

# Assimilierende versus komplementäre Adaptivität

## Grenzen (teil-)autonomer Systeme

---

*Norbert Huchler*

### 1. EINLEITUNG

Digitale Technologien, wie die (teil-)autonome Steuerung von Prozessen über ‚Künstliche Intelligenz‘ (KI) bzw. lernende Systeme, können höchst unterschiedlich entwickelt und eingesetzt werden. Eine generelle Folgewirkung ihres Einsatzes auf Beschäftigung, Qualifizierung, Handlungsräume, Motivation, Gesundheit etc. lässt sich nicht bestimmen. Entscheidend ist die konkrete Gestaltung der Technikentwicklung und des Technikeinsatzes in Realbedingungen. In diesem Beitrag wird argumentiert, dass sich hier zwei Vorgehensweisen unterscheiden lassen: eine assimilierende, die auf die umfassende Beherrschbarkeit durch technische Systeme setzt und in deren Eigenlogik verharrt, und eine komplementäre, die Vorteile vor allem in der wechselseitigen Verschränkung technischer und humaner Koordination im Sinne einer offenen Kooperation sieht. Die Identifikation der Grenzen der Digitalisierung bietet eine Möglichkeit, um sich der zweiten Vorgehensweise, also einer neuen Arbeitsteilung zwischen Mensch und (teil-)autonem technischem System anzunähern. Die Anerkennung von ‚Grenzen‘ bedeutet nicht, dass dadurch der digitale Wandel ins Stocken ge-

rät. Im Gegenteil: Dadurch können Innovationen angestoßen werden. Aber wenn diese Grenzen in der Gestaltung des digitalen Wandels ignoriert und nicht systematisch berücksichtigt werden, wird dies mit entsprechenden Folgen einhergehen: für Unternehmen, Beschäftigte und die Gesellschaft. Die Auseinandersetzung mit den Grenzen der Digitalisierung dient damit einer nachhaltigen Arbeits- und Technikgestaltung.

Der Beitrag sondiert zunächst (2.) unterschiedliche Entwicklungen des digitalen Wandels von Arbeit entlang der Felder Industrie 4.0, Arbeiten 4.0 und Wirtschaft 4.0. Dann wird (3.) die dezentrale Steuerung als zentrales Moment einer gemeinsamen 4.0-Kernlogik identifiziert, das Industrie 4.0, Arbeiten 4.0 und Wirtschaft 4.0 miteinander verbindet, mit dem Ziel, Adaptivität und Flexibilität im Wertschöpfungssystem zu steigern. Dieses Ziel konfligiert allerdings (4.) mit der gängigen Praxis einer planungsgeleiteten formalen technischen und organisationalen Einhegung. Doch selbst wenn (5.) diese überwunden wird, stößt die Digitalisierung und damit auch die digitale Adaptivität (teil-)autonomer Systeme an unhintergehbare Grenzen, die sich in Form von Dilemmata und Nebenfolgen (5.1), Problemen der Komplexität der physischen und sozialen Umwelt (5.2) und Nicht-Formalisierbarkeit (5.3) äußern. Diese Grenzen sind zwar ‚unhintergebar‘, können aber ‚übergangen‘ werden (5.4). In der Praxis zeigt sich (6.), dass dies oftmals geschieht mit entsprechenden Folgewirkungen. So wird häufig der vollständige Ersatz eines vormals ‚analogen‘ Prozesses durch (Teil-)Automatisierung suggeriert, während es sich ‚nur‘ um ein funktionales Äquivalent handelt, mit einer anderen Bearbeitungslogik und anderen Folgewirkungen (6.1). Durch die Ausblendung impliziten Arbeitshandelns und Wissens werden die mit der Digitalisierung verbundenen Substitutionspotenziale systematisch überschätzt (6.2). Unter anderem um Adaptivitätsdefizite auszugleichen, tendiert eine in ihrer Eigenlogik verhaftete Gestaltung (teil-)autonomer Technologie dazu, die Umwelt an die Bedarfe des Systems anzupassen (6.3). Dabei geht es oftmals eher um das Schaffen von Akzeptanz als um echte Partizipation in der Gestaltung und im Nutzungsprozess (6.4). Insgesamt dominiert also

eher ein assimilierender Zugang zu Adaptivität als ein komplementärer (6.5). Der Beitrag schließt damit, dass die Gestaltung offener sozio-technischer Systeme als Herausforderung für die Technikentwicklung insbesondere über lernende Systeme identifiziert wird (7.).

## 2. DIGITALER WANDEL VON ARBEIT

Im Diskurs um den digitalen Wandel von Arbeit haben sich drei Themenfelder bzw. Perspektiven herausgebildet<sup>1</sup>, die sich – nicht völlig trennscharf – unter den Begriffen Arbeit 4.0, Industrie 4.0 und Wirtschaft 4.0 bündeln lassen. Abbildung 1 ordnet diesen drei Themenfeldern einzelne Schlagworte des Diskurses zu.

Unter dem Schlagwort *Arbeiten 4.0* geht es vor allem um die Frage, wie sich Arbeit bzw. Arbeitsstrukturen durch Digitalisierung wandeln. Im Mittelpunkt stehen bereits bestehende und durch die Digitalisierung verstärkte Wandlungstendenzen von Arbeit in Richtung einer (zeitlichen, räumlichen, inhaltlichen, sozialen) Entgrenzung, eines Generationen- und Wertewandels, angepasster Partizipations- und Mitbestimmungsformen und neuer Arbeits- und Organisationsformen wie ‚holacracy‘ (digitale Entscheidungseinbindung) und Agilität.

Als Kern von *Industrie 4.0* lässt sich hingegen die Idee der ‚Cyber-Physical Systems‘ (CPS) ausmachen, also die (teil-)autonome Steuerung von miteinander vernetzten bzw. ‚kommunizierenden‘ Objekten über Software auf Basis von Sensordaten (Big Data) und ‚Künstlicher Intelligenz‘. Dies betrifft sowohl die Anlagen- und Prozesssteuerung in der Produktion als auch IT-Systeme in der Sachbearbeitung und an der Kundenschnittstelle.

---

1 Insbesondere in Folge der politischen Begleitung durch die Ministerien: Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).



So kann der Einsatz von ‚Wearables‘, etwa einer Datenbrille in der Montage, so erfolgen, dass jeder Arbeitsschritt visuell im Detail kleingetaktet vorgegeben und genau kontrolliert wird und es kaum mehr Raum für eine Gestaltung der Arbeitsorganisation durch die betroffenen Beschäftigten gibt. Die gleiche Technologie kann aber auch so eingesetzt werden, dass sie, nach von den jeweiligen Beschäftigten festgelegten Intervallen, das Arbeitsergebnis auf mögliche Fehler kontrolliert, ihnen ein Feedback gibt oder auf Anfrage punktuell gezielte Informationen bzw. Hilfestellungen zu den Arbeitsgegenständen zur Verfügung stellt – ohne dass dies in die Leistungsbemessung einfließt. In diesem Fall fungiert sie als befähigendes Assistenzsystem, das Autonomiespielräume nicht beschneidet. Die Einführung einer neuen Technologie ist also immer eingebunden in ein politisches und kulturelles Gefüge, das sich in der Regel zwischen einem *Kontrollansatz* und einem *Befähigungsansatz* bewegt (vgl. Brödner 2015; Grote 2015; Huchler 2016; Huchler/Rhein 2017; Niehaus 2017).

Diese Gegenüberstellung lässt sich auf die Arbeitsgestaltung insgesamt anwenden, also auch auf Konzepte, die nur am Rande etwas mit Digitalisierung zu tun haben (im Feld Arbeiten 4.0)<sup>2</sup>, oder eher auf der Ebene des Geschäftsmodells liegen (Wirtschaft 4.0)<sup>3</sup>. Angesichts der

- 
- 2 Z.B. besteht bei Holacracy (vgl. Robertson 2016) die Gefahr, das Ziel ‚demokratischer‘ Strukturen durch Überformalisierung zu gefährden; oder agiles Projektmanagement, das auch als kleinteiliges Kontrollinstrument der Leistungssteuerung von vormalig selbstorganisierter Wissensarbeit verwendet werden kann (vgl. Neumer/Porschen-Hueck/Sauer 2018). Auch bei Home Office und Vertrauensarbeitszeit können potenzielle Freiräume durch ‚indirekte‘ Steuerungsmethoden (vgl. Huchler/Voß/Weihrich 2007; Moldaschl/Sauer 2000; Moldaschl/Voß 2003) in ein enges Kontrollkorsett eingebettet und so konterkariert werden.
  - 3 Die Organisation von Teilen des Wertschöpfungsprozesses über digitale Plattformen kann dazu genutzt werden, Prozesse top-down zu verschlanken und Kosten einzusparen bzw. Arbeit an die Kund/-innen auszulagern, oder auch dafür, das Geschäftsmodell aus den Prozessen heraus und partizipativ

Heterogenität der Konzepte, der Breite ihrer Umsetzungsmöglichkeiten und der Fortschreibung typischer Problematiken der Arbeitsgestaltung (vgl. Huchler/Pfeiffer 2018) muss gefragt werden, was eigentlich das Gemeinsame und Neue ist, das diese 4.0-Konzepte miteinander verbindet. Hier reicht der Verweis auf Digitalisierung allgemein und die Kennzeichnung einer ‚vierten industriellen Revolution‘ aufgrund von ‚intelligenter‘ Vernetzung (vgl. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013) allein nicht aus.

### 3. DIE 4.0-LOGIK: DEZENTRALE STEUERUNG UND ADAPTIVITÄT

Was hält das vielfältige Setting von Perspektiven und Gegenständen der 4.0-Diskussion zusammen? Was macht 4.0 eigentlich aus? Die 4.0-Thematik wird einerseits angetrieben von bekannten Rationalisierungsideen, wie Einsparung von Personalkosten und Unabhängigkeit von Arbeitskraft durch Automatisierung, verbunden mit dem Abzielen auf neue Märkte und Geschäftsmodelle (vgl. Pfeiffer 2015: 16). Andererseits liegt ihr auch eine Zeitdiagnose zugrunde, die explizit auf etwas Neues zielt. Sie lässt sich mit dem Begriff VUKA umschreiben: VUKA steht für *Volatilität*, insbesondere schnelle Marktschwankungen bzw. hohe Marktsensibilität, zunehmende *Unsicherheit* und Unplanbarkeit, hohe *Komplexität*, u.a. durch zunehmend vernetzte Prozesse, und häufigere *Ambiguität*, also ein Sowohl-als-auch, das eindeutige Zuordnungen weniger möglich macht.

Vor dem Hintergrund von VUKA stoßen klassische Formen formaler Arbeits-/Prozessplanung an Grenzen. Die Flexibilitätsdefizite der Kombination aus *Top-down-Steuerung* und *formaler Vorausplanung* über stabile Prozesse und Regeln werden offensichtlich: in Bezug auf

---

mit Beschäftigten und Kund/-innen innovativ zu erweitern, neue Felder für die Zukunft zu erschließen oder Marktanteile auszubauen.

hierarchische und bürokratische Arbeitsorganisation (Arbeiten 4.0), die lineare und feste Gestaltung von Produktionsprozessen (Industrie 4.0) und die Stabilität von Wertschöpfungsketten (Wirtschaft 4.0). Damit werden diese Formen der Organisation nicht obsolet, sie bieten jedoch für sich allein nicht mehr konkurrenzfähige Lösungen für die Flexibilitätsbedarfe der VUKA-Welt. Das ergänzende neue Lösungsprinzip 4.0 lautet: *dezentrale Steuerung und Adaptivität*.

