

#ZUKUNTSARBEIT

ZUKUNTSBILDER UND HANDLUNGSFELDER



VORWORT



Demografische Entwicklungen, die zunehmende Digitalisierung und neue Technologien verändern Wirtschaft und Gesellschaft. Damit einhergehen tiefgreifende Auswirkungen auf die Art wie wir kommunizieren, leben und arbeiten. So wird laut einer aktuellen Studie des World Economic Forum erwartet, dass bis 2022 Arbeitnehmer aus den unterschiedlichsten Bereichen knapp die Hälfte ihrer Arbeitsstunden an Roboter delegieren können. Zweifellos: Der technologische Fortschritt wird die Rolle der Beschäftigten und die Arbeit an sich verändern. Diese Zukunft unserer Arbeitswelten können und müssen wir verantwortungsvoll, nachhaltig und im Sinne aller Beteiligten gestalten.

Mit der Fraunhofer-Erlebniswelt #Zukunftsarbeit demonstrieren wir anschaulich das große Potenzial, das aktuelle Veränderungsprozesse wie die voranschreitende Digitalisierung oder der Einsatz von Künstlicher Intelligenz mit sich bringen. Wir selbst können diese Entwicklung steuern. Der Bedarf an menschlicher Leistung bleibt auch in Zukunft in hohem Maße bestehen.

Diese wird sich verändern, ermöglicht dem Einzelnen aber eine stärker gestaltende Arbeit. Darauf müssen wir beim Aufbau der Wertschöpfung achten und daher die Bedürfnisse der Menschen in die Ausformung der beruflichen Arbeit miteinbeziehen.

Die vorliegende Publikation zur Fraunhofer-Erlebniswelt #Zukunftsarbeit stellt exemplarisch Szenarien für die Produktions- und Gesundheitsarbeit von morgen vor, skizziert den Weg hin zu diesen Arbeitswelten und macht in Form von 10 Thesen zur #Zukunftsarbeit konkrete Vorschläge, die branchenübergreifend die Arbeit von morgen beeinflussen werden.

A handwritten signature in black ink, which appears to read "R. Neugebauer".

Prof. Dr. Reimund Neugebauer,
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	4	ZEHN THESEN ZUR GESTALTUNG DER #ZUKUNFTSARBEIT	60
EINLEITUNG UND ÜBERBLICK	6	THESE 1 – Flexible Arbeitsbedingungen schaffen private und unternehmerische Spielräume	60
TRENDS UND TREIBER FÜR DIE #ZUKUNFTSARBEIT	10	THESE 2 – Zukünftige Arbeitsumgebungen fördern Mitgestaltung, Selbstverwirklichung und Wohlbefinden	60
PROGNOSEN UND MEINUNGEN ZUR #ZUKUNFTSARBEIT	12	THESE 3 – Vernetzte Daten ermöglichen neue Formen der Zusammenarbeit	61
#ZUKUNFTSARBEIT IN PRODUKTION UND GESUNDHEITSWESEN	24	THESE 4 – Digitale Modelle helfen die Komplexität zu beherrschen	61
Digital und vernetzt	28	THESE 5 – Nachhaltiges Wirtschaften und effizienter Ressourceneinsatz erfordern neue Ansätze	62
Individuell unterstützt	32	THESE 6 – Automatisierung sichert den Wohlstand in Zeiten demografischer Veränderungen	62
Hand in Hand :-)	36	THESE 7 – Künstliche Intelligenz und Lernende Systeme bereichern die Arbeitswelt	63
Kollege Roboter	40	THESE 8 – Mensch und Maschine arbeiten eng und partnerschaftlich zusammen	63
Virtuell erproben	44	THESE 9 – Bildungsqualität und effektives Kompetenzmanagement entscheiden über die Zukunft der Arbeit	64
Maßschneidern	48	THESE 10 – Die enge Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis sichert Innovationskraft	65
Mensch im Fokus	52	DANKSAGUNG	66
Betreuung 24/7	56	QUELLENVERZEICHNIS	68

ZUSAMMENFASSUNG

Unter dem Titel »#Zukunftsarbeit« beschreibt die Fraunhofer-Gesellschaft in dieser Studie eine Vision für die Zukunft der Arbeit. Anlässlich des Wissenschaftsjahres 2018 »Arbeitswelten der Zukunft« des Bundesforschungsministeriums integriert die Studie Beiträge von 20 Fraunhofer-Instituten. Diese umfassen sowohl neue Technologien als auch Lösungsansätze aus der Arbeitswissenschaft und der sozioökonomischen Innovationsforschung.

Angesichts aktueller Entwicklungen in Technologie, Gesellschaft und globaler Wirtschaft steht die Arbeitswelt vor massiven Umwälzungen und einer ungewissen Zukunft. Ausgehend von einer Analyse der wichtigsten Trends und Treiber der #Zukunftsarbeit zeigt die vorliegende Studie auf, wie die heutigen Bedingungen und Möglichkeiten genutzt werden können, um die Zukunft der Arbeit positiv zu gestalten.

Zur künftigen Rolle des Menschen lassen sich zwei übergreifende Schlussfolgerungen ziehen:

Erstens ist der Mensch auch in Zukunft nicht aus der Wertschöpfung wegzudenken. Trotz aller Automatisierungspotenziale und noch so intelligenter Technik wird der Stellenwert der menschlichen Arbeit in Zukunft sogar noch steigen. Ganz besonders werden die menschliche Kreativität und Entscheidungskompetenz sowie die kommunikativen und sozio-emotionalen Fähigkeiten gefragt sein.

Zweitens kommt der technische Fortschritt nicht nur der Wirtschaft zugute, die ihre Produktivität durch Digitalisierung und Künstliche Intelligenz steigern kann. Neue Technologien und Lösungsansätze bieten zahlreiche Möglichkeiten, auch für den arbeitenden Menschen deutliche Verbesserungen zu erzielen. Die #Zukunftsarbeit wird gesünder und interessanter. Sie bietet mehr Gelegenheiten für Selbstverwirklichung und ein erfülltes Leben.

Die Studie fasst die entwickelte Zukunftsvision in zehn Thesen zur #Zukunftsarbeit zusammen:

1. Flexible Arbeitsbedingungen schaffen private und unternehmerische Spielräume
2. Zukünftige Arbeitsumgebungen fördern Mitgestaltung, Selbstverwirklichung und Wohlbefinden
3. Vernetzte Daten ermöglichen neue Formen der Zusammenarbeit
4. Digitale Modelle helfen die Komplexität zu beherrschen
5. Nachhaltiges Wirtschaften und effizienter Ressourceneinsatz erfordern neue Ansätze
6. Automatisierung sichert den Wohlstand in Zeiten demografischer Veränderungen
7. Künstliche Intelligenz und Lernende Systeme bereichern die Arbeitswelt
8. Mensch und Maschine arbeiten eng und partnerschaftlich zusammen
9. Bildungsqualität und effektives Kompetenzmanagement entscheiden über die Zukunft der Arbeit
10. Die enge Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis sichert Innovationskraft

Anhand von konkreten Zukunftsbildern, zukünftigen Arbeitsabläufen und Interaktionssituationen wird die #Zukunftsarbeit in den Bereichen Produktion und Gesundheitswesen aus der Sicht der Arbeitenden dargestellt. Hierzu werden die interaktiven Exponate der Fraunhofer-Erlebniswelt #Zukunftsarbeit dokumentiert, die im Rahmen von Veranstaltungen im vierten Quartal 2018 in Berlin und Brüssel der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden. Zu jeder der insgesamt acht Themeninseln gibt die vorliegende Studie Handlungsempfehlungen für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

Ein wesentliches Anliegen dieser Fraunhofer-Initiative ist es, einen transdisziplinären Diskurs zur #Zukunftsarbeit anzuregen. Im Rahmen der Erlebniswelt-Veranstaltungen wurden daher auch Meinungen und Erwartungen der Besucherinnen und Besucher zu #Zukunftsarbeit über einen Fragebogen erhoben. Die Teilnehmenden dieser Befragung blicken der #Zukunftsarbeit größtenteils optimistisch entgegen. In den technischen Entwicklungen rund um Digitalisierung und Künstliche Intelligenz sehen sie eher Potenziale für eine Unterstützung der menschlichen Arbeit als die Gefahr, dass dadurch der Mensch ersetzt werden könnte. Sie erwarten, dass ihre Arbeit dadurch interessanter, vielseitiger und anspruchsvoller wird und denken vorwiegend positiv über die zukünftige Zusammenarbeit mit Künstlicher Intelligenz und Robotern. Auch die zunehmende Flexibilisierung von Arbeitsort und Arbeitszeit nehmen die Befragten positiv auf und verbinden sie insbesondere mit mehr Möglichkeiten der Selbstbestimmung. Bezüglich der zukünftigen Kompetenzanforderungen erwarten die Befragten schnellere und größere Veränderungen als heutzutage. Kommunikation und soziale Fähigkeiten stufen sie als die wichtigste Zukunftskompetenz ein. Dennoch halten Sie eine Bildungsoffensive in der beruflichen Aus- und Weiterbildung für die wichtigste Maßnahme, um einer drohenden gesellschaftlichen Spaltung entgegen zu wirken.

EINLEITUNG UND ÜBERBLICK



© Svea Pietschmann



Zielsetzung

Die vorliegende Studie dokumentiert die Ergebnisse eines einjährigen Projekts, das neben zahlreichen Aktivitäten einzelner Institute den zentralen Beitrag der Fraunhofer-Gesellschaft zum Wissenschaftsjahr 2018 »Arbeitswelten der Zukunft« darstellt. Der Gesamtbeitrag betont die Rolle der Fraunhofer-Gesellschaft als anwendungsorientierte Wissenschaftseinrichtung und als Lösungsanbieterin für die Herausforderungen der #Zukunftsarbeit. Das Projekt verfolgt die folgenden Zielsetzungen:

- Entwurf von positiven Zukunftsbildern für die Arbeit, um die weitere Entwicklung in Wirtschaft und Wissenschaft anzuleiten und zu inspirieren
- Darstellung der Zukunftsbilder in leicht verständlichen, attraktiven und interaktiven Formaten, um einen breiten Dialog zwischen Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Öffentlichkeit zur #Zukunftsarbeit zu initiieren
- Formulierung von Handlungsempfehlungen für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, um eine positive Entwicklung der #Zukunftsarbeit zu unterstützen
- Bündelung und gemeinsame Darstellung von Kompetenzen und Lösungsansätzen der Fraunhofer-Gesellschaft zur #Zukunftsarbeit

Durch Digitalisierung und Künstliche Intelligenz wird sich die Arbeitswelt massiv verändern. Auch gesellschaftliche und demografische Prozesse sowie die Entwicklung der globalen Wirtschaft sind wesentliche Einflussfaktoren. Neben vielen offenen Fragen bestimmen häufig Sorgen und Ängste die Diskussionen über die Zukunft der Arbeit.

Unter dem Titel »#Zukunftsarbeit« hat die Fraunhofer-Gesellschaft eine Vision für die Zukunft der Arbeit entwickelt. Diese Vision betont die Chancen und Gestaltungsmöglichkeiten. Sie zeigt, welchen Beitrag die Fraunhofer-Institute aus der technologischen und sozioökonomischen Forschung leisten können, um die Arbeitswelten der Zukunft positiv zu gestalten: für die Menschen und für die Wirtschaft.

Zwei Anwendungsfelder:

Produktion und Gesundheitswesen

Um eine möglichst konkrete Ausgestaltung der Zukunftsbilder zu ermöglichen, wurde bereits zu Beginn des Projekts entschieden, die Arbeiten auf zwei Bereiche mit besonderer wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Bedeutung zu fokussieren: Die Produktionsarbeit und die Arbeit im Gesundheitswesen.

Ausgehend von diesen beiden Kernbereichen werden in dieser Studie jedoch auch übergreifende Trends, zukünftige Entwicklungen und Handlungsfelder der #Zukunftsarbeit beschrieben.

Expertenbeiträge aus 20 Fraunhofer-Instituten

Ausgangspunkt der Projektarbeiten war neben der Analyse des aktuellen Forschungsstands ein intensiver Austausch mit Expertinnen und Experten von insgesamt 20 Fraunhofer-Instituten, welche die technologische und sozioökonomische Forschung zur Arbeit von morgen vorantreiben. Eine Liste der beteiligten Expertinnen und Experten findet sich in der Danksagung am Ende dieser Studie. In den Experteninterviews wurden einerseits zentrale Trends und Prognosen für die Zukunft der Arbeit in technologischer, gesellschaftlicher und organisatorischer Hinsicht diskutiert. Andererseits wurde erörtert, welche Technologien und aktuellen Forschungsarbeiten der Fraunhofer-Institute wesentliche Beiträge zur #Zukunftsarbeit leisten können.

Acht Themeninseln für die Erlebniswelt #Zukunftsarbeit

In einem zweiten Schritt wurden auf Grundlage der Expertengespräche zentrale Themen der #Zukunftsarbeit identifiziert und priorisiert. Die in den Gesprächen aufgenommenen Fraunhofer-Technologien und Lösungsansätze wurden den Themen zugeordnet. Für jedes Thema wurden Zukunftsprojektionen erarbeitet, die insbesondere die positiven Gestaltungspotenziale der #Zukunftsarbeit betonen. Erste Ideen für eine interaktive Aufbereitung und Darstellung der Themen – immer aus der Perspektive der Arbeitenden im Produktions- bzw. Gesundheitswesen – wurden entwickelt.

Dieses Material diente als Grundlage für die Konzeption der Fraunhofer-Erlebniswelt #Zukunftsarbeit mit je vier Themeninseln zur Produktionsarbeit und zur Arbeit im Gesundheitswesen. Die Erlebniswelt ist eine interaktive Ausstellung, die mit Hilfe von Virtual-Reality-Exponaten und physischen Demonstratoren einen lebendigen Eindruck der #Zukunftsarbeit vermittelt. In ihr können die Besucherinnen und Besucher zukünftige Arbeitswelten aus der Perspektive des arbeitenden Menschen erleben. Die Erlebniswelt öffnete vom 8. bis zum 12. Oktober 2018 im Fraunhofer-Forum Berlin der breiten Öffentlichkeit ihre Türen, begleitet von einer eigens dafür organisierten Veranstaltungswoche mit verschiedenen Workshops und Dialogformaten. Darüber hinaus war sie am 6. und 7. November 2018 ein wesentliches Exponat auf dem RTO Innovation Summit im Hotel Metropole in Brüssel. Die Themeninseln der Erlebniswelt sind ab Seite 28 beschrieben und illustriert.



© David Ausserhofer

Umfrage zur #Zukunftsarbeit

Die Zukunftsbilder der Erlebniswelt erheben nicht den Anspruch einer detaillierten Zukunftsprognose. Vielmehr möchten sie Anregungen für einen transdisziplinären Dialog zur #Zukunftsarbeit bieten. Deswegen beinhaltet die Erlebniswelt eine interaktive Besucherbefragung, um subjektive Meinungen und Erwartungen zu erfassen und allen Besucherinnen und Besuchern eine aktive Beteiligung am Dialog zu ermöglichen. Darüber hinaus ist über die Erlebniswelt-Website auch eine Online-Teilnahme an der Umfrage möglich. Die Themen der Befragung reichen von Veränderungen der Arbeitswelt durch neue Technik über Berufsbilder und Kompetenzprofile bis hin zu gesellschaftlichen Fragen und der zukünftigen Beziehung von Arbeit und Leben. Die Befragungsergebnisse werden ab Seite 12 dargestellt.



© Svea Pietschmann

Zwei Dialogveranstaltungen

Ein weiteres interaktives Element des durchgeführten Projekts sind die beiden Dialogveranstaltungen zur #Zukunftsarbeit in der Produktion am 8. Oktober 2018 und im Gesundheitswesen am 9. Oktober 2018 in Berlin. Namhaften Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik dienten die Eindrücke und Thesen der Fraunhofer-Erlebniswelt als Ausgangspunkt interessanter Diskussionen zu wichtigen Gestaltungsfragen und wünschenswerten Entwicklungen der #Zukunftsarbeit. Die Ergebnisse der Diskussionen wurden insbesondere in den Handlungsempfehlungen dieser Studie aufgegriffen, die jeweils die Beschreibungen der einzelnen Themeninseln abschließen (jeweils Rubrik »Was ist zu tun?«, ab Seite 30). Eine Liste der teilnehmenden Diskutantinnen und Diskutanten findet sich in der Danksagung am Ende dieser Studie.



Eröffnungsveranstaltung
der Erlebniswelt in Berlin
© David Ausserhofer

Zehn Thesen zur #Zukunftsarbeit

Ausgehend von den Zukunftsbildern und Handlungsfeldern der einzelnen Themeninseln der Erlebniswelt formulieren die zehn Thesen zentrale Trends, Potenziale und Herausforderungen für die Gestaltung der zukünftigen Arbeit – auch über die Arbeit in Produktion und Gesundheitswesen hinaus (ab Seite 60).

#Zukunftsarbeit Online

Alle, die die Erlebniswelt #Zukunftsarbeit nicht selbst besuchen konnten, haben unter www.fraunhofer.de/zukunftsarbeit die Gelegenheit, die Themen und Exponate der Erlebniswelt zu erkunden. Bis Ende Februar 2019 ist dort auch eine Beteiligung an der Fragebogen-Studie zur #Zukunftsarbeit noch möglich.

TRENDS UND TREIBER FÜR DIE #ZUKUNFTSARBEIT



Die Arbeitswelt ist im Umbruch. Das Motto des aktuellen Wissenschaftsjahres fordert dazu auf, sich mit möglichen Zukunftsbildern der Arbeit zu beschäftigen. Doch wodurch verändert sich die Arbeitswelt? Welche Trends und Treiber wirken auf die #Zukunftsarbeit?

Aufgrund der zunehmenden Globalisierung und der digitalen Vernetzung werden für die Analyse oftmals globale Entwicklungen zugrunde gelegt. Ein Trend ergibt sich aus dem Zusammenwirken mehrerer Entwicklungen (z.B. Digitalisierung von Leben und Arbeiten als das Zusammenwirken verschiedener Technologien, der Anwendung in der Breite). Treiber bezeichnet in diesem Zusammenhang die einzelnen Entwicklungen, aus denen sich Trends ergeben (z.B. Künstliche Intelligenz).

Digitalisierung von Leben und Arbeiten

Die Digitalisierung sorgt für einen rasanten Umbruch im Arbeitsleben, zum Beispiel durch den vermehrten Einsatz von Sensoren und Künstlicher Intelligenz. Der Ausbau eines flächendeckenden High-Speed Internets und der Cloud-Technologie wird in den kommenden Jahren Wachstumseffekte für Unternehmen bringen und das Arbeitsleben verändern. Bis 2022 wird davon ausgegangen, dass 42% der Arbeitsstunden in den verschiedenen Branchen von humanoiden Robotern ausgeführt werden können. Weltweit steigt die Bereitschaft, die Analyse von Big Data voranzutreiben und beispielsweise als Smart Services für neue Wertschöpfungsmodelle anzuwenden¹. Durch den breiten Einsatz digitaler Technologien werden einerseits die Kosten für diese Technologien sinken, zum anderen wird die Kombination digitaler Technologien neue Arten von Anwendungen ermöglichen². Gleichzeitig steigt die Bereitschaft der Menschen, im Privaten selbst Daten zu sammeln und zu teilen, mit in Zukunft bis zu 50% aktiven Nutzern von sozialen Netzwerken³. Durch die zunehmende Vernetzung von Menschen, Maschinen auf allen Ebenen werden Handlungen und Entwicklungen durch automatisierte Datenanalyse zunehmend erfassbar und vergleichbar. Generell schafft die Digitalisierung atypische Beschäftigungsverhältnisse, wie z.B. Intrapreneurship und befördert neue Arbeitsformen wie z.B. Clickworking⁴. Es wird von einer erhöhten Nachfrage nach Data Analysts und Data Scientists ausgegangen⁵. Für die Arbeitnehmenden werden interdisziplinäres Denken und Handeln sowie zunehmendes Prozess-Knowhow wichtiger werden – im Besonderen in der Produktionsarbeit⁶.

Neue gesellschaftliche Bedarfe und Bedürfnisse

Die demografischen Veränderungen, bedingt durch die Alterung der Gesellschaft bei gleichbleibend niedriger Geburtenrate stellt im Besonderen Deutschland aber auch die EU vor große Herausforderungen⁷ – auch für den Arbeitsmarkt⁸. Insgesamt steigt das individuelle Bedürfnis nach mehr Zeitsouveränität und mehr Selbstbestimmung des Individuums über die Verwendung der Zeit. Diesem Wunsch entspricht insbesondere die Deregulierung und Flexibilisierung von Arbeitszeiten, z.B. durch kürzeres Arbeiten in der Familienphase sowie der Wunsch, im höheren Alter Bildungsangebote in Anspruch zu nehmen⁹. Die Nachfrage nach Bildung wird – im Laufe des Lebens – wahrscheinlich in die Höhe schnellen, viele Formen des »up-skilling« und andere Formen von flexibler, beruflicher Ausbildung für die Massen werden stärker nachgefragt⁷, was auch das Beispiel der Massive Open Online Courses (MOOCs) zeigt¹⁰. Durch die zunehmende eigenverantwortlich und autonom ausgeführte Arbeit verändern sich die Ansprüche der Menschen an die Organisation ihrer Arbeit und Führung⁴. Zudem wandeln sich die gelebten Werte innerhalb der Gesellschaft, die Arbeitskulturen und individuellen Bedürfnisse werden immer vielfältiger¹¹. Die Generationen X, Y, Z betonen stärker Themen wie eine angemessene Honorierung der Arbeitsleistung und Werte wie Teilhabe¹¹. Teilweise in Gegenreaktion zur zunehmenden, internationalen Vernetzung durch Technologien und individuelle Mobilität sehen wir lokale kulturelle Präferenzen z.B. in den Bereichen Essen, Unterhaltung, Grund- und Sekundarschulen sowie nachhaltige Lebensführung auf dem Vormarsch⁷. Auch die zunehmend gemeinsame Nutzung von Ressourcen, eines der Merkmale der Sharing Economy, birgt Herausforderungen für einen Teil der Beschäftigten, den arbeitsmarktpolitischen Ordnungsrahmen und lässt neue Beschäftigungsverhältnisse entstehen¹².

Wirtschaftliche und geopolitische Veränderungen

Globalisierung und Weltpolitik schaffen neue Spielregeln und Herausforderungen für die Arbeitswelt. Globale Megatrends lassen nationale Lösungen ins Leere laufen. Rein nationale oder regionale Ansätze und Perspektiven greifen zu kurz, weil z.B. Wissensarbeit bald nahezu gänzlich ortsungebunden ausgeübt werden¹⁰. Die Zunahme der weltweiten (Arbeits-) Migration bringt Chancen, kann Arbeitskräfteengpässe überwinden oder der Konsum- und Investitionsflaute entgegenwirken⁸, stellt den Arbeitsmarkt aber zugleich vor Herausforderungen. Auch der global unterschiedlich gehandhabte Umgang mit (personenbezogenen) Daten führt zur Verlagerung bestimmter Wirtschaftszweige und kann zu Anpassungsdruck auf den deutschen Arbeitsmarkt führen. Der Anstieg der Automatisierung kann einerseits als Antwort auf den zunehmend internationalen Wettbewerbsdruck gesehen werden, was mittelbar Arbeitsplätze erhalten kann. Umgekehrt wird es auch zur Vertiefung von gesellschaftlichen Ungleichheiten führen¹³. Auch die Mittelklasse wird bald in einem bisher ungekannten Ausmaß von Arbeitslosigkeit bedroht. Der Ruf nach neuen Einkommensquellen, die nicht auf klassischer Erwerbsarbeit im Anstellungsverhältnis beruhen, wird lauter, wie die Diskussion um das Grundeinkommen zeigt¹⁰. Auch die Diskussion der Endlichkeit von Ressourcen prägen Unternehmensstrukturen und -kulturen im Zeitalter 4.0⁹ und das Bewusstsein für die lokalen und globalen Auswirkungen des Konsums auf Arbeits- und Umweltbedingungen¹⁴.

