

Die Zukunft des Internet of Things im verarbeitenden Gewerbe

Rolle des Fog Computings und Auswirkungen auf die Arbeit

Heidi Heimberger, Ewa Dönitz, Fraunhofer ISI und Jens Nimis,
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

Die komplexen Systeme in der digitalisierten Industrie sind zunehmend vernetzt und generieren heterogene Daten. Das Fog Computing soll eine effiziente Datenverarbeitung im Internet of Things (IoT) ermöglichen, dessen zukünftige Entwicklung jedoch noch ungewiss ist. Die Frage ist, wie die Zukunft des IoT im verarbeitenden Gewerbe Deutschlands aussieht, welche Rolle das Fog Computing darin spielt und welche Implikationen sich für die digitale Arbeitswelt ergeben. Die Ergebnisse eines interdisziplinären Szenarioprozesses liefern Einblicke in mögliche Zukunftsbilder.

Das IoT ermöglicht die Fusion von physischen Objekten untereinander und mit der digitalen Welt, wodurch sie sich zu intelligenten Systemen entwickeln, Informationsträger werden und eigenständig kommunizieren können [1]. Im verarbeitenden Gewerbe kann die breite Nutzung von IoT-Technologien die traditionelle Fertigung in eine intelligente [2] und datengetriebene wandeln. Bis die großen Datenmengen für die Verarbeitung und Analyse in die Cloud gelangen, kann es für zeitkritische Reaktionen zu spät sein. Somit entstehen neue Herausforderungen: Latenzzeiten, Datenvolumina und die Ressourcennutzung müssen minimiert werden. Für diese Anforderungen hat sich zu Beginn der 2010er Jahre [3, 4] ein neues, dezentrales Konzept etabliert – das Fog Computing. Im Gegensatz zum Edge Computing, bei dem es ohne die Cloud ausschließlich um die Rechenleistung am Rande des Netzwerks geht, folgen wir dem Verständnis von Bernbach u.a. [5] und verstehen unter dem Fog Computing das Zusammenspiel von Cloud, Edge und zwischengelagerten Knoten. Bevor Informationen in die Cloud gesendet werden, erfolgt die Auswahl und (Vor-)Verarbeitung der Daten im lokalen Netzwerk. Diese Rechenleistung vor Ort ermöglicht eine schnellere Reaktion der vernetzten Geräte und zusätzlich eine verbesserte Privatsphäre für Endnutzer, da sensible Daten lokal gehalten werden können. Das Fog Computing verspricht neben Datenschutzvorteilen die effiziente Realisierung der Datenanalyse und -verarbeitung im IoT [5].

Da es sich um einen relativ jungen Ansatz handelt, ist die zukünftige Relevanz des Fog Computings ungewiss. Dieser Beitrag soll daher folgende Forschungsfragen klären:

1. Welche Entwicklungen prägen die Zukunft des IoT in der deutschen Industrie bis 2025 und welche Rolle spielt das Fog Computing darin?
2. Welche Auswirkungen ergeben sich für die Arbeit in der digitalisierten Industrie?
3. Mit welchen Maßnahmen kann eine vernetzte Industrie erreicht werden?

Methodik

Zukünftige Entwicklungen sind selten genau vorhersagbar oder planbar. Mithilfe der Szenariomethode können jedoch plausible und begründbare Zukunftsbilder, sogenannte Szenarien, entwickelt werden [6–8]. Dabei werden zukunftsrelevante Faktoren berücksichtigt, die ein System von innen und außen prägen. In Verbindung mit Szenarien eignet sich die Backcasting-Methode, um auf Basis einer gewünschten Zukunft zurück auf die Gegenwart zu blicken und zu zeigen, wie diese Zukunft erreicht werden kann [9]. Der in diesem Beitrag dargestellte Szenarioprozess besteht aus drei übergeordneten Schritten:

Im ersten Schritt erfolgte die Identifikation der Schlüsselfaktoren im Rahmen einer Inhalts-

The Future of the Internet of Things in Manufacturing Industries – Role of Fog Computing and Effects on Work

The complex systems in the digitized industry are increasingly connected and generate heterogeneous data. Fog Computing aims to enable efficient data processing in the Internet of Things (IoT), however, its future development is uncertain. The question is, what the future of IoT in Germany's manufacturing industry will look like, which role fog computing will play in it and what implications will arise for the digital working environment. The results of an interdisciplinary scenario process provide insights into possible future scenarios.

