28. September, 2005.
- [34] Duffy, B. R.: Anthropomorphism and The Social Robot, in: *Special Issue on Socially Interactive Robots*, *Robotics and Autonomous Systems*, 2003, S. 170-190.
- [35] Descartes, R.: *Discourse on Method and Meditations on First Philosophy*, Cambridge Hackett Publishing, Indianapolis, 3. Ausgabe, 1993.
- [36] Duffy, B. R.; O'Hare, G.; Bradley, J. F.; Martin, A. N.; Schoen, B.: Future reasoning machines: mind and body, in: *Kybernetes*, Ausgabe. 34, 2009, S. 1404-1420.
- [37] Dennett, D.: *The Intentional Stance*, MIT Press, Cambridge, 1993.
- [38] Sporns, O.; Edelman G.: Bernstein's dynamic view of the brain: the current problems of modern neurophysiology (1945), in: *Motor Control*, 1998, S. 283-305.
- [39] Rao, S. M.; Mayer, A. R.; Harrington D. L.: The evolution of brain activation during temporal processing, in: *Nat. Neurocience*, Ausgabe 4 (3), 2001, S. 317-323.
- [40] Craig, A. D.: Interoception: the sense of the physiological condition of the body, in: *Current Opinions in Neurobiology*, Ausgabe 13 (4), 2003, S. 500-505.
- [41] Schlömer, T.; Poppinga, B.; Henze, N.; Boll, S.: Gesture Recognition with a Wii Controller, in: *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*, ACM, New York, 2008, S. 11-14.
- [42] Giuliani, M.; Foster, M. E.; Isard, A.; Matheson, C.; Oberlander, J.; Knoll, A.: *Situated Reference in a Hybrid Human-Robot Interaction System*, INGL, Trim, 2010.
- [43] Dorau, R.: *Emotionales Interaktionsdesign Gesten und Mimik interaktiver Systeme*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011.
- [44] Kazerooni, H.: Exoskeletons for Human Power Augmentation, in: *International Conference on Intelligent Robots and Systems*, IEEE, 2005, S. 3120-3125.
- [45] Sheridan, T. B.; Ferrell, W. R.: *Man-Machine Systems: Information, Control, and Decision Models of Human Performance*, MIT Press, Cambridge, 1974.
- [46] Salvendy, G. (Hrsg.): *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New York, 2012.
- [47] Hollnagel, E.: Task Analysis: Why, what, and how?, in: *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, Hrsg.: Salvendy, G., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New York, 2012, S. 385-396.
- [48] Newell, A.; Simon, H. A.: *Human Problem Solving*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York, 1972.

2.6 Grundlagen einer Theorie und Klassifikation technischer Unterstützung

A. Karafillidis und R. Weidner

2.6.1 Einleitung: Die Heterogenität von Unterstützung

In den letzten Jahren ist eine Vielzahl von unterschiedlichen technischen Systemen entwickelt worden, um Menschen in verschiedenen Situationen des Alltags- und Berufslebens zu unterstützen. Entsprechend ist die Rede von Hilfsmitteln, Unterstützungs- oder Assistenzsystemen. Neben den bereits seit geraumer Zeit vorhandenen Expertensystemen zur Unterstützung von Entscheidungen [1] zählen aktuell hierzu unter anderem automatisierte Systeme mit Industrierobotern [2], Formen der Mensch-Maschine Kooperation, wie z.B. roboterbasierte Schweißsysteme [3], Roboter für den Pflegebereich [4], Exoskelette zur Rehabilitation [5] oder für militärische Anwendungen [6], Hebehilfen [7], elektrische Fahrräder [8], intelligente, elektrische Zahnbürsten [9], verschiedene Prothesen (z.B. für eine Hand [10]) sowie Apps oder webbasierte Navigationssysteme wie Google Maps. Die durch solche und weitere Anwendungen erbrachte Unterstützung bezieht sich auf sehr unterschiedliche Bereiche und ist ferner mit zum Teil sehr unterschiedlichen Zwecken und Interessen verbunden. Unterstützung kann z.B. darauf abzielen, irgendeine Form von Entlastung herbeizuführen, verlorene Funktionalitäten wieder teilweise oder komplett herzustellen oder vorhandene Fähigkeiten oder Fertigkeiten zu verbessern. Formen der Unterstützung können ferner auf geistige oder körperliche Prozesse (oder eine Kombination davon) bezogen sein. Zwecke der Unterstützung und Entwicklungsmotive sind ebenfalls heterogen: es kann um die Prävention von Krankheiten gehen, um die Wiedereingliederung in Alltag und Beruf, um Qualitätssicherung oder die Steigerung der Produktivität in einer Organisation. Technische Unterstützung kann nicht zuletzt auch bloßem Komfort dienen oder neue Freizeitaktivitäten begründen.

Diese offensichtliche Tatsache der Heterogenität von Unterstützung – ihrer unterschiedlichen Motive, Zwecke, Interessen, konkreten Einsatzbereiche und Bezugsgrößen – wird üblicherweise ignoriert. Im Vordergrund steht bislang das Finden einer technischen Lösung für ein wohldefiniertes, abgegrenztes Problem. Das ist legitim, verhindert aber auch eine angemessene Einschätzung von Potenzialen, Entwicklungslücken und Kombinationsmöglichkeiten. Bislang ist es noch nicht einmal klar, was es eigentlich bedeutet, etwas oder jemand zu unterstützen. Man begnügt sich mit einem Alltagsverständnis. Das reicht aber nicht aus, wenn es darum geht, nicht nur an der technischen Machbarkeit, sondern vor allem auch an der Brauchbarkeit, Akzeptanz, Bedeutung, Alltagstauglichkeit und Verbreitungsmöglichkeit technischer Unterstützung zu arbeiten. Die gesamte Problematik wird darüber hinaus daran deutlich, dass es in der einschlägigen Literatur vollkommen an einer Differenzierung der unterschiedlichen Bedeutungen sowie operativen Unterschiede zwischen Unterstützung, Assistenz und Hilfe fehlt (siehe z.B. [11]). Die allgemeine Kategorie der Unterstützungssysteme hält mit der technischen Entwicklung nicht Schritt. Sie

ist dementsprechend überfüllt und unübersichtlich. Das ist nicht nur wissenschaftlich unbefriedigend, es erweist sich auch als Hemmnis für die weitere technische Entwicklung nutzerfreundlicher Unterstützungsformen.

Aus diesen Gründen ist eine Klarstellung längst überfällig. Sie kann Systementwickler in die Lage versetzen, die zukünftigen Herausforderungen in Bezug auf Forschung zu (technischer) Unterstützung und Gestaltung entsprechender Anwendungen mit der erforderlichen Genauigkeit zu adressieren. Außerdem erleichtert eine Klärung den Vergleich und die Beurteilung aktueller Ansätze und Lösungen und erweist sich insbesondere als unabdingbar für die Entdeckung von Lücken und Defiziten in Forschung und Anwendung.

2.6.2 Zwei Herausforderungen: Interaktionsmuster und Einbettung

Ein solches Unterfangen steht vor zwei wesentlichen Herausforderungen, die in diesem ingenieurwissenschaftlich wachsenden Feld bislang kaum Beachtung finden. Zum einen ist eine Identifikation unterschiedlicher *Interaktionsmuster* zwischen einer fokalen Aktivität (einer bestimmten Arbeit, einer Aufgabe, einer Handlung, eines Verhaltens etc.) und einer entsprechenden Unterstützung dieser Aktivität erforderlich. Das ist kein triviales Unterfangen. Schon die Bestimmung der zu unterstützenden Aktivität ist alles andere als selbstverständlich. Nutzer können an ganzen Bündeln von Aktivitäten beteiligt sein. Nur auf Nutzer als kompakte Einheiten zu schauen, verschenkt demnach analytisches Potenzial. Eine höhere Auflösung des Problems wird erreicht, wenn auch die variable Beziehung eines Nutzers zu seinen verschiedenen Aktivitäten und ihrer jeweils möglichen Unterstützung in Betracht gezogen wird. Die Bestimmung der zu unterstützenden Aktivität eines Nutzers wird zudem dadurch erschwert, dass stets mehrere Beobachter mit unterschiedlichen Interessen beteiligt sind. Nutzer haben oftmals einen anderen Fokus auf das Problem als Entwickler und bisweilen auch eine andere als involvierte Freunde, Verwandte, Pfleger, Kollegen oder Vorgesetzte. Die Interaktion zwischen den Aktivitäten von Nutzern und ihrer Unterstützung multipliziert diese Konstellationen auf unvorhersehbare, aber womöglich dennoch kontrollierbare Weise.

Die zweite, eng damit verknüpfte Herausforderung besteht darin, die *Einbettung* der jeweiligen Kopplung von Aktivität und Unterstützung (was wie gesagt die Kopplung von Nutzer und Unterstützung oder auch: von Mensch und Maschine als besondere Spezialfälle dieser allgemeinen Unterscheidung mit einschließt) in ihre Nutzungskontexte zu berücksichtigen. Das betrifft vor allem auch Fragen der Akzeptanz derartiger Systeme, und zwar sowohl die Akzeptanz in ihrem lokalen Interaktionskontext als auch mit Blick auf darüber hinausweisende Umwelten. Lokale Akzeptanzfragen stellen sich insbesondere im Rahmen der Organisation von Arbeit und Produktion, werden aber darüber hinaus auch durch gesellschaftliche Diskussionen zu politischen, wirtschaftlichen, rechtlichen, gemeinschaftlichen (so genannten „sozialen“), ethischen oder bildungsbezogenen Fragen entscheidend beeinflusst. Dieser Einfluss reicht wiederum bis in die Bestimmung unterstützungswürdiger Aktivitäten hinein.

Jeder dieser in **Abb. 2.8** dargestellten zirkulären wechselseitigen Bestimmungen ist jeweils nach oben (*upstream*, hier: nach rechts) und nach unten (*downstream*, hier: nach links) in weitere Kontexte eingebettet, wobei die Form der Einbettung in jedem dieser

Fälle jeweils im Hinblick auf den Grad der Differenzierung, der Dependenz und der Involution (Spezialisierung) genauer untersucht werden kann [12].

Im weiteren Verlauf wird der Fokus auf der ersten Herausforderung liegen. Es geht also zunächst darum, verschiedene Interaktionsformen von Aktivität und Unterstützung zu bestimmen (die erste, linke Schleife in **Abb. 2.8**). Jede weitere Diskussion zu technischer Unterstützung, Unterstützungssystemen oder Mensch-Technik-Interaktion und ihrer jeweiligen Einbettung hängt davon ab, wie diese grundlegende Unterscheidung konzipiert wird. Insofern werden damit auch Richtungsentscheidungen in Bezug auf die zweite Herausforderung der Einbettung getroffen.

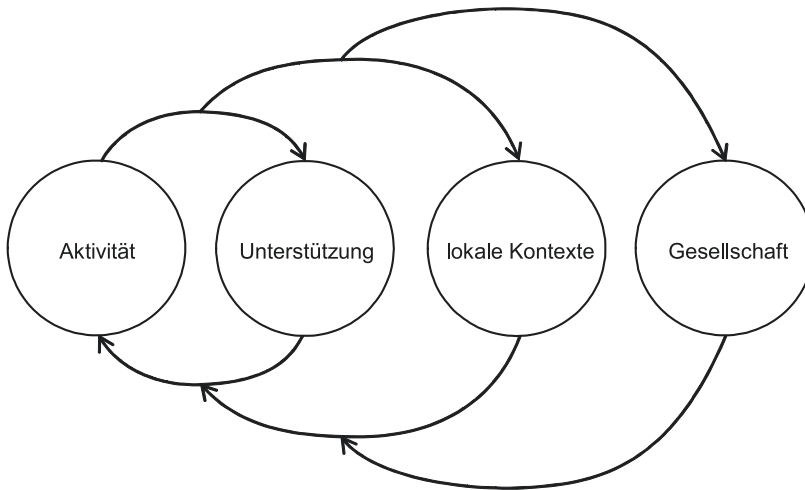


Abb. 2.8: Einbettungsverhältnisse von unterstützter Aktivität

2.6.3 Ansatz: Interdisziplinarität und Beobachter

Der in diesem Abschnitt dargestellte Ansatz setzt auf eine Verbindung von soziologischen und ingenieurswissenschaftlichen Perspektiven. Die Arbeit an Unterstützungssystemen in den Ingenieurwissenschaften hat eine technische Schlagseite. Die soziologische Auseinandersetzung mit „sozialer Unterstützung“ [13] hat wiederum eine menschliche Schlagseite. Die augenblicklich zu beobachtenden und diskutierten Probleme und Anwendungen zeichnen sich jedoch im Gegensatz dazu durch Hybridität aus: es handelt sich um vermischte Arrangements aus technischen und menschlichen/organischen Komponenten. Mögliche Beiträge der Soziologie beschränken sich allerdings nicht auf die soeben erwähnte Forschung zu „sozialer Unterstützung“, die im Wesentlichen untersucht, welche Rolle die Integration in Gemeinschaften für das körperliche und psychische Wohlbefinden von Individuen spielt. Die Potenziale der Soziologie liegen eigentlich an ganz anderer Stelle. In den *Science and Technology Studies* und auch in der allgemeinen soziologischen Theorie ist man nämlich längst dazu übergegangen, Kommunikation in Netzwerken zu untersuchen, die aus heterogenen Komponenten bestehen [12, 14]. Diese Überlegungen sind für die Technikentwicklung von großem Interesse. Genau genommen kann man es sich nicht mehr leisten, auf diese Erkenntnisse zu verzichten.

Die angestrebte Interdisziplinarität läuft keinesfalls auf eine klassische Arbeitsteilung zwischen den Ingenieur- und Sozialwissenschaften hinaus. Üblicherweise wird vermutet, dass Soziologen sich um den „Faktor Mensch“, die vorherige Ermittlung von Unterstützungsbedarf und die anschließende Untersuchung der Akzeptanz neuer Technologien kümmern, während Ingenieure die technischen Aspekte rund um die Gestaltung und den Aufbau übernehmen. Das ist natürlich auch der Fall, aber es würde die Möglichkeiten der hier angestrebten interdisziplinären Integration unnötig einschränken, wenn es dabei bliebe. Ein Rückgriff auf eine kognitionswissenschaftlich und kybernetisch orientierte Soziologie [15, 16, 17, 18] bedeutet nämlich darüber hinaus, zusätzliche Ressourcen für die Analyse und Konstruktion nichtlinearer, zeitvarianter Systeme zu aktivieren. Unterstützungssituationen sind vielschichtig und daher in der Regel komplex. Eine isolierte Betrachtung der daran beteiligten Organismen, kognitiven Prozesse, technischen Artefakte, von damit verwobenen Erwartungen und Geschichten, sowie von Softwareprogrammen oder kulturellen Institutionen ist immer noch möglich und manchmal notwendig, verfehlt aber das grundsätzliche Problem: dass diese unterscheidbaren Elemente *sozial* – also nichtlinear, nichtkausal und geschichtsabhängig – miteinander verbunden sind. Genauso wie technische Lösungen sich mittlerweile an biologisch entdeckten und beschriebenen organischen Strukturen orientieren, ist es im Rahmen der Forschung zur Interaktion von Mensch und Technik im Allgemeinen und zu technischen Unterstützungssystemen im Besonderen denkbar, sich für technische Lösungen an soziologisch entdeckten und beschriebenen sozialen Strukturen zu orientieren.

Bis dahin ist es trotz allem ein weiter Weg. Die folgenden Überlegungen deuten erste mögliche Synergien in Bezug auf das Thema Unterstützungssysteme an. Die Arbeit an einer allgemeinen Theorie der Unterstützung, die sowohl für die Soziologie als auch für die Ingenieurwissenschaft entsprechende Erkenntnisse liefert und unabhängig von spezifischen Sachbereichen empirisch brauchbar ist, darf das Konzept der Unterstützung nicht von vornherein ausschließlich auf „technische Unterstützung des Menschen“ reduzieren. Das wäre eine bereits viel zu starke Einschränkung der Möglichkeiten. Der Ausgangspunkt ist deshalb sehr sparsam und einfach, dafür aber grundlegend: Unterstützung ist immer mit einer beobachtbaren oder wünschenswerten *Aktivität* verbunden, die über verschiedene organische, soziale oder technische Einheiten verteilt ist. Dieser Ausgangspunkt verschiebt die übliche Perspektive von festgelegten Komponenten wie „Mensch“ oder „Technik“ hin zu Operationen. Das Hauptziel ist dann nicht die Entwicklung von Managementwerkzeugen, Maschinen oder Software als isolierten Komponenten zur Lösung vordefinierter Probleme, sondern es läuft darauf hinaus, Beziehungsmuster zwischen Aktivitäten/Nutzern und ihrer Unterstützung als *Systeme-in-einer-Umwelt* zu untersuchen und zu gestalten [19], die sich immerzu vorübergehend an vorübergehende Lagen anpassen. Auf diese Weise erweist sich nun die Annahme, dass es sich bei Unterstützungssystemen selbstverständlich um „Menschliche Aktivitäten plus technische Unterstützung“ handelt, nur als eine Möglichkeit neben anderen. Empirisch ist mindestens auch der umgekehrte Fall zu beobachten, nämlich dass Menschen technische Aktivitäten unterstützen: Beispiele wären das Einlegen von Werkstücken in Maschinen oder das Eingeben von Daten für ma-

schinelle Datenverarbeitung. Ebenso kann eine technische Aktivität organisatorisch unterstützt werden. Der Siegeszug der Automatisierung ist ohne die Unterstützung durch organisatorische Maßnahmen (Prozesse und Strukturen) kaum denkbar. Natürlich findet auch massenhaft Unterstützung von Mensch zu Mensch statt, sei sie nun moralischer, finanzieller oder emotionaler Art. Man kann ferner das Wachstum von Pflanzen unterstützen genauso wie Tiere Menschen bei der Orientierung (Blindenhunde), gegen Schmuggel (Drogenhunde) oder für Therapiezwecke (Delfine) unterstützen.

Die Liste der Kombinationsmöglichkeiten von verschiedenen Aktivitäten und ihrer Unterstützung ließe sich leicht fortführen. Sie verdeutlicht, dass die entscheidende Aufgabe nicht darin bestehen kann, sie alle zu benennen und dann sauber zu kategorisieren. Sie besteht vielmehr darin herauszufinden, wie unterschiedliche Formen der Unterstützung und Aktivität von verschiedenen *Beobachtern* spezifiziert werden. Wie sind diejenigen Situationen strukturell beschaffen, in denen Beobachter die Unterstützung anderer oder ihre eigene Unterstützung beobachten? Welche Unterscheidungen sind im Spiel, wenn Aktivitäten als unterstützend erkannt und bezeichnet werden? Lassen sich entscheidende Kriterien für die Klassifikation, Gestaltung und Bewertung technischer Unterstützungssysteme bestimmen? Das Resultat sollte unabhängig von bestimmten Systemen, Materialien, Kombinationen und Ebenen anwendbar sein und sowohl Entwickler als auch Forscher in die Lage versetzen, ihr Nichtwissen konkreter fassen zu können [20]. Das Verständnis von Unterstützung wird auf diese Weise weit höher aufgelöst, so dass dann neue technische Ansatzpunkte und Schnittstellen sichtbar werden, die bislang nicht aufgefallen sind oder vernachlässigt wurden und nun ingenieurwissenschaftlich erprobt werden können.