Im Zentrum stehen die *Vernetzung* von Prozessen und deren *dezentrale Koordination* von unten aus dem Prozess heraus: bei Arbeiten 4.0 durch die Mitarbeiter/-innen bzw. aus deren *Arbeitshandeln* heraus, bei Industrie 4.0 vom Produkt her bzw. aus dem *Produktionsprozess* heraus und bei Wirtschaft 4.0 vom *Nutzungsprozess* und den dort anfallenden Daten aus.

Die Prozesse, die im Kontext von Arbeiten 4.0 erneut aufgegriffen und mit Digitalisierung verknüpft werden, lassen sich im Kern mit dem arbeitssoziologischen Begriff der Subjektivierung von Arbeit (vgl. Moldaschl/Sauer 2000; Moldaschl/Voß 2003) fassen. Im Mittelpunkt steht der zunehmende Einbezug des ‚ganzen Subjekts‘ in den Verwertungsprozess. Dabei geht es über die formalen Qualifikationen hinaus um Kompetenzen und grundlegende Fähigkeiten, wie Kreativität, Empathie und Initiative, aber auch um informelle Leistungen (vgl. Huchler/Voß/Wehrich 2007: 62ff.), implizites Wissen und Erfahrungswissen (vgl. Böhle/Porschen 2012; Böhle/Rose 1992), das vor Ort generiert und genutzt wird, also am Kunden, am Gegenstand, im Prozess. Schon im Prozess werden Lösungen erarbeitet und Innovationen umgesetzt. Teilweise wird die Arbeitsorganisation aus dem Prozess heraus verändert. Widersprüche, die nicht formal geregelt werden können (z.B. in Sinne eines Grenznutzens), werden im Prozess austariert und ausgetragen, etwa zwischen den ökonomischen Zielvorgaben und Qualitätsversprechen gegenüber Kund/-innen (vgl. Huchler/Voß/Wehrich 2007: 158, 278ff.). Insgesamt geht es dabei um die Kompetenz zur Selbstorganisation.

Industrie 4.0 steht für die Übertragung der Logik der Selbstorganisation auf technische Systeme: die Steuerung vom Produkt her bzw.

aus dem Produktionsprozess heraus. Die Defizite bisheriger Prozessplanung und -steuerung, wie die eingeschränkte Fähigkeit zur Reaktion auf veränderte Anforderungen (individualisierte Produkte, kleine Losgrößen, Auftragsschwankungen) und die zum Teil hohe Distanz von aktuell laufenden Prozessen, sollen mittels „dezentraler“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013: 56f., 95ff.) und „intelligenter“ (Plattform Industrie 4.0 2015: 28f.) bzw. lernender Systeme überwunden werden. Die Überlegung ist, dass vor Ort vorhandene Daten vertikal und horizontal im Wertschöpfungsnetzwerk vernetzt und integriert werden, um damit eine situative, flexible und integrierte bzw. ‚ganzheitliche‘ Steuerung in Echtzeit zu ermöglichen (vgl. Plattform Industrie 4.0 2015, 73f.; Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013: 5f., 28f.). Mit neuen Methoden der Datenanalyse und des ‚Machine Learning‘ sollen Vorhersagen generiert und Entscheidungen getroffen werden, ein großer Teil der Steuerung soll also an das autonom entscheidende System übergeben werden. Klassische Beispiele aus Modell-Fabriken sind Produktionsverfahren, die von den einzelnen Produkten aus teilgesteuert werden, wie im Fall von RFID-Chips auf Flaschen, die selbsttätig Befüllung und Etikett anfordern.

Im Zentrum der Wirtschaft 4.0 geht es um eine plattformgesteuerte Wertschöpfung, bei der die Vertriebslogik die Herstellungslogik dominiert. Die Steuerungslogik fokussiert auf den Absatz und die Daten, die beim Nutzungsprozess anfallen (ggf. zum Kundennutzen bzw. ‚Kundenerlebnis‘).

Insgesamt ist es das Ziel, Situativität, Innovativität, Bedarfsorientierung, Flexibilität und Effizienz zu erhöhen, um so innerorganisatorische und unternehmensübergreifende Wertschöpfungsprozesse zu verschlanken, zu verdichten und zu beschleunigen, aber auch zu flexibilisieren.

Die Strategie der (punktuellen) Verlegung auf *dezentrale Steuerung* ist nicht neu, weder in Bezug auf Konzepte der Arbeitsorganisation noch auf Technikleitbilder. Sie gewinnt aber mit zunehmender (digi-

ler) Vernetzung und breiterer Anwendung von lernenden Systemen an diskursiver Brisanz und Umsetzungsrelevanz.

#### **4. DIGITALE ADAPTIVITÄT VERSUS FORMALE PLANUNG**

Die Idee der *Dezentralisierung* zur Ausschöpfung von Rationalisierungspotenzialen gewinnt also wieder an Bedeutung. Die Flexibilitäts- und Innovationsdefizite von hierarchischer Top-down-Steuerung, Vorausplanung, Zentralisierung in einzelnen abgegrenzten Zuständigkeitsbereichen und linear angelegten Prozessen sollen erneut angegangen werden. Dabei wird nunmehr jedoch auf dezentrale, vernetzte technische (teil-)autonome Systeme bzw. ‚Multiagentensysteme‘ und dezentrale sozio-technische Systeme (also eine neue Mensch-Technik-Kollaboration, z.B. mittels ‚multimodaler Assistenzsysteme‘ [Plattform Industrie 4.0 2015: 29]) gesetzt. Entsprechend dem Leitbild des Internets der Dinge (IoT) sollen Flexibilitätserhöhung, Verschlankeung, Dynamisierung und Produktivitätssteigerung durch dezentrale, ganzheitlich vernetzte, integrierte, komplexe Wertschöpfungs-systeme erreicht werden, die – über digitale Plattformen vermittelt – sich in weiten Teilen selbst ‚von unten‘ dezentral steuern.

Eine notwendige Voraussetzung hierfür ist, dass die Systeme ‚adaptiv‘ sind, also in der Lage sind, sich veränderten Umweltbedingungen selbsttätig anzupassen. Dies soll auf Basis von Daten vor Ort, vom Objekt aus, aus dem Prozess heraus, aus der Anwendung oder von dem Nutzer/der Nutzerin aus geschehen, die durch sich selbst optimierende, lernende KI-Systeme in Echtzeit ausgewertet werden, welche hierauf wiederum neue – bislang ungeplante – Handlungen ‚autonom‘ anstoßen (vgl. exemplarisch Plattform Industrie 4.0 2015; Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013).

Eine wesentliche Rolle spielen dabei statistische Methoden der Auswertung von Daten (Big Data), Mustererkennung, semantische

Technologien, Deep Learning etc. (vgl. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013). Die Kombination von Hard- und Software zu Cyber-Physical Systems ist hierfür die Ausgangsbasis. Die Entwicklung hin zu CPS geht mit einer ‚Informatisierung‘ (vgl. Baukrowitz et al. 2006; Boes 2005) einher, mit der Transformation von Wissen und Prozessen ins Digitale. Dahinter steht die Idee eines „Echtzeitabbilds“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013: 108), „digitalen Abbilds“ (Plattform Industrie 4.0 2015: 23) oder auch ‚digitalen Zwilling‘ in Form einer ‚strukturellen Dopplung‘ der analogen Welt in der digitalen (siehe auch den Beitrag von Thomas Kuhn und Peter Liggesmeyer in diesem Band, S. 41ff.). Diese soll über den ‚digitalen Raum‘ bzw. den ‚Informationsraum‘ (Boes 2005: 222ff.) den direkten synchronisierten, raumunabhängigen Zugriff in Echtzeit auf möglichst alle analogen Sachverhalte ermöglichen, bei größtmöglicher Transparenz, um die Arbeits- bzw. Wertschöpfungsprozesse zu analysieren und zu optimieren. Damit werden im Sinne eines Social Engineerings technikorientierte Überlegungen auf die Organisation übertragen. Weitergedacht entsteht so, gekoppelt mit KI und Machine Learning, ein sich selbst optimierendes und selbst steuerndes organisationales System (vgl. Huchler/Rhein 2017). Wie weit reicht nun diese digitale Dezentralisierung? Wo und wie verbindet sie sich mit der parallel weiter existierenden planungsgeleiteten Unternehmenssteuerung?

Die Formalisierung bzw. die Hinterlegung von Prozessen durch deren Verschriftlichung (Daten) ist der wesentliche Schalthebel zur Objektivierung, Explizierung und Messbarmachung (vgl. Böhle et al. 2011). Dies ist einerseits die Voraussetzung für adaptive (teil-)autonome Systeme, z.B. indem Sensoren Bilder, Töne, Texte, Berührungen etc. in verarbeitbare Daten ‚übersetzen‘ und auf deren Basis ‚agieren‘. Andererseits ermöglichen diese Daten in aufbereiteter Form auch erhöhte Planbarkeit und Steuerbarkeit (z.B. über Eingriffe in die Systemarchitektur), Transparenz, Dokumentation, Reproduzierbarkeit und Anschlussfähigkeit für andere formale (z.B. ökonomische, rechtliche und technische) Systeme. So wird in Anwendungsbeispielen die

Kernidee dezentraler sozio-technischer Systeme oft verknüpft mit der Vorstellung einer integrierten bzw. ‚zentralisierten‘ Steuerung und ‚Durchsteuerbarkeit‘ von komplexen Wertschöpfungssystemen und Organisationen – über die Systemarchitektur und mittels aktueller Daten. Beliebt ist die Idee eines ‚Cockpits‘ (in der Regel ein Tablet), mit dessen Hilfe komplexe Systeme (z.B. die Produktion) mittels technisch ‚vorbereiteter Entscheidungen‘ (vgl. Mühge 2018) gesteuert werden können.

(Teil-)Autonome Systeme bleiben in ein von hierarchischen und linearen Prozessen dominiertes betriebliches Umfeld eingebettet, ebenso wie das bei den Mitarbeiter/-innen in offenen Arbeitsorganisationen (Gruppenarbeit usw.) der Fall ist. Dieses Umfeld ist insbesondere durch die Systemarchitektur geprägt, aber auch durch angrenzende Systeme und Prozesse, Vorgaben, Regelungen und Eingriffe. Das typische betriebliche Wechselspiel zwischen der Kontroll- bzw. Beherrschungslogik mit dem Ziel einer möglichst detaillierten, planmäßigen Ex-ante-Steuerung und Messbarkeit der Resultate einerseits und systematischer Angewiesenheit auf die Selbststeuerung in nicht beherrschbaren Autonomieräumen vor Ort andererseits lässt sich auch auf (teil-)autonome Systeme anwenden. Entsprechend geht es aktuell um den Versuch, möglichst große Anteile des Wertschöpfungsprozesses dezentral zu organisieren, nicht nur durch mehr Selbstorganisation durch die Mitarbeiter/-innen, sondern parallel und oftmals in Konkurrenz dazu auch durch (teil-)autonome bzw. lernende Systeme. Neue Technologien bieten potenziell die Möglichkeit, einen weiteren Schritt in Richtung Dezentralität zu gehen.