PROGNOSEN UND MEINUNGEN ZUR #ZUKUNFTSARBEIT

Wie sieht die Arbeitswelt der Zukunft aus? So genau kann das niemand vorhersagen. Zu einigen Fragestellungen wie zum Beispiel zur Entwicklung des Arbeitsmarktes gehen die Prognosen der Experten weit auseinander.

Ausgehend von Studien und Zukunftsbildern der Arbeitswissenschaft werden in diesem Kapitel die Ergebnisse einer Fragebogenstudie dargestellt. Die Befragung wurde mithilfe eines webbasierten Fragebogens durchgeführt. Als Teil der Erlebniswelt #Zukunftsarbeit sollte der interaktive Fragebogen vor allem dazu dienen, die Besucher mit zentralen Fragen und Positionen zur #Zukunftsarbeit zu konfrontieren und sie zum Nachdenken anzuregen. Die Befragung erhebt daher keinen Anspruch auf Repräsentativität. Die Fragen sind in vier Themenblöcken gruppiert:

- **Technik verändert Arbeit**
- **Berufsbilder und Kompetenzprofile**
- **Gesellschaftliche Bedeutung der #Zukunftsarbeit**
- **Arbeiten und Leben**

Neben den Besuchern der beiden Erlebniswelt-Veranstaltungen in Berlin (8.-12.10.2018) und Brüssel (6.-7.11.2018) haben sich weitere Personen über die Online-Version des Fragebogens beteiligt. Der Online-Fragebogen ist seit dem 6.10.2018 öffentlich im Internet zu erreichen (<https://futura-reworksurvey.iaw.fraunhofer.de/survey>). Ein Hinweis auf den Fragebogen und eine Aufforderung zur Teilnahme findet sich auf der Fraunhofer-Website #Zukunftsarbeit (www.fraunhofer.de/zukunftsarbeit), die seit Juni 2018 u.a. über Pressemitteilungen beworben wird. Die dargestellten Ergebnisse umfassen alle Antworten, die bis zum 13. November 2018 registriert wurden. Da die Teilnehmer einzelne Fragen unbeantwortet überspringen und jederzeit die Bearbeitung des Fragebogens abbrechen konnten, unterscheidet sich die Anzahl der Antworten von Frage zu Frage. Die am häufigsten bearbeitete Frage wurde von 575 Teilnehmern beantwortet.

Technik verändert Arbeit

Die Fortschritte im Bereich der Digitalisierung und der Künstlichen Intelligenz werden die Arbeit der Zukunft maßgeblich verändern. In diesem Zusammenhang werden vor allem zwei Szenarien diskutiert:

1. Assistenz

Die Technik unterstützt menschliche Arbeit, indem sie belastende Tätigkeiten erleichtert oder übernimmt und intelligente Hilfestellungen für wissensintensive Tätigkeiten bietet. In diesem Szenario wird die Technik vor allem als Werkzeug gesehen, das den Menschen befähigt und seine Leistungsfähigkeit erhält oder sogar steigert.

2. Substitution

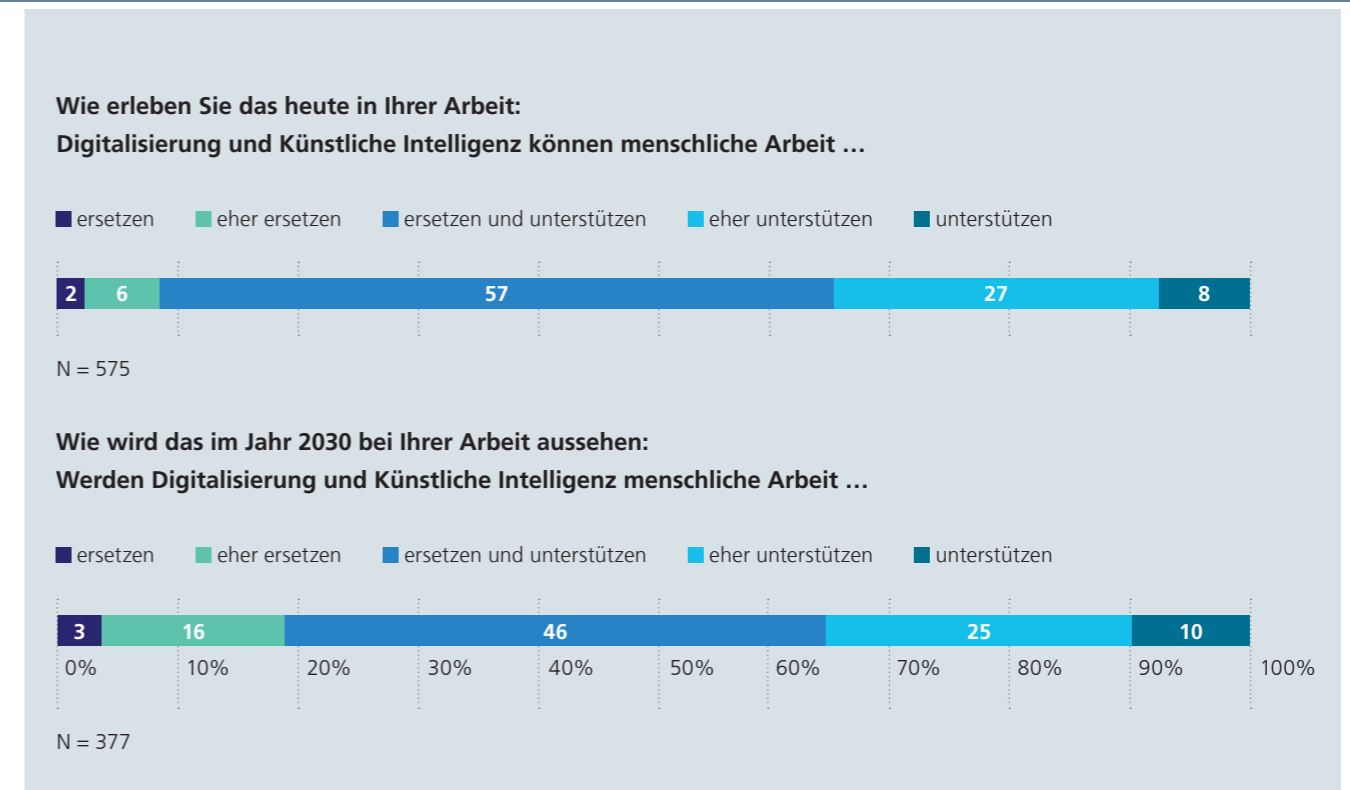
Die Technik übernimmt Arbeitstätigkeiten des Menschen, die durch Regeln beschrieben werden können und kann den Menschen zunehmend auch in Bereichen ersetzen, in denen kreative, analytische und interaktive Fähigkeiten gefordert sind. Dieses Szenario geht davon aus, dass der arbeitende Mensch weitgehend durch Künstliche Intelligenz ersetzt werden kann.

Zahlreiche Studien haben untersucht, zu welchem Anteil die Tätigkeiten unterschiedlicher Berufe von Computern übernommen werden können. So geht die OECD davon aus, dass IT-Anwendungen in vielen Sektoren (z.B. Produktion, Handel, Transport und Gastgewerbe) Arbeitsplätze wegrationalisieren könnte². In einer Studie zum amerikanischen Arbeitsmarkt berichten Frey und Osborne¹⁵ Wahrscheinlichkeiten von bis zu 99%,

dass zum Beispiel die Tätigkeiten von Telefonverkäufern in der Zukunft von Computern übernommen werden. Für Richter ergeben sich 40%, während Sozialarbeiter im Gesundheitswesen zu weniger als einem halben Prozent automatisierbar sind. Das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung IAB¹⁶ hat ähnliche Untersuchungen in Deutschland durchgeführt. Auch hier unterschieden sich die Substituierbarkeitspotenziale

Abbildung 1

Befragungsergebnisse zur Substitution und Assistenz menschlicher Arbeit durch Digitalisierung und Künstliche Intelligenz



verschiedener Berufssegmente sehr deutlich. Sie reichen von 83% für Fertigungsberufe über 21% für Gesundheitsberufe bis zu 13% für soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe.

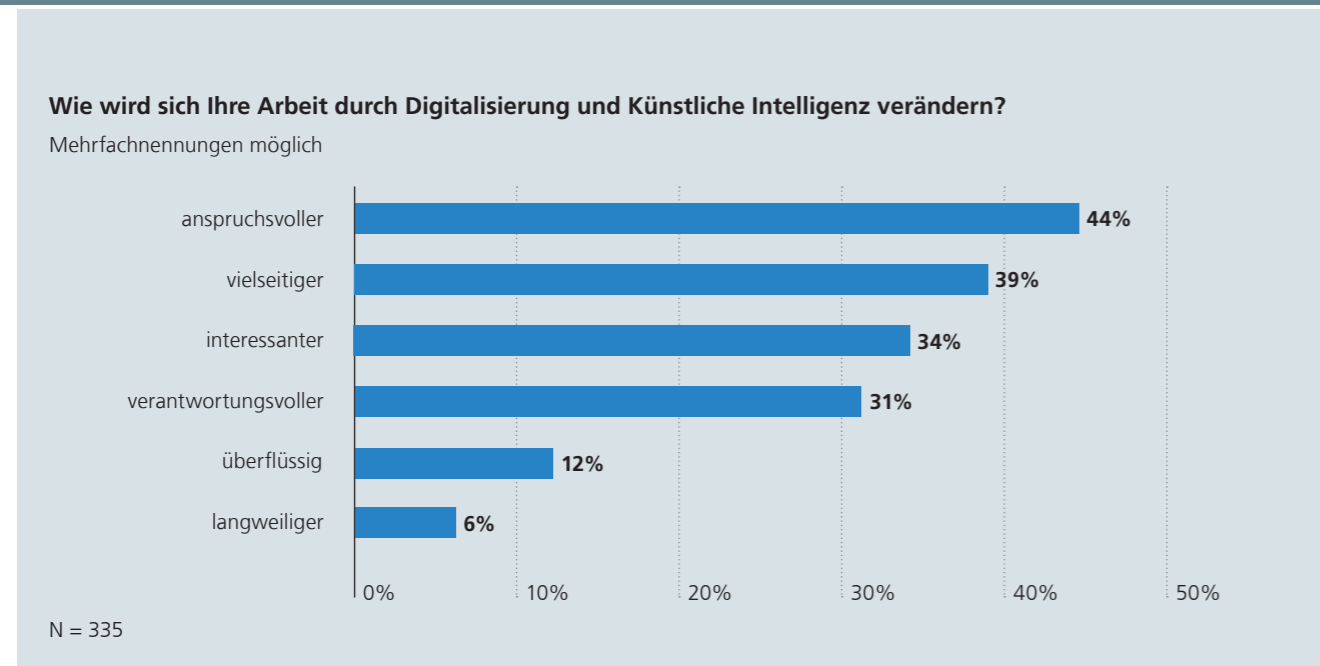
Technik wird Arbeit eher unterstützen als ersetzen

In der Fragebogenstudie zur Erlebniswelt #Zukunftsarbeit wurden die Besucher befragt, wie sie das Verhältnis von Substitution und Assistenz in ihrer eigenen Arbeit empfinden (Abbildung 1). Die Befragung wurde aufgrund der besonderen Situation in der interaktiven Erlebniswelt möglichst einfach gehalten.

Texteingaben und umfangreiche Auswahllisten wurden vermieden. Daher konnte zu dieser Frage nur eine pauschale Einschätzung abgefragt werden, ohne nach Berufsgruppen zu differenzieren.

Während für die Gegenwart nur 8% der Befragten angeben, Digitalisierung und Künstliche Intelligenz könne menschliche Arbeit in ihrem Beruf ersetzen (oder »eher ersetzen«), erwarten dies für das Jahr 2030 immerhin 19%. Die meisten sehen ein ausgeglichenes Verhältnis von Substitution und Assistenz (57% heute, 46% im Jahr 2030). Der Anteil der Befragten, die in erster Linie eine Unterstützung (oder »eher unterstützen«) ihrer Arbeit erwarten, bleibt zwischen heute und 2030 konstant bei 35%.

Abbildung 2
Befragungsergebnisse zu Veränderungen
der Arbeit durch Digitalisierung und
Künstliche Intelligenz

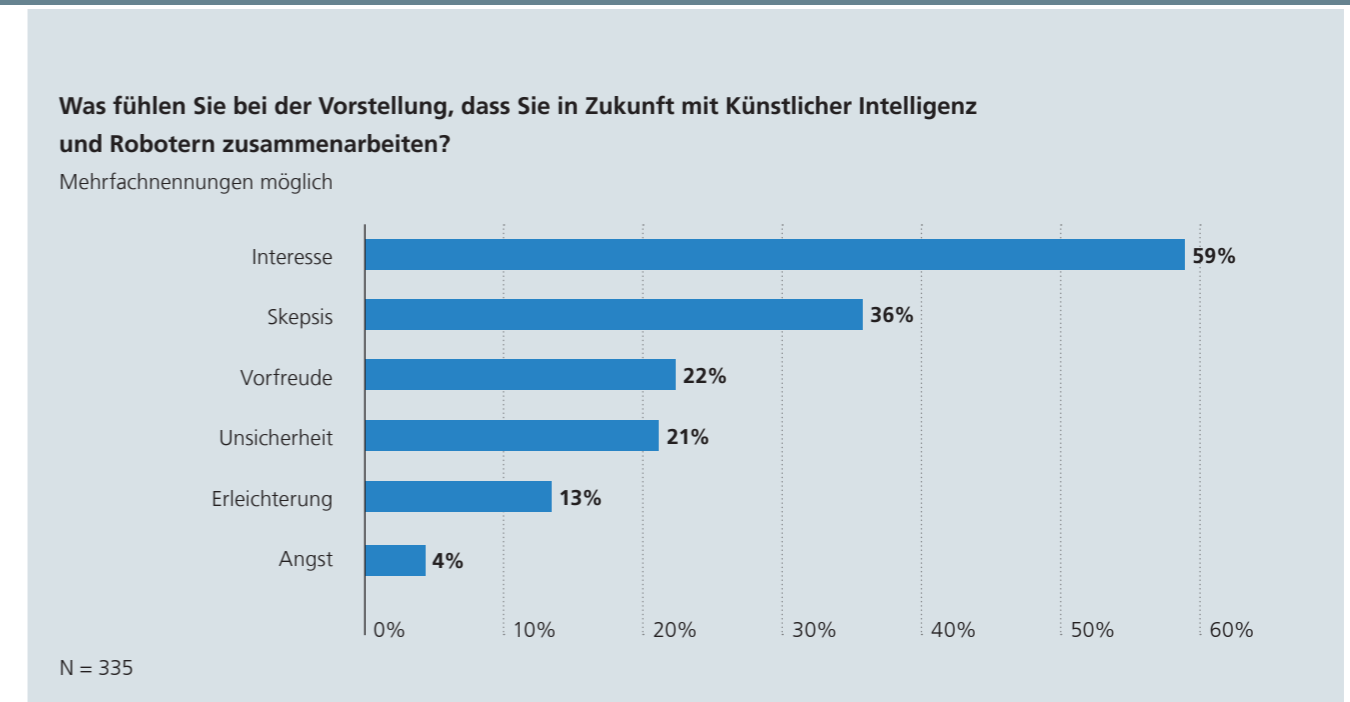


Arbeit wird anspruchsvoller und vielseitiger

Auch Experten der Arbeitswissenschaft erwarten für die Zukunft in nahezu allen beruflichen Tätigkeiten eine zunehmend umfangreiche und enge Zusammenarbeit des Menschen mit intelligenter Technik. Dabei werden Mensch und Technik ihre jeweiligen Stärken einbringen und partnerschaftlich zusammenarbeiten (vgl. THESE 8 – Mensch und Maschine arbeiten eng und partnerschaftlich zusammen, S. 63).

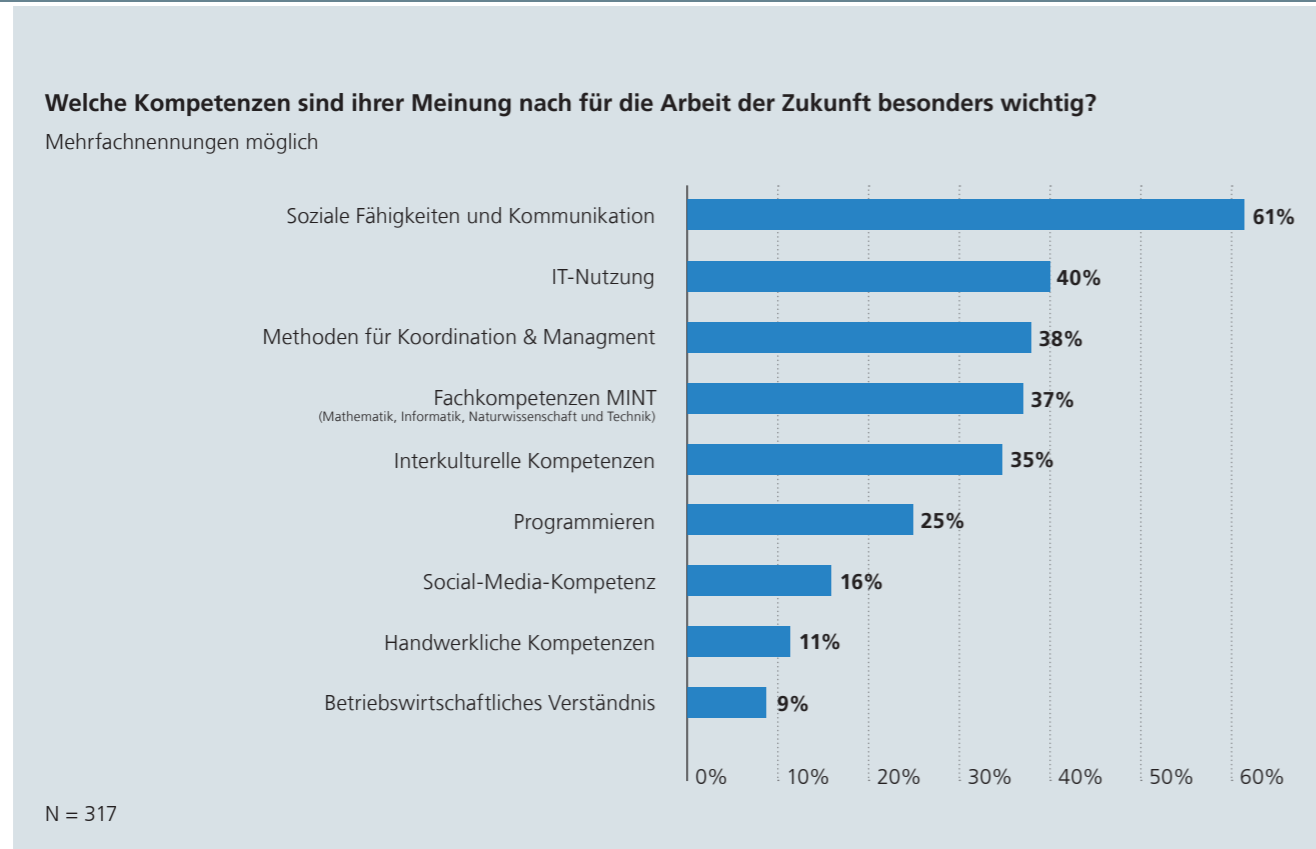
Durch Digitalisierung und Künstliche Intelligenz erwarten die Befragten insgesamt eher positive Veränderungen ihrer Arbeit (Abbildung 2). Zwar wird die #Zukunftarbeit insbesondere als »anspruchsvoller« eingeschätzt (44%). Direkt folgen jedoch überwiegend als positiv geltende Attribute wie »vielseitiger« (39%), »interessanter« (34%) und »verantwortungsvoller« (31%).

Abbildung 3
Befragungsergebnisse zur Einstellung
gegenüber der zukünftigen Zusammenarbeit
mit Künstlicher Intelligenz und Robotern



Der Zusammenarbeit mit Künstlicher Intelligenz und Robotern sehen die Befragten überwiegend mit »Interesse« entgegen (59%) (Abbildung 3). Allerdings besteht auch eine gewisse »Skepsis« (36%) und »Unsicherheit« (21%). Immerhin 22% der Befragten geben an, dass sie sich auf die zukünftige Zusammenarbeit mit Künstlicher Intelligenz und Robotern freuen.

Abbildung 4
Befragungsergebnisse zu Kompetenzen,
die für die Arbeit der Zukunft als besonders
wichtig eingeschätzt werden



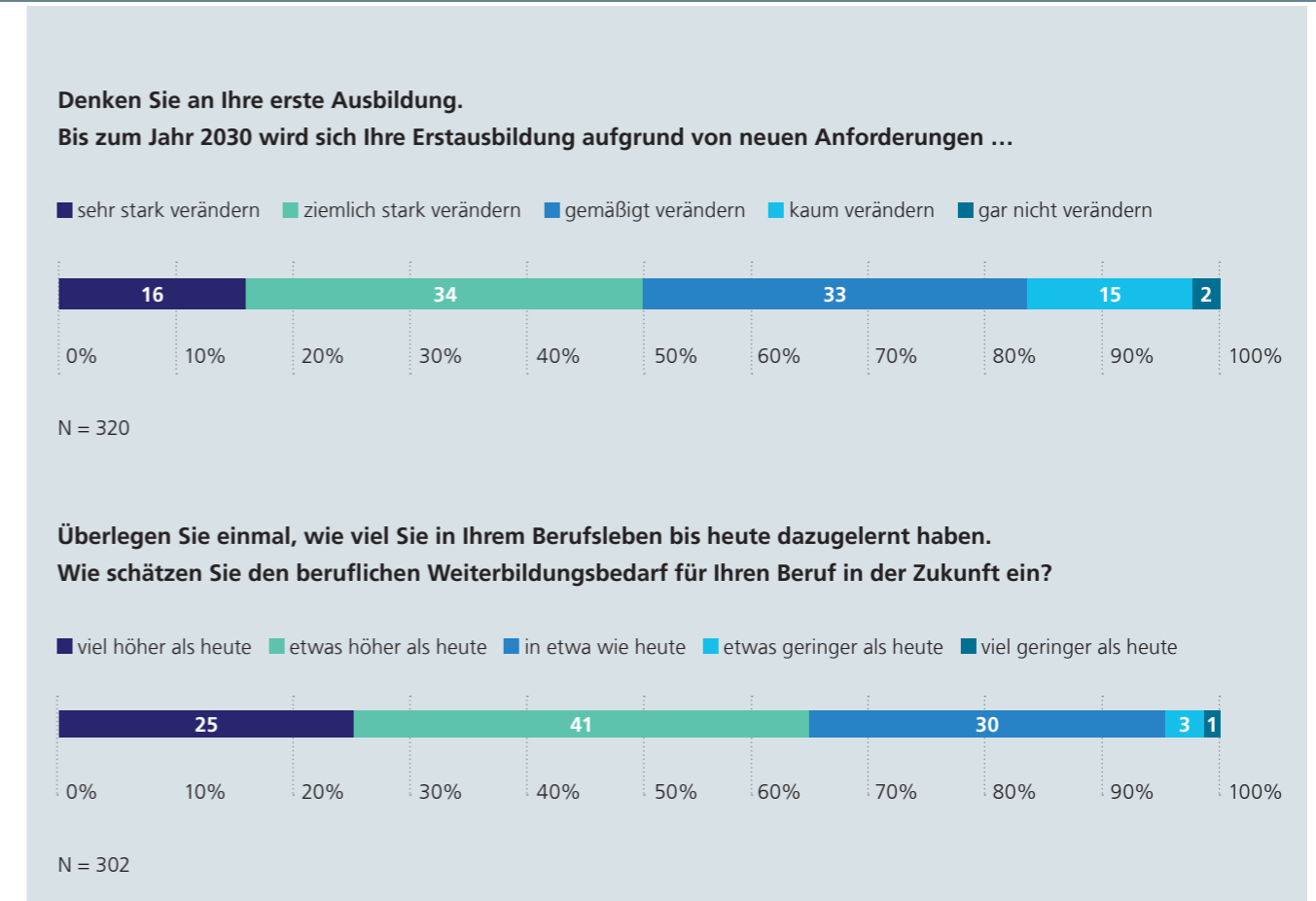
Berufsbilder und Kompetenzprofile

Mit der zunehmenden Automatisierung und der zukünftig engeren Zusammenarbeit von Mensch und Maschine werden sich auch die Arbeitsaufgaben deutlich verändern. Vielleicht entstehen sogar ganz neue Zukunftsberufe? In der internationalen Delphi-Studie des Millennium-Projekts¹⁰, die die Zukunft der Arbeit im Jahr 2050 behandelt, werden zum Beispiel Zukunftsberufe wie »Empathie-Interventionist«, »Freizeit-Gestalter«, »Übersetzer Mensch-Maschine & Maschine-Mensch« oder »Ethik-Algorithmiker« genannt.

