



Bundesministerium
für Arbeit und Soziales



Robert Peters, Mona Hille, Doreen Richter-Chadha,
Kerstin Goluchowicz

Auswirkungen neuer Wertschöpfungspotenziale und -modelle der Datenökonomie auf Arbeitsmarkt und Sozialstaat



Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. Die Durchführung der Untersuchungen sowie die Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen sind von den Auftragnehmern in eigener wissenschaftlicher Verantwortung vorgenommen worden. Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales übernimmt insbesondere keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Untersuchungen.



Kurzbeschreibung

Die Foresight-Studie untersucht die Potenziale der Datenökonomie für die deutsche Industrie, insbesondere die Automobilwirtschaft und den Maschinen- und Anlagenbau, bis 2035. Aktuell nutzen deutsche Unternehmen Daten vorwiegend in Forschung und Entwicklung, doch sie könnten durch die Datennutzung zur Entwicklung neuer Produkte und Services mehr Wertschöpfungspotenziale erschließen. Dies erfordert ein Umdenken in Bezug auf Geschäftsmodelle und eine schnellere Anpassung. Deutsche Industrieunternehmen haben Chancen in der Datenökonomie, insbesondere durch ihre Kompetenz in Hardware-Entwicklung und den Zugang zu Nutzungsdaten. Aber es besteht ein starker Anpassungsdruck, da Unternehmen, die datenbasierte Produkte und Services nicht integrieren, Marktanteile verlieren könnten. Die Transformation der Wertschöpfung in Deutschland durch die Datenökonomie wird dabei den Arbeitsmarkt und den Sozialstaat beeinflussen. Einige Berufsbilder könnten ersetzt werden, aber eine Anpassungsqualifizierung kann die Beschäftigungsfähigkeit sichern. Politische Ansätze zur Gestaltung einer sozialen Datenwirtschaft umfassen die Stärkung des Sozialstaats, die Förderung von Aus- und Weiterbildung, die Sicherung von Fachkräften, die Unterstützung von Fachkräfteeinwanderung, die Stärkung der Mitbestimmung, produktivitätsorientierte Lohnpolitik und Überlegungen zur Besteuerung von intelligenten Systemen. Diese Maßnahmen können dabei helfen, die Interessen aller relevanten Anspruchsgruppen zu berücksichtigen und langfristigen Wohlstand zu sichern.

Abstract

The Foresight study examines the data economy potentials for the German industry, particularly the automotive sector and machinery and equipment manufacturing, until 2035. Currently, German companies primarily use data in research and development, but they could achieve more value through data realization. This requires the rethinking of business models and a quicker adaptation. German industrial companies have prospects in the data economy, especially due to their expertise in hardware development and access to usage data. However, there is significant pressure for adaptation, as companies that do not integrate data-based products and services could lose market share. The transformation of value creation in Germany through the data economy will impact the job market and the welfare state. Some job profiles could be replaced, but adaptation training can secure employability. Political approaches to shaping a social data economy include strengthening the welfare state, promoting education and further training, ensuring the availability of skilled workers, supporting labor-related migration, enhancing participation, productivity-oriented wage policies, and considerations for the taxation of intelligent systems. These measures can help taking the interests of all relevant stakeholders into account and ensuring long-term prosperity.

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung	3
Abstract	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Zusammenfassung	7
1. Einführung	9
2. Methodisches Vorgehen	10
3. Datenbasierte Wertschöpfungspotenziale	13
4. Künftige Branchenentwicklung	23
5. Auswirkungen auf Arbeitsmarkt und Sozialstaat	29
6. Diskussion der Ergebnisse	32
7. Handlungsperspektiven	34
8. Literaturverzeichnis	37
Interviewpartner*innen und Workshop-Teilnehmer*innen	41

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kind, Hartmann et al Febr.jpg (Kind et al., 2011, S. 2)	10
Abbildung 2: Kind, Hartmann et al Febr (3).jpg (Kind et al., 2011, S. 4)	11
Abbildung 3: Methodenauswahl	12
Abbildung 4: Zwei Dimensionen von Geschäftsmodellen (Fritsch & Krotova, 2020)	15
Abbildung 5: Prozessdarstellung der Analyse der Suchergebnisse (eigene Darstellung)	16
Abbildung 6: Inhaltliche Themencluster der Datenökonomie in der Automobilwirtschaft (Eigene Darstellung VOSviewer, eigene Berechnung)	17
Abbildung 7: Inhaltliche Themencluster der Datenökonomie Maschinen- und Anlagenbau (Eigene Darstellung VOSviewer, eigene Berechnung)	18
Abbildung 8: Europäische Projektförderung in der Automobilwirtschaft im Kontext der Datenökonomie seit 1991 (links) und im Zeitraum 2023-2028 (rechts) (Eigene Darstellung)	19
Abbildung 9: Europäische Projektförderung im Maschinen- und Anlagenbau im Kontext der Datenökonomie seit 1990 (links) und im Zeitraum 2023-2025 (rechts) (Eigene Darstellung)	20
Abbildung 10: Nationale Projektförderung in der Automobilwirtschaft im Kontext der Datenökonomie seit 2017 (links) und im Zeitraum 2023-2025 (rechts) (Eigene Darstellung)	21
Abbildung 11: Nationale Projektförderung im Maschinen- und Anlagenbau im Kontext der Datenökonomie seit 2017 (links) und im Zeitraum 2023-2025 (rechts) (Eigene Darstellung)	22

Abkürzungsverzeichnis

BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
A&S	Arbeit und Soziales
FuE	Forschung und Entwicklung
Gaia-X	Projekt zum Aufbau einer leistungs- und wettbewerbsfähigen, sicheren und vertrauenswürdigen Dateninfrastruktur für Europa
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
NLP	Natural Language Processing
KI	Künstliche Intelligenz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
AWS	Amazon Web Services
VIBN	Virtuelle Inbetriebnahme
MaaS	Manufacturing as a Service
OEM	Original Equipment Manufacturer
BVDW	Bundesverband Digitale Wirtschaft
VDV	Verband der Verkehrsunternehmen

Zusammenfassung

Im Rahmen der Foresight-Studie wird untersucht, welche Wertschöpfungspotenziale sich bis 2035 aus einer stärkeren Verbreitung der Datenökonomie für zwei Schlüsselbranchen der deutschen Industrie ergeben, die Automobilwirtschaft und den Maschinen- und Anlagenbau. Auf dieser Grundlage wird betrachtet, welche möglichen Auswirkungen sich aus einer stärkeren Verbreitung der Datenökonomie für Arbeitsmarkt und Sozialstaat ergeben könnten und wie politisch eine soziale Gestaltung der Datenökonomie unterstützt werden kann.

Neue Konkurrenz verändert den Wettbewerb

Die wirtschaftliche Verwertung von Daten wird in den kommenden Jahren dynamisch voranschreiten und das Erscheinungsbild industrieller Wertschöpfung grundlegend verändern. Mit internationalen Technologiekonzernen drängen neue Akteure auf industrielle Märkte. Der Druck auf deutsche Industrieunternehmen, datenbasierte Technologien zu nutzen, um bessere Produkte und Dienstleistungen anbieten zu können, nimmt zu.

Unternehmen in Deutschland könnten Anschluss verlieren

Deutsche Unternehmen nehmen bereits heute die Potenziale der Datenökonomie wahr und setzen sich vor allem im Bereich von Forschungs- und Entwicklungsprojekten damit auseinander. Bislang resultieren entsprechende Projekte jedoch kaum in einer Weiterentwicklung der eigenen Geschäftsmodelle. Die technologischen Voraussetzungen für die Nutzung von Daten zur Entwicklung neuer Produkte und Services sind vorhanden. Unternehmen im Bereich der Automobilwirtschaft und im Maschinen- und Anlagenbau nutzen diese jedoch bislang selten, um zusätzlichen Nutzen für Kund*innen zu generieren und damit zusätzliche Wertschöpfungspotenziale zu erschließen. Das gegenwärtige Momentum im Bereich datenbasierter Technologien drohen viele Unternehmen in Deutschland daher zu verpassen. Dabei fehlt es Unternehmen offenbar am notwendigen Bewusstsein, dass sie mittels Daten nicht nur die eigenen Prozesse, sondern auch die Geschäftsmodelle weiterentwickeln können.

Ausgangslage für deutsche Industrie weiterhin sehr gut

Für die kommenden Jahre besteht hier demnach noch erhebliches Potenzial. Die Chance deutscher Industrieunternehmen im Bereich der Datenökonomie liegt

vor allem darin, ihre traditionelle Kompetenz in der Entwicklung von Hardware-Komponenten auf Daten und deren Verwertung auszuweiten. Möglich wird dies nicht zuletzt, weil Hersteller von Fahrzeugen und Maschinen vielfach über einen privilegierten Zugang zu Nutzungsdaten verfügen. Doch der Anpassungsdruck ist hoch. So könnten bis 2030 die Unternehmen, denen es nicht gelingt, datenbasierte Produkte und Services in ihr Leistungsportfolio zu integrieren, aus dem Markt gedrängt werden.

Folgen für Arbeitsmarkt und Sozialstaat

Die in Folge der Datenökonomie voranschreitende Transformation industrieller Wertschöpfung in Deutschland wird sich konkret auf Arbeitsmarkt und Sozialstaat auswirken. So könnte es vor allem dann zu strukturellen Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt kommen, wenn mehr industrielle Prozesse nahezu vollständig digital gesteuert werden. Manche heute noch existierenden Berufsbilder von Industriearbeiter*innen könnten in diesem Fall fast vollständig substituiert werden. Zwar ist das deutsche Aus- und Weiterbildungssystem im internationalen Vergleich gut auf entsprechende Veränderungen eingestellt. Die Beschäftigungsfähigkeit heute in der Industrie tätiger Erwerbstätiger dürfte daher mittels Anpassungsqualifizierung gesichert werden können. Für Menschen, die in den kommenden 5 bis 10 Jahren auf den Arbeitsmarkt kommen, könnte es jedoch schwieriger werden, Zugang zu gutbezahlten Jobs in der Industrie zu erlangen. Sie könnten darauf angewiesen sein, in strukturell schlechter bezahlte Dienstleistungssektoren auszuweichen. Für Beschäftigte, die im Arbeitskontext mit datenbasierten Systemen interagieren, können sich dabei auch Potenziale ergeben, wenn sie unterstützt durch technische Systeme anspruchsvollere Aufgaben wahrnehmen und sich ihre Handlungsmöglichkeiten erweitern.

Politische Ansätze zur Gestaltung einer sozialen Datenwirtschaft

Gesellschaftlich werden wir in den kommenden Jahren eine wesentliche Frage beantworten müssen: Wie sieht ein wirtschaftlich und sozial erfolgversprechender deutscher oder sogar europäischer Weg zur Ausgestaltung einer Datenwirtschaft aus, der die Interessen aller relevanten Anspruchsgruppen berücksichtigt? Um die Potenziale der Datenökonomie für die langfristige Sicherung von Wohlstand zu nutzen und mit den gesellschaftlichen und arbeitsmarktbezogenen Folgen umzugehen, ergeben sich für den Geschäftsbereich des BMAS und darüber hinaus u.a.

folgende Anhaltspunkte für die politische Gestaltung einer sozialen Datenökonomie:

- **Leistungsfähiger Sozialstaat**

Um Beschäftigten einen sozialverträglichen Übergang von einer Tätigkeit zu einer anderen Tätigkeit mit neuem bzw. erweitertem Anforderungsprofil zu ermöglichen, bedarf es eines leistungsfähigen Sozialsystems. Sollte die Datenökonomie dazu führen, dass die Einnahmen über Sozialversicherungsbeiträge und die Einkommenssteuer unter Druck geraten, könnten alternative Finanzierungswege wie beispielsweise Staatsfonds einen Beitrag leisten, das Gemeinwesen stärker an der Kapitalrendite teilhaben zu lassen.

- **Aus- und Weiterbildung**

Neben der Umsetzung der nationalen Weiterbildungsstrategie wird es künftig notwendig werden, Ausbildungsordnungen dynamischer als bislang weiterzuentwickeln.

- **Fachkräftesicherung**

Aufgrund sich verändernder Tätigkeitsprofile wird es künftig wichtiger, neue Berufsbilder und darauf bezogene Qualifizierungsangebote zu schaffen, die es z.B. Menschen mit gewerblich-technischer Ausbildung ermöglichen, komplexere Aufgaben zu übernehmen.

- **Migration und Arbeit**

Um die in der Datenökonomie wichtiger werdende Fachkräftezuwanderung zu erleichtern, bedarf es einer Offensive für bilinguale Betriebe, die für Englisch als zweite Arbeitssprache eintritt.

- **Mitbestimmung stärken**

Die Bedeutung von Tarifbindung nimmt weiter zu, wenn sich als Folge der Datenökonomie strukturelle Verschiebungen bei der Arbeitsnachfrage weg von gewerblich-technischen Berufen in der Industrie hin zu strukturell schlechter bezahlten Dienstleistungssektoren ergeben. Gewerkschaften sollten darüber hinaus beteiligt werden, wenn es um Initiativen zur Entwicklung industrieller Datenräume geht.

- **Produktivitätsorientierte Lohnpolitik**

Um Beschäftigte vergleichbar stark von der in Folge der Datenökonomie verwertbaren Produktivitätssteigerung profitieren zu lassen, erscheint es sinnvoll, wenn Tarifvertragsparteien bei der Gestaltung von Tarifverträgen das Prinzip der produktivitätsorientierten Lohnpolitik zu Grunde legen.

- **Steuer- und Finanzpolitik**

Um die Finanzierung des Gemeinwesens in der Datenökonomie langfristig zu sichern, kann geprüft werden, inwiefern die Einführung einer Digitalsteuer, weitergehende Konzepte wie die einer Maschinensteuer oder die Etablierung eines Staatsfonds zur Finanzierung von Zukunftsinvestitionen sinnvoll und möglich sind.

1. Einführung

Mit technologischem Fortschritt und der wachsenden digitalen Vernetzung kommt es zu einer stärkeren Nutzung von Daten und folglich zu einer steigenden Bedeutung von Daten als Innovationstreiber. Die daraus erwachsene Datenökonomie besteht darin, durch Zugang, Generierung, Verarbeitung und Nutzung von Daten neue Geschäftsmodelle, Innovationen und Anwendungen zu entwickeln und zu vermarkten. Die wachsende Bedeutung der Datenökonomie für Deutschland und Europa ist dadurch gekennzeichnet, dass Daten neue Wertschöpfungspotenziale ermöglichen. Durch die Nutzung datenbasierter Produkte und Dienstleistungen werden permanent neue Daten erzeugt, die wiederum genutzt werden können, um Produktionsprozesse zu optimieren oder Produkte und Dienstleistungen für Kunden zu personalisieren. Auch das Motto des Digitalgipfels 2022 „Daten – Gemeinsam digitale Werte schöpfen“ zeigt, dass die Bundesregierung die Chancen der Datenökonomie für die deutsche Wirtschaft erkannt hat und diese Potenziale besser nutzen möchte. Die wirtschaftliche Verwertung von Daten wird dazu beitragen, dass die industrielle Wertschöpfung sich in den kommenden Jahren grundlegend verändert. Bereits heute sind sieben der zehn wertvollsten Unternehmen weltweit digitale Plattformen mit datengetriebenen Geschäftsmodellen (Seiberth & Gruendinger, 2018). Dabei werden führende Digitalunternehmen zunehmend im Automobil- und Mobilitätsbereich aktiv (Seiberth & Gruendinger, 2018) und fordern tradierte Akteure der Industrie heraus, die für die deutsche Volkswirtschaft in den vergangenen Jahrzehnten strukturbildend waren. Damit geraten beispielsweise große Automobilhersteller unter Druck, eigene datenbasierte Produkte und Services zu entwickeln und ihr Geschäftsmodell weiterzuentwickeln. Auch für den Maschinen- und Anlagenbau als Schlüsselsektor für die Digitalisierung industrieller Wertschöpfung werden datenbasierte Geschäftsmodelle immer wichtiger (Linné & Mehler, 2021).

Neben Chancen für die Erneuerung industrieller Wertschöpfung bergen datenbasierte Geschäftsmodelle allerdings auch Risiken und Herausforderungen, die u.a. Fragen des Datenschutzes, des Datenzugangs, von Wissens- und Machtasymmetrien, Verteilungsgerechtigkeit sowie der algorithmischen Diskriminierung betreffen. Dieser Deep Dive nimmt ausgehend von einem makroökonomischen Betrachtungsfeld die sozial- und arbeitsmarktpolitischen Herausforderungen dieser neuen Wertschöpfungspotenziale in den Blick. Bisherige vorliegende Studien zum Themenfeld beschreiben vor allem technologische Ansätze, Prinzipien und Modelle der Datenökonomie bezogen auf den Status quo (Peters et al., 2023). Mittels eines

Foresight-basierten Ansatzes untersucht dieser Deep Dive folgende Fragestellungen:

- Was sind künftige Wertschöpfungspotenziale und -modelle der Datenökonomie in Deutschland?
- Was sind mögliche Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt und den Sozialstaat?
- Welche politischen Handlungsperspektiven für eine soziale Gestaltung der Datenwirtschaft lassen sich identifizieren?

Um möglichst konkrete Abschätzungen bezogen auf künftige Entwicklungen der Datenökonomie treffen zu können, konzentriert sich der Deep Dive auf zwei für die deutsche Volkswirtschaft strukturell besonders wichtige Wirtschaftszweige: die Automobilwirtschaft und den Maschinen- und Anlagenbau.

Aufbau der Studie

Zunächst wird das gewählte methodische Vorgehen erläutert (Abschnitt 2), anschließend erfolgt eine Einordnung von Grundprinzipien datenbasierter Wertschöpfung und eine Eingrenzung des Begriffs der Datenökonomie (Abschnitt 3.1). Um einen Überblick über nationale und internationale Forschungsthemen zu erhalten, die Wertschöpfungsprozessen und Geschäftsmodellen in der Datenökonomie im Kontext der Automobilindustrie und des Maschinen- und Anlagenbaus zugrundeliegen, werden anschließend die Ergebnisse einer durchgeführten Analyse von Forschungsförderdaten und wissenschaftlichen Publikationsdaten vorgestellt (3.2). Darauf aufbauend werden für jede der betrachteten Branchen künftige Datenwertschöpfungspotenziale dargestellt, die im Rahmen eines expert*innenbasierten Roadmapping-Prozesses identifiziert wurden (Abschnitte 4.1 und 4.2.). Anschließend werden ebenfalls im Roadmapping-Prozess abgeschätzte Konsequenzen für den Arbeitsmarkt und den Sozialstaat beschrieben (Abschnitt 5) und die übergreifenden Erkenntnisse des vorliegenden Berichtes diskutiert (Abschnitt 6). Abschließend werden Handlungsperspektiven für den Geschäftsbereich des BMAS und für weitere Politikfelder beschrieben, die sich aus der durchgeführten Untersuchung und ergänzend durchgeführten Expert*inneninterviews ergeben (Abschnitt 7).

2. Methodisches Vorgehen

Der vorliegende Deep Dive basiert auf einem strukturiert-explorativen Vorgehen, das quantitative und qualitative Elemente umfasst. Abbildung 3 fasst das Vorgehen in einer Prozessdarstellung zusammen. Zunächst erfolgte eine Auswertung der aktuellen Studienlage zum Stand und den Perspektiven der Datenökonomie mittels Desk-Research. Ausgehend von dem so geschaffenen Begriffsverständnis erfolgt eine Datenanalyse auf Grundlage von Forschungsförderdaten hinsichtlich absehbarer Entwicklungen und Trends im Kontext datenbasierter Geschäftsmodelle in den beiden schwerpunktmäßig betrachteten Branchen. Ergänzt wurden die gewonnenen Erkenntnisse durch eine softwaregestützte Themen- und Akteursanalyse auf Grundlage von Daten internationaler Wissenschaftspublikationen und deutscher und europäischer Forschungsförderdaten.¹ Ziel dieser Analyse war es, zu identifizieren, welche Akteure in Deutschland und Europa zum Thema Datenökonomie forschen, um Aussagen über mögliche künftige Entwicklungen

(insb. Trendthemen und FuE-Cluster) im Feld der Datenökonomie in den abgegrenzten Themenbereichen abzuleiten. Dieser Schritt diente der Erarbeitung von qualifiziertem Input für die Durchführung der Visual-Roadmapping-Workshops.

Im Rahmen der Workshops, von denen einer aufgrund einer unter methodischen Aspekten zu geringen Teilnehmer*innenzahl als Gruppeninterview durchgeführt werden musste, wurde für jede Branche ein möglicher Entwicklungspfad erarbeitet, der die Voraussetzungen, die Erscheinungsformen (Produkte und Services) und Auswirkungen (Folgen für Arbeitsmarkt- und Sozialstaat) der Datenökonomie für den Zeitraum bis 2035 antizipiert. „Visual Roadmapping“ ist eine vom iit entwickelte Methode, die es erlaubt, im Rahmen expert*innenbasierter Foresight-Prozesse mögliche Entwicklungspfade abzuleiten und zentrale Meilensteine auf unterschiedlichen Dimensionsebenen zu betrachten (Kind et al., 2011, S. 1).