2.6.4 Ziel: Orientierung für technische Designentscheidungen

Das Ziel dieses Abschnitts ist es, die wichtigsten Determinanten zu identifizieren, die eine Spezifikation verschiedener Systeme der Unterstützung (darunter auch: Assistenz und Hilfe) ermöglichen. Genau genommen wird keine Klassifikation vorgestellt, sondern ein *Verfahren*, dessen Anwendung zu einer Klassifikation führt, und zwar immer abhängig von der Problemstellung, vom Interesse und vom Zeitpunkt des Technikeinsatzes. Ergebnis dieses Verfahrens kann folglich keine zeitinvariante Klassifikation sein, sondern vielmehr eine problem- bzw. lösungsorientierte und interessenabhängige Klassifikation zu einem konkreten Zeitpunkt. Eine derartige Klassifikationsmethode ist darüber hinaus auch für die Gestaltung und Einsatzplanung von Unterstützungssystemen und für die Verlaufskontrolle von technischen Entwicklungsprozessen einsetzbar. Sie dient generell als Grundlage der Klärung folgender Punkte, die für technisch relevante Entscheidungen unabdingbar sind:

- Die Entwicklung der konzeptuellen Systemstruktur sowie die allgemeine Gestaltung derartiger Systeme, z.B. die Art der Kooperation, Interaktion und/oder Verbindung entsprechender Komponenten (das betrifft Fragen wie die der Abgrenzung von Aktivität und Unterstützung oder dazu, ob ihre Kopplung seriell oder parallel erfolgt und ob technologische Komponenten des Systems entweder tragbar sind oder stationär installiert werden), sowie

- spezifische Designentscheidungen, z.B. zu den verwendeten Materialien technischer Elemente, zum Grad der Unterstützung (was letztlich der Frage nach dem Verhältnis zwischen Unterstützung und Aktivität gleichkommt), zur Mobilität des Systems insgesamt oder zur Art der Programmierung (z.B. adaptive oder nicht-adaptive Programmierung, lernfähige Software).

Im Folgenden wird zunächst die Unterscheidung von Aktivität und Unterstützung als entscheidende Analyseeinheit näher vorgestellt. Anschließend werden drei Bestimmungsgrößen identifiziert, die eine Spezifikation möglicher Relationsmuster ermöglichen: das zeitlich-räumliche Verhältnis von (menschlicher) Aktivität und (technischer) Unterstützung, die Form ihrer gegenseitigen Integration sowie die Verortung der Kontrolle. Dies führt mitunter zu einem besseren Verständnis der Randbedingungen, die eine Verschiebung von der Unterstützung einer Aktivität hin zu einer Substitution dieser Aktivität (oder gar der Systemnutzer, z.B. der Mitarbeiter einer Organisation) wahrscheinlich machen. Organisationale Entscheidungen darüber, ob eine Aktivität technisch *unterstützt* oder vielmehr durch Technik *substituiert* wird, sind mit anderem Worten abhängig von spezifischen Kombinationen dieser Kriterien. Außerdem ermöglichen es diese Determinanten, zwischen Assistenz, Hilfe und Unterstützung zu unterscheiden, die bislang als synonym und austauschbar begriffen worden sind. Jede dieser drei Formen weist verschiedene Problembezüge auf. Sie sollten deshalb unterschieden werden, um ihre technischen und sozialen Bedingungen und Konsequenzen präzise adressieren zu können.

2.6.5 Das Dual „Aktivität-Unterstützung“ als Untersuchungseinheit

Eine Theorie der Unterstützung darf sich nicht allein auf das Feld der Mensch-Technik-Interaktion (MTI) beschränken, weil sonst Strukturformen der Unterstützung, die in anderen Bereichen entdeckt werden und neue Schnittstellen der MTI andeuten, von vornherein ausgeschlossen sind. Dennoch bezieht sich dieser Beitrag vornehmlich auf die MTI. Diese Entscheidung führt zu einer scharfen, aber augenblicklich äußerst hilfreichen Selektion in Bezug auf die jeweiligen Beispiele und Erläuterungen. Sie dient darüber hinaus der Anschaulichkeit. Deshalb sei darauf hingewiesen, dass „Aktivität“ aus Gründen der Einfachheit und Plausibilität hier vornehmlich „menschliche Aktivität“ meint und „Unterstützung“ vereinfachend auf „technische Unterstützung“ hin zugespitzt wird. Das grenzt den Bereich so weit ein, dass eine angemessene Darstellung und Beurteilung dieses Ansatzes möglich wird.¹ Soll eine Klassifikation technischer Systeme der MTI vorgenommen werden, so ist diese Entscheidung implizit ohnehin bereits in dieser Form gefallen.

Im Grunde genommen kann jedes bislang erdachte und verwendete Werkzeug als Unterstützung einer Tätigkeit verstanden werden, die andernfalls zeitaufwändiger und/oder

¹ Diese Entscheidung ist alltagssprachlich unproblematisch, aber soziologisch extrem verkürzt. „Menschliche Aktivität“ bezeichnet einen Prozess, der sich stets in Situationen abspielt, sich also auf verschiedene Objekte, Artefakte, Institutionen und andere Menschen verteilt [21, 22, 23, 24]. Dem steht die in der Forschung zur MTI bislang gängige Vorstellung entgegen, dass Menschen individuelle, klar abgrenzbare Kompaktwesen sind, die für sich selbst transparente Intentionen haben und dadurch angetrieben werden.

kostspieliger und/oder weniger genau durchgeführt werden könnte. Dies kommt dem bekannten Technikverständnis der philosophischen Anthropologie Arnold Gehlens sehr nahe [25]. Seiner Ansicht nach sind Menschen aufgrund ihrer Instinktarmut dazu verdammt, Technologien zu erfinden bzw. zu entdecken. Der Einsatz von Technik dient dann der Organerweiterung, der Organentlastung oder dem Organersatz. So gesehen kann jede Technologie entweder als Unterstützung (durch Erweiterung oder Entlastung) oder als Substitution menschlicher Eigenschaften verstanden werden. Diese Unterscheidung zwischen Unterstützung und Substitution durch Technik gewinnt momentan in einer anderen Form und ganz ohne Bezug auf Gehlen wieder an Aktualität. Sie betrifft die mit ethischen und politischen Implikationen aufgeladene Diskussion im Bereich der Robotik, die sich der Frage widmet, ob die Technik menschliche Aktivitäten unterstützen oder sie vielmehr substituieren soll [26]. Diese Frage wird sich nicht abschließend klären lassen. Vielmehr wird sie in jedem Innovationsprozess immer wieder neu zu stellen und zu beantworten sein. Fest steht nur, dass sie im Nachklang eines Zeitalters der Automatisierung, das im Wesentlichen nur auf Substitution von Mitarbeitern gesetzt hat, überhaupt wieder gestellt wird, das heißt Automatisierung nicht automatisch als erstrebenswert gilt.

Gehlens Annahme ist auf jedes technische Artefakt anwendbar und daher zu umfassend, um für Designfragen und eine Klassifikation von Unterstützungssystemen brauchbar zu sein. Sie hält darüber hinaus einer genaueren Betrachtung nicht Stand. Gehlen ignoriert, dass jede Unterstützungsvorrichtung oder -handlung die Möglichkeiten der unterstützten Aktivität und des Nutzers neu definiert. Es gibt keinen festgelegten, unveränderlichen Pool von Aktivitäten, die nur darauf warten, unterstützt zu werden. Formen der Unterstützung führen häufig zu neuen Formen der Aktivität, die nicht unbedingt intendiert waren.² Unterstützt ein Messer die Jagd oder erzeugt es eine neue Form von Jagdaktivität? Unterstützt es das Töten oder die Verarbeitung von Lebensmitteln? Solche Fragestellungen können nicht objektiv geklärt werden. Sie hängen ab von einem *Beobachter*, der in Abhängigkeit von seiner Einbettung in bestimmte Kontexte (also nicht: willkürlich) bestimmt, auf welche Aktivität er sich überhaupt diesbezüglich fokussiert und ob ein Ding oder eine Handlung diese Aktivität unterstützt oder nicht.

Die Beobachtung ist von großer Bedeutung im Rahmen eines vorzunehmenden Klassifikationsprozesses von Unterstützungssystemen. Sobald Beobachter als integraler Teil einer Klassifikation erkannt werden, kann das Resultat keine unbestreitbare, objektive Kategorisierung mehr sein, die es Entwicklern und Forschern erlauben würde, die Unterstützung sauber und zeitinvariant vom Unterstützten zu trennen. Ebenso wenig läuft es darauf hinaus, anschließend verschiedene technische Systeme eindeutig gegeneinander abgrenzen zu können. Was jedoch gewonnen wird sind die zentralen Unterscheidungen, die Situationen der Unterstützung konkret bestimmen. Das entspricht auch einer Identifikation von

² Deswegen ist es so schwierig und vielleicht sogar irreführend, Nutzerintentionen zu erfassen, um sie in technische Steuerung von Maschinen übersetzen zu können [27]. In Auseinandersetzung mit der Technik entstehen nämlich typischerweise neue Intentionen, die den Nutzern nicht notwendig sofort bewusst sind und die auch von Entwicklerseite (schon aus Sicherheitsgründen) gar nicht vorgesehen sind (so in Bezug auf Prothesen [28]).

Kriterien zur Unterscheidung und Differenzierung technischer Systeme. Betrachtet werden können hierbei unterschiedliche Beobachter, Kontexte, Interessen und Zeithorizonte. Die Beobachtung von Unterstützung ist notwendig gebunden an die Unterscheidung zwischen irgendeiner Aktivität einerseits und der damit verbundenen Unterstützung andererseits. Obwohl es sich genau genommen in beiden Fällen um Aktivitäten handelt, wird im Folgenden die unterstützende Aktivität als „Unterstützung“ und die unterstützte Aktivität als „fokale Aktivität“ bezeichnet.

Ohne diese Unterscheidung ist eine Entwicklung von Unterstützungssystemen nicht möglich. Sie wird selten ausdrücklich und sichtbar getroffen. Jedoch ist sie alles andere als selbstverständlich. Vielmehr kann diese Unterscheidung eine umstrittene, unsichere und mithin sogar konfliktreiche Angelegenheit sein. Man denke z.B. an einen Manager, der die beteiligten Mitarbeiter im Rahmen einer gemeinschaftlich zu bewältigenden Aufgabe aufteilt in diejenigen Mitarbeiter, die die Aktivität ausführen und diejenigen, die sie dabei unterstützen. Diese Einschätzung kann (und wird) von der Wahrnehmung und Interpretation der Mitarbeiter abweichen. Sollte das der Fall sein, wird es die Art und Weise verändern, wie die Mitarbeiter in Zukunft wechselseitig ihre Arbeit beurteilen und wie sie zusammenarbeiten. Die Beziehungen zum Manager werden sich ebenso wandeln wie die Verteilung der Motivation innerhalb der Gruppe. Dies verweist auf eine allgemeine Eigenschaft dieser Unterscheidung: sie erzeugt und vermittelt Unterschiede in Bezug auf Kompetenz, Status oder hierarchischer Position. Die Unterstützung wird im Gegensatz zur Aktivität als minderwertig eingeschätzt. Diese mittransportierte unterschiedliche Bewertung der beiden Seiten dieser Unterscheidung ist kontingent, kann also unterschiedlich ausgeprägt sein. Diese Asymmetrie der Wertung von fokaler Aktivität und Unterstützung, die sich bereits auf dieser einfachsten Ebene der Form der Unterscheidung zeigt, wird für zukünftige Analysen der Akzeptanz von Unterstützungssystemen ein ausschlaggebender Punkt sein.

Strukturen der Aktivität

„Aktivität“ betont den verteilten und verkörperten Charakter sozialer Operationen [21]. Aktivitäten sind zudem stets Teil von Situationen, in denen sie sich entfalten. Sie sind situiert [22]. Ein entsprechender Begriff von Aktivität schließt individuell zugerechnete Handlungen genauso ein wie unbewusstes Verhalten von Organismen, ist aber nicht darauf beschränkt. Auch Artefakte, lebende Körper und materielle Objekte sind typischerweise Teil situierter Aktivitäten.

Für die Entwicklung einer generellen Vorstellung von Unterstützung hat das Konzept der Aktivität mehr Potenzial als die klassischen soziologischen Begriffe der Handlung oder des Verhaltens. Das ist recht einfach zu illustrieren. Um Aktivitäten zu beobachten und zu beschreiben, muss z.B. nicht vorab geklärt werden, ob Computer, Roboter oder Muskeln sinnverstehend handeln oder nicht. Eine solche Frage führt nicht weiter, denn es steht außer Frage, dass auch nicht-menschlichen Einheiten oder einzelnen organischen Elementen (Nerven, Knie, Muskeln) Aktivitäten zugerechnet werden. Vor allem von informatisierten technischen Strukturen gehen massenhaft Aktivitäten aus. Das beweist schon ein rascher Blick auf High-Frequency-Trading. Der Begriff der Aktivität ist also weniger restriktiv

als Handlung und Verhalten. Auf diese Weise können deshalb die Aktivitäten eines Computers, einer Gesellschaft, einer Gruppe, eines Roboters, eines Tieres, eines Menschen, eines Knies, eines Muskels oder eines Nervensystems allesamt als komplexe Bündel von Operationen untersucht werden, die verkörpert und auf verschiedene Einheiten verteilt sind.³

Das Fahren eines modernen Autos ist ein einfaches Beispiel. Autofahren ist eine Aktivität, die über unterschiedliche, teilnehmende Einheiten verteilt ist, unter anderem einen Motor, Prozessoren, den Fahrer und verschiedene assistierende Systeme. Normalerweise ist man geneigt, die Aufmerksamkeit nur auf den Fahrer als „Nutzer“ zu legen. Schon hier wird zu selten berücksichtigt, dass nicht nur der Fahrer als Mensch eine Rolle spielt, sondern sein Handeln und Erleben eine Dynamik aufweist, die weniger von seinen psychischen und körperlichen Befindlichkeiten abhängt, als von seiner situativen Einbettung in sozio-technische Netzwerke. Handeln und Erleben werden beim Autofahren durch weitere technische Systeme wie den Bremsassistenten, Navigationssysteme oder die Abstandsregelung unterstützt. Ein Beobachter dieser spezifischen Einheit aus einer bestimmten Aktivität (also z.B. „Abstand halten“ oder „navigieren“) und ihrer Unterstützung kann diese Einheit wiederum als eigene Aktivität betrachten und beobachten, so dass für ihn die entscheidende Unterstützung dieser Aktivität nicht durch die Technik, sondern durch die Anweisungen des Beifahrers oder seine ruhige Stimme erfolgt. Die Verteiltheit und Komplexität von Aktivitäten erlaubt verschiedene Möglichkeiten der Beobachtung von Unterstützung. In praktischen Anwendungskontexten zählt eben nicht nur die von Entwicklern zum Zeitpunkt des Designs intendierte Unterstützung. Ob sie alle für die Konstruktion von Unterstützungssystemen unmittelbar relevant sind, bleibt zunächst freilich offen. Allerdings kann ein anpassungsfähiges Klassifikationsverfahren eine entsprechende Beurteilung erleichtern und auf diese Weise unterstützen.

Um Form, Ausmaß und Einsatzbereich von Unterstützung bestimmen zu können, müssen Beobachter (z.B. Ingenieure, interessierte Zuschauer, Nutzer, Journalisten, Roboter oder Unternehmen) zunächst eine Aktivität aus dem laufenden sozialen Prozess herauslösen. Die dadurch hervorgehobene Aktivität kann z.B. eine Handlung sein, einen Verhaltensausschnitt beschreiben, eine Aufgabe benennen oder eine Bewegung beschreiben. Sie steht dann im Fokus der Beobachtung. Sowohl kognitions- als auch kommunikationstheoretisch ist eine solche Selektion (Herauslösung, Einklammerung) unausweichlich, das heißt es handelt sich um eine notwendige Bedingung für Beobachtung und die davon abhängige Erzeugung von Information [16, 17, 30, 31, 32, 33]. Auf Grundlage dieser Selektion können Beobachter erkennen, dass die im Fokus befindliche (fokale) Aktivität in irgendeiner Weise unterstützt wird oder sie können sich (aus welchen Gründen auch immer) auf die Suche nach Unterstützungsmöglichkeiten begeben. So werden für bestimmte Beobachter in bestimmten Situationen Unterstützungsbedarfe erkennbar. Das kann z.B. ein Bedarf nach moralischer, finanzieller, emotionaler oder eben technischer Unterstützung sein. Jedenfalls wird es nun möglich zu fragen, ob eine bestimmte Form der Unterstützung

³ Die soziologisch gewonnene Beobachtung, dass Aktivitäten Bündel von Operationen beschreiben, die in Situationen über mehrere Einheiten verteilt sind, korrespondiert mit Beschreibungen von *distributed actuators* [29].

gewünscht oder erforderlich ist, um eine bestimmte Aktivität zu realisieren, zu erleichtern oder zu optimieren.

Die Beobachtung von Unterstützung

Ist die Unterscheidung zwischen Aktivität und Unterstützung erst einmal getroffen – und es ist keinesfalls eine Notwendigkeit, soziale Prozesse⁴ mit Hilfe dieser Unterscheidung zu beobachten –, wird Unterstützung zu einer Aktivität, die ausschließlich auf die Intention, den Zweck oder den Verlauf der fokalen Aktivität ausgerichtet ist. *Unterstützung ist also eine Aktivität, die keinen eigenen Zweck setzt, keiner eigenen Intention folgt und auch keinen selbstbestimmten Verlauf aufweist.* Zweck, Intention und Verlauf sind jeweils vollkommen durch die fokale Aktivität bestimmt. Es ist wichtig, diesen Punkt sehr genau zu betrachten, um Missverständnisse zu vermeiden. Natürlich kann jemand eine Person oder eine bestimmte Sache aus strategischen Gründen unterstützen und eigene Ziele verfolgen, die von denen abweichen, die die unterstützte Aktivität zu erreichen versucht.⁵ Allerdings muss die unmittelbare Unterstützungsoperation selbst effektiv funktionieren – das heißt sie muss unabhängig von womöglich zugrunde liegenden Interessen und Gründen als Unterstützung erkennbar und wirksam sein. Sie wird sonst nicht als Unterstützung beobachtet. Dieses Verständnis von Unterstützung ist also an der Frage orientiert, *wie* Unterstützung erfolgt und nicht, *warum* sie erfolgt. Nur in diesem Sinne muss Unterstützung ohne eigene Zwecksetzung und Intention auskommen: es wird erwartet, dass sie ausschließlich auf die Aktivität ausgerichtet ist, die unterstützt werden soll. Unterstützungsleistungen können durchaus eine Art Eigenleben entwickeln. Das ist häufig der Fall. Aber dann werden sie entweder nicht mehr als Unterstützung beobachtet oder als problematisch markiert. Man denke beispielsweise an manche IT-Abteilungen in Organisationen, die häufig eigene Strategien ausbilden und deshalb Konflikte erzeugen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass jede Aktivität entweder mit oder ohne Unterstützung durchgeführt werden kann. Wie beschrieben handelt es sich hierbei um eine komplizierte Angelegenheit: Es hängt von der Interpretation eines Beobachters ab, ob (a) eine fokale Aktivität aktuell durch davon unterscheidbare Komponenten unterstützt wird oder nicht und (b), sofern davon ausgegangen wird, dass Unterstützung vorliegt, wo exakt die Linie zwischen der fokalen Aktivität und ihrer Unterstützung verläuft.