Keywords:

digital working environment, fog computing, industrial firms, scenario



M. Sc. Heidi Heimberger ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Geschäftsfeld Industrieller Wandel und neue Geschäftsmodelle des Competence Centers Innovations- und Wissensökonomie am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI.



Dr. Ewa Dönitz arbeitet ebenfalls am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI im Competence Center Foresight, sie leitet dort das Geschäftsfeld Foresight zur Strategieentwicklung.



Prof. Dr. Jens Nimis ist Professor für Wirtschaftsinformatik an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft.

heidi.heimberger@isi.
fraunhofer.de
www.isi.fraunhofer.de/de/

Bild 1: Potenziale und Herausforderungen für die Zukunft der Arbeit.

Faktor	Potenziale	Herausforderungen
Privatsphäre und Schutz personenbezogener Daten	Datenauswertung und Prozessverbesserung auf Basis von Soll-Ist-Vergleichen durch Überwachung von Arbeitsprozessen in nahezu Echtzeit	Geräte (bspw. Tablets) ermöglichen die kontinuierliche Nachverfolgung von Mitarbeitenden zur Überwachung der Arbeitsproduktivität und -zeit
Digitale Kompetenzen der Arbeitnehmer	Digitalisierung reduziert die Hürden eines Branchenwechsel für Arbeitnehmer aufgrund der Auflösung von Branchengrenzen	die Sicherung einer wandlungsfähigen Unternehmung erfordert eine hohe Eigenverantwortung von Beschäftigten beim lebenslangen Lernen
Umweltbewusstsein in Produktion und Konsum	soziale, nachhaltige Innovationen in einer kollaborativen Wirtschaft schaffen neue Geschäftsmodelle und Arbeitsplätze	Umweltvorteilen durch dezentralisierte Produktion/Re-shoring steht der Verlust von Arbeitsplätzen im Ausland gegenüber
Fortgeschrittene Robotik im Produktionsprozess	Rückgang manueller, uninteressanter Routinetätigkeiten und neue Qualitätsanforderungen durch Mensch-Maschine-Beziehung	Beteiligung der Mitarbeiter an Arbeitsplatzgestaltung bei starker Verzahnung von menschlich und maschinell gesteuerten Prozessen

analyse verschiedener Zukunftsstudien. Dabei wurden die Faktoren in ihrem Ist-Zustand beschrieben sowie zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten in Zukunftsannahmen formuliert. In Schritt zwei bewerteten Geschäftsführer eines mittelständischen Produktionsunternehmens die Faktoren in einem Workshop hinsichtlich deren Einflussstärke und ordneten sie den Kategorien Policy, Economy, Socio-Culture und Technology (PEST) zu. Sie analysierten zudem paarweise Konflikte und Synergien zwischen den Zukunftsannahmen der Faktoren. Im dritten Schritt wurden drei Annahmenkombinationen nach den Kriterien Konsistenz, Plausibilität und Trennschärfe für die weitere Analyse ausgewählt und in Szenariostories ausformuliert. Anschließend schätzten wissenschaftliche Fachexperten das Fog Computing in den entwickelten Szenarien ein, identifizierten ein aus ihrer Sicht wünschenswertes Zukunftsbild und notwendige Schritte zur Zielerreichung.

Schlüsselfaktoren

Aus den zahlreichen identifizierten Faktoren sind für jeden PEST-Bereich ein beispielhafter Faktor und sein Einfluss auf Industrieunternehmen dargestellt.

P: Privatsphäre und Schutz personenbezogener Daten

Personenbezogene Daten sind alle Informationen, die einer Person zuordenbar sind und Schlussfolgerungen über deren Identität ermöglichen. „Privacy Paradoxon“ bezeichnet das Verhalten, wonach Verbraucher trotz Sorgen über die mangelnde Privatsphäre bewusst personenbezogene Daten preisgeben. In einer „Post Privacy“ akzeptieren Menschen im digitalen Zeitalter bewusst den Verlust der Privatsphäre, um vollständige Transparenz zu erreichen [8]. Auch Industrieunternehmen können durch Überwachungssysteme personenbezogene Daten über ihre Mitarbeiter generieren, wie z. B. Pausenzeiten [11].

