

„Arbeitswissenschaft-in-the-loop“ – Mensch-Technik-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung

Katharina HÖLZLE^{1,2}, Martin BRAUN², Manfred DANGELMAIER²,
Udo-Ernst HANER², Peter OHLHAUSEN^{2,3}

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement, Universität Stuttgart,*

² *Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation,
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart*

³ *Hochschule Reutlingen, Alteburgstraße 150, D-72762 Reutlingen*

Kurzfassung: Komplexe Kooperationsbeziehungen und volatile Wertschöpfungsprozesse prägen die moderne Arbeitsgesellschaft. Zudem wirkt sich der technologische Fortschritt, insbesondere im Feld der Künstlichen Intelligenz auf die Organisation von Arbeit und das menschliche Arbeits-erleben aus. Das traditionelle Verständnis von Arbeitsgestaltung erweitert sich auf Arbeitsökosysteme, in denen virtuelle und physische Welten auf-einandertreffen. In der Vision eines Metaversums sind menschliche und technologische Akteure gleichermaßen gestaltend und gestaltbar. Es etablieren sich symbiotische Formen einer Mensch-Maschine-Interaktion. Der Arbeitswissenschaft kommt eine zentrale Rolle bei der Gestaltung dieser Arbeitsökosysteme zu. Sie stellt Wissen bereit, gestaltet und analysiert komplementäre Maßnahmen der Rationalisierung und Humanisierung im Rahmen der Mensch-Technologie-Integration. Diesen integrativen Analyse- und Gestaltungsansatz bezeichnen wir als „Arbeitswissenschaft in-the-loop“.

Schlüsselwörter: Arbeitswissenschaft, Interdisziplinarität, Arbeitsöko-system, Intelligenz, Metaversum, komplementäre Gestaltung

1. Einleitung

Die Arbeitswissenschaft betrachtet die Arbeit des Menschen unter humanen, technischen und organisatorischen Aspekten. Arbeit trägt gleichermaßen zur Güterproduktion (d. h. Arbeitsergebnis ist nicht an einen Menschen gebunden) und zur Selbstentwicklung (d. h. Ergebnis ist an den arbeitenden Menschen gebunden) bei. Arbeitswissenschaftliches Ziel ist es, gegenstandsrelevante Erkenntnisse zu gewinnen, die zur Rationalisierung und Humanisierung von Arbeitssystemen beitragen können.

Der Forschungsgegenstand der Arbeitswissenschaft veränderte sich mit der Erfindung und Einführung von Arbeitsmaschinen kontinuierlich. Standen während der Mechanisierung im 19. Jahrhundert vor allem sicherheitstechnische Schutzmaßnahmen im Mittelpunkt der Humanisierungsbestrebungen, so gewinnen in digital vernetzten, raum-zeitlich entgrenzten Arbeitsökosystemen des 21. Jahrhunderts neben dem technischen Fortschritt insbesondere auch soziale Innovationen an Bedeutung. Sie sollen Sprache, Kommunikation, ethische Verantwortung und soziale Kohärenz als Voraussetzungen arbeitsteiliger, kooperativer Arbeitsformen förderlich beeinflussen.

Information, Intelligenz und Lernen werden zukünftig erheblich an wirtschaftlicher Bedeutung gewinnen. Ging man traditionell davon aus, dass Intelligenz ausschließlich an den Menschen gebunden ist, wird intelligentes Verhalten mittlerweile von Informationsmaschinen imitiert. Dadurch sind die Ergebnisse eines Lern- und Trainingsprozesses nicht mehr an einen menschlichen Träger gebunden und relativ freizügig verfügbar. Da intelligente Maschinen bislang keine anspruchsvollen intentionalen, kreativen und moralischen Aufmerksamkeitsleistungen erbringen können, ist eine zweckmäßige Symbiose von menschlichen und technologischen Leistungsträgern anzustreben.

Mit der „Arbeitswissenschaft-in-the-loop“ stellen wir einen interdisziplinären Forschungsansatz zur Diskussion, der Intelligenz als einen wesentlichen Innovationsfaktor von Arbeit in virtuellen Arbeitsräumen (z. B. Industrial Metaverse) betrachtet. Der Ansatz integriert Formen menschlicher (d. h. kreativer, intentionaler und moralischer) Intelligenz und maschineller (d. h. organisierender bzw. strukturierender) Intelligenz. Eine intelligente Symbiose von Mensch und Technik setzt komplementäre Strategien von Humanisierung und Rationalisierung voraus, die auf differenzierten technik- und sozialwissenschaftlichen Paradigmen beruhen. Rationalisierungsmaßnahmen (i. S. wissenschaftlich fundierter Entwicklung intelligenter Technologien) und Humanisierungsmaßnahmen (i. S. lernförderliche Entwicklung unabdingbarer menschlicher Intelligenz) bestärken sich „in-the-loop“ wechselseitig. Die interdisziplinäre Arbeitswissenschaft verfügt über konzeptionelle und methodische Grundlagen, um diese anspruchsvolle Innovationsaufgabe zu bewältigen und dadurch ihren eigenen forschungspolitischen Stellenwert zu steigern.