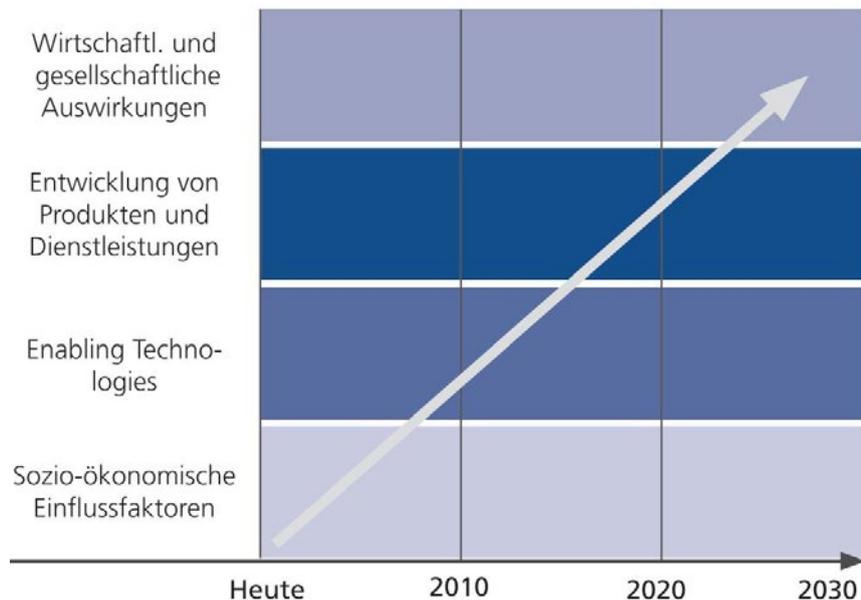


Abbildung 1: Schematische Abbildung einer Visual Roadmap (Kind et al., 2011, S. 2)

¹ Das methodische Vorgehen wird in Abschnitt 3.2 gesondert erläutert.

**Nutzen der Visual-Roadmapping-Methode
auf einen Blick**

- ▶ Visualisierung komplexer Prozesse
- ▶ Konkretisierung von Aussagen und Festlegung von Ereignissen, Dimensionen und Beziehungen
- ▶ Reduktion komplexer Zusammenhänge und Abhängigkeiten auf zentrale Aspekte
- ▶ Trendaussagen/Identifikation notwendiger Meilensteine
- ▶ Interdisziplinarität durch Einbinden unterschiedlicher Expertengruppen
- ▶ Herstellen einer gemeinsamen Sicht auf ein Thema und Konsensbildung
- ▶ Ableiten von Handlungsempfehlungen

Abbildung 2: Übersicht Visual-Roadmapping-Methode (Kind et al., 2011, S. 4)

Während des Roadmapping-Prozesses schätzten die Expert*innen künftige Entwicklungen auf vier Dimensionsebenen ein: Sozioökonomische Rahmenbedingungen, Technologie, Produkte und Services sowie Auswirkungen auf Arbeit und Soziales. Die identifizierten Entwicklungen und die mit ihnen einhergehenden strukturellen Veränderungen wurden konsolidiert und

die (arbeits-)ökonomischen Implikationen zusätzlich in nachgelagerten Expert*innen-Interviews hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den A&S-Bereich diskutiert und ausgearbeitet. Dazu wurden Expert*innen aus den Bereichen der (Arbeits-)Ökonomie, (Arbeits-)Soziologie und Digitaletik herangezogen.²

2 Für eine Liste der interviewten Expert*innen und Teilnehmenden am Roadmapping-Prozess siehe Anhang.

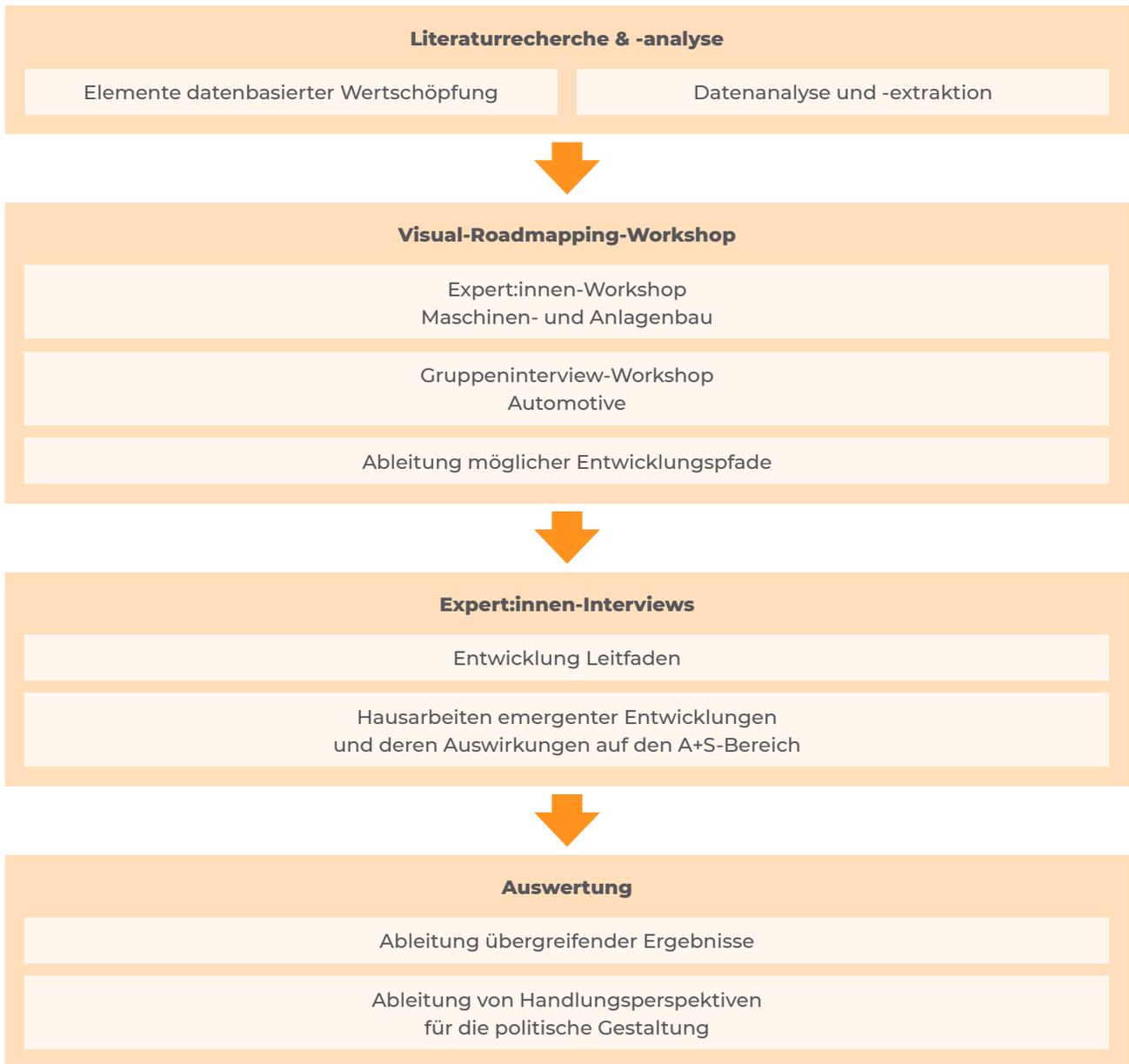


Abbildung 3: Methodenauswahl

3. Datenbasierte Wertschöpfungspotenziale

3.1 Datenökonomie und datenbasierte Geschäftsmodelle

Die zunehmende Erschließung von Daten im wirtschaftlichen Kontext bietet Unternehmen neue Möglichkeiten zur Entwicklung datengetriebener Geschäftsmodelle mit innovativen Potenzialen. Mit der Zunahme der Datenverwertung wächst auch die gesamtwirtschaftliche Relevanz der Datenökonomie. Die EU-Kommission rechnet in diesem Zusammenhang mit einem Zuwachs des Bruttoinlandsproduktes (BIP) um 270 Mrd. Euro für die gesamte EU bis 2028 (Europäische Kommission, 2022/2023). In der (wirtschafts-)wissenschaftlichen Debatte werden datengetriebene Geschäftsmodelle als ein wesentlicher Faktor für die künftige Wettbewerbsfähigkeit von Wirtschaftssystemen eingestuft. Da die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen bereits heute von ihrer Datenkompetenz abhängig gemacht wird, sind einerseits die rahmengebenden Datenstrategien der EU und Deutschlands, andererseits aber auch durchdachte unternehmerische Datenstrategien zur langfristigen Sicherung von Wettbewerbsvorteilen unabdingbar (Bitkom e. V., 2018). Zudem zielt die Datenstrategie der Bundesregierung darauf ab, hier einen aktiven Beitrag zur Gestaltung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Nutzung von Daten zu leisten (Krempf, 2023). Vor diesem Hintergrund ist es von großer Bedeutung, vor allem die Potenziale der Datenwirtschaft für mittelständische Unternehmen als Rückgrat der europäischen Wirtschaft nutzbar zu machen und sie zu befähigen, datenbasierte Wertschöpfungsmodelle zu etablieren (Rohde et al., 2022).

Um die datenökonomischen Potenziale sowohl im Automobilsektor als auch im Maschinen- und Anlagenbau sowie ihre Auswirkungen auf neue Wertschöpfungspotenziale, Arbeitsmarkt und Sozialsysteme bewerten zu können, werden im ersten Schritt die Datenökonomie definitorisch abgegrenzt und wesentliche Elemente der datenbasierten Wertschöpfung erläutert.

Wesentliche Elemente datenbasierter Wertschöpfung lassen sich dabei differenzieren:³

- **Dateninfrastruktur:** Dieser Teilbereich befasst sich mit der Entwicklung und Bereitstellung der technischen Infrastruktur, die für die Erfassung, Speicherung und Übertragung von Daten erforderlich ist. Hier werden Netzwerke, Cloud-Plattformen und

andere Technologien eingesetzt, um Daten effizient zu verarbeiten und zu übertragen.

- **Datengewinnung:** In diesem Teilbereich steht die Datensammlung im Fokus. Rohdaten werden aus internen und externen Quellen bezogen (z.B. Einkauf von Daten über Datenmarktplätze) oder neu erfasst (z.B. über Sensoren); Qualität und Strukturierungsgrad der Daten variieren stark (strukturierte und unstrukturierte Daten) (Peters et al., 2023).
 - Veröffentlichte Daten
 - Sensordaten
 - Datenabfragen
 - Administrative Daten
 - Echtzeitdaten
 - Data Streams
 - Multimodalität
 - Strukturierungsgrad
- **Datenaufbereitung und Datenkuratierung:** Für die weitere Verwendung entlang der Wertschöpfungskette ist in vielen Fällen eine Bereinigung und Strukturierung der Daten notwendig. Dies ist mit einem teils erheblichen Aufwand verbunden. Dazu gehört das Identifizieren und Korrigieren beschädigter, ungenauer oder irrelevanter Daten sowie das Konvertieren von Rohdaten in ein verwendbares, integrierbares und maschinenlesbares Format. In dieser Phase können die Daten auch mit Daten anderer Quellen angereichert und etwa zu einem zusammenhängenden Datensatz integriert werden (Peters et al., 2023).
- **Datenmanagement:** Dieser Teilbereich konzentriert sich auf die Organisation, Speicherung und Verwaltung von Daten. Hier werden Datenbanken, Datenarchitekturen und Datenintegrationsprozesse entwickelt, um sicherzustellen, dass Daten effizient und zuverlässig gespeichert und abgerufen werden können.
 - Standards
 - Speicherverfahren und -orte wie Cloud-Lösungen
 - Datenaufbereitung
 - Datenqualität
 - Interoperabilität
 - Performance

³ Die folgenden Inhalte wurden aus Peters et al. (2023) und Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. (2018) integriert.

- **Datenanalyse und Informationsgewinnung:** Dieser Teilbereich befasst sich mit der Extraktion, Transformation und Analyse von Daten, um Erkenntnisse und Muster zu gewinnen. Hier werden statistische Methoden, maschinelles Lernen und Data-Mining-Techniken eingesetzt, um Daten zu verstehen und Vorhersagen zu treffen.

- Mining
- Semantische Analyse
- Maschinelles Lernen
- Information Extraction
- Linked Data
- Cross-sectorial Analysis

- **Informationsbereitstellung und -nutzung:** Dieser Teilbereich bezieht sich auf die Bereitstellung und die Nutzung der gewonnenen Informationen. Dabei kann zwischen deskriptiven Informationssystemen (z.B. Dashboards, datenbasiertes Reporting), diagnostischen Informationssystemen (z.B. Kompetenzlandkarten, Fluktuationsanalyse) sowie prädiktiven und präskriptiven Informationssystemen (z.B. Entscheidungsunterstützung) unterschieden werden. In der Praxis sind bislang vor allem deskriptive und in Ansätzen diagnostische Systeme der Informationsnutzung zu beobachten, die eher einen geringeren Komplexitätsgrad bzw. Erklärungstiefe aufweisen. Prädiktive und präskriptive Systeme der Datennutzung sind bislang kaum verbreitet (Ausnahme: KI im Recruiting). Auffällig ist, dass sowohl in der wissenschaftlichen Forschung als auch in der Anwendungspraxis datenbasierte Systeme bislang überwiegend zur Verbesserung unternehmerischer Schlüsselkennzahlen und kaum zur Schaffung Guter Arbeit erforscht und entwickelt werden (Peters et al., 2023).

- Deskriptive Systeme
- Diagnostische Systeme
- Prädiktive Systeme
- Präskriptive Systeme

- **Datenschutz und Datensicherheit:** Dieser Teilbereich befasst sich mit dem Schutz von Daten vor unbefugtem Zugriff, Missbrauch und Verlust. Hier werden Sicherheitsmaßnahmen wie Verschlüsselung, Zugriffskontrollen und Datenschutzrichtlinien implementiert, um die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit von Daten zu gewährleisten.

- Privacy & Security
- Standards

Die verschiedenen Teilaspekte der Datenökonomie sind eng miteinander verbunden und wirken im Zusammenspiel, um den Wert und Nutzen von Daten zu maximieren. Für Unternehmen und Organisationen ist es daher entscheidend, diese Teilbereiche ganzheitlich zu betrachten und entsprechende Strategien und Maßnahmen zu entwickeln, um die Potenziale der Datenökonomie ausschöpfen zu können. Auf diese Weise entsteht im Kontext etwaiger Geschäftsmodelle der spezifische Wert von Informationen. In allen Geschäftsmodellen ist die Qualität der verwendeten Daten und damit einhergehend die Qualität der abgeleiteten Informationen von wesentlicher Bedeutung. Darüber hinaus spielen die Algorithmen, die zur Ableitung von Informationen aus Daten verwendet werden, eine zentrale Rolle für die Wertegenerierung durch einzelne Organisationen und für die Datenökonomie als Ganzes (Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V., 2018).

Für eine Definition der Datenökonomie bedeutet das:

„Im Kern beschäftigt sich die Data Economy mit der Monetarisierung von Informationen auf Basis gewonnener Daten, welche mit einem Algorithmus zu werthaltigen Informationen transformiert und anschließend auf Basis der betriebswirtschaftlichen Funktionen zugänglich gemacht werden. Data Economy kann als eigenes Business-Modell betrieben werden oder unterstützt, verändert oder ersetzt bestehende Wertschöpfungsmodelle durch eine zunehmende Digitalisierung.“⁴⁴

(Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V., 2018)

Das heißt, die Monetarisierung wird nicht auf den Verkauf von Daten begrenzt, sondern schließt ihre Verwertung in unternehmensinternen Geschäftsmodellen ein (Röhl et al. 2021). Von dieser Definition ausgehend müssen Daten als wichtige Ressource und Technologien, mit denen sich Daten wirtschaftlich intelligent nutzen lassen, als eigenständiges Wirtschaftsgut behandelt werden, auf dessen Basis neuartige datengetriebene Leistungsangebote und neue Geschäftsmodelle entstehen (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK], 2022).

⁴⁴ Eine wesentlich breitere Definition wird von der Europäischen Kommission angelegt: Im Rahmen der Datenökonomie werden die Gesamtauswirkungen des Datenmarktes auf eine Volkswirtschaft erfasst. Sie beinhaltet aus volkswirtschaftlicher Sicht dabei neben den direkten unter anderem auch die indirekten Auswirkungen des Datenmarktes auf die Wirtschaft (Europäische Kommission, 2020).

Geschäftsmodell

Fritsch/Krotova (2020) definieren ein Geschäftsmodell als eine Architektur für die Wertschöpfung im Unternehmen, das in einem Wertschöpfungsnetzwerk mit dem Ziel agiert, einen potenziellen Mehrwert für die Akteure in diesem Netzwerk zu bieten und die finanziellen Folgen dieses Werts zu erfassen. Ein Geschäftsmodell umfasst vier Dimensionen: Wertschöpfungsnetzwerk, Wertschöpfung, Werterfassung, Wertangebot.

Datengetriebenes Geschäftsmodell

Datengetriebene Geschäftsmodelle bilden eine Unterkategorie innerhalb der breiter definierten digitalen Geschäftsmodelle. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass das Angebot und die Wertschöpfung des Unternehmens größtenteils auf der Nutzung, der Auswertung und der Verwendung von Daten basieren. Dabei schließt die Definition datengetriebener Geschäftsmodelle sowohl Unternehmen ein, die Daten analysieren, als auch Unternehmen, die Daten aggregieren oder speichern (Fritsch & Krotova, 2020).

Während Geschäftsmodelle als digital gelten, sobald „die Wertschöpfung des Unternehmens in starkem Maße von Informations- und Kommunikationstechnologien abhängig“ (Müller et al., 2016) ist, zeichnen sich datengetriebene Geschäftsmodelle dadurch aus, dass die Nutzung, Auswertung und Verwendung von Daten die Grundlage von Angebot und Wertschöpfung des Geschäftsmodells bilden.

Ein Wertangebot gilt dabei als datengetrieben, sobald das Produkt oder die Dienstleistung im Wesentlichen aus Daten besteht (siehe Abbildung 4). Dementsprechend sind Daten als Wertschöpfungsquelle für klassische (physische) Produkte und Dienstleistungen irrelevant. Sobald Angebote computerisiert werden, können die unterstützenden Prozesse zumindest zum Teil als datenbasiert betrachtet werden. Datengetriebene Produkte und Dienstleistungen hingegen sind ohne Daten nicht funktionsfähig. Das heißt, dass Daten die zentrale Funktion für diese Angebote darstellen. Demnach kann der Datenhandel bspw. auf der höchsten Ebene eines datengetriebenen Wertangebots angesiedelt werden, da Daten in diesem Fall selbst zu dem auf dem Markt gehandelten Produkt werden (Fritsch & Krotova, 2020).

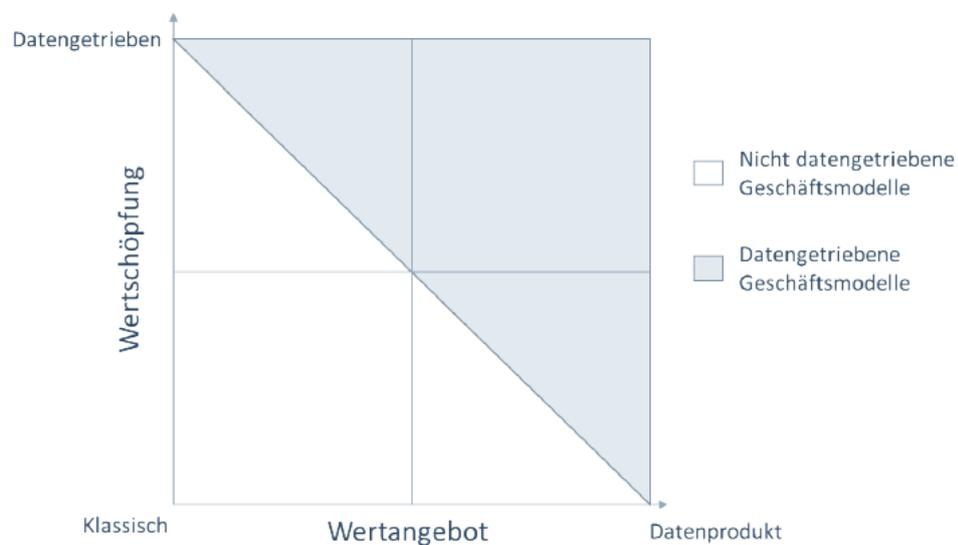


Abbildung 4: Zwei Dimensionen von Geschäftsmodellen (Fritsch & Krotova, 2020)

Für die Entwicklung datengetriebener Geschäftsmodelle müssen die Erfassung und Organisation der Daten im Unternehmen nach vorher definierten Regeln und Standards erfolgen (Otto et al., 2019, 29; Demary et al., 2019a, 27). Das Datenmanagement, beziehungsweise Data-Resource-Management, bildet die Grundlage zur Datenbewertung nach Wissensintensität, ökonomischem Wert und Schutzwürdigkeit, um die Basis für

die wirtschaftliche Verwertung der Daten zu schaffen (Demary et al., 2019a, 74).

