



IIP-Ecosphere Whitepaper

KI IN DER PRODUKTION – QUO VADIS?

Industrienumfrage zu Erwartungen, Erfahrungen und Herausforderungen zum KI-Einsatz in der Produktion

Claudia Niederée, Holger Eichelberger, Hans-Dieter Schmees, Alexander Broos, Per Schreiber

White Paper IIP-2021/004



IIP-Ecosphere
Next Level Ecosphere for
Intelligent Industrial Production

Disclaimer

Die Inhalte des Dokuments wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen.

Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Dieses Dokument enthält Material, das dem Urheberrecht einzelner oder mehrerer IIP-Ecosphere-Konsortialparteien unterliegt. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen bei den Urhebern.

Dieses Dokument spiegelt nur die Ansicht der Autoren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bzw. der zuständige Projektträger haften nicht für die Verwendung der hierin enthaltenen Informationen.

Veröffentlichung: Oktober, 2021 auf <https://www.iip-ecosphere.de/>

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Executive Summary

Künstliche Intelligenz (KI) wird in der intelligenten Produktion als zentrale Zukunftstechnologie gesehen – doch ihre effektive Anwendung stellt viele Unternehmen vor erhebliche Herausforderungen. In unserer umfänglichen Umfrage mit 75 Unternehmen unterschiedlicher Größe haben wir den Status Quo, die Erwartungen und Herausforderungen für den KI-Einsatz in der Produktion genauer beleuchtet. Dabei beschränkt sich die Umfrage nicht auf Fragen zur Anwendung von KI-Methoden. Es wurden auch zentrale Aspekte und Technologien im Umfeld der KI-Anwendung in der Produktion erhoben, um ein möglichst umfassendes Bild zu erhalten. Dazu zählen z. B. der Umgang mit Daten, die Nutzung von IIoT-Plattformen und Cloud-Lösungen sowie die Frage nach neuen Geschäftsmodellen. Dieses IIP-Ecosphere Whitepaper präsentiert die Ergebnisse der Umfrage.

Danksagung

Wir möchten uns bei allen Teilnehmern an der Studie bedanken, ohne deren Input dieses Whitepaper nicht möglich gewesen wäre. Wir möchten uns weiterhin an bei allen bedanken, die in IIP-Ecosphere intensiv mit uns über die Gestaltung dieser Studie diskutiert haben und Ideen eingebracht haben. Hier sind insbesondere die Vertreter der Firmen RapidMiner GmbH, Lenze SE, SlashWhy GmbH & Co. KG, KIProtect GmbH und Bitmotec GmbH sowie Vertretern des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik der Friedrich Alexander Universität zu benennen. Ausdrücklich möchten wir uns bei Herrn Thomas Hildebrandt von der Firma PHOENNIX CONTACT GmbH sowie bei Herrn Gerhard Runze von der Firma IMBUS AG (beide Firmen sind assoziierte Partner von IIP-Ecosphere) bedanken, die dieses Whitepaper gelesen, kommentiert und damit zu seiner jetzigen Form beigetragen haben. Schließlich möchten wir uns auch beim Fördergeber Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) bedanken, ohne dessen Unterstützung dieses spannende Projekt nicht möglich wäre.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
1.1	Motivation und Ziel der Studie.....	7
1.2	Das Projekt IIP Ecosphere	8
1.3	Bezug zu anderen Studien und Initiativen	8
1.4	Aufbau des Dokuments.....	10
2	Zur Studie	11
2.1	Zielsetzung und Themenschwerpunkte.....	11
2.2	Gestaltung der Fragen	11
2.3	Durchführung der Studie	12
3	Zusammensetzung der Befragten.....	13
3.1	Unternehmenskategorie.....	13
3.2	Größe und Alter des Unternehmens	14
3.3	Rolle und Position im Unternehmen	15
4	Ergebnisse zum Thema Künstliche Intelligenz.....	18
4.1	Aussagen zur Künstlichen Intelligenz	18
4.1.1	Zusammenfassende Darstellung.....	19
4.1.2	Weiterführende Auswertung	20
4.2	Einsatz von KI-Lösungen	23
4.2.1	Zusammenfassende Darstellung.....	24
4.2.2	Weiterführende Auswertung	25
4.3	Weitere Einsatzgebiete.....	27
4.4	Zusammenfassung.....	27
5	Ergebnisse zum Thema Daten	29
5.1	Datenerfassung	29
5.1.1	Zusammenfassende Auswertung	29
5.1.2	Weiterführende Auswertung	30
5.2	Hochfrequente Daten	31
5.3	Nutzung standardisierter Datenformate oder Protokolle	33
5.4	Aussagen zur Datennutzung	34
5.4.1	Zusammenfassende Darstellung.....	35
5.4.2	Weiterführende Auswertung	36
5.5	Nutzung von Cloud-Lösungen	37
5.5.1	Zusammenfassende Auswertung	38
5.5.2	Weiterführende Auswertung	41
5.5.3	Cloud-Nutzung: Datenspeicherung vs. Datenverarbeitung	41

5.5.4	Weitere Cloud-Lösungen.....	45
5.5.5	Kommentare zum Thema Cloud-Nutzung.....	45
5.6	Zusammenfassung.....	46
6	Auswahl von KI-Lösungen.....	47
6.1	Hindernisse bei der Identifikation relevanter KI-Lösungen	47
6.1.1	Zusammenfassende Auswertung	47
6.1.2	Weiterführende Auswertung	48
6.2	Kriterien zur Auswahl von KI-Lösungen	49
6.2.1	Zusammenfassende Auswertung	49
6.2.2	Weiterführende Auswertung	51
6.3	Anforderungen an einen KI-Lösungskatalog	52
6.4	Zusammenfassung.....	53
7	Best Practices.....	54
7.1	Relevante Themen für Best Practices	54
7.1.1	Zusammenfassende Auswertung	54
7.1.2	Weiterführende Auswertung	55
7.2	Zusammenfassung.....	56
8	Ergebnisse zum Thema IIoT/Industrie 4.0 Plattformen	57
8.1	Einsatz von IIoT-Plattformen.....	57
8.1.1	Zusammenfassende Darstellung.....	57
8.1.2	Weiterführende Auswertung	58
8.2	Individuelle IIoT-Plattformen	58
8.2.1	Zusammenfassende Darstellung.....	59
8.2.2	Weiterführende Auswertung	61
8.3	Stärken und Schwächen von IIoT-Plattformen.....	61
8.4	Zusammenfassung.....	62
9	Freie Kommentare	63
10	Zusammenfassung	65
10.1	Zusammenfassung der Erkenntnisse.....	65
10.2	Konsequenzen für das Projekt IIP-Ecosphere	66
11	Referenzen.....	68

1 Einleitung

Ein besseres Verständnis der Herausforderungen von Technologie und Rahmenbedingungen ist von zentraler Bedeutung, um das Potential der Künstlichen Intelligenz (KI) voll auszuschöpfen. Zu diesem Zweck haben wir eine umfangreiche Industrieumfrage zum KI-Einsatz im Produktionsumfeld durchgeführt. Die Studie fand dabei im Rahmen des BMWi-geförderten Projekts IIP-Ecosphere¹ statt und hat zum Ziel, den Kenntnisstand zu Herausforderungen, Anforderungen und Erfahrung zum KI-Einsatz in der industriellen Produktion zu vertiefen. Diese Studie wurde vom Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V. (VDW) initiiert und begleitet, der ebenfalls Partner von IIP-Ecosphere ist.

1.1 Motivation und Ziel der Studie

KI wird als eine der, wenn nicht die wichtigste Zukunftstechnologie für die industrielle Produktion und darüber hinaus für die deutsche Wirtschaft betrachtet. Aktuelle Studien - wie etwa die Bitkom Studie von 2021 [2] - zeigen, dass die große Mehrheit der Unternehmen der KI und dem zukünftigen Einsatz von KI eine große Bedeutung beimessen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das produzierende Gewerbe von allen Wirtschaftszweigen am stärksten von einem KI-induzierten Wachstum profitiert [9]. Es ist aber auch bekannt, dass der tatsächliche Einsatz von KI stark hinter diesen Erwartungen zurückbleibt. So setzen laut [2] nur 8 % der befragten Unternehmen mit 20 oder mehr Beschäftigten KI bereits ein, weitere 30 % planen oder diskutieren den KI-Einsatz. In einer weiteren Bitkom Studie [3] geben 54 % der Unternehmen an, Nachzügler bei KI zu sein. Immerhin sehen sich 21 % selbst (eher) als Vorreiter in Sachen KI – trotz des noch geringen KI-Einsatzes. Insgesamt wird von 79 % der Unternehmen der Einfluss von KI auf die deutsche Wirtschaft und Gesellschaft als „spürbar“ bezeichnet [3]. Diese und andere Studien zeigen auch, dass der Zugang zu KI-Technologien für KMUs im Vergleich zu größeren Unternehmen deutlich schwieriger ist.

Als Zielgruppe der in diesem Whitepaper vorgestellten Studie wurden produzierende Unternehmen in Deutschland gewählt. Der Digitalisierung mit Themen wie „Cloud-Lösungen“ „IoT Plattformen“ und „Machine Learning/KI“ wird bei den produzierenden Unternehmen eine hohe Bedeutung beigemessen, wie z. B. eine aktuelle Studie des VDMA für den Bereich des Maschinenbaus zeigt [20]. Als KI-Anwendungen mit hohem Potential in der Produktion werden beispielsweise Predictive Analytics, Intelligente Assistenzsysteme sowie intelligente Sensorik und Automatisierung gesehen [9]. In Deutschland arbeiten im produzierenden Gewerbe etwa 38 % der Personen in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) [23]. KMU agieren oft international erfolgreich in Marktnischen und weisen eine hohe Wandlungsfähigkeit auf. Es zeigt sich allerdings auch, dass der Zugang zu KI-Technologien für KMUs im Vergleich zu größeren Unternehmen deutlich schwieriger ist. Darüber hinaus zeigt sich, dass KMU in digitale Technologien häufig mit dem Ziel investieren, eine Erhöhung der Flexibilität hinsichtlich veränderter Anforderungen und Nachfrage oder Kostenreduktion zu erreichen. Seltener hingegen ist Ziel die innovative Erweiterung des Produktportfolios [7].

Um den Zugang zur KI insbesondere für KMU zu erleichtern und so die Lücke zwischen Erwartungen und Realität zu reduzieren, aber auch um das direkte Innovationspotential von KI nutzbar zu machen, ist es notwendig, besser zu verstehen, was die Erfahrungen, Erwartungen und Hemmnisse für den Einsatz von KI im eigenen Unternehmen sind.

In unserer Studie geht es darum, einen tiefergehenden Blick in die aktuelle Lage in Bezug auf den KI-Einsatz in der Produktion zu werfen. Deshalb beschäftigt sich die Studie neben KI auch mit weiteren Themen und Technologien, die als Voraussetzungen und Rahmenbedingungen von zentraler

¹ IIP = Intelligent Industrial Production

Bedeutung für die Nutzung von KI-Lösungen sind. Hierzu zählen z. B. der Umgang mit Daten, die Bereitschaft zur Nutzung von Cloud-Lösungen und die Nutzung von Industrie 4.0 Plattformen. Weiterhin wurden die Teilnehmer befragt, welche Anforderungen an das Auffinden und Charakterisieren existierender KI-Lösungen haben. Ähnlich zu anderen Studien haben wir ebenfalls Hemmnisse für die Nutzung von KI erfragt.

1.2 Das Projekt IIP Ecosphere

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Projekt IIP-Ecosphere² hat es sich unter anderem zum Ziel gesetzt, den Zugang zu KI-Methoden für Unternehmen in der Produktion und insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs) zu erleichtern. Hierfür wird ein vielfältiges und bedarfsorientiertes Maßnahmenportfolio für Unternehmen unterschiedlicher Digitalisierungsstufen erarbeitet. Zu diesem Portfolio gehören z. B. der Aufbau eines KI-Lösungskatalogs, die Sammlung und Aufbereitung von Best-Practices zu relevanten Problemstellungen der intelligenten Produktion und die Entwicklung exemplarischer innovativer KI-Lösungen mit namhaften Unternehmen als Blueprints für andere Unternehmen. Zudem findet im Projekt anwendungsorientierte Forschung zu den Themen KI-Methoden für die Produktion, KI-basierte Geschäftsmodelle, (virtuelle) IIoT³-Plattformen und Daten statt.

Dem Team von IIP-Ecosphere ist es sehr wichtig, sich bei der Entwicklung der Maßnahmen, Methoden und Lösungen im Projekt stark am tatsächlichen Bedarf zu orientieren. Die in dieser Studie erfassten Erfahrungen, Erwartungen und Hemmnisse für den KI-Einsatz in der Industrie werden verwendet, um die Arbeiten im Projekt weiter zu schärfen.

1.3 Bezug zu anderen Studien und Initiativen

Unsere Umfrage ergänzt Studien anderer Akteure zur Verwendung und zum Einsatz von KI in der Industrie. Hier seien stellvertretend acht Studien benannt und kurz charakterisiert:

- Der VDI Statusbericht [17] basiert auf einer Mitgliederumfrage im April/Juni 2018. Angesprochene Themen sind unter anderem die größten technischen Trends (56 % der Befragten geben KI als Trend an, 54 % Industrie 4.0, 53 % Maschinenvernetzung und 37 % Cloud). Zudem werden aktuelle und zukünftige Einsatzbereiche in den Unternehmen, Aussagen zur KI sowie Potential für den Einsatz von KI außerhalb der industriellen Produktion angesprochen.
- Die Bitkom Studien [2, 3] fragten, ob KI im Unternehmen überhaupt eingesetzt wird, Aussagen zur KI (z. B. ob KI überschätzt wird, ob KI die wichtigste Zukunftstechnologie ist), ob KI Chancen für das eigene Geschäft bietet bzw. Risiken beinhaltet und welche Gründe gegen einen Einsatz von KI sprechen (insbesondere fehlendes Personal 49 %, Zeit 47 % oder finanzielle Mittel 46 %). Zudem wurde erfasst, wieviel in den Einsatz von KI investiert wird und ob ein eigenes Team für den Einsatz von KI vorhanden ist bzw. wer im Unternehmen federführend ist, ob eine Förderung von KI (77 %) bzw. ein Austausch über KI (60 %) wünschenswert ist, oder ob die KI-Strategie der Bundesregierung in die richtige Richtung zielt (28 %).
- Eine Studie der International Data Corporation (IDC) [11] fragt nach Reifegrad der Umsetzung von IIoT⁴-Projekten, deren wichtigste Ziele (53 % interne Optimierung, 47 % schnellere/bessere Entscheidungsfindung, 45 % Sicherheit), Gründe für den Einsatz von Edge-Computing,

² <http://iip-ecosphere.de>

³ Industrial Internet of Things (IIoT), industrielle Anwendung des Internets der Dinge (Internet of Things, IoT).

⁴ Internet of Things (IoT), Sammelbegriff für Infrastruktur-Technologien, die es ermöglicht, physische und virtuelle Objekte miteinander zu vernetzen und sie durch Informations- und Kommunikationstechniken zusammenarbeiten zu lassen. Wir verwenden in diesem Dokument IIoT als Spezialform von IoT.

genutzte Daten-Verbindungsarten, Top 5 Einsatzszenarien für KI/ML, die größten Hürden bei der Umsetzung und ob Unternehmen neue datenbasierte Geschäftsmodelle einsetzen.

- Deloitte [6] fokussiert auf den Mittelstand und fragt nach Themen wie dem Begriffsverständnis der KI, relevanten Technologien, dem digitalen Reifegrad der Organisation, Chancen und Hemmnissen der KI (im Sinne von Anwendungsfeldern) oder Anwendungsformen für KI. Weiterhin wurde nach der Einbindung externer Berater (z. B. 45 % sehr gering, 18 % gering) gefragt sowie dem aktuellen Geschäftsmodell der befragten Unternehmen (71 % Dienstleister, 44 % Produzenten), der strategischen Bedeutung der KI bzw. deren Verknüpfung mit der Unternehmensstrategie, der organisatorischen Verantwortung für KI im Unternehmen und den Risiken der KI-Anwendung oder dem KI-Budget.
- Die Studie von Ernst & Young [7] befragt mittelständische Industrieunternehmen hinsichtlich der Investitionen in und Umsatzanteile von digitalen Technologien. Laut der Studie sind die häufigsten Ziele der Investition in digitale Technologien eine Erhöhung der Flexibilität (65 %), die schnellere Anpassung an Nachfrageschwankungen (44 %) und die Senkung von Produktionskosten (36 %). Die Erweiterung des Produktportfolios wird nur von 33 % der befragten als Ziel genannt. Demnach scheint der Fokus von KMU bislang stärker auf dem Verbessern und Optimieren zu liegen als auf innovativen neuen Geschäftsmodellen.
- Eine Studie im Auftrag des BMWi [9] beleuchtet die Wertschöpfungspotentiale von KI-Anwendungen im produzierenden Gewerbe. Dabei wird zwischen den Einschätzungen und Erwartungen von KI-Anbietern und KI-Anwendern unterschieden. Die größten Wertschöpfungspotentiale werden u.a. im Bereich Predictive Analytics, Intelligente Assistenzsysteme erwartet. Als spezifische Belange von KMU werden hier besonders die KI-Anwendungen wie Wissensmanagement und Qualitätskontrolle gesehen. Als eine der Hürden für KMU werden auch der Mangel an Kompetenzen und Fachkräften gesehen. Bezüglich der Entwicklungsprozesse gehen Unternehmen daher von einer zunehmend stärkeren Zusammenarbeit mit externen KI-Anbietern aus.
- Eine Studie des VDMA [21] zum Machine Learning im Maschinenbau in den Jahren 2019 bis 2022 mit einer Teilnehmerstruktur aus mehr als 10 Maschinenbaubereichen zeigt unter anderem, dass ML-basierte Lösungen im Bereich Kundendienst/Inbetriebnahme für 64 %, im Bereich Konstruktion/Entwicklung für 54 % und im Bereich Produktion/Montage für 50 % der Befragten eine mittlere oder hohe Bedeutung beigemessen wird. Deutlich niedriger sind die Zahlen des tatsächlichen Einsatzes. In 2019 kamen ML-basierte Lösungen in Kundendienst/Inbetriebnahme zu 13 % (zusätzlich 46 % bis 2022 geplant), in Konstruktion/Entwicklung zu 14 % (zusätzlich 32 % bis 2022 geplant) und in Produktion/Montage zu 13 % (zusätzlich 33 % bis 2022 geplant) zum Einsatz.
- In der Studie [8] der Plattform Industrie 4.0 werden ebenfalls der aktuelle Einsatz und die Potentiale von KI für KMU betrachtet. Auch diese Studie bestätigt, dass KMU im Vergleich zu Großunternehmen in Bezug auf KI Aufholbedarf haben und hier häufig bereits im Bereich Datenerfassung wesentliche Defizite aufweisen. Hervorgehoben als zentrales Hindernis wird auch fehlende KI-Kompetenz. So haben nur 25 % der KMU separate Teams für die Umsetzung von KI-Projekten. Gleichzeitig erfordern heutige KI-Lösungen noch ein tiefergehendes Verständnis von KI. Daher geht die Studie davon aus, dass neben dem Kompetenzaufbau bei KMU auch, dass Forschungs- und Entwicklungs-Arbeit erforderlich ist, um KI einfacher „aus dem Baukasten“ einsetzen zu können. Laut der Studie setzen diejenigen KMU, die bereits KI-Anwendungen im Einsatz haben, diese eher in Bezug auf ihre Produkte und Dienstleistungen ein, seltener aber zur Verbesserung interner Prozesse. Allerdings gaben in der Studie nur elf

KMU KI-Anwendungen an, weshalb die Aussagekraft dieses Ergebnisses mit Vorbehalt gesehen werden muss.

Die benannten Studien beinhalten durchaus Fragestellungen zu Einsatzszenarien, Geschäftsmodellen, Aussagen zu KI oder auch Technologie (Edge-Computing in [11]) und haben damit eine gewisse Überlappung in den Fragestellungen mit unserer Arbeit. Für ausgewählte Fragen ist das durchaus auch beabsichtigt, z. B., beinhalten unsere Fragen zu KI-Aussagen zwei Formulierungen aus [17], um an diesen Stellen einen Vergleich zu ermöglichen. Weitere thematische Überlappungen werden gegen Ende dieses Whitepapers adressiert.

Weiterhin fällt auf, dass die Fragestellungen in den oben benannten Studien oft mehr aus einem organisatorischen oder strategischen Blickwinkel gestellt wurden. Aspekte wie die unterliegende Technologie für KI (wie eingesetzte Cloud-Dienste oder Industrie 4.0 Plattformen) werden nicht beleuchtet. Diese etwas technischere Ausrichtung lässt fundierte Kenntnisse für das Voranbringen des KI-Einsatzes in der Produktion erwarten. Sie ist aus der Sicht eines Forschungsprojektes umso relevanter und begründet die Unterschiede in unseren Fragestellungen sowie die Notwendigkeit, eine eigene Studie durchzuführen.