2. Arbeitswissenschaft

2.1 Gegenstand und Definition

Der Mensch gestaltet durch Intelligenz, Lernfähigkeit und Handlungswillen seinen Lebens- und Tätigkeitsraum. Diese verändernde Gestaltung ist *Arbeit*. Arbeit bedeutet im Allgemeinen eine geordnete Tätigkeit, die der Erzeugung, Beschaffung, Umwandlung, Verteilung oder Nutzung von materiellen oder ideellen Waren dient. Durch seine Arbeitstätigkeit eignet sich der Mensch Erfahrungen über die äußere und innere Wirklichkeit an; dabei entwickelt er sich in Selbstreflektion. Arbeit erweitert die Möglichkeiten der Lebensführung und bereichert das menschliche Dasein (Wiendieck 1993).

Als interdisziplinäre Wissenschaft betrachtet die *Arbeitswissenschaft* die Arbeit des Menschen unter den Aspekten der menschlichen Zusammenarbeit und des Zusammenwirkens von Mensch, Arbeitsaufgabe, Arbeitsmitteln, Arbeitsorganisation und Arbeitszielen (GfA 2021). Gegenstände der Arbeitswissenschaft sind die systematische und methodische Behandlung sämtlicher Fragen, die mit der Planung, Gestaltung und Durchführung menschlicher Arbeit zusammenhängen (Schlick et al. 2018). Ziel ist die menschengerechte Gestaltung von Arbeit, die Aspekte der Sicherheit, der Zumutbarkeit, der Sozialverträglichkeit und der Lernförderlichkeit umfasst (Ulich 2011).

2.2 Historische Entwicklungsstufen

Erste Ansätze der Arbeitsgestaltung finden sich in der Industrialisierung des 19. Jahrhunderts. Der Einsatz von mechanischen Kraftmaschinen in Fabriken, in der Landwirtschaft und im Verkehrswesen steigerte die Arbeitsproduktivität, ging jedoch mit erhöhten Unfallrisiken einher. Die Einführung des Arbeitsschutzes sorgte für eine systematisch betriebene Unfallverhütung, die wesentlich auf Unfallanalysen und technischen Schutzmaßnahmen beruhte. Technische Teildisziplinen der Arbeitswissenschaft orientierten sich fortan am natur- und technikwissenschaftlichen Paradigma.

Im Zuge der fortschreitenden Industrialisierung zu Beginn des 20. Jahrhunderts beschäftigten sich u. a. Taylor (1911) sowie Gilbreth & Gilbreth (1920) systematisch mit dem menschlichen Arbeitsverhalten, um objektive Ausgangsparameter für betriebswirtschaftliche Optimierungen festzulegen. Mittels Zeit- und Bewegungsstudien verfolgten sie das Ziel, den Leistungsgrad der Arbeiter zu verbessern. Durch das Prinzip der Arbeitsteilung ließ sich die Prozessproduktivität steigern. Ferner wurde die soziale Dimension der Arbeitsleistung erkannt. In Folge wurde das arbeitswissenschaftliche Methodenset um sozialwissenschaftliche Konzepte u. a. des Human Relations-Ansatzes (Roethlisberger & Dickson 1939) erweitert.

Zum Beginn des 21. Jahrhunderts prägt die digitale Transformation die Arbeitswelt (vgl. Mütze-Niewöhner & Nitsch 2020). Der technologische Fortschritt insbesondere in den Feldern der Künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens hat weitreichende Auswirkungen auf die arbeitenden Menschen und die Organisation ihrer Zusammenarbeit. Intelligente Maschinen beanspruchen eine Handlungsträgerschaft. Eine sich wechselseitig bestärkende Symbiose prägt die Interaktion von Mensch und Technik. Vernetzte Informationsmaschinen, cyber-physische Systeme und hybride Arbeitsumgebungen – wie das Metaversum – sollen die Planung, Steuerung und Kontrolle von Wertschöpfungsketten verbessern, welche zunehmend durch Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität (VUCA) gekennzeichnet sind (vgl. Bennett & Lemoine 2014). Diese Entwicklungen stellen das deterministische Managementparadigma infrage. Entscheidungsstrategien, die auf linearen Extrapolationen zurückliegender Erfahrungen beruhen, erweisen sich unter volatilen Bedingungen als wenig tragfähig, da es nur bedingt gelingt, disruptive Prozessverläufe zu prognostizieren und zu lenken (Hölzle et al. 2020). Folglich erscheint der Übergang zu nicht-deterministischen Gestaltungsparadigmen unabdingbar (Kruse 2004).