Das Wechsel- und Zusammenspiel von dezentralen (teil-)autonomen Systemen und linearer Unternehmenssteuerung bleibt eine offene Gestaltungsfrage. Es stellt sich aber eine darüber hinausreichende grundlegende Frage: Wie weit sind adaptive Systeme überhaupt in der Lage, Aufgaben (teil-)autonom zu übernehmen? Auf welche Aufgaben trifft das zu? Wo liegen ihre Grenzen?

## 5. DIE GRENZEN DIGITALER ADAPTIVITÄT DURCH LERNENDE SYSTEME

Die gestiegene Vielfalt an Sensoren, die steigende Menge an vorhandenen Daten, die zunehmende Rechenleistung und teilweise auch die neuen Rechenmethoden prägen die weit verbreitete Idee von ‚selbständig‘ agierenden KI-Systemen. Kaum eine öffentliche Diskussion oder Tagung zum Thema kommt ohne Fragen zur neuen Kooperation mit dem ‚Kollegen KI/Roboter‘, zum Substitutionspotenzial, der verbleibenden Rolle des Menschen, den Unterschieden zwischen Mensch und lernendem technischem System und zur nötigen rechtlichen Rahmung von eigenständigen Systemen aus.

Als entscheidender ‚evolutionärer‘ Schritt wird der Wandel weg vom passiven Objekt hin zu einem ‚intelligenten‘ und schließlich lernenden System gesehen, das selbsttätig mit seiner Umwelt ‚interagieren‘ kann – also letztlich adaptiv ist. Lernende Systeme können Muster bzw. statistische Regelmäßigkeiten erkennen und Wahrscheinlichkeiten abgleichen, um daraus ‚Handlungsannahmen‘ abzuleiten.<sup>4</sup> Auf Grundlage vorgegebener Handlungsmodelle können diese technischen Systeme selbst ‚Entscheidungen‘ treffen und Aktionen anstoßen. So können sie statistisch ‚antizipieren‘ bzw. einordnen und vorhersagen, wie sich Menschen in offenen Situationen und bei unterschiedlichen Handlungsmöglichkeiten entscheiden werden, und dementsprechend handeln (vgl. Fink/Weyer 2014).

Verschiedene soziologische Theorieperspektiven haben die traditionelle Gegenüberstellung von menschlichem Akteur und passivem technischem Objekt bereits grundlegend aufgebrochen und technischen Artefakten die Rolle eines Akteurs bzw. Aktanten zugesprochen (vgl. Rammert/Schulz-Schaeffer 2002; vgl. auch Latour 1987). Solche Über-

---

4 Wie Big-Data-Algorithmen oder die KI ‚Watson‘ von IBM mit ihrer DeepQA bzw. „massively parallel probabilistic evidence-based architecture“ (www.watson2016.com vom 28.9.2018).

legungen zu einer Neuverteilung der Handlungsträgerschaft zwischen Mensch und Technik (siehe auch den Beitrag von Ingo Schulz-Schaeffer in diesem Band) gewinnen mit der aktuellen breiteren Aufmerksamkeit bezüglich lernender Systeme bzw. KI deutlich an Relevanz (vgl. Huchler 2018). Um mögliche Formen der neuen Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik bestimmen zu können, ist als ein wesentlicher Teilschritt die Identifikation und Systematisierung der Grenzen (teil-)autonomer und lernender Systeme notwendig (ebd.); insbesondere auch was deren Adaptivität angeht, also die Fähigkeit, sich an sich ändernde Umweltbedingungen selbsttätig anzupassen.

Im Folgenden wird ein praxisbezogener, aber theoriegeleiteter Weg gewählt, um die Grenzen zu sondieren, die sich bei der Umsetzung digitaler (Teil-)Automatisierung identifizieren lassen. Diese können – als ein Systematisierungsversuch – unterschieden werden in 1) Dilemmata und Nebenfolgen, 2) Grenzen durch die Komplexität der physischen und sozialen Umwelt und 3) Nicht-Formalisierbarkeit.

## 5.1 Dilemmata und Nebenfolgen

Häufig wird mit dem Begriff der ‚Automatisierungsdilemmata‘ bzw. der ‚Ironies of Automation‘ (vgl. Bainbridge 1983) darauf verwiesen, dass technische Rationalisierungsmaßnahmen selbst wieder neue Arbeit und Folgekosten erzeugen, um die Systeme einzuführen, aufrechtzuerhalten und zu optimieren, aber auch um ihre Fehler, Dysfunktionalitäten und unintendierten Folgen zu kompensieren. Zum einen müssen automatisierte Systeme begleitet werden, was mit einem zusätzlichen Organisationsaufwand einhergeht. Zum anderen sind sie in der Regel komplizierter und bestehen aus mehr Komponenten, die stärker miteinander verschränkt sind. Wenn die möglichen Interdependenzen nicht mehr planbar und in ihren Wirkungen nicht mehr eindeutig vorhersagbar sind, markiert dies den Schritt zum komplexen System. Hier versagen die klassischen Formen der Risikobeherrschung (vgl. Beck 1986), denn diese sind nicht mehr ‚durch ein ‚Mehr‘ an Wissenschaft und Technik ausschaltbar, sondern entstehen immer wieder in neuer Weise

und auf neuem Niveau“ (Böhle 2009: 208). Resultat sind selbstproduzierte Nebenfolgen auf ständig neuem Niveau. Dabei lagern sich zu einem neuen spezialisierten Organisationen um schwere Risiken herum an (vgl. Weick/Sutcliffe 2003), wie Unfälle und Katastrophen bzw. Systemausfälle, die vor dem Hintergrund der steigenden Komplexität technischer Systeme zunehmend ‚normal‘ werden (vgl. Perrow 1987). Zum anderen entstehen bereits im Kleinen ständige Störungen, Dysfunktionalitäten, Ausfälle, Änderungsbedarfe, neue Anfälligkeiten etc., die Updates, Wartungsarbeiten oder einen Austausch notwendig machen. Technische Rationalisierung erzeugt so immer neue Arbeit.

Dies zeigt sich etwa im Gespräch mit Zuständigen für die Digitalisierung der Kundenschnittstellen von Krankenkassen: Obwohl sich insgesamt Arbeitszuschnitte und -anforderungen stark ändern können und Prozesse zum Teil sehr beschleunigt werden, bleibt die Menge an Arbeit bzw. die Anzahl der notwendigen Arbeitskräfte erstaunlich konstant. So können nach einer Digitalisierung des gesamten Kommunikationsverkehrs zu Schadensmeldungen semantische Technologien eingesetzt werden, um Schadensfälle ‚im Dunkelfeld‘<sup>5</sup>, also im System selbsttätig zu bearbeiten. Sie können relevante Daten, wie Beteiligte, Schadenshöhe, Begründungen etc., auslesen und mit vorhandenen Daten abgleichen: Wie häufig hat die Person bereits etwas gemeldet? Lohnt sich der Aufwand einer genaueren Überprüfung? Es wird anvisiert, mittels ständiger Perfektionierung und Anpassung und nach einem entsprechend umfangreichen ‚Training‘ des lernenden Systems bis zu 80 Prozent der Fälle auf diese Weise im Hintergrund zu bearbeiten. Ein entsprechendes System muss jedoch zunächst entwickelt, eingeführt und ‚trainiert‘ werden. Hier kann zwar auf gewisse Skaleneffekte gehofft werden. Jedoch sind immer Anpassungen, Problembehebungen, Wartungen und Überprüfungen erforderlich, ob das System auch tatsächlich die geplanten Einordnungen macht. Auf dieser Seite ent-

---

5 Als Schatten- oder Dunkelfeldbearbeitung werden die Prozesse bezeichnet, die das System im Hintergrund selbst bearbeitet und z.B. später aufbereitet an die Sachbearbeitung oder direkt an andere Stellen/Kund/-innen übergibt.

steht also neue technische ‚Gewährleistungsarbeit‘, für die händeringend nach Fachkräften gesucht wird. Zugleich können jedoch auch die Fälle, die das System nicht bearbeiten kann oder als auffällig an Sachbearbeiter/-innen weiterreicht, nicht mehr so bearbeitet werden wie zuvor. Denn es handelt sich nun durchweg um komplexe, schwierige oder konflikträchtige Fälle, die belastender sind, mehr Zeit in Anspruch nehmen und für die auch ein höherer Qualifikationsbedarf nötig sein kann. Da einfache Fälle fehlen, die in Routine ‚abgearbeitet‘ werden können, wird die Arbeit intensiviert, was sich auch in der Zeitspanne niederschlagen kann, über die eine solche intensivierte Fallarbeit am Stück geleistet werden kann. Dies kann Auswirkungen auf die Personalplanung haben. Nicht zuletzt müssen sich auch die Kund/-innen anpassen.

Insgesamt lassen sich folgende Prozesse in Bezug auf Beschäftigung ausmachen: Benötigt wird zum einen ein Mehr an neuer ermöglichender Arbeit (z.B. Systementwickler/-innen), an kompensierender problemlösender bzw. innovativer Arbeit vor Ort (vgl. Neumer/Pfeiffer 2015) und an gewährleistender Arbeit (Wartung, Systemanpassung etc.; z.B. Techniker/-innen). Zum anderen wird die verbleibende Arbeit intensiver und anspruchsvoller.

## **5.2 Grenzen durch die Komplexität der physischen und sozialen Umwelt**

Je mehr Laborexperimente, Simulationen, Einzelentwicklungen und Umsetzungen in exklusiven separierten Vorzeigebereichen entstehen, desto offensichtlicher wird der Unterschied zwischen technischer Machbarkeit im Einzelnen und Implementierbarkeit in der Breite. Hier spielen nicht nur die teils enormen Investitionskosten (vgl. Schröder 2017: 11ff.), die Ressourcenproblematiken (z.B. seltene Erden) und Umweltproblematiken eine Rolle, sondern vor allem die Qualität und die Komplexität sozio-technischer Systeme. Mit Blick auf komplexe sozio-technische Systeme macht es Sinn, drei Ebenen systematisch zu unterscheiden: die Welt der Software, die Welt der Hardware bzw. der

Maschinen und die Welt des Sozialen bzw. der Arbeit. An den Übergängen sind Übersetzungsprobleme wahrscheinlich.

*Von der Software zur Hardware:* Die Verbindung von informativ-verarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen mit realen (physischen) Objekten und Prozessen ist eine wesentliche Herausforderung von Cyber-Physical Systems (vgl. Böhle/Huchler 2016). Während die Welt der Software zumindest im Prinzip zu 100 Prozent kontrollierbar und nach außen abschirmbar ist, Prozesse beliebig oft manipuliert und wiederholt werden können und bei Änderungsbedarfen einfach ein neues Update aufgesetzt werden kann, ist die physikalische Welt der Hardware weit weniger kontrollierbar. Die Integration in notwendigerweise bereits bestehende und oftmals nicht einfach veränderbare Systeme und die Abstimmung mit heterogenen Komponenten stellt eine enorme Herausforderung dar. Es kann zu Wechselwirkungen, Aufschaukelungseffekten, Störungen etc. kommen. Auch unabhängig von typischen Problemen der Systemintegration können aufgrund existierender physikalischer ‚Unschärfen‘ (z.B. elektrische Ladungen, Staub in der Luft) die Umwelt- und Prozessbedingungen von Hardware nicht vollständig erfasst, geplant und beeinflusst werden. Entsprechend greift man auf Tests, Messungen und Statistiken zurück. Edward A. Lee (2008) verdeutlicht diese Herausforderung vernetzt arbeitender eingebetteter CPS am Beispiel der nie vollständigen Zeitsynchronität interagierender Hardwarekomponenten. Für Lee ist die „physical world“ im Vergleich zur Cyberwelt der Software nicht vollständig vorhersagbar, denn für CPS gibt es keine kontrollierte Umwelt (vgl. ebd.: 4). Zwar sollte man nach Lee versuchen, Verlässlichkeit und Vorhersagbarkeit auch in CPS herzustellen, jedoch muss dies durch eine Strategie der Robustheit begleitet werden, da letztlich nur diese erreichbar ist (vgl. ebd.).