E: Digitale Kompetenzen der Arbeitnehmer

Digitale Kompetenzen befähigen Mitarbeiter im Umgang mit digitalen Technologien und zum aktiven Vorantreiben der digitalen Transformation von Geschäftsprozessen [12]. Um den Anforderungen der digitalen Zukunft gerecht zu werden, müssen Unternehmen die Entwicklung der digitalen Kompetenzen ihrer Mitarbeiter vorantreiben. Betriebe haben aufgrund der Digitalisierung einen zunehmenden Bedarf an IT-Spezialisten. Viele Tätigkeiten in der Produktion lassen sich durch die Automatisierung ersetzen, wodurch sich die Nachfrage von An- und Ungelernten hin zu hochqualifizierten Fachkräften verschiebt [13].

S: Umweltbewusstsein in Produktion und Konsum

Die Kritik am Massenkonsum in den Industrieländern führt dazu, dass sich Menschen mit ihrem ökologischen Fußabdruck auseinandersetzen und bewusster konsumieren. Die Auswirkungen des Klimawandels gefährden das Ökosystem und stellen eine Herausforderung für die Industrie dar, da z. B. internationale Lieferketten durch den Anstieg des Meeresspiegels gestört werden [14]. Unternehmen unterstützen zunehmend das Umweltbewusstsein und sind dazu bereit, den Rohstoffverbrauch zu reduzieren. Geeignete IoT-Anwendungen können dazu beitragen, den Energieverbrauch zu reduzieren [15].

T: Advanced Robotics im Produktionsprozess

Advanced Robotics ermöglicht eine flexible und präzise Arbeit von Robotern, die über fortschrittliche Funktionalitäten verfügen und in weniger strukturierten Anwendungen, sowie mit Menschen, zusammenarbeiten können. In der Vergangenheit wurden Roboter aufgrund von Sicherheitsrisiken oft vom Menschen getrennt [11]. In den Industrieunternehmen

verändern sich Fertigungsvorgänge und Potenziale zur Produktivitätssteigerung sowie Lohnkostenreduktion entstehen. Den möglichen Potenzialen stehen Befürchtungen über den starken Einfluss auf die Arbeitswelt gegenüber [16].

Die Entwicklungen der einzelnen Faktoren zeigen sowohl Potenziale als auch Herausforderungen für die Arbeitswelt der Zukunft. Bild 1 visualisiert mögliche Implikationen der vorgestellten Faktoren auf die Arbeit [17-19].

Drei Zukunftsbilder

Im Folgenden werden die im dritten Schritt entwickelten, alternativen Szenarien für das IoT im verarbeitenden Gewerbe 2025 dargestellt.

Stagnierende Vernetzung

Industrieunternehmen sammeln viele Daten, doch dem Großteil fehlen Fachwissen und passende IT-Infrastrukturen für die Durchführung der Datenanalyse. Roboter unterstützen den Produktionsprozess, werden jedoch von der menschlichen Arbeit abgegrenzt und streng überwacht. Menschen ziehen sich in die „digitale Privatheit“ zurück und verzichten zum Schutz ihrer privaten Daten auf die Nutzung vieler Technologien. Trotz Umschulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen entwickeln Unternehmen nicht ausreichend Fachkräfte, um den Bedarf an IT-Spezialisten zu decken. In der Arbeitswelt herrschen starre Arbeitskonzepte und die Erwerbsarbeit dominiert. Der Fachkräftengpass bremst den Digitalisierungsprozess

der Industrie aus und die Unternehmen ergreifen nicht ausreichend Maßnahmen, um die weitere Öffnung der digitalen Kompetenzlücke zu verhindern.