2.3 Arbeitsgestaltung im Spannungsfeld von Rationalisierung und Humanisierung

Anspruch der Arbeitswissenschaft war und ist es, vorteilhafte Gestaltungsansätze für die menschliche Arbeit im Spannungsfeld von Wirtschaftlichkeit und Humanität zu ermitteln. Um das Gestaltungsziel der Wirtschaftlichkeit zu erreichen, werden rationale Prinzipien der Arbeitsteilung und der Systematisierung von Arbeitsfolgen angewandt. Die produktivitätssteigernde Wirkung der Arbeitsteilung geht nach Smith (1776) auf die ausgebildeten Fähigkeiten der Einzelakteure zurück, die sich auf Teilleistungen spezialisieren. Sie profitieren im Gegenzug von den Leistungen anderer, um eigene Bedürfnisse zu befriedigen.

Unter der Zielsetzung der Humanisierung befasst sich die Arbeitswissenschaft u. a. mit der Vermeidung unerwünschter Auswirkungen der Rationalisierung auf das Arbeitserleben des Menschen bzw. dessen Leistungsverhalten. Die Humanisierung von Arbeit ist letztlich durch die menschliche Würde begründet, die sich auf die Wahrung

der Autonomie und der Unversehrtheit bezieht (Negt 2011). Sie mündet in einen menschenzentrierten Gestaltungsansatz. Das der Humanisierung zugrundeliegende Menschenbild betont das Individuum in seinem selbstständigen Urteilen, Entscheiden und Handeln, mutet ihm jedoch zugleich Verantwortung für Wahrhaftigkeit und Solidarität zu (Sprenger 2023). Demgegenüber rückt das arbeitsteilige Wirtschaftsprinzip, das mit einer Fremdversorgung einhergeht, die sozialen Arbeitsbeziehungen in den Blick der Humanisierungsbestrebungen. Fremdversorgung erfordert ein Mindestmaß an Solidarität und Verträglichkeit der Wirtschaftsakteure. Derartige Prinzipien entwickeln sich in gemeinsamen Erfahrungs- und Lernmöglichkeiten (Spath & Braun 2021).

3. Vom Arbeitssystem zum Arbeitsökosystem

3.1 Sozio-technisches Arbeitssystem

Die Arbeitswissenschaft legt ihren Betrachtungen ein sozio-technisches Systemmodell zugrunde. Es beschreibt eine organisierte Menge von Menschen und die mit ihnen verknüpften Technologien, die ein spezifisches Ergebnis produzieren (Trist & Bamforth 1951). Im sozialen Teilsystem werden die Identität, die Beziehungsqualität und die Fähigkeit zur Selbstbeschreibung verbessert; dies trägt auch zur Weiterentwicklung des technischen Teilsystems bei (Sydow 1985).

3.2 Arbeitsökosystem

Im Zuge der digitalen Transformation gewinnt das Modell des Ökosystems an Bedeutung. Kaum ein Unternehmen ist in der Lage, allein alle Elemente der Wertschöpfung abzudecken, sondern ist auf das Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure angewiesen (d. h. vernetzte Wertschöpfung). Dementsprechend verstehen wir unter einem Arbeitsökosystem eine sich entwickelnde Gruppe von Akteuren, Aktivitäten und Artefakten sowie Institutionen und Beziehungen, einschließlich komplementärer und substituierender Beziehungen, die für die Arbeitsleistung eines Akteurs oder einer Gruppe von Akteuren wichtig ist. Dabei werden weniger einzelne Elemente als vielmehr deren Schnittpunkte und Wechselwirkungen betrachtet. Die systemtheoretische Beschreibung eines Ökosystems orientiert sich an einem komplexen, adaptiven und resilienten Wirkgefüge. Diese Wechselbeziehungen reichen von Symbiose über Kollaboration bis hin zu Wettbewerb. Durch seine Anpassungsfähigkeit besitzt ein Arbeitsökosystem günstige Voraussetzungen zur Wertschöpfung unter VUCA-Bedingungen.

3.3 Evolutionäre Anpassungsfähigkeit

Inwiefern individuelle Menschen ihr situatives Verhalten an allgemeine Prognosen anpassen, lässt sich mit statistischen Methoden nicht zuverlässig bestimmen. Evolutionäre Anpassungsfähigkeit erfordert einen konstruktiven Umgang mit Ungewissheit, Volatilität und Ambiguität. Sie beruht auf Intelligenz, Kreativität, Empathie und Resilienz.

Intelligenz wird allgemein anhand der Merkmale Flexibilität, Zielgerichtetheit, Lernfähigkeit und Universalität beschrieben (Coelho Mollo 2022). Zentrales Merkmal menschlicher Intelligenz ist die Fähigkeit, in einer unbekannten Umwelt zurechtzukommen. Hinzu kommt die Fähigkeit der sozialen Verständigung sowie die Selbstwirksamkeit,

um mit widersprüchlichen Interessen umzugehen und ethische Verantwortung zu übernehmen (Sloman 1984).