Rein datengetriebene Geschäftsmodelle erlauben ein schnelles Scaling Up des Geschäfts, was vor allem für wachstumsstarke Start-ups hochrelevant ist (Zinke et al. 2018).

3.2 Ergebnisse der Datenanalyse

Um für die Bestandsaufnahme einen Überblick über nationale und internationale Forschungsthemen, zugrundeliegende Wertschöpfungsprozesse und Geschäftsmodelle in der Datenökonomie im Kontext der Automobilindustrie und des Maschinen- und Anlagenbaus zu erhalten, wurde ergänzend zu den obigen Schritten eine softwaregestützte, explorative Themen- und Akteursanalyse durchgeführt. Die Analyse stützt sich hierbei im Kern auf drei Datenquellen in den beiden Themenschwerpunkten Automobilwirtschaft und Maschinen- und Anlagenbau:

- Forschungsinhalte durch die Analyse wissenschaftlicher Publikationen (Artikel, Konferenzbeiträge, Buchkapitel und Bücher) im Bereich Datenökonomie in der Scopus®-Literaturdatenbank.

- Betrachtung von Förderschwerpunkten und Forschungsvorhaben durch die Analyse von Förderprojekten auf Bundesebene (Förderkatalog des Bundes - Fökat).
- Betrachtung von Förderschwerpunkten und Forschungsvorhaben durch die Analyse von Förderprojekten auf europäischer Ebene (Förderdatenbank der Europäischen Kommission - CORDIS).

Hierzu wurden der aus selektierten Datensätzen erhaltene Text-Korpus sowie dazugehörige Metadaten vorverarbeitet und gefiltert (Abbildung 5). Zur weiteren Analyse wurden zudem die räumlichen Verteilungen der affilierten Akteur*innen ergänzt und in Form von Landkarten visualisiert. Im Falle der wissenschaftlichen Publikationen wurden die Datensätze in Form von Kohäufigkeitsnetzwerken in Kombination mit einer konventionellen Clustermethode ausgewertet.



Abbildung 5: Prozessdarstellung der Analyse der Suchergebnisse (eigene Darstellung)

Zur Exploration der thematischen Zusammenhänge wurde eine Word-Embedding-Methode (KI-basierter Ansatz) aus dem „Natural Language Processings“ (NLP) namens Word2Vec verwendet. Mit dieser lernt ein Neuronales Netz Wortassoziationen (Semantisches Netz) aus einem großen Textkorpus. In diesem Fall bestand der Trainingsdatensatz aus deutschen bzw. englischen News- und etablierten Blogbeiträgen sowie Beschreibungen aus Forschungsprojekten aus dem Förderkatalog. Aufbauend auf diesen gelernten Assoziationen wurden die Daten mittels k-means-Verfahren geclustert und in Form von Themenkarten dargestellt. Dies ermöglicht eine aggregierte Betrachtung der erhaltenen Themenkomplexe. Die Datenanalyse dient

neben der inhaltlichen Beschreibung von Themen(-feldern) auch als Input für die Analyse von Akteur*innen und die Darstellung möglicher Kooperationsbeziehungen (mit Schwerpunkt auf FuE-Aktivitäten).

Zudem wurden zur ergänzenden qualitativen Analyse Angaben zu bundesweiten Firmengründungen aus dem Handelsregister, das Programm zum Aufbau von regionalen Transformationsnetzwerken in der Fahrzeugindustrie sowie Cluster- und Plattforminitiativen wie beispielsweise die Exzellenzmaßnahme go-cluster zur Unterstützung von Clustermanagement-Organisationen bei der Weiterentwicklung der Innovationscluster des BMWK herangezogen und ausgewertet.

Inhaltliche Forschungsschwerpunkte

Zur Identifizierung und Verfolgung der wichtigsten Themen des sich rasant entwickelnden Ökosystems Datenwirtschaft wurde zunächst eine explorative Analyse wissenschaftlicher Publikationen in den beiden Anwendungsfeldern Automobilwirtschaft und Maschinen- und Anlagenbau durchgeführt. Einen allgemeineren Einstieg in das Thema Datenökonomie kann durch eine aktuellere Arbeit von Azkan et al. von 2019 gegeben werden. In ihr identifizieren die Autoren größere Leitthemen der Datenwirtschaft. Hierzu gehören vor allem: Digitale Transformation, Big Data, Digitalwirtschaft, Ökonomie und allgemeine Managementthemen, Methoden der Entscheidungsfindung, die Rolle des Menschen in Datenökosystemen, Umweltschutz, Informationsmanagement und dem Gesundheitswesen.

Für den Bereich Datenwirtschaft in der Automobilwirtschaft konnten durch die Scopus-Abfrage 13.498 Publikationen für den Zeitraum 2015 bis 2025⁵ identifiziert werden. Zur weiteren Analyse wurden 5.798 Terme im Rahmen einer konventionellen Ko-Wortanalyse und thematischen Clustering berücksichtigt. Aufgrund von Datenverarbeitungsgrenzen des eingesetzten Programms VOSviewer⁶ wurden vor allem Terme mit >10 Nennungen im Datensatz verwendet. In der

Clusteranalyse wurden anschließend 60% der häufigsten Worte visualisiert. Inhaltliche Themencluster können hier den Bereichen Lidar-Systeme⁷ und Autonomes Fahren, Datensicherheit, Crashverhalten und Materialentwicklungsthemen, Treibstoffmixturen und Energie sowie weiteren ökonomischen und Managementthemen zugeordnet werden (vgl. Abbildung 6). Kleinere unspezifische Cluster wurden für diese Darstellung zusammengefasst.

Für den Bereich Datenwirtschaft Maschinen- und Anlagenbau konnten durch die Scopus-Abfrage 19.166 Publikationen für den Zeitraum 2015 bis 2025 identifiziert werden. Zur weiteren Analyse wurden 7.069 Terme im Rahmen einer konventionellen Ko-Wortanalyse und thematischen Clustering berücksichtigt. Aufgrund der Datenverarbeitungsgrenzen des eingesetzten Programms VOSviewer wurden vor allem Terme mit >10 Nennungen im Datensatz verwendet. In der Clusteranalyse wurden anschließend 60% der häufigsten Worte visualisiert. Inhaltliche Themencluster können hier den Bereichen Sensorsysteme, Landwirtschaft und Umweltthemen, ökonomische und Managementthemen, Big Data und Ausbildung, KI und Modellierung sowie Produktions- und Energiethemen zugeordnet werden (vgl. Abbildung 7).

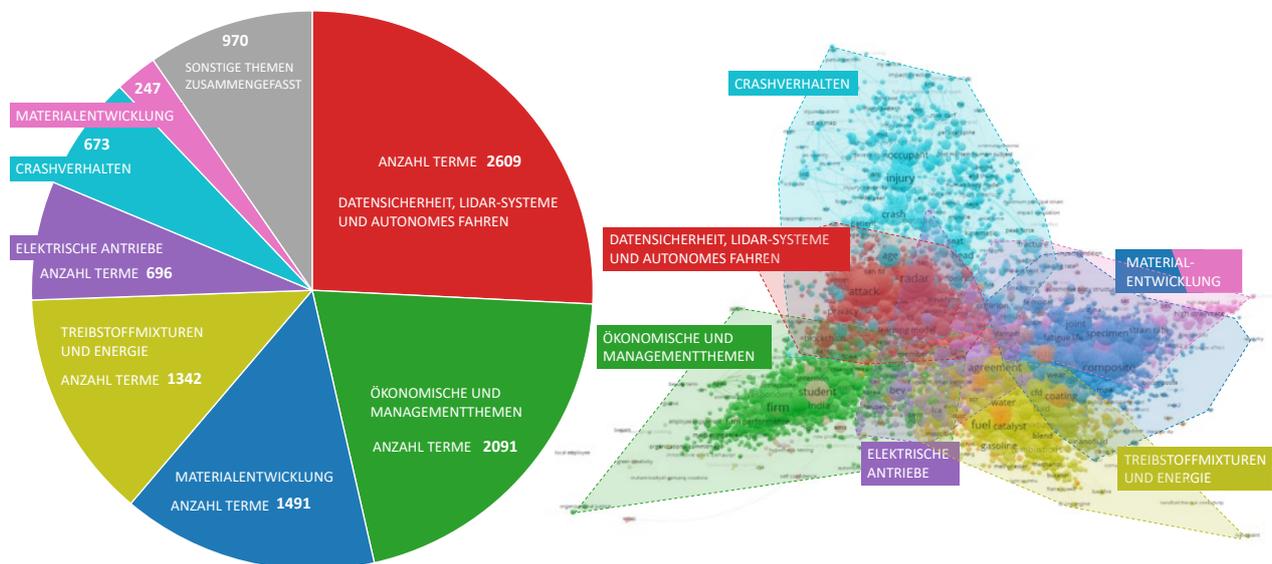


Abbildung 6: Inhaltliche Themencluster der Datenökonomie in der Automobilwirtschaft (Eigene Darstellung VOSviewer, eigene Berechnung)

⁵ Hierbei wurden auch Publikationen berücksichtigt, die sich noch im Druck befinden.

⁶ VOSViewer ist ein Forschungstool des Center for Science and Technology Studies der Universität Leiden, siehe <https://www.vosviewer.com/>

⁷ Lidar ist eine Methode zur Messung atmosphärischer Parameter, Abstand und Geschwindigkeit mit Hilfe von Lasern.

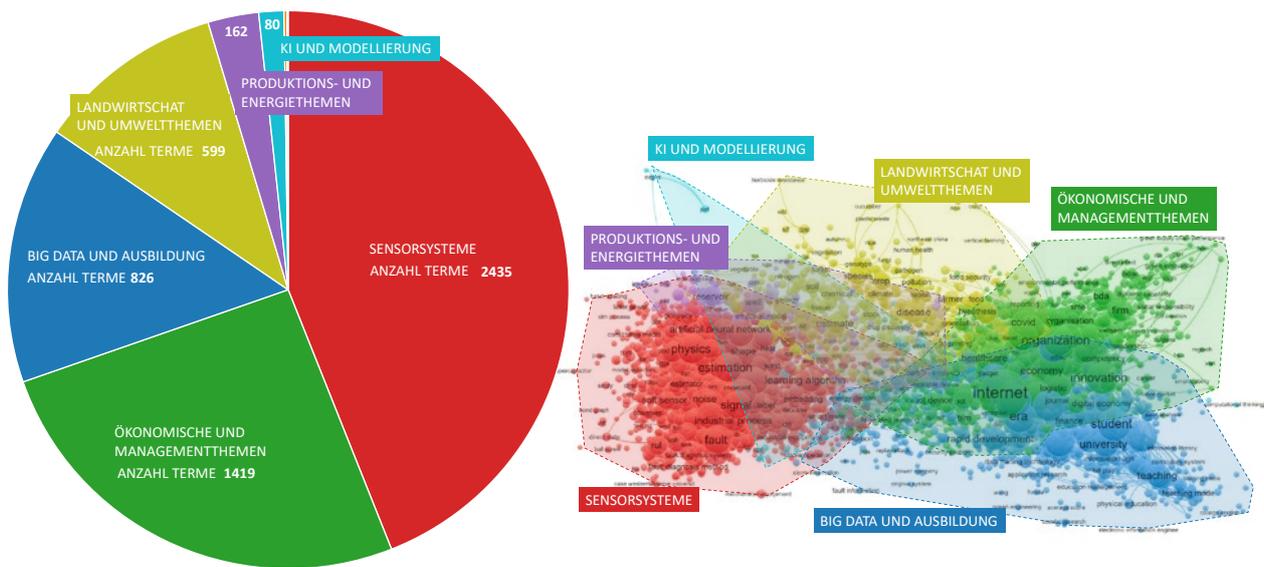


Abbildung 7: Inhaltliche Themencluster der Datenökonomie Maschinen- und Anlagenbau (Eigene Darstellung VOSviewer, eigene Berechnung)

Weitere Analyseergebnisse und Schlussfolgerungen sind direkt in die entsprechenden Unterkapitel der Abschnitte 4.1 und 4.2 eingegangen und werden hier nicht noch einmal separat ausgewiesen

National und international geförderte Forschungsschwerpunkte

Zur Analyse der Forschungsprojekte im Kontext der Datenökonomie der europäischen und nationalen Förderung durch die Bundesministerien wurden die europäische Förderdatenbank Cordis und der Förderkatalog des Bundes⁸ herangezogen.

In der Automobilwirtschaft wurden seit 1991 von der Europäischen Kommission insgesamt 233 Projekte mit 57 Länderbeteiligungen⁹ und 1.580 Projektpartnern gefördert. Hiervon sind Anfang 2023 noch 67 Teilprojekte in Bearbeitung (vgl. Abbildung 8). Insgesamt werden Projekte mit fast 19 Milliarden € Gesamtkosten und einem durch die Europäische Kommission geförderten Anteil von rund 555 Millionen € angegeben. Deutschland (DE), Italien (IT), Frankreich (FR), Großbritannien (UK)¹⁰ und Spanien (ES) sind hier die aktivsten Länder.

⁸ Aufgrund unterschiedlicher Publikationsstrategien der Ressorts sind nicht alle geförderten Projekte hier gelistet.

⁹ Hierbei enthalten sind neben Mittelempfängern in den Mitgliedsstaaten auch assoziierte Partner außerhalb der EU.

¹⁰ Das Land beteiligt sich auch nach dem Brexit aktiv an den laufenden Projekten, wenn auch im geringeren Umfang.

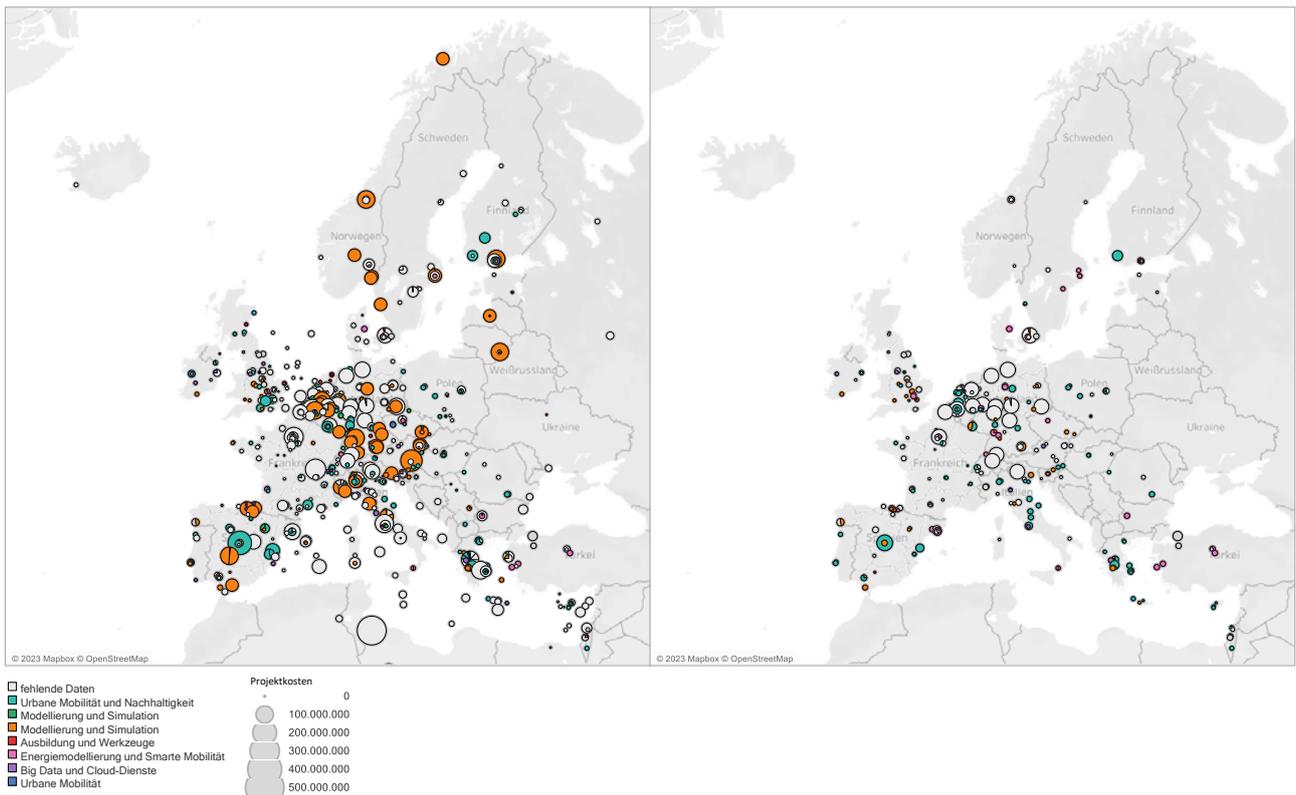


Abbildung 8: Europäische Projektförderung in der Automobilwirtschaft im Kontext der Datenökonomie seit 1991 (links) und im Zeitraum 2023-2028 (rechts) (Eigene Darstellung)

Zur Exploration der thematischen Zusammenhänge wurden mit Hilfe des oben beschriebenen KI-Ansatzes zehn thematische Cluster identifiziert. Die inhaltliche Analyse zeigte jedoch einen relativ großen Anteil thematisch zu weit gefasster Projekte mit Bezügen zur (Bio-)Medizin, sodass insgesamt nur sechs Themencluster in der weiteren inhaltlichen Ausarbeitung berücksichtigt wurden. Zudem gab es eine relativ große Anzahl an Projekten, die bei der Clusterung aufgrund fehlender Datenfelder nicht vom Algorithmus berücksichtigt wurden. Der Vollständigkeit halber wurden diese Projekte in den nachfolgenden Darstellungen jedoch trotzdem eingeschlossen. Die resultierenden inhaltliche Schwerpunkte lassen sich zu folgenden Clustern zusammenfassen: Urbane Mobilität und Nachhaltigkeit (türkises Cluster), Modellierung und Simulation (grünes und orangefarbenes Cluster), Ausbildung und Werkzeuge (rotes Cluster), Energiemodellierung

und Smarte Mobilität (rosafarbenes Cluster), Big Data und Cloud-Dienste (lilafarbenes Cluster). Vor allem wurden bzw. werden größere private Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen gefördert. Die zugehörige Abbildung fasst die inhaltlichen Themen und die beteiligten Akteure zusammen. Zudem zeigt sie die in Cordis gelisteten Projekte seit 1991 und die aktuell noch laufenden Projekte im Vergleich. Mit der Einschränkung, dass zu einem Großteil der Projekte keine quantitative Ermittlung der Themen aufgrund fehlender Datenpunkte möglich war, konnten bei den identifizierten Clustern vor allem Förderungsschwerpunkte in den beiden Themen Modellierung und Simulation sowie Urbane und Smarte Mobilität identifiziert werden. Zudem wurden in den bereits abgeschlossenen Projekten Themen wie Big Data und Cloud-Dienste sowie die Ausbildung und Werkzeuge adressiert.