Soziale Kompetenzen und Kommunikation werden besonders wichtig

Bestimmt aber ändern sich die Kompetenzen, die für die #Zukunftsarbeit benötigt werden. Dies zeigt unter anderem eine 2017 veröffentlichte Studie des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, die die Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe bis 2030 untersucht¹⁷. In der Befragung zur Erlebnisswelt werden mit großem Abstand »Soziale Fähigkeiten und Kommunikation« (61%) am häufigsten als wichtige Kompetenz für die Arbeit der Zukunft genannt (Abbildung 4). Weitere als wichtig eingestufte sozial-interaktive Kompetenzen sind »Methoden für Koordination & Management« (38%) sowie »Interkulturelle Kompetenzen« (35%). Aber auch technische Kompetenzen wie »IT-Nutzung« (40%), »Fachkompetenzen MINT« (37%)

Abbildung 5
Befragungsergebnisse zur Dynamik der
Kompetenzanforderungen in der beruflichen
Erstausbildung und Weiterbildung



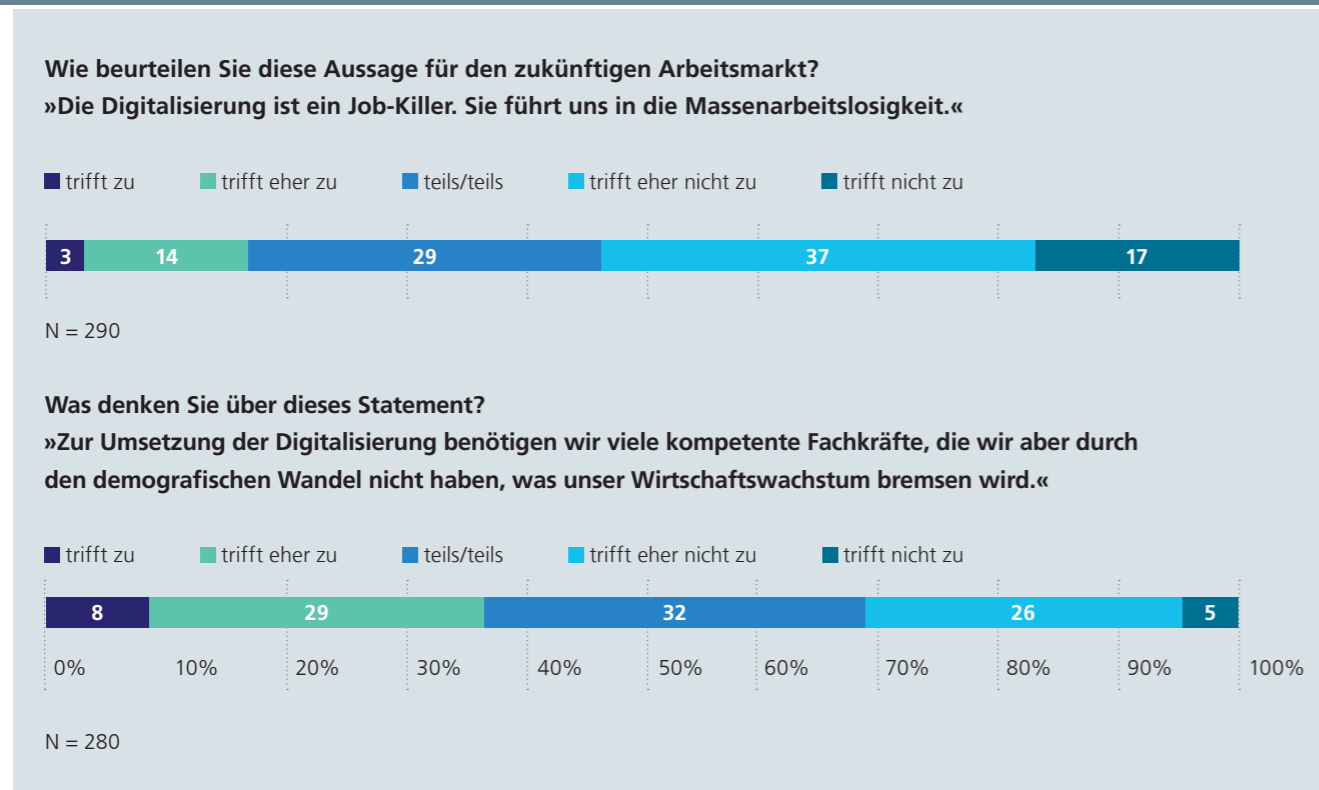
und mit etwas Abstand auch »Programmieren« (25%) werden als wichtig eingeschätzt.

Kompetenzanforderungen werden sich schneller ändern

Eine besondere Bedeutung messen Arbeitsexperten dem lebensbegleitenden Lernen und der betrieblichen Weiterqualifizierung bei. Denn sie erwarten, dass sich die Kompetenzanforderungen in der Zukunft schnell und grundlegend ändern werden (vgl. THESE 9 – Bildungsqualität und effektives Kompetenzmanagement entscheiden über die Zukunft der Arbeit, S. 64). Diese Einschätzung teilen auch die Teilnehmer der Fragebogenstudie. Die Hälfte der Befragten erwartet, dass sich das Kompetenzprofil ihrer Erstausbildung bis zum Jahre 2030 »sehr stark« (16%) oder »ziemlich stark verändern« (34%)

wird (Abbildung 5). Noch deutlicher werden die Veränderungen des beruflichen Weiterbildungsbedarfs als steigend eingeschätzt. Insgesamt 66% der Befragten sind der Meinung, dass der Weiterbildungsbedarf in ihrem Beruf im Jahr 2030 »viel höher« oder »etwas höher als heute« ausfallen wird.

Abbildung 6
Befragungsergebnisse zu Entwicklungen
auf dem Arbeitsmarkt



Gesellschaftliche Bedeutung

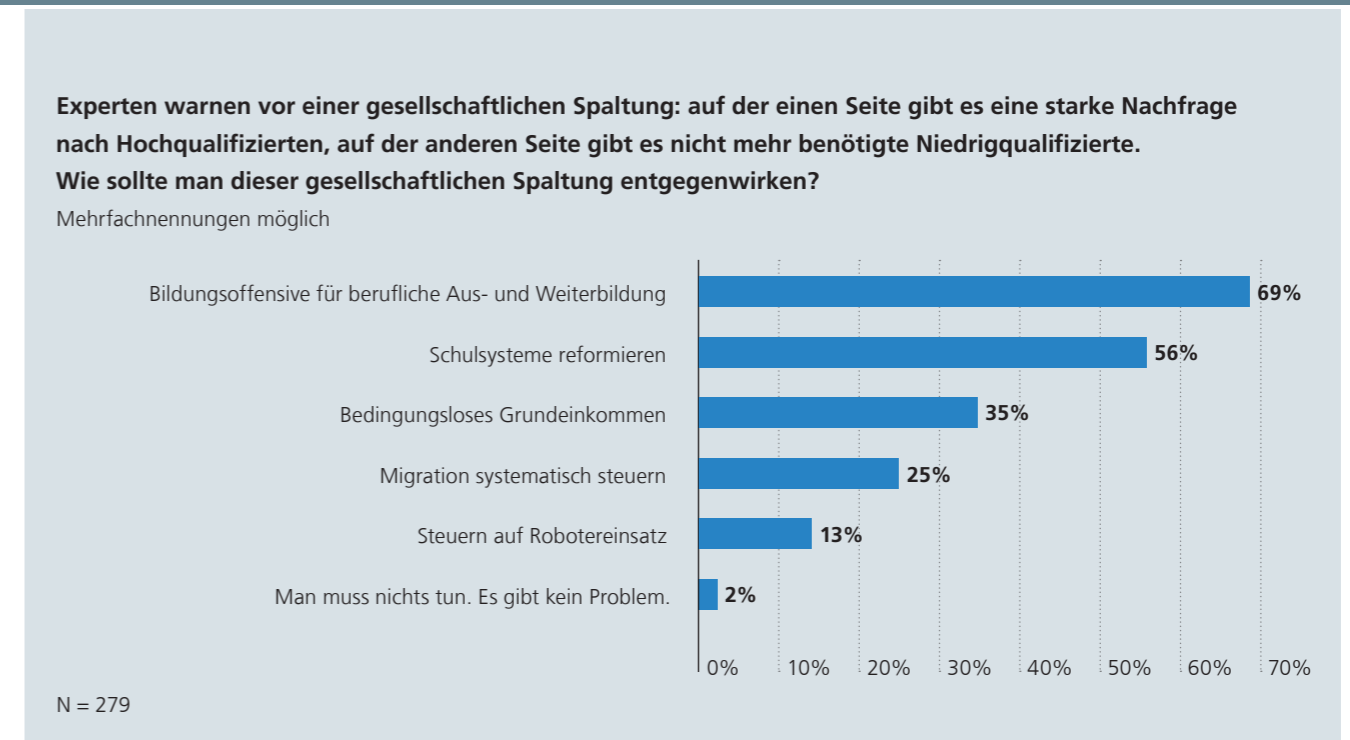
Die Diskussion um die Zukunft der Arbeit hat eine große gesellschaftliche Dimension. Wie verändert sich im Zuge der zunehmenden Automatisierung die Bedeutung der Arbeit für Existenzsicherung und sozialen Status? Wie kann die #Zukunftsarbeit gestaltet werden, dass sie weiterhin den gesellschaftlichen Zusammenhalt fördert und dass möglichst viele Arbeitnehmende in ihr Freude und Selbstverwirklichung finden?

Effekte auf den Arbeitsmarkt sind unklar

Über den Effekt der Digitalisierung und Automatisierung auf Beschäftigung und Arbeitsmarkt herrscht keine Einigkeit unter den Experten. Einerseits werden für die globale Entwicklung

bis 2050 Steigerungen der Arbeitslosenquote auf bis zu 24% erwartet¹⁰. Andererseits gibt es auch Studien, die auf eine Verlagerung von Berufen hinweisen und ein optimistisches Szenario zeichnen: Technologie-Investitionen im Rahmen der Digitalisierung führten 2011-2016 laut einer Studie des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung ZEW bislang eher dazu, dass die Zahl der Arbeitsplätze sogar anstieg¹⁸. Dies scheint sowohl für Routine- als auch für Nichtroutinetätigkeiten zu gelten¹⁹. Damit bedeutet Automatisierung – bedingt z.B. durch Künstliche Intelligenz – nicht zwangsläufig die Bedrohung von Arbeitsplätzen, sondern in erster Linie einen Wandel der Tätigkeiten und Tätigkeitsbereiche bzw. die Entstehung neuer Tätigkeiten. Zieht man die erwarteten demografischen Entwicklungen mit in Betracht, ist sogar von einem zunehmenden Fachkräftemangel auszugehen.

Abbildung 7
Befragungsergebnisse zu möglichen
Maßnahmen, um einer gesellschaftlicher
Spaltung entgegenzuwirken



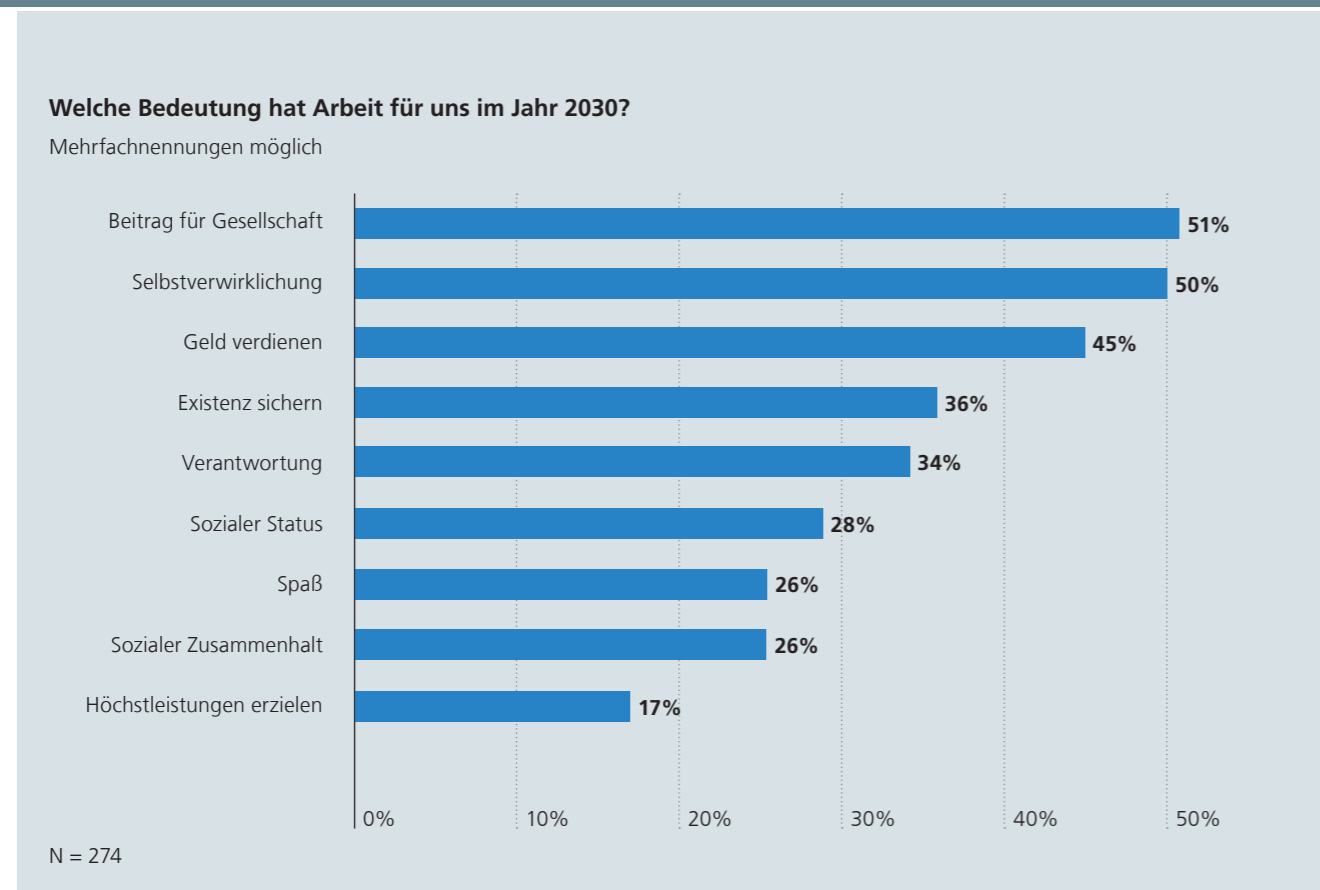
Nur 17% der Befragten sehen in der Digitalisierung einen »Job-Killer«, der uns in die Massenarbeitslosigkeit führen wird (Abbildung 6). Bezüglich eines zu befürchtenden Fachkräftemangels, der das Wirtschaftswachstum bremsen kann, besteht weniger Einigkeit. Der Anteil der Teilnehmer, die das Szenario eines gefährlichen Fachkräftemangels für wahrscheinlich halten (37%), ist nur leicht höher als der Anteil derjenigen, die dieses Szenario als unzutreffend einschätzen (31%). Etwa ein weiteres Drittel (32%) ist unentschieden.

Mit Bildung gesellschaftliche Spaltung verhindern

Experten warnen vor einer gesellschaftlichen Spaltung: Auf der einen Seite wird eine starke Nachfrage nach Hochqualifizierten erwartet. Auf der anderen Seite könnte es viele Niedrigqualifizierte geben, deren Arbeitskraft durch

Digitalisierung und Automatisierung nicht mehr benötigt würde. Auf die Frage, wie man dieser gesellschaftlichen Spaltung entgegenwirken sollte, haben die Befragten eine klare Antwort (Abbildung 7): Mehr als zwei Drittel (69%) sprechen sich für eine »Bildungsoffensive für berufliche Aus- und Weiterbildung« aus. Am zweit häufigsten wird eine Reform der Schulsysteme vorgeschlagen (56%). Das umstrittene bedingungslose Grundeinkommen befürworten immerhin 35%.

Abbildung 8
Befragungsergebnisse zur
zukünftigen Bedeutung von Arbeit



#Zukunftsarbeit bedeutet mehr als Geld verdienen und Existenz sichern

Angesichts der zunehmenden Automatisierung sprechen sich einige Experten für eine Lockerung des Zusammenhangs von Erwerbsarbeit und wirtschaftlicher Sicherheit sowie sozialem Status aus. Damit würde die Existenzsicherung als gegenwärtig noch wichtiges Element der Erwerbsarbeit an Bedeutung verlieren. Doch was wird uns in Zukunft antreiben? Welche Bedeutung werden wir in der #Zukunftsarbeit suchen und hoffentlich auch finden? Die Teilnehmer der Befragung können fast allen der angebotenen Antwortoptionen etwas abgewinnen (Abbildung 8). »Geld verdienen« (45%) und »Existenz sichern« (36%) sind zwar nicht Spitzenreiter, werden aber dennoch auch für das Jahr 2030 als wichtige Faktoren

angesehen. Für gut die Hälfte der Befragten bedeutet die #Zukunftsarbeit einen »Beitrag für die Gesellschaft« (51%) zu leisten und sich selbst zu verwirklichen (50%). Auch das Thema »Verantwortung« wird von mehr als einem Drittel (34%) als bedeutend eingestuft.

Abbildung 9
Befragungsergebnis zur subjektiven
Wahrnehmung der zunehmenden
Arbeitsflexibilität



Arbeiten und Leben

Interessant ist auch, wo und wie wir in Zukunft arbeiten, um eine optimale Verbindung von Arbeit und Leben zu erreichen. Der Trend geht zur Flexibilität bei Ort, Zeit, Aufgaben und bei der Frage, ob eine bestimmte Tätigkeit durch den Menschen oder eine Maschine ausgeführt wird (vgl. THESE 1 – Flexible Arbeitsbedingungen schaffen private und unternehmerische Spielräume).

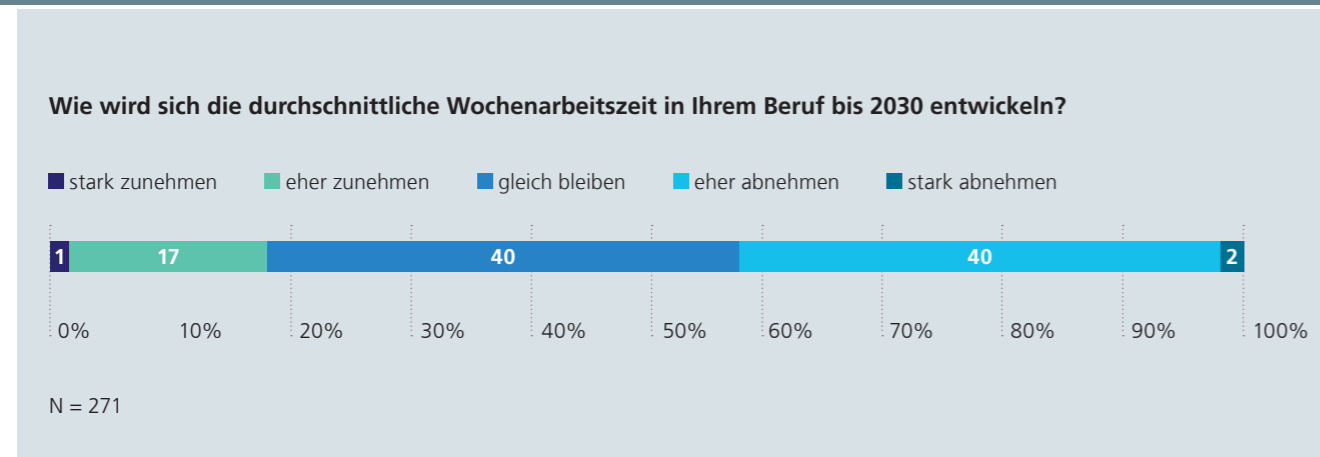
Flexible Arbeit steigert Selbstbestimmtheit

Was empfinden die Menschen bei der Aussicht auf eine zunehmende Flexibilität ihrer Arbeit? (Abbildung 9) Mit Abstand am häufigsten wird das Gefühl der »Selbstbestimmtheit« genannt (60%). Semantisch ähnlich sind die Begriffe auf Platz 2 und 3: »Unabhängigkeit« (46%) und »Freiheit« (44%). Insgesamt legen die Befragungsergebnisse nahe, dass die

Flexibilisierung der Arbeit eher positiv aufgenommen wird. Die negativen Antwortoptionen wie »Skepsis«, »Unsicherheit« und »Angst« landen auf den hinteren Plätzen.

Auch bezüglich der Beschäftigungsverhältnisse gehen die Befragten von einer zunehmenden Flexibilisierung aus. Während 2016/2017 der Anteil der Crowd-Worker, also der Personen, die Arbeitsaufträge freiberuflich über Online-Plattformen annehmen, in Deutschland noch bei 12% lag²⁰, gehen die Befragungsteilnehmer im Durchschnitt davon aus, dass dieser Anteil bis 2030 auf bis zu 36,6% anwächst.

Abbildung 10
Befragungsergebnis zur
Entwicklung der durchschnittlichen
Wochenarbeitszeit



Arbeitszeit nimmt weiter ab

Der Zeitumfang, der in der Zukunft mit Arbeit verbracht wird, ist ein wichtiger Faktor für die Vereinbarkeit von Arbeit und Leben. In den letzten Jahrzehnten ist die durchschnittliche Arbeitszeit der Erwerbstätigen stetig gesunken – insbesondere bei der Teilzeitarbeit. Im Jahr 2016 arbeiteten alle Erwerbstätigen in Deutschland im Durchschnitt 35,1 Stunden²¹. Für das Jahr 2030 schätzen die Teilnehmer der Befragung die allgemeine durchschnittliche Wochenarbeitszeit aller Erwerbstätigen auf 33,6 Stunden (Mittelwert, n=268).

Sie gehen größtenteils auch davon aus, dass die durchschnittliche Wochenarbeitszeit ihres Berufs bis 2030 nicht zunehmen wird. 42% rechnen mit einer Abnahme der Arbeitszeit in ihrem Beruf. 40% glauben, dass die Arbeitszeit gleichbleiben wird.



