

Vernetzte künstliche Intelligenz / Internet der Dinge am de-regulierten Arbeitsmarkt: Psychische Arbeitsanforderungen¹

Winfried Hacker

TU Dresden, Institut für Psychologie I

ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung der vernetzten künstlichen Intelligenz lässt weitreichende Veränderungen in Arbeitstätigkeiten mit überwiegend geistigen Arbeitsanforderungen („Wissensarbeit und Denkarbeit“) erwarten. Zahlreiche geistige Tätigkeiten, die durch eindeutige Regeln beschreibbar sind, werden automatisierbar und können als lebendige Arbeit entfallen. Die verbleibenden problemfindenden und problemlösenden Tätigkeiten können an relativ beliebigen Standorten weltweit realisiert werden. Die Optimierung dieser Tätigkeiten und ihrer Ausführungsbedingungen gewinnt daher an Bedeutung und erfordert geeignete kognitionswissenschaftlich fundierte Analyse-, Bewertungs- und Gestaltungsverfahren.

Schlüsselworte

Cyber-physical-systems – Funktionsteilung zwischen Mensch und Computer / Roboter – psychische Arbeitsanforderungen – duales Gestalten von Mensch-Technik-Systemen

ABSTRACT

In jobs with mainly mental task requirements far-reaching changes are to be expected due to the development of interlinked complex artificial intelligence. Numerous mental tasks which are governed by clear rules may become automatized. The tasks with problem-identification and problem-solving requirements cannot be automatized so far. However these tasks must not remain in Germany or Austria, but may be implemented at any place worldwide. Thus, the optimization of these creative problem-solving working activities and of their organizational conditions is of gaining importance in international competition. It requires suitable methods and tools of cognitive task analysis, assessment and design.

Keywords

Cyber-physical-systems – allocation of cognitive functions between man and computer / robots – cognitive job requirements – dual design of man-computer-systems

¹ Überarbeiteter Vortrag bei der Arbeiterkammer Wien am 25.06.2015.

1 Das wiederkehrende Problem: Mensch-Technik-Funktionsteilung und Rentabilität menschlicher Erwerbsarbeit

Die Industrie 4.0, auch als Internet der Dinge oder *cyberphysical systems* beschrieben, stellt eine weitere, vierte Stufe der Automatisierung, also der Funktionsteilung zwischen Mensch und Technik dar. Diese Funktionsteilung ist kein rein technisches Problem, sondern ebenso eine arbeitswissenschaftliche und arbeitspsychologische Aufgabe.

Es geht um vernetzte, verteilte künstliche Intelligenz, die nicht nur Maschinen, sondern auch Arbeitsgegenstände intelligent macht und zum Informationsaustausch befähigt. Diese Automatisierungsstufe übernimmt weitere, vorher als spezifisch menschlich bezeichnete geistige Funktionen (Brandt, 2015; Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2014). Die verbleibende menschliche Arbeit muss etwas leisten, was die vernetzten, digitalen Systeme noch nicht können.

Damit ist eine alte Frage der Arbeitswissenschaften neu aufzuwerfen:

1.1 Funktionsteilung: Prospektiv oder reaktiv?

Die Idee, dass die Funktionsteilung zwischen Mensch und Technik auch eine prospektive Aufgabe der Arbeitswissenschaft und Arbeitspsychologie sein sollte, wird üblicherweise mit dem Begriff des dualen Entwerfens von Bearbeitungsprozessen bezeichnet.

Die Arbeitswissenschaften bestimmen dabei mit, was von den digitalisierbaren bzw. automatisierbaren Funktionen tatsächlich automatisiert wird und was im Interesse des arbeitenden Menschen oder der Systemökonomie insgesamt beim Menschen verbleiben sollte.

Beispielsweise können Roboter Menschen ersetzen oder ihn unterstützen. Der Mensch muss im ungünstigsten Falle lediglich Automatisierungslücken füllen, ohne die Arbeitsweise der Robotik zu durchschauen. Im günstigsten Falle muss er mit Robotersystemen, über deren Funktionieren er ein mentales Modell besitzt, kooperieren (Wischmann, 2015).

Die beim Menschen verbleibenden anspruchsvollen mentalen Leistungen können geistige Desaktivierungsschäden durch anspruchslöse Arbeit, die kein Weiterlernen erfordert und zum vorzeitigen Abbau geistiger Prozesse sowie vorzeitiger Altersdemenz führt, verhüten (Then, Luck et al., 2014; Then, Luppä et al., 2015).

Das Gegenteil dieser prospektiven Gestaltung der Funktionsteilung zwischen Mensch und Technik ist der Rückzug auf reaktives Agieren. Arbeitswissenschaftliche Überlegungen und Gestaltungsansätze beschränken sich dabei auf das Optimieren verbleiben-

der Schnittstellen zwischen dem Menschen und der intelligenten vernetzten Technik. Ein Beispiel hierfür ist das Beschränken auf das Gestalten verbleibender Bedienoberflächen unter dem Gesichtspunkt der Nutzerfreundlichkeit.

Ein Ideal humanistischer arbeitswissenschaftlicher Bemühungen war das prospektive Festlegen dessen, was bei Automatisierungslösungen in welcher Weise beim arbeitenden Menschen verbleiben sollte. Dieses mensch-zentrierte Gestalten der Digitalisierung – hier verwendet als Kurzbezeichnung für die aktuelle Phase der Automatisierung mittels vernetzter verteilter künstlicher Intelligenz – müsste als „duals Entwerfen“ parallel

- die gewünschten, gut gestalteten Arbeitsprozesse im Sinne der ISO EN DIN 6385 entwerfen und
- danach die technische Unterstützung durch Maschinen, Computer und Software auslegen.

Instrumente für dieses duale Entwerfen sind ausreichend vorhanden. Zu denken ist an die Verfahren KABA (Dunckel & Pleiss, 2007), KOMPASS (Grote, Wäfler & Weik, 1997), SynBA (Wieland-Eckelmann, Saßmannshausen, Rose & Schwarz, 1999) oder TBSGA (Richter & Hacker, 2003). Ebenso liegen diesbezügliche ISO- und EN-Richtlinien, beispielsweise zur menschengerechten Gestaltung von interaktiven IT Systemen, vor (DIN EN ISO 13 407; 9241-2).

Derzeit scheint ein Rückzug auf die reaktive Behandlung der Digitalisierung im Gegensatz zur prospektiven zu überwiegen. Das könnte damit zu tun haben, dass das Problem der Mensch-Technik-Funktionsteilung einen weiteren Aspekt hat.

1.2 Wirkungen der Funktionsteilung sind abhängig vom Markt / der Ökonomie

Der Technikeinsatz ist abhängig von gesellschaftlichen Werten und ökonomischen Gesetzen. Es wäre also verkürzt, zu fragen, was „die“ Digitalisierung bewirkt. Digitalisierung in einer sozialen Marktwirtschaft ist etwas anderes als Digitalisierung in einem deregulierten globalen Marktsystem.

Die Fortschritte der vernetzten künstlichen Intelligenz können nicht im Sinne einer Maschinenstürmeri unterdrückt oder verboten werden. Entscheidend ist vielmehr, ob und auf welche Weise eine menschengerechte Gestaltung durch Digitalisierung denkbar ist: Bietet Digitalisierung im derzeitigen wirtschaftlichen System Chancen menschengerechter Arbeitsgestaltung, welche, und wie wären sie zu nutzen?

1.3 Fragen an die Arbeitswissenschaft und die Arbeitspsychologie

Die neue Ära der vernetzten künstlichen Intelligenz führt die bekannten Fragen an die Arbeitswissenschaften in einer besonderen Weise weiter, weil bisher scheinbar dem Menschen vorbehaltene Arbeitsformen jetzt betroffen sind. Das sind die Wissensarbeit und Teile der Denkarbeit. Vier Fragen entstehen dabei:

- a) Welche Wissens- / Denkarbeit vermag verteilte vernetzte künstliche Intelligenz abzulösen, d. h. welche Berufs- / Tätigkeitsgruppen vermag sie frei zusetzen, zu automatisieren?
- b) Welche geistigen Arbeitsleistungen vermag vernetzte künstliche Intelligenz (noch) nicht zu ersetzen?
- c) Erzeugt vernetzte künstliche Intelligenz eventuell neue Erwerbsarbeit? Dabei geht es hier um Erwerbsarbeit, denn zweifellos schafft künstliche Intelligenz neue Tätigkeiten für Nutzer und Käufer der Smartphones, Apps, der Computerspiele, etc., aber damit erzeugt sie keine Erwerbstätigkeit. Dem Jogger suggerieren Elektronikbänder, eine weitere Runde zu laufen oder die smarte Zahnbürste suggeriert, dass noch weiter zu putzen ist.
Weil die Möglichkeit zum Ersetzen lebendiger Arbeit durch *cyberphysical systems* insbesondere aus wirtschaftlichen Gründen nicht zwangsläufig auch realisiert werden muss – sie könnte kostspieliger sein als die lebendige Arbeit – folgt eine vierte Frage:
- d) Welche tatsächlichen Folgen hat die neue Ära der vernetzten künstlichen Intelligenz für die Arbeitswelt?

Zur ersten Frage:

2 Vernetzte künstliche Intelligenz: Welche Möglichkeiten zum Ablösen von Wissens- / Denkarbeit?

„Internet der Dinge“ bedeutet, dass Dinge, Gegenstände die Informationsverarbeitung selbst betreiben, beispielsweise selbst erkennen, ob ein Behälter mit diesen Gegenständen gefüllt ist oder nicht. Des Weiteren bedeutet es, dass per Internet Gegenstände selbstständig, also ohne Menschen, mit anderen Gegenständen Informationsaustausch betreiben, kommunizieren können und dabei Bearbeitungsfunktionen selbst auslösen.

Was heißt das für die Arbeit von Menschen?

Menschen werden damit „entlastet“, also erübrigt, überall dort, wo sie bisher die Zustandserfassung, die

Kommunikation, das Veranlassen von Bearbeitungsvorgängen ausgeführt hatten. Das betrifft beispielsweise die Lagerhaltung, die Buchführung, das Bestellwesen, die Logistik von Dingen, das Anweisen von Aktivitäten – beispielsweise in Steuerbescheiden oder Finanzströmen des Börsenhandels.

Wenn Menschen nicht völlig erübrigt werden, dann wird ihnen bei diesen Tätigkeiten durch die vernetzte künstliche Intelligenz das Entscheiden, Überlegen – kurz die Informationserfassung und Informationsbearbeitung – als qualifizierte Arbeitsanforderung abgenommen und der Mensch verbleibt als ein preiswerter Ausführungsroboter.

Ein Beispiel sind moderne Erntemaschinensysteme, die miteinander vernetzt sind (Reinecke, 2015). Das betrifft Mähdrescher, Traktoren und Ladeanhänger, die durch Softwaresysteme vernetzt kooperieren. Sie erhalten Wetterinformationen als Grundlage für das Festlegen der Arbeitsgeschwindigkeit. Korntraktoren mit Sensorik in dem satellitengesteuerten Mähdrescher rufen selbst den Traktor mit dem Ladeanhänger bei erreichtem Füllstand zur automatischen Entladung während der Fahrt ab, per Funkchip und Internet wird die Lademenge und die Ladezeit automatisch an den Silobetrieb zum Vermeiden von Warteschlangen beim Entladen gesendet. Dieses System heißt „M2M (*machine to machine*)“-Kommunikation. Disponierende und planende Menschen sind überflüssig, anstelle der menschlichen Kommunikation mit anderen Menschen und mit Maschinen steht die Kommunikation der Maschinen und Geräte, also der Dinge, untereinander ohne zwischengeschalteten Menschen.