Kreativität ist ein Modus der Realitätsverarbeitung. Sie entsteht, wenn ein intrinsisch motivierter Mensch seine fantasievollen Gedanken wandern lässt, um Realität zu dekonstruieren und Selbstverständliches zu hinterfragen. Kreativität erzeugt nicht das ständig Neue, sondern vor allem das fantasievolle Andere. Sie erweitert den Blick auf Wirklichkeit (Muntschick et al. 2022).

Empathie bezeichnet die Fähigkeit, die Gedanken, Gefühle und Motive einer anderen Person zu erkennen, zu verstehen und nachzuempfinden. Empathie befähigt, angemessen auf Gefühle anderer Menschen zu reagieren. Sie ist eine Voraussetzung zu moralischem Verhalten, das soziale Angst überwindet (Segal 2011).

Resilienz ist die Fähigkeit, sich selbstbewusst an veränderte Lebensbedingungen anzupassen und dabei auch Krisen oder Rückschläge anzunehmen (Rifkin 2022). Systemische Resilienz beruht auf dem Zusammenspiel komplementärer Faktoren der Flexibilität (d. h. Kreativität) und Stabilität (d. h. Identität).

Die Fähigkeitspotenziale der Intelligenz, Kreativität, Empathie und Resilienz sind ausschließlich dem Menschen zu eigen. Sie begründen die Relevanz einer menschenzentrierten Gestaltung von Arbeitsökosystemen.

4. Intelligente Systeme

Intelligenz beschreibt die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge zu verstehen, und daraus angemessene Schlussfolgerungen zu ziehen. Sie ist Voraussetzung für adaptives Entscheiden und entwicklungsorientiertes Handeln.

4.1 Künstliche Intelligenz

Menschliches Verhalten wird mittels intelligenter Informationsmaschinen imitiert (McCarthy et al. 1955). Die sogenannte *Künstliche Intelligenz (KI)* ist eine von Menschen entworfene, maschinell ablaufende Abfolge mathematischer Modelle. KI-Systeme erfassen das zu imitierende Verhalten sensorisch, bewerten und modellieren es mathematisch. Die hierdurch ermittelten, zeitlich veränderlichen Datenmuster werden erfahrenen KI-Instruktoren vorgelegt. Sie legen im Trainingsprozess fest, wie das KI-System auf einen Input reagiert. Der antrainierte KI-Automat antwortet mit seinem heuristischen Methodenset auf das identifizierte Muster. Damit bewältigt KI spezifische Aufgaben wie Textübersetzung, Bilderkennung oder *Data Retrieval*, die dem Niveau des Menschen vergleichbar sind (Landgrebe & Smith 2022). KI-Systemen kommt ein instrumenteller Status zu, da sie weder über Selbstbewusstsein noch über Intentionalität verfügen (Nida-Rümelin & Weidenfeld 2018).

4.2 Intelligenz, Kognition und Rationalität

Intelligenz ist kognitive, emotionale und soziale Fähigkeit im Problemlösen. Sie liegt nach Coelho Mollo (2022) zwischen Kognition und Rationalität. Kognition wird allgemein als Denken verstanden, wobei Denkprozesse nicht bewusst ablaufen und nicht rational sein müssen. Rationale Systeme kommen zu optimalen Lösungen oder gehorchen determinierten (d. h. kausalen oder normativen) Vorgaben.

Ausschließlich Menschen sind in der Lage, Intelligenz, Kognition und Rationalität zu verbinden: Rationales Verhalten kann sowohl intelligent als auch kognitiv sein, was umgekehrt nicht gilt. Die Besonderheit der menschlichen Intelligenz liegt weniger in der perfekten Rationalität als in der Fähigkeit, sich auf unterschiedliche Situationen einzustellen und Erfahrungen in fremde Kontexte zu übertragen (Coelho Mollo 2022).

4.3 Intelligenz im sozialen Kontext

Intelligenz betrifft Denkvermögen, Auffassungsgabe, Logik sowie kognitives, emotionales und moralisches Urteilsvermögen. Ein Urteil entsteht, indem eine situative *Wahrnehmung* und ein *Begriff*, d. h. die begründete Einordnung dieser Situation, zusammengebracht werden. Menschen bilden Urteile in sozialer Interaktion, in der sie sich wechselseitig korrigieren und dadurch den verwendeten Begriffen eine präzise Bedeutung verleihen (Wittgenstein 2001). Intelligenz ist somit an Sprache gebunden und findet stets in einem sozial-kommunikativen Kontext statt. Urteile sind Ausdruck einer normativen Einstellung gegenüber dem Denken und Handeln anderer Menschen (Landgrebe & Smith 2022). Der arbeitsbezogene Umgang mit Intelligenz setzt folglich nicht nur technik-, sondern auch sozialwissenschaftliche Konzepte voraus.