1.4 Aufbau des Dokuments

Nach diesem einleitenden Kapitel wird im zweiten Kapitel die Studie im Detail sowie deren Durchführung vorgestellt. Kapitel 3 präsentiert die Zusammensetzung der Befragten, die an der Studie teilgenommen haben.

Ab Kapitel 4 werden die Ergebnisse zu den inhaltlichen Fragen der Studie präsentiert und diskutiert. Dabei sind die Fragen zu folgenden Themen jeweils in eigene Kapitel zusammengefasst: Künstliche Intelligenz (Kapitel 4), Daten- inklusive Cloud-Nutzung (Kapitel 5), Auswahl von KI-Lösungen (Kapitel 6), Best Practice (Kapitel 7) und Industrie 4.0 Plattformen (Kapitel 8). Neben einer Zusammenfassung der Ergebnisse, enthalten die meisten Kapitel, falls dies im Rahmen der erfassten Umfragedaten möglich und sinnvoll ist, eine weiterführende Diskussion, die besondere Aspekte näher beleuchtet, z. B., in Form detaillierterer Grafiken. Dieser Teil des Dokuments endet mit Kapitel 9 in Form einer Zusammenfassung der freien Kommentare, die zum Abschluss der Studie eingegeben werden konnten.

Das Whitepaper schließt in Kapitel 10 mit einer Zusammenfassung der Studienergebnisse und der Konsequenzen, die sich daraus für das Projekt und darüber hinaus ergeben.

2 Zur Studie

Die in diesem Whitepaper vorgestellte Studie wurde im Rahmen des Projekts IIP-Ecosphere als Teil der Aktivitäten im KI-Accelerator⁵ vorbereitet und durchgeführt. Der KI-Accelerator ist ein Teilprojekt von IIP-Ecosphere, das auf abgestimmte Maßnahmen zur Beschleunigung von KI-Projekten für Unternehmen aller Digitalisierungsgrade zielt. Unter anderem werden im KI-Accelerator ein öffentlicher KI-Lösungskatalog erstellt, Machbarkeitsstudien durchgeführt und die Ergebnisse schrittweise zu wiederverwendbaren KI-Lösungen/Komponenten generalisiert. In diesem Teil des Reports wird die Gestaltung und Durchführung der Studie vorgestellt.

2.1 Zielsetzung und Themenschwerpunkte

Ziel unserer Industrieumfrage ist es Erkenntnisse zu sammeln, die dazu beitragen, den Einsatz von KI-Technologien für Unternehmen im Produktionsumfeld zu erleichtern. Dazu sollte ein besseres und tiefergehendes Verständnis der Hemmnisse und Herausforderungen, aber auch des Status Quo beim Einsatz von KI sowie von Methoden und Technologien, welche den KI-Einsatz erleichtern bzw. erst ermöglichen, wie etwa der adäquate Umgang mit Daten, erhoben werden.

Die Studie befasst sich daher neben KI auch mit weiteren Themen und Technologien, die als Voraussetzungen und Rahmenbedingungen von zentraler Bedeutung für die Nutzung von KI-Lösungen sind. Zu diesem Zweck wurden die folgenden Themenschwerpunkte für die Studie gewählt:

- **KI:** Künstlichen Intelligenz und deren Anwendung in der intelligenten Produktion
- **Daten:** Datenerfassung, Datennutzung und -bereitstellung sowie die Speicherung und Verarbeitung von Daten in der Cloud
- **Auswahl von KI-Lösungen:** Kriterien und Hindernisse bei der Auswahl von KI-Lösungen
- **Best Practices:** Relevante Themen für Best Practices aus der Umsetzung von KI-Projekten
- **Industrie 4.0 Plattformen:** Nutzung von Plattformen als technische Umgebung für den (einheitlichen) Einsatz von KI in der Produktion sowie die Vor- und Nachteile der Plattformen

Zu diesen Themen wurde in enger Zusammenarbeit der Partner im Projekt IIP-Ecosphere ein Fragebogen zur Industrieumfrage zusammengestellt.

2.2 Gestaltung der Fragen

Die Fragen, die in die Studie aufgenommen wurden, wurden im Projekt IIP-Ecosphere Projekt sorgfältig vorbereitet und diskutiert. Zur Qualitätssicherung wurden unterschiedliche Versionen des Fragebogens von externen Experten überprüft.

Nach einer anfänglichen gemeinschaftlichen Definition der thematischen Schwerpunkte der Studie, wurde jede der Fragen sorgfältig entworfen. Neben der genauen Formulierung der Fragen wurden dabei auch die Gestaltung der Antwortoptionen und die Art der Fragen (z. B. sind Mehrfachnennungen zulässig) mit den Partnern im Projekt iterativ verfeinert. Die Gestaltung der Fragen und Antwortoptionen hat sich dabei an den Zielen Verständlichkeit, Erkenntnisgewinn und Vollständigkeit orientiert. Für einige Fragen wurden auch Fragen aus anderen Studien als Vorlage verwendet (siehe auch Abschnitt 1.3), um eine Vergleichbarkeit der Studien an diesen Stellen zu erreichen.

⁵ Weitere Informationen zum KI-Accelerator und zu anderen Projektteilen finden Sie auf der Projektwebseite.

Insgesamt umfasst die Umfrage 28 Fragen, die sich wie folgt auf die thematischen Schwerpunkte verteilen:

- Fragen zur Art des Unternehmens und zur Tätigkeit der Befragten (5 Fragen)
- Aussagen zu KI und deren Nutzung im Unternehmen (3 Fragen)
- Datennutzung und -erfassung inklusive verwendeter Cloud-Dienste und Erfahrungen hierzu (9 Fragen)
- Hindernisse bei der Identifikation von KI-Lösungen, Kriterien und Anforderungen zum Auffinden von KI-Lösungen sowie Best Practices bei der Umsetzung (4 Fragen)
- Nutzung von Industrie 4.0 Plattformen sowie deren Vor- und Nachteile (4 Fragen)
- Abschlussfragen mit optionalen Möglichkeiten, Kontakt zum Projekt aufzunehmen oder weitere Anmerkungen/Anregungen zum Thema zu übermitteln (3 Fragen)

2.3 Durchführung der Studie

Die Studie wurde als Online-Umfrage unter Verwendung des Open Source Werkzeugs Lime Survey⁶ unter Berücksichtigung aktueller Datenschutzbedingungen umgesetzt. Die Durchführung der Studie fand im vierten Quartal 2020 sowie im ersten Quartal 2021 statt.

Der Zugang zur Umfrage wurde dabei über unterschiedliche Kanäle verteilt. Bei der Wahl der Kanäle wurde eine starke Zielgruppenorientierung sichergestellt. Die wichtigsten Verteilerkanäle waren der **Mitgliederverteiler für den Branchenreport des Verbands Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V. (VDW)**, der insbesondere Entscheider in Unternehmen anspricht, und ein geschlossener **Email-Verteiler des VDW**, mit dem insbesondere Entwicklungsleiter erreicht werden. Zudem wurde die Umfrage vom VDW über öffentliche VDW-Interneteinträge wie der VDW Webseite und dem VDW Blog sowie über den Industrie 4.0 Newsletter des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) und im VDMA Arbeitskreis zu Forschung in Industrie 4.0 und Künstlicher Intelligenz beworben.

Ergänzend wurde der Zugang zur Umfrage auch über weitere Kanäle verteilt: Hierzu zählen die interne IIP-Ecosphere Partnerliste, der IIP-Ecosphere Twitter Kanal und Linked-in⁷ bzw. Xing⁸-Gruppen sowie andere Social Media-Kanäle der IIP-Ecosphere Partner. Weiterhin wurden auch Themenkanäle der IHK Hannover und der IHK Nürnberg, der Email-Verteiler der Deutschen Messe Technology Academy (DMTA) und Email-Kanäle des Lehrstuhls Informationssysteme (Innovation & Value Creation) der Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg, insbesondere zum Thema Geschäftsmodelle zur Verteilung genutzt.

Für jeden Typ von Kanal wurde eine eigene Webseitenadresse (URL) eingerichtet, die zur Identifikation des jeweiligen Kanals in den Umfrageergebnissen diene. Daraus ist ersichtlich, dass ca. 50 % der Umfrageteilnehmer vom oben angesprochenen VDW Mitgliederverteiler und ca. 26 % vom VDW Email-Verteiler zur Teilnahme motiviert wurden. Die restlichen 24 % verteilen sich über die anderen Kanäle, wobei insbesondere 7 % der Befragten über die DMTA, 4 % über den VDMA und 3 % über die IHK akquiriert wurden.

Insgesamt gab es im Durchführungszeitraum 1767 Zugriffe auf die Umfrage. Dabei wurde die Umfrage von 75 Teilnehmern vollständig ausgefüllt. Die restlichen, nur teilweise oder gar nicht ausgefüllten Umfrageergebnisse werden in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt.

⁶ <https://www.limesurvey.org>

⁷ <https://www.linkedin.com>

⁸ <https://www.xing.com>

3 Zusammensetzung der Befragten

Im Folgenden wird die Zusammensetzung der 75 Befragten, die die Umfrage vollständig ausgefüllt haben, genauer beleuchtet. Als Grundlage hierzu enthielt die Umfrage 5 Fragen zum Unternehmen und zur Rolle des jeweiligen Befragten im Unternehmen.

3.1 Unternehmenskategorie

Zu den Unternehmenscharakteristiken wurden drei Aspekte ermittelt. Neben der Unternehmensgröße und dem Alter des Unternehmens wurde auch die Kategorie des Unternehmens abgefragt.

In Zusammenarbeit mit den Unternehmen im Projekt wurden hierfür vier große Kategorien ausgewählt, welche unterschiedliche Rollen von Unternehmen im Kontext der industriellen Produktion darstellen:

- Anwender/Nutzer von Maschinen
- Hersteller von Maschinen und Anlagen
- Komponentenhersteller/Zulieferer
- Dienstleister

Zusätzlich zu diesen Kategorien wurde die Kategorie Sonstiges angeboten, die eigene Angaben zur Kategorie in Form eines Freitextes ermöglicht.

Abbildung 1 fasst die Zusammensetzung der Unternehmen in der Befragung entlang dieser Kategorien zusammen. Über 60 % der befragten Unternehmen sind Maschinenhersteller (ca. 65 %), in die Kategorie „Anwender/Nutzer von Maschinen“ ordnen sich ca. ein Viertel der Befragten ein, 16 % sind Hersteller bzw. Zulieferer und ca. 13 % Dienstleister im Kontext der Produktion. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es auch möglich war, mehr als eine Kategorie auszuwählen. Von dieser Möglichkeit haben 20 % der Befragten Gebrauch gemacht. Mehrfachnennungen traten hauptsächlich für größere Unternehmen auf (251-2500 bzw. über 2500 Beschäftigte).

Nur 8 % der Befragten ordnen sich explizit in die Kategorie „Sonstiges“ ein, darunter wurden benannt: „Beratung“ (2 Nennungen), „Hochschule“ (1 Nennung), „SW Entwickler“ (1 Nennung). Zusätzlich gaben zwei Befragte neben der Auswahl einer der vorgegebenen Kategorien eine eigene Kategorie an, hier „Beratung“ und „Mitarbeiter bei ISO 16090“.

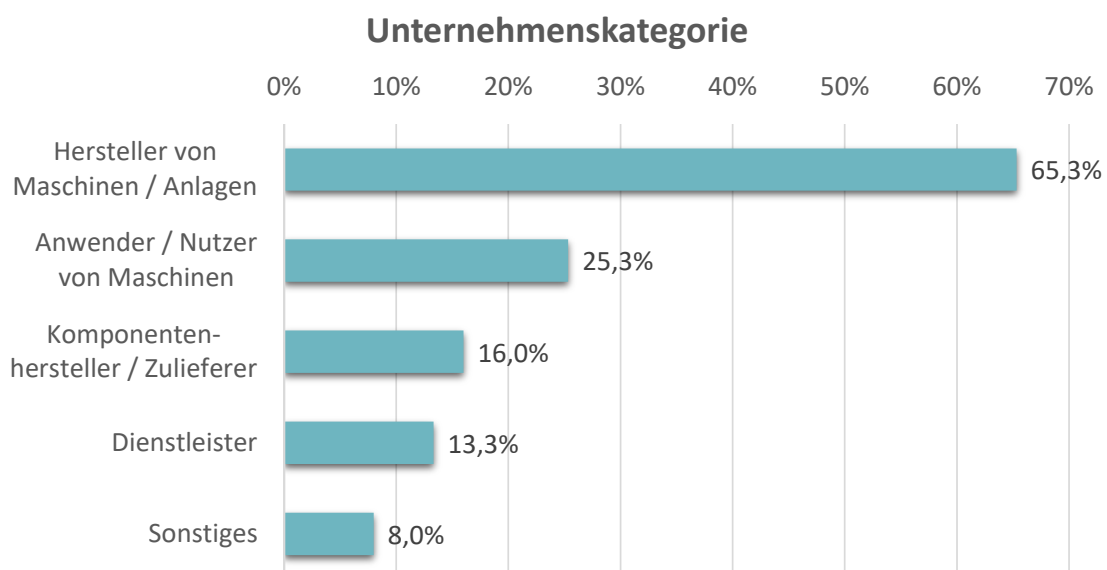


Abbildung 1: Verteilung der Antworten zur Unternehmenskategorie.

3.2 Größe und Alter des Unternehmens

In einer zweiten Frage wurde die Größe des Unternehmens ermittelt. Dabei wurde die Anzahl der Beschäftigten als Maß für die Größe des Unternehmens verwendet. In der Studie bestand die Auswahl zwischen sechs Größenordnungen, die sich an etablierten Kategorien für die Unternehmensgrößen (z. B. KMU) orientieren und diese noch weiter untergliedern: bis 10 Beschäftigte (sehr kleine Unternehmen und Start-Ups), 11-50 Beschäftigte (kleine Unternehmen), 51-250 Beschäftigte (Mittelstand), 251-2500 Beschäftigte ("Großer Mittelstand") und über 2500 Beschäftigte (sehr große Unternehmen)

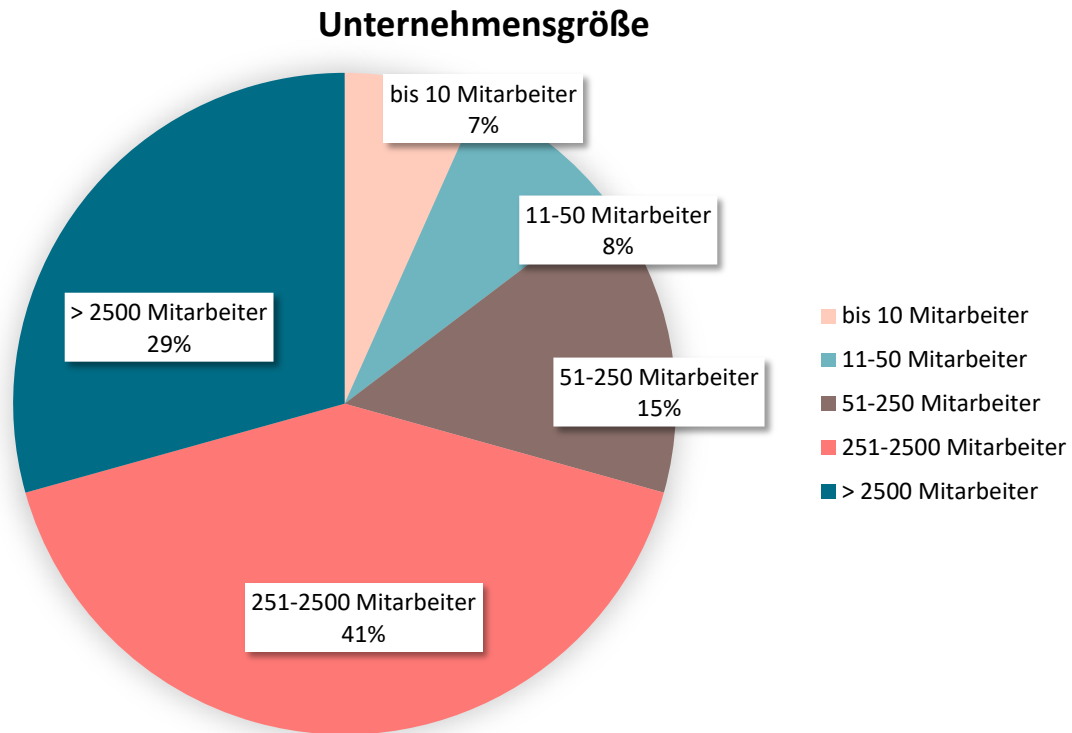


Abbildung 2: Verteilung der Antworten zur Unternehmensgröße.

Die Ergebnisse, die in Abbildung 2 zusammengefasst sind, zeigen eine gleichmäßige Verteilung zwischen sehr großen Unternehmen, großen Unternehmen sowie kleineren und mittleren Unternehmen:

- Knapp 30 % der Unternehmen fallen in die Kategorie der sehr großen Unternehmen mit mehr als 2500 Beschäftigten.
- Größenmäßig in der Mitte liegen ca. 40 % der befragten Unternehmen mit 251 bis 2500 Unternehmen. Bei dieser Gruppe handelt es sich um den im Bereich der Produktion recht verbreiteten "Großen Mittelstand" von älteren, oft noch familiengeführten Unternehmen mit einer erheblichen Anzahl an Beschäftigten. So fallen z. B. in der Werkzeugmaschinenindustrie fast 40 % der Unternehmen in die Größenordnung 250 bis 1000 Beschäftigte [22].
- Die verbleibenden 30 % der Unternehmen fallen unter die klassische KMU Definition der EU⁹ von bis zu 250 Beschäftigten. Im Detail setzen sich diese aus 7 % sehr kleiner Unternehmen (bis 10 Beschäftigte), 8 % kleiner Unternehmen mit 11–50 Beschäftigten und 15 % Mittelständler mit 51-250 Beschäftigten zusammen.

⁹ http://publications.europa.eu/resource/cellar/79c0ce87-f4dc-11e6-8a35-01aa75ed71a1.0004.01/DOC_1

Es ist zu bemerken, dass im Vergleich mit der Zusammensetzung der Unternehmensgrößen z. B. in der Werkzeugmaschinenindustrie, die sehr großen Unternehmen mit knapp 30 % in der Studie über- und die KMUs mit 30 % unterrepräsentiert sind. Dies kann daran liegen, dass sich größere Unternehmen bereits stärker mit Fragen der KI beschäftigen.

Neben der Kategorie und der Größe des Unternehmens wurde auch das Alter des Unternehmens abgefragt. Um die Beantwortung der Frage zu erleichtern, wurden hier sechs Altersbereiche zur Auswahl gestellt: weniger als 5 Jahre, 5-10 Jahre, 11-20 Jahre, 21-30 Jahre und mehr als 30 Jahre.

Die Verteilung der Altersklassen bei den befragten Unternehmen ist Abbildung 3 zu entnehmen. Auffallend ist hier mit 76 % der sehr hohe Anteil an Unternehmen die älter als 30 Jahre sind. Dies entspricht aber auch der Unternehmenslandschaft in der Produktion in Deutschland mit sehr vielen alteingesessenen Unternehmen. Weitere 15 % der Unternehmen können mit einem Unternehmensalter von 21-30 Jahren ebenfalls zu den lang etablierten Unternehmen gezählt werden. Die verbleibenden 8 % der Unternehmen mit einem geringeren Alter verteilen sich auf 3 % mit einem Alter von 11-20 Jahren, 1 % mit einem Alter zwischen 5 und 10 Jahren und 4 % mit einem Alter unter 5 Jahren. 1 % der Befragten hat keine Aussage zum Alter des Unternehmens gemacht.