*Vom technischen zum sozio-technischen System:* Mindestens genauso gravierend ist der Schritt in die *soziale* Einbettung technischer Systeme. Ebenso wie sich die physische Welt nicht einfach mit ein paar Befehlen ändern und dann neu starten lässt, können unpassende, falsch funktionierende oder beschädigte Teile der sozialen Welt nicht

einfach ausgetauscht und – quasi als Update – an den Bedarf technischer Systeme angepasst werden. Autonomes Fahren, intelligente Häuser und Fabriken, intelligente neue Service-Systeme und Apps müssen eingebettet werden in eine bestehende dynamische, sich ständig verändernde und sehr heterogene soziale Praxis, die gerahmt ist durch individuelle und kollektive Interessen und Aneignungsprozesse, Konkurrenzen und Wettbewerb, Normen und Werte, Regeln und Gesetze, mediale Diskurse etc. So werden Ambient-Assisted-Living-Systeme (AAL) in ihrer konkreten Nutzung von älteren Menschen höchst individuell angeeignet (vgl. Birken et al. 2018), Softwareanwendungen von Nutzer/-innen und Nutzergruppen unprogrammiert und Systeme im öffentlichen Raum manipuliert (z.B. Kaugummis auf Sensoren von autonomen Fahrzeugen geklebt).

Mit jedem dieser beiden Schritte (Software – Hardware – soziale Einbettung) tut sich neue, zusätzliche Komplexität auf, die systematisch die Erfassbarkeit durch digitale Systeme überschreitet. Die Komplexität sozio-technischer Systeme stellt eine Art ‚natürliche‘ Grenze der Digitalisierung dar (vgl. Hirsch-Kreinsen/Ittermann/Niehaus 2015; Sydow 1985). Das gilt auch für die digitale Adaptivität durch (teil-)autonome lernende Systeme; auch sie blendet einen erheblichen Anteil der Komplexität sozialer Praxis aus.

Insgesamt zeigen sich im Fortgang von der kontrollierten Laborsituation zur Umsetzung in der Breite in drei Feldern Problematiken: bei *Kosten und Ressourcen*, bei der technischen Erfass- und Verarbeitbarkeit *physischer Komplexität* und bei der *sozialen Einbettung*. Diese stellen ‚materielle‘ Quellen für Grenzen digitaler (teil-)autonomer Systeme dar, also Grenzen, die sich aus der Konfrontation mit den objektiven Gegebenheiten einer komplexen Umwelt ergeben.

### 5.3 Nicht-Formalisierbarkeit

Die Suche nach dem Nicht-Digitalisierbaren erfordert eine Unterscheidung zwischen dem, was durch Technik *noch nicht* übernommen werden kann, und dem, was grundsätzlich *nicht* in die Logik der Technik

übersetzt werden kann. Einen Schlüssel zu dieser Unterscheidung bietet der Blick auf die formale ‚Zeichenlogik‘ (vgl. Rammert 2009) digitaler Systeme. Durch Digitalisierung wird *Wissen* in explizite bzw. ‚greifbare‘ *Information* gewandelt, also in die ‚Zeichensprache‘ (ebd.) der Informationstechnik bzw. der Software übertragen. Wissen wird hierdurch formalisiert und damit erst wirklich zugänglich gemacht für die Regelwelt von Organisationen und die Rechenlogik von Maschinen, wie definierte Prozesse, Messung und Kontrolle.<sup>6</sup> Damit verbunden ist die Ausblendung des ‚Nicht-Formalisierbaren‘ als eines essenziellen Teils der Wirklichkeit.

Einen Zugang mit hoher Erklärungskraft auf der Suche nach den nicht-digitalisierbaren Anteilen menschlichen Handelns und Denkens bietet das Konzept des erfahrungsgeleitet-subjektivierenden Handelns (vgl. Böhle 2009, 2017). Dieses Handlungskonzept unterscheidet systematisch zwischen einem *objektivierenden* (kognitiv-rationalen) Denken und Handeln und dem erfahrungsgeleitet-*subjektivierenden* Handeln (vgl. Abbildung 2). Im Zentrum steht dabei die Unterscheidung zwischen einem *expliziten* bzw. ‚objektivierbaren‘ Wissen und einem *impliziten Wissen* (tacit knowing) (vgl. Polanyi 1985), das seinen Gegenstand ‚subjektiviert‘ – und zwischen den jeweils resultierenden Handlungsformen.

Um *erfahrungsgeleitet-subjektivierendes Handeln* zu erfassen, wird bei der ‚Art der Vorgehens‘, beim ‚Gebrauch von Körper und Sinnen‘, bei der ‚Art des Denkens/Wissens‘ und bei der ‚Beziehung‘ zum Arbeitsgegenstand (Menschen und Dingen) jeweils zwischen einem rational kalkulierenden ‚objektivierenden‘ und einem ‚subjektivierenden‘ Zugang unterschieden. Die menschliche Fähigkeit, das eigene Handeln situativ und flexibel ohne langes Nachdenken und Planen an variierende Gegebenheiten anzupassen, geht im Wesentlichen auf implizites Wissen zurück.<sup>7</sup> Wenn bei hohem Zeitdruck und großer Ungewissheit

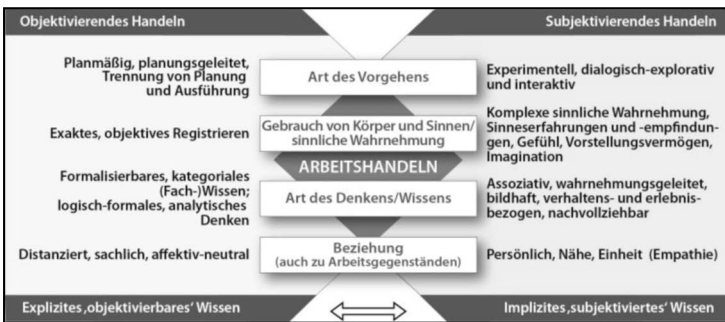
---

6 Ähnlich der ‚Verschriftlichung‘ als zentrale Methode der Bürokratisierung.

7 Ein solches Handeln wird auch als ‚situiertes‘ Handeln (vgl. Suchman 2007) bezeichnet.

mit sogenannten ‚Feuerwehraktionen‘ gehandelt werden muss, ist diese besondere ‚Könnerschaft‘ (vgl. Neuweg 2015) entscheidend. Erfahrene Manager/-innen wie auch Fachkräfte führen diese oft auf Intuitionen, Emotionen und ‚Bauchgefühle‘ (vgl. Gigerenzer 2007) zurück. Diese ‚praktische Intelligenz‘ ist auch notwendig, um schnell das Verhalten anderer zu erkennen und flexibel darauf zu reagieren (vgl. Alkemeyer 2009).

Abbildung 2: Objektivierendes und subjektivierendes Handeln und Wissen



Quelle: eigene Darstellung

Das subjektivierende Arbeitshandeln wurde zunächst im Zuge von Untersuchungen des Arbeitshandelns in der chemischen Prozessindustrie erfasst. Im Umgang mit den großen Anlagen haben erfahrene Mitarbeiter/-innen sehr eindringlich geschildert, dass sie deren Zustand an der Spannung in der Luft erspüren, an aufgewühlten Farbnuancen in den Becken oder bereits bei der Anfahrt am Rauch erkennen und dass Geräusche wie Geräusche zusätzlich zu den Anzeigen von hoher Bedeutung für die Arbeit sind (vgl. Bauer et al. 2006, Böhle/Milkau 1988). An diese Forschungen hat mittlerweile eine große Zahl von empirischen Untersuchungen angeschlossen, die dieses Denken und Handeln in den verschiedensten Arbeitsbereichen (Wissensarbeit wie z.B. IT, Dienst-

leistungen wie z.B. Pflege usw.) gefunden haben und dessen Relevanz aufzeigen konnten.

An dieser Stelle soll festgehalten werden, dass sich das *objektiv-rationale Handeln* potenziell als direkt anschlussfähig an das ‚Maschinenhandeln‘ und die ‚Zeichenlogik‘ der Software erweist, während sich das *erfahrungsgeleitet-subjektivierende Handeln* der Explizierung seiner Wissensbasis systematisch verweigert – und sich damit auch dem direkten Zugriff der Digitalisierung entzieht. Denn durch das erfahrungsgeleitet-subjektivierende Handeln wird ein besonderes Erfahrungswissen aufgegriffen, das unmittelbar in praktisches Handeln eingebunden ist und hiervon nicht abgelöst kommuniziert, erworben und angewandt werden kann (vgl. Böhle 2015). Es lässt sich nicht ohne elementare Verluste in die ‚Zeichensprache‘ übersetzen und ist somit weder explizit verfügbar noch in üblicher Form als Wissen darstellbar und erkennbar. Dennoch kann subjektivierendes Handeln technisch unterstützt werden und Technik kann bei entsprechender Schnittstellengestaltung mit subjektivierendem Handeln in Interaktion treten. Entsprechend stehen hier inkorporierte Wissensbündel in Form eines grundlegenden und auf andere Kontexte übertragbaren Erfahrungswissens (und nicht bloße Erfahrung) im Mittelpunkt bzw. Kompetenzen und nicht allein Qualifikationen oder Fachwissen (vgl. Porschen-Hueck/Huchler 2016).

#### **5.4 Zwischenfazit: Unhintergehbare, aber übergehbare Grenzen**

Die Grenzen der Digitalisierung, denen (teil-)autonome Steuerung und adaptive lernende Systeme unterliegen, lassen sich also unterscheiden in: 1) Dilemmata und Nebenfolgen der Digitalisierung, die immer neue nicht-digitalisierte Aufgaben und Arbeiten entstehen lassen; 2) die Komplexität der physischen und sozialen Umwelt, die sich nicht vollständig technisch bearbeiten lässt; und 3) die Nicht-Formalisierbarkeit impliziten Wissens und Handelns, das sich nicht vollständig explizie-

ren und damit zugänglich für eine technisch-formale Bearbeitung machen lässt.

Dies markiert einerseits Grenzen, die der Digitalisierung realer Gegebenheiten und damit auch der Zugänglichkeit für adaptive bzw. lernende Maschinen auferlegt sind. Andererseits bedeutet dies nicht, dass diese Grenzen im digitalen Wandel auch tatsächlich Berücksichtigung finden. Vielmehr werden sie häufig ignoriert bzw. übergangen – mit nicht zu vernachlässigenden Folgen.

## 6. AUSBLENDUNG DER GRENZEN UND DIE FOLGEN

Die Ausblendung der Grenzen der Digitalisierung und Adaptivität geht mit typischen Fehlschlüssen einher, von denen im Folgenden ein paar wesentliche herausgegriffen werden.

### 6.1 Ersatz versus funktionales Äquivalent

Wenn vormals anders, z.B. durch menschliches Handeln, vollzogene Prozesse (teil-)automatisiert werden, werden sie nicht eins zu eins technisch reproduziert, sondern (allenfalls) möglichst detailgetreu simuliert. In der Regel beschränkt sich die technische Abbildung auf die Erstellung eines *funktionalen Äquivalents*.