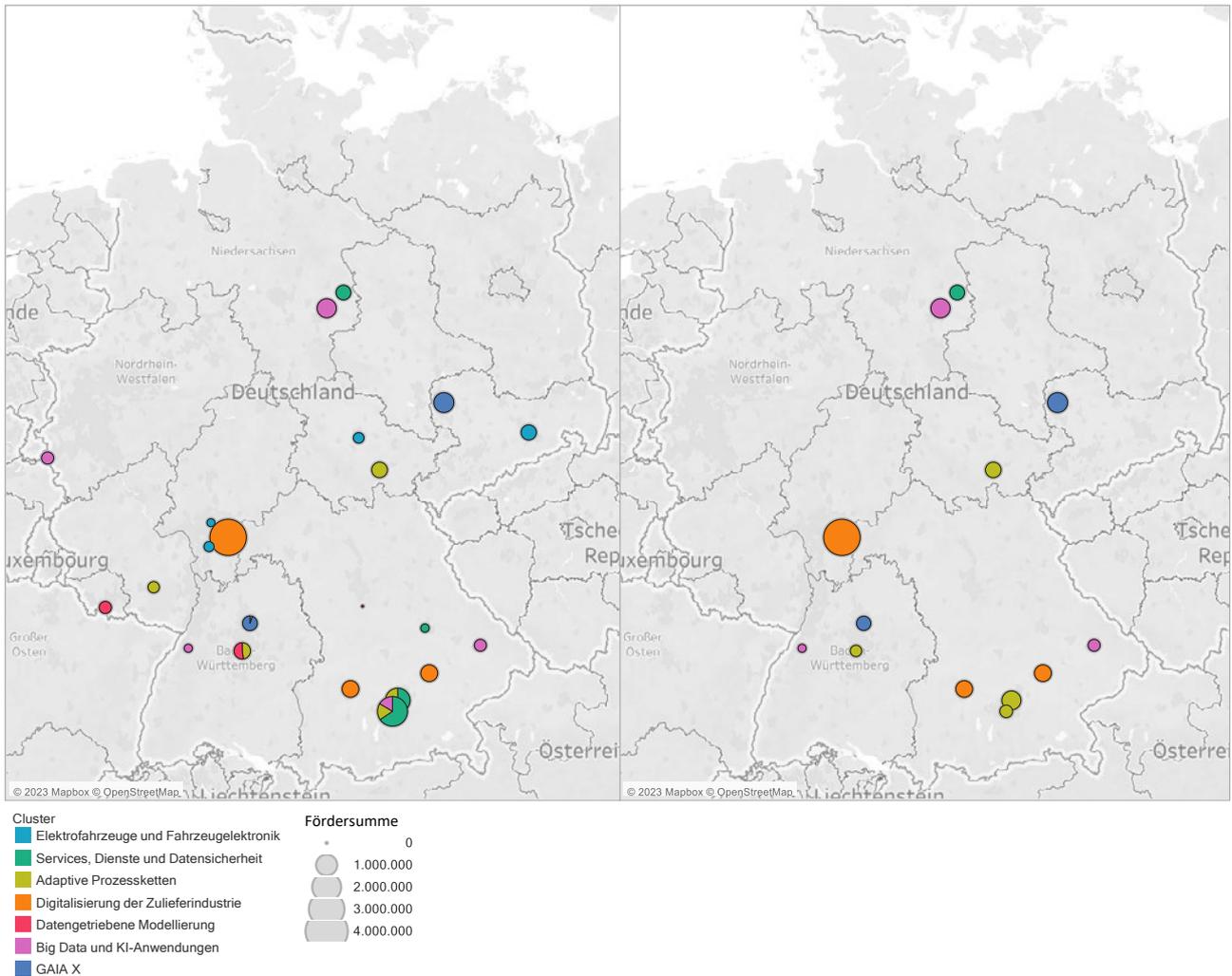


Abbildung 9: Nationale Projektförderung in der Automobilwirtschaft im Kontext der Datenökonomie seit 2017 (links) und im Zeitraum 2023-2025 (rechts) (Eigene Darstellung)

Zudem wurden seit 2017 in nationalen Förderprogrammen insgesamt 28 Projekte mit 29 Mittelempfängern gefördert. Hiervon sind Anfang 2023 noch 14 Teilprojekte aktuell in Bearbeitung (vgl. Abbildung 9). Insgesamt sind die Projekte mit rund 18,6 Mio € gefördert worden. Betrachtet man Projektanzahl, Fördervolumen und Mittelempfänger gemeinsam, sind Bayern, Baden-Württemberg und Hessen hier Hauptempfänger. Zur Exploration der thematischen Zusammenhänge wurden mit Hilfe des oben beschriebenen KI-Ansatzes sieben Themencluster identifiziert. Anders als auf der europäischen Ebene, die vor allem die urbane Mobilität und Simulationsansätze fokussiert, konzentrieren sich die Themen in der nationalen Forschungsförderung auf die konkrete Implementierung von digitalen Strukturen. Inhaltliche Schwerpunkte liegen vor allem in den Themen Digitalisierung der Zulieferindustrie (orangenes Cluster), Big Data und KI-Anwendungen

(lila Cluster), Services, Dienste und Datensicherheit (grünes Cluster) und adaptive Prozessketten (gelbes Cluster). Weitere Themen können unter den Begriffen Gaia-X (blaues Cluster), Elektrofahrzeuge und Fahrzeugelektronik (türkises Cluster) und datengetriebene Modellierung (rotes Cluster) zusammengefasst werden (vgl. Abbildung 9).

Im Maschinen- und Anlagenbau wurden seit 1990 von der europäischen Kommission insgesamt 64 Projekte mit 41 Länderbeteiligungen und 536 Mittelempfängern gefördert. Hiervon sind Anfang 2023 noch 20 Teilprojekte in Bearbeitung (vgl. Abbildung 10). Insgesamt sind die Projekte mit gut 6 Milliarden € Gesamtkosten und einem Beitrag durch die Europäische Kommission von fast 213 Millionen € angegeben. Deutschland (DE), Großbritannien (UK), Italien (IT) und Spanien (ES), aber auch Österreich (AT) sind hier die aktivsten Länder.

Zur Exploration der thematischen Zusammenhänge wurden mit Hilfe des oben beschriebenen KI-Ansatzes sechs Themencluster identifiziert.

Aufgrund fehlender Datenfelder wurde eine relativ große Anzahl an Projekten bei der Themenclusterung vom Algorithmus nicht berücksichtigt. Diese wurden in den folgenden Abbildungen trotzdem dargestellt. Hieraus ergeben sich inhaltliche Schwerpunkte vor allem bei Qualitäts- und Sicherheitssystemen (grünes Cluster), offenen Datenräumen und Datenwertschöpfungsketten (gelbes Cluster) und Simulationsverfahren (türkisches Cluster) sowie ein weiteres eigenständiges

Thema Mikroelektronik (orangefarbenes Cluster) (vgl. Abbildung 10). Die beiden weiteren Cluster lassen sich den obigen Themen ebenfalls zuordnen. Die zugehörige Abbildung fasst die inhaltlichen Themen und die beteiligten Akteure zusammen. Zudem zeigt sie die in Cordis gelisteten Projekte seit 1990 und die aktuell noch laufenden Projekte im Vergleich. Aus dem Vergleich lassen sich keine aktuellen Schwerpunkte ableiten und sind eine Fortführung der obengenannten Themen. Vor allem wurden bzw. werden auch hier größere private Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen gefördert.

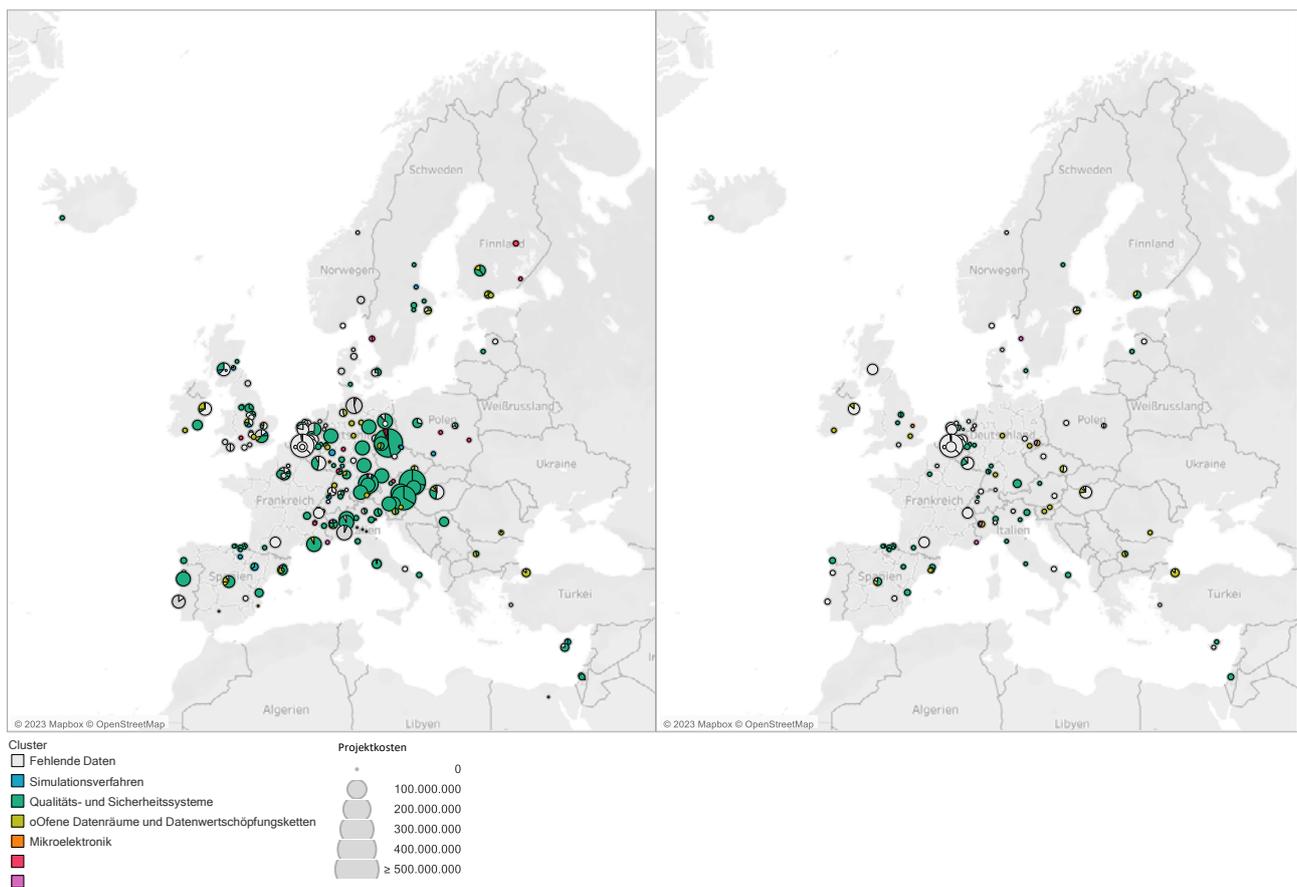


Abbildung 10: Europäische Projektförderung im Maschinen- und Anlagenbau im Kontext der Datenökonomie seit 1990 (links) und im Zeitraum 2023-2025 (rechts) (Eigene Darstellung)

Auf Bundesebene werden seit 2014 in nationalen Förderprogrammen insgesamt 83 Projekte mit 86 Mittelpfängern gefördert. Hiervon sind Anfang 2023 noch 36 Teilprojekte in Bearbeitung (vgl. Abbildung 11). Insgesamt sind die Projekte mit gut 34 Mio. € gefördert worden. Betrachtet man Projektanzahl, Fördervolumen und Mittelpfänger gemeinsam, sind NRW,

Bayern, Baden-Württemberg, aber auch Hessen und Berlin hier Hauptempfänger. Zur Exploration der thematischen Zusammenhänge wurden mit Hilfe des oben beschriebenen KI-Ansatzes sieben Themencluster identifiziert. Inhaltliche Schwerpunkte liegen vor allem in den Themen Industrie 4.0 und verteilte Dienste (rosa Cluster), vernetzte Anlagen und KI-Anwendun-

gen (rotes Cluster) und mikroelektronische Bauteile (grünes Cluster). Zudem konnten die Themen Retrofit (orangenes Cluster) und Sensordaten und Sicherheitsthemen (türkisches Cluster) zusammengefasst werden (vgl. ebenfalls Abbildung 11).

Die sich hieraus ergebenden qualitativen Ergebnisse wurden zur Begriffsbildung, Abgrenzung der Themenbereiche, für diskussionsleitende Kategorien und zur Beschreibung von Geschäftsmodellen genutzt.

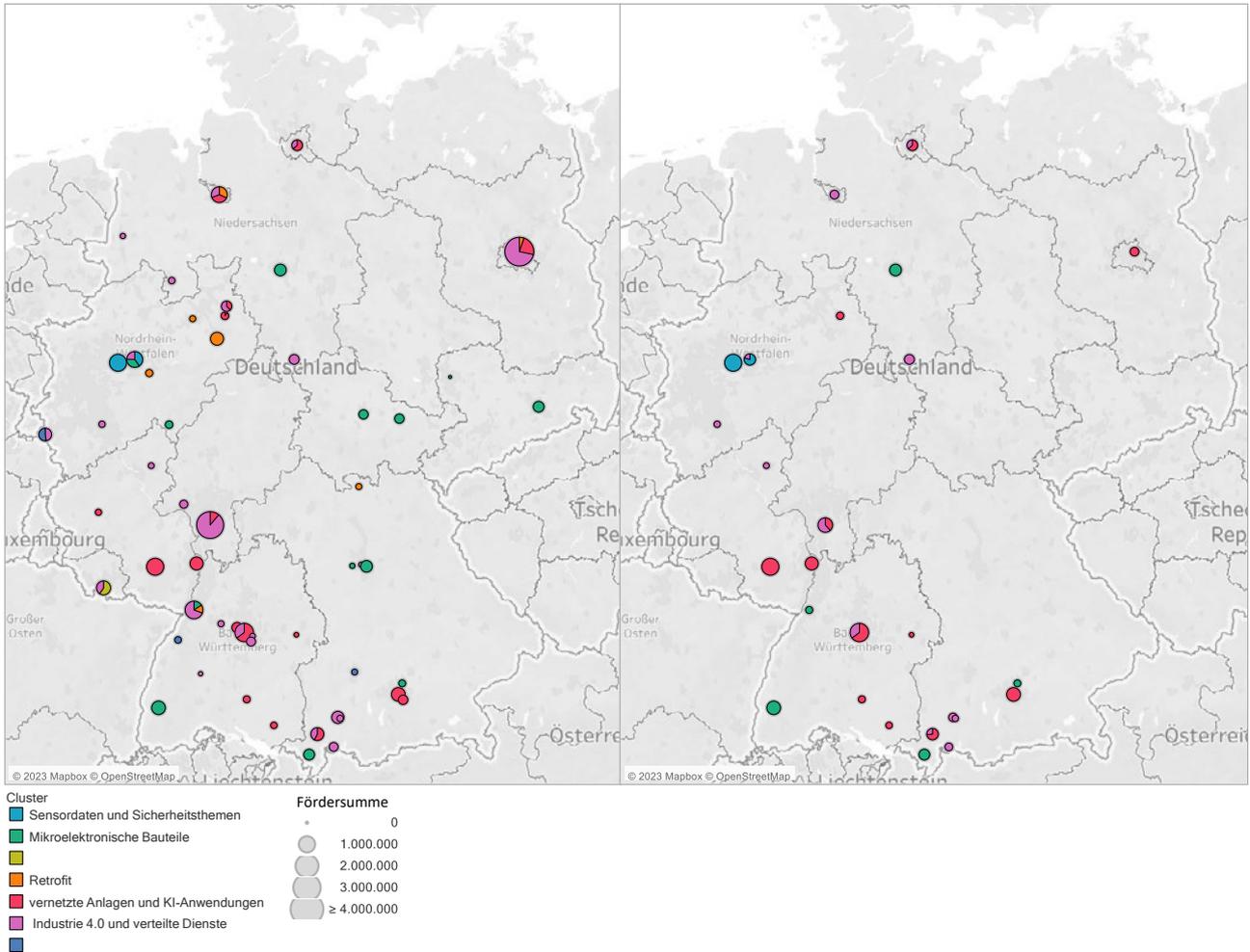


Abbildung 11: Nationale Projektförderung im Maschinen- und Anlagenbau im Kontext der Datenökonomie seit 2017 (links) und im Zeitraum 2023-2025 (rechts) (Eigene Darstellung)

4. Künftige Branchenentwicklung

4.1 Automobilwirtschaft

4.1.1 Wertschöpfungspotenziale

Die im Rahmen dieser Studie beteiligten Expert*innen gehen davon aus, dass die notwendigen Technologien für die verstärkte ökonomische Nutzung von Daten bereits existieren. Es fehle grundsätzlich nicht an einzelnen Technologien (z.B. Analyse- und Prognosealgorithmen). Trotzdem wird dieses Potenzial noch nicht vollständig ausgeschöpft. Die Herausforderung liegt demnach in der klaren Definition des Nutzens und einer zielgerichteten Weiterentwicklung, die auf Kund*innenbedürfnissen basiert. Diese Erkenntnis verdeutlicht, dass es nicht nur um die Verfügbarkeit von Technologie geht, sondern auch um die strategische Ausrichtung der Branche auf den durch sie zu schöpfenden Nutzen.

Die aktuelle Situation in der deutschen Automobilwirtschaft zeigt, dass Daten bereits in verschiedenen Bereichen erfolgreich zur Wertschöpfung eingesetzt werden. Im Aftersales-Bereich sind zahlreiche Beispiele vorhanden. Moderne Navigationssysteme integrieren Echtzeitverkehrsdaten, um Fahrer*innen effiziente Routenempfehlungen zu bieten. Energiemanagement-Systeme für Elektrofahrzeuge liefern präzise Reichweitenprognosen und tragen zur nachhaltigen Nutzung von Energie bei (Mangold, 2021). Innovative Versicherungstarife nutzen Daten, um individualisierte Preise und Leistungen anzubieten (Verbraucherzentrale, 2022). Multimodale Mobilitätsplattformen wie Jelbi der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)¹¹ und der estnische Anbieter Bolt¹² ermöglichen nahtlose Verbindungen zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln.

In der Produktentwicklung setzen Unternehmen vermehrt auf Daten, um Produkte an die Bedürfnisse der Verbraucher*innen anzupassen. Dies reicht von der Marktforschung bis zur virtuellen Produktentwicklung, bei der sogar Technologien aus der Computerspieleindustrie zum Einsatz kommen (Zwettler, 2021).

Plattformbetreiber

Eine der zentralen Entwicklungen in der Automobilwirtschaft, die bis Mitte der 2020er-Jahre erwartet wird, betrifft die Entstehung plattformbasierter Geschäftsmodelle. Diese Plattformen könnten herstellerübergreifend technische Lösungen für Automobile anbieten, darunter

eingebettete Steuerungssysteme, Telematiksysteme und Technologien zur Verbesserung der Nutzererfahrung. Solche Modelle werden auch als „Software-defined vehicles“ bezeichnet (Deloitte China, 2021). Bereits heute erzeugen Autos während der Nutzung erhebliche Datenmengen, die für unterschiedliche Funktionalitäten genutzt werden können. Der Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) nennt in diesem Zusammenhang ein Datenvolumen von 25 Gigabyte, das moderne Fahrzeuge jede Stunde erzeugen. Dazu zählen u.a. Informationen zum Kilometerstand, Geschwindigkeit, Standort und Drehzahl (VDA, o.J.). Bis 2030 könnten datengetriebene Plattformen sogar Materialmarktplätze für die Kreislaufwirtschaft und Datenbereitstellungsplattformen für sektorübergreifende Datennutzung schaffen.

Datenanwendungen für Nachhaltigkeit

Energiemanagement für elektrische Fahrzeuge ist bereits heute Realität. In den kommenden Jahren könnten die Integration externer Datenquellen und die Anwendung von Prognosealgorithmen dieses System weiter optimieren (Mangold, o.D.; Tiedemann, 2018). Ein vielversprechender Ausblick im Bereich Nachhaltigkeit ist zudem die Möglichkeit eines umfassenden „Carbon Accounting Cradle-to-Grave“, das die gesamte CO₂-Bilanz eines Fahrzeuges erfasst und optimiert. Wissenschaftliche Grundlagen für entsprechende Analysen bestehen bereits (Rashid & Pagone, 2023).

Vorausschauende Instandhaltung

Die zukünftige Instandhaltung könnte durch vorausschauende Systeme geprägt sein. Obwohl bereits heute Wartungshinweise basierend z.B. auf Fahrzeugkilometern existieren, könnten sich in den nächsten Jahren Systeme entwickeln, die den Verschleiß einzelner Fahrzeugkomponenten prognostizieren. Die Expert*innen gehen davon aus, dass dies zunächst in LKW-Flotten und High-End-PKW eingeführt werden könnte.

Intelligente Verkehrssteuerung

Die Effizienz von Verkehrssteuerungssystemen wird in den kommenden Jahren durch die Nutzung von Echtzeitdaten vernetzter Fahrzeuge erheblich gesteigert werden. Netzwerkeffekte werden dazu führen, dass diese Systeme noch präzisere optimale Fahrrouten ermitteln können. Entsprechende Potenziale werden

¹¹ <https://www.jelbi.de/>

¹² <https://bolt.eu/de-de/>

bereits seit mehreren Jahren diskutiert und sind Gegenstand von Forschungs- und Innovationsvorhaben (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. [acatech], 2019; Raum, 2018; TÜV-Verband e.V., 2020).

Autonomes Fahren

Während internationale Märkte bereits fortgeschrittene autonome Fahrsysteme erleben, wird die Verbreitung in Deutschland vorerst auf bestimmte Anwendungsbereiche beschränkt sein (Peters, 2021). Die Einführung im LKW-Verkehr für Langstrecken auf Autobahnen könnte den Anfang markieren, gefolgt von High-End-PKW gegen Ende der 2020er-Jahre. Eine vollständige Integration des autonomen Fahrens in das vernetzte Verkehrssystem könnte in den 2030er-Jahren erreicht werden.¹³

Datenveredelung und Interoperabilität

Mit der Verbreitung datenbasierter Anwendungen in den vorgenannten Bereichen werden spätestens in der zweiten Hälfte der 2020er-Jahre neue Geschäftsmodelle in der Datenveredelung und Herstellung von Interoperabilität erwartet. Dienstleistungen und Technologien zur Aggregation und Anonymisierung von Daten werden insbesondere benötigt, wenn Fahrzeuge und Verkehrsinfrastruktur vermehrt Daten sammeln. Ein Beispiel ist die Anonymisierung von Sensordaten im Straßenverkehr, die für verschiedene Anwendungen wie Verkehrsleitsysteme oder Energiemanagement verfügbar gemacht werden könnten.