Eine Besucherin
beim Ausfüllen des
Online-Fragebogens
© Svea Pietschmann

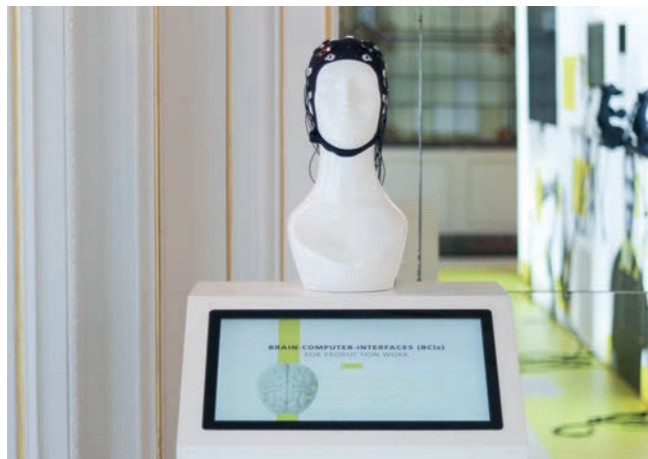
#ZUKUNFTSARBEIT IN PRODUKTION UND GESUNDHEITSWESEN

Die insgesamt acht Themeninseln der Fraunhofer-Erlebniswelt #Zukunftsarbeit veranschaulichen zentrale Trends in Form von konkreten Arbeitssituationen, Interaktionen und Szenarien. Sie verdeutlichen, wie neue Technologien und Ergebnisse aus der angewandten Forschung der Fraunhofer-Institute die zukünftige Arbeitswelt prägen können.

Dabei liegt der Fokus insbesondere auch auf den sozialen und organisatorischen Aspekten der Arbeitsgestaltung, der Interaktion zwischen Mensch und Technik und der Frage einer wünschenswerten #Zukunftsarbeit.

Eindrücke aus der Erlebniswelt in Berlin
© Svea Pietschmann, David Ausserhofer





Eindrücke aus der Erlebniswelt in Brüssel
© Echo & Flut

DIGITAL UND VERNETZT



Der Elbedome ist Europas größtes Mixed-Reality-Labor. Durch seine gewaltige Größe eignet er sich insbesondere für die Darstellung großer Objekte wie Maschinen, Anlagen, Fabriken oder ganzer Städte im Maßstab 1:1
© Fraunhofer IFF

Wie verändert sich die Produktionsarbeit?

Die Produktion der Zukunft ist vollständig digitalisiert und vernetzt. Unter den Schlagworten »Industrielles Internet der Dinge«²² und »Industrie 4.0«^{23,24} wird bereits seit längerem intensiv daran gearbeitet, Produktionsanlagen und Produkte über Sensoren und eingebettete Systeme für den Austausch von Betriebsdaten zu befähigen und mit IT-Systemen zu vernetzen. Das Ziel ist es, zu jeder Zeit auf ein vollständiges und aktuelles digitales Abbild des kompletten Produktionsgeschehens zugreifen zu können, um Prozessoptimierungen zu automatisieren und gezielte Eingriffe des Menschen zu erleichtern. Darüber hinaus bietet das digitale Modell von Anlagen, Produkten und Prozessen zahlreiche Möglichkeiten der virtuellen Erprobung und Optimierung.

Die fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung der Produktion verändert die Arbeit – sowohl in der Planungsphase als auch im Betrieb. Ein virtueller Rundgang durch eine Produktionshalle im Elbedome³ des Fraunhofer IFF in Magdeburg veranschaulicht einige Aspekte der #Zukunftsarbeit in der Produktion:



WAS BERICHTEN ZUKUNFTSARBEITER?

→ Nur mal zum Vergleich: Ich mache weniger ausführende, dafür mehr überwachende Tätigkeiten. Es ist ganz egal, wo ich arbeite – ob zu Hause oder im Coworking-Space. Ich kann von überall eingreifen. Unsere Fertigung ist über ein digitales Modell visualisiert: Dort können wir neue Abläufe vorher ausprobieren und besser verstehen, wie alles zusammenhängt. So treffe ich jederzeit kompetente Entscheidungen – in der Planung und im Betrieb.

LIAM, PRODUKTIONSPLANER

Zusammenfassend bieten Digitalisierung und Vernetzung die folgenden Potenziale für die positive Gestaltung der Produktionsarbeit:

Flexibilisierung der Arbeitsorte

Durch die Vernetzung sind alle Informationen zu jeder Zeit und an jedem Ort verfügbar. So kann zum Beispiel die Produktionsleiterin aktuelle Kennzahlen bequem auf ihrem Tablet abrufen – egal ob von unterwegs oder aus ihrem Büro. Der Anlagentechniker kann im Fehlerfall die möglichen Ursachen untersuchen, ohne weite Wege zu den einzelnen Maschinen zurückzulegen. Schließlich können ganze Produktionsanlagen aus der Entfernung überwacht und gesteuert werden: aus einer Niederlassung in einem anderen Kontinent oder sogar aus dem Home-Office.

Virtuelle Arbeitsumgebungen

Die ortsunabhängige (Zusammen-)Arbeit und das Arbeiten mit digitalen Modellen profitieren stark von den Visualisierungsmöglichkeiten der Virtual Reality (VR).

Sie ermöglichen virtuelle Teammeetings zur Fabrikplanung oder Konstruktionsabnahme und unterstützen Szenarien der Fernwartung.

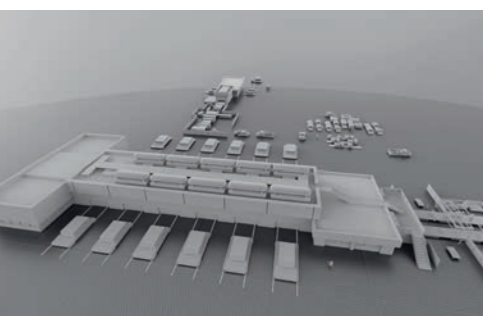
Lernförderliche Arbeitsumgebungen

Digitale Modelle, wie z.B. ein digitaler Zwilling, sind ein wichtiger Beitrag zu lernförderlichen Arbeitsbedingungen. So können zum Beispiel verschiedene Bearbeitungsprogramme im Virtuellen erprobt werden, bevor sie in der Realität umgesetzt werden. Spielerisch und ohne größere Risiken können so auch komplexe Zusammenhänge erkundet und leichter verstanden werden.

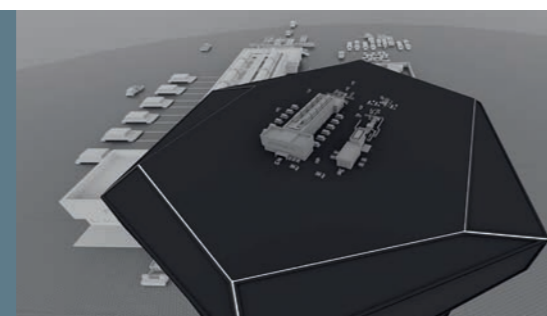
Informationsangebot befähigt den Menschen

Durch Digitalisierung und Vernetzung werden zahlreiche Informationen verfügbar, die insbesondere diejenigen Rollen und Aufgaben des Menschen unterstützen, die in der Zukunft an Bedeutung gewinnen werden: Prozesse koordinieren und optimieren, Probleme kreativ lösen, Entscheidungen schnell und kompetent treffen.

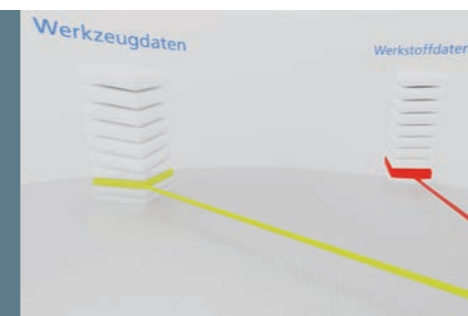
Alle Abbildungen © Echo & Flut



Für die Planung einer Fabrik werden verschiedene Layouts simuliert. So kann das beste Set-up für die Fabrik ermittelt werden.



»Digitaler Zwilling«: Auch im Betrieb wird die Fabrik im virtuellen Raum dargestellt. Bei Veränderungen wird das Modell aktualisiert.



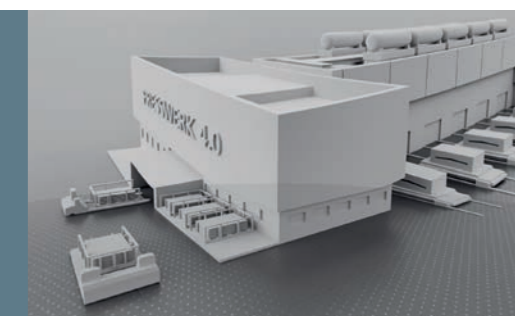
Mithilfe zahlreicher Sensoren zeigt der Digitale Zwilling auch laufende Prozesse, Anlagenzustände und Produktionsdaten.



Grundlage ist eine Datenplattform, die alle Daten zusammenführt und stets einen aktuellen Überblick und schnelles Eingreifen ermöglicht – von überall, selbst aus dem Home-Office.



Oft sind mehrere Fabriken miteinander vernetzt. Mit Kollegen auf der ganzen Welt können Produkte und Prozesse gemeinsam geplant und optimiert werden.



Bei Änderungsbedarf können unterschiedliche Optionen am virtuellen Modell ausprobiert werden. Dann wird die beste Variante in der Realität umgesetzt.

»Die Arbeit der Zukunft macht Spaß. In virtuellen Welten gestalten wir neue Arbeitssysteme kreativ und explorativ. Erst einmal im Digitalen ausprobieren, es kann ja nichts passieren...«

Prof. Michael Schenk, Institutsleiter,

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF



»Die zukünftige Rolle des Menschen in der Produktion: Problemlöser, situativer Entscheider, kreative Kompetenz. Allerdings wird die einfache Arbeit nicht vollständig verschwinden. Für beide Fälle wird es wichtig sein, Informationen an den Menschen zu bringen – wo und wie sie benötigt wird.«

Prof. Matthias Putz, Institutsleiter,

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU



Was ist zu tun? – Handlungsfelder für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Um die oben beschriebenen Szenarien und Zukunftsbilder der Produktionsarbeit in einem positiven Sinn zu realisieren, ergeben sich Handlungsbedarfe in den folgenden Feldern:

Investitionen in IT-Infrastruktur und Digitalisierung

In vielen produzierenden Unternehmen müssen noch signifikante Anstrengungen unternommen werden, um die technischen Voraussetzungen für eine digitale Fabrik zu schaffen. Statt mit einem digitalen Modell des Produktionsgeschehens wird häufig noch mit Planwerten gearbeitet, da Sensorik, digitale Daten und IT-Vernetzung noch nicht den benötigten Stand erreicht haben. Insbesondere für KMU sollten daher öffentliche Förderinstrumente und Anreize für Investitionen in Digitalisierung und IT-Infrastruktur ausgebaut werden, um sie zu befähigen, die digitale Fabrik umzusetzen.

Auch das Angebot skalierbarer und leichtgewichtiger IT-Lösungen für die Digitalisierung und Vernetzung von Produktionsnetzwerken muss ausgebaut werden. Auch hierbei können öffentliche Fördermaßnahmen helfen.

Technologien zur Integration virtueller und realer Arbeitswelten

Die Potenziale digitaler Modelle können in der praktischen Arbeit nur dann optimal ausgeschöpft werden, wenn die Informationen direkt in der physischen Umgebung zugänglich gemacht und nahtlos in die jeweilige Aufgabe integriert werden können. Hierfür sind Weiterentwicklungen der heute verfügbaren Augmented-Reality-Lösungen (AR) notwendig, zum Beispiel hinsichtlich des Tragekomforts und der Leistungsfähigkeit kopfgetragener Systeme sowie der Szenen- und Objekterkennung.

Ein weiterer Schwerpunkt der technologischen Weiterentwicklung sollte auf den Bereich der Telepräsenz gelegt werden. Für die Realisierung vielversprechender Anwendungsfelder wie beispielsweise der Fernwartung oder der virtuellen Instandhaltung fehlt es häufig noch an Vollständigkeit und Detailtiefe der aus der Ferne zu erfassenden Informationen – besonders aber an physischen Steuerungs- und Einflussmöglichkeiten.

Unternehmensübergreifende Datennetzwerke

Vernetzung darf nicht an Unternehmensgrenzen enden. Denn gerade in komplexen Wertschöpfungsnetzen bietet die Digitalisierung große Potenziale, die nur gemeinsam genutzt werden können.

In technischer Hinsicht wird hierfür eine sichere, leistungsstarke und vertrauenswürdige Dateninfrastruktur benötigt. Geeignete Ansätze – wie insbesondere der offene und neutrale Industrial Data Space²⁵ – benötigen öffentliche Förderung, damit sie in der Breite Anwendung finden und ausgebaut werden können. Darüber hinaus werden Innovationen im Bereich der Geschäfts- und Kooperationsmodelle benötigt, die den Akteuren des Netzwerks neue Ertragsmöglichkeiten erschließen und die Nutzungs- sowie Eigentumsrechte der im Netzwerk entstandenen Daten regeln. Schließlich muss auch ein arbeitsrechtlicher Rahmen dafür sorgen, dass die Interessen der Mitarbeitenden angemessen gesichert werden. Besondere Herausforderungen resultieren aus der zunehmenden

Ortsflexibilität von Arbeit und der Globalisierung der Wertschöpfung bei aktuell äußerst heterogenen arbeitsrechtlichen Voraussetzungen in den verschiedenen Ländern. Dadurch wird eine globale Governance von Arbeit immer wichtiger.

Lesen Sie mehr dazu:

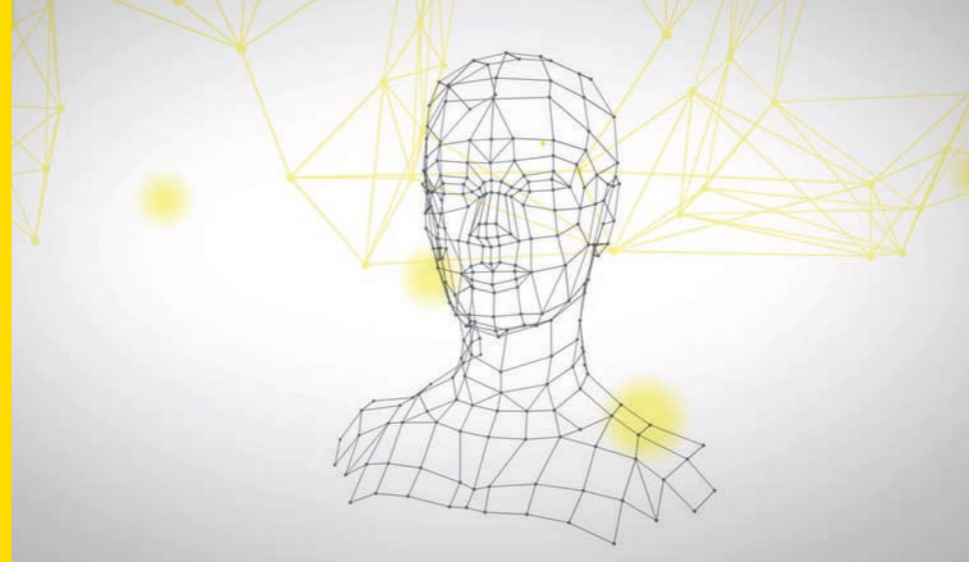
- THESE 1** Flexible Arbeitsbedingungen schaffen private und unternehmerische Spielräume, »Seite 60
- THESE 3** Vernetzte Daten ermöglichen neue Formen der Zusammenarbeit, »Seite 61
- THESE 4** Digitale Modelle helfen die Komplexität zu beherrschen, »Seite 61



Erlebnisswelt-Besucher an der Themeninsel »Digital und vernetzt« © Svea Pietschmann



INDIVIDUELL UNTERSTÜTZT



© Echo & Flut

Wie verändert sich die Produktionsarbeit?

Viele Routinetätigkeiten lassen sich automatisieren. Dadurch wird die Arbeit vielfältiger und anspruchsvoller. Außerdem lässt sich heute kaum vorhersagen, welche Kompetenzen in der Zukunft benötigt werden. Unternehmen müssen sich darauf vorbereiten, sehr dynamisch auf neue Qualifizierungsanforderungen reagieren zu können.

Eine besondere Rolle werden daher smarte Assistenzsysteme spielen. Sie leisten einen strategisch wichtigen Beitrag zur Bewältigung zentraler Herausforderungen der #Zukunftsarbeit. Sie helfen, schnell und bedarfsgerecht Kompetenzen im Unternehmen aufzubauen und möglichst allen Menschen eine Teilhabe im Arbeitsleben zu ermöglichen.

Für die Produktionsarbeit der Zukunft werden smarte Assistenzsysteme unersetzlich sein. Sie fügen sich optimal in die eigentliche Arbeitsaufgabe ein, analysieren den bisherigen Arbeitsfortschritt und projizieren Informationen und Anleitungen



WAS BERICHTEN ZUKUNFTSARBEITER?

→ Meine Arbeit ist total vielseitig! Jeder Tag bringt etwas Neues, weil wir immer wieder komplett neue Produkte kreieren. Ich muss und darf täglich dazulernen. Ein echter Pluspunkt ist deswegen mein persönliches Assistenzsystem. Mit dem wickle ich selbst komplexe Aufträge zu hundert Prozent zuverlässig ab, auch wenn wir die Produkte zum ersten Mal fertigen.

EMMA, FERTIGUNGSTECHNIKERIN

zum nächsten Arbeitsschritt direkt dorthin, wo sie benötigt werden. Die Beiträge smarter Assistenzsysteme für eine erfolgreiche und menschengerechte #Zukunftsarbeit lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Anleitung für einzelne Aufgaben

Assistenzsysteme unterstützen bei neuen oder komplexen Aufgaben und helfen den Mitarbeitenden die zunehmende Variantenvielfalt und ihr breiter werdendes Aufgabenspektrum zu meistern.

Weiterbildung

Als Coach bieten sie Training-on-the-Job und unterstützen die praxisnahe Weiterbildung.

Fehler vermeiden

Assistenzsysteme helfen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Fehler zu vermeiden, ganz egal wie ihre Qualifikation aussieht.

Partizipation ermöglichen

Sie steigern die Beschäftigungsfähigkeit und ermöglichen Menschen mit geringer Qualifikation oder Beeinträchtigungen eine Partizipation am Berufsleben.

Durchgängige Arbeitsunterstützung

In der Zukunft konzentrieren sich Assistenzsysteme nicht mehr nur auf einzelne vordefinierte Aufgaben, sondern bieten eine durchgängige Unterstützung für alle Situationen des Arbeitslebens.

Personalisierte Assistenz

Wie ein zugeschnittener persönlicher Service stellen sich zukünftige Assistenzsysteme auf individuelle Gewohnheiten ein. Sie passen ihre Unterstützung an persönliche berufliche Kenntnisse und Qualifizierungsbedarfe, Bedürfnisse und Präferenzen an.

Entscheidungskompetenz

Mit Hilfe Künstlicher Intelligenz helfen sie uns, neue Erkenntnisse aus großen Datenmengen zu ziehen und in kürzester Zeit komplexe Entscheidungen zu treffen.

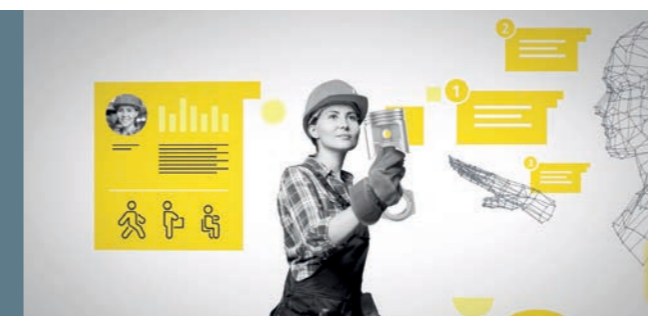
Alle Abbildungen © Echo & Flut



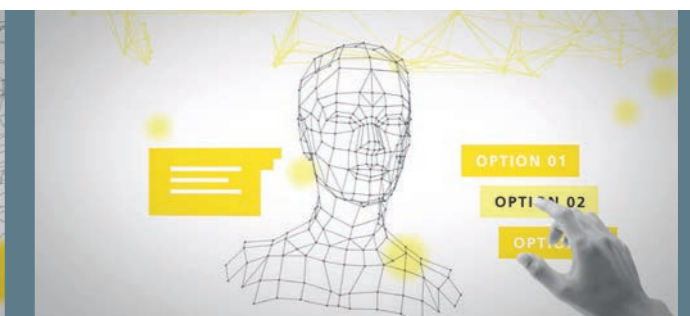
Assistenzsysteme ermöglichen eine breite Partizipation am Berufsleben.



Assistenzsysteme sind eine praxisnahe und anschauliche Form der beruflichen Weiterbildung.



Zukünftige Assistenzsysteme bieten personalisierte Unterstützung in allen Arbeitssituationen.



Intelligente Assistenzsysteme unterstützen komplexe Entscheidungen.



»Mensch und Maschine können sich gegenseitig ergänzen und müssen nicht in Konkurrenz zueinanderstehen. Für ein Miteinander auf Augenhöhe müssen Maschinen aber intuitiv zu bedienen sein und sich intelligent nach dem Nutzer richten können. Die Maschine muss den Nutzer wahrnehmen und auf ihn reagieren können.«

Dr. Elisabeth Peinsipp-Byma,
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Was ist zu tun? – Handlungsfelder für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Verantwortungsvolle Nutzung personenbezogener Daten

Um Hilfestellungen und Weiterbildungsangebote situationsgerecht und in personalisierter Form darstellen zu können, werden Informationen über Mitarbeitende – insbesondere über deren Aufenthaltsorte, Aktivitäten und Kompetenzen benötigt. Damit kann der Einsatz von Assistenzsystemen individuelle Rechte wie den Schutz personenbezogener Daten und die Datensouveränität gefährden.

Um dennoch die großen wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und individuellen Potenziale von Assistenzsystemen ausschöpfen zu können, werden intelligente Lösungen benötigt, die die widerstreitenden Interessen und Werte in Einklang bringen. Einerseits sind hierfür neue technische und organisatorische Ansätze gefragt, um personenbezogene Daten zuverlässig vor Missbrauch zu schützen. Andererseits muss auch ein geeigneter rechtlicher Rahmen geschaffen werden, der die verantwortungsvolle Erfassung und Nutzung personenbezogener Daten im Arbeitskontext ermöglicht und reguliert.

Voraussetzungen für partizipatives Wissensmanagement

Die effektive Unterstützung zahlreicher Arbeitssituationen erfordert umfangreiche Inhalte und handlungsnahen Darstellungsformate. Damit Unternehmen diese Aufgabe bewältigen können, muss es ihnen gelingen, möglichst viele Mitarbeitende in die Erstellung der Inhalte für Assistenzsysteme einzubinden. Hierfür müssen Unternehmen zunächst IT-Systeme bereitstellen, die es ihren Mitarbeitenden ermöglichen, einfach und ohne großen Aufwand ihr Wissen einzubringen – eventuell sogar schon in einer anschaulichen Form. Ebenso wichtig ist es, dass sie organisatorische Bedingungen schaffen, in denen die Mitarbeitenden bereit sind, ihr Wissen zu teilen. Neben geeigneten Anreizsystemen kann dies vor allem durch eine kooperative und vertrauensvolle Unternehmenskultur gelingen.

Politik und Wissenschaft sollten die notwendigen Schritte unterstützen. Einerseits durch gezielte Förderprogramme, andererseits durch verstärkte Forschungs- und

Entwicklungsaktivitäten in den oben beschriebenen Feldern. Gemeinsam mit den Unternehmen durch öffentlich geförderte Experimentierräume, um neue Ansätze des beteiligungsorientierten Wissensmanagements für Assistenzsysteme zu erproben und optimieren.