Die Nicht-Beachtung dieses Unterschieds inszeniert einen vermeintlichen Wettbewerb zwischen Mensch und Technik anstelle einer Komplementarität. Kaum ein anderes Beispiel steht hierfür so sehr in der öffentlichen Diskussion, wie das Go-Spiel (siehe den Beitrag von Peter Brödner in diesem Band: S. 78ff.). Go gilt (im Vergleich zum Schach) aufgrund der enormen Komplexität als intuitives Spiel (immer noch in einem sehr eng kontrollierten bzw. potenziell abgeschlossenen Setting). Um die Komplexität zu beherrschen, greift nun KI bzw. ein

lernendes Programm auf statistische/mathematische Methoden und sehr aufwendige parallel laufende Prozesse zurück.<sup>8</sup> Die Resultate werden auf Basis neuer Methoden, einer stark gestiegenen Rechenleistung und vorhandener Daten erzielt. Menschliche Spieler/-innen könnten auf diese Weise nicht agieren, sondern sind auf Intuition angewiesen. Intuition wird hier nicht einmal technisch simuliert, sondern nur funktional ersetzt. Vielmehr agiert ‚die KI‘ auf eine andere Weise, bei der die Technik (z.B. der Taschenrechner) dem Menschen schon lange überlegen ist: die Durchführung formaler Rechenoperationen. Ein weiteres Beispiel sind ‚empathische‘ Systeme wie Sprach- und Gesichtserkennungsprogramme, die auf Gefühle reagieren. Sie simulieren nicht Empathie, sondern ersetzen diese Kompetenz durch mathematische Modelle bzw. Korrelationen. Auch semantische Technologien oder Bilderkennungssysteme erfassen nicht selbst die Bedeutung von Wörtern und Bildern, sondern übersetzen sie in Zahlen, um sie dann mit vorhandenen Daten, Verknüpfungen und wahrscheinlichen Kombinationen abzugleichen. Damit können sie sich wahrscheinlichen Bedeutungen annähern und sogar zu neuen Werken kombinieren, ohne diese selbst zu erfassen oder gar zu ‚verstehen‘; inklusive der eigenen vermeintlichen ‚Kreativität‘.

Auch lernen Mensch und Maschine sehr unterschiedlich.<sup>9</sup> Ohne auf diesen zentralen Aspekt genauer eingehen zu können, fällt auf, dass

- 
- 8 Mittels extrem vieler ( $40 \times 10^3$ ) parallel durchgeführter Zufallspartien werden für bestimmte Stellungen Zugkombinationen mit hoher Erfolgswahrscheinlichkeit identifiziert. Zudem greift das System auf Metadaten zurück, die durch zwei gegenseitig trainierte lernende Systeme ständig erweitert werden, usw.
  - 9 Als ein Beispiel für das Erlernen von motorischen Tätigkeiten lässt sich das Fahrradfahren nehmen: Der technisierbare (objektivierende, auf explizitem Wissen beruhende) Zugang zum Fahrradfahren wäre, die eigene Lage im Raum ständig zu überprüfen, den nächsten Schritt zu planen und so in Sekundenbruchteilen die Balance durch Lenkerbewegungen, Körperlage und Treten aufrechtzuerhalten. Diese Handlungsabfolgen könnten dann aufge-

Menschen sich im ersten Schritt wesentlich flexibler und schneller eine neue Aufgabe adaptieren können, während technische lernende Systeme sehr viele Versuche und den Aufbau einer extrem großen Datenmenge benötigen. Dann aber sind technische Systeme besonders gut geeignet, einen ‚trainierten‘ Schritt immer gleich und immer schneller zu vollziehen. Auch können technische Systeme ihr ‚explizites Wissen‘ bzw. ihre angesammelten Daten einfach auf ein anderes System übertragen und so unschlagbar schnell und genau voneinander lernen. Eine Herausforderung ist es z.B., einen Zylinder in eine enge Form zu stecken: Der Mensch trifft schnell das Loch und ‚rüttelt‘ den Zylinder rein, damit er sich nicht verklemmt. Ein Roboterarm braucht eine ‚naivere‘ Annäherung an den optimalen Prozess. Hat er diesen jedoch einmal eingestellt bzw. erlernt, kann er sehr schnell mit nicht mehr sichtbaren Vibrationen in ständig gleicher Wiederholung ausgeführt und auf andere Roboterarme übertragen werden. Der Roboterarm ‚überholt‘ an dieser Stelle die haptischen Fähigkeiten des Menschen, da mit der ständigen Wiederholung die Anforderung von Adaptivität weg hin zu Reproduzierbarkeit geht.

Die Möglichkeit einer technischen Abbildung allen Denkens und Handelns wird derzeit gern als eine bloße Frage der Zeit behandelt, unter Heranziehung zahlreicher Beispiele für vermeintlich kreative oder empathische ‚Künstliche Intelligenz‘. Dabei bleibt meist unthematisiert, dass zwar scheinbar das Gleiche getan wird, jedoch auf entscheidend andere Art und Weise. Manuelle Tätigkeiten, Wissensarbeit wie

---

zeichnet, in einem enormen Datensatz gebündelt und in einen Algorithmus überführt werden, anhand dessen andere Systeme Fahrradfahren lernen und optimieren können. Menschen lernen das Fahrradfahren anders: Draufsetzen, anschieben, relativ schnell alleine fahren. Auch während des Fahrens wäre es fatal, erst über die momentan notwendige ausgleichende Abstimmung zwischen Gerät und Körper nachzudenken und dann zu handeln. Vielmehr müssen Handeln und Denken ineinanderfließen. Unbewusst ist dieses Handeln deshalb nicht. Es folgt nur nicht der klassischen Abfolge bewusst kalkuliert getroffener Entscheidungen: erst Denken, dann Handeln.

auch personenbezogene Interaktionsprozesse werden höchstens technisch simuliert, in der Regel jedoch nur funktional ersetzt. So oder so eignet sich die entsprechende Technologie weder die mit der Tätigkeit verbundenen menschlichen Kompetenzen an noch ist der Weg, *wie* die Tätigkeit vollzogen wird, der gleiche. Das unterschiedliche Vorgehen ist verbunden mit unterschiedlichen Voraussetzungen, was die Prozessbedingungen und die Prozessgestaltung angeht, und mit entsprechend unterschiedlichen Folgewirkungen. So müssen die technischen Voraussetzungen zur Datenerfassung (‘Wahrnehmung’) und -verarbeitung erst geschaffen werden, die Datenmenge, die benötigt wird, ist eine andere, und auch die Art der Verarbeitung der Daten unterscheidet sich grundlegend.

Diese Unterschiede können manchmal in der Praxis vernachlässigbar sein, oftmals erweisen sie sich jedoch als wesentlich für die Qualität des Resultats, für die Flexibilität bzw. Stabilität des Prozesses, für die einhergehenden Nebenfolgen für Arbeit und Gesellschaft. Was fällt mit der (Teil-)Automatisierung weg bzw. bleibt liegen? Was kommt neu hinzu? Entscheidend ist hier die limitierte Explizierbarkeit bzw. Formalisierbarkeit realer Gegebenheiten.

Es kann konstatiert werden, dass (teil-)autonome Systeme zwar zum Teil annähernd dasselbe tun, aber auf eine andere Art und Weise. In der Folge muss es darum gehen, genau zu betrachten, was dies im Resultat bedeutet und welche Aufgaben am besten *wie* und damit auch *durch was/wen* erledigt werden sollten. Es braucht also Kriterien für eine neu begründete *Arbeitsteilung* zwischen lernendem System und humaner Arbeitskraft. Diese können entlang der Grenzen der Digitalisierung bzw. Adaptivität technischer Systeme entwickelt werden.

## **6.2 Überschätzung des Substituierungspotenzials durch Ausblendung des Informellen**

Fragen nach der Ersetzbarkeit menschlicher Arbeit durch digitale Technologien und den damit verbundenen Folgen für Arbeit und Gesellschaft stehen im Zentrum des öffentlichen Digitalisierungsdiskur-

ses. Die Einschätzungen zum Substitutionspotenzial variieren stark. Jedoch scheinen sie sich zunehmend auf ein Szenario einzuspielen, das nicht von einem ersatzlosen Wegfall von Arbeit ausgeht, sondern von einer Verschiebung von Tätigkeitsfeldern (vgl. IAB-Forschungsbericht 2016). Eine Phase der Überhöhung und teilweise auch Instrumentalisierung des Diskurses scheint einem differenzierteren Hinsehen zu weichen; einhergehend mit einem sinkenden geschätzten Substitutionspotenzial.<sup>10</sup>

Nach wie vor stehen, wenn über besonders gefährdete Tätigkeiten gesprochen wird, sogenannte Routinetätigkeiten (in Produktion, Sachbearbeitung und Dienstleistung) im Fokus. Dabei wird allerdings die Komplexität auch dieser Tätigkeiten systematisch unter- und entsprechend das Substitutionspotenzial überschätzt (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015). Auch hier reicht der Blick auf die formal erfassbaren Arbeitsanteile nicht aus. Wenn vermeintliche Routinetätigkeiten (teil-)automatisiert werden, werden die informellen Anteile der Arbeit, die stillen Leistungen, die notwendigen zusätzlichen Kompetenzen und das Erfahrungswissen oft erst wirklich offensichtlich, z.B. indem angrenzende Arbeitsbereiche die nicht erfasste, aber dennoch anfallende Arbeit auffangen müssen. In der Regel steigt dann die Arbeitsbelastung im Umfeld an. Zugleich macht es wenig Sinn, aus einer Arbeit alle Routineanteile zu entfernen. Sie würde damit extrem intensiviert, da Routine auch entlastend wirkt. Hinzu kommt, dass Routine oftmals auch erst durch angesammelte Kompetenzen entwickelt und wirksam wird.

Insofern ist es fruchtbarer, auf der Suche nach Substitutionspotenzialen nicht von Routineanteilen zu sprechen, sondern von den formalisierbaren (vs. nicht-formalisierbaren) Anteilen von Arbeit; inklusive derer, die durch Metadaten abbildbar sind. Kreativität, Spieltrieb, In-

---

10 Z.B. von 50 Prozent (USA) bei Carl B. Frey und Michael A. Osborne (2013) auf 23 Prozent (für die USA) bei McKinsey Global Institut (2017) oder 9 Prozent für alle OECD-Staaten im Schnitt bei Melanie Arntz, Terry Gregory und Ulrich Zierahn (2016) unter Betrachtung von Teiltätigkeiten und Berücksichtigung normaler Anpassungsprozesse.

novation, aber auch Empathie, Authentizität, das Aushalten von und Handeln in Widersprüchen gelten als Eigenschaften, die sich nicht wirklich formal ‚steuern‘, sondern nur durch passende Rahmenbedingungen fördern lassen. Entsprechende Tätigkeiten und Berufe bergen deshalb auch ein erhöhtes Verhandlungspotenzial gegenüber Arbeit- oder Auftraggeber/-innen. Diese typisch menschlichen Kompetenzfelder stellen eine besondere Herausforderung für die Entwicklung (teil-)autonomer Systeme dar, die aktuell insbesondere mittels lernender Systeme aufgegriffen wird (s.o.).