Menschen, hier Mähdrescher- und Traktorfahrer, verbleiben derzeit noch in den von Rechnersystemen gesteuerten Arbeitsprozessen als Hilfskräfte, solange auch auf der Straße selbstfahrende Traktoren noch Zukunft sind. Ihre Hirnfunktionen und Denkleistungen und ihre diesbezügliche Qualifikation sind nicht mehr erforderlich. Nicht das technische System ist ein Werkzeug des Menschen, sondern der Mensch ist ein Werkzeug der intelligenten Technik. Der Traktorfahrer ist derzeit noch beteiligt, weil er billiger arbeitet als ein fahrerloser Traktor.

Analoge Beispiele existieren in der Produktion (Industrie 4.0). Werkstücke werden zunehmend ausgestattet mit Sensorik, mit Funkchips und digitalen Speichern. Maschinen und Anlagen kommunizieren mit den smarten Werkstücken und untereinander selbst. Menschen sind dafür nicht mehr erforderlich. In der Industrie kommt hinzu, dass außer dem Internet der Dinge auch Big Data Analyseverfahren und 3-D-Drucksysteme bereit stehen.

Diese vernetzte künstliche Intelligenz wird ausschlaggebend realisiert durch Algorithmen. Algorithmen sind eindeutige formale Prozeduren zum Lösen

von Aufgaben. Sie können große Datenmassen (Big Data) bearbeiten.

Damit entsteht die Frage, was Algorithmen können und was sie nicht können, aber Menschen auszuführen in der Lage sind. Algorithmen sind sehr mächtig. Schachcomputer besiegen mit ihren Algorithmen Menschen. Synthesewege für neue chemische Verbindungen entwickelt eine Software rascher als Menschen in monatelanger Laborarbeit.

Algorithmisch beschreibbare Prozesse können durch technische Systeme übernommen werden. Sie benötigen keine menschliche Arbeitskraft. Damit können Arbeitsprozesse entfallen, die durch Arbeitsgedächtnisanforderungen bei geringer kognitiver Anforderungsvielfalt psychisch beanspruchen (Hacker 1986, Hacker, 1987; Hacker & Günther, 1994).

Die Folgen sind dennoch problematisch:

In Anlehnung an Studien in anderen Staaten untersuchten Brezski & Burk (2015) die Wahrscheinlichkeit der Gefährdung von Tätigkeitsgruppen durch vernetzte künstliche Intelligenz und Robotik. Danach sind in Deutschland im Durchschnitt etwa 50 % der Arbeitsplätze der berücksichtigten Tätigkeitsgruppen betroffen. Die Spannweite reicht von 86 % bei Verwaltungs- / Bürokräften oder ungelernten Hilfsarbeitern bis zu 12 % bei akademischen Experten in der Informatik, in naturwissenschaftlichen Berufen oder der Medizin. Künftig werden selbstlernende Maschinensysteme auf der Grundlage künstlicher neuronaler Netze diese Entwicklung noch unterstützen (Nestler & Arnold, 2014). Die BIBB-IAB-Arbeitsmarktprognose (2015) erwartet für Deutschland bis 2030 eine deutliche Verschiebung der Beschäftigtenzahlen zwischen Erwerbstätigkeiten, aber keine Veränderung in der Gesamtzahl der Beschäftigten.

Dennoch entstehen schwerwiegende soziale Mängel durch das zunehmende „Outsourcing“ der beim Menschen verbleibenden innovativen Entwurfs- und Entwicklungstätigkeiten an „digitale Tagelöhner“ (crowdworking). Für diese Scheinselbstständigen fehlen Regelungen zum Mindestlohn, zum Arbeits- und Gesundheitsschutz, zu Urlaubs- und Rentenansprüchen oder zur Lohnfortzahlung bei Krankheit.

Die Frage nach der Ersetzbarkeit menschlicher Arbeit verlangt die Analyse der geistigen Anforderungen:

Die Leistungsgrenze algorithmischer Prozesse besteht darin, dass Algorithmen allein nicht in der Lage sind, Ziele zu entwickeln und festzulegen. Im Unterschied dazu erschöpft sich menschliches Denken nicht in eindeutigen, formalisierbaren Prozeduren. Es kann mit unscharfen Begriffen und sogar nicht-begrifflich ablaufen und hängt von Motiven und aus den Motiven entwickelten Zielen ab.

Aus der Sicht der psychischen Tätigkeitsregulation können hinsichtlich des menschlichen Denkens vergrößernd vier Stufen unterschieden werden:

1. Algorithmisches Denken. Dabei handelt es sich um ein Vorgehen, das vollständig gegebenen, eindeutigen formalen Regeln folgt. Die menschliche Leistung hierbei besteht im Wissen um die Regeln und die Regelanwendung. Ein Beispiel sind Rechenprozeduren wie etwa das Dividieren. Die Algorithmen garantieren bei fehlerfreier Anwendung die richtige Lösung.
2. Algorithmisches Denken nach unvollständig vorgegebenen formalen Regeln. Die Aufgabe des Menschen besteht hierbei darin, die gegebenen Regeln zu ergänzen. Ein Beispiel ist ein Regelsystem mit Ermessensspielräumen für nicht vorgesehene, besondere Fälle.
3. Nicht-algorithmisches Denken, bei dem keinen vorgegebenen formalen Regeln gefolgt werden kann oder gefolgt wird, weil sie nicht bekannt sind oder überhaupt nicht existieren.
 - 3.1 Nicht-algorithmisches Denken, bei dem Heuristiken (Findehilfen) gefolgt wird, welche die Aufgabenbearbeitung unterstützen, aber dabei eine zutreffende Lösung nicht garantieren können. Sie steigern jedoch die Wahrscheinlichkeit des richtigen Lösens. Diese Heuristiken sind allerdings mehr als ein blindes Herumprobieren. Umfassende Darstellungen von hilfreichen Heuristiken finden sich u. a. bei Gigerenzer, Todd und der ABC-Research Group (1999). Dort werden Heuristiken wie die Wiedererkennungsheuristik, die Heuristik des Entscheidens nach nur einem Grund oder die lexikografische „Take the best“ Heuristik dargestellt.
 - 3.2 Nicht-algorithmisches Denken, bei dem auch keine ausreichenden Heuristiken bekannt sind, sondern die zu erreichenden Ziele und die Vorgehensweise für die Erreichung selbst entwickelt werden müssen.

In dem Tätigkeitsbewertungssystem für geistige Arbeit (TBS-GA; Rudolph, Schönfelder & Hacker, 1987; Richter & Hacker, 2005) sind entsprechende Skalen und Einordnungshilfen für diese unterschiedlichen Formen intellektueller Leistungen dargestellt (Abbildung 1).

Ein Beispiel für algorithmisches Denken des Menschen (Stufe 3 in Abbildung 1), das durch rechnerbasierte Algorithmen abgelöst wird, sind rechnererzeugte Texte, wie sie in Tageszeitungen zu finden sind. Computer erzeugen dort Sportberichte und andere Artikel auf der Basis des Verarbeitens digitaler

Informationsbe- und -verarbeitung als

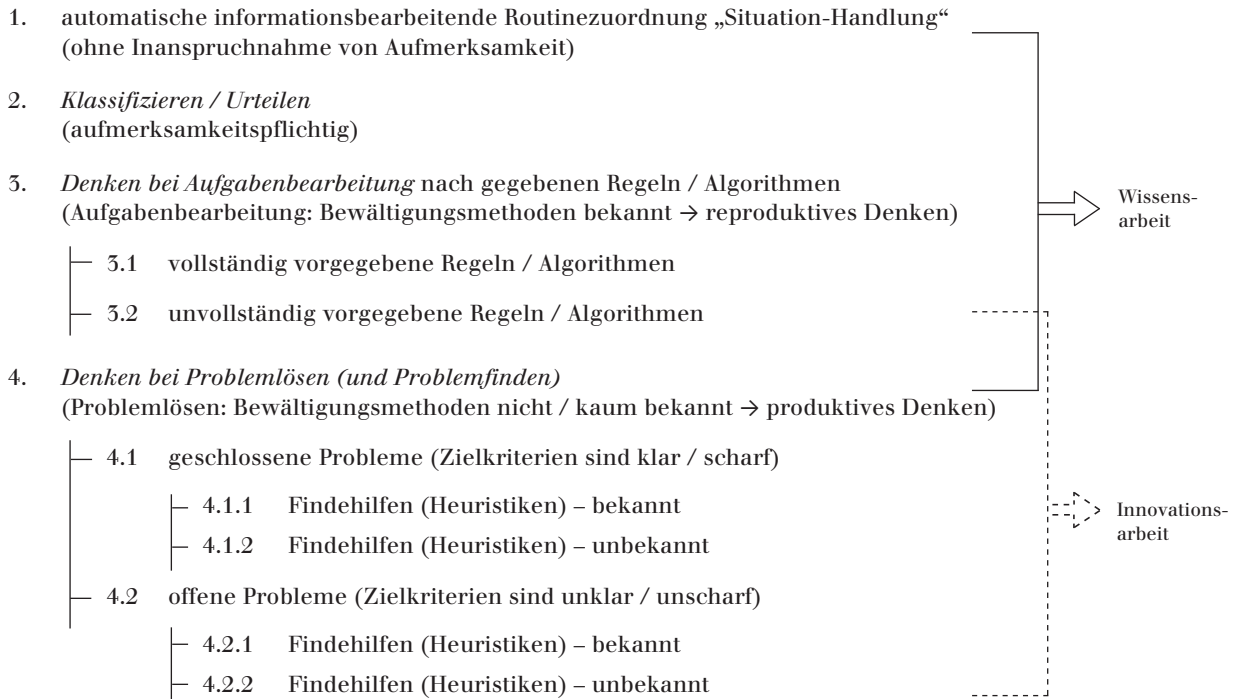


Abbildung 1: Stufen der Informationsbe- und -verarbeitung in Arbeitsprozessen. „Höhere“ Stufen bedienen sich der „niedrigeren“, schließen sie ein. Vernetzte künstliche Intelligenz kann „Wissensarbeit“ ersetzen. „Innovationsarbeit“ verbleibt vorerst beim Menschen / gewinnt eventuell an Bedeutung.

Informationen. Diese texterzeugenden Algorithmen sind lernfähig.

Ein Beispiel für den Zwischenbereich, in dem Menschen in einer digitalisierten Welt noch mitwirken, indem sie Findehilfen von hoher wirtschaftlicher Bedeutung einsetzen, ist die Arbeit der Instandhalter in einer ansonsten automatisierten Fertigung. Sie sind die einzigen Menschen in Hallen mit Fertigungsrobotern und Transportrobotern. Ihre Hauptaufgabe ist das Finden sowie vorbeugende Verhüten von Fehlern. Diese Anforderungen laufen auf diagnostisches Denken hinaus, das hinter wahrnehmbaren Symptomen nach Ursachen als den Ansatzstellen einer kausalen Therapie sucht. Hier kann der arbeitende Mensch verschiedene Strategien verfolgen:

- Der Instandhalter erkennt am Stillstand eines Roboters das Symptom, aber nicht die Ursache, nach der er suchen muss. Er kann dazu die Häufigkeit bisheriger Stillstandsursachen erinnern, also ein mentales Modell der Häufigkeit der Stillstände nutzen. Auf dessen Grundlage muss er nunmehr systematisch prüfen, ob die häufigste Ursache, danach die zweithäufigste Ursache, die dritthäufigste Ursache etc. vorliegt.
- Eine andere Strategie wäre zu erinnern, was bisher bei einem Stillstand häufig geholfen hat und

zu probieren – idealerweise wieder in einer Häufigkeitsrangreihe – ob die damals genutzte Abhilfemaßnahme auch in diesem Falle hilft (Diagnostik ex juvantibus).