Lesen Sie mehr dazu:

- THESE 7** Künstliche Intelligenz und Lernende Systeme bereichern die Arbeitswelt
»Seite 63
- THESE 8** Mensch und Maschine arbeiten eng und partnerschaftlich zusammen
»Seite 63
- THESE 9** Bildungsqualität und effektives Kompetenzmanagement entscheiden über die Zukunft der Arbeit
»Seite 64

»Bildung ist die wichtigste Voraussetzung für unseren zukünftigen Erfolg. Wir müssen neue Wege des digitalen Lernens erschließen, neue Kompetenzanforderungen schnell erkennen und einen bedarfsgerechten Kompetenzaufbau ermöglichen.«

Prof. Dieter Spath, Institutsleiter,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO



mAssist ist ein Assistenzsystem für die Montage. Es beobachtet den Arbeitsprozess in Echtzeit, analysiert Arbeitsschritte und leitet den Monteur individuell und zielführend an.
© Svea Pietschmann



HAND IN HAND :-)



© Svea Pietschmann

Wie verändert sich die Produktionsarbeit?

Bei den technischen Produkten unseres Alltags geht es längst nicht mehr nur um die Funktionalität. Das Human-Machine-Interface (HMI) – oder die Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Technik – hat in den letzten Jahren enorm an Aufmerksamkeit gewonnen. Immer mehr Unternehmen erkennen die strategische Bedeutung einer positiven User Experience für Markterfolg und Nutzerakzeptanz. Auch IT-Systeme in der Produktion profitieren von einer hochwertigen Interaktionsgestaltung. Eine einfache und sichere Bedienung steigert die Produktivität und ermöglicht einen flexiblen Personaleinsatz. Zunehmend wird sie auch mit positiven Effekten auf Wohlbefinden und Motivation der Mitarbeitenden in Verbindung gebracht. Durch Künstliche Intelligenz (KI) ergeben sich neue Möglichkeiten der Interaktionsgestaltung. Smarte Agenten können komplexe Daten aus verschiedensten Quellen zusammenfassen und dem Nutzer in vereinfachter Form vermitteln. Dabei kann die Technik menschliches Dialogverhalten nachahmen, um die Interaktion besonders komfortabel und natürlich zu gestalten.



WAS BERICHTEN ZUKUNFTSARBEITER?

→ Überleg mal, wie anders das heute ist, wie wir mit der Technik zusammenarbeiten: Meine Maschine holt sich ihre Infos selbst von überallher. Und sagt mir sogar, was sie noch von mir braucht. Wir arbeiten sozusagen auf einer Ebene, auch wie wir miteinander umgehen – ein bisschen wie alte Freunde. Meistens verstehen wir uns intuitiv und wissen, wenn der andere ein Problem hat. Die Lösung finden wir oft gemeinsam.

FATIH, ANLAGENMECHANIKER

Die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technik wird durch ein partnerschaftliches Verhältnis geprägt sein. In einer »Social Networked Industry«²⁶ sind Menschen und Maschinen miteinander vernetzt und arbeiten komplementär zusammen. Gemeinsam lösen sie Probleme und treffen sie kompetente Entscheidungen:

Gemeinsam zum Ziel

Die vernetzte Technik sammelt alle verfügbaren relevanten Daten, wertet sie mit Hilfe Künstlicher Intelligenz aus und versorgt den Menschen dann mit leicht verständlichen und aufgabengerechten Informationen zu aktuellen Bedingungen und prognostizierten Entwicklungen. So befähigt die Technik den Menschen selbst in komplexen Situationen zu weitsichtigen Entscheidungen und vorausschauendem Handeln.

Intuitives Verständnis

Auch die Art der Interaktion und Kommunikation mit der Technik ändert sich radikal. Kryptische Fehlermeldungen

weichen kurzen, umgangssprachlichen Nachrichten, wie man sie aus den sozialen Medien kennt. Statt technischen Befehlen werden natürliche Sprache- und Gestensteuerung genutzt. Mensch und Technik verstehen sich intuitiv.

Soziale und emotionale Kommunikation

Zusätzlich gewinnen soziale und emotionale Aspekte des Miteinanders an Bedeutung in der Interaktion zwischen Mensch und Technik. Sensibel kann die Technik zum Beispiel Aufmerksamkeit und Belastung des menschlichen Partners erkennen und ihr Verhalten auf individuelle Präferenzen anpassen.

Ein gutes Gefühl

Die Gestaltung der Mensch-Technik-Schnittstellen trägt zu einem guten Arbeitsklima bei und schafft zahlreiche Gelegenheiten für positive Erlebnisse. So können die Motivation, die Sicherheit und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden gesteigert werden. Die Produktionsarbeit der Zukunft ist attraktiv und fühlt sich gut an.

Alle Abbildungen © Echo & Flut



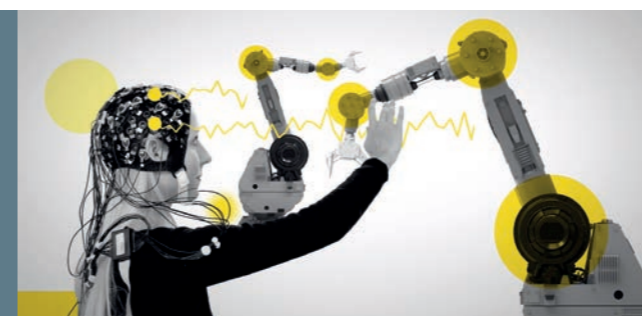
Ein Besucher der Erlebnisswelt interagiert in der »Social Networked Industry«.
© Svea Pietschmann



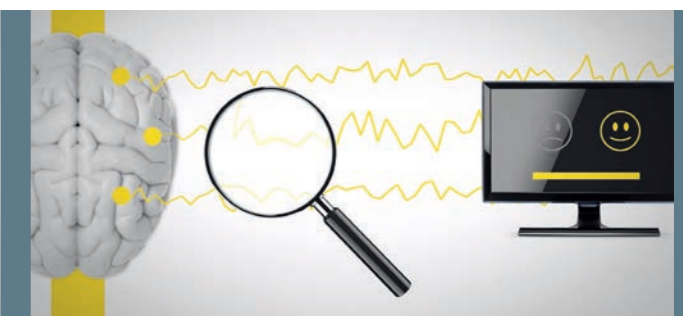
Das autonome Transportfahrzeug EMILI beherrscht soziale Interaktionsformen.



Intelligente Maschinen unterstützen Entscheidungen durch Prognosen und anschauliche Simulationen.



Werden Brain-Computer-Interfaces die Produktionsarbeit der Zukunft unterstützen?



Schon heute können Emotionen, Aufmerksamkeit und mentale Belastung live erkannt werden.

»Für Mensch und Technik gibt es kein Entweder-Oder. In einer Social-Networked-Industry werden sich Mensch und Maschinen in sozialen Netzwerken organisieren und partnerschaftlich zusammenarbeiten.«

Prof. Michael ten Hompel, Institutsleiter

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML



»Wir müssen die Produktionsarbeit der Zukunft so attraktiv wie möglich gestalten. Die Mensch-Technik-Interaktion ist dafür ein wichtiger Enabler.«

Prof. Christian Brecher, Institutsleiter

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT



Was ist zu tun? – Handlungsfelder für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Voraussetzungen für Entscheidungsunterstützung

Die intelligente Unterstützung menschlichen Entscheidens und Handelns durch Prognosen und Simulationen setzt eine weitgehende Digitalisierung und Vernetzung des Produktionsgeschehens voraus (vgl. Digital und vernetzt, S. 28). Insbesondere die virtuelle Simulation möglicher Entscheidungsoptionen erfordert sehr detaillierte und valide Modelle, die häufig erst durch Verfahren des Maschinellen Lernens realisiert werden können. Um die notwendige Transformation auch in produzierenden Unternehmen mit geringerer IT-Affinität anzustoßen, müssen öffentlich zugängliche Demonstratoren und Schaufensterprojekte nach dem Vorbild des Future Work Labs (<https://futureworklab.de>) geschaffen werden, die die Möglichkeiten und Nutzenpotenziale der Künstlichen Intelligenz an einfachen und praktischen Beispielen aufzeigen. Darüber hinaus werden praktische Leitfäden und öffentlich geförderte Formate benötigt, um insbesondere KMU den Einstieg in KI-Technologien zu erleichtern.

Grundlegende Gestaltungsfragen klären

Die Vorstellung einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technik löst bei vielen Unbehagen aus. Während Angestellte Angst davor haben, von einer zunehmend intelligenten Technik übertroffen, bevormundet oder gar überflüssig gemacht zu werden, diskutieren Sozialwissenschaftler, ob Technik nicht eher ein Werkzeug des Menschen sein sollte und niemals ein Partner auf Augenhöhe. Gerade in den Bereichen der Arbeits- und Rollenteilung zwischen Mensch und Maschine sowie in der Frage der Schnittstellegestaltung ist noch viel Forschungsarbeit zu leisten. Öffentliche Förderprogramme sollten daher neben der reinen Technikentwicklung mehr noch als bisher die fundierte Bearbeitung zentraler Gestaltungsfragen in den Fokus nehmen. Hierzu zählen beispielsweise:

- Wieviel Initiative sollte ein intelligentes System ergreifen? Oder sollte es nur auf Befehle des Menschen reagieren?
- Wie kann intelligente Technik für den Menschen zu jeder Zeit transparent und kontrollierbar gestaltet werden? Ist das bei autonomen Systemen überhaupt immer notwendig?

- Wieviel soziales Verhalten kann, darf oder muss ein intelligentes System aufweisen, um als vertrauenswürdig und kompetent wahrgenommen zu werden?
- Wie menschenähnlich sollte es sich dabei verhalten, um keine falschen Erwartungen zu wecken?
- Wie verspielt und wie pragmatisch darf bzw. muss die Interaktionsgestaltung ausfallen, um optimale Effekte auf Produktivität und Wohlbefinden zu entwickeln?
- Gibt es hierbei große interindividuelle Unterschiede? Wie sollten sich Mensch-Technik-Systeme gegebenenfalls auf individuelle Präferenzen einstellen?
- Wie kann eine gezielte Gestaltung der Mensch-Technik-Schnittstellen dazu beitragen, Motivation, Identifikation, Teamgeist und Selbstverwirklichung zu fördern?
- Wie kann eine intelligente Entscheidungsunterstützung gestaltet werden, dass sie dennoch eigenständiges Mitdenken fördert?

Zur Erforschung derartiger Fragestellungen müssen neue Formate der Nutzer- und Bürgerbeteiligung sowie der praktischen Erprobung (z.B. in Reallaboren und Experimentier-

räumen) gestärkt werden, um zu wünschenswerten und akzeptanzfähigen Lösungen zu gelangen.

»Es geht darum, dass die Produktion uns ein gutes Gefühl gibt. Sie muss sich gut anfühlen – mit allen Sinnen. Good feeling production.«

Prof. Matthias Putz, Institutsleiter,

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

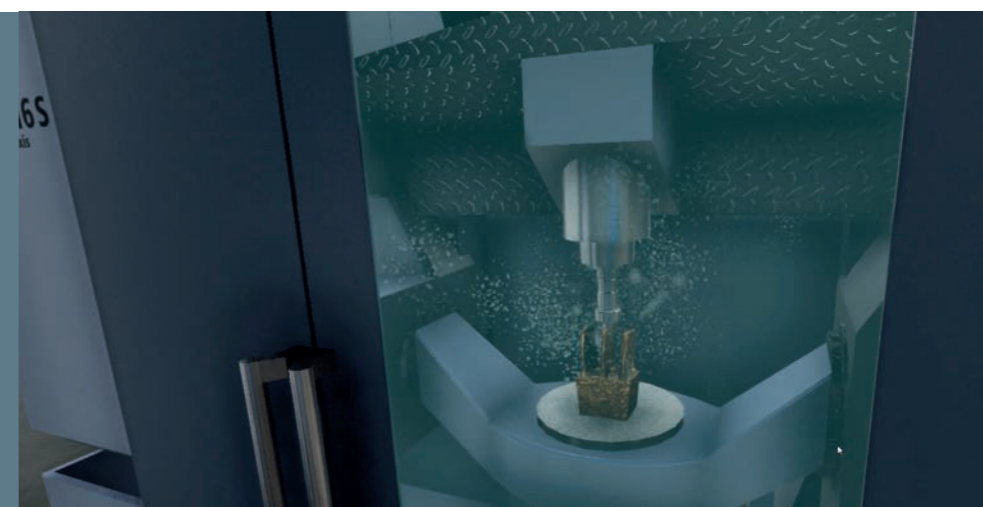


Lesen Sie mehr dazu:

- THESE 2** Zukünftige Arbeitsumgebungen fördern Mitgestaltung, Selbstverwirklichung und Wohlbefinden
»Seite 60
- THESE 7** Künstliche Intelligenz und Lernende Systeme bereichern die Arbeitswelt
»Seite 63
- THESE 8** Mensch und Maschine arbeiten eng und partnerschaftlich zusammen
»Seite 63



Szenen aus der Virtual-Reality-Anwendung »Hand in Hand«
© Echo & Flut



KOLLEGE ROBOTER



© Svea Pietschmann

Wie verändert sich die Produktionsarbeit?

Durch ihre hohe Präzision und Geschwindigkeit können Roboter schon heute in vielen Fällen die Produktivität deutlich steigern. Dadurch, dass sie besonders schwere körperliche Tätigkeiten übernehmen können, leisten sie auch einen wichtigen Beitrag für die Gesundheit am Arbeitsplatz. Da die Investitionskosten und Aufwände für die Einrichtung und Programmierung von Robotersystemen allerdings noch recht hoch sind, werden sie heute vor allem in der Massenproduktion großer Betriebe eingesetzt. Aktuelle Forschungs- und Entwicklungsprojekte arbeiten jedoch daran, Roboter in Einführung und Betrieb so flexibel und einfach zu gestalten, dass sie bald auch für kleine Unternehmen, geringe Stückzahlen, hohe Variantenvielfalt und weniger strukturierte Umgebungen interessant werden.

In der Zukunft werden Roboter zu einem alltäglichen Werkzeug für alle Mitarbeitenden in der Produktion.

Alle Abbildungen © Svea Pietschmann

WAS BERICHTEN ZUKUNFTSARBEITER?

→ Was ein Roboter für mich ist? Auf jeden Fall ein geduldiger und verständiger Helfer. Körperlich anstrengende Aufgaben übernimmt er komplett. Und bei komplizierten Montagen ist er der präziseste Handlanger. Das Beste ist: Ich kann ihn sogar selbst programmieren, obwohl ich keine einzige Programmiersprache kenne. Das vereinfacht unsere Abläufe extrem und mir macht es auch Spaß, selbst verantwortlich zu sein.

LIV, KONSTRUKTEURIN



Sichere Zusammenarbeit

Moderne Sensortechnik ermöglicht selbst mit schweren Robotern eine enge und sichere Zusammenarbeit. Einerseits können Roboter sofort und effektiv auf gefährliche Situationen reagieren und Unfälle vermeiden. Andererseits steigt die Sicherheit durch neue Ausdrucksformen der Roboter: Sie zeigen den Menschen Gefahrenbereiche deutlich an und sorgen dafür, dass die Menschen in ihrer Umgebung ihre nächsten Bewegungen vorausahnen können.

Einfache Programmierung

Ein bedeutsamer Fortschritt liegt in der intuitiven Programmierung und Steuerung zukünftiger Robotersysteme. Egal ob Roboterprogramme schnell und einfach auf intuitiven grafischen Bedienoberflächen angelegt und verändert werden können, oder ob man dem Roboter einfach nur zeigt, welche Operationen er ausführen soll... – langwierige Projekte zur Planung, Programmierung und Einführung von Industrierobotern werden in vielen Fällen entbehrlich.

Lernfähige Robotersysteme

Maschinelles Lernen wird den Aufwand der Roboterprogrammierung weiter reduzieren. In der direkten Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter können explizite Anweisungen mit selbstständigem Lernen kombiniert werden. So kann der intelligente Roboter zum Beispiel programmierte Abläufe leicht auf ähnliche Situationen übertragen und durch die Hilfe des Menschen angemessen auf verschiedene Umgebungsbedingungen reagieren. Einmal Gelerntes kann dann an weitere vernetzte Systeme weitergegeben werden. So profitieren auch die Kolleginnen und Kollegen von den zunehmenden Roboterfähigkeiten.

Attraktive Arbeit

Wenn Mitarbeitende auch ohne spezielle Kenntnisse Robotersysteme selbst einrichten und programmieren können, werden Roboter zu einem universellen Werkzeug. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für flexibles Reagieren auf unterschiedliche Produktionsanforderungen und für die selbstbestimmte Gestaltung oder zumindest Anpassung von Arbeitsabläufen und Arbeitsumgebungen. Dadurch wird die Produktionsarbeit vielseitiger, flexibler und verantwortungsvoller.



Durch Gesten programmieren Erlebniswelt-Besucher den Roboter intuitiv.



Der kollaborative Roboter visualisiert den Sicherheitsbereich und reagiert sofort, wenn es gefährlich wird.



Auch im Arbeitsprozess kann das Roboterprogramm einfach auf individuelle Präferenzen angepasst werden.



»drag&bot« verspricht schon heute eine schnelle und einfache Roboterprogrammierung.

© Fraunhofer IPA



»Im Sinne einer Personalisierung werden sich technische Lösungen in der Zukunft noch stärker an den Bedürfnissen der Einzelnen ausrichten.«

Prof. Boris Otto, Institutsleiter

Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST

Was ist zu tun? – Handlungsfelder für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Akzeptanzfähiger Robotereinsatz

Um einen erfolgreichen Robotereinsatz in den Unternehmen zu unterstützen, müssen Ängste und Akzeptanzhürden in Belegschaft und Gesellschaft abgebaut werden. Angesichts der öffentlichen Berichterstattung zu den Fortschritten in KI und Robotik, sehen viele Menschen in Robotern eine Konkurrenz heranwachsen, die in immer kürzeren Zyklen zu menschlichen Fähigkeiten aufschließt und sie bald deutlich übertreffen wird. Dadurch sehen viele ihren Arbeitsplatz und ihre gesellschaftliche Stellung gefährdet. Diesen Sorgen muss auf drei Ebenen begegnet werden:

Öffentliche Diskussion

Im politischen und gesellschaftlichen Diskurs muss auf eine realistische und positive Einstellung gegenüber Robotern in der Produktionsarbeit hingewirkt werden. Es muss offen kommuniziert werden, dass Robotersysteme die Automatisierung und Rationalisierung weiter vorantreiben werden. Dies muss jedoch gleichzeitig im gesellschaftlichen und wirtschaftlichen

Kontext erklärt werden. Dabei können insbesondere die positiven Effekte auf internationale Wettbewerbsfähigkeit und gesellschaftlichen Wohlstand sowie die Zwänge durch Fachkräftemangel und demografische Entwicklungen thematisiert werden.

Forschung und Entwicklung

Die Weiterentwicklung von industriellen KI- und Robotersystemen muss sich deutlich vom Streben nach Menschenähnlichkeit distanzieren und die Komplementarität zu menschlichen Fähigkeiten betonen. Ebenso muss sich die Gestaltung der Robotersysteme, die zunehmend auch Interaktionsstrategien für Transparenz und Vertrauenswürdigkeit in den Blick nimmt, von anthropomorphen Vorbildern lösen und eigenständige Ausdrucksformen entwickeln.

Auch in der öffentlichen Kommunikation von Forschungsergebnissen müssen Robotersysteme konsequent als technische Hilfsmittel positioniert werden, die zwar viele Aufgaben übernehmen können, im Endeffekt aber von Menschen gesteuert und kontrolliert werden.

Unternehmenskultur

Die subjektive Bewertung des zunehmenden Robotereinsatzes durch die Arbeitnehmenden wird maßgeblich von deren Einschätzung ihrer individuellen Arbeitssituation abhängen. Unternehmen müssen sich um sichere Beschäftigungsverhältnisse bemühen und um eine Unternehmenskultur, die von gegenseitigem Vertrauen und individueller Wertschätzung geprägt ist. Nur dann werden die Beschäftigten sich darauf einlassen, die Rationalisierung und Optimierung der Produktionsprozesse mit voranzutreiben und ihr Erfahrungswissen an lernfähige Robotersysteme weiterzugeben.

Sicherheit

Neben der Arbeitssicherheit ist die IT-Sicherheit eine zentrale Voraussetzung für den Einsatz von vernetzten Robotern. Unternehmensdaten und Prozess-Knowhow müssen sorgfältig vor fremdem Zugriff geschützt sein. Ebenso wichtig ist es, dass unbefugte externe Manipulationen der Robotersysteme

ausgeschlossen werden. Hersteller und Anbieter von Robotersystemen müssen daher dafür sorgen, dass die IT-Sicherheit gerade für kleinere Unternehmen nicht zur Hürde für den Robotereinsatz wird – weder aus Gründen der technischen Realisierung noch aus Gründen der Vertrauenswürdigkeit.

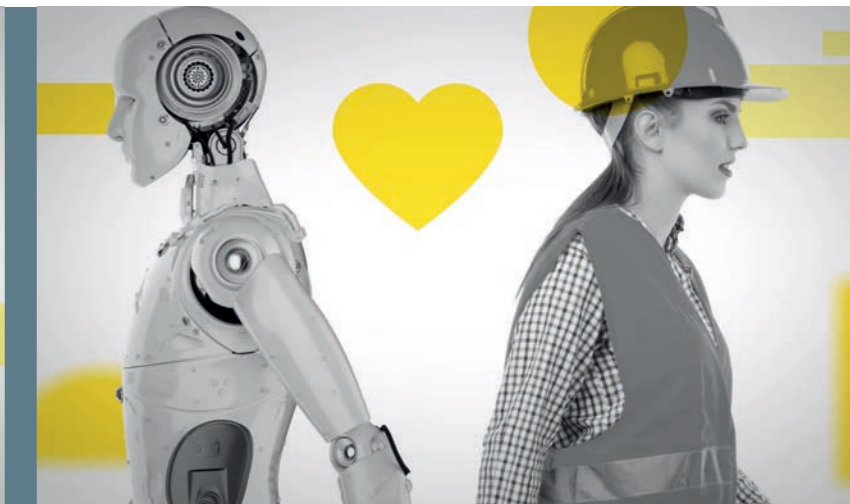
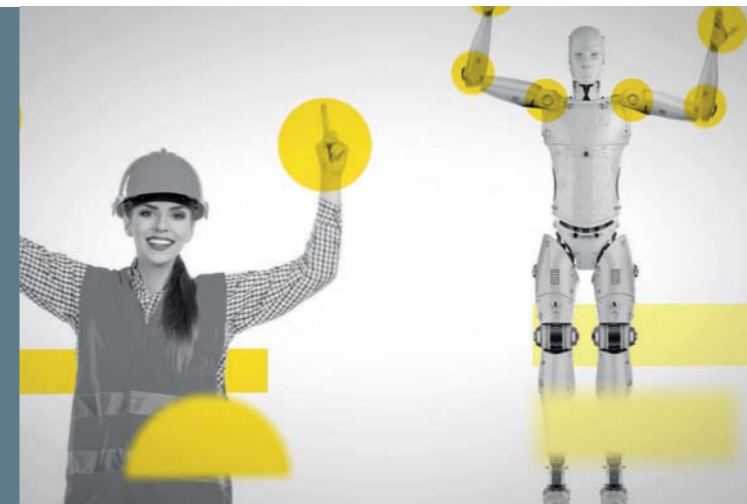
Lesen Sie mehr dazu:

- THESE 6** Automatisierung sichert den Wohlstand in
»Seite 62 Zeiten demografischer Veränderungen
- THESE 7** Künstliche Intelligenz und Lernende Systeme
»Seite 63 bereichern die Arbeitswelt
- THESE 8** Mensch und Maschine arbeiten eng und
»Seite 63 partnerschaftlich zusammen
- THESE 9** Bildungsqualität und effektives Kompetenzmanage-
»Seite 64 ment entscheiden über die Zukunft der Arbeit
- THESE 10** Die enge Verknüpfung von Wissenschaft und
»Seite 65 Praxis sichert Innovationskraft



Zwei Besucher diskutieren über die Möglichkeiten der Mensch-Roboter-Interaktion.
© Svea Pietschmann

Szenen aus dem Film »Kollege Roboter«
© Echo & Flut



VIRTUELL ERPROBEN



In Zukunft wird erst am Modell getestet und für den Patienten optimiert.
© Svea Pietschmann

Wie verändert sich Gesundheitsarbeit?