Dies verdeutlicht, dass die deutsche Automobilindustrie vor entscheidenden Veränderungen steht, die maßgeblich von der intelligenten Nutzung von Daten angetrieben werden. Eine strategische Herangehensweise, die sich an dem konkret mit solchen Technologien zu erzeugenden Nutzen orientiert, erscheint notwendig, um das Potenzial dieser Entwicklungen zu realisieren und die Branche für die Zukunft zu rüsten, und damit die grundlegenden Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass in diesen Branchen langfristig eine hohe Zahl gut bezahlter Arbeitsplätze erhalten und neu geschaffen wird.

4.1.2 Technologische, sozioökonomische und regulatorische Voraussetzungen

Wertschöpfungspotenziale im Zusammenhang mit der Datenökonomie dürften im Automobilssektor nur dann realisiert werden, wenn die notwendigen technologischen Grundlagen, sozioökonomischen Rahmenbedingungen und Lösungen für die Umsetzung

regulatorischer Anforderungen entwickelt werden (z.B. Anonymisierungstechniken). Es gilt, technische Lösungen zu finden und eine geeignete Datengovernance zu etablieren, die die Zusammenführung von Daten ermöglichen. Dies ist entscheidend, damit alle Akteure in der Branche, von den Automobilherstellern bis zu den Verbraucher*innen, das notwendige Vertrauen haben, um ihre Daten zur Verfügung zu stellen.

Die Expert*innen sind sich einig, dass die Schaffung eines gemeinsamen Datenraums ein wichtiger Schritt ist, um zu einer verstärkten Datennutzung in der Automobilindustrie zu kommen. Ein vielversprechender Ansatz, der bereits in die Tat umgesetzt wird, ist die Initiative Catena-X. Dieses Projekt wurde von führenden deutschen Automobilherstellern und -zulieferern ins Leben gerufen, darunter BASF, BMW, Henkel, Mercedes, SAP, Schaeffler, Siemens, T-Systems, Volkswagen und ZF. Das Ziel von Catena-X ist es, die gesamte Wertschöpfungskette der Automobilbranche digital abzubilden und zu optimieren. Dies schließt die Erfassung von CO₂-Emissionen in der Fahrzeugproduktion sowie die Steigerung der Effizienz beim Rohstoffverbrauch ein. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das Gemeinschaftsunternehmen Cofinity-X gegründet, das Produkte und Dienstleistungen für den sicheren Datenaustausch entlang der Produktionskette anbieten soll (Höpfner & Kermann, 2023). Catena-X beschäftigt sich dabei auch mit der Frage der Data Governance, also mit dem sicheren Austausch von Datenprodukten zwischen verschiedenen Akteuren in Datenökosystemen. Diese Herausforderung ist entscheidend, um Probleme wie den Verlust der Datenkontrolle, unsicheren Datenzugriff und die Möglichkeit der Bereitstellung minderwertiger Informationen zu bewältigen. Hier ist ein Leitfaden in Arbeit, der sich mit den individuellen Rollen und Verantwortlichkeiten in der Organisation sowie den notwendigen Prozessen zur Steuerung und Kontrolle eines Daten- und Analyse-Ökosystems befasst. Dieses Ökosystem umfasst verschiedene Funktionen, Abteilungen und Partner, die in den Datenaustausch involviert sind (Catena-X Automotive Network e.V., 2023). Neben einem gemeinsamen Datenraum ist für eine stärkere Kollaboration im Datenökosystem auch die Adaption offener, standardisierter Softwarearchitekturen notwendig. Zahlreiche deutsche und internationale Automobilhersteller und -zulieferer engagieren sich bereits heute in Initiativen, die die Entwicklung und Adaption offener Standards und Softwarearchitekturen voranbringen wollen. Beispiele dafür sind die AUTomotive Open System Architecture (AUTomotive Open System ARchitecture, o.J.) sowie die Eclipse Foundation (Eclipse Foundation, o.J.).

¹³ Die Darstellung der Verbreitung autonomer Fahrsysteme klammert Entwicklungen insb. für schienengebundenen Verkehr aus. Dazu siehe auch: Peters et al. (2021)

Bei der Gestaltung von Datenräumen und vertrauenswürdigen Datenaustauschstrukturen ist es wichtig, die richtige Balance zu finden zwischen offenen Datenzugängen für möglichst viele Akteure der Datenökonomie zur Förderung innovativer datenbasierter Geschäftsmodelle und dem Interesse von Unternehmen, ihre Geschäftsgeheimnisse zu schützen. Einige der im Rahmen dieser Studie beteiligten Expert*innen betonen, dass in offenen Datenräumen und Open-Source-Ökosystemen die Souveränität von Unternehmen gewahrt werden müsse. Jedes Unternehmen müsse demnach die Freiheit haben, die Partner auszuwählen, mit denen sie Daten teilen und die Bedingungen zu bestimmen, zu welchem Zweck ihre Daten genutzt werden. Aus diesem Grund spricht sich der VDMA bereits für die Stärkung föderativer Datenhaltung aus (Mediengruppe Telematik-Markt.de, 2022). Auf diese Weise kann eine gemeinsame Datennutzung über Unternehmensgrenzen hinweg realisiert werden, ohne dass Unternehmen ihre Datensouveränität verlieren.¹⁴ Dezentrale Datenhaltungs- und -verarbeitungsarchitekturen ermöglichen es, dass die Daten eines Unternehmens immer beim Unternehmen verbleiben und dazu genutzt werden können, um z. B. Prognosealgorithmen zu trainieren, die für vorausschauende Instandhaltung genutzt werden können (Peters & Krieger, 2022; Rusch, 2022). Solche Ansätze föderativer Datenhaltung und die Entwicklung von Open-Source-Software und Standards verhindern

1. die einseitige Bindung an bestimmte Softwarehersteller und beugen damit Lock-in-Effekten vor, die die langfristige Sicherung der Wertschöpfungstiefe in der Branche gefährden könnten und
2. dass Unternehmen präventiv, um eine Kompromittierung ihrer Daten zu verhindern, nicht an Datenökosystemen teilnehmen.

Es bleibt abzuwarten, inwieweit es Catena-X bereits bis zur Mitte der 2020er-Jahre gelingen wird, solche und ggf. andere geeignete Datenteilungsmodelle für alle beteiligten Akteure in der Automobilindustrie zu entwickeln und zu etablieren. Dies wird ein entscheidender Schritt sein, um die Datenökonomie in der Branche voranzutreiben und sicherzustellen, dass alle Beteiligten davon profitieren können.

Darüber hinaus könnten zusätzliche rechtliche Anpassungen erforderlich sein, um das volle Potenzial der virtuellen Produktentwicklung auszuschöpfen. Bis Mitte der 2020er-Jahre könnte es notwendig sein, die rechtlichen Voraussetzungen für den Bereich virtueller

Testläufe zu schaffen. Hierbei könnte auch die Zusammenarbeit mit dem Kraftfahrtbundesamt eine Rolle spielen, um die Potenziale der Virtualisierung in Zulassungsverfahren zu nutzen.

Abschließend ist zu beachten, dass diese Entwicklungen insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in der Automobilbranche große Herausforderungen darstellen. KMU könnten Schwierigkeiten haben, mit den technologischen und regulatorischen Veränderungen Schritt zu halten und von den Chancen der Datenökonomie zu profitieren. Es ist offen, inwieweit es gelingen wird, KMU geeignete Unterstützungsmaßnahmen und Ressourcen bereitzustellen, um sicherzugehen, dass auch sie in dieser sich wandelnden Branche erfolgreich agieren können.

4.2 Maschinen- und Anlagenbau

4.2.1 Wertschöpfungspotenziale

Die im Rahmen dieser Studie beteiligten Expert*innen gehen davon aus, dass sich die Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau ausgehend von heute bereits bestehenden Ansätzen in Richtung einer stärker serviceorientierten Geschäftsmodelltransformation verändern wird. Dabei dürfte die Entwicklung sich nicht vollständig von bestehenden Kompetenzen in der Entwicklung exzellenter (physischer) Maschinen weg und hin zu einer annähernd vollständigen Virtualisierung der Wertschöpfung bewegen („Wer eine digitale Plattform sein will, ist kein Maschinen- und Anlagenbauer mehr.“). Vielmehr dürften insb. ggü. internationalen Digitalkonzernen wie Amazon Web Services (AWS), die verstärkt auf den Markt mit Maschinendaten streben (AWS, o.J.), für den deutschen Maschinenbau erhebliche Potenziale in der Stärkung seiner Exzellenz an der Schnittstelle von Digitalisierung und physischer Prozesstechnologien liegen. Im Fokus dürfte damit künftig vor allem die Entwicklung cyberphysischer Systeme stehen („Das große Potenzial für die deutsche Industrie liegt da, wo Digitalisierung auf Industrie trifft. Hier könnte Deutschland Weltspitze werden. Bislang lassen wir hier jedoch zu viel Potenzial liegen“, Jens Südekum).

Schon heute werden Daten im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus in Deutschland genutzt. Über Sensoren an Produktionsanlagen besteht die Möglichkeit, Produktionsprozesse in Echtzeit zu überwachen und zu steuern. Predictive Maintenance findet bereits statt, zumindest dort, wo ein vertrauensvoller Datenaustausch zwischen Maschinenherstellern und

¹⁴ Hier ausgeklammert bleiben wettbewerbsrechtliche Gründe, die möglicherweise zur Einführung dezidiert Datenteilungspflichten für bestimmte Bereiche des Mobilitätssektors führen könnten.

Maschinenanwendern funktioniert. Die vorausschauende Instandhaltung wird bereits seit vielen Jahren als wesentliches Element künftiger Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau erkannt (Peters, Bovenschulte et al., 2022).

Ebenfalls mittels Daten ermöglichte Ansätze wie „Production On Demand“ oder „Mass Customization“, also die massenindividualisierte Fertigung, werden zumindest bereits erprobt. Mass Customization zielt auf die Herstellung individueller Produkte und Services mit einer Effizienz ab, die mit der Effizienz industrieller Massenproduktion vergleichbar ist (Piller, 2006).

Bezogen auf die künftigen Potenziale datenbasierter Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau identifizieren die beteiligten Expert*innen eine Reihe von Schwerpunkten.

Virtuelle Inbetriebnahme und „Manufacturing as a Service“

Ausgehend vom Ansatz der „Predictive Maintenance“ dürften sich in den kommenden Jahren weitere heute dem Grundsatz nach bereits technisch mögliche industrielle Services etablieren. Ein Beispiel dafür ist die virtuelle Inbetriebnahme. Die Virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) ist eine innovative Methode, um Maschinen und Anlagen bereits vor ihrer physischen Inbetriebnahme zu simulieren. Die VIBN basiert auf der Nutzung eines digitalen Zwillings, der alle relevanten Daten der Anlage oder Maschine enthält. Dies ermöglicht die Simulation und Validierung von Planungen und Änderungen des Systems, was zu erheblichen Vorteilen führt. Moderne VIBN-Lösungen bieten die Möglichkeit, Simulationen sowohl mit als auch ohne Anbindung an die Hardware durchzuführen. Diese können sogar in Echtzeit erfolgen, was die Unterscheidung zwischen virtueller und realer Inbetriebnahme minimiert. Die VIBN verbessert das Engineering, indem sie die Validierung von Kundenanforderungen schon in der Konstruktionsphase ermöglicht und komplexe Zusammenhänge vorab testet. Dies reduziert das Risiko von Fehlplanungen und erhöht die Qualität von Maschinen und Anlagen (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) Forum Industrie 4.0).

Die Expert*innen gehen davon aus, dass sich in der zweiten Hälfte der 2020er-Jahre Ansätze des sogenannten „Manufacturing as a Service“ (MaaS) etablieren könnten und damit neue Wertschöpfungspotenziale im Maschinen- und Anlagenbau entstehen. MaaS beschreibt die gemeinsame Nutzung vernetzter Produktionsanlagen zur bedarfsgerechten Herstellung von Waren. Dieses

Konzept basiert auf Echtzeit-Kommunikation zwischen Maschinen, Cloud-Servern und einer bandbreitenstarken Internetverbindung. Es ermöglicht eine dezentralisierte Fertigung und fördert neue Produktionsmodelle und -technologien. MaaS bietet Unternehmen Flexibilität, da sie ohne eigene Investitionen auf Produktionsanlagen zugreifen können. Dies führt zu Kosteneinsparungen, da Kapital-, Arbeits- und Energiekosten reduziert werden können (Köllner, 2023).

Virtuelles Engineering

Die Expert*innen gehen davon aus, dass Virtualisierung und Simulation nicht nur im Bereich der Inbetriebnahme, sondern auch im Bereich der Produktentwicklung zunehmen dürfte. Die Virtuelle Produktentstehung beinhaltet die vollständige Digitalisierung des gesamten Prozesses, beginnend mit der Planung und Konstruktion bis hin zur Validierung durch Simulationen und Tests. Dies erfordert digitale Produktmodelle, die alle Merkmale und Interaktionen des Produkts sowie dessen Umgebung abbilden (Bender, 2020). Gegenwärtige Entwicklungen im Bereich immersiver virtueller Welten, die unter dem Begriff „Metaverse“ diskutiert werden, könnten langfristig Entwicklungsdienstleistungen beeinflussen und verändern. Entsprechende datenbasierte Ansätze werden bereits heute in ersten Pilotprojekten von Unternehmen wie Siemens eingesetzt, um künftig eine kollaborative Entwicklung neuer Produkte im virtuellen Raum zu ermöglichen (Peters, Schmietow & Krieger, 2022). Die im Rahmen dieser Studie befragten Expert*innen gehen davon aus, dass sich entsprechende Ansätze jedoch erst ab 2030 in der Breite der Industrie realisieren lassen könnten.

Neue Formate der Mensch-Maschine-Interaktion

Heutige Industriearbeit in hoch digitalisierten Produktionskonzepten kann bereits mit dem Begriff des Operator 4.0 beschrieben werden.¹⁵ Als Operator 4.0 wird ein Konzept verstanden, das auf die Entwicklung von Schnittstellen zwischen dem menschlichen Bediener und einem cyberphysischen System ausgerichtet ist und neben einem im ökonomischen Sinne optimalen Prozess die Fähigkeiten des menschlichen Bedieners bestmöglich unterstützt. In der optimalen Gestaltung des Zusammenwirkens von menschlichen Operator*innen und Maschinen (z.B. Roboter, Steuerungssysteme) liegt nach Einschätzung der Expert*innen ein wesentliches Potenzial für die Effizienzsteigerung industrieller Prozesse. Daher könnte sich etwa über eine Weiterentwicklung von Interfaces für die Mensch-Maschine-Interaktion in der Industrie bis Mitte der 2020er-Jahre zusätzliches Wertschöpfungspotenzial

15 Zum Konzept: Romero et al.

für den Maschinen- und Anlagenbau ergeben. Insbesondere große Sprachmodelle könnten hier zu einem Qualitätssprung in der Entwicklung von Mensch-Maschine-Schnittstellen beitragen. Sie ermöglichen es erstmals, dass sich die Interaktionsweise zwischen Mensch und Maschine nicht primär an den Bedürfnissen des technischen Systems orientieren, wie dies z. B. bei der Eingabe von Text mittels Tastatur und Touchscreens der Fall ist, sondern sich an der für Menschen natürlichen Form der Interaktion (natürliche Sprache) orientieren (Peters, 2022).

Datenbasierte Steuerung von Lieferketten

Die befragten Expert*innen erwarten, dass Services im Bereich der datenbasierten Steuerung von Lieferketten künftig an Relevanz gewinnen werden. Hier könnte vor allem das Vorhaben im Zusammenhang mit der Initiative Manufacturing-X der Plattform Industrie 4.0 von hoher Relevanz sein. Die Initiative Manufacturing-X zielt darauf ab, Unternehmen die gemeinsame Nutzung von Daten entlang der Fertigungs- und Lieferkette zu ermöglichen, um digitale Innovationen für Resilienz, Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit zu fördern. Dieser Ansatz sollte von Anfang an auf europäischer und globaler Ebene entwickelt werden, um den Strukturen der bestehenden Wertschöpfungsnetzwerke gerecht zu werden (BMWK, 2023; Peters, 2023). Angesichts der für entsprechende Services notwendigen Datenverfügbarkeit und Datenaustauschformate erwarten die Expert*innen, dass sich entsprechende Leistungen erst in der zweiten Hälfte der 2020er-Jahre weit verbreiten dürften. Ende der 2020er-Jahre könnten demnach auch adaptive Simulationen von Lieferketten z. B. zur Früherkennung von Störungen realisiert werden.

Ökosystemorchestrator

Wenn sich die beschriebenen Entwicklungen in den kommenden Jahren in dieser oder ähnlicher Form ergeben, hätte dies massive Auswirkungen darauf, wie sich das industrielle Ökosystem in einem zunehmend von datenbasierter Wertschöpfung geprägten produzierenden Sektor entwickelt. Die Komplexität cyberphysischer, unternehmensübergreifender Prozesse dürfte nach Einschätzung der Expert*innen dazu führen, dass es zu einer Machtkonzentration kommt. Es dürften sich Ökosystemorchestratoren entwickeln, die Datenflüsse und den damit verbundenen Leistungsaustausch zwischen verschiedenen Unternehmen koordinieren und damit erstens maßgeblich Marktregeln und -strukturen bestimmen werden. Ihre Position im Ökosystem werden diese Akteure zweitens monetarisieren und damit von der Wertschöpfung des gesamten Ökosystems profitieren können. Mit einer solchen Entwicklung könnte in der

zweiten Hälfte der 2020er-Jahre zu rechnen sein. Legt man die bisherigen Überlegungen zur Entwicklung industrieller Datenräume zu Grunde (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi], 2021), ergeben sich erste Hinweise darauf, welche Akteure als Ökosystemorchestratoren in Frage kommen. Im Bereich der vorausschauenden Instandhaltung könnten dies etwa Systemintegratoren oder ggf. auch Komponentenhersteller sein. Dies würde in der Praxis bedeuten, dass Maschinenhersteller die Datenflüsse unterschiedlicher Maschinenanwender koordinieren und damit für alle an diesem Austausch teilhabenden Akteure einen wirtschaftlichen Mehrwert schaffen. Im Bereich der datenbasierten Steuerung von Lieferketten in der Automobilwirtschaft könnte diese Rolle am wahrscheinlichsten von Automobil-OEMs (Original Equipment Manufacturer) oder Systemlieferanten (Tier-1) übernommen werden. Weniger klar scheint die Situation bei MaaS-Ansätzen. Hier kommt dem potenziellen Ökosystemorchestrator neben der Verwaltung von Datenströmen potenziell auch die Rolle als Betreiber entsprechender physischer Produktionsinfrastruktur zu, auf die andere Partner im Ökosystem flexibel zugreifen können. Dies ist mit einem vergleichsweise hohen Kapitalrisiko verbunden.

Metadatenbasierte Geschäftsmodelle

Auf Ebenen der Koordination einzelner Ökosysteme und zwischen verschiedenen Datenökosystemen dürften nach Einschätzung der befragten Expert*innen auch Produkte und Leistungen entstehen, die sich Metadaten bedienen. So könnten Metadatenbroker (Fraunhofer IDS, o.J.) entstehen, die im Vorfeld des Informationsaustausches die Allokation von Datenanbietern und Datennutzern übernehmen. Diese Akteure könnten z. B. sowohl bei der Suche nach den passenden Daten helfen (Welche Daten könnte ich nutzen um mein Problem zu lösen?) als auch selbst als Datenmarktplatzbetreiber fungieren. Während eine entsprechende Entwicklung von den Expert*innen frühestens in der zweiten Hälfte der 2020er-Jahre erwartet wird, bleibt offen, welchen Akteuren im Ökosystem des produzierenden Gewerbes diese Funktion zukommen könnte. Sollte es Maschinenbau-OEMs und Systemlieferanten (Tier-1) gelingen, sich zu Ökosystemorchestratoren weiterzuentwickeln, könnte sich daraus die Chance ergeben, auch die Rolle als Metadatenbroker zu übernehmen und damit noch weitere Wertschöpfungspotenziale zu erschließen.