Sie sind jedoch nur Ausschnitte des subjektivierenden Arbeitshandelns, das sich insgesamt der Formalisierung verwehrt und eher das *Wie* der Arbeit als das inhaltliche *Was* beschreibt. Es kann sich potenziell in jeder Arbeit äußern, auch in Routinetätigkeiten und vor allem in der Facharbeit und eben nicht nur in ‚kreativen‘ oder personenbezogenen Berufen, wo Empathie gefragt ist. Dieses *Wie* setzt dem Herausrücken des Menschen aus den Arbeitsprozessen und der Idee des Entscheidungstreffens auf Basis von lernenden Systemen vorbereiteter Entscheidungsbündel gewisse Grenzen, da spezifische Handlungsformen und Kompetenzen nicht mehr direkt im Arbeitsprozess eingebracht werden. Eine Alternative ist daher eine komplementäre Mensch-Technik-Kollaboration im Arbeitsprozess, was neue Anforderungen an die Technikgestaltung stellt (s.u.).

Erneut kann gefolgert werden: Es existieren Grenzen der (Teil-)Automatisierung in jeder Tätigkeit. Dennoch können die Tätigkeiten von technischen Systemen übernommen werden, wobei immer etwas übrig bleibt bzw. wegfällt und Neues hinzukommt. Denn mit diesem Schritt verändert sich die Art und Weise der Bearbeitung, mit entsprechenden (mehr oder weniger großen) Folgen.

### **6.3 Anpassung der Umwelt an die Bedarfe des technischen Systems**

Eine typische Reaktion auf wahrgenommene Grenzen der technischen Beherrschbarkeit bzw. der Adaptionsfähigkeit ist die Standardisierung der Umgebung mit dem Ziel, die Umwelt für formale Systeme anschlussfähig und beherrschbar zu machen. Dies kann auf Kosten der Vielfalt, der Qualität und der individuellen Freiheiten gehen. So lässt sich der autonome Straßenverkehr in einer hoch reglementierten Umgebung am einfachsten umsetzen; z.B. wenn sich nur mit entsprechender Technologie ausgestattete Fahrzeuge auf der Straße befinden, die Systeme alle miteinander kompatibel sind, Straßen nur an Ampeln überquert oder gekreuzt werden können etc. Auch sind die Nutzer/-innen die besten Kund/-innen, die den antizipierten und geplanten Nutzerprofilen entsprechen. Entsprechend gilt es, das Nutzerverhalten (inkl. Nutzerbedürfnisse) nicht nur schon bereits im Vorfeld zu erfassen, sondern auch zu steuern (vgl. Lobe 2018).

Eine nicht gering zu schätzende Gefahr besteht darin, dass sich Nutzer/-innen zu sehr an die Bedarfe und Unzulänglichkeiten des Systems (bzw. der Hersteller) anpassen; z.B. wenn emotionssensible IT auf Basis von Sprach- und Gesichtserkennung für Einstellungstests verwendet wird, den Lernerfolg im Unterricht bemisst oder individuelle Kundenwünsche beim Einsteigen in das autonome Taxi vom Gesicht abliest.<sup>11</sup> KI-Systeme könnten dann Menschen auf gute erkennbare oder positiv sanktionierte Sprache und Mimik konditionieren.<sup>12</sup> Berater/-innen würden Menschen für wichtige Einstellungen auf die jewei-

---

11 Bei allen hier aufgeführten Beispielen handelt es sich um aktuelle Testprojekte.

12 Als Beispiel kann der boomende Markt an digitalen HR-Analyse-Tools im Personalmanagement genannt werden, z.B. Persönlichkeitsprofilierung auf Basis von Schriftstücken, Mimik und Gestik oder eines beliebigen gesprochenen Textes. Sie basieren auf Typisierungen und sind – einmal in ihrer Logik durchschaut – auch manipulationsanfällig.

ligen KI-Systeme trainieren, Schüler/-innen würden Aufmerksamkeit fingieren und damit das Taxi die Türe verriegelt oder schneller fährt, würden sich übertriebene Gestiken zur Steuerung etablieren. Die Vielzahl von Formen, wie Menschen Emotionen (z.B. Freude) ausdrücken können, steht einer limitierten Anzahl von Kategorien bzw. ‚Schubladen‘, mit denen lernende Systeme auf Basis von Wahrscheinlichkeiten arbeiten, gegenüber. Dies birgt typische Gefahren der Fremd- und Selbst-Disziplinierung bzw. normierenden Anpassung an die Bedarfe und Limitierungen technischer Systeme.

#### **6.4 Akzeptanz anstelle echter Partizipation**

Nicht nur eine überzogene bzw. entfremdende Anpassung des Menschen an die Bedarfe der Technik, sondern auch der umgekehrte Prozess birgt Gefahren, insbesondere wenn Anpassung mit Nachahmung vertauscht wird und die Grenzen der technischen Adaptivität und die Unterschiede zwischen menschlichem Handeln und dessen digitaler Simulation unberücksichtigt bleiben.

Seit einiger Zeit wird intensiv über die Agenda ‚Humanizing Technology‘ diskutiert. Dabei wird argumentiert, dass Technikentwicklung stärker von dem Kunden/der Kundin bzw. ‚von unten‘ (z.B. von dem Mitarbeiter/der Mitarbeiterin) aus gedacht werden muss. So soll unter anderem darauf reagiert werden, dass Technik oftmals ‚dehumanisierende‘ bzw. entfremdende Wirkungen erzeugt, wenn sie Nutzer/-innen zwingt, sich ihrer Logik und der ihrer Entwickler/-innen zu unterwerfen. Daraus wird häufig gefolgert, dass Technik dem Menschen ähnlicher gestaltet werden müsse, damit die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) weniger entfremdend wirkt. Dies ist jedoch zu hinterfragen. Natürlich macht es Sinn, Sprachsteuerungen und andere Schnittstellen in der MMI zugänglicher, niedrighschwelliger und zum Teil auch intuitiver zu gestalten. Aber die Losung, dass *Ähnlichkeit* Entfremdung bzw. De-Humanisierung entgegenwirkt und Vertrauen in der Interaktion erzeugt, läuft in ihrer Konsequenz fehl – da sie weiterhin an der Substitution des Menschen festhält und hierdurch die Tech-

nik in den Mittelpunkt stellt. Diese Perspektive hält an der Agenda der Kolonialisierung der Lebenswelt durch Technik fest, statt eine echte Unterstützungs- und vor allem Entwicklungsperspektive menschlicher Fähigkeiten zu eröffnen und über diesen Weg neue technische Entwicklungspfade zu erschließen.<sup>13</sup> Beides kann nur gelingen durch eine abgestimmte *Arbeitsteilung* und *wechselseitige Lernförderlichkeit* im sozio-technischen System. Basis hierfür ist eben nicht Ähnlichkeit. Auch Akzeptanz und Erfolg der Interaktion und Kooperation zwischen technischem System und Menschen lassen sich durch eine echte Befähigung und Ermächtigung der Nutzer/-innen und über erkennbare Nützlichkeit, Anwendbarkeit und (bedingte) Kontrollierbarkeit der Effekte eher erreichen als durch eine – notwendigerweise eingeschränkte und damit nie authentische – Ähnlichkeit zwischen technischem System und Mensch.<sup>14</sup>

---

13 Nicht nur die Entwicklungskonzepte der ‚Customer Experience‘ und des ‚Human-Centric Product Design‘ (z.B. Apple; vgl. Hiner 2011), sondern auch die der ‚Usability‘ oder ‚intuitiven Nutzerführung‘ allgemein sind noch weit entfernt von einer echten Aneignungs- und Empowermentperspektive. So bleiben weite Teile menschlicher Wahrnehmung und Verarbeitung kaum adressiert und werden nicht gezielt gefördert. Selbst Don Norman, der als Designer bei Apple den Begriff ‚User Experience‘ prägte, sieht noch erheblichen Handlungsbedarf und identifiziert aktuelle Fehlentwicklungen, z.B. da entdeckendes Lernen durch intuitive Nutzerführung nicht mehr möglich sei (vgl. Heuer 2013).

14 Statt z.B. in der Produktion Leichtbauroboterarme mit sieben Gelenken künstlich auf die Bewegungen des menschlichen Arms zu beschränken (um Vertrauen zu erzeugen und Unfälle zu vermeiden), könnte es die Handhabung des ‚Werkzeugs‘ und die Bindung zu ihm verbessern, wenn der ‚Nutzer‘/die ‚Nutzerin‘ sich gerade die besonderen ergänzenden Möglichkeiten der Technik aneignen kann, um Dinge zu tun, die er/sie nicht von selbst kann. Die teils starke (auch emotionale) Bindung zum privaten Kfz, zum großen Bagger, zum gut in der Hand liegenden Hammer (als ‚verlängerter Arm‘) wird eben dadurch hergestellt, dass man durch das Objekt zu an-

Zudem lassen sich die Aktivitäten eines unabhängig interagierenden Systems (z.B. Leichtbauroboter) wesentlich besser nachvollziehen, wenn sie offen der rationalen Logik expliziten Wissens folgen, also z.B. transparenten Regeln, wenn sie also klar vorhersagbar sind und keine ‚menschliche‘ Charaktermaske tragen, die die Interaktion verkompliziert.<sup>15</sup> Ähnlichkeit kann sogar technisch dysfunktional sein und unnötige Risiken eröffnen, etwa wenn für Flugzeugcockpits humanoide Roboter entwickelt und so unnötig zusätzliche Schnittstellen aufgemacht werden, statt sich auf das Fluggerät als eigentliches (teil-)autonomes System zu konzentrieren.

Daraus lässt sich folgern: Wenn (teil-)autonome lernende Systeme umfassend adaptiv sein sollen, ist es notwendig, zunächst die Beschränkungen der Adaptivität zu berücksichtigen und dann die Systeme dort für anderweitige Lösungen zu öffnen, insbesondere für menschliches Handeln. Eine durch das technische System (bzw. dessen Programmierung) vorgesehene Auswahl an vorbereiteten Entscheidungsmöglichkeiten ist nicht ausreichend, da so nur in sehr begrenztem Maße Komplexität in die Situation genommen wird. ‚Offene Schnittstellen‘, die nicht auf die durchgängige Beherrschung bzw. technische Koordination des Nutzungs- oder Interaktionsprozesses abzielen, müssen das Steuer bzw. die ‚Handlungsträgerschaft‘ (siehe auch den Beitrag von Schulz-Schaeffer in diesem Band) gezielt abgeben und an nahezu beliebiger Stelle wieder aufgreifen können. Dies würde jedoch bedeuten, die Nutzer/-innen umfassend einzubinden – eben genau da, wo menschliches Handeln funktional (oder auch normativ) angezeigt ist. Dies stellt eine enorme Herausforderung für die Entwicklung entsprechender Systeme dar. Es ginge darum, die Defizite rein technischer Adaptivität zu erkennen, um diese dann durch Hinzunahme menschl-

---

sonsten unmöglichen Handlungen und zur Ausübung von Kompetenzen befähigt wird.

- 15 So kann es zielführender sein, wenn ein mobiles System in der Intralogistik immer entweder gleich ausweicht oder stehen bleibt, statt die Bewegungen des menschlichen Gegenübers zu ‚interpretieren‘ und vorherzusagen.

chen Handelns zu ergänzen – oder umgekehrt menschliches Handeln zu analysieren und dort zu ergänzen, wo die technische Bearbeitung als sinnvoll eingestuft wird. Insgesamt würde so die Adaptivität des sozio-technischen Systems steigen; und damit die Handlungsfähigkeit in unsicheren und komplexen Situationen.