Bis heute wird die überwiegende Menge aller gesundheitsbezogenen Daten eines Patienten, insbesondere die für Diagnose und Therapie relevanten Daten in Patientenakten, Datenbanken bzw. Informationssystemen des jeweiligen Leistungserbringers, z.B. Arztpraxis, Krankenhaus, Apotheke etc. gespeichert. Die Verwendung und Weitergabe dieser Daten unterliegen weitgehenden gesetzlichen Restriktionen.

In den letzten Jahren verändern sich Gesundheitssysteme zunehmend mit dem Ziel, durch Einsatz von Informationstechnik Kooperation und Integration innerhalb der Akteure zu fördern, aber auch die Rolle des Patienten bzw. Bürgers zu stärken. So legt das 2016 in Kraft getretene Gesetz für sichere digitale Kommunikation und Anwendungen im Gesundheitswesen (E-Health-Gesetz) fest, dass Patienten als Besitzer ihrer Daten entscheiden können, welche Leistungserbringer auf welche Informationen zugreifen dürfen. Durch den Zugang zu eigenen Gesundheitsdaten sollen Bewusstsein, Engagement und Verantwortung im Hinblick auf eine gesunde Lebensführung motiviert werden.

Im digitalisierten und vernetzten Gesundheitswesen der Zukunft sind sämtliche Krankenkassen (Kostenträger) und Leistungserbringer miteinander, aber auch mit dem Bürger bzw. Patienten vernetzt. Konzepte für Datenübertragung und -speicherung sowie Strukturierung und Handhabung elektronischer (Patienten-)Akten unter Berücksichtigung von Anforderungen hinsichtlich Sicherheit, Vertraulichkeit und Verfügbarkeit sind in den letzten beiden Jahrzehnten weltweit entwickelt worden und stehen in vielen Ländern bereits im Routineeinsatz. In Deutschland werden elektronische Gesundheitskarte und Telematik-Infrastruktur als wesentliche Komponenten derzeit schrittweise in Betrieb genommen. Unter anderem setzt sich die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt von über 100 Unternehmen mit dem virtuellen Datenraum Medical Data Space (MedDS, www.medical-data-space.fraunhofer.de/) für eine Verknüpfung von medizinischen Forschungs- und Versorgungsdaten ein. Die vom BMBF geförderte Medizin-Informatik-Initiative sorgt für institutionenübergreifende Zusammenarbeit und Austausch. Beide Initiativen haben das Ziel der Steigerung von Diagnose-, Vorsorge- und Behandlungsqualität sowie ein verbessertes Therapie Monitoring.



Besucher erproben ein Medikament am Organ-on-a-Chip.
© Svea Pietschmann



WAS BERICHTEN ZUKUNFTSARBEITER?

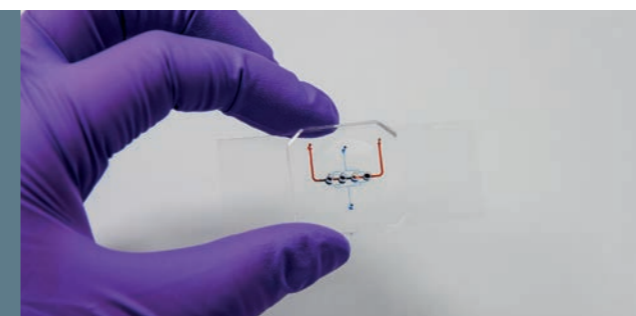
→ Der große Vorteil von »Big Data« ist, dass ich für alle meine Patientinnen und Patienten eine individuelle Therapie finde. In einer riesigen Datenbank suche ich nach Patienten mit vergleichbaren Symptomen und kann eine genaue Diagnose erstellen – auch wenn es sich um eine seltene Krankheit handelt. Behandlungsstrategien, die bei anderen gut angeschlagen haben, teste ich dann am Modell, optimiere sie für meinen Patienten und los geht's.

ELLA, ÄRZTIN

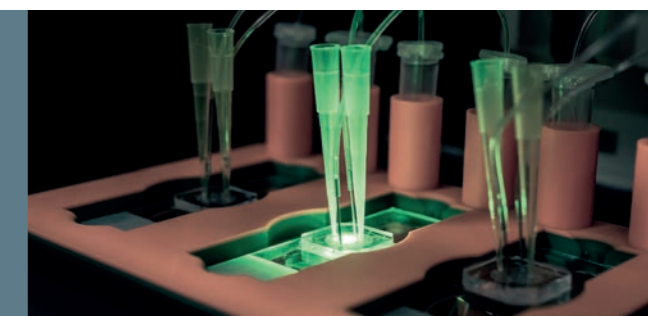
Für jeden Patienten stehen dem Arzt in Zukunft bereits beim ersten Kontakt mit dem Patienten zahlreiche Informationen und Daten zur Verfügung, die dessen Vorerkrankungen und bisherige Behandlungen, aber auch Historie und Status alltäglicher Belastungen und Befindlichkeiten beschreiben.

Entsprechende Befunde, Biosignale und Bilder stammen von anderen Ärzten bzw. Kliniken (elektronische Akten), aber auch von persönlichen Geräten aus dem Gesundheits- (EKG, Pulsoximeter, etc.) oder Freizeitbereich (Fitnesstracker, Fitnessuhren und andere »Wearables«).

Um zu ermitteln, wie sich die Erkrankung eines Patienten am besten behandeln lässt, kann der Arzt Patientendaten mit wissensbasierten Big-Data-Verfahren bearbeiten. Diese verknüpfen Erfahrungen aus zahlreichen vergleichbaren Behandlungsfällen und geben über visuell-interaktive Benutzerschnittstellen (z.B. VA4Radiomics) fallspezifische Hinweise auf Therapieoptionen.



Mikrofluidisches System mit Organbausteinen: Organ-on-a-Chip
© Fraunhofer IGB



Organs-on-a-Chip unter dem Mikroskop
© Fraunhofer IGB

»Die Versorgung von Patienten kann zukünftig maßgeblich verbessert werden, indem alle bereits vorhandenen Informationen von der ersten Diagnose bis zur Therapie sinnvoll integriert werden. So können personalisierte Daten für individuelle Therapien und maßgeschneiderte Ersatzmaterialien genutzt werden.«

Dr. Christian Wunderlich, Stellv. Institutsleiter
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS



»Lernen und Ausbildung muss handwerklich sein. Erfahren ist wichtig. Experimentieren, Ausprobieren, wo man nichts kaputt machen kann, werden zu wichtigen Elementen in Zukunft.«

Prof. Christian Oehr, Stellv. Institutsleiter
Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Auch seltene Krankheiten werden so einfacher therapierbar. In Verknüpfung mit der zu erwartenden Zunahme von GesundheitsApps werden Patienten in der Lage sein, ihre Daten automatisiert auswerten zu lassen und beispielsweise mit Therapieempfehlungen in die Praxis zu kommen. In diesem Szenario ändert sich die Rolle des Arztes noch stärker in Richtung eines Prüfers von automatisierten Therapieempfehlungen.

Was ist zu tun? – Handlungsfelder für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Erfolgreiche Umsetzung von Großprojekten

Im Gegensatz zu überwiegend staatlich bzw. zentral organisierten Versorgungsformen (wie z.B. in den Niederlanden, Schweden oder Norwegen) ist das deutsche Gesundheitswesen durch hohe Komplexität und vielfältige, heterogene Zuständigkeiten geprägt. Stehen sich etwa im Rahmen der Selbstverwaltung die Interessen der Verbände der Ärzteschaft, der Kassen, Krankenhäuser und Apotheker etc. gegenüber, gilt dies auf staatlicher Ebene hinsichtlich der Interessen von Regierungen in Bund und Ländern. Die Umsetzung von Großprojekten wie die Einführung von Telematik-Infrastruktur, die elektronische Gesundheitskarte und deren Anwendungen wurden oftmals durch die Systemstrukturen des Gesundheitswesens in Deutschland erschwert.

Diese und weitere Vorhaben sind jedoch erforderlich, will man Diskrepanzen und Systemunterschiede zwischen verschiedenen Dokumentationsformen vermeiden, Interoperabilität auf technischer, semantischer sowie organisatorischer und prozessorientierter Ebene zwischen Einzelsystemen erreichen

sowie die Grenzen zwischen ambulanter und stationärer Versorgung und den weiteren Sektoren im Gesundheitswesen überwinden.

Bewusstseinsbildende Maßnahmen

Unterstützend ist Aufklärungsarbeit in der Breite hinsichtlich der Chancen und des potenziellen Nutzens digitaler Informationssysteme (z.B. für präzisere Diagnosen aufgrund von Vergleichswerten) erforderlich, sowohl für die professionellen Akteure als auch im Arzt-Patienten-Verhältnis. Mittelbar wird dies auch Einfluss auf die Akzeptanz für datengetriebene Therapieempfehlungen und Patienteninformationssysteme ausüben.

Sicherer und flächendeckender Datenaustausch

Der für das Gesundheitswesen wesentliche, sichere Austausch und die Verknüpfung unterschiedlicher Datenbestände aus unterschiedlichen Quellen sollten im Rahmen von Datenräumen stattfinden. Dabei sollte die Datensouveränität, d.h. der Datenbesitz verbleibt beim Bereitsteller der Daten, ebenso

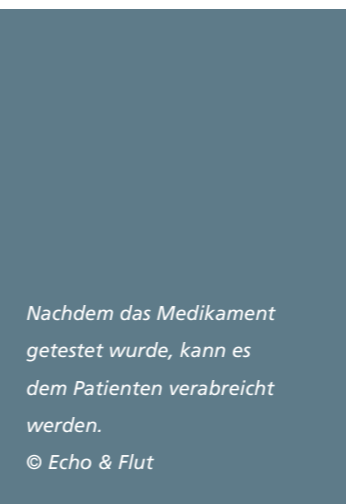
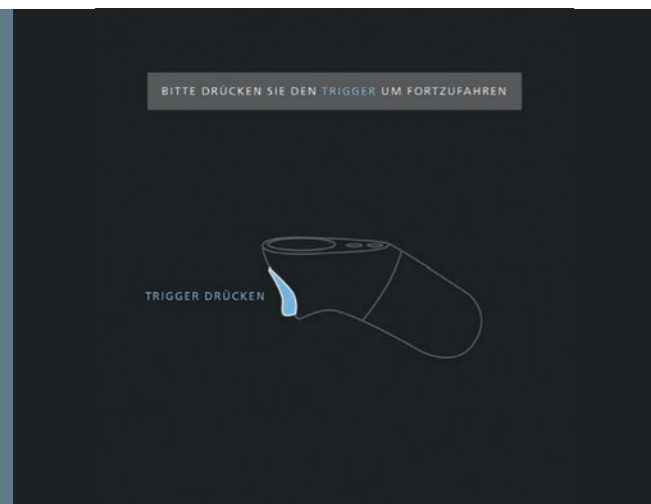
gewahrt sein wie die Souveränität der Dateneigentümer (z.B. Patienten, Pflegepersonal etc.), im Sinne eines virtuellen Datenraums wie dem Medical Data Space (MedDS). Eine weitere Bedingung für die beschriebene Möglichkeit des Mediziners, Krankheitsbilder auszuwerten und entsprechende Therapieoptionen anhand von Big Data vorzuschlagen zu können, stellt ein flächendeckendes Datenmanagement dar, welches in der regionalen Breite funktioniert.

Lesen Sie mehr dazu:

- THESE 3** »Seite 61 Vernetzte Daten ermöglichen neue Formen der Zusammenarbeit
- THESE 4** »Seite 61 Digitale Modelle helfen die Komplexität zu beherrschen
- THESE 7** »Seite 63 Künstliche Intelligenz und Lernende Systeme bereichern die Arbeitswelt

»Lernen über Big Data und Analytik ist im Gesundheitsbereich nicht nur enorm hilfreich für das Patientenwohl, es ist auch wirtschaftlich. So können beispielsweise in der Pharmaproduktion signifikante Produktivitätszuwächse erzielt werden.«

Prof. Thomas Bauernhansl, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA



MASSSCHNEIDERN



Ein Besucher der Erlebniswelt interagiert im »Labor der Zukunft«.
© Svea Pietschmann

Wie verändert sich Gesundheitsarbeit?

Die Präzisionsmedizin versetzt Behandler in die Lage, Patienten individueller und zielgerichteter zu behandeln. Durch die Einbeziehung zahlreicher Daten und Informationen aus IT-Systemen verschiedener klinischer Funktionsbereiche, z.B. Labordaten und Bild-daten aus Radiologie-Informationssystemen können Behandlungsmethoden der Präzisionsmedizin, wie z.B. chirurgische Eingriffe, geplant, vorbereitet und dokumentiert werden. Im Zuge technischer Weiterentwicklungen steigen Qualität und Aussagekraft, aber auch das Volumen entsprechender Daten.

Ausgehend von der onkologischen Pharmakotherapie, wo »Personalisierte Medizin« heute bereits Bestandteil der Routineversorgung ist, findet dieses Konzept eine laufend wachsende Zahl weiterer Einsatzbereiche. Mögliche Anwendungen umfassen die individualisierte, maßgeschneiderte Herstellung von Implantaten, welche – insbesondere bei Einsatz additiver Fertigungsverfahren – auch örtlich und zeitlich in unmittelbarer Nähe operativer Eingriffe erfolgen kann.

WAS BERICHTEN ZUKUNFTSARBEITER?



→ Ich liebe meine Arbeit. Was ist besser, als Menschen so viel Lebensqualität zurückzugeben? Als Laborant produziere ich maßgeschneiderte Implantate, zum Beispiel Knochen oder Organe. Sie passen einfach perfekt. Operationen laufen dadurch viel schneller – mit höheren Heilungschancen, weil wir so nah am Original bleiben. Absolutes Highlight meiner Arbeit: glückliche Patienten bei der Nachkontrolle.

NOAM, LABORANT

Häufigkeit und Umfang chirurgischer Eingriffe können durch wissenschaftlich gestützte, individualisierte Diagnose- und Therapieentscheidungen wesentlich verringert werden. Bei erforderlichen Operationen tragen minimalinvasive, durch 3D-Visualisierungen unterstützte Verfahren, in Echtzeit verfügbare umfangreiche situationsbezogene Informationen und ggf. die Einbeziehung räumlich entfernter Experten dazu bei, Belastungen und Risiken für den Patienten zu minimieren. Für Spezialaufgaben, bei denen z.B. höchste Präzision gefordert ist, ergänzen OP-Roboter die Fähigkeiten des Chirurgen.

Implantate als Ersatz für Organe bzw. körpereigene Materialien werden nicht mehr standardisiert gefertigt, per »Katalogauswahl« spezifiziert und zugeliefert, sondern – z.B. mit additiven Verfahren – für jeden Patienten kurzfristig individuell angefertigt. Dabei kann die Konstruktion des Implantats weitgehend dem patientenindividuellen »Original« folgen. So ermöglicht z.B. bei der Herstellung eines Knochens die additive Fertigung eine patientenspezifische Ausführung der Knochenhülle, welche durch poröse Schaumfüllung der Skelettstruktur angenähert wird.

Mit Hilfe von IT wird der Einsatz von Ressourcen übergreifend geplant und überwacht. Entsprechende Anwendungen optimieren die Belegung von Operationssälen, den Einsatz und die Verfügbarkeit von Geräten, Patientenbetten etc., aber auch von Personal. Dabei liefern visuelle Leitstände (z.B. Health@Hand) und mobile Endgeräte virtuelle Abbilder der realen Situation als Grundlage für Entscheidungen von Ärzten, Pflegepersonal und Controllern.

Alle Abbildungen © Echo & Flut



3D Daten des zu reparierenden Knochenbereichs werden erstellt und aufbereitet.



Der Besucher drückt die kompakte Keramikhülle. Als Füllung bringt er anschließend einen Keramikschaum ein.



Die additive Fertigung ermöglicht die patientenspezifische Anpassung der Hülle und der porösen Schaumfüllung an die Skelettstruktur.



Das keramische Knochenimplantat, millimetergenau der Anatomie des Patienten angepasst, kann nun eingesetzt werden.



»Es gibt eine starke Kopplung von Arbeit und Technik, der Einfluss ist bidirektional. Arbeit verändert die Technik und Technik verändert die Arbeit«

Prof. Christoph Leyens, Institutsleiter

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Was ist zu tun? – Handlungsfelder für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Anpassung der Aus- und Weiterbildungscurricula

Der Umgang mit innovativen Diagnose- und Therapieverfahren muss in der ärztlichen Ausbildung ebenso wie in der laufenden Weiterbildung vermittelt und praxisnah geübt werden. Hierzu sollten verstärkt neuartige Instrumente zum Einsatz kommen, wie beispielsweise neuartige (OP-)Simulatoren. Mittelfristig werden auch neue Ausbildungsberufe entstehen, wie beispielsweise das eines 3D-Drucklaboranten. Ermöglicht durch die Einführung additiver Fertigungsverfahren für eine dezentrale, patienten- und situationsspezifische Herstellung von Medizinprodukten, die bislang zentral und typisiert in industriellem Maßstab erfolgte. Daraus resultierende Anpassungsnotwendigkeiten müssen die Sozialpartner, stimuliert von der Politik, in Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen berücksichtigen.

Breite Sensibilisierungs- und Informationskampagne

Chirurgie und OP sind ein sensibler Arzt-Patientenbereich, in dem vielfältige Risikokonstellationen offensichtlich sind. Daher werden Debatten über neuartige Behandlungsoptionen häufig zu wenig chancenorientiert geführt, viele Patienten wissen zu wenig über den konkreten Nutzen diverser Therapiealternativen. Um #Zukunftsarbeit in der OP Realität werden zu lassen, muss eine breit angelegte Sensibilisierung für Innovationen in der Medizin angestoßen werden. Dies soll einerseits die Behandlerinnen und Behandler für die Anwendung neuartiger Verfahren wie z.B. den 3-D Druck gewinnen. Zum anderen gesellschaftlich-politischen Handlungsdruck für Innovationen erzeugen und gleichzeitig die gesellschaftliche Nachfrage nach innovativen Lösungen erhöhen. Die Politik könnte diesen Prozess gemeinsam mit den Akteuren der Selbstverwaltung und Patientenvertretern moderieren, z.B. Rahmen umfassend angelegter Kommunikations- und Dialogplattformen.

Lesen Sie mehr dazu:

- THESE 5** Nachhaltiges Wirtschaften und effizienter Ressourceneinsatz erfordern neue Ansätze
»Seite 62
- THESE 9** Bildungsqualität und effektives Kompetenzmanagement entscheiden über die Zukunft der Arbeit
»Seite 64



Erlebniswelt-Besucher schlüpfen in die Rolle eines zukünftigen Medizintechnikers.
© Svea Pietschmann

Das Fraunhofer IKTS entwickelte dazu eine Material- und Verfahrenskombination, die den menschlichen Knochenaufbau nachahmt.
© Echo & Flut



MENSCH IM FOKUS



Besucher der Erlebniswelt erkunden das »Pflegerzimmer der Zukunft«.
© David Ausserhofer

Wie verändert sich Gesundheitsarbeit?

Technik kann in Pflege und Rehabilitation dazu beitragen, medizinisches Personal zu entlasten und Patienten intensiver und individueller zu betreuen.

Menschen, die sich nicht oder nur teilweise bewegen können, müssen beim Anheben zum Wechseln der Bettwäsche, beim Umsetzen auf einen Rollstuhl oder beim Baden auf unterschiedliche Weise gestützt, gehoben, positioniert oder transportiert werden. Konventionelle, manuell bedienbare und umständlich zu transportierende Liftersysteme eignen sich meist nur für eine oder wenige dieser Anwendungen und sind oft nicht am Einsatzort verfügbar, sondern müssen erst aus einem anderen Raum geholt werden. Dies unterbleibt häufig aus Zeitmangel und Patienten werden deshalb vorwiegend manuell bewegt. Im stationären Bereich, also in einem Krankenhaus oder in einem Pflegeheim, werden 13 Prozent der Arbeitszeit einer Pflegeperson allein für die Dokumentation aufgewendet.



WAS BERICHTEN ZUKUNFTSARBEITER?

→ Ich arbeite gerne in meinem Beruf. Meine »alten Damen und Herren« zu pflegen, ist wundervoll – jeden Tag nehme ich mir ausgiebig Zeit für alle. Die Dokumentation und Planung der Pflege und Reha verlaufen ja automatisiert. Und unsere Roboter übernehmen alle belastenden und gefährlichen Arbeiten. Berufskrankheiten kenne ich nur von den Erzählungen meiner älteren Kollegen.

MILA, GESUNDHEITSPFLGERIN

Ständig wachsende Fähigkeiten von Robotern erweitern deren Einsatzmöglichkeiten für Betreuungsleistungen. Sie übernehmen teilautonom körperlich belastende Tätigkeiten (Heben bzw. Umlagern von Patienten, Umgang mit Betten etc.), die in Pflegeeinrichtungen und Kliniken häufig zu Berufskrankheiten führen. Längerfristig werden individualisierte Roboter auch für Haushalte verfügbar und erleichtern dort körperlich eingeschränkten Menschen das Leben in ihrer privaten Umgebung. Geringere physische Anforderungen und gesundheitliche Risiken steigern die Attraktivität pflegerischer Berufe sowohl im stationären wie im ambulanten Bereich.

Individuelle, ggf. adaptive Interaktionsschemata werden auch beim Einsatz von Robotern in der Rehabilitationstherapie angewandt: Nach der Anleitung des Patienten und einer professionell begleiteten initialen Trainingsphase findet die laufende Durchführung der verordneten Übungen mit einem Roboter als Trainingspartner statt. Dies ermöglicht individualisierte, für den Patienten optimierte Trainingspläne bei hoher Überwachungs- und Betreuungsqualität. Die Interaktion mit dem Patienten kann dabei durch VR-/AR-Verfahren unterstützt werden.

Der Einsatz von IT ermöglicht auch die weitgehend automatisierte Planung, Dokumentation und Bewertung pflegerischer und rehabilitativer Leistungen. Das von derartigen Tätigkeiten entlastete Fachpersonal hat mehr Zeit für Aufgaben im direkten Patientenkontakt.

Alle Abbildungen © Echo & Flut



Roboter werden in Zukunft weiterhin für spezielle Aufgabengebiete optimiert sein.



Rehabilitationsmaßnahmen können künftig in der heimischen Umgebung und zu jeder Zeit durchgeführt werden.



»Bei der Entwicklung von intelligenter Technik und Robotern sollte es in erster Linie darum gehen, Menschen zu befähigen und dem Einzelnen neue, wertvolle Möglichkeiten zu eröffnen – anstatt eine menschliche Leistung möglichst gut zu automatisieren.«

Prof. Anette Weisbecker, Stellv. Institutsleiterin

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Was ist zu tun? – Handlungsfelder für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Attraktivität von Pflegeberufen erhöhen

Auch nach zwei Pflegestärkungsgesetzen werden die Folgen der demografischen Entwicklung in Deutschland weiteren Anpassungsdruck erzeugen. Die Zahl der Pflegebedürftigen wird weiter ansteigen bei gleichzeitig zunehmender Herausforderung, ausreichend professionelle Pflegekräfte verfügbar zu machen. Der schrumpfende Anteil familiärer und informeller Pflege erzeugt zusätzlichen Handlungsbedarf. Um vor diesem Hintergrund die Pflegearbeit zukunftsfähig sicherzustellen, bedarf es neben Marketingmaßnahmen zur Steigerung der Attraktivität von Pflegeberufen und der verstärkten Anwerbung von Berufsein- und Wiedereinsteigern auch einer Weiterentwicklung der gegenwärtigen Migrationspolitik für mehr Anwerbung im Ausland. Zusätzlich muss die individuelle Weiterbildung verstärkt werden, etwa gefördert durch staatliche Anreize.