5. Interdisziplinäres Konzept

Die interdisziplinäre Arbeitswissenschaft beruht auf natur-, technik- und sozialwissenschaftlichen Konzepten und Methoden, integriert diese und entwickelt sie im Sinne der Gestaltung der Arbeit des Menschen unter humanen, technischen und organisatorischen Aspekten weiter.

5.1 Naturwissenschaftliches Paradigma

Naturwissenschaft (*engl.: science*) deckt Fakten und Naturgesetze in der natürlichen Welt auf, wie sie unabhängig vom menschlichen Denken bestehen, um diese zum menschlichen Nutzen zu lenken. Naturwissenschaft muss objektiv, d. h. auf ihr Forschungsobjekt bezogen sein und vom subjektiven Urteil des Betrachters absehen. Ihre Objektivität begründet sich durch eine nachprüfbare Beobachtung in empirischen Experimenten und logischen Schlussfolgerungen. Naturwissenschaftliche Modelle erlauben es, alternative Szenarien der zeitlichen Entwicklung der betrachteten Systeme präzise durchzuspielen. Sie sagen allerdings nicht voraus, welche Zeitentwicklung das System tatsächlich nehmen wird (Kuhn 2003). Folglich steht es der Naturwissenschaft nicht zu, normative Handlungsziele vorzugeben; allenfalls kann sie Wege zur Zielerreichung aufzeigen.

5.2 Technikwissenschaftliches Paradigma

Technikwissenschaft beschäftigt sich Gestaltung der als realisierbar erachteten Technik (Spur 1998). Hierbei gewonnenes Orientierungs-, Struktur- und Regelwissen ist anwendungs- und handlungsorientiert. Technikwissenschaft schafft kognitive Voraussetzungen für Innovation in der Technik und der Anwendung technischen Wissens (acatech 2013). Die Technikwissenschaft überprüft ihre gefundenen Regeln anhand von Tests und Simulationen.

5.3 Sozialwissenschaftliches Paradigma

Die Sozialwissenschaft (*engl.: humanities*) untersucht Phänomene des Zusammenlebens der Menschen, die in Wechselwirkung mit individuellen Handlungs- und Verhaltensprozessen stehen. Sozialwissenschaftliches Wissen legt den Zusammenhang von Intelligenz, Freiheit und Normativität beim Bilden von Urteilen und Absichten offen. Es ist kein inhaltliches Wissen über Handlungsziele, Moral oder Sinnhaftigkeit.

Objekte der sozialwissenschaftlichen Forschung sind Menschen, die Prognosen zur Kenntnis nehmen und ihr subjektives (Eigen-) Verhalten danach ausrichten. Die normativ fundierte Objektivität der Sozialwissenschaft nimmt ihren Ausgang in einer subjektiven Einstellung, indem man Mitmenschen Erfahrungen, Gedanken und Absichten in Analogie zu eigenen Erlebnissen und Ideen zuschreibt (Esfeld 2019).

5.4 Arbeitswissenschaftliche Wissensintegration und Weiterentwicklung

Als interdisziplinäres Konzept integriert die Arbeitswissenschaft natur-, technik- und sozialwissenschaftliche Paradigmen und Methoden und entwickelt diese kontext- bzw. anwendungsbezogen weiter, etwa beispielhaft:

- Die natur- bzw. technikwissenschaftliche Dimension (z. B. Technik, Ergonomie, Physiologie, Informatik) prägt einschlägige Maßnahmen der *technisch-organisatorischen Rationalisierung* des Arbeitssystems. Hierbei wird organisatorische und strukturierende Intelligenz mit dem Ziel angewandt, die Qualität eines Prozesses oder eines Produktes objektiv zu verbessern und einen mit der Warenproduktion verbundenen Arbeits- und Ressourcenaufwand zu verringern.
- Die sozialwissenschaftliche Dimension (z. B. Psychologie, Soziologie, Pädagogik, Recht) prägt vornehmlich Maßnahmen zur *Humanisierung* des Arbeitssystems. Hier wird kreative Intelligenz in einem selbstverstärkenden Sinne angewandt, um die Identität der Arbeitspersonen zu bilden, individuelle Entwicklungspotenziale zu erschließen und Normen gemeinschaftlichen Handelns im arbeitsteiligen Kontext zu begründen.

Bei der Gestaltung des Arbeitsökosystems ergänzen sich Strategien der Rationalisierung und Humanisierung. Die Brückenfunktion zwischen technik- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen ist eine wesentliche Ressource der Arbeitswissenschaft.

