
Robert Weidner • Tobias Redlich
Jens P. Wulfsberg (Hrsg.)

Technische Unterstützungssysteme

Herausgeber

Robert Weidner
Laboratorium Fertigungstechnik
Helmut-Schmidt-Universität
Hamburg, Deutschland

Jens P. Wulfsberg
Laboratorium Fertigungstechnik
Helmut-Schmidt-Universität
Hamburg, Deutschland

Tobias Redlich
Laboratorium Fertigungstechnik
Helmut-Schmidt-Universität
Hamburg, Deutschland

ISBN 978-3-662-48382-4

ISBN 978-3-662-48383-1 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-48383-1

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
(www.springer.com)

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.

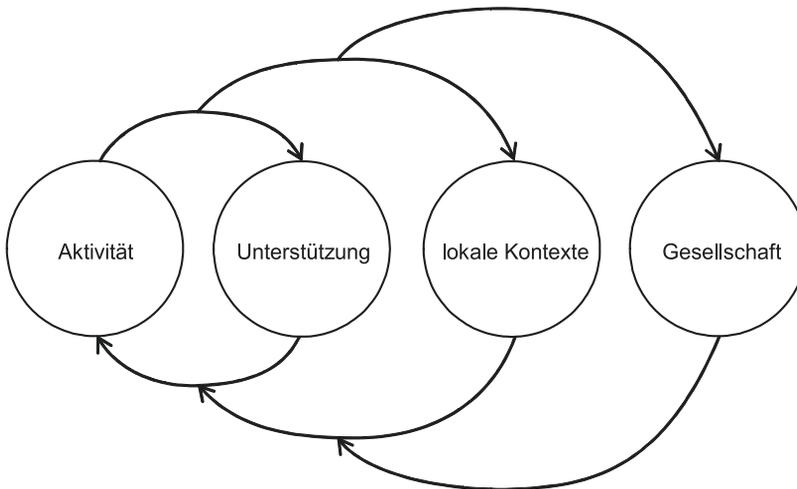


Abb. 2.8: Einbettungsverhältnisse von unterstützter Aktivität

2.6.3 Ansatz: Interdisziplinarität und Beobachter

Der in diesem Abschnitt dargestellte Ansatz setzt auf eine Verbindung von soziologischen und ingenieurwissenschaftlichen 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 technologi-scher Elemente, zum Grad der Unterstützung (was letztlich der Frage nach dem Ver-hältnis zwischen Unterstützung und Aktivität gleichkommt), zur Mobilität des Sys-tems 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 ent-scheidende Analyseeinheit näher vorgestellt. Anschließend werden drei Bestimmungsgrö-ßen identifiziert, die eine Spezifikation möglicher Relationsmuster ermöglichen: das zeit-lich-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. Organisa-tionale 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, zwi-schen Assistenz, Hilfe und Unterstützung zu unterscheiden, die bislang als synonym und austauschbar begriffen worden sind. Jede dieser drei Formen weist verschiedene Problem-bezüge 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 ande-ren 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 „Unterstüt-zung“ 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 wer-den, so ist diese Entscheidung implizit ohnehin bereits in dieser Form gefallen.

Im Grunde genommen kann jedes bislang erdachte und verwendete Werkzeug als Unter-stützung 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 ha-ben 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 situierten 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

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 koprärente 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 koprärente 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 Spurhalteassistenzsysteme. 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 Kippens von Unterstützung in Substitution (und wieder zurück) berücksichtigt werden muss.

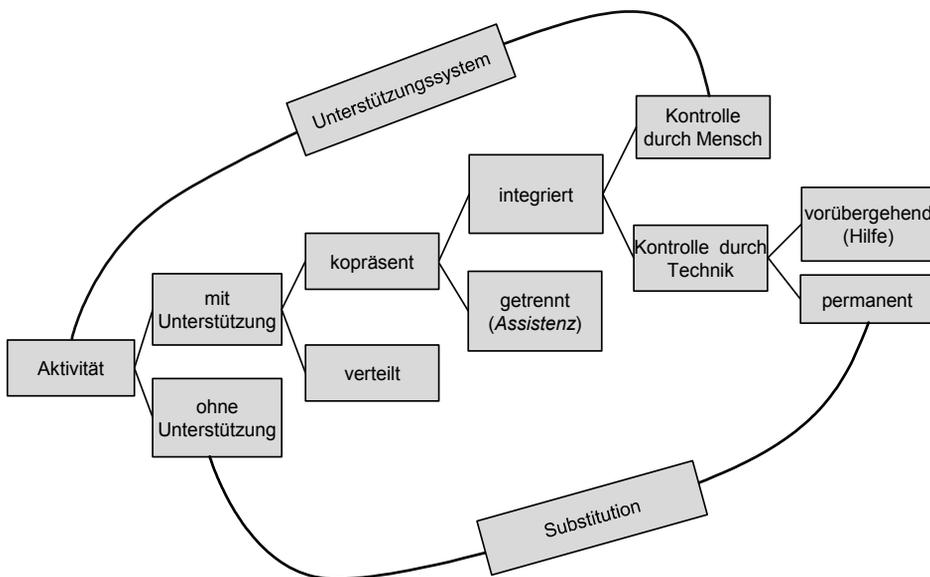


Abb. 2.10: Erklärung von Unterstützungssystemen und Substitution durch Feedback-Schleifen

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.

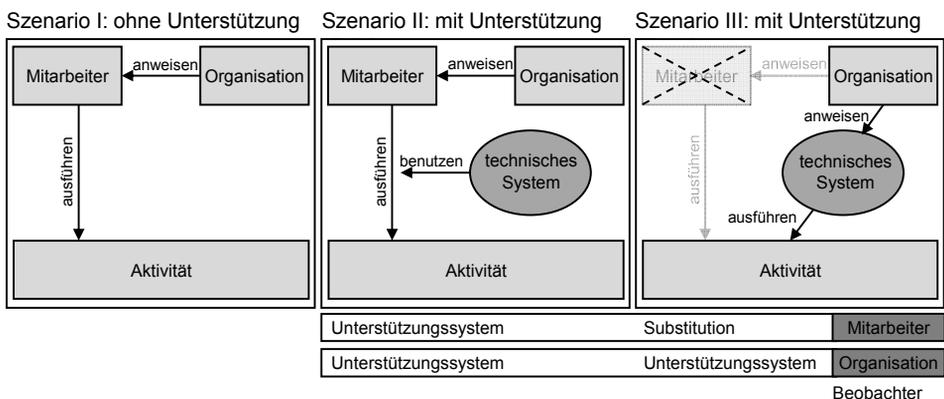


Abb. 2.11: Mögliche Szenarien für Unterstützungssysteme oder Substitution in Bezug auf unterschiedliche Beobachter

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 kopräsente 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 kopräsente 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 kopräsente 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, *Annual 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.