Einsatz innovativer Assistenzsysteme erleichtern

Weiter geht es darum, die Verweildauer in Pflegeberufen entscheidend zu verlängern sowie den für pflegerische Tätigkeiten (im Gegensatz zu Dokumentations- und Verwaltungsarbeiten) verfügbaren Anteil der Arbeitszeit zu maximieren. Der Einsatz innovativer Assistenzsysteme, insofern er die Pflegekräfte entlastet und nicht zu einer Verschlechterung des Pfleger-Patient Betreuungsschlüssels genutzt wird, kann hier eine Schlüsselrolle bei der Ausgestaltung der Arbeit der Zukunft in der Pflege spielen. Administrative Voraussetzungen für die praktische Erprobung und Pilotanwendungen – in möglichst direkter Kooperation mit den Pflegekräften potentiellen Nutzern – müssen geschaffen werden. Die strategische Einbindung der Pflegekräfte für die Einführung innovativer Anwendungen kann dafür sorgen, dass die Entlastung der Pflegekräfte als Faktor für den Einsatz von Assistenzsystemen im betrieblichen Reporting berücksichtigt werden und die quantitativen Betriebskennzahlen ergänzen können.

Ethische und rechtliche Fragen mitdenken

Aus ethischer Sicht ergeben sich Fragen hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten von technischen Assistenzsystemen. Dies betrifft auch die Frage, wo technische Einsatzgebiete in der Pflege sinnvoll und qualitätssteigernd mit mehr Menschlichkeit wirken. Gefragt ist nicht zuletzt auch eine sozialpartnerschaftliche Gestaltung dessen, auch im Hinblick auf die Wahrung des Beschäftigtendatenschutzes. Auf rechtlicher Seite müssen im Besonderen Haftungsrisiken beim Einsatz von Assistenzsystemen, bei der IT- und Betriebssicherheit derartiger Systeme klar geregelt und entsprechende Rahmenbedingungen weiterentwickelt werden.

Lesen Sie mehr dazu:

- THESE 2** Zukünftige Arbeitsumgebungen fördern
»Seite 60 Mitgestaltung, Selbstverwirklichung und Wohlbefinden
- THESE 6** Automatisierung sichert den Wohlstand
»Seite 62 in Zeiten demografischer Veränderungen
- THESE 8** Mensch und Maschine arbeiten eng und
»Seite 63 partnerschaftlich zusammen



Eine gesicherte Grundversorgung und mehr Zeit für den Menschen
© Echo & Flut

BETREUUNG 24/7



Eine Besucherin der Erlebniswelt versucht sich als »Health-Manager«
© Svea Pietschmann

Wie verändert sich Gesundheitsarbeit?

Telemedizin ermöglicht die Bereitstellung bzw. Anwendung von medizinischen Dienstleistungen über größere Entfernungen mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien. Die telemedizinische Überwachung des Gesundheitszustandes von Menschen wird als Telemonitoring bezeichnet. Die dabei erfassten Parameter reichen von kontinuierlich bzw. episodisch gemessenen Biosignalen (z.B. EKG, Sauerstoffsättigung) bis zu punktuell erfassten Werten (Blutdruck). Sie können durch die aktive Mitarbeit der Betroffenen (z.B. mittels täglicher Messung und elektronischer Eingabe von Gewicht oder Blutzuckerspiegel) oder ohne menschliche Intervention automatisch mit Hilfe entsprechender Geräte – ggf. unter Verwendung von intelligenten Assistenzfunktionen – in angemessenen Abständen bestimmt werden. So wird etwa die lückenlose Überwachung von Risikopatienten durch Systeme erleichtert, die kritische Situationen erkennen und medizinisches Personal alarmieren. In die Telemonitoring-Systeme können auch aktorische Komponenten einbezogen werden, wie z.B. »smarte« Defibrillatoren,



WAS BERICHTEN ZUKUNFTSARBEITER?

→ Gesund bleiben, das ist mein Thema. Ich berate zum Beispiel ältere Menschen und kümmere mich um ihre Sicherheit. So bleiben sie länger selbstständig und in ihrer gewohnten Umgebung. Ich bin jederzeit ansprechbar und bekomme sofort mit, wenn es einen Notfall gibt. Dann rufe ich den Rettungsdienst und finde ein aufnahmebereites Krankenhaus. So kann ich meine Klienten optimal versorgen.

LUIS, CARE MANAGER

die kardiologisch relevante Informationen unmittelbar an ein telemedizinisches Zentrum senden, um einer akuten kritischen Situation möglichst zuvorzukommen. Die beim Telemonitoring eingesetzten Komponenten sind prinzipiell mit konventionellen medizinischen Geräten bzw. Systemen funktionsäquivalent, aber speziell für den Einsatz im häuslichen bzw. privaten Umfeld konzipiert.

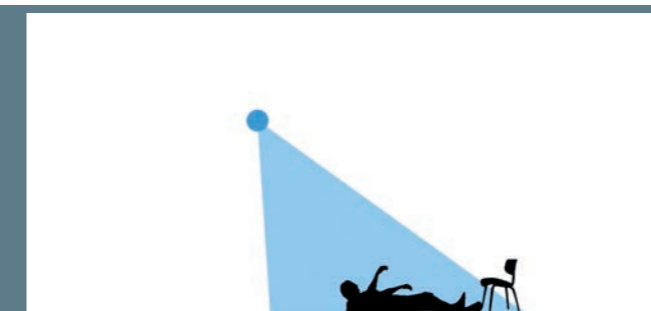
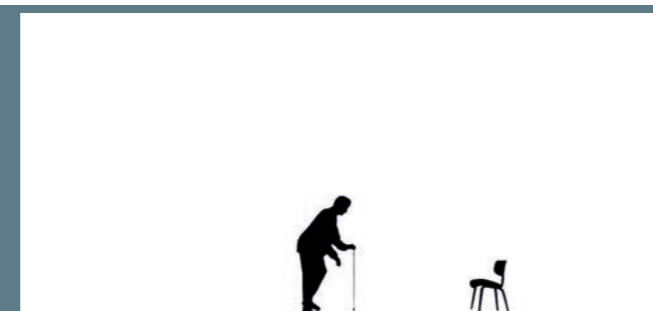
Während für Telemonitoring-Anwendungen innerhalb des regulierten deutschen Gesundheitsmarkts nach wie vor kaum tragfähige Erstattungsmodelle existieren, ist die Erfassung gesundheitsbezogener Daten mit privater Consumer-Technik für größere Bevölkerungsgruppen zur Routine geworden. Mobile »Wearables« für den Consumer-Markt mit miniaturisierter körpurnaher Sensorik zur Erfassung zahlreicher Biosignale und (Umgebungs-)Parameter sind in vielfältiger Ausführung als Armband, Brille, Stirnband, Armbanduhr oder Clip etc., aber auch als »Smart Clothing« auf dem Markt. Typischer Weise für die Kooperation mit Smartphones und Tablet-Computern ausgelegt, erfüllen sie mit Tragbarkeit, einfacher Handhabung und Skalierbarkeit maßgebliche Anforderungen an Selbstmonitoring-

Systeme für die Marktsegmente Fitness, Wellness und Lifestyle. Im Kombination mit drahtlosen Netzen ermöglichen sie kontinuierliche Überwachungs- und Auswertefunktionen für Jedermann, wie sie früher lediglich temporär und in spezialisierten Arztpraxen und Kliniken realisierbar waren. Damit können Menschen selbstständig und permanent ihren körperlichen Zustand überwachen, Veränderungen frühzeitig erkennen, Einflüsse von Verhalten und Umwelt unmittelbar beobachten. Die weltweite »Quantified Self«-Bewegung hat sich zum Ziel gesetzt, durch laufende Messung möglichst vieler Parameter und deren Auswertung mit leistungsfähigen Auswertelgorithmen ein tieferes Verständnis des eigenen Körpers zu ermöglichen, das wiederum zur Selbstoptimierung benutzt werden kann. In diesem Umfeld sind auch bereits entsprechende private Dienstleister entstanden. Die meist über lange Zeiträume erhobenen Daten können aber auch dem behandelnden Arzt wertvolle Informationen liefern. Für die medizinische Forschung bietet die anonymisierte, kumulierte Auswertung der erstmals in großem Umfang verfügbaren Daten aus 24/7-Monitoring-Anwendungen völlig neue Möglichkeiten.

Alle Abbildungen © Echo & Flut



Lokale oder mobile Sensorik für zahlreiche Biosignale und Parameter – kontinuierliche Überwachungs- und Auswertefunktionen für Jedermann.



Erkennt NurseEye (Fraunhofer IOSB) oder EPItect (Fraunhofer ISST) einen Notfall, kann eine Verbindung zum Patienten aufgebaut werden.



Über das ZLB (Fraunhofer IESE) kann der gerufene Mitarbeiter die Rettungsmaßnahmen koordinieren.

Telemedizin und Tele-Monitoring ermöglichen im Gesundheitswesen neue Formen kooperativer Arbeit und nachhaltiger, flächendeckender Betreuung sowie Zugang zu medizinischer Expertise sowohl für gesundheitlich oder sportlich Engagierte als auch für Patienten in ihrem häuslichen bzw. privaten Umfeld. Je nach Anwendung und Zielgruppe kommt dabei ein breites Spektrum unterschiedlicher Ausführungen von Tele-Monitoring-Systemen zum Einsatz.

Textilintegrierte und an Körperformen angepasste (z.B. In-Ohr-) Sensorik ermöglicht zuverlässige kontinuierliche Erfassung von Biosignalen und hohen Tragekomfort auch bei starker körperlicher Aktivität. Entsprechende Monitoring-Lösungen helfen nicht nur ambitionierten Sportlern, Belastungen individuell zu optimieren, sondern auch Berufstätigen mit gesundheitlichen Risikofaktoren oder Einsatzkräften in Gefahrensituationen, Schäden durch Stress und Überlastung zu vermeiden.

In realen Alltagssituationen gemessene Daten stehen gesundheitlichen Dienstleistern und Ärzten in großem Umfang zur Verfügung. Im Zusammenwirken mit KI-gestützten Werkzeugen zu Analyse und Diagnoseunterstützung sowie speziellen Feedback- und Assistenzfunktionen werden nicht nur neue

Formen der Prävention, sondern sogar Interventionen in Echtzeit ermöglicht. Entsprechende Tätigkeitsfelder bereichern nicht nur den Arztberuf, sondern etablieren neue Berufe an der Schnittstelle zwischen Patienten bzw. gesundheitlich Betreuten einerseits und komplexer wissenschaftlicher Technik andererseits. »Gesundheitsmanager« bzw. »Health Manager« nutzen aktuelle Parameter und Verlaufsdaten ihrer Klienten, um im Zusammenwirken mit entscheidungsunterstützenden Systemen regelmäßig beratende Hinweise und Motivation zu gesunder Lebensführung. »Care Manager« ergänzen in ähnlicher Weise und in Kooperation mit anderen Leistungserbringern ärztliche Tätigkeit bei der Betreuung chronisch Kranker bzw. von Senioren.

Lesen Sie mehr dazu:

- THESE 3** Vernetzte Daten ermöglichen neue Formen der Zusammenarbeit
»Seite 61
- THESE 7** Künstliche Intelligenz und Lernende Systeme bereichern die Arbeitswelt
»Seite 63

Was ist zu tun? – Handlungsfelder für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Gesetzliche Rahmenbedingungen anpassen

Durch die Verbreitung von Telemonitoring verändert sich die medizinische Behandlung: der Mediziner ist mehr in der Rolle des Datenanalysten gefragt, der frühzeitig diagnostische und präventive Maßnahmen vorschlagen kann. Die Patienten informieren sich zunehmend selbst und stehen dem Arzt teilweise auf Augenhöhe gegenüber. Für die Anwendung intelligenter Systeme, die aus dem häuslichen bzw. privaten Bereich heraus selbständig kommunizieren, sind die Wahrung der Vertraulichkeit, der Integrität und Authentizität der personenbezogenen Daten kritische Erfolgsfaktoren. Hier bedarf es klarer gesetzlicher Rahmenbedingungen, die neben den Interessen der Patienten auch angemessene Nutzungsmöglichkeiten für die medizinische Forschung berücksichtigen.

Schrittweise Einführung in Kooperation mit Behandlern

Telemonitoring zur kontinuierlichen Überwachung der Gesundheit kann dazu beitragen, die Standortqualität medizinischer Dienstleistung nachhaltig zu verbessern und sich

abzeichnende demografische Entwicklungen (steigender Anteil älterer, immobiler Patienten bei gleichzeitig zunehmendem Ärztemangel insbesondere im ländlichen Raum) zu bewältigen. Dafür sollten vorhandene Pilotprojekte für Telemonitoring, in Kooperation mit Behandlern und Nutzern von Wearables und FitnessApps in die Breite skaliert werden.

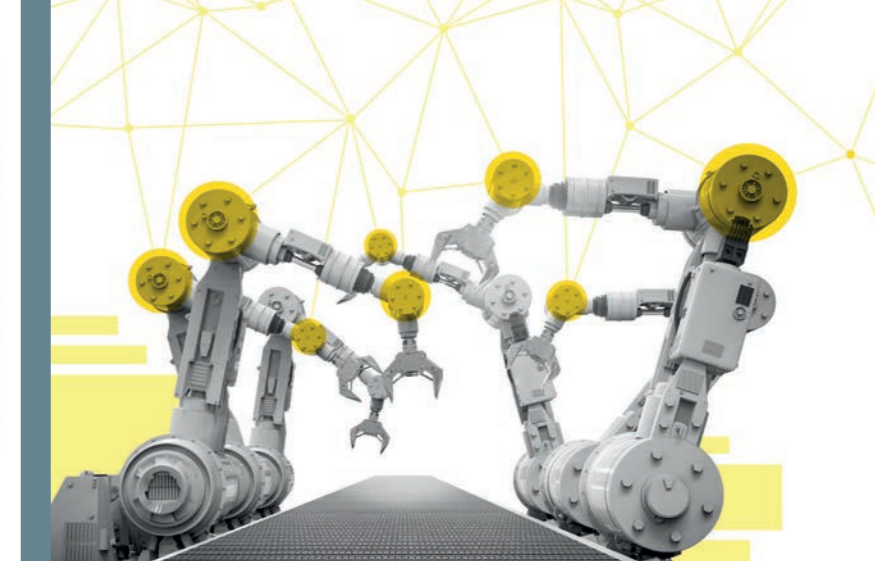
Vereinfachter Weg in die Regelversorgung

In Deutschland entscheidet über die Zulassung neuer Untersuchungs- und Behandlungsmethoden zur Kostenerstattung durch die gesetzliche Krankenversicherung der »Gemeinsame Bundesausschuss«. Die insbesondere für den Einsatz in der ambulanten Versorgung erforderlichen Nachweise des diagnostischen oder therapeutischen Nutzens, der medizinische Notwendigkeit und die Wirtschaftlichkeit sind für innovative Methoden in der geforderten Form häufig kaum zu erbringen. Hier erscheinen zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um unter Einbeziehung von internationalen Erfahrungen die »Innovationslücke« zwischen Entwicklung und Anwendung weiter zu schließen.



Das FitnessSHIRT des Fraunhofer IIS liefert Gesundheitsdaten.
© Echo & Flut

ZEHN THESEN ZUR GESTALTUNG DER #ZUKUNFTSARBEIT



THESE 1

Flexible Arbeitsbedingungen schaffen private und unternehmerische Spielräume

Die Flexibilisierung der Arbeit hilft Unternehmen verschiedenster Größe, dynamisch auf zunehmende Konjunkturschwankungen volatiler Märkte zu reagieren und sich rascher auf neue Nachfragesituationen einzustellen. Für die Beschäftigten bieten flexiblere Bedingungen die Möglichkeit, ihre Arbeit individuell an aktuelle Lebensphasen, persönliche Präferenzen und familiäre Umstände anzupassen.

Arbeit wird künftig immer weniger an feste Orte oder Zeiten gebunden sein. Zunehmend werden die Erwerbstätigen selbst entscheiden, wann und wo sie arbeiten möchten. Durch virtuelle Kollaborationsräume können auch Teambesprechungen ortsunabhängig abgehalten werden. Selbst die Überwachung und Steuerung einer Produktionsanlage kann aus dem »Home-Office« erfolgen.

Auf der organisatorischen Ebene äußert sich die Flexibilisierung in zunehmend agilen Strukturen und Prozessen. Unternehmerisches Risiko, Mitgestaltung und Verantwortung werden in flacheren Hierarchien auf viele Schultern verteilt. In vielen Bereichen wird das klassische Angestelltenverhältnis immer mehr durch alternative Beschäftigungsformen ergänzt oder gar ersetzt.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsarbeit

- Plattformen und Rahmenbedingungen für die Organisation flexibler Arbeit schaffen
- Win-Win-Situation erzeugen: Unternehmen und Arbeitende profitieren von Flexibilisierung und teilen Ziele, Verantwortung und Erfolge fair, nachhaltig und motivierend
- Effektive Lösungen für Telepräsenz und virtuelle Teams entwickeln und etablieren

THESE 2

Zukünftige Arbeitsumgebungen fördern Mitgestaltung, Selbstverwirklichung und Wohlbefinden

Die Arbeit der Zukunft bietet mehr Gelegenheiten für Mitgestaltung, Selbstverwirklichung und Selbstbestimmung. Damit leistet sie einen wertvollen Beitrag für individuelles Wohlbefinden.

Wichtige Grundlagen dieser Entwicklung sind die steigende Automatisierung, die zu neuen und erweiterten Tätigkeitsprofilen führt, die Flexibilisierung, die mehr individuelle Spielräume und Eigenverantwortung mit sich bringt, und eine zunehmende Lockerung des Zusammenhangs zwischen individueller Arbeitsleistung und wirtschaftlicher Absicherung, die den Wert der eigenen Arbeit weit über das Ziel der Existenzsicherung hinaus steigert.

Zusätzlich erkennen Unternehmen, dass die zukünftigen Anforderungen an ihre Belegschaft nur dann erfüllbar sind, wenn die Mitarbeitenden sich mit den Zielen des Unternehmens identifizieren und wenn sie intrinsisch motiviert sind, Verantwortung zu übernehmen und Mitgestaltungsmöglichkeiten aktiv zu nutzen. Die Voraussetzungen hierfür werden in der entsprechenden Ausgestaltung von Arbeitsumgebungen und Unternehmensstrukturen geschaffen.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsarbeit

- Forschungsschwerpunkte der Arbeitswissenschaft auf positive Wirkungspotenziale der Arbeit lenken, z.B. Selbstverwirklichung, Spaß und Wohlbefinden (in starker Ergänzung zu klassischen Ansätzen, die vor allem auf die Vermeidung von Belastungsfaktoren abzielen)
- Gestaltungsansätze entwickeln: Arbeitsmittel, Arbeitsumgebungen und Organisationsstrukturen, die gezielt Motivation, Identifikation, Wertschätzung und Vertrauen fördern
- Verändertes Bild von Arbeit etablieren: als sinnstiftend für das Individuum und zugleich als wertvoller Beitrag für Wirtschaft und Gesellschaft

THESE 3

Vernetzte Daten ermöglichen neue Formen der Zusammenarbeit

Die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung machen umfangreiche Daten in Echtzeit verfügbar und ermöglichen eine kontinuierliche Auswertung und Optimierung aktueller Zustände und laufender Vorgänge – zum Beispiel im Gesundheitswesen, in der Produktion oder in der Logistik.

Gemeinsam mit intelligenten Algorithmen bilden vernetzte Daten die Grundlage für selbstoptimierende Systeme. In vielen Fällen liegt es jedoch heute und in Zukunft am Menschen, diese Daten sinnvoll zu nutzen, um Situationen richtig einzuschätzen, fundierte Entscheidungen zu treffen oder kreative Lösungen zu finden.

Die digitale Vernetzung verbindet Akteure in globalen Wertschöpfungsnetzen und Ökosystemen. Dadurch entstehen neben attraktiven Serviceangeboten auch völlig neue Möglichkeiten der ortsunabhängigen Arbeit und der globalen Zusammenarbeit.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsarbeit

- Darstellungskonzepte entwickeln: Bedarfsgerechte Aufbereitung von großen Datenmengen und maschinellen Analyseergebnissen für den Menschen
- Effizientes Zusammenwirken von Mensch und Künstlicher Intelligenz bei der Datenauswertung und Interpretation ermöglichen
- Rechtliche und ethische Fragen klären: Eigentums- und Persönlichkeitsrechte beachten, sowie die faire Verwertung von Daten, die im Zusammenspiel mehrerer individueller und organisatorischer Akteure entstehen
- Datensicherheit, Datenschutz und Datensouveränität in offenen Systemen gewährleisten

THESE 4

Digitale Modelle helfen die Komplexität zu beherrschen

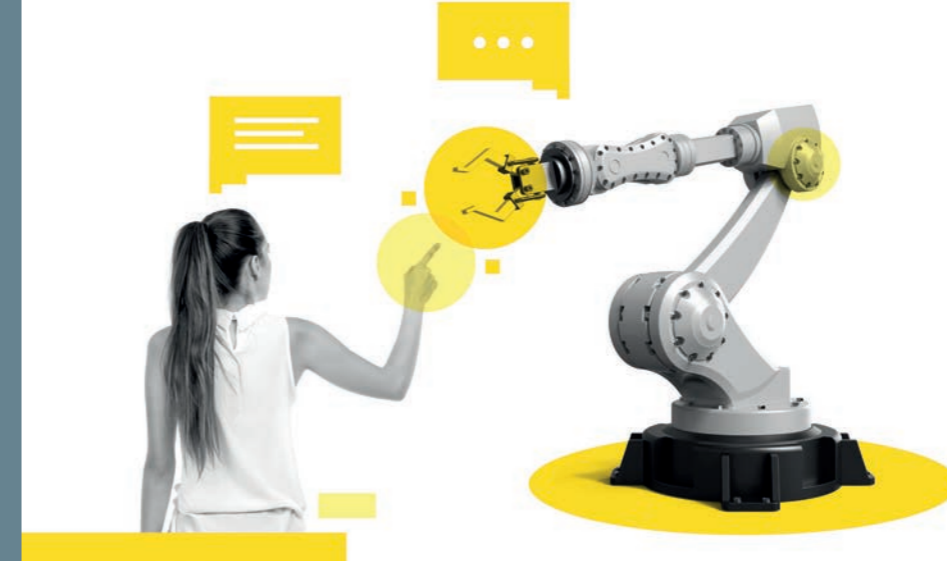
Die Komplexität der Arbeitssysteme und -abläufe wird deutlich steigen. Die Gründe hierfür liegen u.a. in der Individualisierung von Produkten, sowie der Digitalisierung und der Vernetzung.

Digitale Modelle eröffnen zahlreiche Möglichkeiten, mit der zunehmenden Komplexität der Arbeitswelt effektiv umzugehen. Sie fördern Lernen und Verständnis, indem sie ein spielerisches Erkunden von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen im Virtuellen ermöglichen. Mit geeigneten Visualisierungstechnologien der Virtual Reality (VR) oder Augmented Reality (AR) werden selbst komplexe und abstrakte Zusammenhänge sichtbar, erlebbar und begreifbar. Schließlich unterstützen digitale Modelle kompetente Entscheidungen, indem sie die Möglichkeit bieten, verschiedene Optionen zunächst im Modell auszuprobieren und zu simulieren, bevor neue Lösungsansätze in der Realität umgesetzt werden.