6. Arbeitswissenschaft-in-the-loop

6.1 Metaversum als Verschmelzung von physischem und virtuellem Raum

Das Metaversum erfährt derzeit eine hohe gesellschaftliche Aufmerksamkeit. Diskutiert wird die visionäre Vorstellung einer dreidimensionalen Evolution des Internets, welche die physische Welt um eine virtuelle Repräsentation erweitert und beide Welten miteinander verknüpft (Dwivedi et al. 2022). Das Metaversum nutzt digitale Technologien wie Erweiterte Realität (XR), Künstliche Intelligenz (KI), Internet der Dinge (IoT), Hologramme und dezentralisierte autonome Organisationen (DAO). Zeit-räumliche Elemente der physischen Welt (z. B. Gebäude, Maschinen, Infrastrukturen, Produkte oder Avatare) werden mittels digitaler Zwillinge simuliert (Neuhüttler et al. 2023). Vice versa wirken die im virtuellen Raum gewonnenen Informationen mittels technischer Akteure (z. B. Chatbots oder Roboter) bzw. menschlicher Aktionen auf die physische

Welt ein. Die Synchronisierung von physischem und virtuellem Raum bedarf eines kontinuierlichen Datentransfers.

Im Metaversum kann man leben, arbeiten, reflektieren, kommunizieren und Beziehungen aufbauen. Das *Industrial Metaverse* stellt in Aussicht, die Art und Weise des Arbeitens zu revolutionieren (Hölzle et al. 2023). Als ein spezifisches Arbeitsökosystem erschließt es raum- und zeitunabhängige Formen sozialer Inter- und Transaktion und ermöglicht neue Geschäftsmodelle. Unternehmen können digitale Zwillinge ihrer Produktion mitsamt Supply Chain, Infrastruktur und Wertschöpfungsprozessen abbilden, was sie in die Lage versetzt, ihre Kundenorientierung erheblich zu steigern.

6.2 Symbiotische Mensch-Maschine-Interaktion

Im Metaversum kommt es zu symbiotische Interaktionsformen von Mensch und Maschine, wobei beide Akteure eine Handlungsträgerschaft beanspruchen. Virtuelle Simulationen und Human Enhancement erlauben es, fremde Identitäten anzunehmen und fiktive Erfahrungen zu sammeln. Dies soll soziale und kreative Kompetenzen fördern. Andererseits kann ein Aufenthalt im entgrenzten Möglichkeitsraum zu Desorientierung und Realitätsverlust führen. Ohne klare Anwendungsperspektiven und kohärente Verhaltensregeln wird das Arbeiten im virtuellen Raum keinen wirtschaftlichen Mehrwert bieten. Auch im Industrial Metaverse behalten die Gestaltungsziele der Rationalität und Humanität eine Gültigkeit.

Das Metaversum mit seinen erweiterten Freiheitsgraden wirft die Frage auf, welche Ziele der Mensch mit welcher Absicht verfolgt, sofern er die Folgen seines Handelns eventuell nicht zu verantworten hat? Neben einer organisierenden bzw. kreativen Intelligenz sind damit Aspekte der ethischen Verantwortung adressiert. Folglich ist der Mensch gefordert, durch einen anhaltenden Lernprozess zu sich selbst zu finden, indem er etwa die Zusammenhänge zwischen der physischen und der künstlich erschaffenen, virtuellen Welt ergründet.

6.3 Beitrag der Arbeitswissenschaft

Wenngleich die Vision des *Industrial Metaverse* wohl erst in einigen Jahren eine betriebspraktische Relevanz erlangen wird, lässt sich eine Innovationsstrategie ohne interdisziplinäre arbeitswissenschaftliche Expertise nicht zufriedenstellend verwirklichen. Das Metaversum bedarf nicht nur einer technikwissenschaftlich fundierten Gestaltung, sondern zugleich einer sozialwissenschaftlichen Analyse, die psychische, ethische, kulturelle und rechtliche Aspekte umfasst. Damit sind zentrale Gegenstandsbereiche und Methoden der Arbeitswissenschaft adressiert. Die Vision des Industrial Metaverse mit seinen erhöhten Freiheitsgraden erweist als sich eine anspruchsvolle Blaupause bei der Konzeption, Analyse, Gestaltung und Bewertung intelligenter Arbeitsökosysteme. Der Mensch sieht sich hier erstmals mit informationstechnischen Artefakten konfrontiert, die ein intelligentes, adaptives Verhalten aufweisen und dadurch die menschliche Vorstellungskraft vervielfältigen bzw. ersetzen können.

Den Forschungs- und Entwicklungsansatz, der die physische und virtuelle Arbeitswelt integriert, bezeichnen wir als „Arbeitswissenschaft-in-the-loop“. Ihre einschlägigen Erkenntnisse ermöglichen eine wirksame und lernförderliche Funktionsteilung in intelligenten Mensch-Technik-Systemen, die jeweilige Stärken nutzt und Entwicklungsbedarfe respektiert.