- Eine weitere strategische Möglichkeit wäre das Nutzen von Ähnlichkeitsassoziationen. Symptome, die an der Anlage wahrnehmbar sind, erinnern den Instandhalter an einen Fall, von dem er noch weiß, was damals die Ursache war oder was damals geholfen hatte.

Diese Strategien bauen auf Heuristiken auf, kennzeichnen ein heuristisches diagnostisches Denken. Die Beispiele lassen erkennen, dass fließende Übergänge zwischen Algorithmen als eindeutigen formalen Prozeduren der Aufgabenlösung und Heuristiken als Findehilfen vorliegen können. Möglicherweise sind manche Heuristiken auch als Softwareprogramme darstellbar, die den Menschen auch bei den genannten Aufgaben künftig ersetzen können. Das Tempo dieser Ersetzung ist vermutlich ein Kostenproblem. Mit jeder Lohnerrhöhung oder jedem Streik werden die Kosten der menschlichen Arbeitskraft erhöht und damit wird ihr Ersetzen durch künstliche Intelligenz wirtschaftlicher.

Derzeitige Grenzen der Ablösung menschlicher Wissensarbeit durch Algorithmensysteme sind am

besten am Beispiel der maschinellen Übersetzung erkennbar. Maschinelle Übersetzung ist möglich und bewährt sich täglich vielfach, sie stößt aber derzeit an Grenzen bei nicht-gegenständlichen Begriffen wie Sehnsucht oder Selbstbestimmung. Allgemeiner: Die derzeitige Grenze für das Ablösen menschlicher Intelligenz liegt dort, wo „digitale“, also eindeutige Kategorien fehlen und Menschen unscharfe, begrifflich und verbal nicht präzise gefasste Vorstellungen einsetzen, weil die präzise kategoriale Fassung fehlt.

Das Beispiel beschreibt allerdings nur einen kleinen Teil der sogenannten Wissensarbeit und die Computerlinguistik arbeitet auch hierfür an digitalen Lösungen. Die verteilte künstliche Intelligenz kann große Teile der Wissensarbeit bereits jetzt ablösen und die Grenzen verschieben sich weiter.

Bereits in der Vergangenheit sind ganze Berufsgruppen verschwunden: Das betrifft beispielsweise Straßenbahn- oder Busschaffner, Beamte an den Auskunftsschaltern der Bahn, Verkäuferinnen, die durch Selbstbedienung und Selbstkassierung ersetzt wurden oder Zeitungszusteller, die durch die elektronische Zeitung überflüssig werden. Man erkennt an den Beispielen, dass bei diesem Verschwinden von Tätigkeitsgruppen selten allein Technik zum Ablösen des Menschen geführt hat, sondern in der Regel Technik in Zusammenhang mit wirtschaftlicher Reorganisation, beispielsweise durch Selbstbedienung.

Zum Verschwinden vieler vormals scheinbar für immer dem Menschen vorbehaltener geistiger Leistungen trägt insbesondere die Verbreitung selbstlernender Maschinensysteme bei, die auf künstlichen neuronalen Netzen beruhen. Selbstlernmodule ersetzen sogar Experten, die bisher künstliche neuronale Netze erstellten. Der Anwender wird zum Erzeuger selbstlernender Systeme und wird dabei durch „wenige Mausklicks und Optionen“ geführt (Nestler & Arnold, 2014).

Eindeutige technologische Grenzen der Ablösung geistiger Arbeit durch Automatisierung existieren derzeit bei der sogenannten Innovationsarbeit, sofern man darunter nicht jede Neuerung versteht, sondern kreative Lösungen. Genauer sind damit Lösungen gemeint, bei denen

- dem Menschen das Ziel und
- der Weg zur Zielerreichung nicht vorgegeben bzw. derzeit wirtschaftlich nicht vorgebar ist.

Dabei handelt es sich

- um nicht oder schlecht planbare unvorhersehbare mentale Leistungen,
- prognostische intellektuelle Leistungen vom Typ des Entwurfsproblemlösens in der Produktentwicklung (*design problem solving*), das kein präzise vorgegbares Ziel hat, obgleich es große algorithmisierte Teile wie das computerunterstützte

Gestalten oder computerunterstützte Planen enthält, und

- diagnostische intellektuelle Leistungen, für die keine Diagnosealgorithmen vorliegen können, weil unklar ist, wonach überhaupt gesucht wird.

Versuchen wir eine Zwischenzusammenfassung: Digitalisierte Information ermöglicht es, den Menschen zu entlasten bzw. zu ersetzen überall dort, wo eindeutige Verarbeitungsregeln der Information (Algorithmen) vorliegen und prinzipiell auch im Übergangsfeld, wo definierbare Findehilfen (Heuristiken) angegeben werden können.

Offen ist, inwieweit in nennenswertem Umfang durch die neue Ära der vernetzten künstlichen Intelligenz neue Arbeitsaufgaben für den Menschen entstehen. Damit ist gemeint, ob also mehr Softwareentwickler oder mehr Spieleentwickler erforderlich werden oder in welchem Umfang sogar Softwaredesigner sich selbst überflüssig machen.

3 Vernetzte künstliche Intelligenz: Kostenabhängige Realisierung des Ablösens menschlicher algorithmischer Wissensarbeit

Wir sahen: Nicht alles Machbare wird gemacht. Was tatsächlich digitalisiert wird, bestimmen in erheblichem Ausmaß die Kosten, der Markt – nicht die Technik allein. „Geiz ist geil“.

Bei der kostenabhängigen Realisierung des Ablösens menschlicher algorithmischer Wissensarbeit sind mehrere Aspekte wirksam.

- a) Künftig dürfte es digitalisierbare Wissensarbeit auch neben verteilter künstlicher Intelligenz in Nischen weiterhin geben, wenn sie billiger als digitale Lösungen ist.

Dieses schrittweise Ablösen algorithmisierbarer menschlicher Wissensarbeit kann bereits seit längerem verfolgt werden:

- Traktorfahrer in der Landwirtschaft sind trotz der M2M-Technik derzeit noch wirtschaftlicher als auch auf der Straße selbst fahrende Traktoren.
- Lokomotiv- oder Triebwagenführer sind derzeit trotz des Ausbaus der automatischen Zugführung noch rationeller als automatisch geführte Züge.
- Einzelhändler oder Fachverkäufer existieren noch bis der automatisierte Versandhandel ihnen die Kunden genommen hat. Analoges gilt für kleine Bäckereien oder Metzgereien ohne Selbstbedienung solange, bis große Ketten mit Selbstbedienung und Selbstkassierung sie im Preiskampf erdrücken.

- b) Allerdings muss die verbleibende Wissensarbeit nicht auch im Lande verbleiben. Vernetzte künstliche Intelligenz ermöglicht eine neuartige Verteilung dieser verbleibenden Wissensarbeit über die Welt. Wissensarbeit bleibt dabei zwar Wissensarbeit für Menschen, nur nicht in Deutschland oder in Österreich. Beispiele hierfür sind die Call Centers und Buchhaltungen in Indien oder die Softwareproduktionen in Singapur oder der Ukraine. Der Arbeitsexport durch Digitalisierung wird weiter ausgedehnt auch auf komplexe Wissens- und auf Innovationsarbeit. Damit wächst der Wettbewerbsdruck auch für hoch qualifizierte mitteleuropäische Arbeitskräfte.
- c) Parallel zu diesen Entwicklungen wird Wissensarbeit als qualifizierte Facharbeit entwertet:
- Das Instandhalten von komplizierten Maschinen und Apparaturen wird durch automatisierte Diagnosetechnik zu einem bloßen Ausführen der Reparaturen, geleitet durch Befehle einer intelligenten Datenbrille (Krankse, 2014).
 - Handwerker wie Automechaniker, Heizungsmechaniker oder Elektriker werden zu Teileaustauschern anstelle qualifizierter Reparatoren, weil der software-geführte Bauteile-Austausch billiger ist als die Reparatur eines defekten Bauteils.
 - Landwirtschaftliche Fachkräfte werden zu internetgesteuerten angelernten Hilfskräften.

Das bedeutet:

4 Vernetzte künstliche Intelligenz: Fortschreitende Segmentierung des Arbeitsmarkts

Das Entfallen von algorithmisierbarer menschlicher Arbeit ist eine Seite der Entwicklung. Sie dürfte langsam erfolgen, beispielsweise als Frühverrentung.

Die einsetzende Segmentierung führt einerseits zu einer Entwertung bisheriger qualifizierter Wissensarbeit, weil die algorithmisierbaren intellektuellen Leistungsanteile durch die verteilte künstliche Intelligenz übernommen werden:

Aus Verkäuferinnen werden Kassiererinnen, aus Kassiererinnen bei der automatisierten Bezahlung Regalauffüllerinnen.

Aus Handwerkern (Installateuren, Mechatronikern) werden Teileaustauscher.

Aus Erntemaschinenführern werden angelernte Traktorfahrer. Aus Instandhaltungsmechanikern werden von der Datenbrille geleitete Teileaustauscher etc..

Das heißt, die Stratifizierung oder Segmentierung in einfache und hoch komplizierte Arbeit wird erweitert, weil wesentliche Teile bisheriger qualifizierter

Wissensarbeit mit digitalisierbaren Daten nunmehr durch die vernetzte künstliche Intelligenz und durch Roboter billiger geleistet werden kann, aber vorerst Hilfsfunktionen mit geringen Qualifikationsanforderungen verbleiben. Die vereinzelte Suche nach qualifizierten Fachkräften ist kein Gegenbeweis. Bis zur weiten Verbreitung des Internets der Dinge ist es ein langer Weg.

Des Weiteren verbleibt im Prinzip digitalisierbare einfache Wissensarbeit dort, wo das Kosten-Nutzen-Verhältnis für diesen Verbleib spricht. Das betrifft die erwähnten Lokomotivführer, die derzeit noch kostengünstiger sein können als der automatisierte Zugbetrieb. Das betrifft den Verbleib von Fachverkäufern mit Beratungsfunktion trotz des Internets der Dinge in Edelboutiquen. Die betuchten Kunden bezahlen diese Fachkräfte mit dem höheren Preis der Produkte. Das betrifft die gehobenen Seniorenresidenzen, in denen kein Abschieben von Pflegeleistungen an Pflegeroboter oder an Pflegecomputer für die Bespaßung dementer Senioren erfolgt.

Andererseits fordert die Segmentierung hoch qualifizierter, derzeit nicht algorithmisierbarer, komplexer Wissens- und Innovationsarbeit neue Qualifikationen. Häufig wird dieses Segment von Arbeitsaufgaben mit dem Schlagwort der Wissensarbeit gekennzeichnet. Jedoch muss der Begriff präzisiert werden auf einen Teil der Wissensarbeit, nämlich die Innovationsarbeit, sowie auf manche Humandienstleistungen.