Es ist in einem technischen Kontext zunächst wenig befriedigend, sich von solch vagen empirischen Aspekten wie „Interpretation von Beobachtern“ abhängig zu machen. Aber

⁴ Es ist außerhalb soziologischer Forschung nicht immer ganz klar, was mit „sozial“ gemeint ist. Deshalb sei daran erinnert, dass ein sozialer Prozess nicht auf besondere Fürsorge oder Geselligkeit abzielt, sondern Prozesse der interaktiven Relationierung von prinzipiell unabhängigen Einheiten bezeichnet. Das kann sich klassisch auf Interaktion zwischen Menschen beschränken, geht aber heute weit darüber hinaus und schließt die Interaktion heterogener Einheiten mit ein, also z.B. auch die Interaktion zwischen Menschen und Maschinen. Die Beobachtung entsprechender Relationen ist zunächst unabhängig davon, wie wir sie im Alltag bewerten. Ein gewaltsamer Konflikt ist nicht weniger sozial als eine liebevolle Umarmung (ganz im Gegenteil). Die Politik ist genauso sozial wie die Klärung von Rechtsfragen, ethische Bedenken sind es ebenso wie die Organisation von Arbeit.

⁵ Man beachte, dass die meisten Aktivitäten unseres Alltagslebens gar keine vorgefassten Ziele haben, sondern situationsabhängige, lokale Handlungen sind [34].

daraus ergibt sich ein reichhaltigeres Bild der praktischen Situation, in der mögliche Unterstützungssysteme zum Einsatz kommen sollen. Entscheidend ist letzten Endes, dass diese erste Unterscheidung im Alltags- und Arbeitsleben tatsächlich so getroffen wird und die notwendigen Randbedingungen für die Gestaltung von Unterstützungssystemen liefert. Für jede Gestaltung technischer Unterstützungssysteme ist die Differenz von Aktivität und Unterstützung die untrennbare, grundlegende Gestaltungs- und Untersuchungseinheit. Es ist deshalb mindestens hilfreich, wenn nicht sogar notwendig, ihre strukturellen Eigenheiten zu berücksichtigen und damit rechnen zu können.

2.6.6 Die Bestimmung von Relationen in Aktivitäts-Unterstützungs-Einheiten

Die allgemeinen Erwägungen werden nun näher spezifiziert. In diesem Abschnitt werden dazu weitere Unterscheidungen eingeführt, die Entwickler und Nutzer in die Lage versetzen, Unterstützungssysteme beobachterabhängig zu klassifizieren. Es werden drei grundlegende Determinanten identifiziert, nämlich die *raum-zeitliche Relation*, die *Form der Kopplung* sowie die *Verortung von Kontrolle*. Mit ihnen lassen sich Einheiten aus Aktivität und Unterstützung näher charakterisieren. Nimmt man es wissenschaftstheoretisch genau, ist das Ergebnis keine Klassifikation mit starren Grenzlinien und eindeutigen Zuordnungen, sondern ein Vergleichsschema, mit dem sich die empirischen Unterschiede diverser technischer Systeme weitaus elastischer und feiner bestimmen lassen [35].

Diese minimale Liste von Determinanten ist keinesfalls vollständig. Aber diese drei Aspekte sind aus Sicht der Autoren unerlässlich, wenn es um die Entwicklung und Untersuchung von Unterstützungssystemen geht. Man beachte, dass jede dieser Determinanten sich auf die *Relation* zwischen fokaler Aktivität (eines Nutzers) und ihrer Unterstützung bezieht. **Abb. 2.9** gibt einen Überblick über drei mögliche Pfade und bildet die Grundlage für das weitere Vorgehen, das auf jeden dieser Schritte etwas ausführlicher eingehen wird. Die dargestellten Pfade beschreiben drei mögliche Formen der Unterstützung vom allgemeinen Ausgangspunkt bis hin zu detaillierteren Fragen. Die anderen Positionen, von denen in der Abbildung keine weiteren Aufspaltungen ausgehen, lassen sich auf die gleiche Art und Weise differenzieren, das heißt die Unterscheidungsmuster sind auf jeder Position (auch mehrfach bzw. verschachtelt) anwendbar. Aus Gründen einer möglichst einfachen Darstellung werden in diesem Beitrag lediglich drei Pfade aufgezeigt. Die erste Unterscheidung aus **Abb. 2.9** ist bereits ausführlich beschrieben worden. Es folgen nun im Einzelnen die drei genannten Determinanten, um die Grundidee hinter diesem Klassifikationsverfahren deutlich werden zu lassen.

Die zeitlich-räumliche Relation zwischen Aktivität und Unterstützung

Jede Aktivität (von Nutzern) steht grundlegend in einem näher bestimmbareren zeitlich-räumlichen Verhältnis zu ihrer Unterstützung. Einerseits können eine Aktivität und ihre Unterstützung *kopräsent* ablaufen, was zunächst auf einen geringen räumlichen und zeitlichen Abstand hinweist. Körperliche Unterstützung in Pflegesituationen gehört dazu, aber auch das Führen der Hand eines Kindes, das gerade das Schreiben lernt. Andererseits kann es sich um eine räumlich und zeitlich *verstreute* Relation handeln. Beide Klassen können

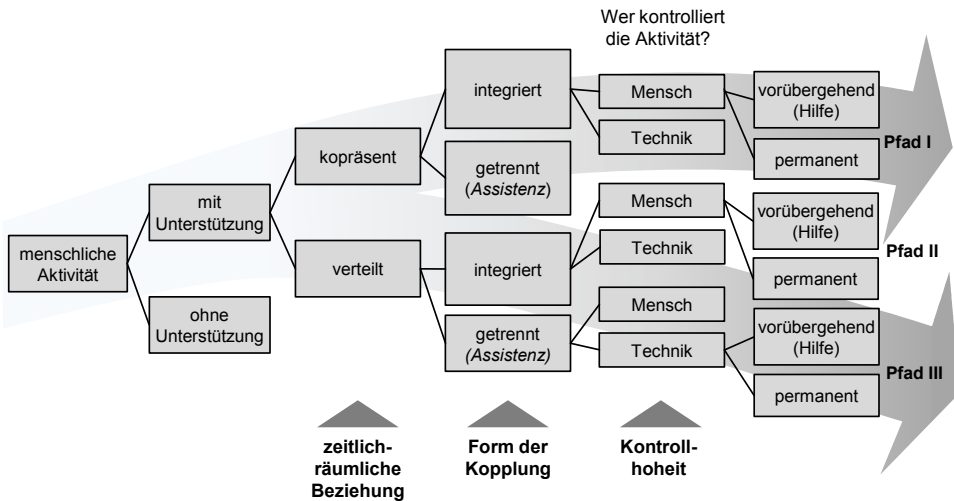


Abb. 2.9: Klassifikationsprozess für drei Pfade

natürlich weiter differenziert werden, aber hier (ebenso wie bei der Vorstellung der beiden folgenden Determinanten) geht es zunächst darum, die grundlegende Idee zu illustrieren. Eindeutige Formen verstreuter Unterstützung finden nicht zeitgleich zur fokalen Aktivität und/oder an einem anderen Ort statt. Unterstützung kann im Allgemeinen über große, nicht wahrnehmbare Entfernungen hinweg erfolgen. Zwischen einer Aktivität und ihrer Unterstützung kann sogar eine längere Zeitspanne liegen. Das ist z.B. der Fall bei automatisierten Lösungen mit Industrierobotern, bei Haushaltsrobotern, beim IT-Support per eMail, bei finanzieller und moralischer Unterstützung, bei virtuellen Teams oder bei bestimmten Experten-/Entscheidungsunterstützungssystemen.

Kopräsenz bedeutet, dass die Unterstützung einer Aktivität für involvierte Beobachter, also z.B. für einen Nutzer, für Familienangehörige oder für Kollegen im Prinzip in der Situation unverzüglich und unmittelbar wahrnehmbar ist. Aktivität und Unterstützung werden *situativ synchronisiert*. Der zeitlich-räumliche Abstand kann in gewissem Grad variieren, aber sobald die Grenzen der Wahrnehmung bzw. der Situation überschritten werden, liegt keine Kopräsenz mehr vor. Situationen der Kopräsenz zeichnen sich nämlich dadurch aus, dass eine wechselseitige Wahrnehmung des Wahrgenommenwerdens vorliegt [36]. Für Zwecke der Klassifikation technischer Unterstützung kann diese starke Einschränkung verallgemeinert und etwas gelockert werden. Kopräsenz von Aktivität/Nutzer und technischer Unterstützung setzt nicht automatisch durch räumliche Nähe ein, sondern ist nur dann gegeben, wenn die Technik über Sensoren verfügt, die auf Aktivitäten eines Nutzers selbst und nicht auf die bloße Bedienung durch den Nutzer reagiert. Hebehilfen oder Personenlifter verfügen meistens über keine Sensorik, sondern nur über Bedienelemente, so dass es sich dabei um eine Form von verteilter Unterstützung handelt, obwohl es unmittelbaren Kontakt mit Objekten bzw. Personen gibt. Bei Exoskeletten oder Implantaten

hingegen ist nicht nur der räumliche Abstand minimal, sondern Aktivität und Unterstützung laufen synchronisiert und es gibt vor allem eine entsprechende Sensorik, die auf Aktivitäten des Nutzers bzw. seines Organismus' reagiert.

Die Form der Kopplung zwischen Aktivität und Unterstützung

Bei unterstützten Aktivitäten lassen sich Formen der Kopplung von Aktivität und Unterstützung unterscheiden, die *integriert operieren* oder *strukturell (kontextuell) gekoppelt* sind. Im Fall der Integration ist die Unterstützung konstitutiv für die Ausführung der Aktivität – ein integraler und dennoch unterscheidbarer Teil der Aktivität. Wenn die Aktivität „Gehen mit einer Geschwindigkeit x“ und ohne irgendeine Unterstützung nicht ausgeführt werden kann, weil z.B. eine körperliche Beeinträchtigung vorliegt, dann ist die Unterstützung konstitutiv für die Aktivität und folglich integriert. Dazu zählen auch Fälle, in denen Aktivität und Unterstützung über materielle Pfade direkt gekoppelt sind. So kann die Aktivität „Ruhiges Sitzen“ für Parkinson-Patienten durch entsprechende Hirnimplantate unterstützt werden, die Neuronen und eingesetzte Sonden über elektrischen Strom operativ koppeln, also integrieren. Darüber hinaus sind sie offensichtlich konstitutiv für diese Aktivität des ruhigen Sitzens.

Strukturell gekoppelte Formen der Unterstützung verändern dagegen die Kontextbedingungen der Aktivität und erleichtern dadurch ihre Ausführung oder fördern die damit verbundene Leistung. Es handelt sich so gesehen um Formen, in denen Aktivität und Unterstützung zwar kopräsent, aber letztlich in gewisser Weise getrennt sind. Beispiele dafür sind die Assistenz in einem Labor oder das Assistieren eines Managers. Es werden strukturelle Begebenheiten, z.B. durch Vor- und Nachbereitung, so manipuliert, dass bestimmte Aktivitäten im Labor oder einer Führungskraft erleichtert werden. Das muss natürlich nicht gleichzeitig passieren und kann auch räumlich getrennt erfolgen. Das zeigt, dass die Unterscheidungen nicht einfach in linearer Abfolge verstanden werden dürfen, sondern verschachtelt sind. Es handelt sich um fraktale Unterscheidungen [37]. Sie sind, wie bereits erwähnt, jeweils auf alle Ebenen anwendbar. Im Sinne eines Klassifikationsverfahrens ist es hingegen sinnvoll, die hier vorgeschlagene Reihenfolge zu wahren.

Man gelangt mit dieser Unterscheidungen an eine wichtige Stelle, weil es nun möglich wird, Assistenz und Unterstützung zu unterscheiden (Hilfe ist wiederum ein Fall für sich, auf den wir weiter unten zurückkommen). Assistenz und Hilfe sind beides spezielle Formen von Unterstützung. Entscheidendes Kriterium für Assistenz ist die soeben vorgestellte kontextuelle Form von Unterstützung. Der andere Pol, die konstitutive Integration, entspricht eher dem, was viele Entwickler technischer Unterstützungssysteme oftmals im Sinn haben. Jedenfalls kann man hier unterscheiden zwischen Service-Robotern, die assistieren, wenn sie Wasser auf einem Tablett reichen oder Dinge aus dem Schrank holen, und Unterstützungssystemen, die Menschen beispielsweise dabei unterstützen, aus einem Becher zu trinken. Darüber hinaus unterscheidet sich bei Assistenz die Art, insbesondere die Richtung, der Interaktion. Bei integrierten Lösungen ist die Interaktion bidirektional (z.B. vom Nutzer zum technischem System und umgekehrt), im anderen Fall unidirektional (z.B. vom technischen System zum Nutzer).

Ebenso wie die kopräsente Unterstützung von Aktivitäten kann auch die verstreute Form der Unterstützung eine integrierte und separierte (kontextuelle) Form annehmen. Die Unterteilung einer Aktivität in Teilaktivitäten ist ein Fall von Separierung bei gleichzeitiger räumlicher Nähe. Diese Teilaktivitäten werden dann entsprechend ihrer Eigenschaften entweder der Unterstützung oder der Nicht-Unterstützung (Aktivität) zugeordnet. Ein Beispiel hierfür sind Systeme, die auf dem Ansatz der Mensch-Maschine-Kooperation basieren. Dabei werden die Teilaktivitäten entsprechend der Fähigkeiten und Fertigkeiten des Menschen und der Maschine aufgeteilt. Mensch und Maschine sind dann nicht operativ, sondern strukturell gekoppelt. Der Unterschied in Bezug auf die kopräsente Unterstützung liegt auch in der Art der Interaktion: ihre Intensität ist niedrig. Es kooperieren „zwei Systemteile“ – aber nicht in „einem System“.

Die zugeschriebene oder intendierte Verortung von Kontrolle

Die Verortung von Kontrolle entweder bei der Aktivität/dem Nutzer oder der Unterstützung nimmt in der MTI eine kritische Position ein. Es kommen bisweilen ethische Bedenken auf, weil es dort schließlich um die Frage geht, ob die Kontrolle des Systems beim Menschen (und den von ihm ausgeführten Aktivitäten) liegt oder die technische Unterstützung vielmehr die menschlichen Aktivitäten kontrolliert. Es wäre jedoch naiv zu glauben, dass es prinzipiell gut und ethisch unbedenklich sei, wenn die Kontrolle immer und ausschließlich bei den Menschen verbleibt.

Von Kontrolle zu sprechen ist missverständlich, weil es einen einseitigen Zugriff suggeriert. Die Kybernetik hat Kontrolle dagegen immer als wechselseitig verstanden [38, 39, 40]. Sie ist nicht nur in jeder Interaktion vorhanden, sondern sie auszuüben heißt immer auch, sich durch das kontrollieren zu lassen, was kontrolliert werden soll. Die Erziehung von Kindern veranschaulicht das Problem. Ein beliebtes technisches Beispiel ist der Thermostat. Kontrolliert die Temperatur den Thermostat oder der Thermostat die Temperatur? Was ist mit Menschen, die steuernd über Regler Einfluss zu nehmen versuchen? Selbstverständlich wird ihr Verhalten durch die Temperatur und durch die Art des Reglers (drehen, tippen etc.) kontrolliert. Es wäre vorschnell und darüber hinaus sehr bedenklich, das sogleich für einen Verlust an menschlicher Autonomie zu halten. Vielmehr zeigt sich hier eine Besonderheit jeder Interaktion, nicht nur von MTI. Schon in solchen sehr einfachen Systemen mit Feedback *kann eine Verortung der Kontrolle nur durch die Festlegung eines Beobachters erfolgen*. Für bestimmte Beobachter, insbesondere für Entwickler von Maschinen im Rahmen der MTI, ist diese Festlegung mit einer Intention verbunden. Maschinen können so geplant und gebaut werden, dass Menschen die Operationen von Maschinen und ihren Ablauf kontrollieren können (ein- und ausschalten ist eigentlich keine Kontrolle der Operationen Systems, sondern nur ein Eingriff, der das System startet oder stoppt).

Bei jeder Form der Unterstützung stellt sich also die Frage danach, ob die Kontrolle bei den menschlichen Aktivitäten liegt oder sich vielmehr bei der Unterstützung verorten lässt. Sie stellt sich vehement bei der Gestaltung entsprechender technischer Systeme. Auf der einen Seite kontrolliert die Aktivität (des Nutzers) die Unterstützung. Der Unterstüt-

zungsgrad lässt sich individuell bestimmen (z.B. durch die Möglichkeit zum Hinzuschalten der Unterstützung, durch Verlassen des Raumes oder Ändern des Arbeitsplatzes). Auf der anderen Seite kann die Unterstützung die Aktivität (und damit: die Nutzer) kontrollieren. Das wäre eine (quasi-) autonome technische Unterstützung, z.B. wenn jemand zum Gehen gebracht wird, der es eigentlich nicht kann. *Hilfe* erweist sich vor diesem Hintergrund als eine Form der Unterstützung, die die Kontrolle über eine Aktivität für eine bestimmte Zeit übernimmt (das kann für Sekunden oder auch Monate sein), von der aber gleichzeitig miterwartet wird, dass sie die Kontrolle auch wieder abgibt. Beispiele dafür sind Ess-Assistenzroboter und Spurhalteassistentensysteme. Sobald die Unterstützung dauerhaft die Kontrolle über Aktivitäten von Nutzern hat, ist der Übergang zu einer Substitution zwar nicht zwingend, aber gerade in organisierten Produktionsverhältnissen wahrscheinlich.

2.6.7 Unterstützungssysteme vs. Substitution

In der **Abb. 2.9** sind scheinbar nicht nur drei, sondern vier Determinanten zu sehen. Die Frage nach der *Dauer der Unterstützung*, die hier vereinfacht die dichotome Form vorübergehend/permanent einnimmt, ist für die Spezifikation von (technischer) Unterstützung genauso unerlässlich, wie die Fragen nach der raum-zeitlichen Konstellation, der Kopplungsform und der Kontrolle. Sie wird vorerst jedoch nicht als vierte Determinante eingeführt, weil sie hier nur auf Kontrolle bezogen ist und deshalb einfach als eine Konkretisierung dieser Determinante erscheint. Jedoch ist im Verlauf weiterer Forschung zu technischer Unterstützung ohnehin mit einer Verfeinerung und Erweiterung dieser Überlegungen auszugehen, so dass es sich womöglich empirisch als sinnvoll herausstellt, bei der Dauer der Unterstützung von einer vierten Determinante auszugehen.

Der entweder vorübergehende oder permanente Charakter von Kontrolle ist zum einen entscheidend dafür, ob die Unterstützung die Form der *Hilfe* annimmt. Hilfe ist eine Form der Unterstützung, bei der die Kontrolle über die Aktivität durch das Hilfsmittel oder den Helfenden nur temporär übernommen wird. Zum anderen ist diese Betrachtung der Dauer wichtig, weil sich damit konkret die Stelle benennen lässt, an der Unterstützung kippen kann und dann menschliche Aktivität nicht mehr unterstützt, sondern vollkommen übernimmt und ersetzt.

Sofern die Kontrolle dauerhaft beim Menschen lokalisiert ist, kommt es zu einem Feedback auf die unterstützte Aktivität, das heißt: der Beobachter (Nutzer) kontrolliert seine Aktivität, und zwar vermittelt über die Technik. Das macht die technische Lösung zu einem Unterstützungssystem, weil es zu einer selbstbeobachteten Reproduktion der Aktivität führt. Liegt die Kontrolle dagegen zu irgendeinem Zeitpunkt dauerhaft bei der Technik, kann es zu einer *Substitution* der Aktivität kommen, was auch die Substitution des Nutzers wahrscheinlicher macht.