Digitale Elite

Zur digitalen Elite gehören Industrieunternehmen, die sich bei der Einführung und Weiterentwicklung digitaler Lösungen fortschrittlich verhalten. Einige Unternehmen nutzen intelligente Roboter zur Substitution des Menschen in Teilbereichen der Produktion. Menschen geben ihre personenbezogenen Daten preis, um von digitalen Technologien zu profitieren. Die Regierung fördert die Beschäftigung von älteren Menschen, Frauen und Arbeitskräften aus dem Ausland, um dem Arbeitskräftemangel entgegenzusteuern. Fortschrittliche Unternehmen schulen und fördern Fachkräfte und rekrutieren IT-Personal. Es entstehen neue hochqualifizierte Erwerbsarbeitsplätze mit großen Gestaltungsspielräumen für Arbeitnehmer. Das Fachpersonal treibt den Digitalisierungsprozess der digitalen Elite aktiv voran, während sich in anderen Unternehmen die digitale Kompetenzlücke weiter öffnet.

Vernetzte Industrie

Die Industrieunternehmen sind datengetrieben und fortschrittlich im Einsatz von digitalen Technologien. Menschen arbeiten in Produktionsprozessen in Kollaboration mit intelligenten Robotern. Für die Nutzung digitaler Technologien werden personenbezogene Daten preisgegeben. Die Unternehmen entwickeln und

Literatur

- [1] Heimberger, H.: Die Zukunft des IoT in Manufacturing Industries - eine Analyse des Fog Computings. Karlsruhe 2019.
- [2] Zhang, Y.; Wang, W.; Du, W.; Qian, C.; Yang, H.: Coloured Petri net-based active sensing system of real-time and multi-source manufacturing information for smart factory. In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 94 (2018) 9-12, S. 3427-3439.
- [3] Bonomi, F.: Connected vehicles, the internet of things, and fog computing. VANET 2011. Las Vegas 2011.
- [4] Bonomi, F.; Milito, R.; Zhu, J.; Addepalli, S.: Fog computing and its role in the internet of things. MCC '12: Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing. Helsinki 2012.
- [5] Bermbach, D.; Pallas, F.; Pérez, D.; Plebani, P.; Anderson, M.; Kat, R.; Tai, S.: A Research Perspective on Fog Computing. 2017.
- [6] Erdmann, L.; Schirrmeister, E.: Constructing transformative scenarios for research and innovation futures. In: Foresight 18 (2016) 3, S. 238-52.
- [7] Dönitz, E.; Schirrmeister, E.: Foresight and scenarios at fraunhofer isi. In: Problemy eksploatacji - Maintenance Problems 4 (2013) 91, S. 15-28.
- [8] Warnke, P.; Schirrmeister, E.: Transition-Scenarios towards socially sustainable global value chains. Insights from the SONA WSK Foresight. In: Working Paper Sustainability and Innovation (2018), S. 10.
- [9] Vergragt, P.; Quist, J.: Backcasting for sustainability: Introduction to the special issue. In: Technological Forecasting and Social Change 78 (2011) 5, S. 747-755.