## **6.5 Zwischenfazit: Assimilierende Adaptivität**

Die aktuelle Diskussion um den digitalen Wandel von Arbeit, insbesondere angesichts (teil-)autonomer Steuerung und lernender Systeme, ist geprägt durch eine Anzahl wesentlicher Fehlschlüsse. So wird 1.) die Technisierung eines vormals anders (in der Regel durch menschliches Zutun) organisierten Prozesses als gleichwertiger Ersatz angenommen, aber nicht berücksichtigt, dass zum Erreichen des Effekts (,funktionales Äquivalent‘) ein anderer Weg gewählt wird. Technische Systeme sind nicht deshalb intuitiv, kreativ oder empathisch, weil sie für Aufgaben eingesetzt werden, die Menschen mittels Intuition, Kreativität oder Empathie bearbeiten. 2.) Das Substitutionspotenzial von menschlichem Arbeitshandeln wird systematisch dadurch überschätzt, dass die informellen Leistungsanteile und impliziten Kompetenzen ausgeblendet bleiben und nur die explizierbaren Wissensanteile bzw. die formalisierbaren Arbeitsanteile betrachtet werden, da sich auch nur diese digitalisieren lassen. 3.) Darüber hinaus besteht die Tendenz, die Umwelt an die Bedarfe der technischen Systeme anzupassen, um die Komplexität für die notwendigerweise Eingeschränktheit adaptiver Systeme bearbeitbar zu gestalten. 4.) Diese Tendenz wird noch zusätzlich dadurch verstärkt, dass unter dem Label ,Humanizing Technology‘ die Technik dem Menschen ähnlich gestaltet wird, anstatt systematisch auf eine wechselseitige Ergänzungsperspektive zu setzen. Ein Weg zu Letzterem wären ,offene‘ *adaptive sozio-technische Systeme*, die die Situationskoordination bzw. Handlungsträgerschaft situativ abgeben und wieder aufgreifen können, jenseits von eng geschnittenen Optionen bzw. Wenn-dann-Regeln (s.u.).

Angesichts dieser aktuellen Tendenzen kann die deutliche Dominanz einer Beherrschbarkeitsideologie in der Technikentwicklung diagnostiziert werden, die mit einer Überschätzung von in Aussicht gestellten Skalierungseffekten durch digitale Systeme einhergeht. Während die technische Adaptivität (teil-)autonom, insbesondere lernender Systeme steigt, bleiben die Grenzen der Digitalisierung oftmals ausgeblendet. Insofern kann von einer ‚*assimilierenden Adaptivität*‘ gesprochen werden, bei der Umweltbedingungen soweit möglich in die Eigenlogik des Systems übersetzt werden und Nicht-Übersetztes (und insbesondere Nicht-Übersetzbares) außen vor bleibt. In der Folge kommt es zu typischen Fehlschlüssen von technischer Machbarkeit im Labor, in der Simulation, in der Einzelumsetzung auf die Umsetzung in der Breite, insbesondere durch die Ausblendung der Komplexität der Praxis und der Reichhaltigkeit menschlichen Arbeitshandelns.

## **7. FAZIT: KOMPLEMENTÄRE ADAPTIVITÄT DURCH OFFENE SYSTEME UND HUMANE ARBEIT**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass angesichts der Grenzen der Digitalisierung vordringlich die Steigerung einer *assimilierenden Adaptivität* beobachtbar ist, bei der (teil-)autonome Systeme befähigt werden, sich ihrer Umwelt dadurch anzupassen, dass sie diese in die formale Eigenlogik des Systems überführen. Dies steht dem Erreichen einer *komplementären Adaptivität*, für die ein wechselseitiger Kooperationszusammenhang zwischen technischem System und anderen ‚Systemen‘ in seinen Umwelten wesentlich ist, konflikthaft gegenüber. Letztere würde jedoch eine *Steigerung* der Adaptivität technischer (insbesondere lernender) Systeme ermöglichen. Als Resultat könnten ‚*offene*‘ *sozio-technische Systeme* entstehen, in welchen die Situationskoordination bzw. Handlungsträgerschaft situativ je nach Bedarf und Kompetenzen der ‚Akteure‘ zwischen Mensch und Technik übertragen wird. Hierfür müssten (teil-)autonome Systeme in der Lage sein, die

Koordination des Prozesses tatsächlich abzugeben und wieder aufzugreifen, und zwar ohne vorher die möglichen Anschlussstellen festzulegen.<sup>16</sup> Damit würden sehr hohe Anforderungen an die Technikgestaltung in Richtung Adaptivität einhergehen, z.B. eine permanente Umprogrammierung im Interaktions-/Nutzungsprozess. Lernende Systeme könnten hier neue Wege ermöglichen.

Dies betrifft nicht nur die Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion, sondern die gesamte Arbeitsorganisation bzw. das gesamte betriebliche Setting, in das die Technologie wie auch das Arbeitshandeln eingebunden sind (vgl. Ittermann et al. 2016). Denn die Einbettung technischer Systeme in den gesamten Anwendungskontext ist entscheidend für die Ausformung der Interaktion und deren Folgen.

Grundlage für beides, die technische und organisationale Gestaltung, ist eine (erneute) Auseinandersetzung mit den Grenzen der Digitalisierung auf Basis aktueller Technologien und aus dieser Perspektive eine Neubetrachtung der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik. Diese Auseinandersetzung ist dringend nötig angesichts dessen, dass die aktuellere Diskussion zum digitalen Wandel (Industrie 4.0, lernende Systeme etc.) zwar geprägt ist durch Statements, dass der Mensch ‚weiterhin‘ ‚im Mittelpunkt‘ der Arbeit stehen soll (z.B. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013: 24; Spath et al. 2013: 129f.; vgl. auch acatech 2016; BMAS 2016; Plattform Industrie 4.0 2015), diese *normative* Setzung aber kaum bis gar nicht theoretisch begründet oder zumindest *funktional* untermauert wird. Zwar distanziert man sich von dem gescheiterten Programm Computer Integrated Manufacturing (CIM) der 1980er Jahre und dem dort propagierten Leitbild der ‚mensenleeren Fabrik‘. Gleichzeitig wird aber argumentiert, dass jetzt die technische

---

16 In einem digitalen technischen System müssen die Anschlussstellen immer in der Systemarchitektur vorgesehen sein oder durch sie zumindest ermöglicht werden. Insofern sind sie immer formal festgelegt. Die Herausforderung ist nun, auch unvorhergesehene Ausformungen (Wege, Inhalte, Zeitpunkte etc.) der Interaktionen mit dem System zu ermöglichen.

Basis dafür bestehe, die Visionen von CIM schrittweise umzusetzen (exemplarisch Gausemeier 2015; Scheer 2012; Stich 2016). Mit dezentralen lernenden Systemen, so heißt es, ließen sich die CIM-Ideen doch noch realisieren, nun aber mit Blick auf ganze Wertschöpfungssysteme. Das Ideal ist die Reduktion der Transaktionskosten auf null. Dabei werden die Besonderheiten menschlichen Arbeitshandelns (inklusive des damit verbundenen Erfahrungswissens) nicht nur auf dem Shopfloor, sondern letztlich in allen Bereichen durch ‚Machine Learning‘ bzw. lernende Systeme als ersetzbar angesehen.

Ziel des Beitrags ist es, einen rein technikfokussierten Blick zu erweitern auf den sozio-technischen Zusammenhang. Auf Basis einer ersten Systematisierung von Grenzen der Digitalisierung wurden ein assimilierendes und ein komplementäres Adaptivitätsverständnis unterschieden und einander gegenübergestellt. Die Logik, auf erhöhte Unsicherheit und Komplexität mit Dezentralisierung bzw. einer Steuerung aus dem Prozess heraus zu reagieren, um Adaptivität und damit Flexibilität zu steigern, liegt nahe und ist auch nicht neu. Sie kennzeichnet den aktuellen Wandel von Arbeit insgesamt. Ein weiterer Schritt wäre die Steigerung der Adaptivität (teil-)autonomer lernender Systeme in Richtung offener Systeme und komplementärer Adaptivität. Dies würde den Fokus auf die Gesamt-Adaptivität des sozio-technischen Systems legen und könnte ein Schlüssel sein für eine humanorientierte Technikgestaltung.

## LITERATUR

- acatech (2016): Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze (= acatech POSITION), München: Herbert Utz.
- Alkemeyer, Thomas (2009): „Handeln unter Unsicherheit – vom Sport aus beobachtet“, in: Fritz Böhle/Margit Wehrich (Hg.): Handeln unter Unsicherheit, Wiesbaden: VS Verlag, S. 183-202.

- Arntz, Melanie/Gregory, Terry/Zierahn, Ulrich (2016): *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis* (ZEW Mannheim, Universität Heidelberg), [https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/the-risk-of-automation-for-jobs-in-oecd-countries\\_5j1z9h56dvq7-en](https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/the-risk-of-automation-for-jobs-in-oecd-countries_5j1z9h56dvq7-en) vom 20.8.2018.
- Bainbridge, Lisanne (1983): „Ironies of automation“, in: *Automatica* 19/6, S. 775-779.
- Bauer, Hans G./Böhle, Fritz/Munz, Claudia/Pfeiffer, Sabine/Woicke, Peter (2006): *Hightech-Gespür. Erfahrungsgeleitetes Arbeiten und Lernen in hoch technisierten Arbeitsbereichen*, Bielefeld: Bertelsmann.
- Baukrowitz, Andrea/Berker, Thomas/Boes, Andreas/Pfeiffer, Sabine/Schmiede, Rudi/Will, Mascha (Hg.) (2006): *Informatisierung der Arbeit – Gesellschaft im Umbruch*, Berlin: edition sigma.
- Beck, Ulrich (1986): *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Birken, Thomas/Pelizäus-Hoffmeister, Helga/Schweiger, Petra/Sontheimer, Rainer (2018): „Technik für ein selbstbestimmtes Leben im Alter – eine Forschungsstrategie zur kontextintegrierenden und praxiszentrierten Bedarfsanalyse“ [96 Absätze], in: *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* 19/1, Artikel 3, <http://dx.doi.org/10.17169/fqs-19.1.2871> vom 20.8.2018.
- Böhle, Fritz (2009): „Weder rationale Reflexion noch präreflexive Praktik. Erfahrungsgeleitet-subjektivierendes Handeln“, in: Fritz Böhle/Margit Wehrich (Hg.): *Handeln unter Unsicherheit*, Wiesbaden: VS Verlag, S. 203-230.
- Böhle, Fritz (2015): „Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit mit Ungewissheit“, in: *praeview. Zeitschrift für innovative Arbeitsgestaltung und Prävention* 2/3, S. 9.
- Böhle, Fritz (Hg.) (2017): *Arbeit als Subjektivierendes Handeln. Handlungsfähigkeit bei Unwägbarkeiten und Ungewissheit*, Wiesbaden: VS Verlag.
- Böhle, Fritz/Huchler, Norbert (2016): „Cyber-Physical Systems and Human Action. A Re-Definition of Distributed Agency Between