Ultrapersonalisierte Produktion

Die Expert*innen halten es für möglich, dass sich ausgehend von gegenwärtigen Ansätzen der Produktion on Demand und der massenindividuellen Fertigung langfristig ultrapersonalisierte Produkte und dafür

notwendige Services etablieren. Dazu bedürfte es neben einer intensiven Nutzung von Kund*innendaten auch flexibler, adaptiver Herstellungsverfahren, die die Vision der Losgröße 1 nicht nur für hochspezialisierte Einsatzbereiche wie den Maschinenbau selbst, sondern auch für Endkund*innenmärkte verfügbar machen. Entsprechende Ansätze sind in der Vergangenheit bereits in Innovationsprojekten pilotiert worden und mittlerweile bei Lifestyle-Produkten teilweise am Markt verfügbar (BMWK, o.J.). Gerade hier könnte die Kompetenz deutscher Maschinen- und Anlagenbauer besonders wirksam werden, weil es genau der Erfahrung bei der Entwicklung innovativer Fertigungsverfahren bedarf, die dann in Kombination mit datenbasierten Technologien zum Einsatz kommen.

4.2.2 Technologische, sozioökonomische und regulatorische Voraussetzungen

Analog zu der Einschätzung bezogen auf die Situation in der Automobilwirtschaft gehen die Expert*innen in der Beurteilung der Voraussetzungen für die zunehmende Etablierung datenökonomischer Geschäftsmodelle im Maschinen- und Anlagenbau davon aus, dass die technischen Voraussetzungen im Wesentlichen bereits vorliegen und es lediglich ein Adaptionsdefizit bzw. ein Defizit beim Einsatz dieser Technologien zur Schaffung von Nutzen gibt. Konkret gehen die Expert*innen davon aus, dass solche unter dem Begriff der Industrie 4.0 diskutierten Technologien überwiegend mindestens auf dem „Technology Readiness Level“ 9 vorliegen, also in Form qualifizierter Systeme, über deren erfolgreichen Einsatz bereits der Nachweis erbracht wurde.

Ursachen für dieses Umsetzungsdefizit und die damit verbundene Gefahr, technologisch abgehängt zu werden, sehen die Expert*innen vor allem im Bereich der Data Governance und der Bereitschaft von Unternehmen, ihre Daten Partnerunternehmen zur Verfügung zu stellen. In der praktischen Umsetzung kommen diese Technologien, die eine vernetzte und weitgehend automatisierte und flexible Produktion ermöglichen, bislang nur eingeschränkt zum Einsatz. Die deutsche Industrie hat hier demzufolge ein Adaptionsdefizit. Vielmehr kommen vergleichsweise veraltete Bestandssysteme (Legacy-Systeme) zum Einsatz. Viele Unternehmen setzen in der Industrie hier vor allem auf Nachrüstung durch nachträgliche Integration von Funktionen wie Sensorik und Schnittstellen (Konradin-Verlag Robert Kohlhammer GmbH, 2021). Die für die Automobilwirtschaft als notwendig identifizierten Voraussetzungen industrieller Datenräume werden von den Expert*innen auch für den Maschinen- und Anlagenbau als notwendige Voraussetzungen für Datenwirtschaft gesehen. Um insbesondere

KMU einen Einstieg in die verstärkte wertschöpfende Datennutzung zu ermöglichen, halten die Expert*innen dezentrale, föderative Dateninfrastrukturen für notwendig, die sich z.B. auch in der Verarbeitung föderaler KI-Architekturen bedienen (Peters & Krieger, 2022).

Um die langfristigen Potenziale, die gegenwärtig unter dem Begriff des Operator 4.0 diskutiert werden, nutzen zu können, bedarf es nach Einschätzung der Expert*innen praxistauglicher, gestaltbarer, lernförderlicher und adaptiver Mensch-Maschine-Schnittstellen. In der Praxis könnten Mensch-Maschine-Schnittstellen als kognitive Assistenzsysteme ausgelegt werden, die Leistungsvermögen und die Fähigkeiten der Nutzer erfassen und daraus ableiten, welches Wissen für die Aufgabe benötigt wird. Dies kann mittels Sensorik, Datenanalyse und Nutzereingaben erfolgen. Wenn dieses System auch Wissen vermitteln kann, fungiert es zudem als Tutorssystem und trägt zum Kompetenzaufbau bei (Bovenschulte, 2020).

Als Voraussetzungen dafür, dass aus den verfügbaren Technologien in der Anwendung neue und erfolgreiche Produkte und Services werden, weisen die Expert*innen darauf hin, dass es innerhalb der Industrie eines neuen, offenen Verständnisses von Wertschöpfungspotenzialen bedarf. So machen die Expert*innen einen kognitiven Lock-in, ein Festhalten an tradierten Vorstellungen industrieller Wertschöpfung als ein Problem für innovative, datenökonomische Ansätze aus. Als Beispiel wird dabei das Festhalten bedeutender Teile von Industrie und Politik an der Vorstellung von „Deutschland als Autoland“ angeführt.

Bezogen auf notwendige technologische Infrastrukturen und Governance-Ansätze verweisen die Expert*innen im Workshop zum Maschinen- und Anlagenbau darauf, dass die im Kontext der Catena-X-Initiative für den Automobilsektor unternommenen Anstrengungen zur Schaffung eines Datenraums auch für den Maschinen- und Anlagenbau wichtige Voraussetzungen schaffen könnten.

5. Auswirkungen auf Arbeitsmarkt und Sozialstaat

Eine zunehmende Ausbreitung der Datenökonomie in der deutschen Industrie, die im Rahmen des vorliegenden Deep Dive anhand der Automobilwirtschaft und des Anlagen- und Maschinenbaus betrachtet wurde, dürfte sich in vielfältiger Weise auf Arbeitsmarkt und Sozialstaat auswirken. Strukturell kann in Bezug auf die in Folge näher ausgeführten möglichen Auswirkungen festgestellt werden, dass die meisten dieser Effekte überwiegend nicht originär durch die Datenökonomie und die zuvor konkret ausgeführten Wertschöpfungsmodelle ausgelöst werden. Vielmehr spricht viel dafür, dass die Datenökonomie, wie andere im Zusammenhang mit der digitalen Transformation diskutierte Phänomene, vor allem bestehende gesellschaftliche Entwicklungen verstärkt. Datenökonomie ist in diesem Sinne primär ein Katalysator für Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt und bezogen auf den Sozialstaat.

Psychische Arbeitsbelastung trotz Entlastungspotenzial

Bereits kurzfristig erhöht die Einführung datenökonomischer Produkte und Services in den untersuchten Industrien die psychische Arbeitsbelastung von Beschäftigten in Folge zunehmender kognitiver Anforderungen. Dieser Umstand ergibt sich dabei nicht ausschließlich daraus, dass mit einer zunehmenden Integration digitaler Services (z.B. vorausschauende Instandhaltung) und physischer Produkte die Komplexität von Produkten und Leistungen der Industrie weiter steigt.

Höhere Kompetenzanforderungen und neue Berufsbilder

Vielmehr ergibt sich die zunehmende Komplexität auch aus sich verändernden Aufgaben, welche die Beschäftigten wahrnehmen. Zwar ist davon auszugehen, dass Datentechnologien Beschäftigte verstärkt um kognitive Routinetätigkeiten entlasten. Die dadurch freiwerdenden Ressourcen dürften Beschäftigte jedoch künftig verstärkt für komplexere Aufgaben einsetzen. So könnten Produktionsmitarbeitende dank neuer Formen der Mensch-Technik-Interaktion etwa mittels intuitiver Programmierung robotische Systeme programmieren oder Programmierungen mittels Sprachassistenzsystemen selbstständig vornehmen, indem sie Anweisungen per natürlicher Sprache ins Produktionssteuerungssystem eingeben und eine generative KI die Übersetzung in die von der Produktionssteuerung zu verarbeitende Programmiersprache übernimmt.

Damit ist bereits ein konkretes Beispiel für die zu erwartende Veränderung von Berufsbildern benannt. Es wurde bereits häufig darauf hingewiesen, dass IT-Kompetenzen künftig wichtiger werden. In der Praxis könnten diese neuen Anforderungen jedoch anders aussehen, als dies bislang häufig angenommen wurde. Jenseits informationstechnischer Basiskompetenzen dürften vor allem Beurteilungskompetenzen bezogen auf die Funktionsweise und die Wirkung eines technischen Systems im Einsatzkontext (Technikfolgen) an Bedeutung gewinnen, nicht zuletzt aufgrund der steigenden Komplexität technischer Systeme und datenökonomischer Wertschöpfungsformen. Neben einigen wenigen hochspezialisierten Kompetenzträger*innen dürften künftig auch Beschäftigte gefragt sein, die über gemischte Kompetenzprofile verfügen. Daraus werden sich nach Einschätzung der Expert*innen bereits kurzfristig neue Berufsbilder ergeben (z.B. an der Schnittstelle zwischen Computerwissenschaften und Maschinenbau). Als Beispiel wird die Rolle des „Data Steward“ genannt. Beschäftigte in dieser Funktion übernehmen wesentliche Aufgaben bei der Identifikation und Erschließung neuer Daten, der Gestaltung und Umsetzung einer Data Governance im Unternehmen und weitere Aufgaben entlang der Datenwertschöpfungskette (Peters et al., 2023), wie die Überwachung der Datenqualität und das Management von Metadaten (Luber & Litzel, 2019).

Wie wichtig der Kompetenzaufbau für den Unternehmenserfolg in der Datenökonomie sein kann, bringt eine Expert*innenstimme im Rahmen des Roadmappingprozess auf den Punkt: „Die Hälfte des Mittelstands könnte in 10 Jahren nicht mehr da sein, wenn sie die notwendigen Kompetenzen nicht aufbauen.“

Datennutzung als Existenzfrage

Mittelfristig (bis 2030) stellt die Teilhabe an der Datenökonomie und damit vor allem die aktive Nutzung von Daten sowie die Bereitstellung eigener Daten in dafür geeigneten Austauschräumen eine wesentliche Voraussetzung für die Business Continuity dar. Das heißt, insbesondere in sich zunehmend vernetzenden Wertschöpfungsstrukturen der Industrie könnten nach Einschätzung der Expert*innen Unternehmen, denen in den kommenden Jahren der Einstieg in die Datenökonomie nicht gelingt, bis zum Ende des Jahrzehnts vom Markt verschwinden. Die Fähigkeit eines Unternehmens, Daten als Teil seines Geschäftsmodells in Wert umzuwandeln, dürfte damit zum zentralen Kriterium für die Überlebensfähigkeit in der produzierenden Industrie werden. Für Beschäftigte von Unternehmen, die sich der Transformation nicht eigenverantwortlich

und proaktiv stellen, könnte damit die Beschäftigungssicherheit in Frage gestellt werden. Die Expert*innen betonen die Eigenverantwortung von Unternehmen, wenn es darum geht, sich hier zukunftsfähig aufzustellen. Unbeschadet aller notwendigen politischen Gestaltung liegt die Verantwortung für das zuvor beschriebene Umsetzungsdefizit bei der digitalen Transformation vor allem bei den vielen Unternehmen, die sich zu wenig auf die Schaffung zusätzlichen Nutzens für ihre Kund*innen konzentrieren und damit mehr auf bestehende denn auf neue, datenbasierte Geschäftsmodelle setzen.

Arbeitssprache Englisch

Obwohl die industrielle Wertschöpfung bereits seit Jahren hochgradig international vernetzt ist, ist in vielen deutschen Industrieunternehmen weiterhin Deutsch die einzige Arbeitssprache. Unternehmen, die von den durch die Datenökonomie möglich werdenden internationalen Marktchancen profitieren und insbesondere im IT-Bereich Fachkräfte aus dem Ausland gewinnen wollen, werden auf Dauer Englisch als zusätzliche Arbeitssprache etablieren müssen. Während Englisch als Arbeitssprache in Unternehmen viele Vorzüge mit sich bringt, stellt dies Teile der Bestandsbelegschaft vor erhebliche Herausforderungen.

Human Enhancement als Schlüssel zur Fachkräftesicherung

„Human Enhancement“, also die mittels (datenbasierter) Technologien unterstützte Erweiterung und Optimierung menschlichen Wissens und Fähigkeiten (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) Abteilung Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft, 2022), könnte mittels datenbasierter Technologien gleich in zweifacher Hinsicht einen positiven Beitrag zur Fachkräftesicherung leisten. Mittels datenbasiert optimierter Mensch-Maschine-Schnittstellen, die adaptiv und flexibel eine erfahrungssensitive Anpassung des technischen Systems an menschliche Bediener realisieren, können Beschäftigte bei ihrer Arbeit in komplexer werdenden Arbeitsumfeldern der Datenökonomie unterstützt werden. Als Tutor-systeme (Bovenschulte, 2020) können Assistenzsysteme zum Kompetenzaufbau beitragen. Erleben Beschäftigte die Interaktion mit datenbasierten Technologien auf diese Weise als Erweiterung ihrer Fähigkeiten (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) Abteilung Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft, 2022), kann dies zudem nach Auffassung der Expert*innen die Attraktivität des Arbeitsplatzes erhöhen und damit auch die Produktivität von Unternehmen steigern.

Differenzierte Betrachtung der Beschäftigungseffekte

Im Kontext digitaler Technologien wird immer wieder über die Gefahr einer möglichen Substitution von Arbeitsplätzen und damit das Risiko von Arbeitslosigkeit diskutiert. Die meisten im Rahmen dieses Deep Dive beteiligten Expert*innen sind der Ansicht, dass bezogen auf die Datenökonomie das größte Risiko für Beschäftigungsverlust darin besteht, dass Industrieunternehmen in Deutschland den Anschluss bei der Datenökonomie verpassen könnten. Gelingt es deutschen Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau und in der Automobilwirtschaft, ihre Stärken in der Entwicklung und Herstellung physischer Systeme mit datenbasierten Ansätzen und digitalen Kompetenzen zu verbinden und an dieser Schnittstelle innovative Produkte und Services zu entwickeln, gehen die befragten Expert*innen von der Möglichkeit positiver Beschäftigungseffekte bis 2030 aus. Entscheidend dürfte daher sein, ob es gelingt, Hardwaremärkte und Datenmärkte über neue Formen der Wertschöpfung miteinander zu verbinden (z. B. in Form integrierter Serviceleistungen wie Predictive Maintenance oder weitreichender Konzepte wie MaaS). Eine Entkopplung von Datenmärkten und Hardwaremärkten könnte hingegen zu einem Wertschöpfungsabfluss aus Deutschland und damit auf Dauer zu einem Beschäftigungsverlust in der Industrie führen.

Effekte horizontaler Jobübergänge werden bis 2030 sichtbar

Die weitreichendsten Auswirkungen für die Belegschaften von Industrieunternehmen dürften noch vor 2030 sichtbar werden. Sie bestehen nach Einschätzung einer der befragten Expert*innen in der Gestaltung horizontaler beruflicher Übergänge, wenn Beschäftigte neue Tätigkeitsprofile wahrnehmen und die dazu notwendig werdenden Kompetenzen aufbauen. Während es auch hier für manche Beschäftigten zu Belastungen und sozialen Härten kommen kann, spricht einiges dafür, dass das deutsche Aus- und Weiterbildungssystem auf diese Übergänge im internationalen Vergleich gut vorbereitet ist (Südekum 2023). Wenn die Anforderungen an künftige Beschäftigte in industriellen Berufen jedoch massiv steigen, könnten nach Expert*inneneinschätzung die Menschen, die in den kommenden fünf bis zehn Jahren aus den Schulen auf den Arbeitsmarkt kommen, vor neuen Herausforderungen stehen. Personen, die mit ihrer schulischen Qualifikation vor wenigen Jahren noch vergleichsweise sicher davon ausgehen konnten, über eine gewerblich-technische Ausbildung einen gut bezahlten Arbeitsplatz in einem Industrieunternehmen zu finden, könnten künftig verstärkt unter Druck geraten, wenn diese Qualifikation nicht mehr in gleichem Umfang nachgefragt

wird. Dies dürfte vor allem dann passieren, wenn der Automatisierungsgrad in industriellen Prozessen weiter stark ansteigt. Der heute noch existierende Arbeitnehmermarkt könnte sich so – zumindest bei industriellen Fachkräften – auf diese Weise in den kommenden 5-10 Jahren in einen Arbeitgebermarkt wandeln. In Folge könnten die betroffenen Personen auf der Suche nach einer Erwerbstätigkeit auf Dienstleistungsberufe ausweichen. Während sie im Bereich industrieller Dienstleistungen dann verstärkt mit höher qualifizierten Personen konkurrieren müssten, werden mehr junge Menschen auf Berufe in im Vergleich zum Industriesektor schlechter bezahlten Bereichen im Dienstleistungssektor ausweichen. Zwar kann dies dazu beitragen, dass die Fachkräftesituation sich in einigen Bereichen des Dienstleistungssektors verbessert. Für den Sozialstaat läge darin jedoch auch ein Risiko: Bei einer strukturellen Verlagerung von Beschäftigung aus der Industrie und industrienahe Dienstleistungen in Sektoren mit geringerem Einkommensniveau könnten die Einnahmen der öffentlichen Hand über Einkommensteuer und Sozialversicherungen sinken (Südekum 2023).

Soziale Sicherungssysteme entscheiden über Akzeptanz der Transformation

In einer Phase so weitreichender Transformation kommt nach Einschätzung der befragten Expert*innen den sozialen Sicherungssystemen eine entscheidende Funktion zu. Eine zumindest temporär über das Sozialversicherungssystem gewährleistete Sicherung des Lebensstandards von Personen mit mittleren Einkommen und eine auch bei längerfristigen individuellen Transitionsphasen verlässliche Sicherung des soziokulturellen Existenzminimums erscheint als wichtiger Beitrag dafür, dass die Erwerbsbevölkerung die bevorstehende Transformation ohne strukturelle Abstiegsängste aktiv mitgestaltet.

Wer profitiert von der digitalen Dividende?

Gelingt die Adaption datenökonomischer Geschäftsmodelle, dürften Unternehmen nicht nur neue Produkte und Services entwickeln, sondern auch ihre Prozesse der Leistungserbringung noch effizienter gestalten können. Bislang ist es im Zuge der Digitalisierung der Arbeitswelt nicht gelungen, Beschäftigte im Sinne einer produktivitätsorientierten Lohnpolitik angemessen an den Produktivitätsfortschritten profitieren zu lassen (Südekum 2023). Vieles spricht dafür, dass sich dieses Phänomen auch in den kommenden Jahren im Falle einer zunehmenden Verbreitung der Datenökonomie wiederholen wird. Es ist davon auszugehen, dass die Kapitalrendite weiter steigt und Löhne nicht mit der Produktivität steigen. Dieser Effekt könnte durch eine wachsende Kapitalkonzentration im Zusammenhang

mit neuen Technologien wie großen Sprachmodellen (z. B. GPT-4) weiter zunehmen. Im Effekt würden Beschäftigte weiterhin unterproportional von der digitalen Transformation profitieren.

6. Diskussion der Ergebnisse

Die wirtschaftliche Verwertung von Daten wird dazu beitragen, dass die industrielle Wertschöpfung sich in den kommenden Jahren grundlegend verändert. Internationale Technologiekonzerne drängen, von einer hohen Marktkapitalisierung gestützt, zunehmend mit Hilfe datenbasierter Innovationen in Bereiche industrieller Wertschöpfung vor. Damit erwächst Industrieunternehmen in Deutschland neue Konkurrenz. Der Druck, datenbasierte Technologien zu nutzen, um bessere Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, steigt. Während bezogen auf die Konkurrenzfähigkeit des Industriestandortes Deutschland die Frage offen ist, inwiefern es Leitsektoren wie der Automobilwirtschaft und dem Maschinen- und Anlagenbau gelingt, mittels datenbasierter Ansätze für Kund*innen zusätzlichen Nutzen zu schaffen, verändert die Adaption datenökonomischer Geschäftsmodelle in den kommenden Jahren den Arbeitsmarkt und die ökonomischen Voraussetzungen des Sozialstaats.

Die im Rahmen dieses Deep Dive durchgeführte Analyse von Publikations- und Förderdaten zeigt, dass am Standort Deutschland bislang vor allem auf Projektebene datenökonomische Ansätze zur Wertgenerierung adressiert werden. Die Potenziale der Datenökonomie werden von Unternehmen bereits wahrgenommen, resultieren aber noch nicht in neuen oder weiterentwickelten Geschäftsmodellen. Dies unterstreicht die Expert*inneneinschätzung, wonach die wesentlichen technologischen Voraussetzungen für die Nutzung von Daten zur Entwicklung neuer Produkte und Services vorhanden sind, von Unternehmen im Bereich der Automobilwirtschaft und im Maschinen- und Anlagenbau jedoch noch zu selten genutzt werden, um gezielt zusätzlichen Nutzen für Kund*innen zu generieren und damit ihre Wettbewerbsposition zu verbessern. Dabei wäre die deutsche Industrie in einer hervorragenden Ausgangslage: Vor dem Hintergrund ihrer ausgeprägten Stärken in der Entwicklung qualitativ hochwertiger Technologien könnte ihr künftiges Leistungsversprechen genau dort ansetzen, wo die traditionelle Kompetenz in der Entwicklung von Hardware-Komponenten auf Daten und deren Verwertung trifft. Gerade Hersteller von Fahrzeugen und Maschinen verfügen potenziell über einen exklusiven Zugang zu Nutzungsdaten. Genau aus diesem Grund sind internationale Digitalkonzerne daran interessiert, ihr Engagement im produzierenden Gewerbe auszuweiten. Gegenwärtig werden datenbasierte Anwendungen in deutschen Unternehmen jedoch nur in sehr begrenztem Umfang eingesetzt (Bloching et al., o.J.). Dies unterstreichen die beteiligten Expert*innen im Roadmapping-Prozess. So dürften ihrer Einschätzung zufolge bis 2030 die Unternehmen, denen es

nicht erfolgreich gelingt, datenbasierte Produkte und Services in ihr Leistungsportfolio zu integrieren, aus dem Markt gedrängt werden. Dies stellt neben dem Fachkräftemangel und der schwierigen Lage bei der Unternehmensnachfolge vor allem Industrie-KMU in Deutschland in den kommenden Jahren vor zusätzliche existenzielle Herausforderungen.