An diesem Punkt wird noch einmal deutlich, weshalb es aus empirischen Gründen sinnvoll ist, bei Überlegungen zur Unterstützung in erster Linie von Aktivität auszugehen und nicht den allzu kompakten Begriff des Nutzers zu verwenden. Es ist nämlich durchaus üblich, dass eine Aktivität ersetzt wird, an der ein Nutzer beteiligt ist (oder die sogar ihm allein als Handlung zugeschrieben wird), ohne dass dieser Nutzer in seinem lokalen Kontext

komplett überflüssig wird. Solche Fälle können nur mit Hilfe der Unterscheidung von Aktivität und Mensch (Nutzer) beobachtet und angemessen beschrieben werden. Es wird ferner möglich darauf zu achten, welchen Effekt die Substitution einer Aktivität dieses Nutzers auf den Nutzer hat. Wenn z.B. die Aktivität „Aufstehen“ bei einem alten Menschen dauerhaft durch ein Exoskelett kontrolliert wird, dann läuft das auf eine Substitution dieser Aktivität hinaus. Das kann positive, belanglose oder auch negative Effekte haben. Wenn die Unterstützung den höchstmöglichen Grad erreicht, obwohl der Nutzer noch eigene Kapazitäten hat, dann findet womöglich eine Entwöhnung statt und es können z.B. Muskelgruppen degenerieren, die für das Aufstehen erforderlich sind, was wiederum die Bewegungsautonomie des Nutzers eigentlich schwächt anstatt sie zu stärken. Andere Beobachter (das heißt auch: andere Nutzer) können diese Substitution hingegen als Bedingung der Möglichkeit ansehen, wieder an bestimmten anderen Aktivitäten teilzuhaben. Substitution muss also nicht unter allen Umständen ein Problem sein. Es geht hier nicht um eine Bewertung, sondern nur darum dafür zu sensibilisieren, dass bei der Gestaltung, Konstruktion und Akzeptanz von technischer Unterstützung diese Möglichkeit des Kip-pens von Unterstützung in Substitution (und wieder zurück) berücksichtigt werden muss.

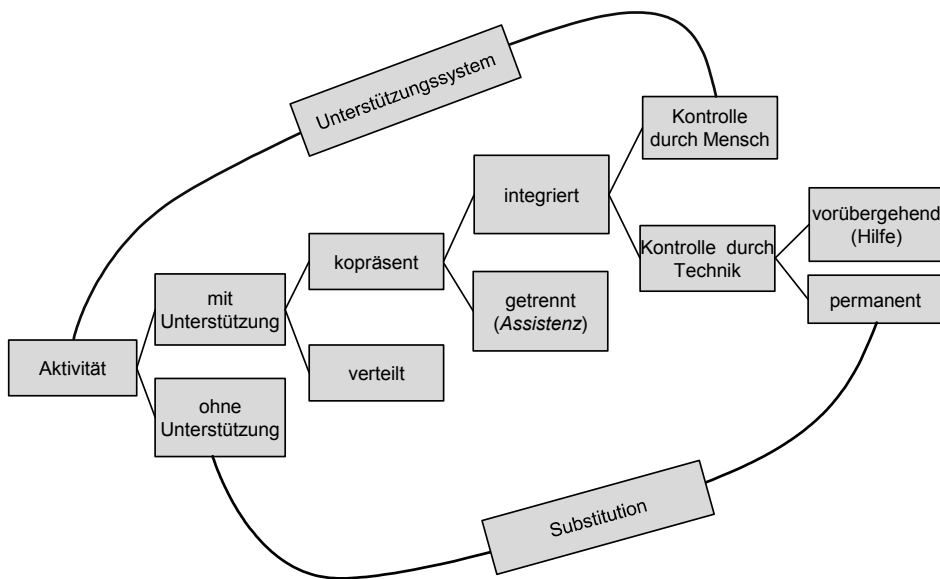


Abb. 2.10: Erklärung von Unterstützungssystemen und Substitution durch Feedback-Schleifen

In Bezug auf das in vorgestellte Klassifikationsverfahren entspricht das zwei Feedback-Schleifen, die in der **Abb. 2.10** dargestellt werden. Ein System der Unterstützung entsteht dann, wenn die Kontrolle über die Unterstützung beim Menschen liegt und er seine Aktivität über die Kontrolle der Unterstützung kontrolliert – wenn es also zu einer doppelten Schließung der Kontrolle kommt: „...the control’s control is the system.“ (Seite 39 in [41]). Dagegen kommt es zur Substitution wenn die Kontrolle *dauerhaft* bei der Technik liegt.

Im Grunde genommen entsteht dann keine Feedback-Schleife, sondern nur ein momenthafter Kurzschluss. Sobald die Substitution einsetzt, kippt die ganze Unterstützung. Es entsteht eine neue Aktivität – ohne Unterstützung. Das schlichteste Beispiel ist die klassische Automatisierung. Eine menschliche Aktivität wird durch Maschinen unterstützt bis es an einem bestimmten Zeitpunkt zu einer Entscheidung kommt, den Mitarbeiter durch die Maschine zu ersetzen. Hier kippt die Unterstützung in Substitution und die Aktivität ist keine unterstützte Aktivität mehr, sondern nur noch eine Aktivität der Maschine, und zwar ohne Unterstützung. Dieses Feedback ist deshalb keine Schleife, sondern eine Art Reset. Das hindert das Management einer Organisation freilich nicht daran, diese Automatisierung als Unterstützung unternehmerischer Produktionsaktivitäten zu beobachten. Es gibt eben keine objektive, zeitinvariante Einteilung von Unterstützung und Aktivität. Es gibt nur laufend mit ihren Wünschen, Intentionen und Bedürfnissen intervenierende Beobachter dieses Zusammenhangs.

Die Differenz zwischen individueller und organisationaler Beobachtung

Wie in den vorherigen Abschnitten beschrieben, sind zum einen unterschiedliche Formen der Unterstützung möglich und zum anderen spielen Beobachter eine zentrale Rolle. Um dies zu verdeutlichen wird exemplarisch ein konkretes Szenario aus der Produktion betrachtet: Eine Organisation instruiert einen Mitarbeiter, eine Aktivität auszuführen, die ein Produkt produziert (**Abb. 2.11**). Dieses schlichte Szenario kann verwendet werden, um die Bedeutung des Beobachters und seiner Interpretation zu demonstrieren. Zwei wesentliche Fälle können unterschieden werden:

1. Eine technische Unterstützung kann etwas oder jemanden stärken (durch Hinzufügen benötigter Funktionalität/en)

Beispiel 1: Der Anwender (Mitarbeiter) benutzt ein technisches Unterstützungssystem, um seine Tätigkeiten auszuführen. Funktionelle Defizite oder andere Bedarfe werden durch das technische Unterstützungssystem kompensiert. Seine Rolle in der Organisation wird gestärkt und gefestigt, ohne ihn durch eine Maschine zu substituieren, weil er in der Organisation als jemand beobachtet wird, dem ein Ermessensspielraum für bestimmte Entscheidungen zur Verfügung steht.

Beispiel 2: Eine Organisation nutzt automatisierte Systeme, z.B. mit Industrierobotern. Aus Sicht der Organisation können beispielsweise die Anzahl der produzierten Güter oder die Produktqualität durch entsprechende Systeme gesteigert werden. Das kann wiederum zu einer verbesserten Marktposition führen. Hier nimmt die Organisation technische Unterstützung in Anspruch.

2. Die technische Unterstützung kann eine Position schwächen, indem etwas oder jemand ersetzt wird.

Beispiel 1: Implementierung eines automatisierten Systems, z.B. mit Industrierobotern. Aus der Perspektive der Nutzer (hier: Mitarbeiter) werden durch entsprechende Systeme die individuellen Positionen geschwächt, da sie durch technische Systeme ersetzt werden. Die relevante Aktivität wird dann komplett durch eine Maschine ausgeführt und nicht mehr durch den Mitarbeiter. Die Schwächung wird z.B. sichtbar an der geringeren Wertschätzung der eigenen Arbeit im Vergleich zu

vorher, an einer Versetzung auf weniger anspruchsvolle Positionen bis hin zur Entlassung.

Beispiel 2: Die Organisation setzt ein automatisiertes System ein, das für Produkt- oder Prozessänderungen nicht flexibel genug ist. Die anfängliche Stärkung der Position einer Organisation (siehe auch Beispiel 2 oben) erweist sich als temporär. Wenn die Organisation nicht mehr auf bestimmte Kundenwünsche reagieren kann, ist sie in einer schwächeren Position. Das kann so weit gehen, dass ihre Marktposition durch eine andere Organisation übernommen wird.

Diese Beispiele zeigen mögliche Resultate einer technischen Unterstützung. Sie illustrieren auf einfache Art und Weise mögliche Beziehungen zwischen Unterstützung und Aktivität im Hinblick auf die verschiedenen Interessen und/oder Positionen von Beobachtern. Auch mögliche Zustandsänderungen sind mitbedacht. Technische Systeme können die jeweilige Position schwächen oder stärken, was sich im Zeitverlauf wiederum ändern kann. Eine Hypothese dieses Beitrags lautet: Nur technische Systeme, die auf eine Art und Weise unterstützen, die es den verschiedenen beteiligten Beobachtern erlaubt, zu einer gemeinsamen Beschreibung zu kommen (wenn also z.B. Nutzer und Organisation die Position bzw. Bedeutung der Unterstützung teilen), werden sich als tragfähige Unterstützungssysteme erweisen. Alle anderen Systeme können Personen, Organisationen oder Netzwerke jeweils nur für sich, das heißt allenfalls partikularistisch unterstützen. So geraten die Einbettungsverhältnisse der Einheit von (menschlicher) Aktivität und (technischer) Unterstützung aus dem Blick (Abb. 2.11). Eine Schwächung von Beobachtern in Netzwerken anderer Beobachter – seien es individuelle Nutzer oder Organisationen – wird dadurch wahrscheinlicher, was die Implementierung technischer Systeme erschwert und die Zufriedenheit und Akzeptanz mindert.

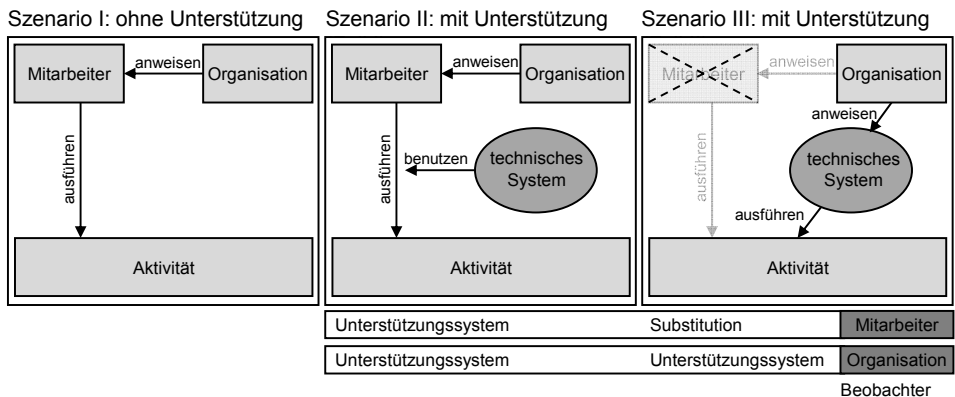


Abb. 2.11: Mögliche Szenarien für Unterstützungssysteme oder Substitution in Bezug auf unterschiedliche Beobachter

2.6.8 Eine Klassifikation exemplarischer Fälle

Aufbauend auf den bisherigen Beschreibungen wird abschließend das hier entwickelte Klassifikationsverfahren in Bezug auf drei exemplarische Lösungen aus dem Stand der

Technik kursorisch beschrieben. Dabei werden auch Gründe für bestimmte Pfade sichtbar, die die Autoren als Beobachter nachzeichnen. Einige dieser Fälle sind im Text bereits erwähnt worden. Hier werden nun aber jeweils alle drei Determinanten kompakt darauf angewendet. Bei der kurzen Vorstellung der Fälle kann ein Hinzuziehen der **Abb. 2.9** hilfreich sein.

Das Verfahren macht es möglich, unterschiedliche Formen technischer Unterstützung zu vergleichen. Es handelt sich jeweils nicht um eine feste, unveränderliche Zuordnung, sondern vielmehr um eine Einschätzung, die auch diejenigen Stellen sichtbar macht, an denen andere Beobachter aus verschiedenen Gründen (und vor dem Hintergrund technischer Unterschiede innerhalb dieser Fälle) womöglich anders optieren würden.

Fall 1: Automatisierte Applikationen

Durch automatisierte Applikationen wie Industrieroboter können Teile menschlicher Aktivitäten bis hin zu einer kompletten Aktivität unterstützt werden. Da automatisierte Applikationen in der Regel getrennt vom Menschen in Betrieb sind, handelt es sich hierbei um eine räumlich und zeitlich verstreute Beziehung zwischen menschlicher Aktivität und technischer Unterstützung. Die Form ihrer Kopplung ist getrennt, das heißt die Unterstützung erfolgt in diesem Fall eher in einer Art Arbeitsteilung. Sie ist nicht konstitutiv für die menschliche Tätigkeit (auch wenn sie konstitutiv für die Produktion ist). Die Kontrolle der Aktivität obliegt permanent der Technik. Die Mitarbeiter können allenfalls darauf reagieren. Automatisierung ist letztlich: Substitution.

Fall 2: Mensch-Maschine-Kooperation

Unterstützung die auf dem Konzept der Mensch-Maschine-Kooperation basiert, teilt die Komponenten einer Aktivität entsprechend der erwarteten Fähigkeiten und Fertigkeiten auf Mensch und Maschine auf [42]. Aufgrund der direkten Kooperation steht die Sicherheit des Menschen im Vordergrund. Eine übliche Lösung zur Gewährleistung der Sicherheit ist eine strikte Trennung der Arbeitsräume von Mensch und Maschine (z.B. durch Schutzzäune) oder aber es erfolgt eine zeitliche Trennung [42]. Konkret bedeutet dies, dass die Unterstützung der menschlichen Aktivität verteilt erfolgt und dass es sich um eine Form der strukturellen Kopplung zwischen Mensch und Maschine handelt, weil die Maschine nicht mit der menschlichen Aktivität synchronisiert wird. Das ist ein typischer Fall von Assistenz. Wo die Kontrolle der Aktivität verortet wird, ist stark abhängig von der konkreten technischen Umsetzung. Ein Industrieroboter würde die Aktivität in diesem Fall z.B. insofern kontrollieren, als der Nutzer während Kooperation nicht in die maschinellen Operationen eingreifen kann, sondern sich in seinem Verhalten vom Output und Geschwindigkeit des Roboters kontrollieren lässt.

An Stelle einer strikten räumlichen oder zeitlichen Trennung können beispielsweise auch globale, stationäre Sensoren zur Beobachtung der Umgebung eingesetzt werden. Durch optische Verfahren oder eine Trennung des Arbeitsraumes durch Lichtschranken kann die Sicherheit ebenfalls gewährleistet werden. Wird eine bestimmte zeitliche oder räumliche Grenze überschritten, stoppt die Unterstützung durch die Technik. Mit Einführung dieser

technischen Differenz wird die Form der Unterstützung transformiert – der Mensch kontrolliert in Teilen die Aktivität. Es handelt sich noch immer um Mensch-Maschine-Kooperation, aber um eine andere Kategorie oder Klasse der Form technischer Unterstützung. Darüber hinaus kann auch Systemtechnik eingesetzt werden, die die Umgebung in unterschiedliche Zonen ohne physikalische Barrieren einteilt [43]. Fortschrittliche Systeme gehen inzwischen sogar so weit, dass die Mensch-Roboter-Kooperation gar nicht mehr zeitlich oder räumlich getrennt erfolgt. Mensch und Technik führen gemeinschaftlich Aufgaben aus, sie können z.B. vollständig synchron gemeinsam Schweißen [44]. Das würde bedeuten, dass es sich hier sogar um eine koprärente Unterstützung handelt, die ferner integriert gekoppelt erfolgt. Selbst eine Anpassung der Trajektorie von Industrierobotern ist inzwischen möglich, sobald eine Gefährdung der beteiligten Menschen registriert wird. Dann kontrolliert der Mensch vorübergehend die Aktivität.

Fall 3: Tragbarer Montagesitz

Technische Systeme zur Unterstützung menschlicher Aktivitäten können auch fest mit dem Nutzer verbunden sein. Ein Beispiel ist ein Montagesitz, den Nutzer sich anziehen können [45]. Hierbei handelt es sich um eine koprärente Synchronisation und darüber hinaus um eine integrierte Lösung (Form der Kopplung), die durch den Menschen kontrolliert wird.

Wenn der Sitz allerdings durch Knopfdruck aktiviert wird, dann handelt es sich trotz der unmittelbaren Anpassung an den menschlichen Körper um eine verteilte Unterstützung – die aber dennoch integriert (also operativ gekoppelt) ist und vom Nutzer kontrolliert wird. Sie wäre ferner zeitlich beschränkt, weil das System passiv ist und durch Knopfdruck vorübergehend zugeschaltet wird. Verfügt der Montagesitz jedoch über integrierte Sensoren, mit deren Messwerten die Sollwertvorgabe für die Antriebe berechnet wird, dann ist es eine koprärente Unterstützung, die unter Umständen permanent mitläuft. Hier ist an die Funktionsweise eines klassischen Exoskeletts zu denken, das jederzeit eine Kraftunterstützung ermöglicht.

Nicht alle „Montagesitze“ fallen folglich in die gleiche Klasse technischer Unterstützung. Ein mit Sensoren operierender Sitz ist einem Exoskelett *strukturell* ähnlicher als einem per Knopfdruck aktivierten Montagesitz. Letzterer ist wiederum im Hinblick auf die Lösung des Problems der *Unterstützung* (also nicht in Bezug auf seinen Zweck oder seine technische Komplexität) eher mit einem klassischen Werkzeug vergleichbar.

Die Anwendung des Klassifikationsverfahrens lenkt die Aufmerksamkeit ohne Zweifel auf Vergleiche, die kontraintuitiv sind, die sich also nicht mit den üblichen Perspektiven decken, die unhinterfragt die Betrachtung von technischer Unterstützung leiten. Aber das treibt nicht nur den Erkenntnisgewinn nach oben, sondern vermehrt auch die möglichen Ansatzpunkte für Entwickler technischer Unterstützungssysteme.

2.6.9 Fazit

Die Grundlagen für eine Theorie technischer Unterstützung (darunter auch: Assistenzsysteme und Hilfsmittel) und eine daran orientierte Klassifikation aktueller und möglicher Lösungen, muss zahlreiche unterschiedliche Kriterien berücksichtigen. Insbesondere

muss sie einen Platz für die zahlreichen Beobachter vorsehen, die sich wechselseitig im Hinblick auf diverse Aktivitäten und Unterstützungsmöglichkeiten beobachten und jeweils unterschiedliche Perspektiven mitbringen. Dazu kommt eine größere Sensibilität für kombinierte Unterschiede, die dieses Klassifikationsverfahren widerzuspiegeln versucht. Beides zusammen führt zu einer Änderung der Wahrnehmung und der Möglichkeiten technischer Unterstützung – so wird unter anderem deutlich, wo genau die Problematik der Differenz zwischen Unterstützungssystem und Substitution liegt oder wie sich Unterstützung, Assistenz und Hilfe strukturell voneinander unterscheiden.

Unterstützung kann auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen. Das beschriebene Modell hat den Anspruch, auf alle empirisch beobachtbaren Unterstützungssituationen anwendbar zu sein. Es ist hier jedoch auf einen technischen Verwendungszusammenhang zugeschnitten worden. In einem ingenieurwissenschaftlichen Kontext kann es für den Entwurf, die Gestaltung, die Entwicklung und die Bewertung von Systemen genutzt werden, die Menschen unterstützen, assistieren oder helfen sollen. Eine derartige Systematisierung kann Entwicklern und Anwendern dabei helfen, gemeinsame Ansichten für unterschiedliche teilnehmende Beobachter zu finden sowie die wichtigsten Anforderungen für eine Systementwicklung zu bestimmen (von Materialien bis hin zu Steuerungsstrategien und Richtlinien). Zudem können damit Lücken und Defizite zwischen existierenden Lösungsansätzen und Bedarfen identifiziert werden.