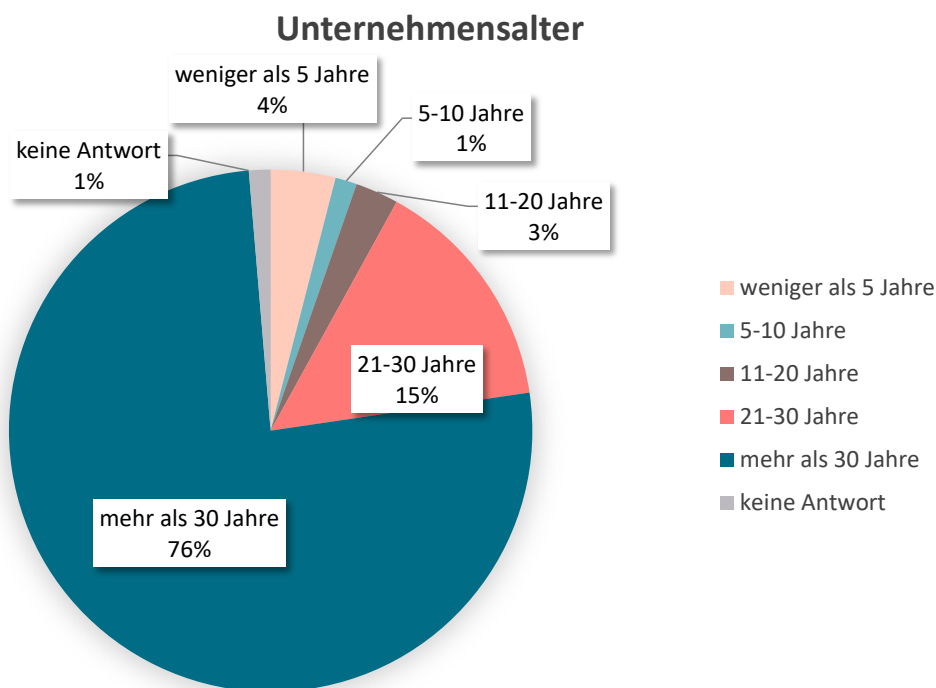


Abbildung 3: Verteilung der Antworten zum Unternehmensalter.

3.3 Rolle und Position im Unternehmen

Ergänzt wurden die Information zum Unternehmen durch zwei Fragen zum Befragten selbst. Dabei hat uns zunächst interessiert, ob der Befragte eher auf operativer Ebene (z. B. technisch/operative Tätigkeiten) oder auf strategischer Ebene (z. B. Management) tätig ist. Um der Vielfältigkeit von Aufgabenfeldern gerecht zu werden, war auch die Auswahl beider Optionen möglich.

Tätigkeitsebene des Befragten im Unternehmen

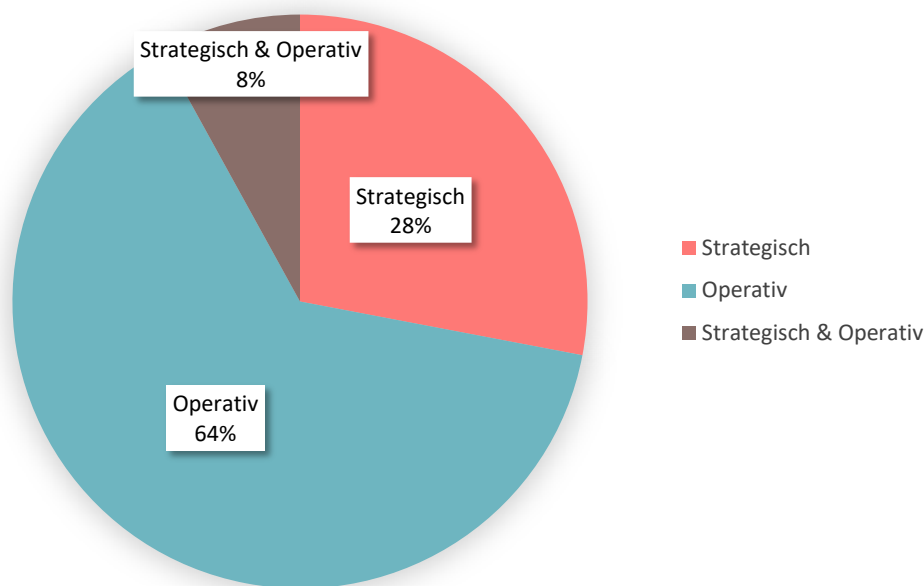


Abbildung 4: Verteilung der Antworten zur Tätigkeitsebene der Befragten.

Wie Abbildung 4 zeigt, sind ca. zwei Drittel der Befragten (64 %) auf operativer Ebene tätig, knapp 30 % sind auf strategischer Ebene tätig (28 % der Befragten) und knapp 10 % sind sowohl auf operativer als auch auf strategischer Ebene tätig (8 % der Befragten).

Außerdem haben wir den Unternehmensbereich ermittelt, in dem der Befragte tätig ist. Dafür standen fünf große Bereiche zur Auswahl: Entwicklung, Vertrieb, Produktion, Qualität und Service¹⁰. Zusätzlich gab es noch die Option „Sonstiges“ mit der Möglichkeit einen weiteren Unternehmensbereich zu benennen, falls keiner der in der Liste angebotenen Unternehmensbereiche zum Einsatzgebiet des Befragten passt. Außerdem war es auch möglich mehr als einen Bereich auszuwählen.

Abbildung 5 fasst die Zusammensetzung der Befragten in Bezug auf die Unternehmensbereiche zusammen:

- Fast die Hälfte der Befragten ist in der Entwicklung tätig (ca. 49 %)
- Ungefähr ein Fünftel kommen jeweils aus dem Vertrieb (20 %) oder der Produktion (17 %)
- Ungefähr 10 % arbeiten im Bereich Service (knapp 11 %)
- Etwas über 5 % arbeiten im Bereich Qualität.

Im Bereich „Sonstiges“ wurde insbesondere ein Bereich häufiger benannt, nämlich Geschäftsführung (und Management). Dieser wurde deshalb in Abbildung 5 als zusätzliche Kategorie hinzugefügt. Insgesamt ergab sich unter „Sonstiges“ das folgende Bild:

- Mehr als 10 % der Befragten kommt aus dem Unternehmensbereich Geschäftsführung und Management (13 %)
- Knapp 10 % der Befragten (9,3 %) haben weitere Unternehmensbereiche benannt für ihre Tätigkeit benannt. Dies beinhaltet „Materialwirtschaft“, „Administration“, „Digitale Transformation“, „Gründer“, „Finance“, „IT“ sowie „New Technology and Incubation“. Diese ließen sich unseren Kategorien nicht näher zuordnen.

¹⁰ Der in der Abbildung gezeigte Bereich „Geschäftsführung“ hat sich aus den Antworten unter „Sonstiges“ ergeben.

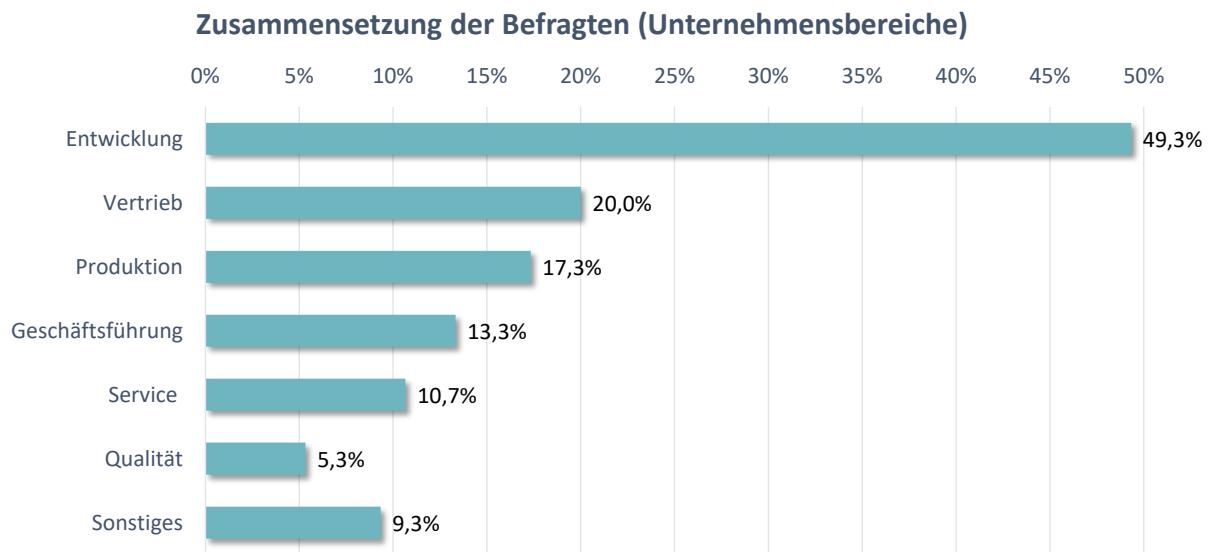


Abbildung 5: Verteilung der Antworten zum Unternehmensbereich, in dem die Befragten tätig sind.

In Bezug auf die Tätigkeit in mehreren Unternehmensbereichen ist Folgendes zu beobachten: 80 % der Befragten ist in nur einem Unternehmensbereich tätig (entweder in einem der vorgegebenen oder einem selbstbenannten). 11 % geben zwei Unternehmensbereiche für sich an und 4 % mehr als zwei Unternehmensbereiche. Eine der befragten Personen machte keine Angaben zum Unternehmensbereich.

4 Ergebnisse zum Thema Künstliche Intelligenz

Dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Produktion wird ein hohes Potential zugesprochen. Bei der dominierenden Form der Künstlichen Intelligenz – dem maschinellen Lernen – lernt die Maschine eigenständig aus vorhergehenden „Erfahrungen“ (codiert in Daten) und setzt das erlernte Wissen z. B. für automatisierte Entscheidungen und zur Optimierung von Prozessen ein.

Wir fragten nach der Bewertung verschiedener Aussagen zur Künstlichen Intelligenz (Abschnitt 4.1), dem aktuellen Einsatz von KI-Lösungen (Abschnitt 4.2), sowie weiteren Einsatzgebieten für KI in der intelligenten Produktion (Abschnitt 4.3).

4.1 Aussagen zur Künstlichen Intelligenz

Als Einstieg in den inhaltlichen Teil der Umfrage wurden Aussagen zu KI formuliert, um die Erfahrungen und Einstellungen der Befragten zu ausgesuchten Themen der KI zu ermitteln. Die Aussagen befassen sich dabei mit drei Themenkomplexen

- Wird KI überhaupt schon eingesetzt? Wurde sich bereits mit dem Thema auseinandergesetzt?
- Was wird von KI erwartet?
- Gibt es allgemeine Anforderungen für den Einsatz von KI in der Produktion?

Vor dem Hintergrund dieser Fragestellungen wurden in Zusammenarbeit mit den Industriepartnern im Projekt mögliche Aussagen intensiv diskutiert und zehn Aussagen ausgewählt. Dabei wurden der erwartete Erkenntnisgewinn und die Relevanz für mögliche Aktivitäten zur Förderung der KI-Nutzung in der intelligenten Produktion (z. B. im Projekt IIP-Ecosphere) als Auswahlkriterien zugrunde gelegt.

Im Folgenden werden diese Aussagen zur Künstlichen Intelligenz in Reihenfolge des Fragebogens dargestellt, wobei jeweils auch die Kurzformen (in kursiv) angegeben wird, wie sie in den folgenden Diagrammen zur Auswertung genutzt werden:

1. *Spannend, aber noch keine Zeit/Gelegenheit*: „Ich finde das Thema spannend, hatte aber noch keine Zeit / Gelegenheit mich näher damit zu beschäftigen.“
2. *Klarer Nutzen für Produkte/Dienstleistungen*: „Für unser Unternehmen bringt KI einen klaren Nutzen für unsere Produkte bzw. unsere Dienstleistungen.“
3. *Nachvollziehbare Entscheidungen*: „Entscheidungen, die von KI-Systemen getroffen werden, müssen für Anwender nachvollziehbar sein.“
4. *Wird überbewertet, keine Erwartungen*: „Ich denke, das Thema KI wird überbewertet. Ich erwarte keine erheblichen Verbesserungen.“
5. *Bereits in KI-Lösungen involviert*: „Ich bin bereits in KI-basierte Lösungen in unserem Unternehmen involviert.“
6. *KI = ML*: „Für mich sind KI und maschinelles Lernen dasselbe.“
7. *Nutzen ist unklar*: „Mir ist der potentielle Nutzen von KI für unser Unternehmen bzw. meinen Bereich nicht klar.“
8. *Neue Geschäftsmodelle*: „KI ermöglicht neue Geschäftsmodelle für unser Unternehmen.“
9. *Unterstützung kein Ersatz von Menschen*: „KI-Systeme sollten als Unterstützung eingesetzt werden, nicht als Ersatz für menschliche Intelligenz.“
10. *Transparenz/Erklärbarkeit ist wichtig*: „Die Transparenz und Erklärbarkeit von KI-Entscheidungen ist für uns wichtig.“

Zwei der Aussagen wurden an [17] angelehnt („KI-Systeme sollten als Unterstützung eingesetzt werden, nicht als Ersatz für menschliche Intelligenz“ und „Entscheidungen, die von KI-System getroffen

werden, müssen für Anwender nachvollziehbar sein”), um einen Anschluss an bestehende Ergebnisse zu ermöglichen.

Zu jeder der Aussagen konnten die Befragten aus 6 Antwortoptionen auswählen:

- 1) “trifft voll zu”
- 2) “trifft überwiegend zu”
- 3) “trifft überwiegend nicht zu”
- 4) “trifft gar nicht zu”
- 5) “kann ich nicht beurteilen”
- 6) “keine Antwort”.

4.1.1 Zusammenfassende Darstellung

Abbildung 6 fasst die Ergebnisse der Befragung zu diesem Themenkomplex zusammen. Dabei wurden zur besseren Übersicht jeweils die bestätigenden Antworten (“trifft voll zu” und “trifft überwiegend zu”), die widersprechenden Antworten (“trifft überwiegend nicht zu” und “trifft gar nicht zu”) und die neutralen Antworten (“kann ich nicht beurteilen” und “Keine Antwort”) zusammengefasst.

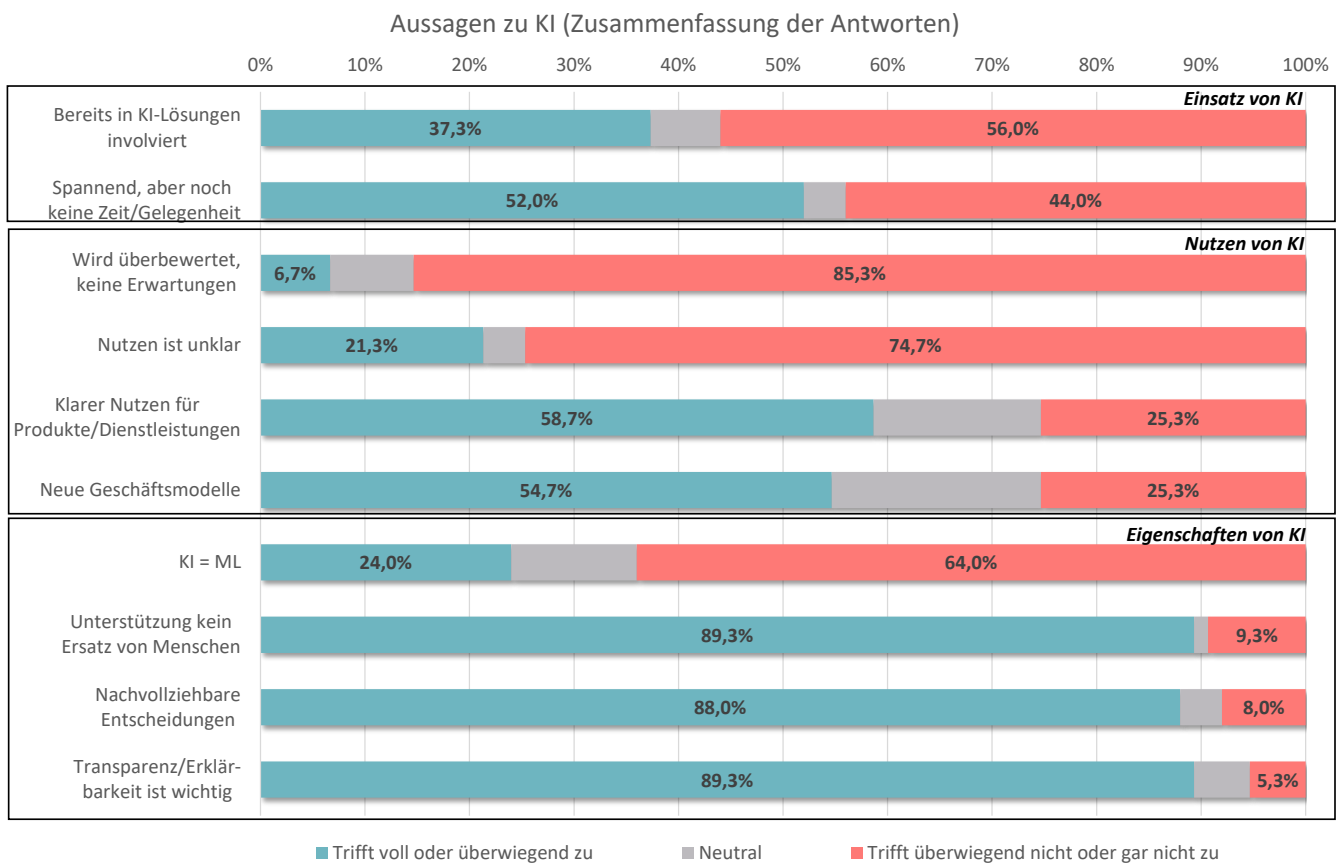


Abbildung 6: Aussagen zu KI (thematisch sortiert).

Abweichend von der tatsächlichen Reihenfolge in der Befragung wurden die Aussagen dabei zudem zur Verbesserung der Übersicht nach den oben bezeichneten Themenkomplexen gruppiert:

- **Einsatz von KI:** Ein – verglichen mit anderen Studien z. B. [3] – recht hoher Anteil von über 37 % der Befragten gibt an, bereits in KI-Lösungen in ihrem Unternehmen involviert zu sein. Dem stehen fast 52 % der Befragten gegenüber, die das Thema KI zwar spannend finden, aber noch keine Zeit oder Gelegenheit hatten sich damit zu beschäftigen.
- **Nutzen:** In Bezug auf den Nutzen von KI gibt es insgesamt hohe Erwartungen. Nur etwa 7 % der Befragten haben keine Erwartungen und denken, KI wird überschätzt. Für etwa 21 % ist

der potentielle Nutzen für ihr Unternehmen bzw. ihren Bereich noch unklar. Einen klaren Nutzen für ihre Produkte und Dienstleistungen erwarten sich hingegen etwa 59 % der Befragten. Und knapp 55 % sehen sogar die Chance für neue Geschäftsmodelle basierend auf KI in ihrem Unternehmen.

- **Eigenschaften von KI:** Ein noch klareres Bild ergibt sich bei den abgefragten wünschenswerten Eigenschaften von KI. Nur knapp 24 % denken, dass man KI auf maschinelles Lernen (ML) alleine reduzieren kann. Das bestätigt auch, dass sich der Großteil der Befragten zumindest schon mal soweit mit dem Thema KI beschäftigt hat, dass sie sich des Unterschieds zwischen KI und ML bewusst sind. Eine große Mehrheit von über 89 % stimmt der Aussage zu, dass KI zur Unterstützung und nicht als Ersatz für Menschen eingesetzt werden soll. Ein weiteres aktuell viel diskutiertes Thema ist die Frage der Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit, die durch die hohe Komplexität aktueller KI-Lösungen (z. B. Deep Learning oder Reinforcement Learning) und den wachsenden Einfluss von KI auf Entscheidungsprozesse stark an Bedeutung gewonnen hat. Auch für die intelligente Produktion scheint dies als wichtiges Thema wahrgenommen zu werden. So denken 88 %, dass Entscheidungen, die von KI-Komponenten getroffen werden, auch für Menschen nachvollziehbar sein müssen. Sogar fast 90 % der Befragten halten Erklärbarkeit und Transparenz der eingesetzten KI für wichtig.

Zusätzlich ist zu beobachten, dass der neutrale Bereich (in grau) bei den unterschiedlichen Fragen stark schwankt, zwischen ca. 1,5 % der Befragten und fast 19 % der Befragten. Dies wird in der weiterführenden Auswertung in Abschnitt 4.1.2 genauer beleuchtet.

Wenn man diese Ergebnisse mit der Studie des VDI [17] vergleicht, wurden in einigen Bereichen ähnliche Werte beobachtet. Dass KI eine Unterstützung, aber kein Ersatz für menschliche Intelligenz sein soll, wurde z. B. in [17] von 79 % bejaht, in unserer Umfrage sogar von 89 %. Bei der Aussage, dass KI plausible bzw. nachvollziehbare Ergebnisse liefern soll, besteht sogar nur ein Unterschied von 2 %, d. h. in [17] stimmten dem 86 % und in dieser Umfrage 88 % zu.

4.1.2 Weiterführende Auswertung

Einen detaillierteren Überblick über die Antworten zu den KI-Aussagen gibt Abbildung 7. In diesem Diagramm werden alle Antwortoptionen getrennt dargestellt.