- Humans and Technology, Using the Example of Explicit and Implicit Knowledge“, in: Houbing Song/Danda B. Rawat/Sabine Jeschke/Christian Brecher (Hg.), *Cyber-Physical Systems: Foundations, Principles, and Applications*, Amsterdam: Elsevier, S. 115-127.
- Böhle, Fritz/Milkau, Brigitte (1988): *Vom Handrad zum Bildschirm. Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozess*, Frankfurt a.M.: Campus.
- Böhle, Fritz/Pfeiffer, Sabine/Porschen, Stephanie/Sevsay-Tegethoff, Nese (2011): „Herrschaft durch Objektivierung. Zum Wandel von Herrschaft in Unternehmen“, in: Wolfgang Bonß/Christoph Lau (Hg.): *Herrschaft durch Uneindeutigkeit*, Weilerswist: Velbrück, S. 244-283.
- Böhle, Fritz/Porschen, Stephanie (2012): „Verwissenschaftlichung und Erfahrungswissen. Zur Entgrenzung, neuen Grenzziehungen und Grenzüberschreitungen gesellschaftlich anerkannten Wissens“, in: Ulrich Wengenroth (Hg.), *Grenzen des Wissens – Wissen um Grenzen*, Weilerswist: Velbrück, S. 154-192.
- Böhle, Fritz/Rose, Helmuth (1992): *Technik und Erfahrung. Arbeit in hochautomatisierten Systemen*, Frankfurt a.M.: Campus.
- Boes, Andreas (2005): „Informatisierung“, in: SOFI/IAB/ISF München/INIFES (Hg.): *Berichterstattung zur sozioökonomischen Entwicklung in Deutschland. Arbeits- und Lebensweisen. Erster Bericht*, Wiesbaden: VS Verlag, S. 211–244.
- Brödner, Peter (2015): „Industrie 4.0 und Big Data – wirklich ein neuer Technologieschub?“, in: Hartmut Hirsch-Kreinsen/Peter Ittermann/Jonathan Niehaus (Hg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*, Baden-Baden: Nomos, S. 231-250.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (Hg.) (2016): *Weissbuch Arbeiten 4.0*, Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- Fink, Robin D./Weyer, Johannes (2014): „Interaction of Human Actors and non Human Agents. A Sociological Simulation Model of Hy-

- brid Systems“, in: Science, Technology & Innovation Studies 10/1, S. 47-64.
- Gausemeier, Jürgen (2015): „Computer Integrated Manufacturing (CIM)“, in: Norbert Gronau/Jörg Becker/Elmar J. Sinz/Leena Suhl/Jan M. Leimeister (Hg.): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik. Online-Lexikon, [http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Computer-Integrated-Manufacturing-\(CIM\)](http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Computer-Integrated-Manufacturing-(CIM)) vom 17.8.2017.
- Gigerenzer, Gerd (2007): Bauchentscheidungen. Die Intelligenz des Unterbewussten und die Macht der Intuition, München: Bertelsmann.
- Grote, Gudela (2015): „Gestaltungsansätze für das komplementäre Zusammenwirken von Mensch und Technik in Industrie 4.0“, in: Hartmut Hirsch-Kreinsen/Peter Ittermann/Jonathan Niehaus (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden: Nomos, S. 131-146.
- Heuer, Steffan (2013): „Das Thema Usability ist für mich erledigt“, in: brand eins 7, S. 71-74.
- Hiner, Jason (2011): Humanizing Technology: The 100-Year Legacy of Steve Jobs, ZDnet vom 11.10.2011, <http://www.zdnet.com/article/humanizing-technology-the-100-year-legacy-of-steve-jobs/> vom 5.11.2015.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hg.) (2015): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden: Nomos.
- Huchler, Norbert (2016): „Re-Taylorisierung und Subjektivierung. Die Risiken digitaler Arbeit und Leitlinien für eine nachhaltige Arbeits- und Technikgestaltung“, in: DGUV FORUM. Fachzeitschrift für Prävention, Rehabilitation und Entschädigung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) 11, S. 12-16.
- Huchler, Norbert (2018): „Die Grenzen der Digitalisierung. Begründung einer Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik und Im-

- plikationen für eine humane Technikgestaltung“, in: Josephine Hofmann (Hg.): Arbeit 4.0 – Digitalisierung, IT und Arbeit, Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 143-162.
- Huchler, Norbert/Pfeiffer, Sabine (Hg.) (2018): Industrie 4.0 konkret. Ungleichzeitige Entwicklungen, arbeitspolitische Einordnungen (= Schwerpunktheft der WSI-Mitteilungen 71/3), Baden-Baden: Nomos.
- Huchler, Norbert/Rhein, Philipp (2017): „Arbeitshandeln und der digitale Wandel von KMU. Die Rolle des Menschen und die Grenzen der Formalisierung 4.0“, in: Arbeit. Zeitschrift für Arbeitsforschung, Arbeitsgestaltung und Arbeitspolitik 26/3, S. 287-314.
- Huchler, Norbert/Voß, Günter G./Wehrich, Margit (2007): Soziale Mechanismen im Betrieb. Empirische und theoretische Analysen zur Entgrenzung und Subjektivierung von Arbeit, München/Mering: R. Hampp.
- IAB-Forschungsbericht (2016): Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. IAB-Forschungsbericht 13, <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2016/fb1316.pdf> vom 11.11.2017.
- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Dregger, Johannes/ten Hompel, Michael (2016): Social Manufacturing and Logistics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik (= Soziologisches Arbeitspapier 47), Dortmund: Technische Universität Dortmund.
- Latour, Bruno (1987): Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society, Milton Keynes: Open University Press.
- Lee, Edward A. (2008): Cyber Physical Systems: Design Challenges, University of California at Berkeley, Technical Report UCB/EECS-2008-8, 23.1.2018, <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8.pdf> vom 20.8.2018.
- Lindblom, Charles E. (1959): „The Science of Muddling-Through“, in: Public Administration Review 19, S. 79-88.

- Lobe, Adrian (2018): Die Gesellschaft der Metadaten, Süddeutsche online vom 31.7.2018, <https://www.sueddeutsche.de/digital/philosophie-die-gesellschaft-der-metadaten-1.4070474> vom 20.8.2018.
- McKinsey Global Institut (2017): Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation, <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Report-December-6-2017.ashx> vom 20.8.2018.
- Moldaschl, Manfred/Sauer, Dieter (2000): Internalisierung des Marktes – zur neuen Dialektik von Kooperation und Herrschaft. In: Heiner Minssen (Hg.), Begrenzte Entgrenzungen. Wandlungen von Organisation und Arbeit, Berlin: edition sigma, S. 205-224.
- Moldaschl, Manfred/Voß, Günter G. (Hg.) (2003): Subjektivierung von Arbeit, München/Mering: R. Hampp.
- Mühge, Gernot (2018): „Einzug der Rationalität in die Organisation? Digitale Systeme der Entscheidungsunterstützung in der Produktion“, in: Norbert Huchler/Sabine Pfeiffer (Hg.), Industrie 4.0 konkret. Ungleichezeitige Entwicklungen, arbeitspolitische Einordnungen (= Schwerpunktheft der WSI-Mitteilungen 71/3), S. 189-195.
- Neumer, Judith/Pfeiffer, Sabine (2015): „On the Importance of Experience-Based Work Action and Tacit Knowledge for Workplace and Social Innovation“, in: Warsaw Forum of Economic Sociology 6(11), S. 101-115.
- Neumer, Judith/Porschen-Hueck, Stephanie/Sauer, Stefan (2018): „Reflexive Scaling as a Way Towards Agile Organizations“, in: Journal of International Management Studies 18/2, S. 27-38.
- Neuweg, Georg H. (2015): Das Schweigen der Könner. Gesammelte Schriften zu implizitem Wissen, Münster/New York: Waxmann.
- Niehaus, Jonathan (2017): Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0 – Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle, FGW-Publikation Digitalisierung von Arbeit 04, Düsseldorf: FGW, [http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user\\_upload/FGW-Studie-I40-04-Niehaus-A1-web-komplett.pdf](http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/FGW-Studie-I40-04-Niehaus-A1-web-komplett.pdf) vom 28.8.2018.

- Perrow, Charles (1987): *Normale Katastrophen – die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik*, Frankfurt a.M./New York: Campus.
- Pfeiffer, Sabine (2015): „Warum reden wir eigentlich über Industrie 4.0? Auf dem Weg zum digitalen Despotismus“, in: *Mittelweg* 36. Zeitschrift des Hamburger Instituts für Sozialforschung 6, S. 14-36.
- Pfeiffer, Sabine/Suphan, Anne (2015): *Der Mensch kann Industrie 4.0*. Kurzfassung zum AV-Index. Stuttgart: Universität Hohenheim. [http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015\\_Mensch\\_kann\\_Industrie40.pdf](http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015_Mensch_kann_Industrie40.pdf) vom 20.8.2018.
- Plattform Industrie 4.0 (Hg.) (2015): *Whitepaper FuE-Themen. Industrie 4.0, 7.4.2015*, <https://www.din.de/blob/67744/de1c706b159a6f1baceb95a6677ba497/whitepaper-fue-themen-data.pdf> vom 20.8.2018.
- Polanyi, Michael (1985): *Implizites Wissen*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Porschen-Hueck, Stephanie/Huchler, Norbert (2016): „Offene Organisation: Anforderungen, Strategien, Kompetenzen“, in: *Betriebskultur und Kompetenznutzung machen den Unterschied*, Schwerpunktheft *PERSONALquarterly* 86/02, S. 9-15.
- Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft (2013): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, Frankfurt a.M.: Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Abschlussbericht\\_Industrie4.0\\_barrierefrei.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Abschlussbericht_Industrie4.0_barrierefrei.pdf) vom 23.8.2018.
- Rammert, Werner (2009): „Hybride Handlungsträgerschaft: Ein soziotechnisches Modell verteilten Handelns“, in: Otthein Herzog/Thomas Schildhauer (Hg.), *Intelligente Objekte*, Berlin: Springer, S. 23-33.
- Rammert, Werner/Schulz-Schaeffer, Ingo (2002): *Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik*, Frankfurt a.M.: Campus.
- Robertson, Brian J. (2016): *Holacracy: Ein revolutionäres Management-System für eine volatile Welt*, München: Vahlen.

- Scheer, August-Wilhelm (2012): Industrie 4.0: Alter Wein in neuen Schläuchen? Scheer Group online, <http://www.august-wilhelm-scheer.com/2012/02/08/industrie-4-0-alter-wein-in-neuen-schlauchen/> vom 20.8.2018.
- Schröder, Christian (2017): Herausforderungen von Industrie 4.0 für den Mittelstand, Friedrich-Ebert-Stiftung, <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/12277.pdf> vom 20.8.2018.
- Spath, Dieter/Ganschar, Oliver/Gerlach, Stefan/Hämmerle, Moritz/Krause, Tobias/Schlund, Sebastian (Hg.) (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Stuttgart: Fraunhofer.
- Stich, Volker (2016): Digitalisierung der Wirtschaft – Wer ist hiervon nicht betroffen? Vortrag auf der MTM-Bundestagung „Vernetzt, mobil – und produktiv? Der Mensch in der Arbeitswelt 4.0“, 27.10.2016, Stuttgart.
- Suchman, Lucy A. (2007): Plans and Situated Actions. The Problem of Human-Machine Communication, Cambridge u.a.: Cambridge University Press.
- Sydow, Jörg (1985): Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung, Frankfurt a.M.: Campus.
- Weick, Karl E./Sutcliffe, Kathleen M. (2003): Das Unerwartbare managen. Wie Unternehmen aus Extremsituationen lernen, Stuttgart: Klett-Cotta.