Dieser erste Ansatz eines Klassifikationsmodells für Unterstützungstechnologien kann in weiteren Forschungsarbeiten erweitert sowie durch weitere mögliche Pfade spezifiziert werden. Darüber hinaus lassen sich die Klassifikationskriterien durch zusätzliche Unterscheidungen für eine detailliertere Bewertung verfeinern und erweitern.

2.6.10 Zusammenfassung

Eine Reihe technischer Systeme wurden bereits entwickelt bzw. werden aktuell entwickelt, um Menschen im Alltags- und Berufsleben zu unterstützen, zu assistieren oder ihnen Hilfe zu leisten. Diese Systeme können unterschiedlichste Formen der Unterstützung realisieren. Bisher mangelt es allerdings noch an einem grundlegenden Verständnis möglicher Strukturformen von Unterstützung. Die verwendete Terminologie bleibt unklar, weil sie sich einfach an alltagssprachlichen Vorstellungen orientiert, die eine notwendige Präzision des Problems vermissen lassen. Die Identifikation von Determinanten (Unterscheidungen) für die Klassifizierung derartiger Systeme ermöglicht eine Klärung. Die vorgestellten Determinanten charakterisieren vor allem Formen der Interaktion zwischen einer Aktivität (von Nutzern) und ihrer (technischen) Unterstützung. Es handelt sich dabei um die zeitlich-räumliche Relation zwischen Aktivität und Unterstützung, ihre Form der Kopplung und die Frage, wo innerhalb dieser Interaktion die Kontrolle verortet wird.

Die Klassifikationsergebnisse hängen vom Beobachter der Aktivität und der Unterstützung ab. Das konnte in der Beschreibung des Klassifikationsverfahrens anhand exemplarischer Lösungen aus dem Stand der Technik deutlich gemacht werden.

Literatur

- [1] Keen P. G. W.; Scott-Morton, M. S.: Decision Support Systems: An Organizational Perspective, Reading, MA: Addison-Wesley, 1978.

- [2] Reinhart, G.; Werner, J.; Lange, F.: Robot based system for automation of flow assembly lines, *Prod Eng Res Dev* 3, 2009, S. 121-126.
- [3] Thomas, C.; Busch, F.; Kuhlenkötter, B.; Deuse, J.: Ensuring Human Safety with Offline Simulation and Real-time Workspace Surveillance to Develop a Hybrid Robot Assistance System for Welding of Assemblies, in: *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability*, Springer, 2011, S. 464-470.
- [4] Graf, B.; Parlitz, C.; Hägele, M.: Robotic Home Assistant Care-O-bot® 3 Product Vision and Innovation Platform, in: *Human-Computer Interaction – Novel Interaction Methods and Techniques*, Lecture Notes in Computer Science Volume 5611, 2009, S. 312-320.
- [5] Ho, N. S. K.; Tong, K. Y. X.; Hu, L.; Fung, K. L.; Wei, X. J.; Rong, W.; Susanto, E. A.: An EMG-driven exoskeleton hand robotic training device on chronic stroke subjects: task training system for stroke rehabilitation, in: *2011 IEEE international conference on rehabilitation robotics*, 2011, S. 1-5.
- [6] Zoss, A. B.; Kazerooni, H.; Chu, A.: Biomechanical design of the Berkeley lower extremity exoskeleton (BLEEX), in: *Mechatronics*, IEEE/ASME Transactions, Volume 11, No. 2, 2006. S. 128-138.
- [7] Bruno, S.; Khatib, O.: *Springer handbook of robotics*, Springer Science+Business Media, Berlin, 2008.
- [8] Informationen dazu zum Beispiel unter <http://de.bike.kettler.net/produkte/katalog/n/0/e-bike/0/0.html>, zuletzt aufgerufen am 08. Juli 2015.
- [9] Al-Falouji, G.; Prestel, D.; Scharfenberg, G.; Mandl, R.; Deinzer, A.; Halang, W.; Margraf-Stiksrud, J.; Sick, B.; Deinzer, R.: SMART-iBrush – Individuelle Unterstützung der Zahnreinigung durch Messung von Bewegung und Druck mit einer intelligenten Zahnbürste, in: R. Weidner; T. Redlich (Hrsg.): *Erste Transdisziplinäre Konferenz „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen“*, Hamburg, 2014, S. 315-327.
- [10] Yoo, I.; Hawelka, F.; Reitelshöfer, S.; Franke, J.: Kostenminimierte, additiv gefertigte Handprothese für den Einsatz in Entwicklungsländern, in: R. Weidner; T. Redlich (Hrsg.): *Erste Transdisziplinäre Konferenz „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen“*, Hamburg, 2014, S. 410-419.
- [11] Weidner, R.; Redlich, T.: (Hrsg.), *Band zur Ersten Transdisziplinäre Konferenz „Technische Unterstützungssysteme, die Menschen wirklich wollen“*, Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg, 2014.
- [12] White, H. C.: *Identity and Control: How Social Formations Emerge*, 2nd Edition, Princeton: Princeton UP, 2008.
- [13] Herz, A.: *Strukturen transnationaler sozialer Unterstützung. Eine Netzwerkanalyse von personal communities im Kontext von Migration*, Wiesbaden, Springer VS, 2014.
- [14] Latour, B.: *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*, Frankfurt am Main, Suhrkamp, 2007.
- [15] Luhmann, N.: *Die Gesellschaft der Gesellschaft*, Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1997.

- [16] Baecker, D.: Form und Formen der Kommunikation. Frankfurt am Main, Suhrkamp, 2005.
- [17] Karafillidis, A.: Soziale Formen. Fortführung eines soziologischen Programms. Bielefeld, transcript, 2010.
- [18] Karafillidis, A.: Unmittelbares Handeln und die Sensomotorik der Situation, in: D. Baecker (Hrsg.), Schlüsselwerke der Systemtheorie, 2. Auflage, Wiesbaden, Springer VS, 2015 (im Erscheinen).
- [19] Bateson, G.: Form, Substance, and Difference, in: ders., Steps to an Ecology of Mind, Chicago and London, Univ. of Chicago Press, 2000, 454-471.
- [20] Merton, R. K.: Three Fragments From a Sociologist's Notebooks: Establishing the Phenomenon, Specified Ignorance, and Strategic Research Materials, *Annals Review of Sociology* 13, 1987, S. 1-28.
- [21] Rammert, W.: Technik – Handeln – Wissen. Zu einer pragmatistischen Technik- und Sozialtheorie, Wiesbaden, VS Verlag, 2007.
- [22] Suchman, N.: Human-Machine Reconfigurations. Plans and Situated Actions, 2nd Edition Cambridge, Cambridge UP, 2007.
- [23] Latour, B.: Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society, Cambridge, Harvard UP, 1987.
- [24] Beunza, D.; Stark, D.: Tools of the trade: the socio-technology of arbitrage in a Wall Street trading room, *Industrial and Corporate Change* 13 (2), 2004, S. 369-400.
- [25] Gehlen, A.: Die Seele im technischen Zeitalter. Sozialpsychologische Probleme in der industriellen Gesellschaft, Reinbek bei Hamburg, Rowohlt, 1957.
- [26] Ford, M.: Rise of the Robots. Technology and the Threat of a Jobless Future, New York, Basic Books, 2015.
- [27] Hochberg, C.; Schwarz, O.; Schneider, U.: Aspects of Human Engineering – Bio-optimized Design of Wearable Machines, in: A. Verl, A. Albu-Schäffer, O. Brock, A. Raatz (Hrsg.), Soft Robotics, Transferring Theory to Application, Berlin, Springer, 2015, S. 184-197.
- [28] Pusch, M.: Der Phantasie des Anwenders ist der Entwickler immer unterlegen, Vortrag auf dem 2. BMBF Zukunftskongress Demografie „Technik zum Menschen bringen“, 29. Juni 2015.
- [29] Drossel, W.-G.; Schlegel, H.; Walther, M.; Zimmermann, P.; Bucht, A.: New Concepts for Distributed Actuators and Their Control, in: A. Verl, A. Albu-Schäffer, O. Brock, A. Raatz (Hrsg.), Soft Robotics, Transferring Theory to Application, Berlin, Springer, 2015, S. 19-32.
- [30] Shannon, C. E.; Weaver, W.: The Mathematical Theory of Communication, Urbana and Chicago, University of Illinois Press, 1949.
- [31] Weick, K. E.: Der Prozess des Organisierens, Frankfurt am Main, Suhrkamp, 1985.
- [32] Cerulo, K.: Mining the Intersections of Cognitive Sociology and Neuroscience, *Poetics* 38, 2010, S. 115-132.
- [33] Martin, J. L.: The Explanation of Social Action, Oxford, Oxford UP, 2011.

- [34] Leifer, E. M.: *Actors as Observers, A Theory of Skill in Social Relationships*, New York/London, Garland, 1991.
- [35] Hempel, C. G.: *Grundzüge der Begriffsbildung in der empirischen Wissenschaft*, Düsseldorf, Bertelsmann Universitäts-Verlag, 1974.
- [36] Giddens, A.: *Die Konstitution der Gesellschaft. Grundzüge einer Theorie der Strukturierung*, Frankfurt am Main, Campus, 1997.
- [37] Abbott, A.: *Chaos of Disciplines*, Chicago: The University of Chicago Press, 2001.
- [38] Ashby, W. R.: *Requisite Variety and its Implications for the Control of Complex Systems*, *Cybernetica* 1 (2), 1958, S. 83-99.
- [39] Vickers, G.: *Cybernetics and the Management of Men*, in: ders., *Towards a Sociology of Management*, London, Chapman and Hall, 1967, S. 15-24.
- [40] Glanville, R.: *The Question of Cybernetics*, in: *Cybernetics and Systems* 18 (2), 1987 S. 99-112.
- [41] Glanville, R.: *The Form of Cybernetics: Whitening the Black Box*, in: *Society for General Systems Research (Hrsg.), General Systems Research, A Science, a Methodology, a Technology*, Louisville, 1979, S. 35-42.
- [42] Schweiger, S.: *Lebenszykluskosten optimieren: Paradigmenwechsel für Anbieter und Nutzer von Investitionsgütern*, 1. Aufl. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2009.
- [43] Kolb, A.; Barth, E.; Koch, R.: *Time-of-flight sensors in computer graphics*, in: *Proceedings of eurographics 2009 – state of the art reports*, The Eurographics Association, München, 2009, S. 119-134.
- [44] Busch, F.; Thomas, C.; Deuse, J.; Kuhlenkötter, B.: *A hybrid human-robot assistance system for welding operations – methods to ensure process quality and forecast ergonomic conditions*, in: Jack HS (Hrsg.), *Technologies and systems for assembly quality, productivity and customization – Proceedings of 4th CIRP conference on assembly technologies and systems (CATS)*, 20-22 Mai 2012, Ann Arbor, University of Michigan, Michigan, USA, 2012, S. 151-154.
- [45] Siehe <http://www.wired.com/2015/03/exoskeleton-acts-like-wearable-chair/>, zuletzt aufgerufen am 8. Juli 2015.

2.7 Rechtliche Herausforderungen bei der Entwicklung und Implementierung von Unterstützungssystemen

D.-S. Valentiner, N. Bialeck, H. Hanau und M. Schuler-Harms

2.7.1 Verfassungsrechtliche Dimension

Das Verfassungsrecht rahmt die rechtlichen Bedingungen für die technische Unterstützung im Arbeitsprozess, im Gesundheits- und Rehabilitationsbereich und im Alltag. Technische Unterstützungssysteme wirken sich aus auf die körperliche Unversehrtheit (Art. 2 II 1 GG), auf die Berufsfreiheit (Art. 12 I GG), auf die Entfaltung der Persönlichkeit und, soweit persönliche Daten verarbeitet werden, auch auf die informationelle Selbstbestimmung. Persönlichkeitsschutz, das Recht auf informationelle Selbstbestimmung sowie die möglicherweise ebenfalls betroffene Gewährleistung der Vertraulichkeit und Integrität informationstechnischer Systeme sind durch Art. 2 I i.V.m. 1 I GG garantiert. Weitere Gefährdungen können sich für das Telekommunikationsgeheimnis (Art. 10 GG) und für den Schutz der Unverletzlichkeit der Wohnung (Art. 13 GG) ergeben.

Die betroffenen Grundrechte sind dabei v.a. in ihrer abwehrrechtlichen Funktion gegenüber dem Staat und durch aktiven Schutz vor Gefährdungen durch andere Privatpersonen (z.B. Arbeitgeber oder datenverarbeitende Unternehmen) zu entfalten. Die Entlastungs-, Ausgleichs- bzw. Erweiterungsfunktion der Geräte (insbesondere im Falle gesundheitlicher oder altersbedingter Einschränkungen) erfordert einen näher zu bestimmenden Standard an Sicherheit und Qualität. Die technische Geräte- und Produktsicherheit vor und bei Markteinführung und im Rahmen des betrieblichen Arbeitsschutzes sowie der Gesundheitsschutz bei der konkreten Handhabung sind zu gewährleisten. In Bezug auf den Einsatz technischer Unterstützungssysteme ist außerdem die Teilhabe am gesellschaftlich-technologischen Fortschritt und an den erweiterten Möglichkeiten, die solche Systeme eröffnen, relevant. Wenn sich Unterstützungssysteme bewähren und im Gesundheits- und Pflegebereich verstärkt zur Sicherstellung der Grundbedürfnisse des Menschen eingesetzt werden, stellt sich die Frage nach einer Finanzierung durch die Allgemeinheit [1], im Sozialrecht etwa durch Übernahme von Unterstützungssystemen in das Hilfsmittelverzeichnis [2]. Im Arbeitsrecht ist zu klären, ob Beschäftigte individuelle Ansprüche auf Nutzung technischer Unterstützungssysteme haben oder inwieweit Mitarbeitervertretungsgremien über Initiativ- und Durchsetzungsrechte zur Einführung solcher Systeme verfügen.

Spannungsreiche Fragen ergeben sich mit Blick auf die Menschenwürdegarantie (Art. 1 I GG): Die mit technischen Unterstützungssystemen u.a. intendierte „Verbesserung gesunder Menschen“ [3] (häufig als „Enhancement“ bezeichnet) erscheint in ihren Wirkungen für die menschliche Würde ambivalent. Als objektives Verfassungsprinzip entfaltet die Garantie der Menschenwürde äußerste Grenzen für die Anwendung, u.U. auch schon für die Entwicklung neuer Technologien [4]. Aus dem staatlichen Auftrag zur Sorge dafür, dass der Mensch nicht zum Objekt des technischen Fortschritts verkommt [5], er-

geben sich u.U. staatliche Schutzpflichten, die eine Regulierung bzw. ein Verbot bestimmter Entwicklungen erfordern [6]. Diskussionen über Funktionsgehalt und Wirkung des Menschenwürdeschutzes im Mensch-Maschine-Verhältnis verlaufen in Ansehung der vielfältigen Einsatzkonstellationen (z.B. Interaktion, Kollaboration, Kooperation) kontrovers, weil die konkreten Verbindungen und Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine unterschiedliche Instrumentalisierungs-, Unterstützungs- und Ersetzungstendenzen aufweisen und damit verschiedene Wirkrichtungen der Menschenwürdegarantie ansprechen [7]. Die fortschreitende technische Entwicklung und Etablierung von Mensch-Maschine-Verbindungen wirft schließlich auch die Frage nach der Rechtssubjektivität von Maschinen auf, die gegenwärtig für hochentwickelte autonome Roboter diskutiert wird [6].

Die Ambivalenz der verfassungsrechtlichen Einordnung technischer Unterstützungssysteme im Hinblick auf die verschiedenen Grundrechtsfunktionen zeigt sich am Beispiel des Einsatzes im Gesundheits- und Rehabilitationsbereich. Technische Unterstützungssysteme begegnen dem steigenden Bedarf an Pflege, Rehabilitation und medizinischer Behandlung und ermöglichen neue Formen eigenständigen Handelns. Gleichzeitig drängen sich Fragen nach der menschlichen Beherrschbarkeit der Mensch-Maschine-Interaktion, nach Gesundheitsrisiken und Sicherheits- und Qualitätsstandards für die Produkte auf. Im Kontext der technischen Unterstützung älterer Menschen ist die Selbstbestimmung in abwehrrechtlicher Dimension zentraler Parameter, welcher sich im Spannungsfeld zum Schutz des Lebens, der körperlichen Unversehrtheit, der persönlichen und räumlichen Privatsphäre, der Persönlichkeit und der informationellen Selbstbestimmung bewegt [1]. Insbesondere bedarf die Frage, ob eine Substitution von medizinischem und pflegerischem Personal durch technische Assistenzsysteme stattfindet [4], unter dem Gesichtspunkt menschenwürdiger Pflege, Medizin bzw. Rehabilitation sorgfältiger Reflexion.

Das Verfassungsrecht setzt nur äußerste Grenzen und Wegmarken für die Entwicklung und Einführung technischer Innovationen. Rechtliche Fragen ergeben sich auch auf der Ebene einfachen, im Rang unterhalb der Verfassung stehenden Rechts. Sie betreffen einmal die bestehende, teilweise schon für den Entwicklungsprozess maßgebliche Rechtslage, zum anderen den gesetzgeberischen Handlungsbedarf. Herausforderungen an das Recht bilden auch einerseits die Teilhabe beeinträchtigter Personen und Arbeitnehmer an Entlastungs- und Ausgleichssystemen und andererseits Nutzungserwartungen Dritter (der Arbeitgeber, Pflegepersonen, Sozialleistungsträger o.a.), die in rechtliche oder faktische Nutzungszwänge münden können.

2.7.2 Datenverwaltung und Datenschutz

Der Einsatz von Unterstützungssystemen erfolgt u.a. mittels elektrischer Geräte, Bewegungsmelder und intelligenter Sensoren zur Erfassung der Umgebungsbedingungen und basiert dabei wesentlich auf der Erhebung, Auswertung und Weiterleitung (z.B. bei Notfallsystemen) von personenbezogenen Daten. Mithilfe von Sensorik werden zunächst Zustandsdaten erhoben, die erst durch die Verknüpfung und im Zusammenspiel mit weiteren Daten Personenbezug erhalten. Die Sensordaten werden als Rohdaten in der Regel zwecks Auswertung weitergeleitet [8]. Technische Unterstützungssysteme müssen dem

Datenschutzrecht genügen. Hierbei sind auch die Möglichkeiten eines technischen Datenschutzes sowie Herausforderungen und Lücken des Datenschutzrechts zu prüfen. Von zentraler Bedeutung ist dabei, dass Unterstützungssysteme autonome Funktionskomponenten enthalten können, d.h. nicht nur in der Lage sind, bestimmte Daten zu sammeln und auszuwerten, sondern auch eine auf dieser Auswertung basierende Entscheidung zu treffen [9, 10].