Interessant ist hier die Verteilung der Aussage „Kann ich nicht beurteilen“. Diese wurde insgesamt nur bei etwa 5 % aller Antwortmöglichkeiten (Anzahl Befragte x Anzahl der Fragen) ausgewählt. Der Anteil schwankt aber – wie in Abbildung 7 zu sehen - zwischen den Antworten. Relativ hoch ist der Anteil bei der Aussage zu den Geschäftsmodellen (mit über 13 %), zu „keine Erwartungen, wird überbewertet“ und zu „Klarer Nutzen für Produkte und Dienstleistungen“ (beide mit 8 %).

Keine Antwort wurde insgesamt bei knapp 3 % der Antwortmöglichkeiten ausgewählt. Zusätzlich sieht man in diesem Diagramm auch den Anteil der Befragten, die zu einzelnen Aussagen keine Antwort gegeben haben. Insgesamt ist dieser Anteil sehr niedrig. Er schwankt jedoch zwischen 0 % (z. B. für die Aussage „Unterstützung kein Ersatz von Menschen“) bis zu 8 % bei „Klarer Nutzen für Produkte/Dienstleistungen“.

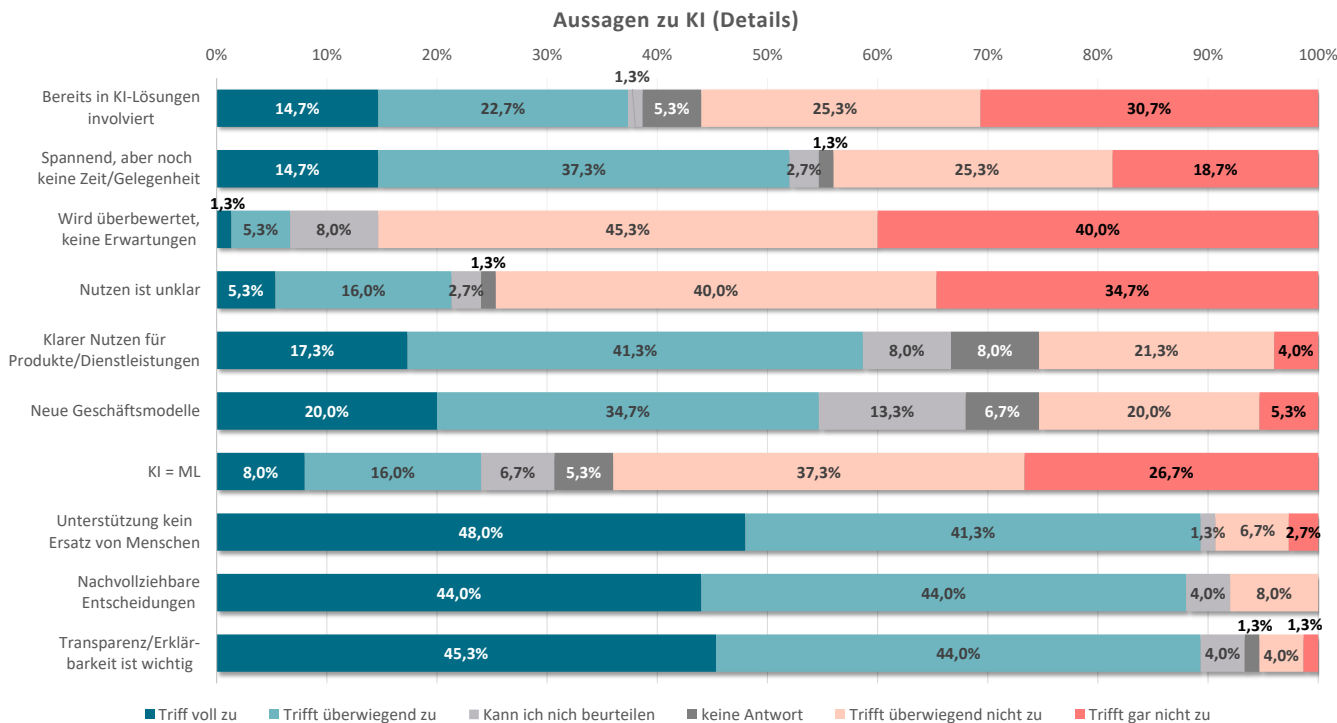


Abbildung 7: Aussagen zu KI, detaillierte Auswertung (Sortierung wie in Abbildung 6).

Ein weiterer Aspekt, den diese Grafik sichtbar macht, ist die Stärke der Zustimmung bzw. Ablehnung der jeweiligen Aussagen.

- Auf der zustimmenden Seite sind die Antworten zwischen starker Zustimmung (“trifft voll zu”) und moderater Zustimmung (“trifft überwiegend zu”) für die Aussagen zu “Unterstützung kein Ersatz von Menschen”, “Nachvollziehbare Entscheidungen” sowie “Transparenz/Erklärbarkeit ist wichtig” relativ ausgewogen. Dies sind zugleich auch die Aussagen mit der höchsten Gesamtzustimmung.
- Für alle übrigen Aussagen ist der Anteil der starken Zustimmung deutlich geringer als der der moderaten Zustimmung.
- Interessanterweise ist bei den Aussagen, die sich eher kritisch zu KI äußern (“Nutzen ist unklar”, “Wird überbewertet, keine Erwartungen”), der Anteil der moderaten Zustimmung um das 3-4 fache höher als der der starken Zustimmung.
- Mehr oder weniger ausgewogen zwischen starker und moderater Ablehnung sind die Antworten zu den Aussagen “Wird überbewertet, keine Erwartungen”, “Nutzen ist unklar”, “Bereits in KI-Lösungen involviert” und “Spannend, aber noch keine Zeit/Gelegenheit”.
- Zu allen übrigen Aussagen gibt es deutliche Differenzen zwischen moderater und starker Ablehnung. Mit dem 3-fachen bis über 5-fachen des Wertes für moderate Ablehnung (verglichen mit starker Ablehnung) ist der Unterschied für die Aussagen “Transparenz/Erklärbarkeit ist wichtig”, “Neue Geschäftsmodelle”, und “Klarer Nutzen für Produkte/Dienstleistungen” besonders groß.
- Zur Aussage “Nachvollziehbare Entscheidungen” gab es gar keine starke Ablehnung.

Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen einen genaueren Blick auf die wichtige Aussage „Bereits in KI-Lösungen involviert“. Dabei beleuchtet Abbildung 8 den Zusammenhang zwischen dieser Aussage und der Unternehmensgröße. Wie zu erwarten, ist bei den Großunternehmen über 2500 Mitarbeiter der Anteil von „bereits in KI involviert“ am höchsten. Der große Mittelstand (251-2500 Beschäftigte) zeigt

mit 64 % der Befragten Unternehmen dieser Kategorie, die noch nicht in KI involviert sind (trifft überwiegend nicht oder gar nicht zu) noch einen hohen Nachholbedarf im Bereich des KI-Einsatzes. Bei den KMU ist der Anteil der Befragten, die bereits in KI involviert sind etwas höher als beim großen Mittelstand (ca. 36 % vs. ca. 32 %). Allerdings ist der Anteil der Unternehmen, die sich gar nicht dazu äußern (neutral), ebenfalls höher.

Abbildung 9 analysiert KI-Einsatz bei den Maschinenherstellern im Vergleich zu den Nutzern von Maschinen genauer. Hier ist zu sehen, dass bei den Maschinenherstellern der Anteil der befragten Unternehmen, die noch nicht in KI involviert sind, mit über 60 % deutlich höher ist als bei den Nutzern von Maschinen (ca. 40 %). Ein Grund hierfür kann der erschwerte Zugang zu Daten für Maschinenhersteller sein, da die Daten in der Regel ja beim Nutzer und nicht beim Hersteller der Maschinen anfallen.

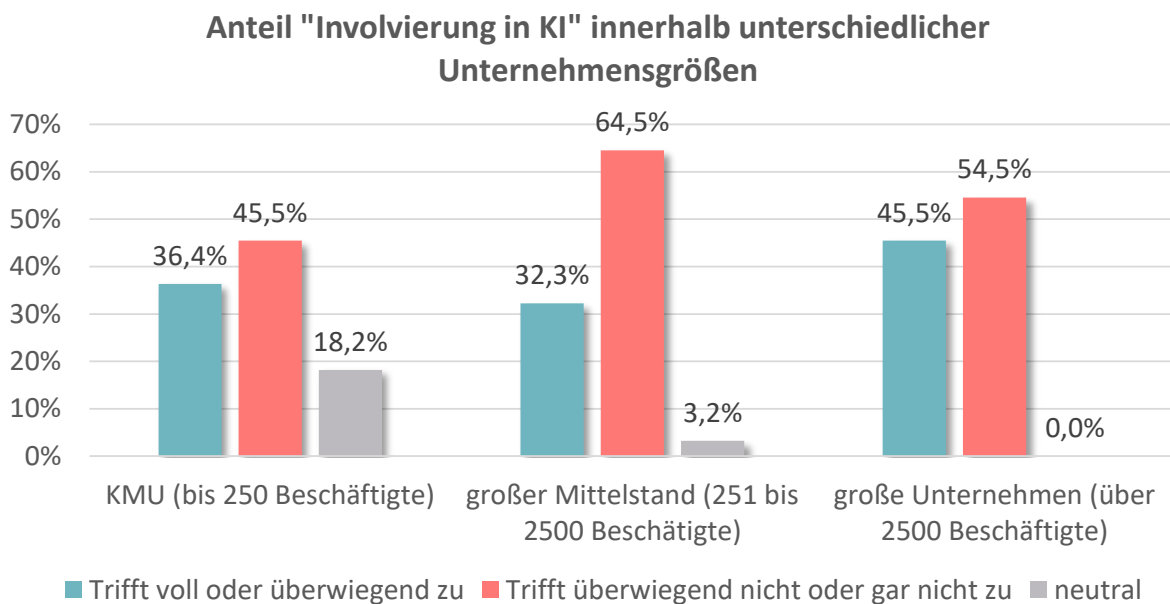


Abbildung 8: Anteile der Involvierung in KI innerhalb unterschiedlicher Unternehmensgrößen.

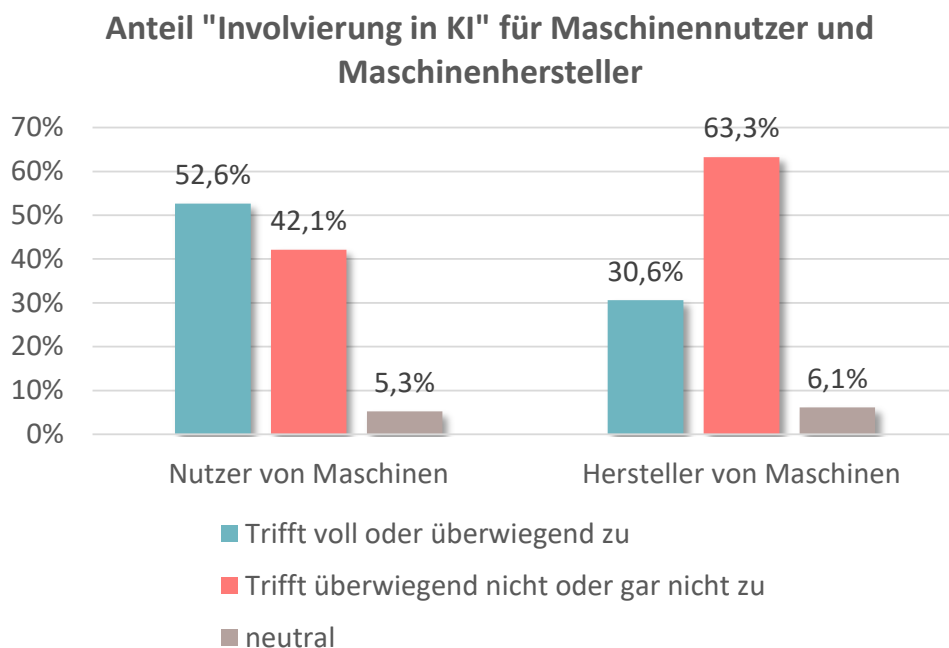


Abbildung 9: Vergleich der Anteile der Involvierung in KI zwischen Maschinenherstellern und Nutzern von Maschinen.

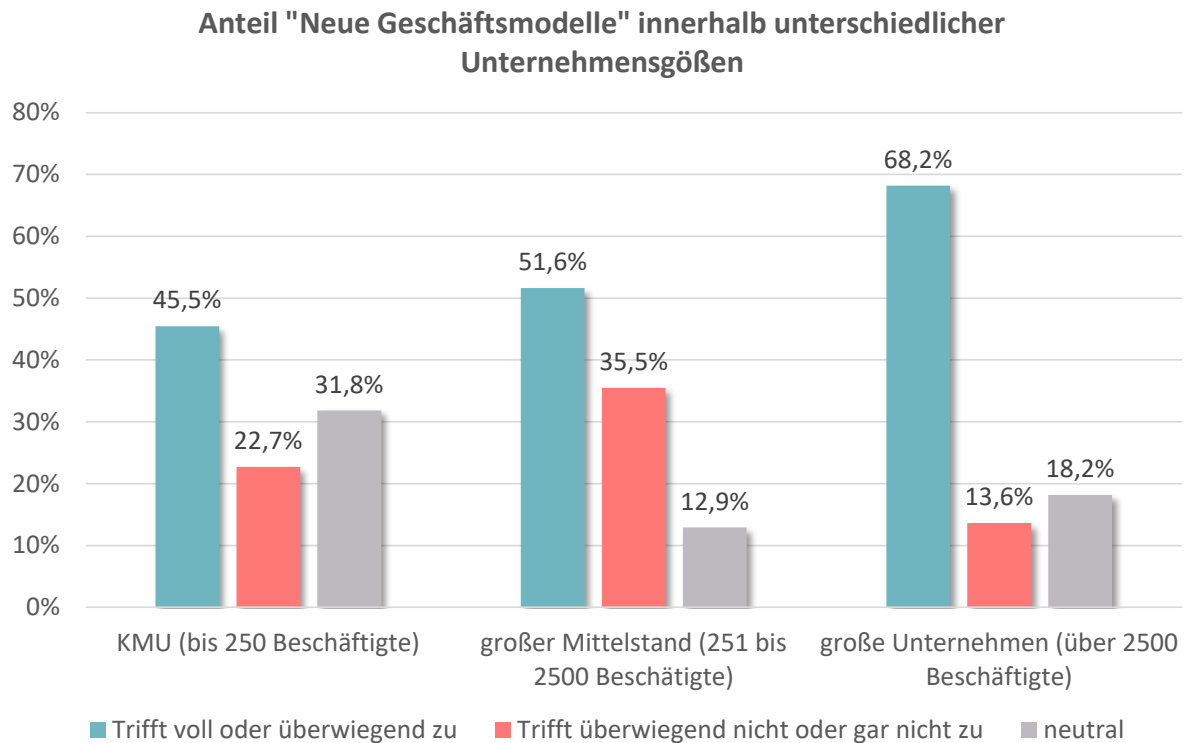


Abbildung 10: Anteile der Unternehmen, die neue Geschäftsmodelle durch KI erwarten, innerhalb unterschiedlicher Unternehmensgrößen.

Zusätzlich wurde noch eine zweite, für das Thema „Innovation durch KI“ wichtige Aussage, nämlich die zu den neuen Geschäftsmodellen, in Bezug auf die Unternehmensgröße genauer analysiert (siehe Abbildung 10). Auch hier liegen die Großunternehmen mit fast 70 % der befragten Unternehmen dieser Kategorie, die sich neue Geschäftsmodelle erwarten, klar vorne. Relativ nahe zusammen liegen bei dieser Fragestellung der große Mittelstand mit ca. 50 % und die KMUs mit ca. 45 % Zustimmung. Bemerkenswert ist auch noch der mit über 30 % sehr hohe Anteil bei den KMUs, die sich nicht zu diesem Thema geäußert haben („neutral“), was darauf hindeuten kann, dass sich noch gar nicht mit dem Thema beschäftigt wurde.

4.2 Einsatz von KI-Lösungen

KI-Lösungen sind sehr vielfältig und können in unterschiedlichen Bereichen im Umfeld der Produktion und des Maschinenbaus eingesetzt werden. In dieser Frage ging es darum besser zu verstehen, in welchen Bereichen KI bereits eingesetzt wird und in welchen Bereichen es konkrete Planungen für einen KI-Einsatz in den befragten Unternehmen gibt.

In der Umfrage werden sieben mögliche Einsatzbereiche im Kontext der Produktion genannt. Die Einsatzbereiche

- Maschinensteuerung,
- Condition Monitoring / Predictive Maintenance,
- Logistik / Materialfluss,
- Qualitätsmanagement,
- Optimierung von Fertigungsprozessen,
- Energie-Verbrauchs-Optimierung,
- Wissensmanagement
- und Produktionsplanung

wurden nach intensiver Diskussion mit den IIP-Ecosphere Partnern ausgewählt. Für jeden Einsatzbereich war es möglich auszuwählen, ob das Unternehmen des Befragten

- bereits eine KI-Lösung einsetzt,
- den Einsatz einer KI-Lösung mit Zeithorizont 5 Jahre plant oder
- Potential für eine KI-Lösung sieht, aber noch nichts unternommen hat

Für jeden Einsatzbereich konnte auch ausgewählt werden, keine Antwort zu geben.

Zur Ergänzung der vorgegebenen Einsatzbereiche konnten zudem in einem Freitextfeld weitere Einsatzgebiete für KI benannt werden.

4.2.1 Zusammenfassende Darstellung

Abbildung 11 fasst die Antworten zu den KI-Einsatzgebieten zusammen. Dabei werden für einen verbesserten Überblick zunächst nur die Antwortoptionen „Im Einsatz“ und „In Planung“ betrachtet. Die Einsatzgebiete sind dabei nach Häufigkeit der Nennung als „im Einsatz“ geordnet. Für die Planung war ein Zeithorizont von 5 Jahren vorgegeben.

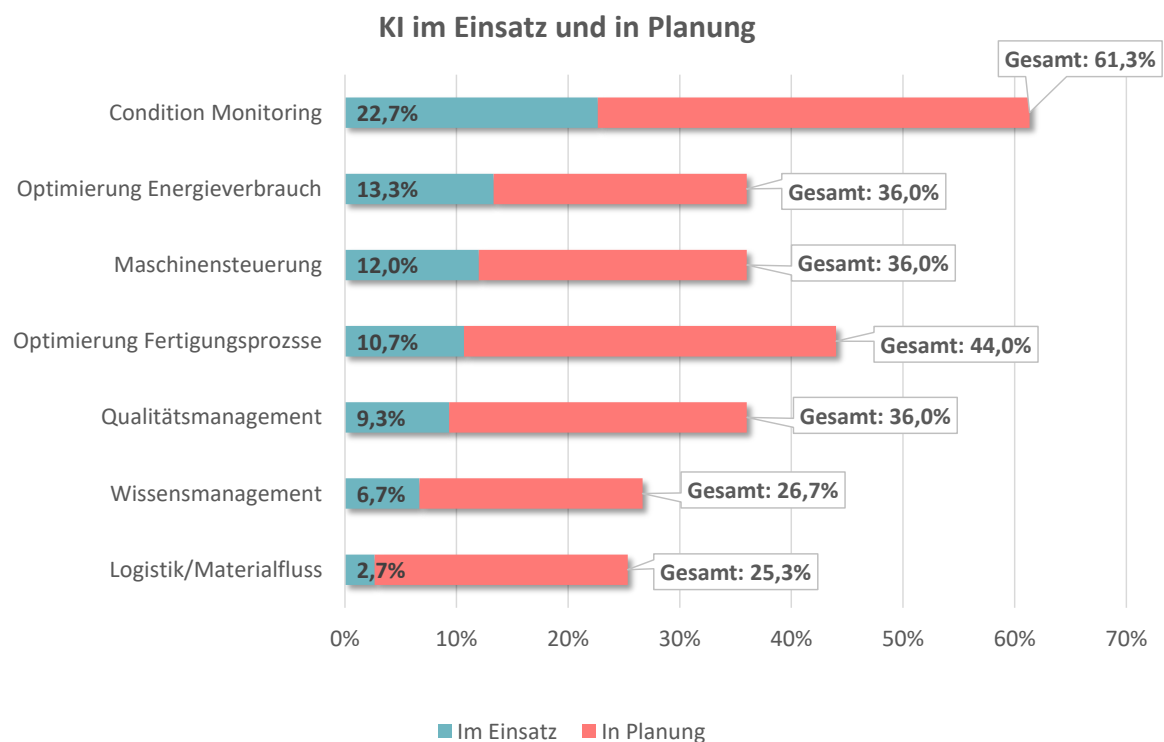


Abbildung 11: Auswertung der Antworten zu den KI-Einsatzgebieten (abweichende Reihenfolge).

Insgesamt ergibt sich außer für Condition Monitoring ein noch eher moderater Einsatz von KI-Methoden. Allerdings zeigt sich auch, dass viele Unternehmen bereits KI-Lösungen in unterschiedlichen Bereichen in Planung haben.