6.4 Komplementarität von Rationalisierung und Humanisierung

Nach den industriellen Innovationsphasen des Maschineneinsatzes und der systematischen Arbeitsteilung bzw. -strukturierung werden zukünftige Innovationspotenziale in einer funktionellen Integration von Mensch und Technologie gesehen. Arbeitsteilige Arbeitsökosysteme sind durch den Einfluss menschlicher und maschineller Intelligenz – zum Vorteil aller Marktteilnehmer – weiterzuentwickeln. Die Anwendung von Intelligenz u. a. im Metaversum zielt gleichermaßen auf Maßnahmen der Rationalisierung und der Humanisierung:

- *Rationalisierung* bezieht sich auf eine Anwendung organisierender Intelligenz auf technische Objekte. Gestaltungen betreffen u. a. Funktionen der Visualisierung, der Sensorik, der Aktorik, der Simulation und des maschinellen Lernens, die eine symbiotische Interaktion von Mensch und Maschine ermöglichen. Sie erweitern die Funktionalitäten und Infrastrukturen der Arbeitsökosysteme und erschließen somit neue Wertschöpfungspotenziale in der Warenproduktion, in der Dienstleistung und im Handel. Da Rationalisierungsmaßnahmen auf technikwissenschaftlichen Prinzipien beruhen, geben sie keine Handlungsziele oder -normen vor.
- *Humanisierung* bezieht sich auf die Anwendung kreativer Intelligenz auf menschliche Subjekte. Ihre Bedeutung nimmt in virtuellen Räumen mit erweiterten sozialen Freiheitsgraden zu. Humanisierungsmaßnahmen bezwecken eine Förderung kreativer und sozialer Kompetenzen sowie evolutionärer Adaptivitätskompetenz in Arbeitsökosystemen. Zudem wirken sie leistungs- und motivationsförderlich, indem sie Solidarität, Vertrauen und Verantwortung stärken – und sich hierbei vornehmlich auf sozialwissenschaftliche Erkenntnisse stützen.

Rationalisierungsmaßnahmen wirken im betriebswirtschaftlichen Sinn wertsteigernd, während konsumtive Humanisierungsmaßnahmen zum Wertverzehr beitragen. Um das betriebswirtschaftliche Dilemma der Humanisierung zu lösen, ist deren sachliche Notwendigkeit zu begründen: In symbiotischen Mensch-Maschine-Systemen bestärken sich Maßnahmen der Rationalisierung und Humanisierung wechselseitig. Während produktive Rationalisierungsmaßnahmen durch Aufwandsminimierung und Wertsteigerung erst die finanziellen Voraussetzungen für Humanisierungsmaßnahmen schaffen, erscheinen letztere unabdingbar, um die Identität sowie die sozial-kommunikativ-kreativen Kompetenzen der im virtuellen Raum des Metaversums tätigen Menschen zu fördern. Humanisierung und Rationalisierung erweisen sich als komplementäre Gestaltungsstrategien, um die erweiterten Freiheitsgrade im Metaversum produktiv zu nutzen. Intelligente Technik ist ohne menschliche Intelligenz nicht nachhaltig wirkungsvoll – und umgekehrt.

6.5 Mensch- und Maschinenbild

Humanisierungsmaßnahmen setzen ein positives Menschenbild voraus, das die menschlichen Entwicklungspotenziale würdigt. Im Metaversum bedürfen Mensch- und (anthropomorphes) Maschinenbild einer orientierungskräftigen Abgrenzung. Während Menschen durch absichtsvolles Wahrnehmen, Empathie, selbstständiges Denken und Handeln nach objektiver Erkenntnis streben und ihre subjektiven Erkenntnischancen mittels Sprache und Gefühlsäußerung mitteilen können, vermag intelligente Technik eine derartige Aufmerksamkeitsleistung nicht zu erbringen (Landgrebe & Smith 2022).

7. Fazit

Eine symbiotische Mensch-Technik-Integration im Metaversum erweitert die Aufgabenstellungen der „Arbeitswissenschaft-in-the-loop“. Indem sie sachlich begründete Humanisierungsmaßnahmen und technikwissenschaftliche Rationalisierungsansätze komplementär ergänzt, vermag die Arbeitswissenschaft ihr interdisziplinäres Gestaltungskonzept zu erweitern und ihre zukunftsweisende betriebliche Anwendungsrelevanz zu erhöhen.