Datenschutzrechtliche Anforderungen

Nutzer neuer Technologien müssen bei der Verwendung technischer Unterstützungssysteme vor der unbefugten Sammlung personenbezogener Daten geschützt werden. Ihnen stehen Auskunftsrechte, Berichtigungs- und Löschungsansprüche zu. Die Verbote der Erstellung von Persönlichkeitsprofilen (*BVerfG*, Beschluss vom 16.07.1969, NJW 1969, 1707), der Rundumüberwachung (*BVerfG*, Urteil vom 03.03.2004, NJW 2004, 999, 1004), der Vorratsdatenspeicherung (*BVerfG*, Urteil vom 02.03.2010, NJW 2010, 833, 839) sowie Gebote zur Datensparsamkeit (vgl. § 3a BDSG, § 78b SGB X), Datenberichtigung und Datenlöschung (vgl. § 20 BDSG) richten sich an diejenigen Personen bzw. Unternehmen, die Daten sammeln und verarbeiten, beim Einsatz im Arbeitsverhältnis in erster Linie an die Arbeitgeber. Maßgebliche nationale Vorgaben zum Datenschutz enthalten das Bundesdatenschutzgesetz, das Telemediengesetz, das Telekommunikationsgesetz, die datenschutzrechtlichen Bestimmungen aus den Sozialgesetzbüchern (z.B. § 35 I SGB I, § 73 Ib SGB V, § 284 SGB V, § 94 SGB XI) sowie die landesrechtlichen Datenschutzbestimmungen. Auf europäischer Ebene ist der Schutz personenbezogener Daten in Art. 8 EU-GRC, Art. 16 I AEUV und Art. 8 EMRK verankert. Zu beachten sind außerdem die Datenschutz-Richtlinie 95/46/EG und die aktuellen Reformbemühungen um die Entwicklung einer europäischen Datenschutzgrundverordnung.

Die folgende Darstellung behandelt exemplarisch die Vorgaben des Bundesdatenschutzgesetzes: Beim Einsatz technischer Unterstützungssysteme stehen die Erhebung, Auswertung und Weiterleitung von Daten zum Nutzungsverhalten, zu Standortinformationen und Bewegungsmustern, technischen Kennungen (z.B. IP-Adressen) sowie Gesundheits- und Vitaldaten im Vordergrund [11]. Bei diesen handelt es sich um personenbezogene Daten i.S.d. § 3 I BDSG. Ihre Nutzung ist für eine auf den Menschen bezogene Programmierung bzw. Anpassung des technischen Systems erforderlich. Einige Systeme (z.B. Sturzwarnsysteme) knüpfen an die so gewonnenen und ausgewerteten Daten unmittelbar eine bestimmte Reaktion. Gemäß § 4 I BDSG sind Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten nur zulässig, soweit eine Rechtsvorschrift dies erlaubt oder anordnet oder aber der Betroffene eingewilligt hat. Eine wirksame Einwilligung setzt einen freien Willensentschluss und eine hinreichende Information des Betroffenen über den Zweck der Datenerhebung bzw. -verwendung voraus, § 4a I BDSG. Die Freiwilligkeit kann im Bereich der öffentlichen Leistungsgewährung, im Krankenversicherungsrecht sowie im Behandlungs- und Pflegeverhältnis problematisch sein, wenn z.B. die Einwilligung Voraussetzung der Bewilligung oder Erbringung einer benötigten Leistung oder Behandlung ist [11]. Hinsichtlich der Aufklärungspflicht über den Zweck der Datenverarbeitung stellt

sich die Frage nach Reichweite und Intensität: Müssen etwa dem Betroffenen die komplexen Vorgänge der elektronischen Verarbeitung erklärt werden? [8]. Auch kann es Schwierigkeiten bereiten, beim Einsatz neuartiger Technologien über (noch ungewisse) Langzeitfolgen aufzuklären. Eine umfassende Aufklärungspflicht im Gesundheitsbereich erfordert entsprechende Schulungen des medizinischen bzw. Pflegepersonals [11]. Aufgrund der komplexen Verarbeitungsprozesse und der Vielzahl der erhobenen Daten beim Einsatz von Unterstützungssystemen stößt das Instrument der Einwilligung hier an seine Grenzen, weshalb zu klären ist, wie sich die Vorschriften zur Einwilligung im BDSG praxisgerecht umsetzen oder auch gestalten lassen [12].

Technischer Datenschutz

Die Möglichkeiten eines „vorgreifenden“ Datenschutzes erfordern die Berücksichtigung datenschutzrechtlicher Belange bereits bei der technischen Entwicklung von Unterstützungssystemen. Dabei sind rechtliche Schutzmaßnahmen allein vielfach nicht ausreichend, sondern sie müssen durch technische und organisatorische Vorkehrungen flankiert werden. Hierfür lässt sich methodisch das sog. Schutzzielkonzept [11, 13] nutzen: Zunächst werden die wesentlichen Schutzziele von Datensicherheit und Datenschutz (Verfügbarkeit, Integrität, Vertraulichkeit, Transparenz, Intervenierbarkeit und Nichtverkettbarkeit) festgestellt und im Hinblick auf ihre Bedeutung und Wirkung für die jeweils betroffenen Personenkreise näher spezifiziert und profiliert. Hieran lassen sich die technischen Vorkehrungen ausrichten und systematisch bündeln.

Ein erster Ansatz für datenschutzgerechte Gestaltung könnte darin liegen, personenbezogene Daten gar nicht erst zu erheben. Um den Personenbezug von Daten zu entfernen, bieten sich Verschlüsselungstechniken wie die Anonymisierung an [11], bei der durch Entfernung des Personenbezugs die Zuordnung von Daten zu einer bestimmten Person unmöglich gemacht wird, vgl. § 3 VI BDSG. Technische Unterstützungssysteme basieren aber regelmäßig auf personenangepasster Konfiguration [14], die personenbezogene Datenerhebung, -verarbeitung und -auswertung voraussetzt, sodass eine Anonymisierung nur selten in Betracht kommen dürfte.

Der Umgang mit den Daten kann aber jedenfalls ein höheres Sicherheits- und Sparsamkeitsniveau erreichen, wenn die Auswertung der Daten bereits im Erhebungsumfeld (beim Einsatz im Alltag z.B. in der Wohnung des Nutzers) über ein eigenes Auswertungsmodul oder über eine auf einem Gerät installierte Software erfolgt [8]. Auch Pseudonymisierungen sind zu erwägen. Im Entwicklungsprozess ist schließlich die Möglichkeit des Widerrufs der Einwilligung zu bedenken. Technische Lösungsmöglichkeiten für einen „Widerruf auf Zeit“, also eine befristete Aussetzung des Einsatzes, sind nötig [11].

Herausforderungen für das Datenschutzrecht

Das Datenschutzrecht enthält bislang keine Regelungsmechanismen zur Umsetzung der Schutzziele von Datenschutz und Datensicherheit für eine regelmäßige und automatisierte Datenverarbeitung durch technische Unterstützungssysteme [13]. Insbesondere versagt das einzelfallbezogene Instrument der Einwilligung in Ansehung der Vielzahl gleichgela-

gerter Fälle, die der Einsatz technischer Unterstützungssysteme eröffnet [13]. Das Datenschutzrecht wird sich deshalb im Hinblick auf diese neuen technischen Möglichkeiten fortentwickeln müssen. Richtungsweisend für eine solche Fortentwicklung könnte der Ansatz der Technikneutralität von Regelungen sein [15]. Technikneutrale Regelungen zeichnen sich durch entwicklungsoffene Formulierungen aus, die es ermöglichen, den Datenschutz mit technischer Innovation zu verbinden. Technikneutralität datenschutzrechtlicher Anforderungen erleichtert die Arbeit der Gesetzgebung, effektuiert den Datenschutz im Hinblick auf die Zieltauglichkeit und fördert die Entwicklungsfreiheit von Herstellern, die durch detaillierte Technikregelungen beschränkt wird [15]. Sie dient schließlich auch der Wettbewerbsförderung, weil detailreiche Regelungen sich oftmals an bereits bestehender Technik orientieren. Gleichzeitig geht mit der Technikneutralität regelmäßig ein hohes Maß an Abstraktheit der verwendeten Rechtsbegriffe einher, sodass die Technik die Verwirklichungsbedingungen des Regelungsziels verändern kann [15]. Es wird zu prüfen sein, ob eine technikneutrale Regulierung den Herausforderungen, die gerade aus dem technischen Fortschritt bei Unterstützungssystemen resultieren, gerecht werden kann.

2.7.3 Produkt- und Gerätesicherheitsrecht

Rechtliche Anforderungen an die Sicherheit von Produkten und Geräten sollen gewährleisten, dass nur technische Erzeugnisse oder Stoffe in Verkehr gelangen, die besonderen Sicherheitsstandards genügen. Die Verantwortung hierfür wird vorwiegend den Herstellern, Importeuren und Händlern bei der Herstellung und Vermarktung übertragen [16]. Neben grundlegenden Sicherheitsstandards werden insbesondere Einstufungs-, Verpackungs- und Kennzeichnungsverpflichtungen festgelegt (etwa die CE-Kennzeichnung für den europäischen Wirtschaftsraum). Das Produkt- und Gerätesicherheitsrecht erfüllt neben dem technischen Arbeitsschutz auch Zwecke des Verbraucherschutzes, Umweltschutzes oder allgemeinen Gesundheitsschutzes [17]. Zu den im Zusammenhang mit der Entwicklung, Konstruktion und Einführung technischer Unterstützungssysteme relevanten Rechtsquellen zählen v.a. das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) und die auf seiner Grundlage erlassenen Verordnungen (insbesondere etwa die Maschinenverordnung [9. ProdSV]).

Im Hinblick auf den Einsatz im Gesundheits-, Pflege- und Rehabilitationswesen sind ferner die Anforderungen des Gesetzes über Medizinprodukte (MPG) und der Medizinprodukte-Sicherheitsplanverordnung (MPSV) relevant, welche ihrerseits die Produktbeobachtungs- und -meldepflichten für Medizinprodukte konkretisiert. Als zentrale Schutznorm fungiert § 4 MPG, der Gefährdungen von Sicherheit und Gesundheit der Patienten, Anwender und Dritter auf „ein nach den Erkenntnissen der medizinischen Wissenschaften vertretbares Maß“ begrenzt und damit gleichsam die Grenze des von Seiten des Staates erlaubten Risikos festlegt.

Rechtssystematisch unterhalb der verbindlichen Ebene des Gesetzes- und Verordnungsrechts existieren einschlägige – freiwillige – sicherheitstechnische Standards, von denen die neue, für den Bereich nicht-industrieller und nicht-medizinischer Assistenzrobotersysteme und -geräte geltende DIN EN ISO 13482:2014 (Roboter und Robotikgeräte – Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter) besonders hervorzuheben ist. Über

die ausdrücklich normierten Anforderungen des klassischen Produktsicherheitsrechts hinaus ist zudem der bereits erwähnte technische Datenschutz ein Mittel zur Gewährleistung der Produkt- und Gerätesicherheit im weiteren Sinne bereits ab der Entwicklungsphase.

2.7.4 Arbeitsschutz

Auch im Arbeitsumfeld ist der Einsatz technischer Unterstützungssysteme ambivalent. Einerseits können Unterstützungssysteme Arbeitnehmer entlasten und nicht nur bei gesundheitlichen oder altersbedingten Einschränkungen helfen, langfristig die Arbeitsfähigkeit zu erhalten. Sie können vielmehr auch allgemein dazu beitragen, die Einsatz- und Leistungsfähigkeit zu erweitern und zu verbessern. Andererseits stellen technische Hilfs- und Arbeitsmittel in ihrem Anwendungsbereich auch Gefahrenquellen für Menschen dar. Deshalb stellt sich die Frage, ob und wie Arbeitnehmer den Einsatz von Unterstützungssystemen im Arbeitsverhältnis nach geltendem Recht ablehnen können und ob und wie eine solche Möglichkeit künftig noch weitergehend rechtlich abgesichert werden könnte und sollte.

Um solcher Gefahren – die aufgrund der stetigen Entwicklung von Technik, Organisation und Wissenschaft in ständigem Wandel begriffen sind – Herr zu werden, bildet der Arbeitsschutz einen integralen Bestandteil der allgemeinen Arbeits- und Sozialpolitik. Er soll mit technischen, organisatorischen und personellen Regelungen, Instrumenten und Institutionen die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten sicherstellen, insbesondere Unfälle und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren verhüten und zu einer menschengerechten Gestaltung der Arbeit beitragen [18]. Der Verfolgung und Umsetzung dieser Ziele dient das Arbeitsschutzrecht als Gesamtheit eines äußerst heterogenen rechtlichen Instrumentariums, das sich rechtssystematisch aus einer Vielzahl unterschiedlicher nationaler und internationaler – v.a. europäischer – Rechtsquellen speist. Nahezu auf allen Regelungsebenen finden sich Bestimmungen, die für die Entwicklung und Implementierung von technischen Unterstützungssystemen relevant sind: Auf nationaler Ebene Gesetze, Verordnungen, technische Regeln (insbesondere Technische Regeln für Betriebssicherheit – TRBS) und Sicherheitsstandards in Form technischer (DIN-) Normen sowie Unfallverhütungsvorschriften, Regeln, Informationen und Grundsätze der Unfallversicherungsträger (sog. DGUV-Regelwerk), auf internationaler Ebene europäische Richtlinien und Verordnungen, Übereinkommen und Empfehlungen, etwa der Internationalen Arbeitsorganisation ILO [19]. In der Europäischen Union ist der Arbeitsschutz mittlerweile außerdem im europäischen Primärrecht verankert: In Art. 31 EU-GRC ist ein soziales Grundrecht auf gesunde, sichere und würdige Arbeitsbedingungen statuiert, das jeder Arbeitnehmerin und jedem Arbeitnehmer zusteht und das jeden Menschen vor den besonderen Gefahren und Risiken schützen soll, die mit dem Arbeitsleben verbunden sind oder sein können [20].

Das deutsche Arbeitsschutzrecht lässt sich grundlegend in den Bereich des vorgegreifenden technischen Arbeitsschutzes, den das Produkt- und Gerätesicherheitsrecht bezogen auf Arbeitsmittel, Werkstoffe und Anlagen verwirklicht, und den betrieblichen Arbeitsschutz unterteilen.

Der betriebliche Arbeitsschutz zielt in erster Linie auf die Organisation von Sicherheit und Gesundheitsschutz im Betrieb ab. Im Einzelnen regelt er die sichere Gestaltung des Arbeitsumfelds, die sichere Benutzung von Arbeitsgeräten und persönlichen Schutzausrüstungen, den Umgang mit Gefahrstoffen sowie das sicherheitsgerechte Verhalten der Beschäftigten [16]. Die arbeitsschutzrechtliche Grundnorm § 3 I Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) verpflichtet den Arbeitgeber, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu treffen, auf ihre Wirksamkeit zu prüfen und ggf. sich ändernden Gegebenheiten anzupassen. Als Maßnahmen des Arbeitsschutzes definiert das Gesetz Maßnahmen zur Verhütung von Unfällen bei der Arbeit und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren einschließlich Maßnahmen der menschengerechten Gestaltung der Arbeit (§ 2 I ArbSchG). Ziel des ArbSchG ist neben dem Sicherheits- und Gesundheitsschutz der Beschäftigten auch dessen Verbesserung (§§ 1 I 1, 3 I 3 ArbSchG), was den betrieblichen Arbeitsschutz zu einer ebenso ständigen wie auch dynamischen Aufgabe macht [21].

Bei der Einrichtung von Arbeitsplätzen unter Verwendung technischer Unterstützungssysteme muss zur Ermittlung der notwendigen Arbeitsschutzmaßnahmen stets eine arbeitsplatz- und arbeitsstättenbezogene Gefährdungsbeurteilung nach § 5 ArbSchG erfolgen. In diese Beurteilung sind insbesondere Gefährdungen durch physische oder psychische Einwirkungen und Belastungen einzubeziehen, im hier behandelten Kontext also v.a. spezifische Verletzungsrisiken, die durch den Gebrauch der maschinellen Hilfsmittel entstehen können [22]. Die allgemein gehaltenen gesetzlichen Vorgaben zur Gefährdungsbeurteilung werden durch konkrete technische Anforderungen präzisiert, die v.a. in Rechtsverordnungen und technischen Regeln und Normen formuliert sind. Abschließende spezifische Bestimmungen für technische Unterstützungssysteme existieren – soweit ersichtlich – aktuell (noch) nicht. Bereits jetzt ist aber für jeden Einzelfall zu prüfen, ob geltende Vorschriften für anderweitige Regelungsbereiche auch auf technische Unterstützungssysteme anwendbar sind.

Derzeit existieren neben der bereits oben erwähnten DIN EN ISO 13482:2014 z.B. technische Normen für Roboter in industrieller Umgebung in Form der DIN EN ISO 10218 (Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen), die u.a. das neue Anwendungsfeld der sogenannten kollaborierenden Roboter beinhaltet. Kollaborierende Roboter sind komplexe Maschinen, die Menschen im direkten Zusammenwirken in einem gemeinsamen Arbeitsprozess unterstützen und entlasten. Aufgrund der großen räumlichen Nähe dieser Zusammenarbeit kann es zum direkten Kontakt zwischen Roboter und Menschen kommen [22]. Da technische Unterstützungssysteme gerade auf ein solches Zusammenwirken im direkten physischen Kontakt ausgelegt sind, sind auch für sie die für kollaborierende Robotersysteme geltenden technischen Vorgaben zu berücksichtigen.

In diesen technischen Normen sind allerdings bis dato keine ausreichenden konkreten sicherheitstechnischen Anforderungen und Prüfverfahren für eine Bewertung der relevanten Risiken aufgeführt. Daher hat bspw. das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in einem Entwicklungsprojekt technologische, medizinisch-biomechanische, ergonomische und arbeitsorganisatorische Anforderungen zur Ergänzung und Präzisierung dieser Normen erarbeitet und in einer sog. Handlungshilfe zu-

sammengefasst [23]. Die Vorgaben dieser Handlungshilfe sind für technische Unterstützungssysteme ebenso zu berücksichtigen, wie es die Vorgaben der ISO/TS 15066 sein werden, die derzeit erarbeitet wird, um nähere sicherheitstechnische Anforderungen für das Anwendungsgebiet Mensch-Roboter-Kollaboration im industriellen Bereich zu definieren [24].

Derartige Handlungshilfen und Sicherheitsregeln besitzen zwar keinen verbindlichen Rechtsnormcharakter, können aber als „gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse“ i.S.v. § 4 Nr. 3 ArbSchG Bedeutung erlangen [21].

2.7.5 Betriebliche Mitbestimmung

Auf betrieblicher Ebene kann die Einführung technischer Unterstützungssysteme zudem die Mitwirkung des Betriebsrats erforderlich machen. Das Betriebsverfassungsrecht [25] enthält eine Reihe unterschiedlicher, nach ihrer Intensität fein gestufter Mitwirkungsrechte des Betriebsrats, die für die Implementierung technischer Unterstützungssysteme einschlägig sind: § 87 I Nr. 7 BetrVG sieht ein echtes (erzwingbares) Mitbestimmungsrecht auf der stärksten Stufe der betrieblichen Beteiligungsrechte vor, die dem Betriebsrat eine gleichberechtigte Beteiligung an Arbeitgeberentscheidungen ermöglicht. Nach dieser Vorschrift hat der Betriebsrat – soweit keine gesetzlichen oder tarifvertraglichen Regelungen bestehen – mitzubestimmen über „Regelungen über die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten sowie über den Gesundheitsschutz im Rahmen der gesetzlichen Vorschriften oder der Unfallverhütungsvorschriften“. Mitbestimmungspflichtig sind hier nach sämtliche Regelungen im Rahmen der gesetzlichen Vorschriften über den Arbeitsschutz [26]. Die Mitwirkung an und die Zustimmung zu solchen Regelungen liegen im Ermessen des Betriebsrats und können allein durch einen Spruch der Einigungsstelle ersetzt werden, § 87 II BetrVG.

Ein weiteres echtes Mitbestimmungsrecht auf gleicher Intensitätsstufe besteht nach § 87 I Nr. 6 BetrVG im Hinblick auf die „Einführung und Anwendung von technischen Einrichtungen, die dazu bestimmt sind, das Verhalten oder die Leistung der Arbeitnehmer zu überwachen“. Dieses Mitbestimmungsrecht ist einschlägig, wenn und soweit ein Unterstützungssystem zur Erhebung, Auswertung und Weiterleitung leistungsbezogener Arbeitnehmerdaten eingerichtet wird.