- Deutlich häufigstes Einsatzgebiet ist Condition Monitoring (Predictive Maintenance). Bereits fast ein Viertel (knapp 23 %) der Befragten hat in diesem Bereich KI im Einsatz. Zusammen mit den Befragten, die einen Einsatz in diesem Bereich planen (fast 40 %), ergeben sich hier mit über 61 % sogar ein Anteil, der deutlich über der Hälfte der Befragten liegt. Dies ist nicht überraschend, da Condition Monitoring bzw. Predictive Maintenance als bekanntester Anwendungsfall für KI in der industriellen Produktion gilt und in vielen Veröffentlichungen beschrieben bzw. als Beispiel verwendet wird.

- Interessanterweise liegt die Optimierung des Energieverbrauchs mit gut 13 % der Befragten an zweiter Stelle der Einsatzgebiete für KI. Mit knapp 23 % hat zudem fast ein weiteres Viertel der Befragten KI-Lösungen in diesem Bereich in Planung, was die Wichtigkeit dieses Bereichs betont.
- An der dritten Stelle der Einsatzgebiete liegt die Maschinensteuerung. Hier haben mit 12 % bereits etwa ein Achtel der Unternehmen KI-Lösungen am Start. Zusammen mit der Planung eines Einsatzes (bei etwa 24 %) ergibt sich hier ein Gesamtanteil von knapp 36 % (für im Einsatz und geplant).
- Nur etwas mehr als jedes zehnte der Unternehmen setzt KI bereits in der Optimierung von Fertigungsprozessen (knapp 11 %) ein. Allerdings haben hier bereits ungefähr ein zusätzliches Drittel (ca. 33 %) einen Einsatz geplant, wodurch sich insgesamt (im Einsatz und geplant) ein Anteil von annähernd der Hälfte der Befragten (44 %) ergibt. Es ist wahrscheinlich, dass die deutlich geringeren Anteile der Anwendungsfälle „Maschinensteuerung“ und „Optimierung von Fertigungsprozessen“ auch widerspiegeln, dass diese gegenüber dem Condition Monitoring mit einer höheren Einstiegshürde verbunden sind. So stellt der aktive Eingriff in eine Produktion gegenüber einer Überwachung eine höhere technische Hürde dar und ist häufig mit einem größeren Risiko verbunden. Dementsprechend setzt dies eine höhere Reife und Vertrauen in die Verlässlichkeit der KI-Lösungen voraus.
- Mit knapp 10 % ist der Einsatz von KI im Qualitätsmanagement ähnlich hoch wie im Bereich der Optimierung der Fertigungsprozesse. Hier liegen die Zahlen für die Planung des Einsatzes allerdings mit knapp 27 % etwas geringer, wodurch sich ein Gesamtanteil von 36 % ergibt. Der Bereich des Qualitätsmanagements ist stark durch Normen und Standardisierung geprägt was derzeit eine Hürde für den KI-Einsatz darstellen kann. Beispielsweise fehlt es bislang an etablierten Methoden zur Bestimmung der Messunsicherheit bei Systemen die auf maschinellem Lernen basieren (vgl. auch [18]).
- In den Einsatzgebieten Wissensmanagement und Logistik/Materialfluss wird KI nur bei ca. 7 % bzw. 3 % der Befragten eingesetzt. Allerdings ist in beiden Fällen bei ca. 20 % der Beteiligten ein Einsatz geplant (20 % bzw. ca. 23 %), wodurch sich auch für jedes dieser zwei Einsatzgebiete ein Gesamtanteil von ca. einem Viertel der Befragten ergibt (ca. 27 % bzw. 25 %).

4.2.2 Weiterführende Auswertung

Abbildung 12 ergänzt das Bild zu den KI-Einsatzgebieten. Zusätzlich sind hier zu den einzelnen Einsatzgebieten auch die Aussagen „Potential (noch Nichts unternommen)“ und „keine Antwort“ berücksichtigt.

- Interessanterweise hat ein recht einheitlicher Anteil von ca. 30-35 % der Befragten über fast alle Einsatzgebiete hinweg die Option „Potential“ ausgewählt, die auch beinhaltet, dass im jeweiligen Bereich noch nichts in Richtung KI unternommen worden ist. Die einzige Ausnahme ist das Einsatzgebiet Condition Monitoring mit 21 %, für das aber bereits ein sehr hoher Anteil der Befragten Lösungen im Einsatz oder in der Planung haben (siehe Abschnitt 4.2.1).
- Ungefähr ein weiteres Drittel der Befragten (30-36 %) haben jeweils für die Einsatzgebiete Qualitätsmanagement (36 %), Optimierung Energieverbrauch (32 %), Maschinensteuerung (ca. 31 %), die Option „keine Antwort“ gewählt. Die Wahl dieser Antwortoption kann sowohl bedeuten, dass das Einsatzgebiet für das Unternehmen nicht relevant ist, als auch, dass kein Potential für den Einsatz von KI in diesem Bereich gesehen wird. Dies lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht näher differenzieren.

- Einen geringeren Anteil von ca. 20 % „keine Antwort“ gab es erwartungsgemäß für die Einsatzgebiete Condition Monitoring (17 %) und für Optimierung der Fertigungsprozesse (20 %). Mit ca. 40 % lag der Anteil ohne Antwort für die Einsatzgebiete Wissensmanagement (38 %) und Logistik (40 %) relativ hoch. Dies sind jedoch auch die Gebiete mit den wenigsten KI-Lösungen im Einsatz und in Planung.

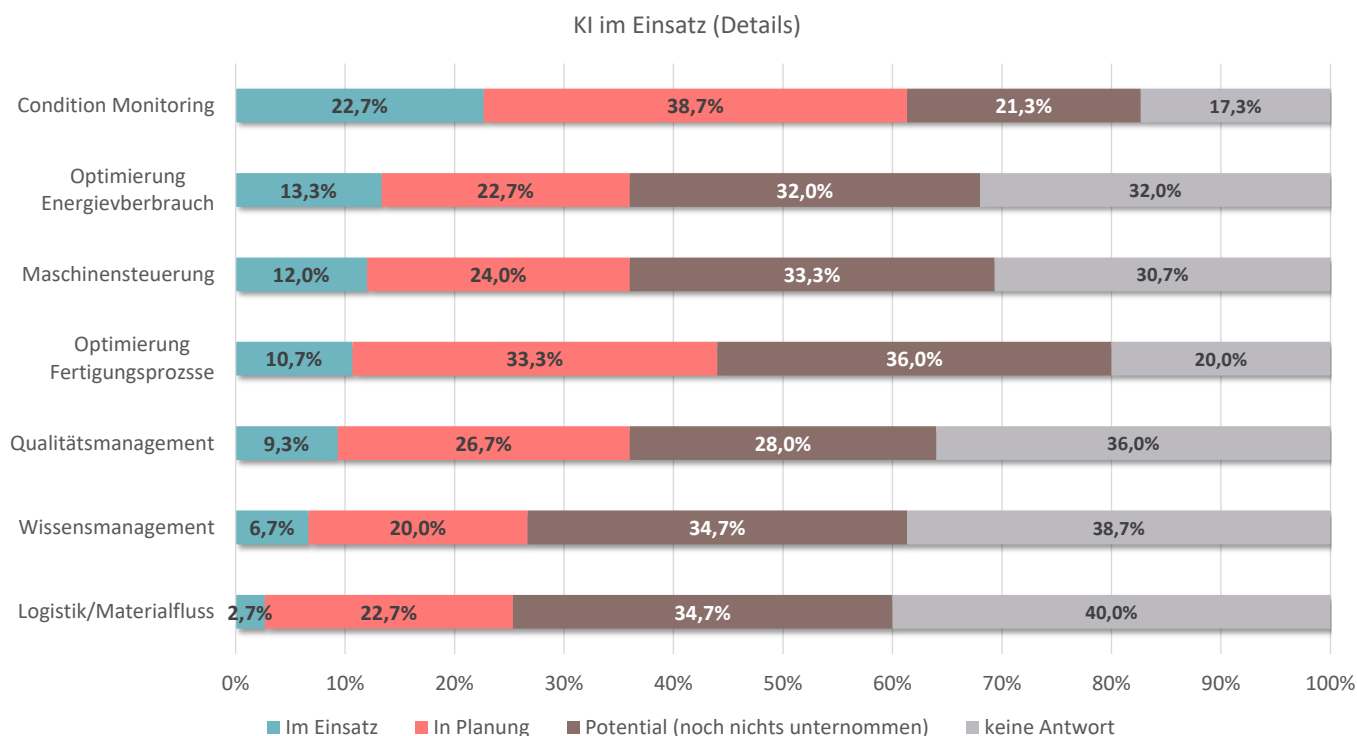


Abbildung 12: Detail-Auswertung der Antworten zu den KI-Einsatzgebieten (abweichende Reihenfolge).

Eine Aggregation der Anzahl der Einsatzgebiete pro Unternehmen erlaubt einen genaueren Blick in die Vielfalt der KI-Einsatzgebiete und deren zeitliche Entwicklung. Abbildung 13 gruppiert dabei die Unternehmen nach der Anzahl der aktuellen KI-Einsatzgebiete in den einzelnen Unternehmen (blauer Balken) und nach der zu erwartenden Zahl der Einsatzgebiete in 5 Jahren (oranger Balken, Summe aus Anzahl der aktuellen und der geplanten Einsatzgebiete).

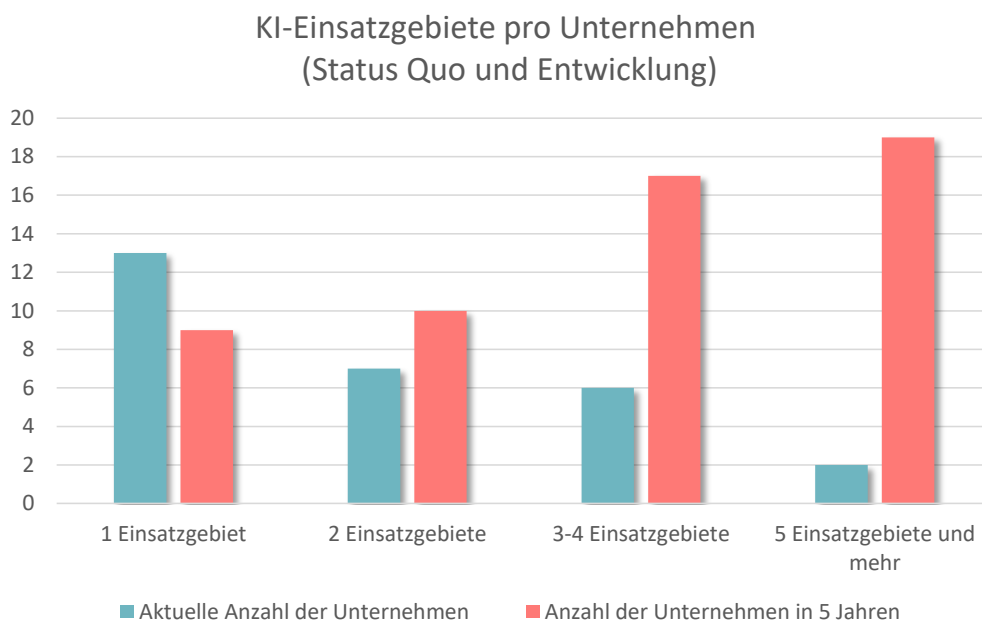


Abbildung 13: Auswertung der KI-Einsatzgebiete pro Unternehmen.

Die Grafik in Abbildung 13 zeigt sehr deutlich, dass in den meisten Unternehmen KI aktuell nur in einem, maximal in zwei Bereichen in Einsatz ist (blauer Balken). Wenn man jedoch 5 Jahre in die Zukunft blickt und auch die Planungen der Unternehmen berücksichtigt, ergibt sich ein anderes Bild (oranger Balken). Die Zahl der Einsatzgebiete innerhalb des Unternehmens wird laut aktueller Planung stark ansteigen. Im Vergleich mit den anderen Kategorien, werden (laut Planung) die meisten Firmen bei einem Zeithorizont von 5 Jahren KI in 5 und mehr Bereichen im Einsatz haben, dicht gefolgt von Firmen, die einen Einsatz von KI in 3-4 Bereichen erwarten.

4.3 Weitere Einsatzgebiete

Da die vorgegebenen Kategorien aus Abschnitt 4.2 wahrscheinlich nicht alle Einsatzgebiete von KI in der industriellen Produktion abdecken, haben wir die Möglichkeit vorgesehen, für die drei Antwortmöglichkeiten "Bereits im Einsatz", "In Planung mit Zeithorizont 5 Jahren" und "Potential aber noch nichts unternommen" eigene Einsatzgebiete als Freitext anzugeben.

Die Nennung weiterer Einsatzgebiete ist sehr divers und umfasst die virtuelle Inbetriebnahme (ca. 1,5 % der Befragten), die Steuerungstechnik/Edge (ca. 3 %), den Einsatz in der IT-Infrastruktur (ca. 5 %), die Produktionsplanung und -steuerung (ca. 8 %), die Produktentwicklung (4 %) sowie Verwaltung/Management (ca. 13 %), den Vertrieb (ca. 1,5 %) und den Service (ca. 5 %). Zusammengefasst wurden am häufigsten Themen aus den Bereichen Produktionsplanung und Steuerung sowie aus Verwaltung/Management als zusätzliche Einsatzgebiete genannt.

Die meisten Nennungen zielen auf die nächsten 5 Jahre, gefolgt von "Bereits im Einsatz" und schließlich dem zukünftigen Potential. Beispielsweise scheint KI auf der Steuerungstechnik/Edge ein aktuelles Thema bzw. für die nächsten 5 Jahre relevant zu sein. Je weiter das Einsatzgebiet in die Zukunft zielt, desto häufiger werden Themen der Verwaltung bzw. des Managements angesprochen. Nur ein weiteres Thema wurde für alle drei Zeithorizonte benannt, nämlich die KI-basierte Unterstützung der Service-Abteilung, insbesondere durch Chatbots.

4.4 Zusammenfassung

Insgesamt gibt es hohe Erwartungen an die KI und deren Nutzen für Produkte und Dienstleistungen. Nur ein sehr geringer Anteil von weniger als 10 % der Befragten gibt an, dass KI überschätzt wird. Für ca. 20 % ist allerdings der Nutzen noch unklar. Auf der anderen Seite des Spektrums erwarten sich mehr als die Hälfte der Befragten nicht nur einen Nutzen für ihre Produkte und Dienstleistungen, sondern sogar neue Geschäftsmodelle aus der Nutzung von KI.

In Bezug auf die gewünschten Eigenschaften herrscht große Einigkeit bei den Befragten: Nachvollziehbarkeit, Erklärbarkeit und Transparenz von KI-Entscheidungen ist für fast alle Befragten wichtig (ca. 90 %). Zudem wird der KI klar eine unterstützende Rolle zugewiesen („nicht den Menschen ersetzen“).

Auch wenn der Anteil der Unternehmen, welche - laut eigenen Aussagen - bereits in KI-involviert sind, mit fast 40 % höher ist als in anderen Studien, zeigt sich auch hier eine Diskrepanz zwischen hohen Erwartungen an die KI und deren Nutzen und einer noch geringen Nutzung von KI-Lösungen im eigenen Unternehmen.

Im Bereich des KI-Einsatzes dominiert für die befragten Unternehmen im Umfeld der Produktion – wie erwartet – das Anwendungsfeld das Condition Monitoring mit dessen klar definierten und kommunizierbaren Nutzen. Dies wird auch in naher Zukunft so bleiben, da fast zusätzliche 40 % der Unternehmen einen KI-Einsatz in diesem Bereich geplant haben.

Es zeigt sich jedoch, dass Unternehmen einen KI-Einsatz in den nächsten fünf Jahren auch in zahlreichen weiteren Bereichen planen, insbesondere ungefähr ein Drittel der Unternehmen im

Bereich „Optimierung von Fertigungsprozessen“ sowie ca. ein Viertel der Unternehmen in den Bereichen „Qualitätsmanagement“ und „Maschinensteuerung“.

Insgesamt wird sich die Zahl der Einsatzgebiete erhöhen: Haben aktuell die meisten Unternehmen KI in maximal einem Bereich im Einsatz so werden das – laut aktueller Planungen – in fünf Jahren bei den meisten der Unternehmen fünf und mehr Einsatzgebiete sein. Es ist also neben mehr KI-Einsatz auch mit einem vielfältigeren KI-Einsatz zu rechnen.

5 Ergebnisse zum Thema Daten

Die Verfügbarkeit von geeigneten Daten bildet eine wichtige Grundlage für den Einsatz von KI (und anderen Methoden der Selbstoptimierung). Die Verfügbarkeit im richtigen Format zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Qualität stellt jedoch in vielen Kontexten auch eine erhebliche Herausforderung dar. Daten, die zum Teil in großen Mengen bzw. in kurzen Zeitspannen anfallen, müssen erfasst, gespeichert, gefiltert, transformiert und verwaltet werden. Zudem können sehr unterschiedliche Arten von Daten eine Rolle spielen. Ein weiteres Potential und zugleich auch technische, organisatorische, wirtschaftliche und auch rechtliche Herausforderung stellt die Nutzung und Bereitstellung von Daten über Unternehmensgrenzen hinweg dar.

In diesem Bereich fragten wir nach den Arten der erfassten Daten (Abschnitt 5.1), der Abtastrate der Datenerfassung (Abschnitt 5.2), der Verwendung standardisierter Datenformate oder Protokolle (Abschnitt 5.3), der Nutzung der erfassten Daten (Abschnitt 5.4) sowie dem Einsatz von Cloud-Diensten zur Speicherung oder Verarbeitung von Daten (Abschnitt 5.5).¹¹

5.1 Datenerfassung

Wegen der zentralen Bedeutung von Daten für die Methoden der KI, ist es von Interesse, welche Arten von Daten in den Unternehmen bereits erfasst werden. Hierzu haben wir die folgenden neun Kategorien zur Auswahl gestellt:

- Laufzeiten / Durchsatz (z. B. von Werkstücken, Produkten)
- Eingabe durch Bedienpersonal
- Zeitreihendaten aus der Maschinensteuerung (z. B. Achspositionen)
- Zeitreihendaten von zusätzlicher Sensorik (z. B. Vibration)
- Metadaten aus der Maschinensteuerung (z. B. Programm)
- Bilddaten (z. B. zur Qualitätsüberwachung)
- Betriebsdaten
- Planungsdaten
- Produktdaten

Außerdem war die Angabe weiterer Kategorien als Freitext (unter einer Kategorie "Sonstiges") möglich und es konnten mehrere Kategorien ausgewählt werden.

5.1.1 Zusammenfassende Auswertung

Insgesamt ergibt sich zu diesem Thema in der Umfrage ein hoher Grad an Datenerfassung, der aber stark mit der Art der erfassten Daten schwankt (siehe Abbildung 14).

¹¹ Eine ursprünglich ebenfalls in der Umfrage enthaltene Fragestellung zum Umfang der Datenerfassung konnte nicht in die Ergebnisanalyse aufgenommen werden, da sie wenig vergleichbare Ergebnisse geliefert hat.

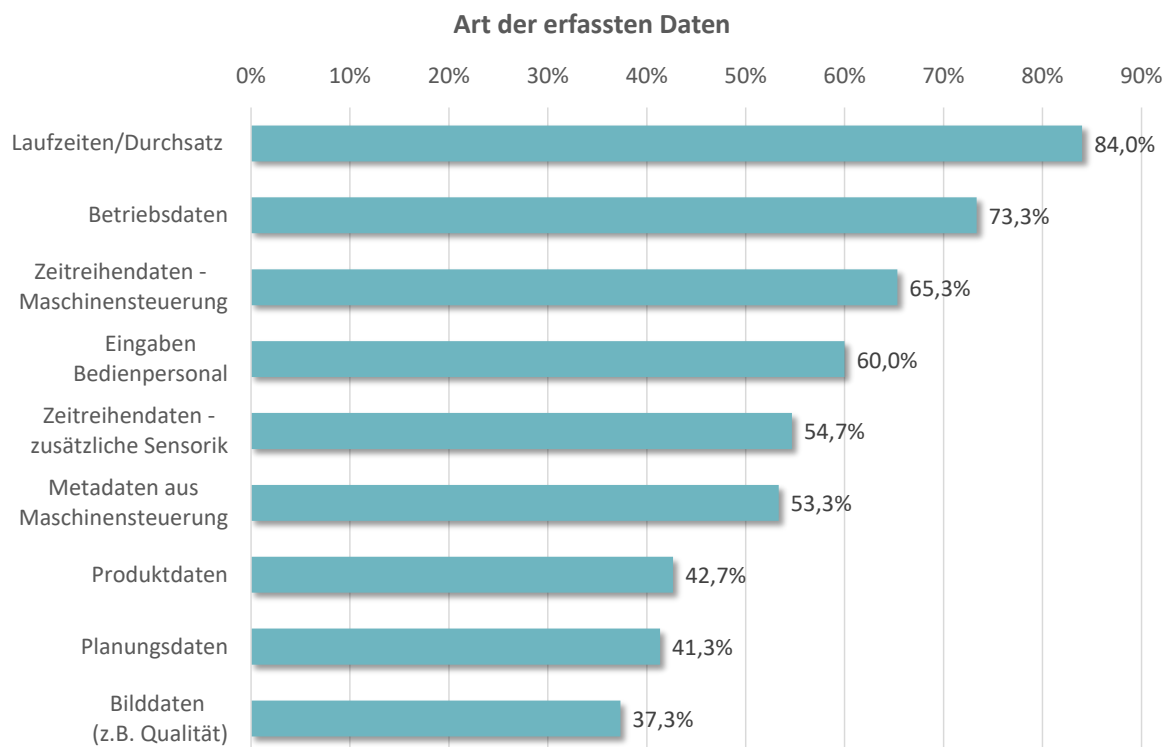


Abbildung 14: Aussagen zu den Arten erfasster Daten (sortiert nach Häufigkeit).