8. Literatur

- acatech (2013) Technikwissenschaften. Erkennen – Gestalten – Verantworten. Heidelberg: Springer.
- Badura B (2017) Zur aktuellen Situation. In: Badura B (Hrsg.) Arbeit und Gesundheit im 21. Jahrhundert. Mitarbeiterbindung durch Kulturentwicklung. Berlin: Springer Gabler, 19–35.
- Bennett N, Lemoine J (2014) What VUCA really means for you. Harvard Business Review. (2014) 92: 27–42.
- Coelho Mollo D (2022) Intelligent Behaviour. Erkenntnis. <https://doi.org/10.1007/s10670-022-00552-8>.
- Dwivedi Y, Hughes L, Baabdullah A, Ribeiro-Navarrete S, Giannakis M, Al-Debei M, Dennehy D, Metri B, Buhalis D, Cheung C, Conboy K., Doyle R, Dubey R, Dutot V, Felix R, Goyal D, Gustafsson A, Hinsch, Jebabli I, Wamba S (2022). Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. International Journal of Information Management, 66, 102542. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>.
- Esfeld M (2019) Wissenschaft und Freiheit. Das naturwissenschaftliche Weltbild und der Status von Personen. Berlin: Suhrkamp.
- Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (2021) Selbstverständnis der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. <https://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/inhalt/dokumente/gfa-selbstverstaendnis-2021.pdf>. Abgerufen am 20.9.2023.
- Gilbreth F, Gilbreth L (1920) Angewandte Bewegungsstudien. Berlin: Verein Deutscher Ingenieure.
- Hölzle K, Rose R, Maul V (2020) Resilient digital entrepreneurship. Potsdam: HPI. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3898540>.
- Hölzle K, Neuhüttler J, Wenzel G, Gladilov N, Rasztar L, Rose R, Bauernhansl T, Falkenau F, Schrader P, Schöllhammer O, Ament J, Runde C, Alexiadis, I (2023) CyberLänd – Identifikation von Potenzialen und Ableitung von Gestaltungsempfehlungen für Politik, Unternehmen und Gesellschaft in BW auf dem Weg ins Metaverse. Stuttgart: Fraunhofer. <https://doi.org/10.24406/publica-2135>.
- Koch M, Polst S, Naab M, Bartels N, Storck S, Trapp M, Jeswein T (2023) Digitale Ökosysteme in Deutschland. Whitepaper. Kaiserslautern: Fraunhofer IESE. <https://doi.org/10.24406/publica-1011>.
- Kruse P (2004) Next Practice. Erfolgreiches Management von Instabilität. Offenbach: Gabal.
- Kuhn T (2003) Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt: Suhrkamp.
- Landgrebe J, Smith B (2022) Why machines will never rule the world: Artificial intelligence without fear. Abingdon: Routledge.
- McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE (1955) A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on artificial intelligence. <https://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>.
- Muntschick V, Schuldt C, Brückner N, Fricke R, Langnitz J (2022) Deine Zukunft. 11 Leitsätze für einen neuen Optimismus. Frankfurt: Zukunftsinstitut.
- Mütze-Niewöhner S, Nitsch V (2020) Arbeitswelt 4.0. In: Frenz W (Hrsg.) Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft. Springer: Berlin, 1187–1217.
- Negt O (2011) Arbeit und menschliche Würde. Aus Politik und Zeitgeschichte 15: 3–5.
- Neuhüttler J, Christel P, Bienzeisler B, Hölzle K (2023). Potenziale eines Metaverse für die Entwicklung von Smart Services. In: Bruhn M, Hadwich K (Hrsg.) Gestaltung des Wandels im Dienstleistungsmanagement. Wiesbaden: Springer, 233–259.
- Nida-Rümelin J, Weidenfeld N (2018) Digitaler Humanismus: Eine Ethik für das Zeitalter der Künstlichen Intelligenz. München: Piper.
- Rifkin J (2022) Das Zeitalter der Resilienz. Frankfurt: Campus.

- Roethlisberger FJ, Dickson WJ (1939) Management and the worker. Cambridge: Harvard University Press.
- Rupp H (1928) Die Aufgaben der psychotechnischen Arbeits-Rationalisierung. Psychotechnische Zeitschrift 3: 165–182.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H (2018) Arbeitswissenschaft. 4. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Segal E (2011) Social empathy: A model built on empathy, contextual understanding, and social responsibility that promotes social justice. Journal of Social Service Research 37: 266-277.
- Sloman A (1984) The Structure of the Space of possible Minds. In: Torrance S, Horwood E (Hrsg.) The Mind and the Machine: Philosophical aspects of artificial intelligence. United States, 35–42.
- Smith A (1776) An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. London: Strahan and Cadell.
- Spath D, Braun M (2021) Human factors and ergonomics in digital manufacturing. In: Salvendy G, Karwowski W (Hrsg.) Handbook of Human Factors and Ergonomics. 5. Auflage. New York: Wiley, 1438–1459.
- Sprenger R (2023) Radikal führen. 2. Auflage. Campus: Frankfurt.
- Spur G (1998) Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaften. München: Hanser.
- Sydow J (1985) Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung. Frankfurt: Campus.
- Trist E, Bamforth K (1951) Some social and psychological consequences of the long wall method of coal getting. Human Relations 4: 3-38.
- Walker B, Holling C, Carpenter S (2004) Resilience, adaptability and transformability in social-ecological Systems. Ecology and Society 9: 5-12.
- Wiendieck G (1993) Einführung in die Arbeits- und Organisationspsychologie. Hagen: Fernuniversität.
- Wittgenstein L (2001) Philosophische Untersuchungen. Frankfurt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration
und ihre Auswirkung auf Mensch,
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement IAT
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

GfA-Press

Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin, Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003, Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

office@internetkundenservice.de, www.internetkundenservice.de