Ergänzt werden diese erzwingbaren echten Mitbestimmungsrechte durch schwächere Mitbestimmungsregelungen: Der Betriebsrat kann nach § 80 I Nr. 2 BetrVG weitere Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen und Gesundheitsschädigungen anregen. Er muss damit beim Arbeitgeber dergestalt Gehör finden, dass seine Argumente auf den Entscheidungsprozess des Arbeitgebers einwirken können (sog. allgemeines Anhörungsrecht). § 88 Nr. 1 BetrVG ermöglicht für zusätzliche, über den gesetzlichen Arbeitsschutz hinausgehende Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen und Gesundheitsschädigungen außerdem ausdrücklich den Abschluss freiwilliger Betriebsvereinbarungen. Als zusätzliche Maßnahmen in diesem Sinne kommen insbesondere die Bereitstellung und Verwendung technischer Unterstützungssysteme in Betracht.

§ 89 BetrVG enthält eine allgemeine auf den Arbeitsschutz bezogene Aufgabenzuweisung an den Betriebsrat, der sich dafür einzusetzen hat, „dass die Vorschriften über den Arbeitsschutz und die Unfallverhütung im Betrieb sowie über den betrieblichen Umweltschutz durchgeführt werden.“ Außerdem verpflichtet § 89 BetrVG den Betriebsrat zur Zusammenarbeit mit den zuständigen Arbeitsschutz- und Gesundheitsschutzbehörden.

Daneben sieht § 90 BetrVG sowohl schlichte Unterrichtsrechte vor, die allein der Information des Betriebsrats dienen, als auch etwas weitergehende Beratungsrechte, bei denen der Arbeitgeber den Verhandlungsgegenstand gemeinsam mit dem Betriebsrat erörtern muss: Nach § 90 I BetrVG hat der Arbeitgeber den Betriebsrat rechtzeitig (also bereits im Planungsstadium) und unter Vorlage der erforderlichen Unterlagen über die Planung u.a. von technischen Anlagen, von Arbeitsverfahren und Arbeitsabläufen oder der Arbeitsplätze zu unterrichten. Nach § 90 II BetrVG sind weitergehend die vorgesehenen Maßnahmen und ihre Auswirkungen auf die Arbeitnehmer, insbesondere auf die Art ihrer Arbeit so rechtzeitig zu beraten, dass Vorschläge und Bedenken des Betriebsrats bei der Planung berücksichtigt werden können [27]. Arbeitgeber und Betriebsrat sollen dabei ausdrücklich auch die gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit berücksichtigen.

§ 91 BetrVG gewährt darüber hinaus unter engen Voraussetzungen ein erzwingbares (korrigierendes) Mitbestimmungsrecht im Hinblick auf Änderungen der Arbeitsplätze, des Arbeitsablaufs oder der Arbeitsumgebung: Widersprechen solche Maßnahmen offensichtlich den gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit und werden die Arbeitnehmer dadurch in besonderer Weise belastet, so kann der Betriebsrat angemessene Maßnahmen zur Abwendung, Milderung oder zum Ausgleich der Belastung verlangen. Kommt eine Einigung nicht zustande, entscheidet die Einigungsstelle auf Antrag des Arbeitgebers oder des Betriebsrats [28].

Literatur und Anmerkungen

- [1] Remmers, H.: Assistive Technologien in der Lebenswelt älterer Menschen: Ethische Ambivalenzkonflikte zwischen Sicherheit und menschlicher Würde, in: Joerden, J. C.; Hilgendorf, E.; Petrillo und N.; Thiele, F. (Hrsg.): Menschenwürde in der Medizin: Quo vadis?, 2012, S. 77-94.
- [2] Eberhardt, B.: Unterstützende Assistenzlösungen für den Alltag, in: Sozialrecht + Praxis, 2012, S. 751-760.
- [3] Hilgendorf, E.: Menschenwürde und die Idee des Posthumanen, in: Joerden, J. C.; Hilgendorf, E. und Thiele, F. (Hrsg.): Menschenwürde und Medizin, 2013, S. 1047-1067.
- [4] Fitzi, G.; Matsuzaki, H.: Menschenwürde und Roboter, in: Joerden, J. C.; Hilgendorf, E.; Thiele, F. (Hrsg.): Menschenwürde und Medizin, 2013, S. 919-931.
- [5] Die Objekt-Formel findet sich erstmals in BVerfG, Beschluss vom 16.07.1969 – 1 BvL 19/63, Neue Juristische Wochenschrift, 1969, S. 1707.
- [6] Beck, S.: Menschenwürde und Mensch-Maschine-Systeme, in: Joerden, J. C.; Hilgendorf, E. und Thiele, F. (Hrsg.): Menschenwürde und Medizin, 2013, S. 997-1018.

- [7] Kersten kategorisiert diese Schnittstellen in instrumentelle, symbiotische und autonome Konstellationen. Kersten, J.: Menschen und Maschinen, in: Juristenzeitung, 2015, S. 1-8.
- [8] Regnery, C.: Datenschutzrechtliche Fragen beim Ambient Assisted Living, in: Tagungsband Herbstakademie, IT und Internet – mit Recht gestalten, 2012, S. 579-596.
- [9] Albert, A.; Müller, B.: Herausforderungen und Perspektiven für Märkte im Bereich kognitiver und robotischer Systeme, in: Hilgendorf, E. und Günther, J. (Hrsg.): Robotik und Gesetzgebung, 2012, S. 29-51.
- [10] Beck, S.: Grundlegende Fragen zum rechtlichen Umgang mit der Robotik, in: Juristische Rundschau, 2009, S. 225-230.
- [11] Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein: Vorstudie – Juristische Fragen im Bereich altersgerechter Assistenzsysteme, 2010.
- [12] Vgl. zu Problemen des Instruments der Einwilligung Masing, J.: Herausforderungen des Datenschutzes, in: Neue Juristische Wochenschrift, 2012, S. 2305-2311.
- [13] Roßnagel, A.; Jandt, S.; Skistims, H.; Zirfas, J.: Zulässigkeit von Feuerwehr-Schutzanzügen mit Sensoren und Anforderungen an den Umgang mit personenbezogenen Daten, 2012.
- [14] Weidner, R.; Kong, N.; Wulfsberg, J. P.: Human Hybrid Robot: a new concept for supporting manual assembly tasks, in: Production Engineering 7(6), 2013, S. 675-684.
- [15] Roßnagel, A.: Technikneutrale Regulierung: Möglichkeiten und Grenzen, in: Eifert, M. und Hoffmann-Riem, W. (Hrsg.): Innovationsfördernde Regulierung – Innovation und Recht II, 2009, S. 323-338.
- [16] May, E.: Robotik und Arbeitsschutzrecht, in: Hilgendorf, E. (Hrsg.): Robotik im Kontext von Recht und Moral, 2014, S. 99-118.
- [17] Wlotzke, O.: Das neue Arbeitsschutzgesetz, in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht, 1996, S. 1017-1023.
- [18] Pieper, R.: Arbeitsschutzgesetz – Basiskommentar zum ArbSchG, 6. Aufl., 2014.
- [19] Gesetze: insb. ArbSchG, Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG); Verordnungen: Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV), Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV), Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit – PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV); Unfallverhütungsvorschriften nach § 15 SGB VII, die von den Unfallversicherungsträgern als autonomes Recht gesetzt und künftig als Vorschriften der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV-Vorschriften) zusammengefasst werden; Technische Regeln und Normen: insb. etwa Technische Regel für Betriebssicherheit TRBS 1151 – Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch – Arbeitsmittel - Ergonomische und menschliche Faktoren; DIN EN 1005 – Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung; europäische Richtlinien und Verordnungen: EU-Arbeitsschutz-Richtlinie 2013/35/EU vom 26. Juni 2013 sowie EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG vom

17. Mai 2006; internationale Übereinkommen: ILO-Übereinkommen Nr. 187 „über den Förderungsrahmen für den Arbeitsschutz“ vom 15. Juni 2006; ILO-Empfehlungen: ISO 11228 – Ergonomie - Manuelles Handhaben von Lasten.
- [20] Lörcher, K.: Grundrecht 1, in: Gesamtes Arbeitsschutzrecht – Handkommentar, 2014.
- [21] Kohte, W.: § 288., in: Münchener Handbuch zum Arbeitsrecht, 3. Aufl., 2009.
- [22] Ottersbach, H. J.; Huelke, M.: Sichere Arbeitsplätze mit kollaborierenden Robotern, KAN-Brief 4/2010, abrufbar unter: <http://www.kan.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/KAN-Brief/de-en-fr/10-4.pdf> (19.02.2015).
- [23] BG/BGIA-Empfehlungen [künftig: Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger – EGU] für die Gefährdungsbeurteilung nach Maschinenrichtlinie - Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern (U 001/2009), abrufbar unter: http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bg_bgia_empf_u001d.pdf (19.02.2015).
- [24] IFA, Kollaborierende Roboter (COBOTS), abrufbar unter: <http://www.dguv.de/ifa/Fachinfos/Kollaborierende-Roboter/index.jsp> (19.02.2015).
- [25] Dieser Beitrag beschränkt sich bewusst auf das Betriebsverfassungsrecht. Den nachfolgend erläuterten Bestimmungen teilweise vergleichbare Regelungen finden sich allerdings auch im Personalvertretungsrecht, bspw. in § 75 III Nr. 11, 16, 17 und § 81 BPersVG.
- [26] Wiese, G.; Gutzeit, M., § 87, in: Gemeinschaftskommentar BetrVG, 10. Aufl., 2014.
- [27] Wenn solche Maßnahmen eine gewisse Erheblichkeitsschwelle überschreiten, können sie im Einzelfall darüber hinaus außerdem eine Betriebsänderung darstellen und damit weitergehende Mitbestimmungsrechte nach §§ 111 ff. BetrVG nach sich ziehen.
- [28] Wird eine von der Einigungsstelle beschlossene Maßnahme für unangemessen erachtet, kann der Spruch der Einigungsstelle nach § 76 V BetrVG gerichtlich angefochten werden.

2.8 Technische Unterstützungssysteme aus wirtschaftlichem Blickwinkel

W. Weidner und J.-M. Graf von der Schulenburg

2.8.1 Veränderte Rahmenbedingungen durch gesellschaftlichen Wandel

Die mit dem demografischen Wandel verbundene Veränderung der Bevölkerungsstruktur führt in den nächsten Jahrzehnten zu weitreichenden gesellschaftlichen und ökonomischen Veränderungen in Deutschland. Die steigende Lebenserwartung bei niedriger Geburtenrate impliziert, dass die deutsche Bevölkerung altert und zahlenmäßig abnimmt [1]. Dies hat massive Auswirkungen auf die gesamte Volkswirtschaft, auf den Arbeitsmarkt, die Wertschöpfung und die Finanzierbarkeit der Sozialsysteme sowie die private Absicherung.

Demografisch bedingt wird es in Deutschland zu einem absoluten Rückgang sowie einer Alterung des Erwerbspersonenpotenzials kommen [1]. Damit einhergehend wird sich das im gesamtwirtschaftlichen Produktionsprozess eingesetzte Arbeitsvolumen und die Produktivität reduzieren. Im beitragsfinanzierten Sozialsystem wird die sinkende Anzahl der Erwerbspersonen, den Beitragszahlern, einer steigenden Zahl an Leistungsempfängern gegenüberstehen. Diese Problematik verstärkt sich im Bereich der Krankheits- und Pflegekosten durch den Sachverhalt, dass die Kosten mit dem Lebensalter stark ansteigen [2].

Auf der anderen Seite ist eine zunehmende Komplexität des Berufsalltags zu beobachten – die digitale Revolution verändert die Rahmenbedingungen auf dem Arbeitsmarkt grundlegend. „Einfache Arbeiten“ werden in den nächsten Jahrzehnten zunehmend automatisiert [3], während Tätigkeiten mit niedrigen Löhnen und niedrigem Qualifikationsniveau etwa in der Logistik, Verwaltung und im Verkauf sowie Tätigkeiten eines Fabrikarbeiters oder Bauarbeiters fachlich und körperlich anspruchsvoller werden. Künstliche Intelligenz und fortschreitende Automatisierung werden zahlreiche Berufe überflüssig machen und einen Umbau der Arbeitsgesellschaft herbeiführen [3, 4].

Entscheidend für ein künftig funktionierendes Wirtschafts- und Sozialsystems ist eine Anpassung der Erwerbsquote sowie der Ausschöpfung des Erwerbspersonenpotenzials an die demografischen Strukturveränderungen. Demografisch bedingt wird sich der Arbeitsmarkt darauf einrichten müssen, künftig mehr ältere Menschen zu beschäftigen. Der Druck auf die Unternehmen im Hinblick auf den Erhalt und die Förderung der Leistungs-, Gesundheits- und Beschäftigungsfähigkeit bis ins Rentenalter wird zunehmen. Denkbar sind präventive und operative Maßnahmen, die dem demografischen Leistungsabfall entgegenwirken: So werden neben dem Einsatz von klassischen Robotersystemen, die menschliche Arbeitskraft bei „einfachen“ Tätigkeiten ersetzen (Automatisierung), technische Systeme stehen, die zum Teil konträre Vorteile von Mensch und Maschine intelligent aufgaben- und personenspezifisch kombinieren und damit manuelle Arbeitsabläufe unterstützen und demzufolge Arbeitskraft erhalten (Deautomatisierung). Andere Unterstützungssysteme werden zur Kraft- und Mobilitätssteigerung Einsatz finden und kompensieren dabei altersspezifische Funktionseinbußen.

Robotersysteme werden derzeit noch weitgehend aus technologischer Sicht betrachtet. Untersuchungen zu den Auswirkungen auf Arbeitswelt, Gesellschaft, Volks- und Versicherungswirtschaft werden gerade erst aufgenommen [3, 4, 5, 6]. Ziel dieses Abschnitts ist es, die sich bietenden Potenziale innovativer technischer Unterstützungssysteme auf die Volkswirtschaft eingehender zu analysieren. Die Systeme zielen speziell darauf ab, Tätigkeiten im Berufs- und Alltagsleben derart zu unterstützen, dass die Invalidität und Pflegebedürftigkeit verhindert oder zumindest hinausgezögert wird. Daher bildet die Betrachtung des Berufsunfähigkeits- und Pflegefallrisiko die Grundlage für volkswirtschaftliche Schlussfolgerungen.

2.8.2 Lösungsansätze durch technische Unterstützungssysteme

Arbeitsmarktentwicklung unter Berücksichtigung der Berufsunfähigkeit

Aufgrund der demografischen Entwicklung wird die Zahl der Arbeitskräfte in Deutschland sinken und der Anteil älterer Arbeitskräfte an der Gesamtzahl der Erwerbstätigen steigen [1]. Diese Entwicklung verringert das gesamtwirtschaftliche Arbeitsvolumen [7], sogar ohne Berücksichtigung der Auswirkungen der Industrie 4.0 auf den Arbeitsmarkt. Ökonomische Folgen können durch zwei Faktoren gelindert werden: eine Erhöhung des Arbeitsvolumen und eine Steigerung der Produktivität.

Zur Steigerung von Wirtschaftsleistungen gilt es in den kommenden Jahrzehnten im Besonderen, dem künftig durch die Bevölkerungsentwicklung und -struktur reduzierten Arbeitsvolumen entgegenzuwirken. Eine höhere Erwerbsquote, eine niedrigere Erwerbslosenquote und eine höhere Zahl an Arbeitsstunden pro Erwerbstätigem wirken insgesamt erhöhend auf das Arbeitsvolumen. Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels besteht die Herausforderung dabei insbesondere in einer deutlichen Steigerung der Zahl der älteren Arbeitnehmer, die ein höheres Invaliditätsrisiko aufweisen als Arbeitnehmer anderer Altersgruppen [8]. Ein Heraufsetzen des Rentenalters allein scheint keine Lösung zu sein. Jeder vierte Arbeitnehmer in Deutschland scheidet laut Angaben der deutschen Rentenversicherung aus gesundheitlichen Gründen vorzeitig und ungeplant aus dem Berufsleben aus. Betroffen von der Berufsunfähigkeit sind alle Altersgruppen; da das Risiko für viele Krankheiten im Alter zunimmt, sind im Bestand der privaten Berufsunfähigkeitsversicherer 52% der Leistungsfälle auf die Altersgruppe der über 50-Jährigen zurückzuführen [8]. Dieser Trend wird sich im Zuge der digitalen Revolution und der demografischen Entwicklung verstärken. Viele „einfache“ Arbeiten, vor allem manuelle Tätigkeiten ohne großen kreativen Anteil, aber zunehmend auch rationalisierbare Verwaltungsarbeiten, fallen weg [4]. Hingegen werden Tätigkeiten mit hohen Anforderungen an Geschicklichkeit, Anpassungsfähigkeit und Kreativität stärker nachgefragt [5]. Gerade individuelle Arbeiten mit Anforderungen an Geschicklichkeit und Kraftaufwand, die nicht immer durch Erfahrung zu kompensieren sind, weisen mit fortschreitendem Alter eine schnell wachsende Invaliditätsrate auf. Beispielsweise erfordern das Polieren von Oberflächen [5], das Arbeiten über Kopf oder in Hohlräumen in der Flugzeugproduktion sowie die Mikromontage von Kleinstteilen aus Mikro-, Nano- und Biotechnologie [10] sensomotorische und kognitive Fähigkeiten, die bislang keine Maschine erfüllt. Ohne Kompensati-

onsmethoden ist für derartige Tätigkeiten zwar ein gewisser Teil von weniger hoch belastbaren Mitarbeitern für einige Zeit oder für wenige Stunden einsetzbar, aber wie die Statistik lehrt, ist die damit verbrachte Lebensarbeitszeit beschränkt. Folglich nimmt der Anteil an Berufen mit einem höheren Invaliditätsrisiko bei verlagerter Beschäftigungsart unter der Industrie 4.0 zu.

Technische Unterstützungssysteme, die Mensch und Maschine zur Ausführung von Tätigkeiten innerhalb eines Systems mit gemeinsamen Regelkreislauf systematisch integrieren, beugen Gesundheitsschäden wirksam vor und gleichen Funktionseinbußen wirkungsvoll aus: Mit einer Kraft- und Mobilitätsunterstützung kann die körperliche Belastung im Arbeitsleben gesenkt werden. Auf diese Weise kann Erkrankungen des Skelett- und Bewegungsapparats begegnet werden, die in 21% aller Leistungsfälle die Ursache für eine Berufsunfähigkeit darstellen [8]. Zudem kann die psychische Belastung, in 32% aller Leistungsfälle ursächlich für eine Berufsunfähigkeit [8], durch eine Präzisionssteigerung und einer damit einhergehenden Qualitätssicherung bzw. Fehlervermeidung abnehmen.

Neben einer Erhöhung des Arbeitsvolumens trägt eine Steigerung der Produktivität zur Stabilität der Wirtschaftsleistung bei. Modulare technische Unterstützungssysteme wirken arbeitsunterstützend, wodurch die Mitarbeiterverfügbarkeit und folglich die Produktivität gesteigert werden können [10]. In diesem Zusammenhang werden die Weiterbildung zur Erlernung neuer Techniken und flexible Anpassung an Bedürfnisse wichtiger, um die mit dem digitalen Wandel einhergehende wachsende Komplexität im Berufsalltag zumindest teilweise zu kompensieren.