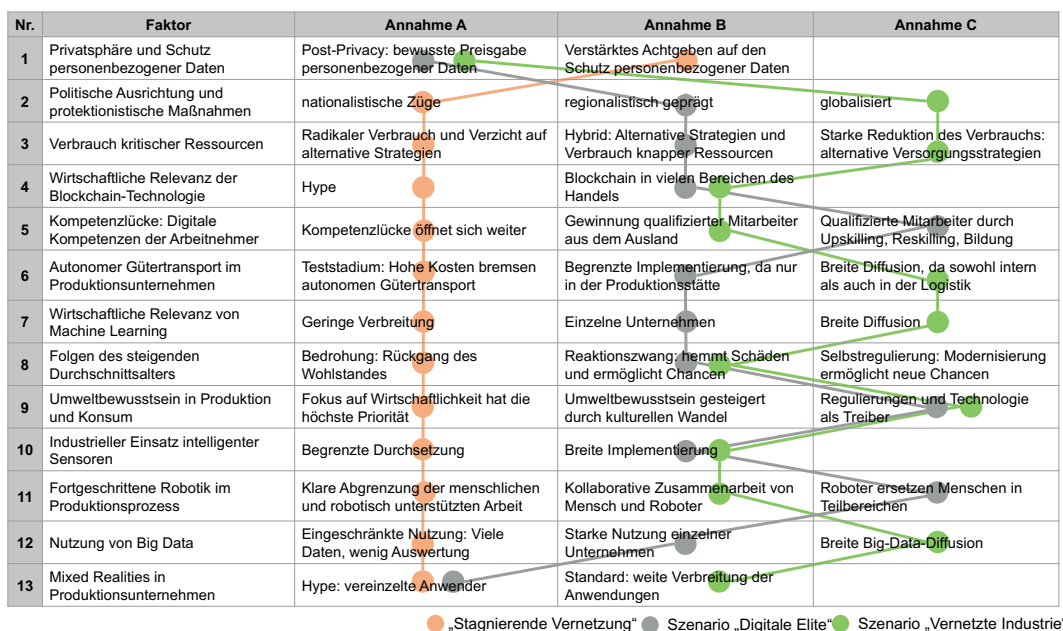


Bild 2: Kombination der Zukunftsannahmen für die ausgewählten Szenarien.

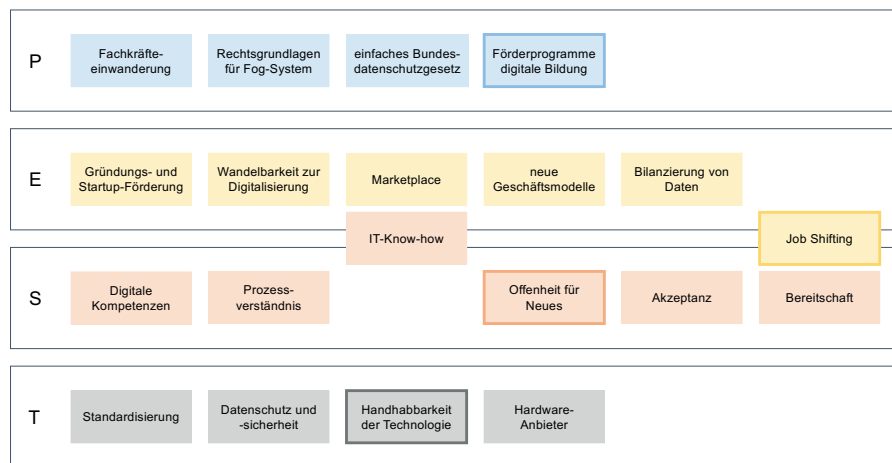


Bild 3: Maßnahmen zur Erreichung einer vernetzten Industrie.

gewinnen qualifizierte Mitarbeiter aus dem In- und Ausland und können die Kompetenzlücke weiter schließen. Während einheimische Fachkräfte gezielte Schulungsmaßnahmen im IT-Bereich erhalten, führt die Rekrutierung spezialisierter Fachkräfte aus dem Ausland zu Wissenstransfer. Die Arbeitswelt in einer vernetzten Industrie ist hochflexibel und durch ein hohes Ausmaß von Selbstständigkeit und atypischen Beschäftigungsverhältnissen gekennzeichnet. Interdisziplinäre Kompetenzen sind dabei wichtiger als das reine Wissen.

Bild 2 stellt die Annahmekombinationen der drei Zukunftsbilder dar.

Fog in einer vernetzten Industrie

Die Experten schätzten die Relevanz des Fog Computings in allen drei Szenarien ein. Da die „vernetzte Industrie“ als wünschenswertes Zukunftsbild identifiziert wurde, stellen wir die Rolle des Fog Computings in diesem Szenario vor.

Fog Computing ist in der „vernetzten Industrie“ weit verbreitet. Die Treiber für diese Entwicklung sind das steigende Vertrauen und die Kompetenzen der Industrieunternehmen im Umgang mit Daten. Das vernetzte Fog-System führt zur Durchsetzung von Standards, auf Basis derer Daten ausgetauscht werden können. Fog Computing existiert anbieter-, standort- und firmenübergreifend. Aufgrund der limitierten Rechenkapazität und Anzahl der zwischengelagerten Knoten im Fog wächst die Rolle der Kooperation in einer Community, in der Industrieunternehmen auf einen gemeinsamen Pool an Rechenressourcen zugreifen. Die Offenheit und Integration verstärkt einen Open-Data-Gedanke, durch den neue Marktplätze und Geschäftsmodelle entstehen. Für das Sharing von

Infrastrukturen muss eine Security-Komponente die Absicherung des Fog-Systems gewährleisten.

Der Weg in eine vernetzte Industrie

Bild 3 visualisiert die zur Erreichung einer vernetzten Industrie identifizierten Maßnahmen. Die vier hervorgehobenen Maßnahmen werden beispielhaft in Bezug auf deren Bedeutung für die zukünftige Arbeit in der digitalisierten Industrie diskutiert.