- Ein hoher Anteil von über 84 % der Befragten erfasst bereits Daten zu Laufzeit und Durchsatz.
- Ebenfalls ein hoher Anteil der Datenerfassung ergibt sich mit über 72 % für Betriebsdaten.
- Zeitreihendaten aus der Maschinensteuerung werden von über 65 % der befragten Unternehmen erfasst.
- Über die Hälfte der Befragten erfasst Daten zu Eingaben des Bedienpersonals (60 %), Zeitreihendaten aus zusätzlicher Sensorik (mit fast 55 %) und Metadaten aus der Maschinensteuerung (mit über 53 %).
- Noch über ein Drittel der Befragten erfasst Produktdaten (fast 43 %), Planungsdaten (über 41 %) und Bilddaten (über 37 %) z. B. zur Qualitätskontrolle.

Nur etwas über 5 % der befragten Unternehmen erfasst keine Daten oder macht zumindest keine Angaben zur Datenerfassung.

5.1.2 Weiterführende Auswertung

Die meisten der befragten Unternehmen erfassen mehr als eine der abgefragten Datenarten. Abbildung 15 gibt einen Eindruck über die Vielfalt der erfassten Daten, indem die Verteilung der Anzahl der erfassten Datenarten pro Unternehmen gezeigt wird. Dabei werden auch die Angaben unter "Sonstige" berücksichtigt.

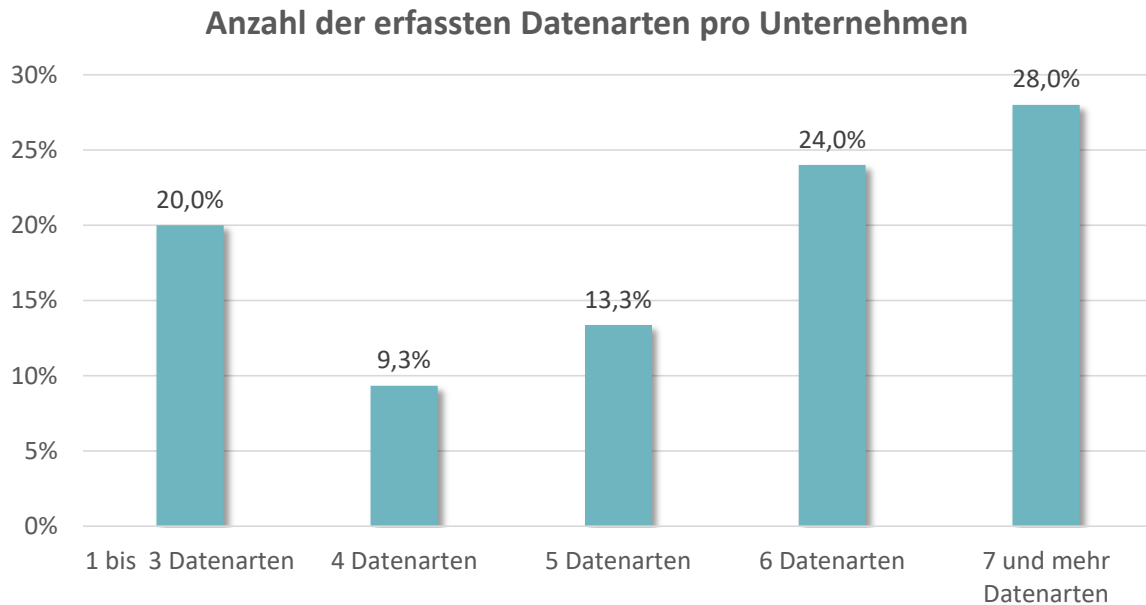


Abbildung 15: Aussagen zur Anzahl der erfassten Datenarten.

- 20 % der Unternehmen erfasst bis zu drei Datenarten.
- Eine ansteigende Anzahl von Unternehmen erfasst vier Datenarten (ca. 9 %), fünf Datenarten (ca. 13 %) und 6 Datenarten (24 %).
- Mehr als ein Viertel der Unternehmen erfasst sieben und mehr Datenarten.

In der Gruppe der Unternehmen, die nur wenige Arten von Daten erfassen (bis zu drei Datenarten) werden - wie bei der Gesamtheit der Unternehmen - Daten zu Laufzeit/Durchsatz am Häufigsten erfasst (mit fast 85 % in dieser Gruppe). Darauf folgt die Erfassung von Betriebsdaten, aber klar abgeschlagen mit nur knapp 40 % Erfassung in dieser Gruppe. Zudem erfasst knapp je ein Viertel der Befragten in dieser Gruppe Zeitreihendaten aus der Maschinensteuerung, Zeitreihendaten aus zusätzlicher Sensorik oder Planungsdaten.

Von der Möglichkeit unter „Sonstiges“ Angaben zu weiteren Datenarten zu machen haben 8 % der Befragten Gebrauch gemacht. Dabei wurden angegeben: Analysedaten, Fehlermeldungen, BWL-Kennzahlen, Technologiewerte für Werkzeuge, „In-Process“ Messwerte und individuell verschiedene Daten. Außerdem wurde das Kommentarfeld auch genutzt, um klarzustellen, dass die angegebenen Datenarten noch nicht flächendeckend erfasst werden.

5.2 Hochfrequente Daten

Bei der Erfassung von Daten können insbesondere solche Daten eine Herausforderung darstellen, welche als Datenstrom mit einer hohen Datenfrequenz anfallen. Dabei spielen z. B. erforderliche Verarbeitungsgeschwindigkeiten und auch die geeignete (Zwischen-)Speicherung eine wichtige Rolle.

Bei dieser Frage ging es darum zu verstehen, bei wie vielen der Befragten im Unternehmen hochfrequente Daten erfasst werden. Neben der Frage nach der Erfassung wurde auch eine Größenordnung für die Abtastrate abgefragt, da die Bezeichnung „hochfrequent“ ein weites Spektrum an Abtastraten bzw. zeitlicher Auflösung umfassen kann.

Bei der Abtastrate hatten die Befragten die Auswahl zwischen den Optionen: „Zehntelsekunden“, „Hundertstelsekunden“ und „Millisekunden“. Weiterhin konnte „Keine Erfassung“ ausgewählt werden.

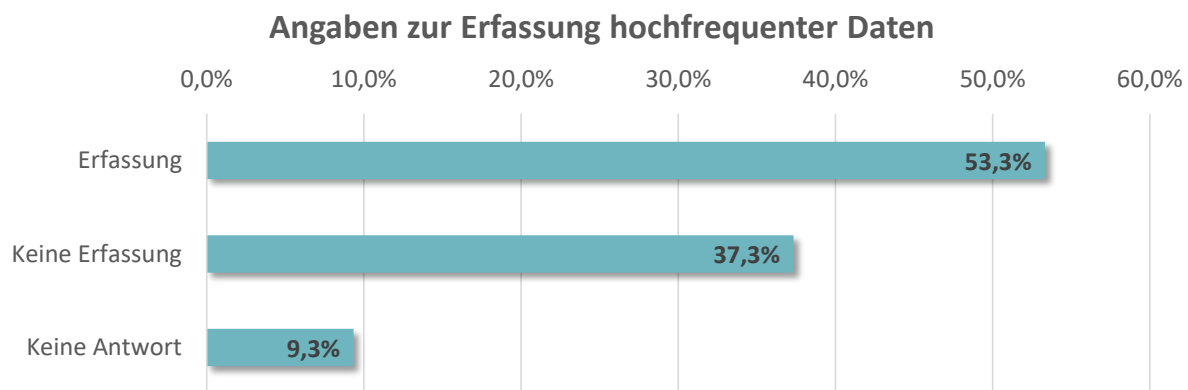


Abbildung 16: Aussagen zur Erfassung hochfrequenter Daten.

Abbildung 16 fasst die grundsätzlichen Angaben zur Erfassung hochfrequenter Daten zusammen.

Etwas über der Hälfte der befragten Unternehmen (53 %) erfassen hochfrequente Daten. Mehr als ein Drittel der Unternehmen (37 %) gibt an, keine hochfrequenten Daten zu erfassen. Knapp 10 % der Befragten (9,3 %) hat diese Frage nicht beantwortet.

Abbildung 17 zeigt die Aufteilung in Bezug auf die Abtastrate bei den Unternehmen, die hochfrequente Daten erfassen. Hierbei ist zu beachten, dass Mehrfachnennungen möglich waren.

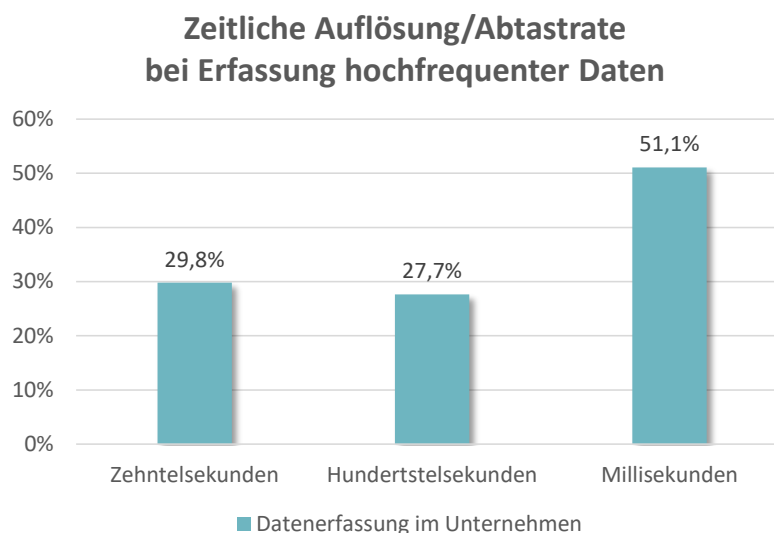


Abbildung 17: Aussagen zur zeitlichen Auflösung bei der Datenerfassung.

- Bei über der Hälfte der Befragten (mehr als 51 %), bei denen hochfrequente Daten erfasst werden, geschieht dies im Millisekundenbereich.
- Gut ein Viertel erfasst Daten mit einer zeitlichen Auflösung von Hundertstelsekunden.
- Knapp 30 % erfassen Daten mit einer zeitlichen Auflösung von Zehntelsekunden.

Knapp 80 % der Unternehmen, die hochfrequente Daten erfassen, haben genau eine Abtastrate ausgewählt (ca. 78 %). Die übrigen haben zwei oder drei der verfügbaren Optionen für die Abtastrate ausgewählt (ca. 18 % bzw. 5 %).

Die Dominanz des Abtastintervalls „Millisekunden“ ist sowohl mit den Ergebnissen im Bereich Anwendungsfälle bzw. Einsatz von KI (Abschnitt 4.2) als auch mit den Ergebnissen bei der Frage zu Datenarten (Abschnitt 5.1) zu erklären. Als häufigster Anwendungsfall wurde bei ersterem das Condition Monitoring genannt. Bei der Zustandsbewertung von Maschinenkomponenten sind häufig

Schwingungsphänomene im oberen zwei- bis vierstelligen Hz-Bereich relevant, sodass auch die Abtastung entsprechend hochfrequent erfolgen muss. Bei der Frage zu erfassten Datenarten nannten 65 % Zeitreihen aus Maschinensteuerungen. Diese werden bei Werkzeugmaschinen in der Regel im sog. Interpolatortakt erfasst (typischerweise 2 bis 8 ms), oder die Erfassung wird von der Zykluszeit der Steuerungsumgebung (PLC) bestimmt wird (typischerweise unter 20 ms). Werden hochfrequente Daten benötigt, erfolgt dies in möglichst gleicher Größenordnung wie die Zykluszeit. Dann sind auch alle niederfrequenten Signale darin enthalten und können in der Nachbearbeitung extrahiert werden. Die Datenarten, die in der Frage noch häufiger genannt wurden, erfordern in der Regel keine hochfrequente Erfassung.

5.3 Nutzung standardisierter Datenformate oder Protokolle

Ein interessanter Aspekt der Datenerfassung sind Datenformate oder Protokolle, die dabei verwendet wurden. Hier existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Formaten und Standards, welche über die Zeit entwickelt wurden. Beim Umgang mit Daten für die KI sind dabei die Rahmenbedingungen durch langlebige und kapitalintensive Bestandssysteme in der Produktion zu berücksichtigen, was einen Übergang zu einheitlichen Standards erschwert. Daher muss die Datenverarbeitung im Produktionskontext mit sehr unterschiedlichen Formaten und Protokollen umgehen. Dies ist beispielsweise eine der großen Stärken von Industrie 4.0 Plattformen [16], die hier neben einer großen Bandbreite auch viele herstellersistenspezifische Formate anbieten und damit eine Integration auch älterer Maschinen unterstützen bzw. erst ermöglichen.

Um die Befragten nicht einzuschränken, wurde hier entschieden eine Freitextfrage zu nutzen. Ursprünglich wurde zur Gestaltung der Frage überlegt, eine Auswahl von Antworten vorzugeben. Auch wenn in der Literatur und in Praxis einige Formate häufiger genannt werden, fiel es uns in den vorbereitenden Diskussionen zu dieser Umfrage schwer, eine Vorauswahl zu treffen ohne auch gleichzeitig eine gewisse Richtung (moderne Protokolle, Retrofitting, Feld-Protokolle etc.) vorzugeben.

Weniger als die Hälfte der Befragten (41 %) haben hier eine Antwort gegeben. Von weiteren 8 % der Befragten wurden Angaben gemacht, die nicht zu einem Überblick über die Datenformate beitragen, wie etwa “?”, “nicht zutreffend”, “keine Antwort”, “lösungsabhängig” bzw. “kundenspezifisch”.

Die restlichen Antworten benannten ein oder mehrere Protokolle, Formate bzw. Informationsmodelle unterschiedlichster Art. Benannt wurden (in absteigender Reihenfolge der Häufigkeit, jeweils alphabetisch sortiert):

- 11 Nennungen: OPC UA
- 5 Nennungen: CSV (komma-getrennte Werte), SQL
- 4 Nennungen: Ethernet-basierte Protokolle (z. B. FTP, NTP, VPN)
- 3 Nennungen: Modbus/TCP, MQTT, Profibus, XML
- 2 Nennungen: MTConnect, Profinet, REST, TXT
- 1 Nennung: AMQP, ASB, CAPServer, Cloud-Anbindungen (z. B. Azure), EtherCAT, Excel, FANUC Focas, Heidenhain DNC, Interbus, JPEG, JSON, SECS, Siemens DDE, Siemens PLC, UMATI

Im Vergleich zu den Angaben von Plattformherstellern, die in [16] untersucht wurden, fällt nicht nur eine Nennung anderer Protokolle/Formate auf, sondern auch eine unterschiedliche Häufigkeitsverteilung gemeinsam benannter Protokolle/Formate auf. Von Plattformherstellern [16] wird HTTP/REST mit Abstand am häufigsten benannt, deutlich vor MQTT, Modbus, OPC UA, LPWAN, AMQP, Fieldbus und Profibus. Bei den Befragten scheint jedoch insbesondere OPC UA wesentlich häufiger verwendet zu werden als man nach den Plattformbeschreibungen in [16] vermuten könnte.

Zudem wird von den Befragten UMATI¹² als relativ neuer Ansatz benannt, was in [16] nicht als unterstützter Ansatz identifiziert werden konnte. Industrie 4.0 Verwaltungsschalen [14] werden weder von Befragten noch von Plattformherstellern erwähnt. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, dass sowohl die Befragten in der Umfrage als auch die Plattformhersteller oft nur eine Auswahl der unterstützten/genutzten Protokolle angeben.

5.4 Aussagen zur Datennutzung

In diesem Bereich der Umfrage ging es darum, ein Stimmungsbild zu Datennutzung und Data Sharing im Bereich der intelligenten Produktion zu erhalten. Dazu wurden – ähnlich wie im Bereich KI in Abschnitt 4.1 – 10 Aussagen zum Thema formuliert, zu denen die Befragten ihre Zustimmung oder Ablehnung ausdrücken konnten.

Der Gestaltung der Aussagen lagen folgende Fragestellungen zugrunde:

- Ist Data Sharing ein Thema für Unternehmen? Gibt es dafür eine Bereitschaft? Wird es auch als Chance gesehen? Gibt es einen Raum für Datenmarktplätze?
- Wie werden die rechtlichen Rahmenbedingungen wahrgenommen?
- Und etwas grundlegender für die Datennutzung: Können die benötigten Daten überhaupt erfasst werden oder stellt das bereits ein Problem dar? Wenn Daten erfasst werden, wie wird dann mit den daraus resultierenden Big Data Problemen umgegangen? Welche Daten sind es wert länger aufgehoben zu werden?

Vor dem Hintergrund dieser Fragestellungen wurden in Zusammenarbeit mit den Industriepartnern im Projekt 10 Aussagen (aus den zahlreichen möglichen Aussagen) ausgewählt. Im Folgenden werden diese Aussagen in Reihenfolge des Fragebogens dargestellt, wobei jeweils auch die Kurzformen (in kursiv) angegeben werden, wie sie in den folgenden Diagrammen zur Auswertung genutzt werden:

1. *Von Nutzung Daten anderer profitieren:* „Unser Unternehmen kann von der Nutzung der Daten anderer Unternehmen profitieren.“
2. *Daten dürfen Unternehmen nicht verlassen:* „Unsere Produktionsdaten dürfen das Unternehmen nicht verlassen.“
3. *Datenvertrieb als Geschäftsmodell:* „Wir sehen den sicheren Vertrieb von Daten als neues Geschäftsmodell“
4. *Erwerb von Datensätzen vorstellbar:* „Wir könnten uns vorstellen, Datensätze zu erwerben.“
5. *Strategie zur Datenaufbewahrung schwierig:* „Es ist uns nicht immer klar, welche Daten langfristig aufgehoben werden sollen.“
6. *Verarbeitung personenbezogener Daten:* „Wir sehen Bedarf für die Erfassung und Verarbeitung von personenbezogenen Daten.“
7. *Rechtliche Fragen ungeklärt:* „Wichtige rechtliche Fragen (z. B. Datenzugang, Datenbesitz, Haftung) sind noch ungeklärt.“
8. *Datenerfassung als Herausforderung:* „Die Erfassung der benötigten Daten stellt unser Unternehmen noch vor Probleme.“
9. *Nutzung externer Daten:* „Wir nutzen Daten, welche außerhalb des Unternehmens gesammelt werden (z. B. bei Kunden, Zulieferern).“
10. *Nutzung von Datendiensten:* „Wir nutzen über Dienste verfügbare Daten (z. B. Open Data).“

¹² Hierbei ist zu berücksichtigen, dass UMATI kein eigenständiges Protokoll darstellt, sondern OPC UA verwendet und über unterschiedliche Technologien hinweg für eine einheitliche Implementierung sorgt.

Zu jeder der Aussagen konnten die Befragten aus sechs Antwortoptionen auswählen:

- 1) „trifft voll zu“
- 2) „trifft überwiegend zu“
- 3) „trifft überwiegend nicht zu“
- 4) „trifft gar nicht zu“
- 5) „kann ich nicht beurteilen“
- 6) „keine Antwort“.

5.4.1 Zusammenfassende Darstellung

Abbildung 18 fasst das Stimmungsbild zu Datennutzung und Data Sharing, welches sich aus der Umfrage ergibt, zusammen. Dabei wurden zur besseren Übersicht jeweils die bestätigenden Antworten („trifft voll zu“ und „trifft überwiegend zu“), die widersprechenden Antworten („trifft überwiegend nicht zu“ und „trifft gar nicht zu“) und die neutralen Antworten („kann ich nicht beurteilen“ und „Keine Antwort“) zusammengefasst.