Mit technischen Unterstützungssystemen kann über die aufgezeigten Ansätze auf die wachsenden Anforderungen am Arbeitsmarkt reagiert werden. Die Arbeitskraft kann unter ihrem Einsatz wirksam erlangt, verbessert oder aufrechterhalten werden; einen Überblick über potentielle Anwendungsfälle liefert **Abb. 2.12**.

Entwicklung der Leistungsempfänger in der Pflegefallversicherung

Der demografische Wandel bedeutet – unter Annahme einer dauerhaft konstanten, altersspezifischen Pflegequote – eine Verdopplung des Anteils der Pflegebedürftigen an der Gesamtbevölkerung auf 6,5% bis zum Jahr 2050 und eine deutliche Alterung der Pflegebedürftigen [9]. Zugleich sinkt die Zahl der Erwerbstätigen, die Beitragszahler, immer weiter [1]. Die Umlagefinanzierung der gesetzlichen Pflegeversicherung stößt durch (zu erwartende) Ausgabensteigerungen zunehmend an ihre Grenzen. Allerdings beeinflussen, neben dem demografischen Wandel, verändernde Lebenssituationen u.a. durch steigenden Wohlstand, bessere Ernährung und weniger körperlich belastende Arbeit den Gesundheitszustand und folglich die Entwicklung der Pflegebedürftigkeit sowie die Zuordnung der Pflegebedürftigen zu den Pflegestufen [9]. Dennoch scheint die Entwicklung von Präventionsmaßnahmen gegen Pflegebedürftigkeit für eine nachhaltige Finanzierung der Pflegekosten ohne Einschränkung des avisierten hohen Leistungsniveaus unausweichlich. Dazu können technische Unterstützungssysteme in Erwägung gezogen werden, für die sich drei wesentliche Anwendungsfälle differenzieren lassen (siehe ergänzend **Abb. 2.12**):

- Prävention und Gesundheitsförderung zur Erzielung eines Gesundheitsgewinns und Leistungserhalts durch vorbeugende unterstützende Maßnahmen mittels Integration

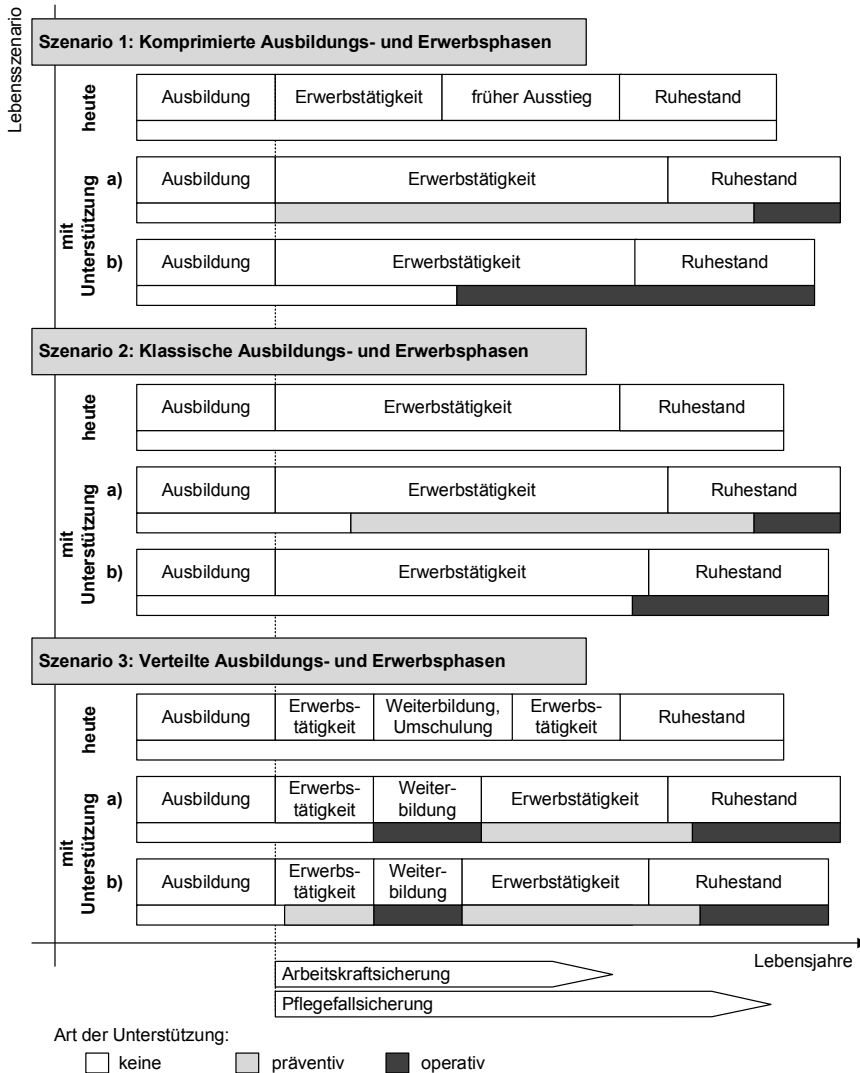


Abb. 2.12: Technische Unterstützungssysteme in Lebensszenarien

von Mensch und Maschine [10]. Dies ermöglicht den Eintritt einer Funktionseinbuße zu verhindern oder zu verzögern und somit eine Pflegebedürftigkeit aufzuschieben. Infolgedessen lassen sich Pflegezeit und -kosten reduzieren.

- Operative Unterstützung oder gar Wiedereingliederung körperlich kranker oder behinderter Personen in das berufliche und gesellschaftliche Leben durch Kopplung von technischen Elementen und Funktionalitäten mit den biologisch physiologischen Voraussetzungen des Menschen [10]. Auf diese Weise können Funktionseinbußen abgeschwächt bzw. ausgeglichen werden und z.B. Kraftverfügbarkeit, Mobilität, Koordination und Feinmotorik verbessert werden, sodass spezielle Alltagstätigkeiten weiter selbstständig ausgeführt werden können. Dem Finanzierungsproblem der Pflege

wird damit auf zweierlei Weise begegnet. Zum einen setzt die Pflegebedürftigkeit erst später ein und verkürzt damit Pflegezeit und -kosten. Zum anderen wirken sich technische Hilfsmittel bei vorliegender Pflegebedürftigkeit positiv auf die Schwere der Pflegebedürftigkeit und folglich auf die Zuordnung der entsprechenden Pflegestufe aus. Da sich die Leistungen der Pflegeversicherung nach den Pflegestufen orientieren, kommt es bei einer Eingruppierung in geringere Pflegestufen zu einer Kostenersparnis.

- Erhöhung der Pflegequalität durch Kopplung biomechanischer und technischer Systeme, z.B. zur Kraftunterstützung von Pflegekräften bei manuellen Anwendungen. Die verkürzten und vereinfachten Arbeitsabläufe führen neben einer Professionalisierung des Pflegeberufs aufgrund optimierter Aufgabenausführungen zu einer deutlichen physischen und psychischen Arbeitsentlastung und somit höheren Verfügbarkeit des Pflegepersonals. Geringere körperliche Belastungen der Pflegekräfte bewirken sinkende Invaliditätsraten (s. vorherigen Unterabschnitt). Zudem kann mit verkürzten Arbeitsabläufen der Mangel an Pflegepersonal teilweise umgangen werden. Außerdem erschließen sich durch Unterstützungssysteme zusätzliche Personenkreise für eine Ausübung pflegerischer Tätigkeiten. Es besteht sogar die Hoffnung, dass viele Menschen, die aufgrund ihrer psychischen Ausprägung für fürsorgende Berufe besonders geeignet sind, die körperlichen Anforderungen aber nicht erfüllen, in dieses Betätigungsfeld wechseln können.

2.8.3 Volkswirtschaftliche Auswirkungen technischer Unterstützungssysteme

Der demografische Wandel in Deutschland stellt insbesondere die sozialen Sicherungssysteme und die gesamtwirtschaftliche Entwicklung vor große Herausforderungen. Im vorangehenden Abschnitt wurde ein Lösungsansatz auf die sich aus der alternden Gesellschaft ergebende verringerte Erwerbsquote und erhöhte Pflegequote über präventiv und operativ einsetzbare technische Unterstützungssysteme aufgezeigt. Die dort genannten Zielwerte für den Einsatzbereich basieren weniger auf universellen, sondern wesentlich auf speziellen, spezifisch auf den momentanen Zweck gerichteten Lösungen. Zudem sind die Hilfsmittel so auszurichten, dass sie mit überall vorhandenen Werkzeugen und Werkstoffen und standardisierten Komponenten (vor allem für die Krafterzeugung und Steuerung) zeitnah und vor Ort angepasst werden können. Entscheidend für eine erfolgreiche Markteinführung wird es sein, „einfache“ Lösungen zu gestalten, die preiswert herzustellen sind.

Die Effekte des aufgezeigten Lösungsansatzes sind aus volkswirtschaftlichem Blickwinkel vielschichtig. Direkt schlägt sich der Einsatz technischer Unterstützungssysteme in einer Entlastung der beitragsfinanzierten Sozialversicherungssysteme nieder:

- In Folge einer Verringerung körperlich und psychisch belastender Arbeit ist kurz- bis mittelfristig eine stetig sinkende Invaliditätsquote zu erwarten, sodass künftig geringere Ausgaben für Erwerbsminderungsrenten anfallen. Tragen technische Unterstützungssysteme etwa zu einer 30% sinkenden Invaliditätswahrscheinlichkeit – bei linearer Anpassung über die kommenden 10 Jahre – bei, ergibt sich unter Berücksichtigung einer damit einhergehenden abnehmenden Anzahl an Rentempfängern sowie steigenden Anzahl an Krankenversicherungsbeitragszahlern für die

nächsten 10 Jahre bereits eine Leistungersparnis von rund 33 Mrd. Euro. Dies ist eine eigene untere Abschätzung auf Basis der Entwicklung der Erwerbstätigenzahl gemäß [7] sowie aktueller Zahlen der Deutschen Rentenversicherung [11].

- In ähnlicher Weise wirken präventive und operative Maßnahmen auf die Pflegebedürftigkeit. Werden mit Hilfe technischer Unterstützungssysteme Alltagstätigkeiten entlastet und die Selbstständigkeit gefördert, ist umgehend mit einem positiven Einfluss auf die Entwicklung der Pflegequote bzw. die Zuordnung zu den Pflegestufen zu rechnen. Hierbei handelt es sich weniger um lebensverlängernde Hilfsmittel und mehr um eine Reduktion von Pflegeleistungen. Um das Einsparpotenzial durch technische Unterstützungssysteme auf künftige Pflegeausgaben abschätzen zu können, wurden zwei Szenarien erstellt. Das Basisszenario geht für die Prognose der Entwicklung der Pflegebedürftigen nach Pflegestufen von konstanten altersspezifischen Pflegewahrscheinlichkeiten und trendbasierten Zuordnungsfaktoren auf die Pflegestufen [12] aus, wobei die Bevölkerungsentwicklung der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamts [1] als Bezugsgröße herangezogen wird. Das Alternativszenario hingegen bezieht Auswirkungen technischer Entwicklungen ein und geht von sinkenden Pflegewahrscheinlichkeiten aus. Annahmegemäß erfolgt eine Verschiebung der Eingruppierung von 70% der Leistungsempfänger – bei linearer Anpassung über die kommenden 10 Jahre – in die nächst gelegene geringere Pflegestufe. Im Vergleich zum Status Quo ergibt sich summiert über die kommenden 10 Jahre eine Entlastung der Pflegeversicherung um rund 49 Mrd. Euro. Durch den im Zuge des Einsatzes von Unterstützungssystemen geschaffenen Aufschub der ersten Pflegestufe und folglich der Pflegebedürftigkeit könnte der demografische Effekt sogar vollständig kompensiert werden. Anzumerken bleibt an dieser Stelle allerdings, dass Einsparungen in dieser Versicherungsform erfahrungsgemäß nicht beitragsenkend sondern leistungserhöhend wirken.
- Einfluss auf die Finanzierbarkeit der Sozialversicherungssysteme hat neben der Entwicklung der Leistungsempfänger auch die Entwicklung der Erwerbsquote. Der jenseits des 50. Lebensjahres sinkenden Erwerbsquoten, aufgrund längerer Phasen der Erwerbsunfähigkeit und der Frühinvalidisierung, wird durch veränderte Arbeitsbedingungen und -belastungen unter Einbezug technischer Unterstützungssysteme aktiv entgegengewirkt. Wenn es mehr Erwerbstätige gibt, gibt es ebenfalls mehr Beitragszahler für die Sozialversicherungen.

Indirekt sollte der Einfluss technischer Unterstützungssysteme noch stärker sein. Die Nutzung technischer Unterstützungssysteme kann nachhaltigen Mehrwert schaffen und dadurch gesellschaftliche und wirtschaftliche Auswirkungen der demografischen Veränderungen auffangen:

- Der Erhalt von Arbeitskraft erhöht die Anzahl der Erwerbstätigen, die Unterstützung von Arbeitsvorgängen stellt eine hohe Produktivität (auch mit zunehmendem Alter) sicher und implizit wird neues Realkapital in der Produktion eingesetzt. Diese Komponenten tragen gemeinsam zu einer Steigerung der Wertschöpfung bei. Auf der an-

deren Seite wirken sich technische Unterstützungssysteme infolge sinkender Invaliditäts- und Pflegequoten unmittelbar auf die indirekten Arbeitskosten, die Lohnnebenkosten, aus. Diese beiden Effekte wirken positiv auf die Entwicklung des Lohnstückkostenniveaus und stärken damit die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaft. Da die Komponenten von Unterstützungssystemen zur Verringerung körperlich und psychisch belastender Arbeit nicht völlig neu erforscht und entwickelt, sondern höchstens modifiziert werden müssen, sind die Entwicklungskosten schnell amortisiert. Auf diese Weise ist eine Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit effizient zu erreichen.

- Der Zuwachs der Arbeitsproduktivität kann dabei durchaus eine Arbeitszeitverkürzung bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Lebensstandards, also ohne Wohlstandverlust, mit sich bringen. Mit Unterstützungssystemen kann die bezahlbare Arbeit zudem auf mehr Erwerbstätige verteilt werden. In einer Wettbewerbswirtschaft ist dies die einzige Möglichkeit, der Verdichtung der Arbeit entgegenzuwirken.
- Zuletzt besteht gar die Möglichkeit von Potenzialerweiterungen. Die durch Unterstützungssysteme veränderten beruflichen Tätigkeitsfelder erlauben es, zusätzliche Personengruppen für eine Ausübung besonders nachgefragter Tätigkeiten zu erschließen und somit Marktlücken zu schließen.

Schließlich muss noch auf die Vermutung hingewiesen werden, dass technische Lösungen ökonomischer und gesellschaftlich akzeptabler sind als Einwanderung mit ähnlichem Effekt. Man darf nicht nur bezweifeln, dass Einwanderung ökonomische Werte schafft sondern auch, dass sie allgemein von der Bevölkerung akzeptiert wird, wenn ein Verdrängungswettbewerb um Arbeitsplätze entsteht.

2.8.4 Zusammenfassung und Ausblick

Der demografische Wandel bedeutet eine große Herausforderung für die deutsche Volkswirtschaft. In diesem Beitrag wird ein Lösungsansatz auf die sich aus der alternden Gesellschaft für den Arbeitsmarkt und die Finanzierbarkeit der Sozialsysteme resultierende Problematik vorgestellt, indem Auswirkungen innovativer unterstützender Technologien analysiert werden.

Zunächst zeigt sich, dass durch Unterstützungssysteme veränderte berufliche Tätigkeitsfelder den Gefährdungsgrad für eine Berufsunfähigkeit senken sowie durch Unterstützungssysteme entlasteten Alltagstätigkeiten die Selbstständigkeit fördern und folglich die Invalidität bzw. Pflegebedürftigkeit reduziert wird. Bezeichnend für technische Entwicklungen ist schwer abschätzbar, welche Anwendungsmöglichkeiten sich eröffnen und wie sie konkret aussehen. Anschließend wird die finanzielle Entlastung der Sozialsysteme auf rund 80 Mrd. Euro in den kommenden 10 Jahren quantifiziert und ein nachhaltig volkswirtschaftlicher Mehrwert in Hinsicht auf die Entwicklung von Arbeitsbedingungen, Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit abgeleitet. Technische Unterstützungssysteme stellen demnach geeignete präventive und operative Maßnahmen gegen gesellschaftliche und ökonomische Auswirkungen der demografischen Entwicklung dar. Ihr Einsatz schafft die Voraussetzungen für eine Anpassung an die veränderten Rahmenbedingungen über

ein erhöhtes Arbeitsvolumen, eine Produktivitätssteigerung sowie eine abgesenkte Pflegebedürftigkeit, insbesondere auch unter der älteren Bevölkerung.

Für eine Kosten-Nutzen-Analyse gilt es, abschließend noch die gesellschaftlichen und ökonomischen Wirkungen technischer Unterstützungssysteme um den mit der Einführung solcher Technologien verbundenen Aufwand für die Gesellschaft zu erweitern.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt: Bevölkerung Deutschlands bis 2060 – 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden, 2009, Internet: www.destatis.de [Stand 08.09.2014].
- [2] BaFin: Wahrscheinlichkeitstabellen in der privaten Krankenversicherung 2012. Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht, 2014.
- [3] Frey, C.; Osborne, M.: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. Oxford University, 2013.
- [4] Bowles, J.: The computerisation of European jobs – who will win and who will lose from the impact of new technology onto old areas of employment?. Bruegel, 2014, Internet: <http://www.bruegel.org/nc/blog/detail/article/1394-the-computerisation-of-european-jobs> [Stand 07.09.2014].
- [5] Spath, D.; Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T. und Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2013.
- [6] Marsiske, H.-A.: Kollege Roboter – Maschinen werden immer intelligenter. Sie verändern längst die Arbeitswelt. Und bald unser Leben. Brand eins 05/2014.
- [7] Rürup, B.; Huchzermeier, D.; Böhmer, M.; Ehrentraut, O.: Die Zukunft der Altersvorsorge – Vor dem Hintergrund von Bevölkerungsalterung und Kapitalmarktentwicklungen. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, 2014, Internet: www.gdv.de [Stand 10.02.2015].
- [8] Morgen&Morgen: Versicherer zahlen 1,7 Mrd. Euro Rente an Berufsunfähige – Aktuelles BU-Rating von M&M zeigt positive Trends. Pressemitteilung 09. April 2014, Internet: www.morgenundmorgen.com [Stand: 12.09.2014].
- [9] Statistisches Bundesamt: Demografischer Wandel in Deutschland – Auswirkungen auf Krankenhausbehandlungen und Pflegebedürftige im Bund und in den Ländern. Heft 2, Wiesbaden, 2010. Internet: www.destatis.de [Stand 08.09.2014].
- [10] Weidner, R.; Redlich, T.; Wulfsberg, J. P.: Produktionstechnik, Montage, Mensch und Technik – Passive und aktive Unterstützungssysteme für die Produktion, in: wt Werkstatttechnik online 104(9), Düsseldorf, Springer-VDI-Verlag, 2014, S. 174-179.
- [11] Deutsche Rentenversicherung Bund: Rentenversicherung in Zahlen. DRV-Schriften 22 2014, Internet: www.deutsche-rentenversicherung.de [Stand 10.02.2015].
- [12] BMG: Pflegeversicherung – Leistungsempfänger der sozialen Pflegeversicherung am Jahresende nach Pflegestufen 1995-2013) Bundesministerium für Gesundheit, 2014, Internet: www.bmg.bund.de [Stand: 12.09.2014].



<http://www.springer.com/978-3-662-48382-4>

Technische Unterstützungssysteme

Weidner, R.; Redlich, T.; Wulfsberg, J.P. (Hrsg.)

2015, VIII, 226 S. 56 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-662-48382-4