Die Förderung der Datenkompetenz ist ein Teil der Bildungspolitik. So kann z. B. das Angebot eines Studienfachs das Verständnis für die Datenanalyse und Auswirkung der Digitalisierung vertiefen. Die Menschen müssen für das Job Shifting sensibilisiert und vorbereitet werden, da sich Arbeitsplätze ändern und neue Aufgabenfelder entstehen. Der Einsatz moderner Technologien erfordert die Offenheit der Menschen für neue Ansätze. Sie sind der Ausgangspunkt und die kritische Ressource für die Vernetzung, weshalb sie für den digitalen Wandel bereit sein müssen. Das Fog-System und die hierfür notwendigen Technologien sollten durch eine einfache Handhabbarkeit charakterisiert sein, um eine breite Masse zu erreichen. Aktuell sind die Eintrittshürden groß, sodass nur Spezialisten eine solche Lösung implementieren können.

Ein weiter Weg?

Die identifizierten Maßnahmen zur Erreichung einer „vernetzten Industrie“ sind nicht ausschließlich für die Zukunft des Fog Computings relevant, sondern grundsätzlich für eine digitalisierte Zukunft. Um eine unternehmensübergreifende Vernetzung und deren Erfolgspotenziale realisieren zu können, bedarf es Veränderungen in vielen Bereichen, ohne die sich auch das Fog Computing nicht in vollem Umfang entfalten kann. Die Ergebnisse zeigen, dass mit der zunehmenden Digitalisierung sowohl Potenziale als auch Herausforderungen für die Arbeitswelt der Zukunft entstehen. Insbesondere digitale Kompetenzen und die intelligente Nutzung von Daten sind notwendig, um den Weg in eine vernetzte Industrie zu ebnen. Diese Faktoren sind wesentliche Treiber der industriellen Digitalisierung und sollten von den Unternehmen langfristig gestärkt werden.

Schlüsselwörter: Digitale Arbeitswelt, Fog Computing, Industrieunternehmen, Szenario

[10] Zweck, A.; Holtmannspötter, D.; Braun, M.; Hirt, M.; Kimpeler, S.; Warnke, P.: Social changes 2030. Volume 1 of results from the research phase of BMBF Foresight Cycle II. Düsseldorf 2017.

[11] Fernández-Macías, E.; Hurley, J.; Peruffo, E.; Storrie, D.; Poel, M.; Packalén, E.: Game changing technologies. Exploring the impact on production processes and work. Luxemburg 2018.

[12] DGFP: Leitfaden. Kompetenzen im digitalisierten Unternehmen, Ergebnisse aus Expertenkreisen im Rahmen eines BMWi-geförderten Forschungsprojekts. 2016.

[13] Reimers, P.: IHK-Fachkräftemonitor bis 2030. Steigender Fachkräftemangel kostet Milliarden. Stuttgart 2019.

[14] Foresight: The future of manufacturing. A new era of opportunity and challenge for the UK. London 2013.

[15] Aguzzi, S.; Bradshaw, D.; Canning, M.; Cansfield, M.; Carter, P.; Cattaneo, G.; Gusmeroli, S.; Micheletti, G.; Rotondi, D.; Stevens, R.: Definition of a research and innovation policy leveraging Cloud Computing and IoT combination. Luxemburg 2016.

[16] Arzt, M.; Gregory, T.; Zierahn, U.: Digitalization and the Future of Work. Macroeconomic Consequences. 2019. URL: <http://ftp.iza.org/dp12428.pdf>, Abrufdatum 21.09.2020.

[17] Kimpeler, S.; Dönitz, E.: Der digitale Wandel der Arbeitswelt und Herausforderungen für die Bildung. Karlsruhe 2016.

[18] Gaddi, M.; Garbellini, N.; Garibaldi, F.: Industrie 4.0. Neue Herausforderungen für die europäische Arbeitswelt. Brüssel 2019.

[19] Burmeister, K.; Fink, A.; Mayer, C.; Schiel, A.; Schulz-Montag, B.: Szenario-Report: KI-Basierte Arbeitswelten 2030. Stuttgart 2019.