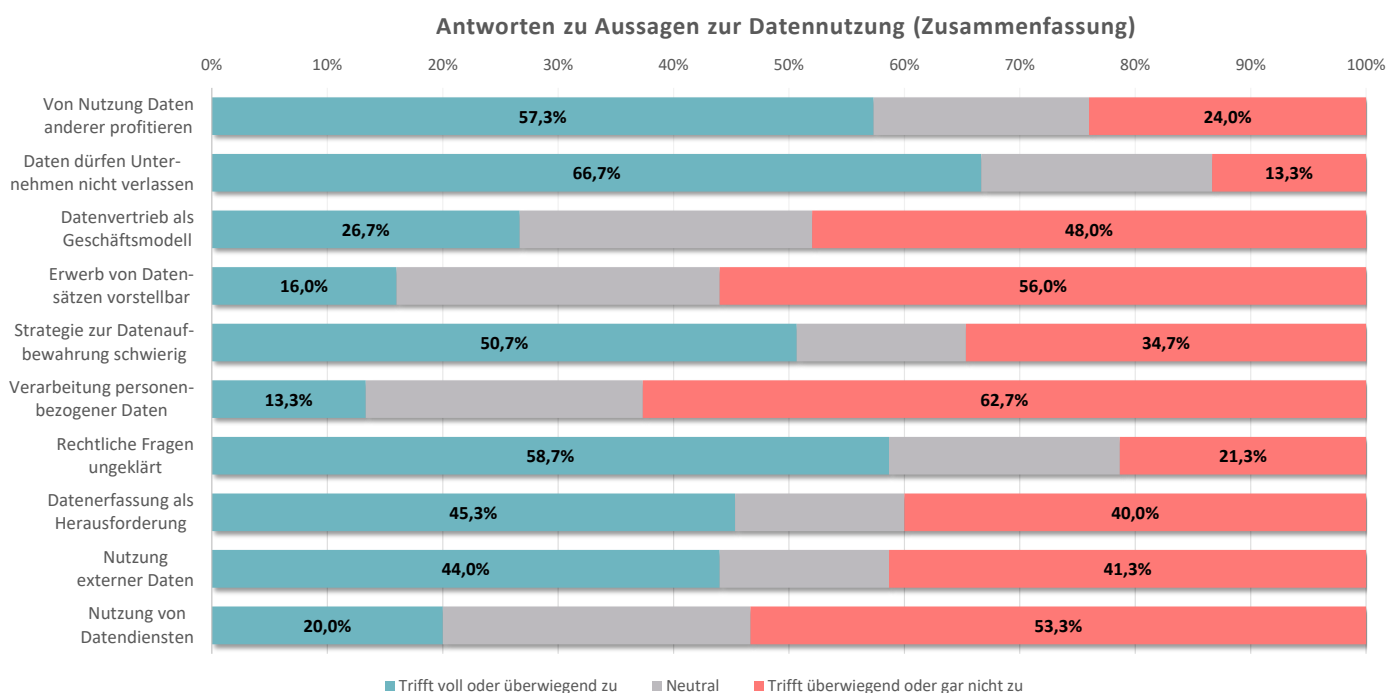


Abbildung 18: Aussagen zur Datennutzung (Zusammenfassung).

Das Stimmungsbild zeigt ein sehr zwiespältiges Verhältnis zum Thema **Data Sharing**:

- Auf der einen Seite denken ca. 57 % der Befragten, dass sie von den Daten anderer Unternehmen profitieren könnten (vs. 24 % die das nicht denken). Zudem gibt rund 44 % der Unternehmen an bereits Daten zu nutzen, die außerhalb des Unternehmens gesammelt werden. Immerhin noch gut ein Viertel der Unternehmen (ca. 27 %) kann sich den Vertrieb von Daten als Geschäftsmodell vorstellen.
- Auf der anderen Seite können sich nur 16 % vorstellen, Daten zu erwerben (vs. 56 % die sich das nicht vorstellen können) und rund zwei Drittel der Unternehmen (ca. 67 %) stimmen der Aussage zu, dass Produktionsdaten das Unternehmen nicht verlassen dürfen.

Zu den **rechtlichen Rahmenbedingungen** von Datennutzung und Data Sharing gibt es ein recht klares Stimmungsbild. Die Erfassung und Verarbeitung von personenbezogenen Daten (und deren rechtliche Konsequenzen) scheinen keine wichtige Rolle zu spielen: Nur etwa 13 % der Unternehmen sehen einen Bedarf für die Erfassung und Verarbeitung personenbezogener Daten. Auch wenn anscheinend kaum

personenbezogenen Daten verarbeitet werden, werden die rechtlichen Hürden dennoch als hoch angesehen. Gut 60 % der Befragten (ca. 59 %) denken, dass wichtige rechtliche Fragen in diesem Bereich noch ungeklärt sind. Nur 21 % denken, dass das nicht der Fall ist.

Ein weniger klares Stimmungsbild ergibt sich bei zwei weiteren **Aussagen zur Datennutzung**:

- Knapp die Hälfte der Unternehmen (45 %) stimmt der Aussage zu, dass die Erfassung der für die Automatisierung (KI) benötigten Daten Probleme darstellt und ca. 40 % stimmen dem nicht zu.
- Die zweite Aussage bezieht sich auf die Aufbewahrung der oft in sehr großen Mengen anfallenden Daten. Auch hier stimmt etwa 50 % der Unternehmen der Aussage zu, dass es ihnen nicht immer klar ist, welche der Daten langfristig aufgehoben werden sollen. Circa ein Drittel (34 %) sieht hier hingegen keine Probleme.

Die neutralen Aussagen werden im nächsten Abschnitt genauer betrachtet.

5.4.2 Weiterführende Auswertung

Einen detaillierteren Überblick über die Antworten zur Datennutzung gibt Abbildung 19. In diesem Diagramm werden alle Antwortoptionen getrennt dargestellt.

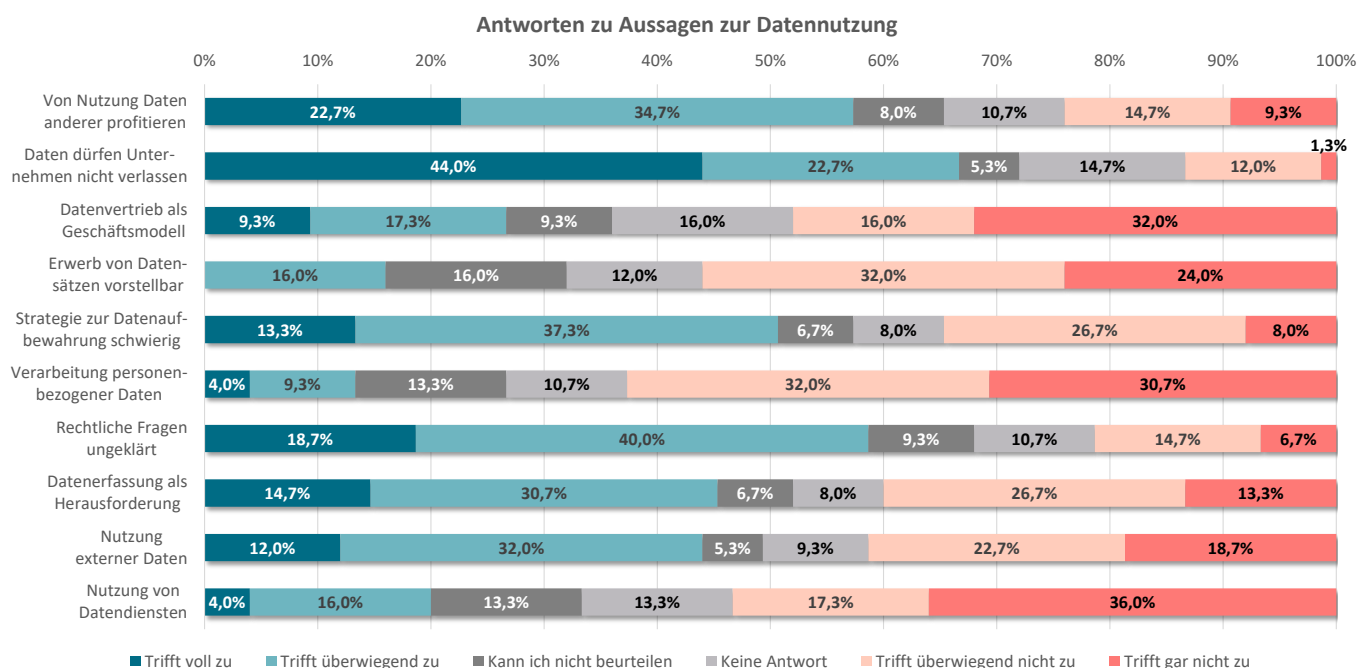


Abbildung 19: Detaillierte Aussagen zur Datennutzung.

Ein Aspekt, den diese Grafik sichtbar macht, ist die Stärke der Zustimmung bzw. Ablehnung zu den jeweiligen Aussagen.

- Anders als bei den Aussagen zu KI in Abschnitt 4.2.2 gibt es bei den Aussagen zur Datennutzung bei allen Aussagen deutliche Unterschiede zwischen den Anteilen der starken Zustimmung („trifft voll zu“ und den Anteilen der moderaten Zustimmung („trifft überwiegend zu“).
- Abweichend von den übrigen Aussagen gibt es bei der Aussage „Daten dürfen das Unternehmen nicht verlassen“ eine klare Tendenz in Richtung starker Zustimmung. 44 % der Befragten wählt hier „trifft voll zu“ gegenüber ca. 23 %, welche sich für die schwächere Form der Zustimmung entscheiden.

- Bei allen übrigen Aussagen ist der Anteil der moderaten Zustimmung höher als der der starken Zustimmung. Außer bei der Aussage „Von Nutzung der Daten anderer profitieren“ (ca. 23 % vs. 35 %) ist der Anteil sogar in allen Fällen mindestens doppelt so groß, bei der Aussage zur Nutzung der Datendienste sogar viermal so groß.
- Überhaupt keine starke Zustimmung gab es zu der Aussage, dass der Erwerb von Daten vorstellbar ist.
- Bei den meisten Aussagen ist der Anteil der starken Ablehnung geringer als der Anteil der moderaten Aussagen. Bei einigen der Aussagen unterscheiden sich die Anteile dabei erheblich, insbesondere bei „Daten dürfen das Unternehmen nicht verlassen“ um mehr als Faktor 9, bei „Strategie zur Datenaufbewahrung schwierig“ um mehr als Faktor 3, bei „Rechtliche Fragen ungeklärt“ bzw. „Datenerfassung als Herausforderung“ um mehr als bzw. knapp Faktor 2.
- Der geringste Anteil an starker Ablehnung ist für die Aussage „Daten dürfen das Unternehmen nicht verlassen“ mit nur 1,3 % zu beobachten.
- Eine klare Tendenz zur starken Ablehnung gibt es jedoch für zwei Aussagen: Sowohl bei der Aussage zum Datenvertrieb als Geschäftsmodell als auch zu Nutzung von Datendiensten ist der Anteil der starken Ablehnung ungefähr doppelt so hoch wie der Anteil der moderaten Ablehnung.

Interessant ist hier die auch Verteilung der Aussage „Kann ich nicht beurteilen“. Diese wurde insgesamt mit etwa 9 % aller Antwortmöglichkeiten (Anzahl Befragten x Anzahl der Fragen) ausgewählt und damit deutlich häufiger als bei den KI-Aussagen. Dies spricht möglicherweise für eine geringere Vertrautheit zumindest mit den benannten Themen zur Datennutzung bei den Befragten. Der Anteil schwankt aber – wie in Abbildung 19 zu sehen - zwischen den Antworten. Relativ hoch ist der Anteil bei der Aussage zum Erwerb von Daten (16 %), der Nutzung von Datendiensten (ca. 13 %) und der Verarbeitung von personenbezogenen Daten (ca. 13 %). Das erscheint verständlich, da ja auch noch eine hohe Unsicherheit bei den rechtlichen Fragen besteht.

Keine Antwort wurde insgesamt bei etwas über 11 % der Antwortmöglichkeiten ausgewählt. Zusätzlich sieht man in diesem Diagramm auch den Anteil der Befragten, die zu einzelnen Aussagen keine Antwort gegeben haben. Insgesamt ist dieser Anteil genau wie bei der Option „Kann ich nicht beurteilen“ höher als bei den Aussagen zur KI. Er schwankt jedoch zwischen 8 % (bei „Datenerfassung als Herausforderung“ und „Strategie zur Datenaufbewahrung schwierig“) und 16 % bei „Datenvertrieb als Geschäftsmodell“.

5.5 Nutzung von Cloud-Lösungen

Cloud-Lösungen bieten die Möglichkeit, dynamisch auf digitale Ressourcen zur Speicherung und Verarbeitung von Daten zuzugreifen und diese ja nach Bedarf zu skalieren. Zudem können viele administrative und technische Aufgaben an den Cloud-Anbieter ausgelagert werden. Derartige Lösungen werden aktuell von einer Vielzahl von Anbietern betrieben und als Dienste für unterschiedliche Zielgruppen angeboten.

Wie in anderen Bereichen der Digitalisierung bieten Cloud-Lösungen auch im Bereich der intelligenten Produktion eine Alternative zur Beschaffung eigener IT-Hardware für den Umgang mit den oft sehr umfangreichen Datenmengen und dem hohen Ressourcenbedarf einiger KI-Methoden (wie z. B. Deep Learning). Der Nutzung von Cloud-Diensten ist jedoch nicht unumstritten, da sie es meist notwendig machen, dass erhebliche Datenmengen das Unternehmen verlassen.

Aus diesem Grund wurden in der Umfrage die Nutzung und Bereitschaft zur Nutzung von Cloud-Lösungen abgefragt. Dabei wurde die Frage in die Nutzungsbereiche „Datenspeicherung“ und „Datenverarbeitung“ aufgeteilt, um separate Ergebnisse für diese Bereiche zu erhalten.

Da sich die Cloud-Lösungen erheblich voneinander unterscheiden, wurde die Cloud-Nutzung bzw. die Bereitschaft dazu für 14 ausgewählte Cloud-Lösungen abgefragt. Die Auswahl der Cloud-Anbieter basiert auf den sogenannten Hyperscalern Amazon, Microsoft und Google, aber auch auf Plattform-Anbietern, die im Rahmen des IIP-Ecosphere Plattform-Vergleichs [16] als relevant für das Projekt identifiziert wurden, und selbst (oder über einen Hyperscaler) eine Cloud-Lösung anbieten. In [16] wurden 21 Industrie 4.0 Plattformen analysiert, darunter die Plattformen von 8 umsatzstarken Herstellern sowie weiteren Plattformen, die die IIP-Ecosphere-Partner aus ihrer Erfahrung als potentiell interessant für das Projekt benannt haben. Zudem wurde in der Vorbereitung der Umfrage noch Gaia-X aufgenommen. In der Umfrage wurde Gaia-X als zukünftige Europäische Cloud Lösung bezeichnet, wird inzwischen aber eher als (die) Europäische Datenplattform verstanden. Weiterhin wurde die Partner-Cloud "Phoenix Contact Proficloud" mit in die Liste aufgenommen.

Als Optionen wurden folgende Lösungen zu Auswahl angeboten: „Amazon AWS“, „Microsoft Azure“, „Open Telecom Cloud (T-Systems)“, „Google Cloud“, „MindSphere Cloud (Siemens)“, „SAP Cloud“, „Bosch IoT Cloud“, „IBM Cloud“, „Cisco Cloud“, „Oracle Cloud“, „Alibaba Cloud“, „GE Predix Cloud“, „Phoenix Contact Proficloud“, „Gaia-X (Europäische Cloudlösung)“, „Nur On-Site-Lösungen (Datenspeicherung nur innerhalb des Unternehmens)“.

Die Befragten hatten dabei zu jeder der Cloud-Lösungen sowohl zum Thema Datenspeicherung, als auch zum Thema Datenverarbeitung folgende Antwortoptionen:

- nutzen wir
- wäre möglich
- auf keinen Fall
- keine Antwort

5.5.1 Zusammenfassende Auswertung

Die Frage zur Cloud-Nutzung wurde von einer relativ großen Zahl der Befragten (20 von 75) überhaupt nicht beantwortet. Aus diesem Grund werden bei den folgenden Auswertungen nur die 55 Befragten berücksichtigt, welche die Frage (zumindest teilweise) beantwortet haben.

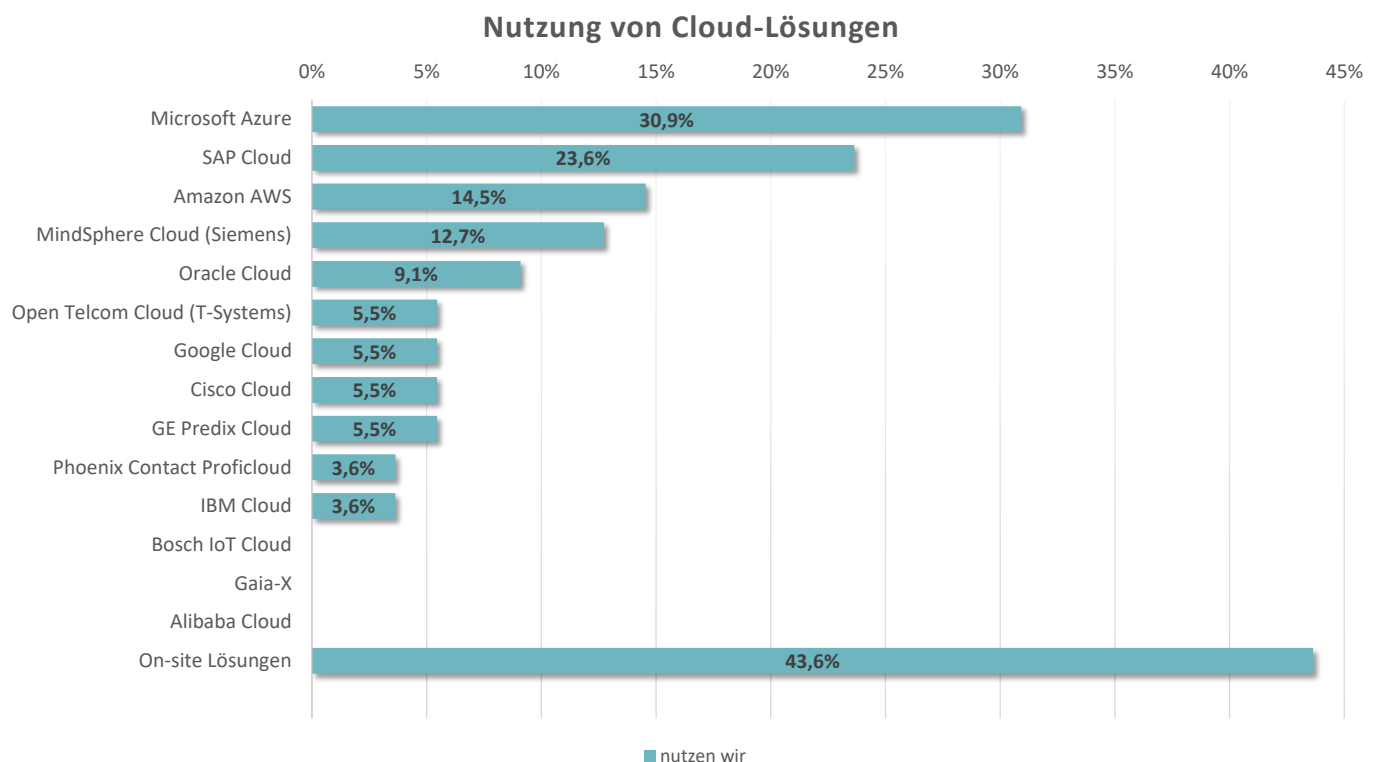


Abbildung 20: Nutzung von Cloud-Lösungen zur Speicherung oder Verarbeitung (abweichende Reihenfolge).

Abbildung 20 fasst die Nutzung der einzelnen Cloud-Lösungen zusammen. Dabei wird kein Unterschied gemacht, ob die Cloud-Lösung zur Datenspeicherung oder zur Datenverarbeitung verwendet wird.