Das gegenwärtige Momentum im Bereich datenbasierter Technologien drohen viele Unternehmen in Deutschland zu verpassen. Dabei fehlt es Unternehmen offenbar am notwendigen Bewusstsein, dass sie mittels Daten nicht nur die eigenen Prozesse, sondern auch die Geschäftsmodelle verändern können. Die Einschätzung der beteiligten Expert*innen wird von einer Civey-Befragung des Bundesverbandes Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. bestätigt: Demnach geht eine Mehrheit der Unternehmen in Deutschland nicht davon aus, dass sie ihr Geschäftsmodell in Folge der Verbreitung datenbasierter Technologien wie KI ändern müssen (Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V., 2023). Neben dem notwendigen Bewusstsein von Unternehmen besteht eine weitere Barriere für die Adaption datenbasierter Geschäftsmodelle im Fehlen industrieller Datenräume, die einen vertrauensvollen und zugleich offenen Austausch von Daten entlang von Wertschöpfungsketten innerhalb einzelner Sektoren und branchenübergreifend ermöglichen. Die Expert*innen appellieren im Rahmen des Roadmappings, eine auf die Chancen datenbasierter Wertschöpfung ausgerichtete Debatte zu führen. Insofern dürften aktuelle Signale der Bundesregierung, die im Rahmen der neuen Datenstrategie eine mutigere Datenkultur erreichen möchte, potenziell einen sinnvollen Beitrag leisten (Krempf, 2023).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Expert*innen auch im Erfolgsfall, wenn es der deutschen Industrie gelingt, datenbasierte Technologien zu nutzen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, von erheblichen Veränderungen in der Wahrnehmung und im Erscheinungsbild des Industriesektors in Deutschland ausgehen. Nach Einschätzung des überwiegenden Teils der beteiligten Expert*innen dürfte sich das Bild Deutschlands, das bislang sowohl von außen als auch bezogen auf das innere Selbstverständnis des Industriestandortes im Bild des „Automobil-Landes“ beschrieben werden kann, stark wandeln. Dazu beitragen könnte auch, dass sich in Folge zunehmender Automatisierung und Virtualisierung das Erscheinungsbild industrieller Flächen verändern dürfte. Die für Industrieanlagen benötigten Flächen könnten sich reduzieren, insbesondere, wenn mehr Unternehmen auf MaaS und Production on Demand setzen.

Folgen für Arbeitsmarkt und Sozialstaat differenziert betrachten

Trotz aller Potenziale ist angesichts der komplexen Effekte einer durch die Datenökonomie ausgelösten Transformation industrieller Wertschöpfung eine differenzierte Abschätzung möglicher Folgen für Wirtschaft, Arbeitsmarkt und Sozialstaat notwendig.

Der Deep Dive konnte zeigen, dass der zunehmende Anteil von Unternehmen, die ihre Prozesse der Leistungserbringung mittels datenbasierter Anwendungen weiterentwickeln, zu strukturellen Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt führen kann. Dies dürfte insbesondere dann der Fall sein, wenn zukünftig viele industrielle Prozesse nahezu vollständig digital erfolgen. Die Folge wäre, dass heute noch existierende Berufsbilder von Industriearbeiter*innen fast vollständig substituiert werden. Dies hätte erhebliche Folgen. Zwar ist das deutsche Aus- und Weiterbildungssystem im internationalen Vergleich gut auf entsprechende Anpassungsbedarfe vorbereitet, sodass die Beschäftigungsfähigkeit heute in der Industrie tätiger Erwerbstätiger durch entsprechende Anpassungsqualifizierung gesichert werden kann. Für Menschen die in den kommenden 5 bis 10 Jahren aus der Schule auf den Arbeitsmarkt kommen, dürfte es jedoch schwieriger werden, einen Zugang zu gutbezahlten Jobs in der Industrie zu erhalten. Sie könnten darauf angewiesen sein, in strukturell schlechter bezahlte Dienstleistungssektoren auszuweichen. Daraus könnten sich auch für die Finanzierung des Sozialstaates neue Herausforderungen ergeben.

Für Menschen, die im Arbeitskontext mit datenbasierten Systemen interagieren, könnten sich dabei auch Potenziale ergeben, wenn sie (im Sinne eines Human Enhancement) unterstützt durch technische Systeme anspruchsvollere Aufgaben wahrnehmen und sich ihre Handlungsmöglichkeiten erweitern.

Soziale Datenwirtschaft

Um den Übergang zu stärker von Daten geprägten Wertschöpfungsparadigmen so zu gestalten, dass möglichst viele Unternehmen und Beschäftigte von dieser Transformation profitieren und soziale Härten auch langfristig durch einen leistungsfähigen Sozialstaat abgefedert werden können, erscheint es notwendig, den gesellschaftlichen Diskurs darüber zu stärken, welche Form der Datenökonomie erreicht werden soll und wie diese teilhabeorientiert gestaltet werden kann. Als mögliche Orientierung könnte dazu der Ansatz einer Sozialen Datenwirtschaft dienen. Der Begriff überträgt bewusst das Prinzip der Sozialen Marktwirtschaft auf die Datenökonomie. Er beschreibt einen möglichen spezifisch deutschen

oder sogar europäischen Weg zur Ausgestaltung einer Datenwirtschaft, in der die Interessen aller relevanten Anspruchsgruppen – darunter explizit auch die derjenigen Individuen und Organisationen, die Daten beitragen – berücksichtigt werden (Peters et al., 2023). Der Begriff wird bislang vorwiegend von Interessensverbänden genutzt und ist nicht hinreichend definiert. Aus Perspektive der Beschäftigten geht es dabei um die Frage: Wie kann sichergestellt werden, dass auch die Beschäftigten von den erzeugten Daten profitieren und sie am mittels dieser Daten geschaffenen Mehrwert teilhaben?

Für die anschließende Ableitung politischer Handlungsperspektiven mit Blick auf eine Soziale Datenwirtschaft können zwei prinzipielle Zugänge zur Beantwortung dieser Frage führen.

- **Ökonomischer Zugang:**
Eine Soziale Datenwirtschaft beschreibt Ansätze, die dazu beitragen, dass Erwerbstätige in einer zunehmend von Daten geprägten Industrie über eine produktivitätsorientierte Lohnpolitik genauso stark von Produktivitätsgewinnen profitieren wie Unternehmen. Setzt sich in der Transformation hin zur Datenwirtschaft die bisherige Entwicklung fort, dass im Zuge der digitalen Transformation die Lohnquote unter Druck gerät und Kapitaleigner*innen überdurchschnittlich von der Produktivitätsentwicklung profitieren, könnten in einer sozialen Datenwirtschaft verschiedene Ansätze zu einer gerechteren Teilhabe von Beschäftigten beitragen. Neben der Ausweitung des individuellen Aktienbesitzes und von Arbeitnehmer*innenbeteiligungen an Unternehmen könnte ein Staatsfonds (siehe Abschnitt 5) dazu beitragen, dass jeder und jede Einzelne und das Gemeinwesen insgesamt von den ökonomischen Erfolgen einer datenbasierten Wertschöpfung profitieren.
- **Individueller Zugang:**
Eine Soziale Datenwirtschaft beschreibt Ansätze, die dazu beitragen, dass Beschäftigte, die ihre Daten im Arbeitskontext zur Verfügung stellen, selbst darüber entscheiden, ob und zu welchem Zweck ihre Daten genutzt werden und sie daraus einen individuellen Nutzen ziehen. Zum Beispiel, indem sie durch digitale Plattformen im Unternehmen bei der individuellen Karriereentwicklung unterstützt, durch passgenaue Weiterbildungsangebote qualifiziert werden, oder indem über die Nutzung von Beschäftigtendaten Entscheidungsprozesse bei Personalauswahlentscheidungen diskriminierungsfreier gestaltet oder Maßnahmen gegen Ungleichbehandlung (z.B. Gender Pay Gap) unterstützt werden (Peters et al., 2023).

7. Handlungsperspektiven

Um die Potenziale der Datenökonomie für die langfristige Sicherung von Wohlstand zu nutzen und mit den gesellschaftlichen und arbeitsmarktbezogenen Folgen umzugehen, ergeben sich für den Geschäftsbe- reich des BMAS und darüber hinaus konkrete Anhaltspunkte für die politische Gestaltung einer sozialen Datenökonomie. Um die Wirksamkeit der Lösungsansätze dezidiert abschätzen zu können, bedarf es daher einer weiterführenden Analyse.

Arbeitslosengeld/Bürgergeld – Sicherheit in Phasen des Übergangs

Bei einer dynamischen Verbreitung datenökonomischer Geschäftsmodelle in zentralen Bereichen der deutschen Industrie dürften insbesondere für Fachkräfte Übergänge von einer Tätigkeit zu einer anderen mit neuem bzw. erweitertem Anforderungsprofil häufiger werden. Dies stellt diese Personengruppe, die in der Regel bereits einen bestimmten Lebensstandard erreicht hat, vor besondere Herausforderungen, die finanziellen Einbußen in Phasen der Arbeitslosigkeit bzw. der Umqualifizierung zu stemmen. Als Antwort darauf könnte geprüft werden, inwiefern eine weiterentwickelte Form von Ansätzen wie z. B. dem dänischen Flexicurity-Ansatz verbunden mit einer Weiterbildungsgarantie Anknüpfungspunkte für Deutschland liefern könnte. Bei der Flexicurity wird ein vergleichsweise hoher Anteil des Nettoeinkommens (bei geringem Kündigungsschutz) in Phasen der Arbeitslosigkeit staatlich gesichert.

Aus- und Weiterbildung

Im Bereich der Weiterbildung erscheinen die bereits ergriffenen Maßnahmen insbesondere in der Umsetzung der nationalen Weiterbildungsstrategie geeignet, um eine innovative Weiterbildungskultur zu stärken und das Weiterbildungssystem weiter zu optimieren. Für Berufe, die besonders vom Einfluss der Datenökonomie betroffen sind, erscheint es sinnvoll, Ausbildungsordnungen dynamischer als bislang weiterzuentwickeln.

Da die Wertschöpfungsstrukturen sich in der Datenökonomie künftig weiter international verflechten werden und um ausländischen Fachkräften bzw. ausbildungsfähigen Zuwanderer*innen mit geringen Deutschkenntnissen den Zugang zu qualifizierter Beschäftigung zu erleichtern, könnte in diesem Feld zudem die Möglichkeit, eine Ausbildung auf Englisch zu absolvieren, geprüft werden.

Fachkräftesicherung

Es erscheint angezeigt, durch anwendungsorientierte Forschungsprojekte und in enger Zusammenarbeit mit Sozialpartnern bereits heute vorausschauend an der Neukonzeption von Berufsbildern und Qualifikationswegen zu arbeiten, die es Menschen mit einer gewerblich-technischen Ausbildung ermöglichen, in der Datenökonomie wichtiger werdende Aufgaben zu übernehmen. Ein Beispiel dafür ist das Berufsbild des Data Steward (TU Berlin, 2023). Im Bereich des Öffentlichen Personennahverkehrs könnte der vom Verband der Verkehrsunternehmen (VDV) angeregte Ansatz einer Aufstiegsqualifizierung für berufserfahrene Fachkräfte für die Übernahme der technischen Aufsicht autonomer Fahrsysteme eine Orientierung bieten (Weber-Wernz, 2022). Ebenfalls vielversprechend erscheint die Stärkung des Prinzips Duales Studium. Insbesondere die Kombination einer gewerblich-technischen Ausbildung und eines parallel dazu absolvierten IT-Bachelor-Studiengangs dürfte Menschen im industriellen Bereich auf die Anforderungen vorbereiten, die mit der Datenökonomie einhergehen, Beschäftigungsfähigkeit sichern und Unternehmen stärken.

Migration und Arbeit – Offensive für bilinguale Betriebe

Schon die zunehmende internationale Vernetzung von Wertschöpfung lässt englische Sprachkompetenzen in den hier besonders betrachteten Industriesektoren wichtiger werden. Englisch als zusätzliche Arbeitssprache erleichtert zudem ausländischen Arbeitskräften die Teilhabe am Arbeitsmarkt und trägt damit zur Erreichung der gesetzten Ziele bei der Fachkräftezuwanderung bei. Das BMAS könnte gemeinsam mit den Sozialpartnern eine Strategie zur Stärkung der Bilingualität von Betrieben initiieren. Dabei sollten gezielt Barrieren auf dem Weg zur Etablierung von Englisch als zusätzlicher Arbeitssprache in Betrieben identifiziert und geeignete Strategien entwickelt werden.

Digitalisierung der Arbeitswelt

Ansätze, die mittels (datenbasierter) Technologien menschliches Wissen und Fähigkeiten stärken (Human Enhancement), versprechen, Beschäftigte unmittelbar an der Digitalen Dividende teilhaben zu lassen. Wie datenbasierte Anwendungen entwickelt werden müssen, damit sie dieser Funktion gerecht werden, ist weiterhin Gegenstand wissenschaftlicher Diskurse. Die Bundesregierung könnte über die gezielte Förderung von Pilotprojekten in diesem Bereich die Entstehung konkreter Angebote am Markt unterstützen. Relevant könnte

dabei sein, den Zusammenhang zwischen Human Enhancement und dem wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen im Rahmen eines Forschungsprojekts untersuchen zu lassen. Vorbild könnte dabei das Untersuchungsformat des vom BMAS geförderten Projekt ai:conomics sein (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) Abteilung Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft, 2021). Falls ein solches Forschungsvorhaben zeigen kann, dass eine konsequente Ausrichtung technischer Systeme am Prinzip des Human Enhancement auch ökonomische Vorteile für Unternehmen schafft, könnten Unternehmen zunehmend motiviert sein, dies bei der Technikgestaltung zu berücksichtigen.

Sinnvoll erscheint darüber hinaus die Förderung von Projekten, die technische Ansätze für einen sicheren und souveränen Datenaustausch auch für Beschäftigendaten nutzen, welche bislang vor allem für Industriedaten und Kund*innendaten bei Elektronikprodukten (z.B. Smartphones) genutzt werden. Im Hinblick auf die erforderliche Einhaltung des Datenschutzrechts ist die Sensibilität des Beschäftigungskontextes zu beachten. Beispielsweise könnten technische Lösungen wie das föderale maschinelle Lernen in diesem Kontext ein hilfreicher Ansatz sein. Entsprechende Piloten könnten für Unternehmen in vielen Sektoren konkrete Lösungen schaffen, wie sie das Potenzial von Beschäftigendaten datenschutzkonform im Sinne des Unternehmenserfolges und des Wohles der Beschäftigten nutzen können (Peters et al., 2023). Mit Unterstützung einer Förderung der Bundesregierung könnten vertrauensvolle Datenteilungsinfrastrukturen und Modelle für unternehmensinterne Datentreuhänder erprobt werden.

Sozialpartnerschaft

Starke sozialpartnerschaftliche Strukturen, ein hoher Organisationsgrad bei Gewerkschaften und Arbeitgeberverbänden sowie eine hohe Tarifbindung wird insbesondere bei einer zunehmenden Verbreitung der Datenökonomie noch wichtiger. Erstens erscheint es sinnvoll, wenn Gewerkschaften aktiv an der Gestaltung der für die Datenökonomie relevanten Strukturen beteiligt werden, etwa über eine Teilnahme an Initiativen zur Entwicklung industrieller Datenräume (z. B. Catena-X).

Zudem könnte die Rolle von Tarifbindung insbesondere dann noch wichtiger werden, wenn sich als Folge der Datenökonomie strukturelle Verschiebungen bei der Arbeitsnachfrage von gewerblich-technischen Berufen in der Industrie hin zu strukturell schlechter bezahlten Dienstleistungssektoren (z. B. Gesundheit, Pflege, Erziehung, Gastronomie, Einzelhandel) ergeben würden. Nur

eine hohe Tarifbindung ermöglicht es, dass branchenweit möglichst hohe Löhne gezahlt werden. Gelingt es nicht, in den genannten Sektoren strukturell höhere Löhne zu erreichen, könnten als Folge der Datenökonomie nicht nur die Kaufkraft privater Haushalte, sondern auch die Einnahmen des (Sozial-)Staates über Einkommensteuer und Sozialversicherungsbeiträge im Vergleich zur aktuellen Situation unter Druck geraten.

Produktivitätsorientierte Lohnpolitik

Um Beschäftigte vergleichbar stark von der in Folge der Datenökonomie erwartbaren Produktivitätssteigerung profitieren zu lassen, erscheint es sinnvoll, wenn Tarifvertragsparteien bei der Gestaltung von Tarifverträgen das Prinzip der produktivitätsorientierten Lohnpolitik zu Grunde legen. Damit reduziert sich langfristig auch der Druck auf den Staat, verteilungspolitisch noch stärker einzugreifen. Im Zusammenhang mit der digitalen Transformation ist dieses Ziel in den vergangenen Dekaden nicht eindeutig erreicht worden. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, neben diesen arbeitsmarktpolitischen Ansätzen weitere finanz- und sozialpolitische Maßnahmen zu erwägen, die ebenfalls einen Beitrag leisten können, Beschäftigte vergleichbar stark von den positiven ökonomischen Effekten der Datenökonomie profitieren zu lassen.

Sozialversicherung

Sollte die Datenökonomie dazu führen, dass die Einnahmen über Sozialversicherungsbeiträge und die Einkommenssteuer aufgrund von Ausweichbewegungen von Erwerbspersonen in strukturell schlechter bezahlte Bereiche unter Druck geraten, könnte es notwendig werden, neue Einnahmewege für das Gemeinwesen zu erschließen. Denkbar ist nach Einschätzung eines der befragten Experten die Nutzung sogenannter Staatsfonds. Das Prinzip dahinter: Die öffentliche Hand generiert Einnahmen (z. B. zur Finanzierung sozialer Sicherungssysteme), indem am Kapitalmarkt in Aktien, Staatsanleihen oder andere Wertpapiere investiert wird. Der Ansatz ermöglicht es, das Gemeinwesen stärker an der Kapitalrendite teilhaben zu lassen, ohne dass für den damit geschaffenen Finanzierungsbeitrag zusätzliche Steuern oder Abgaben erhoben werden müssen.¹⁶

Teilhabe und Inklusion

Aus der sich verbreitenden Datenökonomie entstehen für Teilhabe und Inklusion in der Arbeitsgesellschaft neue Potenziale. So können datenbasierte Assistenzsysteme entwickelt werden, die mittels intelligenter

¹⁶ Für eine Analyse verschiedener internationaler Fallbeispiele für Staatsfonds siehe auch: Bonin und Rinne (2022)

Steuerung physischer Unterstützung für Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen (z.B. smarte Exoskelette) leisten und eine Teilhabe an regulärer Erwerbsarbeit erleichtern. Gleiches gilt für kognitive Assistenzsysteme und deren Potenziale für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen. Um die Entwicklung in diesem Bereich zu unterstützen, könnte die Bundesregierung einerseits mögliche künftige Förderung von Projekten im Bereich Human Enhancement (siehe oben) so gestalten, dass hier nicht nur die Erweiterung menschlicher Fähigkeiten angeregt, sondern auch der Nachteilsausgleich mitgedacht wird (im Sinne adaptiver, individuell auf die Nutzer*innen ausgerichtete Technologien).