Dazu im Folgenden:

5 Neue Ära der künstlichen Intelligenz: Welche Arbeit bleibt? Nicht algorithmisierbare mentale Erwerbsarbeit / Innovationsarbeit

Der *Chief Technical Officer* – zugleich der Technik- und Personalchef – der Siemens Aktiengesellschaft tröstet in der Wochenzeitschrift „Die Zeit“ vom 22.01.2015: „Ich bin überzeugt, dass der Mensch auch in der sogenannten Industrie 4.0 unerlässlich bleibt – als kreativer Lenker und Denker, der sich um all Jenes kümmert, was Algorithmen nicht vorgesehen haben. Für den Standardprozess hat man Maschinen, für den Sonderfall braucht man den Menschen“ (Seite 29).

Der Automatisierungstechniker Sinn (2014) glaubt: „In der durchgängig virtualisierten und informalisierten Fabrik wird der qualifizierte Produktionsarbeiter weiterhin im Mittelpunkt stehen. (...) Maschinen- und Wissensarbeit wachsen zusammen, Produktionsarbeiter übernehmen vermehrt Aufgaben der Produktentwicklung“ (S. 9).

Diese innovative Erwerbsarbeit ist arbeitswissenschaftlich bisher wenig behandelt. Dafür ist kog-

nitionswissenschaftliches Vorgehen unerlässlich; die Kognitionspsychologie wird zur Psychologie der verbleibenden Arbeit der vierten industriellen Revolution.

Was weiß die Arbeitsforschung über Anforderungen bei innovativer Arbeit?

Bei innovativen Arbeitstätigkeiten handelt es sich um Tätigkeiten mit problemfindenden, sowie sodann problemlösenden Anteilen, um Entwurfstätigkeiten mit hohen Anteilen des sogenannten Entwurfsdenkens oder Entwurfsproblemlösens (*design thinking, design problem solving*; Carroll, Thomas, Miller & Friedman, 1980; Hacker, 2002; Sachse & Specker, 1999; Wetzstein, 2004). Dabei geht es um die Produkt- und Verfahrensentwicklung, um das Entwerfen von Maschinen, Programmen, Software, Verfahren – auch Lehr- und Therapieverfahren – Gebäuden, Substanzen, Kunstwerken und anderen Artefakten.

Bei dieser Produktentwicklung ist das spezifische Ziel in der Regel noch zu finden. Gegeben ist bestenfalls ein mehr oder weniger schlecht definierter Zielrahmen. Eine Lücke wird zwar umschrieben, aber sie kann nicht mit einem bereits antizipierbaren Ergebnis gefüllt werden. Gesucht ist beispielsweise etwas, das Krebs heilt. Dabei ist die zielgerichtet voranschreitende hierarchisch-sequentielle Handlungsorganisation nicht ohne weiteres möglich. Die Gesamtlösung, die zielgerichtet und abfolgeoptimal in Teillösungen zu zerlegen wäre, ist noch nicht oder nur als Hypothese bekannt.

Hier wird ein hybrides Vorgehen vom Menschen genutzt, das als „opportunistisch mit systematischen (zielgerichtet-geplanten) Episoden“ bezeichnet wurde (Visser, 1994). Es handelt sich dabei einerseits weder um Versuch-Irrtum-Prozeduren, noch lediglich um ein „Durchwursteln“ (*muddeling through*), andererseits aber auch nicht um eine systematische Dekomposition eines Gesamtauftrags in Teilaufträge und eines Gesamtziels in Teilziele. Eben diese Teilziele sind erst noch zu finden (vgl. Abbildung 2).

Wenigstens vier Merkmale beschreiben dieses nicht-hierarchisch-sequentielle, hybride Vorgehen:

1. Es werden nicht selten einzelne Lösungsmöglichkeiten verfolgt, bevor das noch zu identifizierende Problem überhaupt tiefgründig untersucht und damit das Gesamtziel klar herausgearbeitet ist. Stattdessen werden, von einem „Gefühl der Nähe“ geleitet, einschlägig erscheinende Lösungsmöglichkeiten hypothetisch verfolgt. Es liegt ein vermutungsgeleitetes (intuitives) Handeln bei noch unvollständiger Zielspezifizierung vor (Hillier, Musgrove & O’Sullivan, 1984).

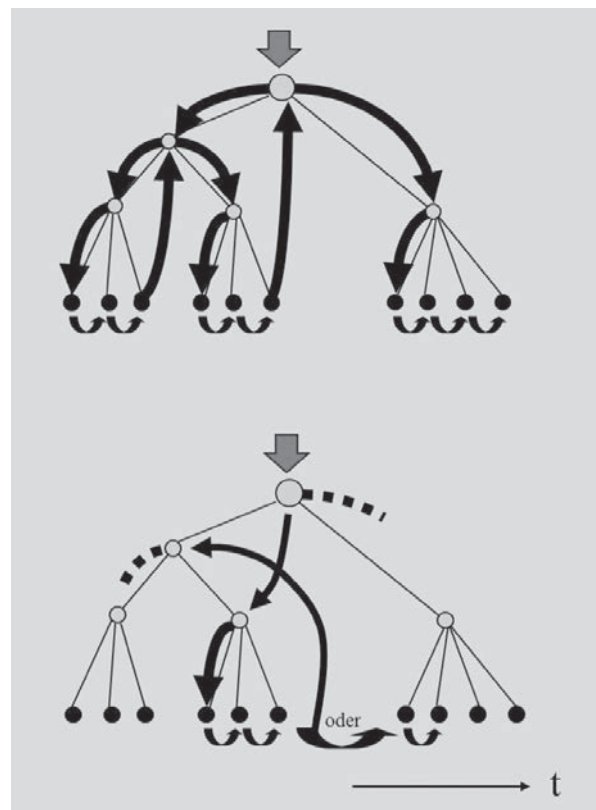


Abbildung 2: Sequentiell-hierarchisches Abarbeiten eines bekannten Gesamtziels (oben) vs. „opportunistisches“ Vorgehen mit systematischen Episoden bei gesuchtem Ziel (unten).

2. Geistige Arbeitstätigkeiten vom Typ der Entwurfs- und auch der Diagnosetätigkeiten profitieren vom Handlungsaufbau aus Rückkoppelungseinheiten. Sie verlaufen in einem Erzeugungs-Bewertungs-Zyklus als iterativem Korrekturprozess (Smith & Browne, 1993). Es werden hypothesengeleitet – also nicht im blinden Versuch-Irrtum – Lösungsschritte testend begangen und am Ergebnis wird ihre Brauchbarkeit bewertet. Es liegt also ein fortlaufender Fehlerkorrekturprozess vor, nicht ein Prozess zielgerichteter Lösungsentwicklung.
3. Bei dem nur wenig gerichteten „Schweifen der Ideen“ (*mind wandering*) hat der Arbeitende unscharfe Ähnlichkeitsassoziationen mit Sachverhalten aus seinem Vorwissen, die auf Wiederverwertbarkeit als Teillösungen für das aktuelle Problem beurteilt werden. Diese Sachverhalte sind die sogenannten „Gelegenheiten“ (opportunities). Daher heißt das Vorgehen auch „opportunistisch mit systematischen Episoden“.
4. Ein weiteres Merkmal ist ein Analyse-durch-Synthese-Prozess:
 - Mehrere aus explizitem oder implizitem Vorwissen aktivierte hypothetische Teillösungen werden – gleichsam von Wissensinsel zu Wis-

sensinsel springend – auf ihre Verknüpfbarkeit miteinander untersucht.

- Diese Teillösungen werden auf Nutzbarkeit für die noch immer unscharfe Gesamtlösung bewertet.
- Anhand der verworfenen und der vorerst akzeptierten Lösungen für Systemteile wird ein Entwurf des gesamten Systems entwickelt, der nun zunehmend als Gesamtziel wirksam werden kann.

Dabei greifen die opportunistische Wissensnutzung und Episoden eines systematischen Zerlegens und Präzisierens des Gesamtauftrags in seine Teilziele ineinander. Diese Vorstellung entspricht dem *task-episode-accumulation* (TEA-Modell; Ullman, Dietterich & Stauffer, 1988).

Bei Erwerbstätigkeiten vom Typ innovieren der Produkt- oder Prozessentwicklung entstehen besondere Anforderungen in den sogenannten frühen Phasen des Entwerfens (VDI, 2221), das heißt dem Identifizieren des Problems, dem Erzeugen von möglichen Lösungswegen und alternativen Lösungsprinzipien, sowie dem Auswählen möglicherweise geeigneter Prinzipie zur weiteren Ausarbeitung. Die erste Lösungsidee muss hierbei keineswegs die beste sein (eingehender: vgl. Hacker, 2002).

Als hilfreich bewähren sich dabei u. a. 1. das sogenannte Externalisieren, 2. das Nutzen von Systemen lösungsbegünstigender Fragen, sowie 3. spezifische Organisationsformen einer dyadischen Kooperation bzw. von Gruppenarbeit.

Im Einzelnen:

Das „Externalising“, also das Einschalten von „äußerm Denken“ als Skizzieren, Notieren, Modellieren oder Aussprechen im Diskutieren, folgt Empfehlungen der entwicklungspsychologischen Interiorisierungs-Exteriorisierungs-Theorie (Galperin, 1966), bei Schwierigkeiten im Problemlösen externe, motorische Bestandteile der beim Erwachsenen verinnerlichten (interiorisierten) intellektuellen Prozesse, wieder einzubeziehen („Denken mit der Hand“, Sachse, 2002; „allmähliche Verfertigung des Gedanken beim Sprechen“, von Kleist, 1925); (Abbildung 3).

Lösungsbegünstigende Fragensysteme veranlassen zur Reflektion eigenen Vorgehens und eigener Ergebnisse. Diese sog. „W-Fragen“ (was ist warum, wozu, womit, wie, wann, mit wem ... zu tun?) zielen auf das Geflecht der semantischen Relationen, die beliebige Systeme erschöpfend beschreiben (Kausal-, Final-, Konditional-, Konsekutiv- etc. -Relation) (eingehender u. a. bei Hacker und Sachse, 2014, Kap. 13).

Spezifische Gruppenprozesse unterstützen bei geeigneter Moderation innovierendes Problemlösen

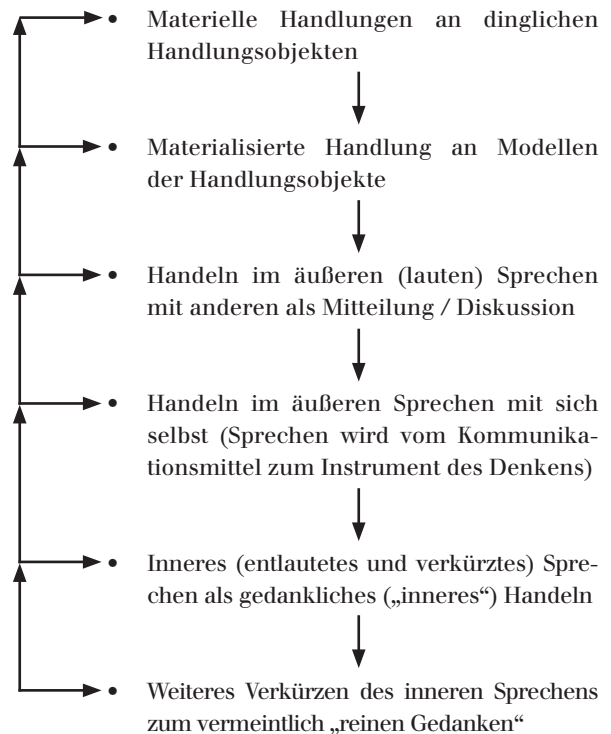


Abbildung 3: Phasen der Entstehung „geistiger Handlungen“ (Interiorisierung) und deren Umkehrbarkeit bei Bearbeitungserschwernissen (Exteriorisierung) nach Galperin (1966, S. 36 f.).

insbesondere dann, wenn dafür unterschiedliches Können verschiedener Fachleute integriert werden muss (vgl. Hacker, 2016).