So können zum Beispiel Änderungen von Produktionsprozessen zunächst im digitalen Fabrikmodell erprobt, der Effekt verschiedener Therapiepläne anhand individueller Patientendaten vorhergesagt oder der zu erwartende Markterfolg neuer Produktvarianten mithilfe virtueller Kundenmodelle bewertet werden. Damit leisten digitale Modelle einen wichtigen Beitrag zu einer effektiven und intuitiven Zusammenarbeit von intelligenter und vernetzter Technik mit dem Menschen.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsarbeit

- Voraussetzungen schaffen: Prozesse digitalisieren, umfangreiche Daten bereitstellen und Echtzeitaktualisierungen ermöglichen
- Darstellungsformate des digitalen Modells anschaulich und intuitiv gestalten
- Interaktionsmöglichkeiten entwickeln, damit aktives Explorieren, Entdecken und Ausprobieren möglich werden und die Arbeitenden dazu auch motiviert werden



THESE 5

Nachhaltiges Wirtschaften und effizienter Ressourceneinsatz erfordern neue Ansätze

Der sparsame und verantwortungsvolle Umgang mit den endlichen Ressourcen wird zu einem zentralen Gebot des globalen Wirtschaftens. Geeignete Ansätze, innovative Lösungen und fortschrittliche Technologien werden zu einem strategischen Wettbewerbsfaktor. Auch die Zielkriterien der Arbeit verändern sich durch die immer wichtiger werdende Rolle der Nachhaltigkeit.

Neben Sensorik, Vernetzung und Künstlicher Intelligenz (KI) versprechen insbesondere Verfahren, die aus der Biologie bekannt sind, massive Fortschritte in Richtung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit. Die Potenziale der Nutzung von Materialien, Strukturen und Prinzipien der belebten Natur in der Technik sind so groß, dass wir neben dem digitalen Wandel heute schon von einer Biologischen Transformation sprechen. Dadurch entstehen neue Kompetenzanforderungen, Berufsbilder und Ausbildungsprofile sowie neue Konstellationen der interdisziplinären Zusammenarbeit.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsarbeit

- Zielkriterien und Erfolgsindikatoren der Arbeit in Richtung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit weiterentwickeln
- Neue Berufs- und Ausbildungsprofile definieren, insbesondere an den Schnittstellen von Informatik, Ingenieurwissenschaft und Biologie
- Passgenaue biotechnologische Kompetenzen in Unternehmen und Teams etablieren und integrieren

THESE 6

Automatisierung sichert den Wohlstand in Zeiten demografischer Veränderungen

In der Diskussion um die Zukunft der Arbeit wird die Automatisierung häufig als Bedrohung thematisiert. Tatsächlich aber wird die Arbeit durch die Automatisierung monotoner und körperlich schwerer Routinetätigkeiten in zahlreichen Fällen vielseitiger, gesünder, attraktiver und verantwortungsvoller. Um günstige Rahmenbedingungen für die Arbeit von morgen zu sichern, müssen auch zukünftige Automatisierungspotenziale verantwortungsbewusst und konsequent ausgeschöpft werden.

Produktivitätssteigerungen durch intelligente Automatisierung sichern die globale Wettbewerbsfähigkeit unserer Wirtschaft und den Wohlstand unserer Gesellschaft. Die Herstellung von Gütern und die Erbringung von Dienstleistungen erfordern künftig weniger menschliche Arbeit. Hierdurch kann unser Leben und Arbeiten komfortabler werden. Probleme wie eine sinkende Zahl verfügbarer Arbeitskräfte, die der demografische Wandel mit sich bringt, können abgewendet werden. Schließlich können Künstliche Intelligenz und Robotersysteme auch zur Abschwächung des Fachkräftemangels beitragen, beispielsweise in den Bereichen der Verwaltung, der Medizin und der Pflege.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsarbeit

- Automatisierung effektiv und verantwortungsvoll gestalten und umsetzen
- Arbeitsteilung und Rollenverhältnis zwischen Mensch und autonomer Technik so gestalten, dass eine Balance zwischen wirtschaftlichen, individuellen und gesellschaftlichen Interessen gelingt
- Sozialen Zusammenhalt und soziale Gerechtigkeit sichern: gesellschaftliche Spaltung verhindern
- Ausreichende, motivierte und kompetente Arbeitskraft für nicht automatisierbare Tätigkeiten sicherstellen

THESE 7

Künstliche Intelligenz und Lernende Systeme bereichern die Arbeitswelt

Fortschritte in der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere im Maschinellen Lernen, werden künftig noch weitere Automatisierungspotenziale eröffnen – zunehmend auch in weniger stabilen, weniger kontrollierbaren und weniger vorhersehbaren Arbeitsbereichen. Doch der Wert der KI liegt nicht in erster Linie darin, dass sie menschliche Arbeit übernehmen kann.

Nahezu alle Berufsgruppen werden in Zukunft mit KI-Systemen zusammenarbeiten, um menschliche Fähigkeiten zu ergänzen und zu erweitern. KI-Systeme helfen den Einzelnen, ihren Alltag zu organisieren. Sie recherchieren riesige Datenbestände, stellen relevante Informationen bereit und ermöglichen neue Einsichten. Sie unterstützen kompetente Entscheidungen, indem sie günstige Entscheidungsoptionen vorschlagen. Sie bieten Orientierung in einer immer komplexeren digitalen Welt. Auf diese Weise werden intelligente Maschinen in Zukunft den Wirkungskreis des Menschen erweitern. Die Führung werden sie jedoch nicht übernehmen.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsarbeit

- Benötigte Kompetenzen für die Entwicklung von und den Umgang mit Lernenden Systemen auf- und ausbauen
- Ansätze für lernförderliche soziotechnische Systeme entwickeln: Mensch lernt von Maschine, Maschine lernt von Mensch
- Ethik als Innovationstreiber verstehen: nachhaltiger und menschengerechter KI-Einsatz in allen Arbeitsumgebungen
- Lernende Systeme so gestalten, dass sie trotz ihrer Dynamik allgemein nachvollziehbar und gesellschaftlich akzeptierbar sind

THESE 8

Mensch und Maschine arbeiten eng und partnerschaftlich zusammen

Nur wenn Mensch und Technik eng zusammenarbeiten, können neue technische Möglichkeiten optimal ausgeschöpft werden. Daher wird die Kooperation und Interaktion mit intelligenten und lernenden Systemen einen beträchtlichen Teil der #Zukunftsarbeit einnehmen. Menschen und Maschinen werden sich in sozialen Netzwerken organisieren. Gemeinsam lösen sie Probleme und treffen fundierte Entscheidungen.

Erfolgsgrundlage dieses partnerschaftlichen Verhältnisses ist eine intuitive und natürliche Mensch-Technik-Interaktion. Mit direkten Nutzereingaben – zum Beispiel über Gesten und Sprache – steuert der Mensch die Technik, die sogar mentale Zustände und Intentionen des Menschen erkennen kann und so auf soziale und emotionale Aspekte des Nutzerverhaltens sensibel reagiert. Neben einem gegenseitigen »Verständnis« zwischen Mensch und Maschine werden dadurch insbesondere die Motivation und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden gefördert.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsarbeit

- Verhältnis zwischen Mensch und Technik klären: Rollen, Teilung von Arbeit und Verantwortung, ethische Aspekte (»Einzigartigkeit des Menschen«)
- Transparenz und Kontrolle in der Interaktion mit autonomen Systemen sichern
- Technologien und Gestaltungsansätze entwickeln, damit sich Mensch und Technik gegenseitig intuitiv »verstehen«
- Mensch-Technik-Interaktion gezielt einsetzen, um die Arbeit der Zukunft so attraktiv wie möglich zu gestalten



THESE 9

Bildungsqualität und effektives Kompetenzmanagement entscheiden über die Zukunft der Arbeit

Die Arbeit der Zukunft wird anspruchsvoller und vielseitiger. Einerseits, weil insbesondere einfache Routinetätigkeiten durch die zunehmende Automatisierung übernommen werden. Andererseits, weil individuelle Kundenwünsche unterschiedlichste und immer wieder neue Fähigkeiten erfordern. Darüber hinaus können sich Kompetenzanforderungen schnell und grundlegend ändern. Es ist kaum möglich, heute vorauszusagen, welche Kompetenzen morgen benötigt werden.

Um sicherzustellen, dass die Wirtschaft weiterhin zukunfts- und wettbewerbsfähig bleibt, braucht es eine Bildungsoffensive auf allen Ebenen. Neben einer digitalen Grundausbildung sollte die Schul- und Erstausbildung besonders solche Kompetenzen fördern, die zukünftig noch wichtiger werden: Dazu zählen kreative Problemlösung, unternehmerisches Denken sowie schnelles Zurechtfinden in unbekanntem und unstrukturierten Umgebungen.

Für Unternehmen wird die permanente und in die Arbeit eingebettete Weiterqualifizierung ihrer Mitarbeitenden zu einem zentralen Wettbewerbsfaktor. Hierfür bedarf es neuer Ansätze

und digitaler Werkzeuge, um neue Kompetenzanforderungen frühzeitig zu erkennen und benötigte Kompetenzen schnell aufzubauen.

Eine wesentliche Rolle spielen intelligente Assistenzsysteme, die alle Arbeitssituationen durchgängig durch eine bedarfsgerechte und individuell zugeschnittene Hilfestellung unterstützen. Intelligente Assistenzsysteme bündeln das Erfahrungswissen der Belegschaft mit Erkenntnissen maschineller Lernalgorithmen. Sie werden zu einem zentralen Instrument des betrieblichen Wissens- und Kompetenzmanagements – auch über Standortgrenzen hinweg. Darüber hinaus überwinden Assistenzsysteme Qualifizierungsdefizite und befähigen die Mitarbeitenden unabhängig von Alter, Leistungsvermögen und Beeinträchtigungen. So ermöglichen sie möglichst vielen Menschen eine größtmögliche gesellschaftliche Integration und eine aktive Partizipation am Arbeitsmarkt.

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsbearbeitung

- Vermittlung sozialer und methodischer Kompetenzen stärker in Aus- und Weiterbildungssysteme verankern
- Infrastruktur für dynamisches Kompetenzmanagement in Unternehmen aufbauen
- Technische Voraussetzungen für umfassende Assistenzsysteme schaffen
- Anreizsysteme für aktive Beteiligung am betrieblichen Wissensmanagement etablieren
- Motivation zum lebenslangen Lernen und zur eigenverantwortlichen Weiterbildung fördern
- Gestaltungsansätze für menschengerechte Assistenzsysteme entwickeln, sodass die Mitarbeitenden diese nicht als Taktgeber ihre Arbeit empfinden, sondern als Hilfsmittel für die individuelle Befähigung und Weiterentwicklung.



THESE 10

Die enge Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis sichert Innovationskraft

Bildung und Innovationskraft sind die wichtigsten Voraussetzungen für den zukünftigen Erfolg – auch wenn es darum geht, zuverlässige, konstruktive und attraktive Arbeitsbedingungen zu ermöglichen.

Die enge Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis ist schon heute ein Erfolgsmodell. Auf der individuellen Ebene zeigen dies die Duale Hochschule und berufliche Weiterbildungskonzepte, die auf praktischem Coaching und Learning-on-the-Job mit neuen Formen des digitalen Lernens basieren.

Für die Innovationskraft der Unternehmen haben sich Kooperationen mit angewandten Forschungsinstituten wie denen der Fraunhofer-Gesellschaft besonders bewährt. Erfolgsgeschichten sind der Transfer neuer Technologien aus der Forschung in einzigartige Produkte und Verfahren sowie die fundierte Entwicklung und Erprobung von digitalen Plattformen als Grundlage neuer Ökosysteme und Wertschöpfungsnetze (z.B. Industrial Data Space, »Digitale Dörfer«).

Ein weiterer Schwerpunkt betrifft die Stärkung der unternehmensinternen Innovationsressourcen. Dies umfasst einerseits die durchgängige Digitalisierung der Innovationsprozesse, um Innovationen systematisch zu unterstützen und über virtuelle Modelle abzusichern. Andererseits gilt es, Strukturen und Arbeitsbedingungen zu schaffen, die die menschliche Kreativität fördern. Denn insbesondere für disruptive Innovationen, die zu sprunghaften Leistungsanstiegen führen, spielt die menschliche Kreativität auch in Zukunft eine zentrale Rolle.²⁷

Herausforderungen für die Gestaltung der #Zukunftsbearbeitung

- Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen für kleine Unternehmen und Start-Ups stärker fördern
- Durchlässigkeit in Bildungssystemen und beruflichen Karrieremodellen stärken
- Investitionen der Unternehmen in Forschung und Entwicklung intensivieren
- Kooperationsmodelle für unternehmensübergreifende Innovationsnetzwerke etablieren

QUELLENVERZEICHNIS

- ¹ World Economic Forum (2018): The Future of Jobs Report 2018. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>.
- ² OECD (2017): Digital Economy Outlook. https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-digital-economy-outlook-2017_9789264276284-en#page1
- ³ Facebook (2018): Anzahl der monatlich aktiven Facebook Nutzer weltweit vom 3. Quartal 2008 bis zum 3. Quartal 2018 (in Millionen). Daten aus statista.com. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37545/umfrage/anzahl-der-aktiven-nutzer-von-facebook/>
- ⁴ Dönitz, E., Kimpeler, S. (2016). Der digitale Wandel der Arbeitswelt und Herausforderungen für die Bildung. Eine Foresight-Studie des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung. Hrsg. v. Vodafone Stiftung Deutschland. Fraunhofer ISI. https://www.vodafone-stiftung.de/uploads/tx_newsjson/Vodafone_Stiftung_Fraunhofer-Foresight-Studie_01.pdf.
- ⁵ Stifterverband, McKinsey (2017): Hochschulbildungsreport 2020 – Höhere Chancen durch höhere Bildung. Jahresbericht 2017/18 – Halbzeitbilanz 2010 – 2015: S. 70 – 74.
- ⁶ Acatech (2016): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. April 2016. Acatech in Kooperation mit Fraunhofer IML und equoo.
- ⁷ European Commission (2015): The Knowledge Future. Intelligent policy choices for Europe 2050. https://ec.europa.eu/research/pdf/publications/knowledge_future_2050.pdf
- ⁸ Vogler-Ludwig K., Düll N., Kriechel B. (2016): Arbeitsmarkt 2030 Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter. Analyse der zukünftigen Arbeitskräftenachfrage und des -angebots in Deutschland auf Basis eines Rechenmodells Prognose 2016. Kurzfassung. Im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS).
- ⁹ Zweck, A., Holtmannspötter, D., Braun, M., Hirt, M., Kimpeler, S., Warnke, P. (2015). Gesellschaftliche Veränderungen 2030. Ergebnisband 1 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II. 3 Bände. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum. https://www.bmbf.de/files/VDI_Band_100_C1.pdf.
- ¹⁰ Daheim, C., Wintermann, O. (2016). 2050: Die Zukunft der Arbeit. Ergebnisse einer internationalen Delphi-Studie des Millennium Project. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/BST_Delphi_Studie_2016.pdf
- ¹¹ Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2016). Wertewelten Arbeiten 4.0. Eine Studie der nextpractice im Auftrag des BMAS.
- ¹² Eichhorst, W., Spermann, A. (2016). Sharing Economy: Mehr Chancen als Risiken? 96. Jahrgang, 2016, Heft 6, S. 433-439.
- ¹³ OECD (2018). Job Creation and Local Economic Development. Preparing for the Future of Work. https://read.oecd-ilibrary.org/employment/job-creation-and-local-economic-development-2018_9789264305342-en#page1
- ¹⁴ Bundesministerium für Arbeit und Soziales Abteilung Grundsatzfragen des Sozialstaats, der Arbeitswelt und der sozialen Marktwirtschaft (2016). Weissbuch Arbeiten 4.0. Arbeiten weiterdenken. https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a883-weissbuch.pdf?__blob=publicationFile
- ¹⁵ Frey, C.B., Osborne, M.A. (2013). The future of employment: how susceptible are jobs to computerization? In University of Oxford, Oxford OX1 1PT, United Kingdom Department of Engineering Science.
- ¹⁶ Dengler, K., Matthes, B. (2015). Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar. IAB-Kurzbericht Nr. 24.
- ¹⁷ Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Referat Zukunftsgerechte Gestaltung der Arbeitswelt und Arbeitskräftesicherung (Hrsg.) (2017). Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe bis 2030 – Ein gemeinsames Lagebild der Partnerschaft für Fachkräfte. https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Thema-Arbeitsmarkt/lagebild-partnerschaft-fachkraefte-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- ¹⁸ Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U. (2018). Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit: Makroökonomische Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitslosigkeit und Löhne von morgen. <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/DigitalisierungundZukunftderArbeit2018.pdf>
- ¹⁹ Marcolin, L., Miroudot S., Squicciarini M. (2016). Routine jobs, employment and technological innovation in global value chains. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2016/01. OECD Publishing, Paris.
- ²⁰ Huws, U., Spencer, N.H., Syrdal, D.S., Holts, K. (2017). Work in the European Gig Economy: Research results from the UK, Sweden, Germany, Austria, the Netherlands, Switzerland and Italy (Brussels: Foundation for European Progressive Studies). https://uhra.herts.ac.uk/bitstream/handle/2299/19922/Huws_U._Spencer_N.H._Syrdal_D.S._Holt_K._2017_.pdf?sequence=2
- ²¹ Statistisches Bundesamt (2017). Qualität der Arbeit – Geld verdienen und was sonst noch zählt 2017. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetige/BroschuereQualitaetArbeit0010015179004.pdf?__blob=publicationFile
- ²² Heidrich, M., Luo, J.J. (2016). Industrial Internet of Things: Referenzarchitektur für die Kommunikation. Whitepaper von Fraunhofer ESK und Huawei. https://www.esk.fraunhofer.de/content/dam/esk/dokumente/Whitepaper_IoT_dt_April16.pdf
- ²³ Bauernhansl, T. ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. (2014). Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration, Springer Vieweg, Wiesbaden.
- ²⁴ acatech (Hrsg.): Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag 2016. <https://www.utzverlag.de/assets/pdf/44502dbl.pdf>
- ²⁵ Otto, B., Jürjens, J., Schon, J., Auer, S., Menz, N., Wenzel, S., Cirullies, J. (2016). Industrial Data Space. Digitale Souveränität über Daten. Hrsg.: Fraunhofer-Gesellschaft, München, 2016. https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/industrial-data-space/Industrial-Data-Space_whitepaper.pdf
- ²⁶ Tüllmann, C., ten Hompel, M., Nettsträter, A., Prasse, C. (2017). Social Networked Industry ganzheitlich gestalten. Whitepaper des Fraunhofer IML. https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/iml/de/documents/101/06_Whitepaper_SNI-ganzheitlich-entwickeln_WEB.pdf
- ²⁷ Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung (2018). Wandel verstehen – Zukunft gestalten. Impulse für die Zukunft der Innovation. <https://www.innovationsforschung.fraunhofer.de/content/dam/iao/innovationsforschung/documents/impulspapier-wandel-verstehen-zukunft-gestalten.pdf>

DANKSAGUNG EINGEBUNDENE EXPERTINNEN UND EXPERTEN

Wir bedanken uns bei allen Expertinnen und Experten, die als Podiumsdiskutanten der Dialogveranstaltungen #Zukunftsarbeit Produktion am 8. Oktober 2018 und #Zukunftsarbeit Gesundheit am 9. Oktober 2018 wertvolle Impulse lieferten. Ihre Impulse für die Diskussion trugen maßgeblich zur Formulierung der Empfehlungen in dieser Studie bei.

Dialogveranstaltung #Zukunftsarbeit Produktion

- Dr. Dagmar Dirzuz, vdi/vde-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik
- Saskia Esken, Mitglied des Deutschen Bundestags, SPD-Fraktion
- Walter Ganz, Fraunhofer IAO
- Prof. Hubert Jäger, Systemleichtbau und Mischbauweisen, TU Dresden
- Gabriele Katzmarek, Mitglied des Deutschen Bundestags, SPD-Fraktion
- Thomas Köster, Konrad-Adenauer-Stiftung
- Prof. Dr. Georg Rosenfeld, Fraunhofer-Gesellschaft
- Kristian Schalter, Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA)

Dialogveranstaltung #Zukunftsarbeit Gesundheit

- Elisabeth Ewen, Fraunhofer-Gesellschaft
- Dr. Patricia Ex, Bundesverband Managed Care
- Grit Genster, ver.di
- Fabian Langenbruch, Bundesministerium für Arbeit und Soziales
- Dr. Markus Mai, Landespflegekammer Rheinland-Pfalz
- Dr. Ursula Marschall, BARMER
- Prof. Andreas Melzer, Innovation Center Computer Assisted Surgery, Universität Leipzig
- Prof. Dr. Peter Parycek, Fraunhofer FOKUS
- Prof. Gudrun Piechotta-Henze, Alice Salomon Hochschule Berlin
- Sandra Postel, Marienhaus Holding und Landespflegekammer Rheinland-Pfalz
- Marion Rink, B.A.G Selbsthilfe
- Josef Sauerer, Fraunhofer IIS
- Dr. Matthieu-P. Schapranow, Hasso-Plattner-Institut
- Dr. Julia Schäfer, Kienbaum Consultants International

Außerdem danken wir allen Besucherinnen und Besuchern der Fraunhofer-Erlebniswelt, die mit Ihren Kommentaren und Anregungen unser Bild zur Arbeit von morgen nachhaltig prägten und sich zum großen Teil an der live-Umfrage zur Erlebniswelt »Zukunftsarbeit? Ihre Meinung ist gefragt!« beteiligten.

Interviews mit Expertinnen und Experten der Fraunhofer-Institute

Unser Dank gilt ebenso den Fraunhofer-Kolleginnen und Kollegen, die im Rahmen von Experteninterviews befragt wurden.

Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT

- Dr. Markus Eisenhauer
- Dr. Leif Oppermann
- Prof. Dr. Wolfgang Prinz

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

- Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Bauer
- Dr.-Ing. Moritz Hämmerle
- Dr. Josephine Hofmann
- Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath
- apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Weisbecker

Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE

- Prof. Dr. Peter Liggesmeyer

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

- Dipl.-Ing. Steffen Masik
- Prof. Dr.-Ing. Michael Schenk

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

- Jun.-Prof.Dr.rer.nat. Peter Loskill
- Hon.-Prof. Dr. Christian Oehr

Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD

- Dipl.-Math. Holger Diener
- Prof. Dr. Dieter Fellner

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS

- Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

- Dr.-Ing. Christian Wunderlich

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

- Dipl.-Math. Holger Diener
- Dipl.-Inform. Andreas Nettsträter

Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW

- Prof. Dr. Thorsten Posselt

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

- Dr. rer. nat. Elisabeth Peinsipp-Byma
- Prof. Dr.-Ing. Carsten Röcker
- Dr.-Ing. Michael Voit

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

- Dipl.-Wi.-Ing. Ramez Awad
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
- Martin Hägele
- Dr. med. Urs Schneider
- Prof. Dr. Jan Stallkamp

**Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK**

- Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
- Dipl.-Ing. Gerhard Schreck
- Prof. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

- Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher
- Dipl.-Ing. Henning Janssen

**Fraunhofer-Institut für System- und Innovations-
forschung ISI**

- Dr. Annette Braun

**Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik
ISST**

- Dr. rer. nat. Sven Meister
- Prof. Dr.-Ing. Boris Otto

**Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik
IST**

- Dr.-Ing. Saskia Biehl
- Prof. Dr. Günter Bräuer
- Dr.-Ing. Jochen Brand

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

- Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens

**Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und
Umformtechnik IWU**

- Dr.-Ing. Mohamad Bdiwi
- Dr.-Ing. Tino Langer
- Prof. Dr. Matthias Putz

Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI

- Prof. Dr. Frank Emmrich

Impressum

Autoren:

Dr. Matthias Peissner
Thomas Norgall
Martin Wegele

Grafikdesign und Satz:

Echo & Flut GmbH, Stuttgart
Vierthaler & Braun, München

Kontakt

Dr. Matthias Peissner
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2311
matthias.peissner@iao.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und
Organisation IAO, Stuttgart,
im Auftrag der
Fraunhofer-Gesellschaft

© Fraunhofer-Gesellschaft zur
Förderung der angewandten
Forschung e.V., München 2018