Steuer- und Finanzpolitik

Um Beschäftigte im Sinne einer sozialen Datenwirtschaft in vergleichbarer Weise an den ökonomischen Potenzialen teilhaben zu lassen, könnten auch steuer- und finanzpolitische Instrumente eingesetzt werden. Dies dürfte insbesondere dann sinnvoll sein, wenn das Ziel einer produktivitätsorientierten Lohnpolitik auch künftig unter den Bedingungen einer sich verbreitenden Datenökonomie nicht erreicht wird. In diesem Zusammenhang könnte das BMAS als Impulsgeber innerhalb der Regierung gemeinsam mit den zuständigen Ressorts prüfen, inwiefern die Einführung einer Digitalsteuer (KPMG AG, o.J.) oder weitergehende Konzepte wie die einer Maschinensteuer auf intelligente Systeme (auch unter dem Begriff der Robotersteuer diskutiert)¹⁷ sinnvoll sein können. Die für diesen Bericht konsultierten Expert*innen verweisen jedoch darauf, dass eine wirksame steuerpolitische Regelung in diesem Bereich nur supranational, innerhalb der EU, vermutlich eher weltweit, eingeführt werden kann. Die Expert*innen äußern Zweifel, ob eine solche Steuer daher auf absehbare Zeit umsetzbar ist. Die bislang in Europa existierenden Digitalsteuern sind in ihrer Ausgestaltung zudem nicht vergleichbar mit einem System, das in der Breite der Wirtschaft durch die Datenökonomie entstehende Kapitalrendite abschöpfen kann (KPMG AG, o.J.).

Daher ist es nach Expert*innenmeinung sinnvoll, neben solchen Ansätzen auch konkrete auf nationaler Ebene zur Verfügung stehende Instrumentarien zu nutzen, um über das Abschöpfen von Kapitalrendite das Gemeinwesen und individuelle Beschäftigte stärker profitieren zu lassen. Geprüft werden könnte, inwiefern das Finanzierungsmodell eines Staatsfonds für verschiedene Aufgabenbereiche der öffentlichen Hand jenseits der Sozialversicherungen ein sinnvolles Instrument sein kann, z.B. um langfristig

neue Quellen für Zukunftsinvestitionen zu erschließen oder neue Finanzierungswege für Aufgaben der öffentlichen Daseinsvorsorge zu entwickeln.

Andere politische Instrumente können auch auf individueller Ebene Beschäftigte stärker von steigender Kapitalrendite profitieren lassen. Geprüft werden könnte, wie das Prinzip der Arbeitnehmer*innenbeteiligung gestärkt werden kann. Auch Maßnahmen zur Steigerung des privaten Aktiensparens können hier einen sinnvollen Beitrag leisten. Bei diesen individuellen Ansätzen ist zu berücksichtigen, dass z.B. das Aktiensparen vor allem für Menschen mit ohnehin hoher Sparquote attraktiv ist. Daher könnte geprüft werden, inwiefern die Grundlage zur Schaffung von Bürger*innenfonds in Anlehnung an Konzepte der Wohnungsbaugenossenschaften und Bürger*innenenergiewirtschaften möglich ist.

Wissenschaftspolitik

Die Wissenschaftspolitik kann einen wichtigen Beitrag leisten, um die in der Verbreitung der Datenökonomie liegenden Potenziale für Beschäftigte zu nutzen. Bereits heute könnten von der Bundesregierung geförderte Forschungsvorhaben (z.B. im Rahmen der Projektträgerschaft Mensch-Technik-Interaktion) auch für die Weiterentwicklung von Technologien im Arbeitskontext (z.B. robotische Assistenzsysteme) wichtige Impulse setzen. Das BMAS könnte darüber hinaus als Impulsgeber innerhalb der Bundesregierung darauf einwirken, dass gezielt geprüft wird, inwiefern bestehende Förderprogramme bereits auf die Entwicklung adaptiver kontextsensitiver Systeme im Sinne eines Human Enhancement einzahlen und auf die Schaffung neuer Förderprogramme hinarbeiten, die gezielt bei der Entwicklung kompetenzstärkender Assistenzsysteme helfen.

¹⁷ KPMG AG, o.J.

8. Literaturverzeichnis

AUTomotive Open System ARchitecture (Hrsg.). (o.J.). AUTOSAR. <https://www.autosar.org/>

AWS (Hrsg.). (o.J.). Extrahieren Sie mithilfe der AWS-Cloud-Technologie Erkenntnisse aus Maschinendaten, um Produktivität, Qualität und Nachhaltigkeit zu optimieren. <https://aws.amazon.com/de/manufacturing/>

Bender, B. (2020). Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung (9. Aufl.). Springer Vieweg.

Bitkom e.V. (2018, 6. Juni). Digitalisierung der Wirtschaft [Pressemitteilung]. Berlin. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Wirtschaft-kommt-bei-Digitalisierung-voran-aber-langsam.html>

Bloching, B., Leutiger, P., Oltmanns, T., Rossbach, C., Remané, G., Quick, P. & Shafranyuk, O. (o.J.). Die digitale Transformation der Industrie: Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist. Eine europäische Studie von Roland Berger Strategy Consultants im Auftrag des BDI. https://bdi.eu/media/presse/publikationen/information-und-telekommunikation/Digitale_Transformation.pdf

BMW (Hrsg.). (o.J.). Speed Factory: Automatische Einzelstückfertigung von Sportschuhen und Textilien. https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/AutonomikFuerIndustrieProjekte/autonomik_fuer_industrie_projekt-speedfactory.html

BMW (Hrsg.). (2023). Manufacturing-X. <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Manufacturing-X/Initiative/initiative-manufacturing-x.html>

Bonin, H. & Rinne, U. (2022). Staatsfonds im internationalen Vergleich. Kurzexpertise (Forschungsbericht Nr. 609). Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit. https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb-609-staatsfonds-im-internationalen-vergleich.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Bovenschulte, M. (2020). Kognitive Assistenzsysteme. <https://doi.org/10.5445/IR/1000133949>

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) Abteilung Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft (Hrsg.). (2021). Erkenntnisse direkt aus der Praxis: ai:conomics untersucht den Einfluss von KI auf Arbeit und Beschäftigte in Feldexperimenten. denkfabrik-bmas.de. <https://www.denkfabrik-bmas.de/schwerpunkte/kuenstliche-intelligenz/aiconomics-untersucht-den-einfluss-von-ki-auf-arbeit-und-beschaeftigte-in-feldexperimenten>

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) Abteilung Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft (Hrsg.). (2022). Arbeiten mit Künstlicher Intelligenz: Perspektiven für eine menschenzentrierte Gestaltung von KI. https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Arbeiten_mit_Kuenstlicher_Intelligenz_bf.pdf

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2021). Der Datenraum Industrie 4.0: Die Plattform Industrie 4.0 lädt ein, die digitalen Ökosysteme von morgen zu gestalten. Berlin. https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/PositionPaper-DataSpace.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (Hrsg.). (April 2022). Vom Wert der Daten: Das Technologie-Programm „Smarte Datenwirtschaft“ fördert Effizienz und neue Geschäftsmodelle (Schlaglichter der Wirtschaftspolitik).

Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. (Hrsg.). (2023). BVDW-Befragungen zu Künstlicher Intelligenz. Berlin. https://www.bvdw.org/wp-content/uploads/2023/08/230809_BVDW_KI_Befragungen.pdf

Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. (Hrsg.). (2018). Data Economy: Datenwertschöpfung und Qualität von Daten. Düsseldorf. [tps://www.bvdw.de](https://www.bvdw.de)

Catena-X Automotive Network e.V. (Hrsg.). (2023). Weg zur aktiven Teilnahme - Informationen für Datenanbieter und -nutzer. catena-x.net. <https://catena-x.net/de/catena-x-einfuehren-umsetzen/einfuehrung-von-catena-x>

- Deloitte China (Hrsg.). (2021).** Software-Defined Vehicles: A Forthcoming Industrial Evolution. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/consumer-business/deloitte-cn-cb-software-defines-vehicles-en-210225.pdf>
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V. (Hrsg.). (2019).** Neue autoMobilität II – Kooperativer Straßenverkehr und intelligente Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft. acatech.de. <https://www.acatech.de/projekt/neue-automobilitaet-ii-kooperativer-strassenverkehr-und-intelligente-verkehrssteuerung-fuer-die-mobilitaet-der-zukunft/>
- Eclipse Foundation (Hrsg.). (o.J.).** Explore Our Members. <https://www.eclipse.org/membership/exploreMembers-hip.php>
- Europäische Kommission. (2020).** A European Strategy for Data: Shaping Europe's digital future. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0066>
- Europäische Kommission. (2023).** Data Act – Factsheet. Europäische Kommission. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/data-act-factsheet>
- Fraunhofer IDS (Hrsg.). (o.J.).** Metadaten Broker: Suchen und Finden in International Data Spaces. <https://www.dataspaces.fraunhofer.de/de/software/broker.html>
- Fritsch, M. & Krotova, A. (2020).** Wie datengetrieben sind Geschäftsmodelle in Deutschland? Analyse des Status quo (IW-Report Nr. 9). Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V. (IW Köln). <http://hdl.handle.net/10419/214921>
- Höpfner, A. & Kermann, C. (2023).** Dax-Konzerne und Mittelständler schaffen Cloud-Plattform für Autoindustrie. handelsblatt.com. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/catena-x-dax-konzerne-und-mittelstaendler-schaffen-cloud-plattform-fuer-autoindustrie/28954264.html>
- Kind, S., Hartmann, E. A. & Bovenschulte, M. (Februar 2011).** Die Visual-Roadmapping-Methode für die Trendanalyse, Roadmapping und Visualisierung von Expertenwissen: Ein Instrument des iit – Institut für Innovation und Technik für den Einsatz in Politik und Wirtschaft zum Management von Innovation und Technologie (Nr. 04).
- Köllner, C. (2023).** Was ist Manufacturing-as-a-Service? springerprofessional.de. <https://www.springerprofessional.de/automobilproduktion/industrie-4-0/was-ist-manufacturing-as-a-service-/25249084>
- Konradin-Verlag Robert Kohlhammer GmbH (Hrsg.). (2021).** Digitale Vernetzung auf dem Shopfloor [Legacy System Management]. industrieanzeiger.industrie.de. <https://industrieanzeiger.industrie.de/technik/automatisierung/digitale-vernetzung-auf-dem-shopfloor/>
- KPMG AG (Hrsg.). (o.J.).** Digitalsteuern – relevanter als man...: Digitalsteuern betreffen zunehmend alle Branchen. <https://kpmg.com/de/de/home/themen/uebersicht/smart-digital-tax/digitalsteuern-relevanter-als-mandenkt.html>
- Krempf, S. (2023).** Bundesregierung will „mutigere Datenkultur“, Digitalcheck und Bürokratieabbau. Heise Online. <https://www.heise.de/news/Bundesregierung-will-mutigere-Datenkultur-Digitalcheck-und-weniger-Bue-rokratie-9289807.html>
- Linné, H. & Mehler, S. (2021, 20. August).** Wie datenbasierte Geschäftsmodelle den Maschinenbau transformieren. MaschinenMarkt. <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/wie-datenbasierte-geschaeftsmodelle-den-maschinenbau-transformieren-a-825d60fb5b7edda87ce9ac817f828e3a/>
- Luber, S. & Litzel, N. (2019).** Was ist ein Data Steward? [Definition]. bigdata-insider.de. <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-data-steward-a-886587/>
- Mangold, B. (o. D.).** Energiemanagement 4.0: Wie das Auto seinen Strom gratis selbst erwirtschaftet. insights.edag.com. <https://insights.edag.com/de/energiemanagement-elektrofahrzeuge>

- Mangold, B. (2021).** Was Energiemanagement 4.0 von E-Autos bedeutet: Querschnittsfunktion über alle Abteilungsgrößen hinweg. all-electronics.de. <https://www.all-electronics.de/e-mobility/laden/interdisziplinare-zusammenarbeit-fuer-das-energiemanagement-4-0-von-e-autos-293.html>
- Mediengruppe Telematik-Markt.de (Hrsg.). (2022).** Digitalpolitik für den Maschinenbau: VDMA fordert Aufbau eines föderativen Datenökosystems. telematik-markt.de. <https://telematik-markt.de/telematik/digitalpolitik-f%C3%BCr-den-maschinenbau-vdma-fordert-aufbau-eines-f%C3%B6derativen-daten%C3%B6kosystems>
- Müller, S. C., Böhm, M., Schröer, M., Bakhirev, A., Baiasu, B.-C., Krcmar, H. & Welpel, I. M. (2016).** Geschäftsmodelle in der digitalen Wirtschaft (Studien zum deutschen Innovationssystem 13-2016). fortiss GmbH; Technische Universität München (TUM).
- Peters, R. (2021).** Wunsch und Wirklichkeit beim autonomen Fahren. <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/wunsch-und-wirklichkeit-beim-autonomen-fahren>
- Peters, R. (2022).** Sprich mit mir! Perspektiven für den Einsatz KI-basierter Dialogsysteme. <https://doi.org/10.5445/IR/1000143462>
- Peters, R. (2023).** Metaverse – immersive, cyberphysische Welten (Themenkurzprofil Nr. 63). <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000156306/150379881>
- Peters, R., Bovenschulte, M., Glock, G., Wehrmann, C., Goluchowicz, K., Strach, H. & Apt, W. (2022).** QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation. Branchenbericht: Maschinen- und Anlagenbau (Forschungsbericht 522/8). Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). https://www.iit-berlin.de/wp-content/uploads/2021/01/fb-522_8.pdf
- Peters, R., Kind, S., Bovenschulte, M., Goluchowicz, K. & Krieger, B. (2023).** Auf dem Weg zu einem neuen Verständnis von Datennutzung: Potenziale und Risiken für die Arbeitswelt. im Erscheinen.
- Peters, R. & Krieger, B. (2022).** Föderales maschinelles Lernen (Themenkurzprofil Nr. 58). Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000150233>
- Peters, R., Schmietow, B. & Krieger, B. (2022).** Zwischen Hype und Zukunftsthema: Auf dem Weg ins Metaverse? Bestandsaufnahme und Handlungsperspektiven für die Gestaltung des Metaverse. https://www.iit-berlin.de/wp-content/uploads/2022/11/iit-perspektive-62_Metaverse_2022.pdf
- Peters, R., Wehrmann, C., Zehm, A., Randhahn, A. & Karrer-Gauß, K. (2021).** Auswirkungen der Einführung des autonomen Fahrens auf die Beschäftigung im Öffentlichen Personennahverkehr. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/37871/documents/58458>
- Piller, F. T. (2006).** Mass Customization: Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. Wiesbaden. https://mass-customization.blogs.com/mass_customization_open_i/files/Piller_MC_Gabler_4Auflage.pdf
- Rashid, S. & Pagone, E. (2023).** Cradle-to-Grave Lifecycle Environmental Assessment of Hybrid Electric Vehicles. Sustainability, 15(14), Artikel 11027. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/14/11027>
- Raum, C. (2018).** Mit Mobilitätsplattform gegen das Verkehrschaos [Intelligente Verkehrssteuerung]. stadt-der-zukunft-info.de. <https://www.stadt-der-zukunft-info.de/mit-mobilitaetsplattform-gegen-das-verkehrschaos>
- Rohde, M., Bürger, M., Peneva, K. & Mock, J. (2022).** Einleitung: Wie aus Daten Wert entsteht – Datenwirtschaft und Datentechnologie. In M. Rohde, M. Bürger, K. Peneva & J. Mock (Hrsg.), Datenwirtschaft und Datentechnologie (S. 1–4). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65232-9_1

- Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Asa AB Fasth & Gorecky, D. Towards an Operator 4.0 Typology: A Human-Centric Perspective on the Fourth Industrial Revolution Technologies.** In International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE46), 29-31 October 2016, Tianjin/China (Bd. 2016, S. 1-11). https://www.researchgate.net/publication/309609488_Towards_an_Operator_40_Typology_A_Human-Centric_Perspective_on_the_Fourth_Industrial_Revolution_Technologies
- Rusch, L. (2022).** Föderales Lernen: „Besser kann man Ethics Washing nicht betreiben“. [background.tagesspiegel.de](https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/foederales-lernen-besser-kann-man-ethics-washing-nicht-betreiben). <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/foederales-lernen-besser-kann-man-ethics-washing-nicht-betreiben>
- Seiberth, G. & Gruendinger, W. (2018).** Data-driven business models in connected cars, mobility services and beyond (01/18).
- Südekum, Jens (4. September 2023).** Interview durch R. Peters.
- Tiedemann, M. (2018).** Die Rolle von Data Mining bei Predictive Maintenance in der Automobilbranche. [digitaleweltmagazin.de](https://digitaleweltmagazin.de/die-rolle-von-data-mining-bei-predictive-maintenance-in-der-automobilbranche/). <https://digitaleweltmagazin.de/die-rolle-von-data-mining-bei-predictive-maintenance-in-der-automobilbranche/>
- TU Berlin (Hrsg.). (2023).** Beruf „Data Steward“ - Überblick zu Stellenprofilen und Qualifikationen. <https://www.tu.berlin/ub/szf/nachrichtendetails/beruf-data-steward-ueberblick-zu-stellenprofilen-und-qualifikationen>
- TÜV-Verband e.V. (Hrsg.). (2020).** TÜV-Verband fordert flächendeckende intelligente Verkehrssteuerung: Der TÜV-Verband fordert den Aufbau einer möglichst flächendeckenden intelligenten Verkehrssteuerung in Deutschland. [tuev-verband.de](https://www.tuev-verband.de/pressemitteilungen/intelligente-verkehrssteuerung). <https://www.tuev-verband.de/pressemitteilungen/intelligente-verkehrssteuerung>
- VDA (Hrsg.). (o.J.).** Eine Schnittstelle für unzählige Informationen. <https://www.vda.de/de/aktuelles/artikel/eine-schnittstelle-fuer-unzaehlige-informationen>
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) Forum Industrie 4.0.** Leitfaden Virtuelle Inbetriebnahme: Handlungsempfehlungen zum wirtschaftlichen Einstieg. https://www.vdma.org/c/document_library/get_file?uuid=66118d8d-68fc-55a7-a25b-a90ffe891f2&groupId=34570
- Verbraucherzentrale (Hrsg.). (2022).** Telematik-Versicherung: Geld sparen möglich, aber es gibt Kehrseiten. [verbraucherzentrale.de](https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/geld-versicherungen/weitere-versicherungen/telematikversicherung-geld-sparen-moeglich-aber-es-gibt-kehrseiten-38399). <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/geld-versicherungen/weitere-versicherungen/telematikversicherung-geld-sparen-moeglich-aber-es-gibt-kehrseiten-38399>
- Weber-Wernz, M. (2022).** ÖPNV ohne Fahrer:innen, aber mit Ingenieur:innen? [background.tagesspiegel.de](https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/oepnv-ohne-fahrer-innen-aber-mit-ingenieur-innen). <https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/oepnv-ohne-fahrer-innen-aber-mit-ingenieur-innen>
- Zwettler, M. (2021).** Wie Game Engines bei Porsche die Fahrzeugentwicklung voran treiben [Virtuelle Produktentwicklung]. [konstruktionspraxis.vogel.de](https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/wie-game-engines-bei-porsche-die-fahrzeugentwicklung-voran-treiben-a-1040934/). <https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/wie-game-engines-bei-porsche-die-fahrzeugentwicklung-voran-treiben-a-1040934/>

Interviewpartner*innen und Workshop-Teilnehmer*innen

Visual Roadmapping Workshop: Anlagen- und Maschinenbau 2035

27. Juli 2023 13:00 – 16:00 Uhr

Expert:innen	Institution
Prof. Dr. Doris Aschenbrenner	Hochschule Aalen, Digitale Methoden in der Produktion
Daniel Sahl-Corts	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Geschäftsführer Hauptstadtbüro
Dr. Norbert Huchler	Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München, Arbeitssoziologe und Vorstand
Dr. Thomas Kuhn	Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE), Division Manager „Embedded Systems“
Prof. Dr. Hannes Ulrich	Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Abteilung Unternehmen und Märkte am
Kai Kalusa	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Lead für Digital Public Affairs

Visual Roadmapping Workshop: Automobilssektor 2035

28. Juli 2023 09:00 – 11:30 Uhr

Expert:innen	Institution
Prof. Dr. Ina Schäfer	Karlsruher Institut für Technologie – Forschungsgruppe Test, Validierung und Analyse Software-intensiver Systeme.; Co-Vorsitz ETA sowie der AhG Smart Car
Dr. Christian Rammer	Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Projektleiter im Forschungsbereich Innovationsökonomik und Unternehmensdynamik
Carolin Zachäus	VDIVDE-IT, Innovation Consultant - European and International Business Development / Future Mobility and Europe
Oliver Ganser	BMW AG, Programmleiter Data Driven Value Chain; Catena X, Vorstandsvorsitzender

Interviews

Interviewpartner:in	Institution	Interviewdatum
Prof. Dr. Jens Südekum	Düsseldorf Institute for Competition Economics (DICE)	4.9.2023
Aline Blankertz	Data Economist, Digital Policy, Competition bei Wikimedia Deutschland e.V.	6.9.2023
Dr. Simon Weingärtner	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Leibniz Universität Hannover	11.9.2023

Diese Publikation wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales kostenlos herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und

in welcher Anzahl diese Publikation dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Außerdem ist diese kostenlose Publikation – gleichgültig wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Publikation dem Empfänger zugegangen ist – nicht zum Weiterverkauf bestimmt.

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.