Auch außerhalb professioneller Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten ist beinahe in allen Arbeitstätigkeiten eine Herangehensweise zunehmend gefragt, die über den jeweiligen Arbeitsauftrag hinausgehende, gegebenenfalls innovative Lösungen erbringt {vergleiche auch benachbarte Konzepte wie *contextual performance*, *organisational citizenship behaviour*, *personal initiative* [Frese, Fay, Hilburger, Leng & Tag (1997); West & Farr (1990); Unsworth & Parker (2003)]}. Derartige „zusätzliche“ Leistungen setzen andere Merkmale der psychischen Regulation von Tätigkeiten voraus, als Leistungen, die nur gegebene Aufträge optimal erfüllen. Diese Regulationsmerkmale können als Merkmale eines innovierenden Handelns dem Handeln gegenüber gestellt werden, das im gegebenen Auftragsrahmen verbleibt (nicht-innovierendes, repetierendes Handeln). Die Tabelle 1 stellt objektive Voraussetzungen, Vorgehensmerkmale sowie die regulierenden einstellungsmäßigen und kognitiven Sachverhalte für diese beiden Handlungsformen gegenüber.

Soviel zur mittelfristig beim Menschen verbleibenden, nicht algorithmisierten komplexen Wissens- und Innovationsarbeit.

Was folgt für das Bewerten (beispielsweise bei einer Gefährdungsbeurteilung) und Gestalten dieser Arbeit, die häufig mit digitalen Werkzeugen realisiert wird?

Falls der arbeitende Mensch nicht zum Hilfsmittel der IT-Systeme und der Robotertechnik werden soll, sondern umgekehrt diese seine Werkzeuge sind, gilt

- der Arbeitende benötigt mentale Modelle der vernetzten künstlichen Intelligenz (Wischmann, 2015);
- der Arbeitende muss wissen, welche Informationen die Maschine und die Dinge miteinander austauschen, „was sie miteinander reden“;
- er muss vorhandene Assistenzsysteme durchschauen und wissen, was sie ihm abnehmen und ob die abgenommenen Funktionen für ihn tatsächlich stets gänzlich entfallen;
- er muss die gestörte Beziehung zwischen dem anschaulichen Handlungsprozess und dem Denken in abstrakten logischen Strukturen durch Zwischenglieder des anschaulichen analogen Denkens überbrücken;
- im Falle des Robotereinsatzes muss geklärt werden, ob die Robotertechnik vom Menschen abgeschirmt werden soll oder ob eine echte Kooperation zwischen Mensch und Robotertechnik gewünscht ist;
- es muss geklärt werden, inwieweit Qualifikationsbestandteile der Fachkräfte erübrigt werden, beziehungsweise ob und welche zusätzlichen Qualifikationsinhalte unerlässlich sind, und
- es ist zu klären, wie die Kriterien gut gestalteter Arbeit (DIN EN ISO 6385) bei cyberphysical systems und Robotereinsatz realisiert werden sollen.

Das Klären dieser Fragen ist deshalb unerlässlich, weil die Arbeit mit vernetzter künstlicher Intelligenz und Robotersystemen einerseits neue Chancen, andererseits aber auch neue Gefährdungen erzeugt.

Welche Chancen müssen Führungskräfte, Aufsichtspersonal, Arbeitswissenschaftler etc. nutzen?

1. Die möglicherweise beim Menschen verbleibenden, komplexen intellektuellen Aufgaben, die rasch wechseln, ermöglichen Anregungen durch Vielfalt, Autonomie und die Notwendigkeit ständigen Weiterlernens, erfüllen also Forderungen nach gut gestalteter Arbeit im Sinne der ISO EN 6385. Damit kann mentale Leistungsfähigkeit erhalten und die Wahrscheinlichkeit einer späteren Demenzentwicklung reduziert werden.
2. Durch die zeitliche und örtliche Entgrenzung der Arbeit entstehen Möglichkeiten zur individuellen Selbstgestaltung der *work-life balance*.

In diesen Chancen stecken allerdings auch potenzielle Gefahren. Zu viel Tätigkeitsspielraum im Sinne der sogenannten neuen Steuerungsformen der Arbeit ist kein Gewinn, weitest -gehende zeitliche Entgrenzung ist ein zweiseitiges Schwert (z. B. Kratzer, 2012).

Die möglichen Gefahren oder Risiken haben viel mit der potenziellen Entgrenzung zu tun:

1. Entgrenzte Arbeit kann in risikoreiche Arbeitsverhältnisse verlagert werden. Zu denken ist an *freelancer*, selbständige Arbeitskraft-Unternehmer mit der für sie charakteristischen Unsicherheit ihrer Erwerbsprozesse.
2. Für entgrenzte innovative Arbeit gibt es bisher keine Zeit- oder Leistungsnormen. Die Gefahr der Fremd- und Selbstüberforderung ist größer als bei Arbeit mit einer von den Tarifpartnern ausgehandelten Arbeitsnorm. Zeit- und Leistungsdruck, Gehetztheit und Depression sind mögliche Folgen. Erforderlich werden Verfahren zur Leistungsbemessung für geistig schöpferische Arbeit.
3. Zeitlich und örtlich entgrenzte Arbeit folgt keinem arbeitswissenschaftlich optimierten Zeitmanagement: Die Lage der Arbeits- und Erholungszeiten muss selbst gestaltet werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass Erholungsrythmen ebenso optimal, wie das für fremdorganisierte Arbeit vorgeschlagen wird, realisiert werden, ist unwahrscheinlich. Die Dauer der Arbeitsperioden, die Beschaffenheit der Pausensysteme bei individueller Autonomie für das Zeitmanagement sind nicht wissenschaftlich und erfahrungsgestützt optimiert, sondern nach eigenem Empfinden selbst zu gestalten. Es ist bekannt, dass selbst gestaltete Pausen zu spät, zu lang und zu selten eingelegt werden (Graf, 1970).

Erforderlich werden also neue Strategien der Arbeitsanalyse und der Arbeitsgestaltung für geistig-schöpferische Arbeit.

Ein Hauptproblem dabei ist, dass die herkömmliche Arbeitsanalyse durch Begehung bei komplexer Wissens- und Innovationsarbeit ungeeignet ist.

Bei der Beobachtung ist nicht wahrnehmbar, was im Kopf des Arbeitenden abläuft. Die beliebte Befragung ist ungeeignet, weil gerade in kreativen Vorgängen unbewusste Prozesse (im sogenannten System 1 der *dual process theories*, Evans & Frankish, 2009) ablaufen, und weil Beanspruchungen, insbesondere psychische Ermüdung, bei anregungsreichen Anforderungen undeutlich erlebt und gegebenenfalls verdrängt werden.

Was bei komplexer Wissens- und Innovationsarbeit als Analysemittel helfen könnte, wären kognitionspsychologische Auftragsanalysen. Wir haben

Tabelle 1: Schematischer Vergleich der psychischen Regulation eines im gegebenen Auftragsrahmen verbleibenden („repetierenden“) und „innovierenden“ Handelns.

Repetierendes Handeln	Innovierendes Handeln
Vorherrschend Erfüllen der Aufträge im gegebenen Rahmen	Zusätzlich verbessern der Ausführungsbedingungen sowie der Ziele („contextual performance“)
- Erfüllen gegebener Aufträge Verbessern der Erfüllung im gegebenen Rahmen durch Lernen beim Tun - Ausnutzen gegebener Leistungsmöglichkeiten - Ausfüllen der Arbeitszeit durch auftragsbezogene Aktivitäten	- Auch verbessern und verändern der Ziele und Ausführungsweisen - auch Schaffen anderer / neuer Leistungsmöglichkeiten - auch aktuell nicht-produktive („überflüssige“) Zusatzaktivitäten problemfindender und -lösender Art
Personelle Voraussetzungen	
a) Einstellung	
- Verbessern des Gegebenen - Kognitive Situationsanalyse - Analysieren im Konkreten - Konkretes Handeln, Reales Erfassen	- Lösen aus Situationsbindung, Infragestellen des Gegebenen - auch Reflexion über Situation und eigenes Handeln - Analysieren der Situation, Entscheidendes herausfinden; dazu Abstrahieren - Begriffliches Erfassen der Merkmale, Wechsel zwischen Abstraktionsebenen - Vorausdenken - auch nur Mögliches erfassen, symbolisches Handeln
b) Kognitive Grundlagen	
Ziele Erfüllen der Auftragsziele	auch Zusatzziele (Ziele der Veränderung der Auftragsausführung sowie der Ziele selbst)
Mentale Modelle Tätigkeitsleitende Abbilder für gegebenen Prozess	auch mentale Modelle von Veränderungserfordernissen / alternativem Prozess
Wissen Kenntnisse und Handlungswissen zum gegeben Auftrag	auch Verfügen / Verschaffen von Wissen über Alternativen und Veränderungsmöglichkeiten
Intellektuelle Leistungen Intellektuelles Bewältigen des gegebenen Auftrags / Problems	auch Problemfinden
Objektive Voraussetzungen in Organisation	
	„Vollständige“ (Arbeits)tätigkeit mit - durchschaubarer, vorhersehbarer und beeinflussbarer Arbeitssituation, einschließlich - zeitlichem Dispositionsspielraum, - dispositiven (z. B. vorbereitenden) Anteilen. „Psychologischer Kontrakt“ u. a. bzgl. - Risiko-Behandlung - Arbeitsplatzsicherheit - Erfolgsbeteiligung

Tabelle 2: Intellektuelle (Arbeits-) Anforderungen können ermittelt werden anhand der Problembestandteile [Ausgangszustand (A), Ziel/Ergebnis (Z) und Wege von A nach Z / Operationen (O)], die für eine Lösung objektiv fehlen (Rudolph-Müller, Hacker & Schroda, 2001).

Bekanntheit bzw. Unbekanntheit der Problemkomponenten Ausgangszustand (A), Operationen (O) und Endzustand (Z)	Erfolgreiches Bearbeiten der Aufgabe bzw. des Problems verlangt
1. A, O (die A in Z überführen) und Z sind vollständig bekannt	→ keine ODER vollständig regelgeführte (algorithmische) Denkleistungen
2. A, O und Z sind bekannt; jedoch ist die richtige Reihenfolge der O unbekannt	→ überwiegend unvollständig-algorithmische Denkleistungen (Anpassen bekannten Vorgehens an spezielle Bedingungen)
3. A und Z sind bekannt; jedoch sind die O unbekannt	→ überwiegend nicht -regelgeführte (jedoch nicht-schöpferische) Denkleistungen (Neukombination von Verfahren; Information auffindbar)
4. A oder Z ist unbekannt; mehrere O-Sequenzen sind bekannt, zwischen denen bei unbestimmten A oder unbestimmten Z zu wählen ist	→ überwiegend nicht -regelgeführte (jedoch nicht-schöpferische) Denkleistungen (Neukombination von Verfahren; Information auffindbar)
5. A ist bekannt; O und Z sind unbekannt	→ überwiegend schöpferische Denkleistungen (Problemlösen bei geschlossenen Problemen), evtl. einschließlich Problem-Identifikation; Entwickeln von Vorgehensweisen; lösungsdienliche Information nicht auffindbar
6. Alle Problemkomponenten sind unbekannt bzw. nur vage/unscharf umschrieben	→ schöpferische Denkleistungen (ggf. mit Problem-identifikation) bei offenen (komplexen, vernetzten, dynamischen) Problemen (es existieren mehrere Lösungen, zwischen denen auszuwählen ist) (Dörner, 1976).

dazu mit dem Tätigkeitsbewertungssystem für geistige Arbeit ein Hilfsmittel vorgelegt (Rudolph, Schönfelder & Hacker, 1987). Aus Festlegungen im Arbeitsauftrag wird dabei auf erforderliche kognitive Leistungen geschlossen, aus im Auftrag festgelegten Problemkomponenten können erforderliche kognitive Leistungen abgeleitet werden (vgl. Tabelle 2)

Erforderlich wird es des Weiteren, Wirkungen der vernetzten künstlichen Intelligenz auf die psychische Handlungsregulation zu berücksichtigen:

Sie erweitert die Wirkungen der „neuen Steuerungsformen“ der Arbeit (Kratzer, 2012; Kratzer & Dunkel, 2015). Diese vergrößern die Spielräume der Handlungsregulation für Zielsetzungen, Arbeitsweisen, Arbeitsorte und die Lage der Arbeitszeit – nicht jedoch für die Arbeitsmenge pro Zeiteinheit oder Fertigstellungstermine. Die Arbeitenden können damit die Handlungsregulation anpassen an die Forderungen der Arbeitsaufträge durch Veränderungen 1. in den Zielen (z. B. Teilziele für Zeitabschnitte verschieben), 2. in den Vorgehensweisen (z. B. Einzel- oder Serienbearbeitung von Auftrags teilen) sowie auch lediglich 3. in der Anstrengung bei unveränderten Zielen und Vorgehensweisen.

Das Modell der „Anpassung von Ziel, Vorgehensweise und Anstrengung“ an die Leistungsvoraussetzungen veranschaulicht Abbildung 4. Diese Anpassung

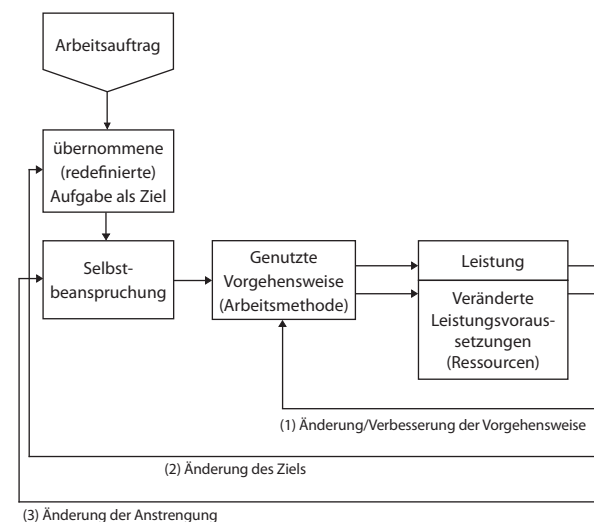


Abbildung 4: Modell der Anpassung von Ziel, Vorgehensweise und Anstrengung (Adaption of Intention, Method, Effort (AIME)-Modell). (Hacker, 1971; Hacker & Sachse, 2014).

sungsvorgänge können Leistungen und Kompetenzen verbessern und Ressourcen schützen, oder auch – z. B. bei längerfristig überzogener Anstrengung ohne Ziel- oder / und Vorgehensveränderung – schädigen.

Einen speziellen Aspekt dieses „AIME-Modells der Handlungsregulation“ (*Adaptation of Intention, Method and Effort*) beschreibt das „SOK-Modell“ der Reaktionen im Falle von Ressourcenmangel oder -verlust beim Altern (Baltes & Baltes, 1990; Baltes & Rudolph, 2013). Dieses Modell benennt die Selektion (S) als Priorisierung bestimmter Ziele gegenüber anderen, die Optimierung (O) als Aneignung neuer oder Verbesserung vorhandener Ressourcen, und die Kompensation (K) als Substitution nachlassender oder verlorener Ressourcen durch neue oder bislang ungenutzte.

6 Vernetzte künstliche Intelligenz: Welche Dienstleistungsarbeit bleibt?

Die Auswirkungen einer zunehmenden vernetzten künstlichen Intelligenz und der Robotik sind bei gegenständlichen Dienstleistungen wie Reinigung oder Grünanlagenpflege anders als bei Humandienstleistungen wie Pflegen, Heilen, Beraten oder Lehren als dialogische oder interaktive Arbeitstätigkeiten.

Die bereits sichtbare Verbreitung von Grasmäh- oder Reinigungsrobotern illustriert, dass gegenständliche Dienstleistungen in erheblichem Umfang von intelligenter Technik übernommen werden können. Brzeski und Burk (2015) schätzen für Deutschland eine Bedrohung von knapp 70 % der Arbeitsplätze in diesem Dienstleistungsbereich.

Vielschichtiger ist die Situation bei Humandienstleistungen, beziehungsweise der Interaktionsarbeit. Zunächst scheint die Arbeit am und mit anderen Menschen von der technischen Entwicklung nicht betroffen zu sein. Die Ökonomisierung aller Lebensbeziehungen am deregulierten Markt führt jedoch dazu, dass Interaktionsarbeit auch unabhängig von der Digitalisierung verändert wird:

Die Kundenbedienung oder Kundenberatung wird im Massengeschäft zunehmend zur Selbst-„Bedienung“ oder zur desozialisierten Ratsuche im Internet. Nur im Luxus- oder Hochpreissegment verbleiben Bedienung und Beratung durch lebendige Dienstleistung.

Das Fürsorgeverhältnis von Pflegekräften und Ärzten für Patienten wird zur Kundenbeziehung. Der zahlungskräftigere Kunde erhält vorrangig Behandlungstermine oder ungekürzte Zuwendung. Chefärzte werden durch incentive-Verträge für gewinnträchtige Behandlungen stimuliert. Auch Behandlung und Pflege werden also nach der Kaufkraft segmentiert.

Wie auch immer: Im ökonomisch rentablen Segment verbleiben Dienstleistungsarbeit und insbeson-

dere Humandienstleistungen als nicht automatisierte lebendige Arbeit. Daraus ergeben sich zwei Fragen an die Arbeitswissenschaften:

- a) Welche Veränderungen durch Digitalisierung der Daten und digitale Arbeitsmittel entstehen in der verbleibenden Interaktionsarbeit?
Digitale Unterstützung von Interaktionsarbeit wird die eigentlich interaktiven Anteile vermehren. Die monologischen Anteile, wie Informationssuche, Dokumentation oder Befundauswertung können dem Dienstleister durch vernetzte künstliche Intelligenz abgenommen werden im Interesse größerer Arbeitsanteile bei der dialogischen Arbeit mit oder am Klienten.
- b) Was sind die Arbeitsanforderungen, die den wachsenden Anteil von Arbeitsplätzen mit interaktiver Arbeit von der monologischen Arbeit mit Objekten unterscheiden?

Diese Anforderungen gewinnen am Arbeitsmarkt mindestens relativ an Bedeutung, weil sie beim Menschen verbleiben dürften (Brzeski & Burk, 2015).

Das wesentliche Anliegen der Bezeichnung als Interaktionsarbeit ist, Arbeitstätigkeiten abzugrenzen, deren Hauptziel die Einflussnahme auf das Verhalten, Erleben und Befinden anderer Menschen ist. Der Arbeitende kann dabei das andere Subjekt nicht „bearbeiten“ wie einen toten Arbeitsgegenstand, sondern er muss ihn gewinnen, veranlassen und gegebenenfalls überzeugen zu eigenen Aktivitäten. Der Arzt muss beispielsweise die Mitarbeit eines Patienten als „Koproduzenten“ der Heilung gewinnen und instrumentell-technisches Handeln zur sozialen Interaktion ausbauen. Einfluss auf das Verhalten von Klienten gewinnt der Dienstleister insbesondere dadurch, dass er dessen Meinungen und Ziele beeinflusst. Dabei entsteht eine Wechselwirkung: In interaktiver Erwerbsarbeit ist ausschlaggebend, dass die Interagierenden nicht nur gegebenenfalls unterschiedliche Absichten verfolgen, sondern sich wechselseitig auch mehr oder wenig zutreffende Handlungsabsichten unterstellen, was eine Vielfalt an emotionaler Beteiligung bis hin zum Entstehen verärgelter Reaktanz (Brehm & Brehm, 1981) bei vermutetem Beeinflussungs- oder Überredungsversuchen einschließen kann. Interaktive Arbeit hat eine ausgeprägtere Gefühlsbeteiligung als monologische.

Emotions-„Arbeit“ bezeichnet das Einflussnehmen auf Emotionen anderer (*sentimental work*) beziehungsweise auf eigene Emotionen (*emotional work*). Emotionen sind dabei Arbeitsgegenstand und Arbeitsmittel. Zusammenfassend wird von emotionsintegrierender Handlungsregulation gesprochen: Die emotionsintegrierende Handlungsregulation von

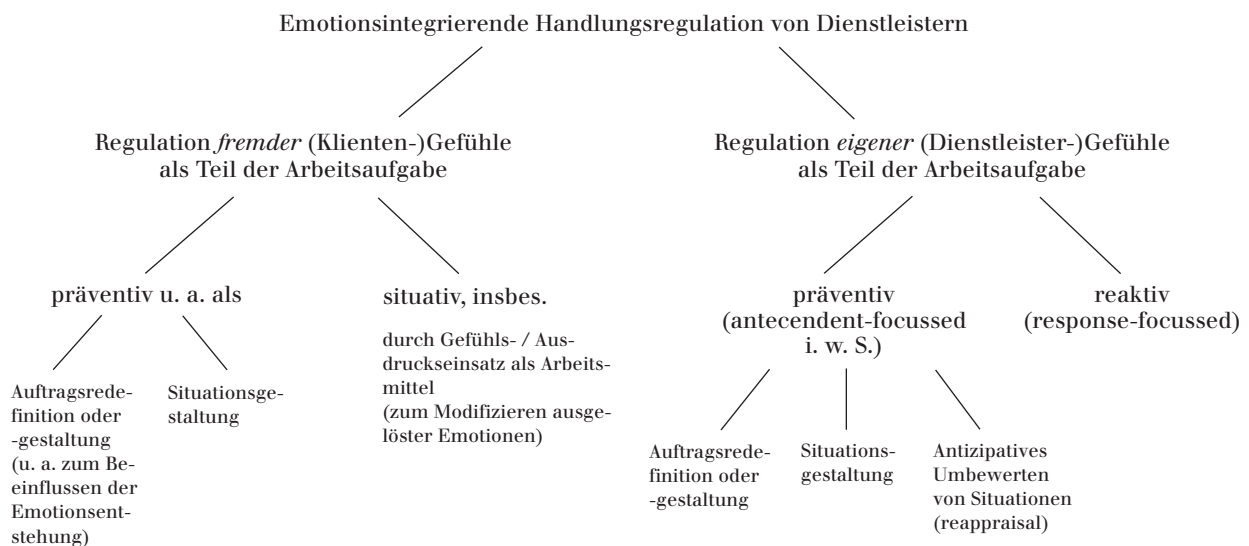


Abbildung 5: Gegenstände und Prozessabschnitte der emotionsintegrierten Handlungsregulation bei dialogisch-interaktiven Arbeitstätigkeiten.

Konsequenzen

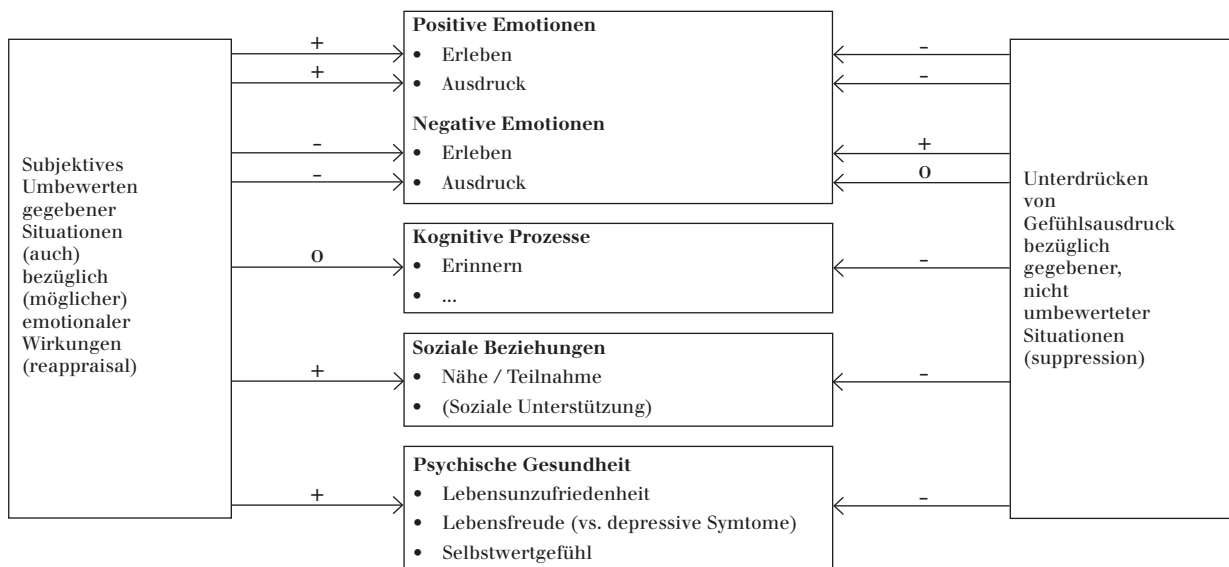


Abbildung 6: (modifiziert nach John & Gross, 2004, S. 1315): Gegensätzliche Wirkungen von subjektivem emotionsrelevantem Umbewerten von Situationen und des Unterdrückens des Gefühlsausdrucks (+ ... Vergrößerung - ... Verringerung o ... kein signifikanter Einfluss).

Dienstleistern mit dialogisch-interaktiven Arbeitstätigkeiten bezieht sich sowohl auf die Tätigkeiten der Dienstleister selbst als auch die ihrer Klienten und kann präventiv oder reaktiv erfolgen (Abbildung 5).

Unterschiedliche Arten der emotionsintegrierenden Handlungsregulation haben unterschiedliche, teilweise sogar gegensätzliche Wirkungen auf das Erleben und die Gesundheit der Dienstleister (Abbildung 6). Beispielsweise hat das präventive Umbewer-

ten einer emotionserzeugenden Arbeitssituation (*reappraisal*) andere Auswirkungen auf die arbeitenden Personen als das reaktive Unterdrücken einer schon entstandenen negativen Emotion (*suppression*).

Die Besonderheiten von Interaktionsarbeit beschränken sich nicht auf Emotionsbeteiligung. Regulationsbedeutsame Merkmale interaktiver Arbeitstätigkeiten sind insbesondere

- Ziele, Arten und Zeitanteile der Einflussnahme auf die psychische Verhaltensregulation und das Befinden anderer im Arbeitsprozess;
- das Entwickeln eines mentalen Modells der psychischen Situation einschließlich der Absichten und der verhaltensbestimmenden Bedingungen des anderen Menschen (*theory of mind*) um dessen psychische Verhaltensregulation erfolgreich beeinflussen zu können;
- Ziele, Arten und Zeitanteile der Einflussnahmen speziell auf das Entstehen oder die Modifikation von Gefühlen eines Klienten (eines Schülers, Patienten etc.), darunter insbesondere erwünschter verhaltensregulierender Gefühle wie Zuversicht, und
- Ziele, Arten und Leistungswirksamkeit, sowie Zeitanteile, des konventions- oder regelkonformen Erzeugens oder Darstellens von Gefühlen der Arbeitsperson im Arbeitsprozess gegenüber einem Klienten (beispielsweise der „*service with a smile*“).

Zum Vermeiden von unerwünschter emotionaler Beanspruchung in der Regulation von interaktiven Erwerbstätigkeiten stehen vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung (für eine grundlagenorientierte Darstellung vgl. Aldao, 2013; für praxisbezogene Hinweise vgl. Hacker, 2009).

Verhältnispräventiv ist an eine Auftragsgestaltung zu denken, die emotionale Dissonanz ausschließt. Ein Beispiel dafür ist der Verzicht auf illegitime Arbeitsaufträge, beispielsweise zum Übervorteilen von unwissenden Klienten. Verhaltenspräventiv ist an spezifische Ausbildungsinhalte zu denken, beispielsweise in der Kranken- und Altenpflege an das Vermitteln geeigneter Bewältigungstechniken von nicht vermeidbarem erlebtem Leid (*detached concern* als emotional abständige Zuwendung zum Patienten im Interesse seiner bestmöglichen unaufgeregten Betreuung).

Insbesondere die emotionale Dissonanz, das heißt das Erzeugen eines gemäß sozialer Normen zu zeigenden Gefühlsausdrucks im Widerspruch zum tatsächlich erlebtem Gefühl ist eine Quelle psychischer Beanspruchung (Hochschild, 1983). Das anhaltende Produzieren eines erlebnisdiskrepanten Gefühlsausdrucks in guter Absicht kann das Wohlbefinden und die psychische Gesundheit einschließlich ihrer psychophysiologischen Korrelate stören. Das Entstehen von emotionaler Erschöpfung, eines Burn-Out-Faktors, ist wahrscheinlich (Bakker & Demerouti, 2007).

7 Vernetzte künstliche Intelligenz: Bleibende Rahmenbedingungen und neue Entgrenzung – Prekäre Arbeitsverhältnisse, Zeit- / Leistungsdruck, zeitliche Entgrenzung

Was sind die bleibenden Rahmenbedingungen, die die Folgen der Digitalisierung verschärfen können?

Die beeinträchtigenden Arbeitsbelastungen und die dabei entstehenden Fehlbeanspruchungen verlagern sich vom Arbeitsinhalt zunehmend zum Arbeitskontext, zu den Ausführungsbedingungen, insbesondere in Form von prekären, befristeten Arbeitsverhältnissen oder Leiharbeit, sowie von arbeitswissenschaftlich nicht auf Zumutbarkeit geprüften Arbeitsmengen pro Zeiteinheit, vulgo Zeit- und Leistungsdruck. Hinzu kommen eine neuartige Flexibilisierung der Einsatz- und Arbeitszeiten bei Wissens- und Innovationsarbeit und damit eine zunehmend schwierigere Trennung von Arbeits- und Freizeit- bzw. Familienzeit. Das Selbstmanagement im Sinne einer Selbstaussbeutung führt zu weniger optimierten Pausensystemen, zu unscharfer Trennung von Arbeits- und Freizeit als neuen gesundheitsgefährdenden Freiheitsgraden. Nicht jede Autonomie ist hilfreich.

Das wird erleichtert dadurch, dass es angeblich für Wissens- und Innovationsarbeit nicht möglich sei, zumutbare Arbeitsumfänge pro Zeiteinheit zu definieren. Das Festlegen von Leistungsnormen, wie in der Fertigung üblich, sei nicht möglich. Das Festlegen solcher Normen ist zwar nicht einfach, aber es ist machbar. Wir haben Wege zur Ermittlung und Vereinbarung zumutbarer Arbeitsmengen bei digitalisierter Wissensarbeit erprobt (Debitz et al., 2012) und daraus erforderliche Personalbemessungen abgeleitet. In den US-amerikanischen Magnet-Hospitalen gelten konkrete und vergleichsweise günstige Schlüssel von Patienten pro Pflegekraft. Patientenbeschwerden, Mortalität, sowie die Fluktuation des Personals sind bei besserem Schlüssel niedriger (Kramer & Schmalenberg, 1988).

Der Typ des Arbeitsvertrags und die Arbeitsmenge pro Zeiteinheit sind zwar von der Digitalisierung unabhängig, sind keine Frage der Funktionsteilung zwischen Mensch und Informationstechnik, mit der Digitalisierung dürften allerdings die bereits derzeit sichtbaren problematischen Auswirkungen sich verstärken.

8 Fazit

Die möglichen Folgen der Digitalisierung und des Robotereinsatzes für Arbeitende werden erkannt und klar thematisiert (Hartmann in Botthoff & Hartmann, 2015; BMAS, 2016). Erforderlich ist, rechtzeitig auch arbeitsgestalterische und arbeitspolitische Konsequenzen abzuleiten und umzusetzen. Beschreiben allein ist zu wenig. Im Gegensatz zu den zu befürchtenden Ausflüchten, es gäbe dafür keine geeigneten Hilfsmittel, sind nutzbare, weiterzuentwickelnde Konzeptionen und Gestaltungshilfsmittel durchaus vorhanden.

Das gilt insbesondere für die erwähnte Konzeption des dualen Gestaltens, also des parallelen Entwurfens von gut gestalteten Arbeitstätigkeiten im Sinne der vorhandenen internationalen Standards und der dazu gehörigen menschengerechten Soft- und Hardware.

Auch existieren für die beim Menschen verbleibenden gegenständlichen und interaktiven Arbeitstätigkeiten bewährte Analyse- und Gestaltungshilfsmittel, die es gleichfalls weiterzuentwickeln, zu verbreiten und zu nutzen gilt. Allerdings steigen die Anforderungen an die Arbeitsanalyse und die Arbeitsgestaltung mit der Verbreitung von *cyberphysical systems*. Es geht zunehmend um komplizierte Wissens- und Innovationsarbeit mit komplexen mentalen Anforderungen, die – unter anderem wegen ihrer leistungsbestimmenden hohen unbewussten Anteile – kaum erfragbar und schlecht beobachtbar sind. Anspruchsvolle Auswege gemeinsam mit den betroffenen Arbeitenden (z. B. Hacker, 2015) existieren jedoch.

Literatur

- Aldao, A. (2013). The future of emotion regulation research capturing context. *Perspectives on Psychological Science*, 8 (2), 155-172.
- Bakker, A. & Demerouti, E. (2007). The job-demands-resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology*, 22, 309-328. doi:10.1108/0268394071073315
- Baltes, P. B. & Baltes, M. M. (1990). Psychological perspectives on successful aging: The model of selective optimization with compensation. In P. B. Baltes & M. M. Baltes (Eds.), *Successful Aging: Perspectives from behavioral sciences*, 1 (pp. 1-34). New York: Cambridge University Press.
- Baltes, P. B. & Rudolph C. W. (2013). The theory of selection, optimization and compensation. In M. Wang (Ed.), *The Oxford Handbook of Retirement* (pp. 88-101). New York: Oxford University Press.
- BIBB-IAB (2015). *Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft*. IAB-Forschungsbericht 8/2015.
- BMAS (2016). Arbeit 4.0. Werkheft 01: *Digitalisierung der Arbeitswelt*. Berlin: BMAS.
- Botthoff, A. & Hartmann, E. (2015). Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0 – Neue Perspektiven und offene Fragen. In A. Botthoff & E. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 161-163).
- Brandt, P. (2015). Zukunft der Arbeit in der Industrie 4.0. *CuA*, 15/1, 14-18.
- Brehm, S. S. & Brehm, J. W. (1981). *Psychological reactance: A theory of freedom and control*. New York: Academic Press.
- Brezski, C. & Burk, J. (2015). Die Roboter kommen – Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. *Economic Research (ING: DiBA)*, 1-5.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2014). *Arbeit weiter denken. Grünbuch Arbeiten 4.0*. Berlin: BMAuS.
- Carroll, J. M., Thomas, J. C., Miller, L. A. & Friedman, H. P. (1980). Aspects of solution structure in design problem solving. *The American Journal of Psychology*, 269-284.
- Debitz, U., Hacker, W., Stab, N. & Metz, U. (2012). Zeit- und Leistungsdruck? Anforderungsgerechte partizipative Personal- bzw. Zeitbemessung bei komplexer und interaktiver Arbeit als Grundlage von Nachhaltigkeit. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme – Wege zu gesunder, effizienter und sicherer Arbeit* (S. 397-420). Dortmund: GfA-Press.
- DIN EN ISO 13 407 (1999). *Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme*. Berlin: Beuth-Vertrieb.
- DIN EN ISO 6385 (2004). *Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen*. Berlin: Beuth-Vertrieb.
- DIN EN ISO 9241-2 (1995). *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten*. Berlin: Beuth-Vertrieb.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung (Kohlhammer-Standards Psychologie)*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Dunckel, H. & Pleiss, C. (2007). *Kontrastive Aufgabenanalyse: Grundlagen, Entwicklungen und Anwendungserfahrungen*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Evans, J. S. & Frankish, K. (2009). *In two minds: Dual processes and beyond*. New York: Oxford University Press.
- Frese, M., Fay, D., Hilburger, T., Leng, K. & Tag, A. (1997). The concept of personal initiative: Operationalization, reliability and validity in two German samples. *Journal of occupational and organizational psychology*, 70, 139-162.

- Galperin, P. J. (1966). Die geistige Handlung als Grundlage für die Bildung von Gedanken und Vorstellungen. In J. Lompscher (Hrsg.), *Probleme der Lerntheorie* (S. 33-49). Berlin: Volk & Wissen.
- Gigerenzer, G., Todd, P. M. & ABC Research Group (1999). *Simple Heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press.
- Graf, O. (1970). Arbeitszeit und Arbeitspausen (bearbeitet von J. Rutenfront und E. Ulich). In *Handbuch der Psychologie, Bd. 9: Betriebspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Grote, G., Wäfler, T. & Weik, S. (1997). KOMPASS: Eine Methode für die komplementäre Analyse und Gestaltung von Produktionsaufgaben in automatisierten Arbeitssystemen. In O. Strohm & E. Ulich (Hrsg.), *Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik, Organisation* (S. 259-280). Zürich.
- Hacker, W. (1971). *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie* (1. Auflage). Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Hacker, W. (1986). What should be computerized? Cognitive demands of mental routine tasks and mental load. In F. Klix & H. Wandke (Eds.), *Man-Computer-Interaction Research (MACINTER-1)* (pp. 445-461). Amsterdam: North-Holland-Publ.
- Hacker, W. (1987). Bearbeiten kognitiver Aufgaben: Zu Anforderungen und Beanspruchungen. *Sprache und Kognition*, 6 (2), 90-104.
- Hacker, W. (2002). *Denken in der Produktentwicklung. Psychologische Unterstützung der frühen Phasen*. Zürich: Verlag der Fachvereine und Stuttgart: Hampp.
- Hacker, W. (2009). *Arbeitsgegenstand Mensch: Psychologie dialogisch-interaktiver Erwerbsarbeit*. Lengerich: Pabst.
- Hacker, W. (2015). Gefährdungsbeurteilung durch betroffene Führungskräfte und Mitarbeiter? *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 65, 262-266. doi:10.1007/s40664-015-0044-x
- Hacker, W. (2016). Zeitweilige Gruppenarbeit für Prozessinnovationen: Grundlagen, Organisation, Wirkungen. In J. Jöns (Hrsg.), *Erfolgreiche Gruppenarbeit. Konzepte, Instrumente, Erfahrungen* (2. Auflage). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Hacker, W. & Günther, M. (1994). Wissensgestützte Aufgabenbearbeitung: Zur Rolle von Aufgabenkomplexität und Gedächtnisanforderungen. *Sprache und Kognition*, 13 (4), 191-202.
- Hacker, W. & Sachse, P. (2014). *Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Tätigkeiten* (3. Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Hartmann, E. (2015). Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0: Alte Wahrheiten, neue Herausforderungen. In A. Botthoff & E. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 9-20).
- Hillier, B., Musgrove, J. & O'Sullivan, P. (1984). Knowledge and Design. In N. Cross (Ed.), *Developments in design methodology* (pp. 247-276). Chichester: John Wiley and Sons.
- Hochschild, A. R. (1983). *The managed heart*. Berkeley, CA: University of California Press.
- John, O. P. & Gross, J. J. (2004). Healthy and unhealthy emotion regulation: Personality processes, individual differences and lifespan development. *Journal of Personality*, 72, 1301-1334.
- Kramer, M. & Schmalenberg, C. (1988). Magnet Hospitals Part II: Institutions of Excellence. *Journal of nursing Administration*, 18 (2), 11-19.
- Krankse, J. (2014). Ganzheitlicher Ansatz zur Kostenreduktion in der vorausschauenden Instandhaltung. *Dresdner Transferbriefe*, 14/2, 12-13.
- Kratzer, N. (2012). Arbeitsbedingte psychische Erkrankungen: Burnout: Fehldiagnose oder Epidemie? Große Freiheit – wenig Spielraum – warum an sich gute Arbeitsbedingungen nicht mehr vor Überlastung schützen. *Deutsches Ärzteblatt*, 109 (45), 2246-2248.
- Kratzer, N. & Dunkel, W. (2013). Neue Steuerungsformen bei Dienstleistungsarbeit – Folgen für Arbeit und Gesundheit. In G. Junghanns & M. Morschhäuser (Hrsg.), *Immer schneller, immer mehr. Psychische Belastung bei Wissens- und Dienstleistungsarbeit* (S. 41-61). Wiesbaden: Springer VS.
- Nestler, A. & Arnold, F. (2014). Maschinelles Lernen von Prozessdaten – Selbstlernmodell für intelligente Prozesse. *Dresdner Transferbriefe*, 14/2, 27.
- Reinecke, M. (2015). Gute Arbeit in der Industrie 4.0 – aus Sicht der Landtechnik. In A. Botthoff & E. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 65-68). doi:10.1007/978-3-662-45915-7_15
- Richter, G. & Hacker, W. (2003). *Tätigkeitsbewertungssystem- Geistige Arbeit: für Arbeitsplatzinhaber*. Zürich: Verlag der Fachvereine.
- Rudolph, E., Schönfelder, E. & Hacker, W. (1987). *Verfahren zur objektiven Analyse, Bewertung und Gestaltung geistiger Arbeitstätigkeiten mit und ohne Rechnerunterstützung (TBS-GA)*. Berlin: Psychodiagnostisches Zentrum an der Humboldt-Universität / Hogrefe-Vertrieb Göttingen.
- Rudolph-Müller, E., Hacker, W. & Schroda, F. (2001). *Tätigkeitsbewertungssystem für Arbeitstätigkeiten mit überwiegend geistigen Anforderungen* (überarbeitete Kurzform TBS-GA-K). Projektberichte, Heft 4. Technische Universität Dresden, Fachrichtung Psychologie – Arbeitsgruppe „Wissen-Denken-Handeln“.

- Sachse, P. (2002). *Idea materialis. Entwurfsdenken und Darstellungshandeln. Über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Skizzieren und Modellieren*. Berlin: Logos Verlag.
- Sachse, P. & Specker, A. (1999). *Design Thinking. Analyse und Unterstützung konstruktiver Entwurfstätigkeiten*. Reihe MTO, Bd. 22. Zürich: Verlag der Fachvereine.
- Sinn, W. (2014). Branchenübergreifend kooperieren, interdisziplinär agieren und erfolgreich netzwerken. *Dresdner Transferbriefe*, 14/2, 9.
- Smith, F. & Browne, G. J. (1993). Conceptual foundations of design problem solving. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 23 (5), 1209-1219.
- Then, F., Luck, T., Luppä, M., Thinschmidt, M., Deckert, S., Nienhuijsen, K. & Riedel-Heller, S. (2014). Systematic review of the effect of the psychosocial working environment on cognition and dementia. *Occupational and environmental medicine*, 71, 358-365.
- Then, F., Luppä, M., Schroeter M. L., König, H., Angermeyer M. C. & Riedel-Heller, S. (2013). Enriched environment at work and the incidence of dementia: Results of the Leipzig longitudinal study of the aged (LEILA 75+). *PLOS ONE*, 8 (7), e70906.
- Ullman, D. G., Dietterich, T. G. & Stauffer, L. A. (1988). A modul of the mechanical design process based on empirical data. *AI EDAM*, 2 (1), 33-52.
- Unsworth, K. & Parker, S. K. (2003). Proactivity and Innovation: Promoting a proactive and innovative workforce for the new workplace. In D. Holman, T. D. Wall, C. W. Clegg, P. Sparrow & A. Howard (eds.), *The New Workplace: A guide to the human impact of modern working practices* (pp. 175-196). Chichester: John Wiley and Sons.
- VDI 2221 (1993). *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. Berlin: Beuth-Verlag.
- Visser, W. (1994). Organization of design activities: Opportunistic with hierarchical episodes. *Interacting with computers*, 6 (3), 239-274.
- von Kleist, H. (1925). *Die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Reden. Sämtliche Werke*. Weimar: Volksverlag.
- West, M. A. & Farr, J. L. (1990). *Innovation and creativity at work: Psychology and organizational strategies*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Wetzstein, A. (2004). *Unterstützung der Innovationsentwicklung. Einfluss von wissensbezogenen Interaktionen, insbesondere im kooperativen Problemlösen und fragenbasierter Reflexion*. Regensburg: Roderer.
- Wieland-Eckelmann, R., Saßmannshausen, A., Rose, M. & Schwarz, R. (1999). Beanspruchungsanalyse – SynBA-GA. In H. Dunckel (Hrsg.), *Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Schriftenreihe Mensch-Technik-Organisation*, 14. Zürich: Verlag der Fachvereine.
- Wischmann, S. (2015). Arbeitsgestaltung im Spannungsfeld zwischen Organisation und Mensch-Technik-Interaktion – das Beispiel Robotik. In A. Botthoff & E. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 149-160).

Korrespondenz-Adresse:
Sen.-Prof. Dr. Dr. h.c. Winfried Hacker
TU/Dresden/Psychologie
D-01062 Dresden
hacker@psychologie.tu-dresden.de