- Fast ein Drittel der Befragten (ca. 31 %) nutzt bereits die Cloud-Lösung von Microsoft (Microsoft Azure).
- Fast ein Viertel der Befragten nutzt die Cloud-Lösung von SAP (SAP Cloud).
- Zwischen 10 und 15 % der Befragten nutzen die Cloud Lösungen von Amazon (Amazon AWS, knapp 15 %) oder Siemens (Mindsphere Cloud, ca. 13 %).
- Nur noch zwischen 5 und 10 % der Befragten nutzen die Cloud-Lösungen von Oracle (Oracle Cloud, ca. 9 %) oder die Cloud-Lösungen von T-Systems, Google, Cisco bzw. GE-Predix - alle vier mit jeweils knapp 6 %.
- Unter 5 % der Befragten nutzen die Cloud Lösungen von Phoenix Contact (Phoenix Contact Proficloud) oder IBM, jeweils knapp 4 % der Befragten.
- Überhaupt nicht genutzt werden von den Befragten die Cloud Lösung von Bosch bzw. die Alibaba Cloud.
- GAIA-X kommt eine Sonderrolle zu, da diese geplante Dateninfrastruktur noch im Aufbau ist und daher noch nicht genutzt werden kann.
- Der Nutzung von Cloud-Lösungen sind in der letzten Zeile des Diagramms die Nutzung von On-Site-Lösungen gegenübergestellt, d.h. von Lösungen bei denen die Daten im Unternehmen verbleiben. Hier machen knapp 44 % der Befragten die Angabe, On-Site Lösungen zur Datenspeicherung/Datenverarbeitung zu nutzen.

Neben der reinen Cloud-Nutzung hat uns auch die Bereitschaft zur Nutzung bestimmter Cloud-Lösungen interessiert. Dafür wurden im folgenden Diagramm die Antwortoptionen „nutzen wir“ und „wäre möglich“ unter der Kategorie „positiv“ zusammengefasst. „negativ“ bezieht sich entsprechend auf die Aussage „auf keinen Fall“, welche als dritte Option im Fragebogen zur Verfügung steht. Zusätzlich wurden die Lösungen in absteigender Reihenfolge der Nutzungsbereitschaft (positiv) sortiert. Bei gleichem Wert für die positive Wertung wurde die Cloud Lösung mit dem niedrigeren Wert bei der negativen Bewertung bevorzugt.

- Die Reihenfolge der positiven Bewertung der ersten vier Cloud Lösungen in der Liste spiegelt im Wesentlichen die Reihenfolge der Cloud Lösungen wider, die bereits genutzt werden (Abbildung 20). Eine Vertauschung der Reihenfolge gibt es hier nur zwischen den Lösungen von Siemens und Amazon, die aber in beiden Listen sehr eng beieinander liegen.
- Nur geringe Verschiebungen in der Reihenfolge ergeben sich auch für die Cloud-Lösungen von T-Systems (mit ca. 31 % auf Platz 5), Cisco (mit ca. 27 % auf Platz 6), IBM (mit ca. 22 % auf Platz 9) und Phoenix Contact (mit ca. 16 % auf Platz 12).
- Einen deutlich besseren Platz in der Bewertung erhält die Cloud-Lösung von Bosch (mit ca. 22 % auf Platz 8), d. h., entsprechend viele Befragte sehen im Vergleich zur aktuellen Nutzung die Bosch IoT Cloud durchaus als gangbare Option.
- Deutlich tiefer in der Reihenfolge (als bei Betrachtung der Nutzung) landen die Cloud-Lösungen von Oracle (mit ca. 22 % auf Platz 10), Google (mit 20 % auf Platz 11) und General Electrics (mit ca. 13 % auf Platz 13).

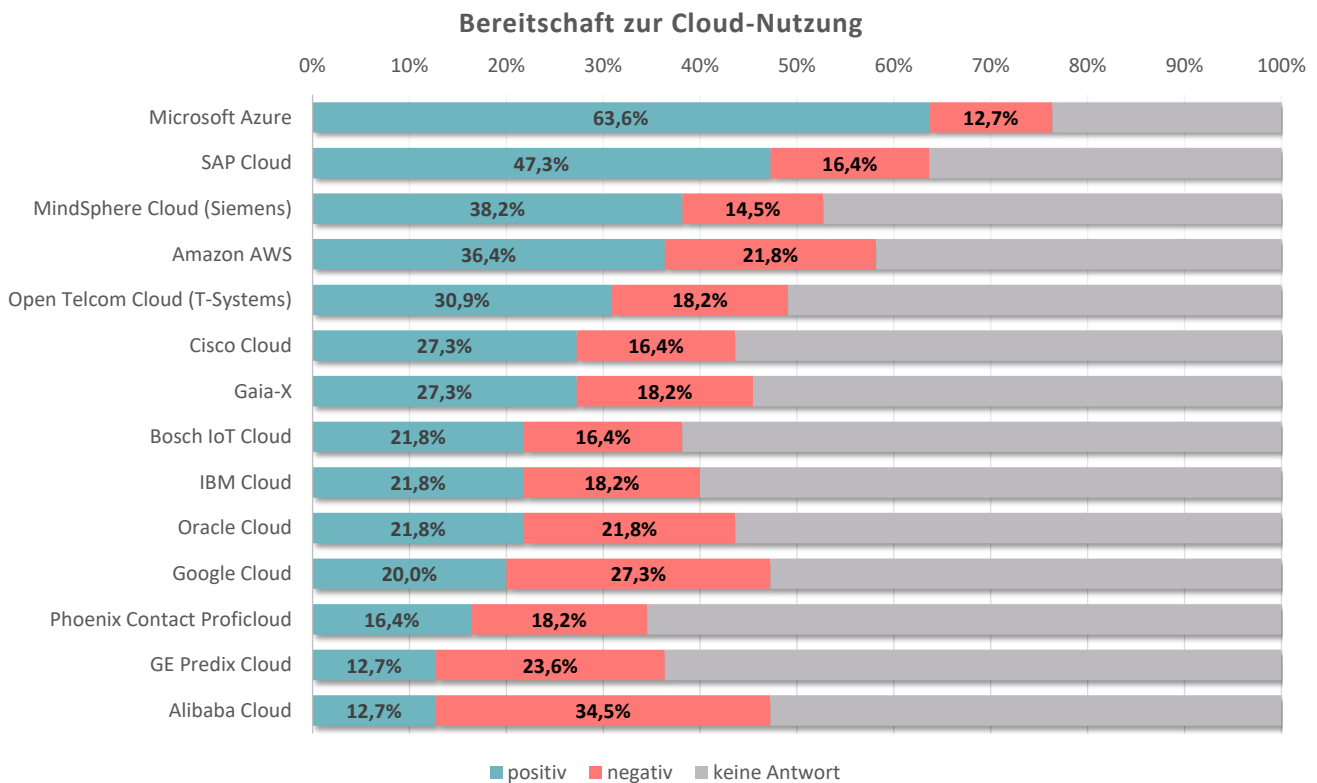


Abbildung 21: Bereitschaft zur Cloud-Nutzung (positiv = "nutzen wir" oder "wäre möglich", negativ = "auf keinen Fall").

- Wie bereits oben erwähnt, haben wir Gaia-X zum Zeitpunkt der Umfrageerstellung als mögliche Europäische Cloud Lösung mit in die Liste der Möglichkeiten aufgenommen. Zum Zeitpunkt der Durchführung der Umfrage war Gaia-X noch in der Anfangs- bzw. Spezifikationsphase, d. h., es existierte keine Realisierung. Dennoch wird diese Lösung von 27 % der Befragten positiv bewertet.
- Schlusslicht bleibt die Alibaba Cloud-Lösung. Hier besteht aber immerhin noch bei fast 13 % eine Bereitschaft zur Nutzung dieser Cloud-Lösung.

Bei der Bewertung der Antworten ist jedoch zu berücksichtigen, dass es bei einigen Cloud-Lösungen einen sehr hohen Anteil der Befragten gibt, der für die jeweilige Cloud-Lösung keine Angaben gemacht hat (in Abbildung 21 grau markiert). Ein möglicher Grund hierfür ist, dass die jeweilige Cloud-Lösung dem Befragten nicht oder nicht hinreichend bekannt war, um dazu ein Urteil abzugeben.

Interessant ist auch das Verhältnis zwischen der positiven und der negativen Bewertung bei den einzelnen Cloud-Lösungen zu betrachten:

- Für die Cloud-Lösungen von Google, GE und Alibaba ist der Anteil derjenigen, die diese Lösungen auf keinen Fall nutzen würden, deutlich höher als der Anteil derer, die bereit wären diese Cloud-Lösung zu nutzen.
- Für die Cloud-Lösungen von IBM, Oracle und Phoenix Contact halten sich die positiven und negativen Bewertungen ungefähr die Waage (weniger als 4 % Unterschied).
- Für alle übrigen Cloud-Lösungen ist der Anteil der positiven Bewertungen zum Teil deutlich höher als der Anteil der negativen Bewertungen. Die höchsten Differenzen ergeben sich dabei für die Cloud-Lösungen am oberen Ende der Liste (Microsoft Azure, SAP Cloud und MindSphere Cloud).

Neben der im Diagramm dargestellten Bereitschaft zur Nutzung von Cloud-Lösungen ist es auch interessant zu sehen, wie viele der Befragten keine der genannten Cloud-Lösungen nutzt bzw. bereit wäre zu nutzen, sondern nur eine On-Site-Lösung. Das sind nur knapp 10 % der Befragten (9,1 %).

5.5.2 Weiterführende Auswertung

Eine weitergehende Analyse der Antworten zeigt, dass der Anteil der Cloud-Nutzung insgesamt erstaunlich hoch ist. Für eine konservative Schätzung wurde hier – trotz des hohen Anteils derer, die die Frage nicht beantwortet haben - die Gesamtzahl der Befragten (75) zugrunde gelegt. Bereits fast die Hälfte der befragten Unternehmen (knapp 47 %) nutzt mindestens eine der genannten Cloud-Lösungen. Abbildung 22 zeigt, dass ein erheblicher Anteil der Befragten sogar mehr als eine Cloud-Lösung im Einsatz hat: mehr als 10 % der Befragten nutzt zwei der genannten Cloud-Lösungen und noch mehr als 9 % nutzen 3 bis 4 Cloud-Lösungen.

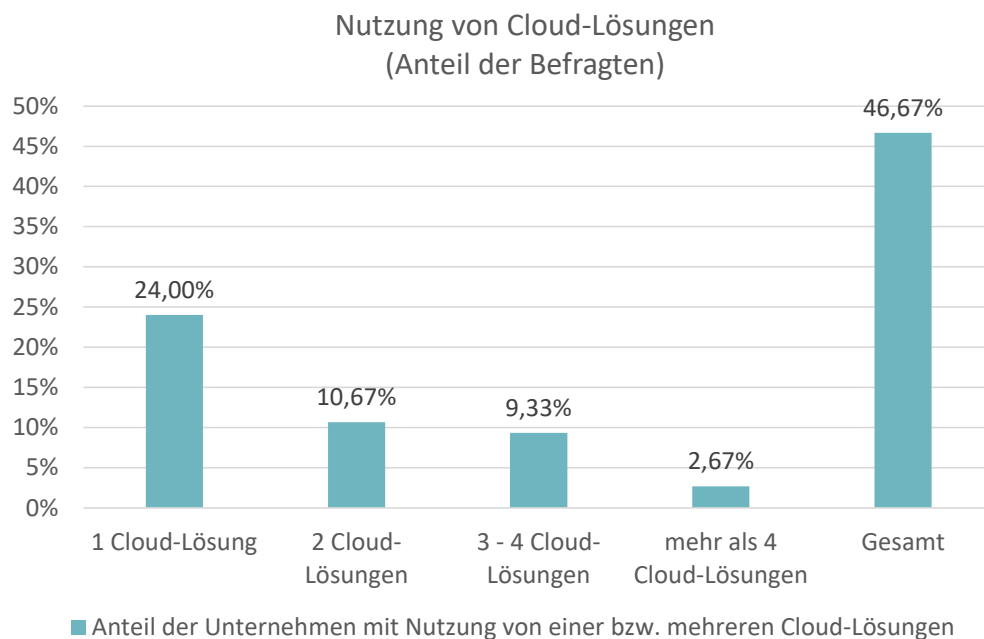


Abbildung 22: Anzahl der genutzten Cloud-Lösungen.

5.5.3 Cloud-Nutzung: Datenspeicherung vs. Datenverarbeitung

Neben der allgemeinen Bereitschaft zur Nutzung soll hier die Bereitschaft zur Nutzung von Cloud-Lösungen zur Datenspeicherung und zur Datenverarbeitung, die ebenfalls im Fragebogen ermittelt worden ist, separat betrachtet werden.

Abbildung 23 fasst die Bereitschaft zur Nutzung einzelner Cloud-Lösungen zur Datenspeicherung zusammen. Dabei wurden wie oben die Antworten „nutzen wir“ und „wäre möglich“ unter der Kategorie „positiv“ zusammengefasst. „negativ“ bezieht sich entsprechend auf die Aussage „auf keinen Fall“. Um den Vergleich zu erleichtern, wurde die Sortierreihenfolge von Abbildung 21 beibehalten.

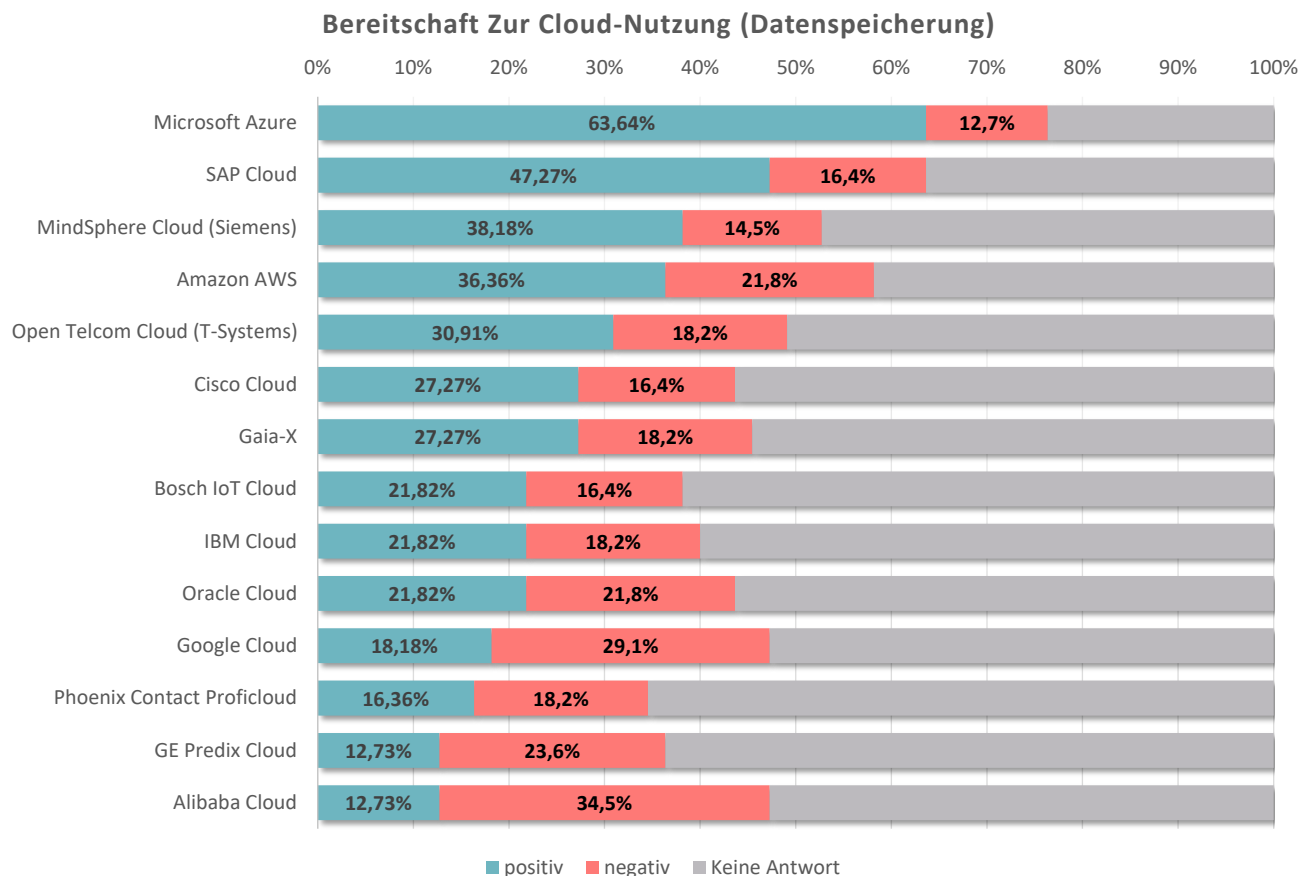


Abbildung 23: Bereitschaft zur Datenspeicherung in einzelnen Cloud-Lösungen (Reihenfolge wie in Abbildung 21).

Wie aus dem Diagramm zu ersehen ist, ergibt sich für die Datenspeicherung ein sehr ähnliches Bild wie für die Cloud-Nutzung allgemein, d. h., die Antworten ergeben keine auffälligen Abweichungen in der Reihenfolge (trotz der Verwendung der Reihenfolge aus Abbildung 21). Die einzig sichtbare Abweichung ergibt sich bei Google Cloud, die für die Datenspeicherung mit 18 % etwas weniger positiv als für die Cloud-Nutzung allgemein bewertet wird.

Entsprechend zum vorherigen Diagramm zeigt Abbildung 24 die Bereitschaft zur Nutzung individueller Cloud-Lösungen zur Datenverarbeitung. Die Antworten wurden analog zur Datenspeicherung zusammengefasst. Außerdem wurde zur einfacheren Vergleichbarkeit auch wieder die gleiche Reihenfolge der Cloud-Lösungen (wie in Abbildung 21 bzw. Abbildung 23) verwendet.

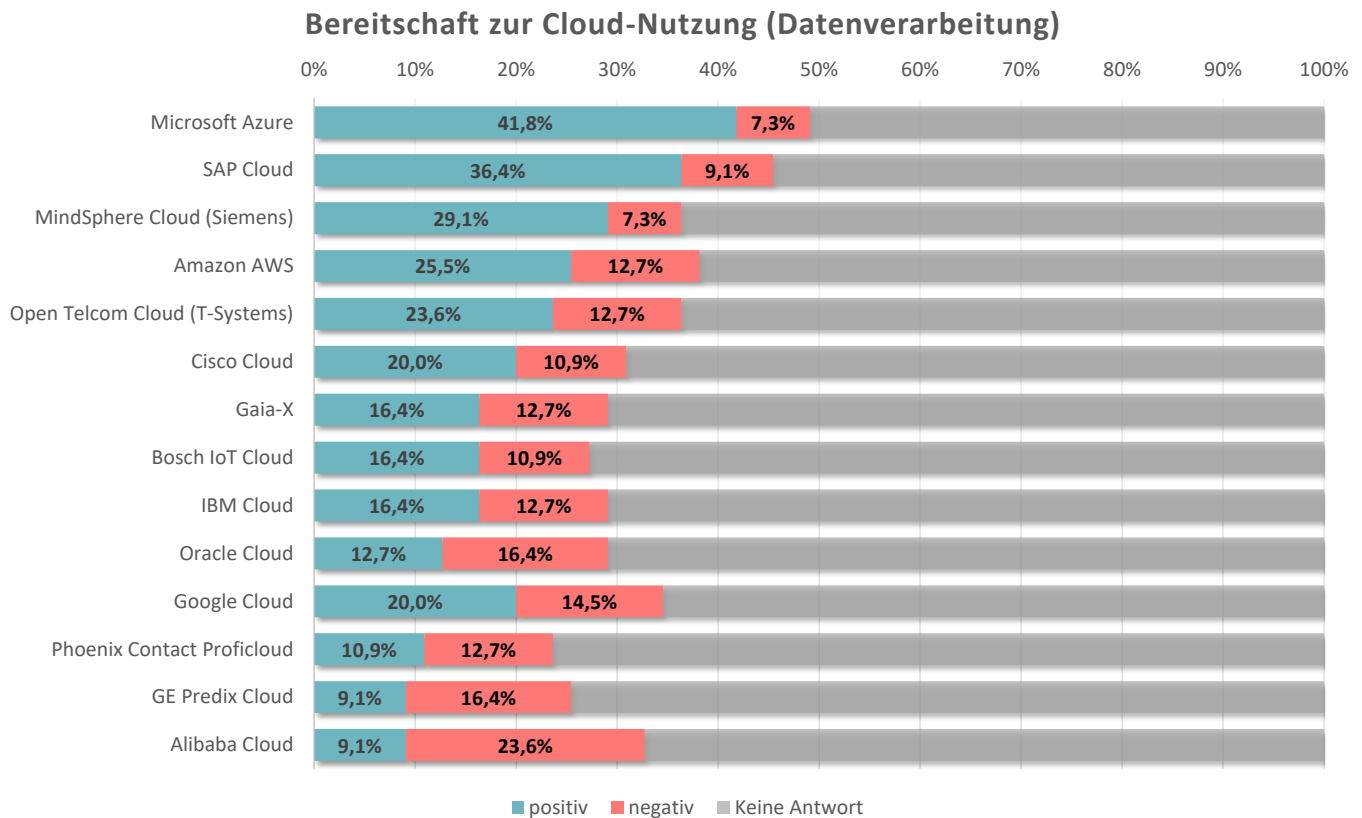


Abbildung 24: Bereitschaft zur Datenverarbeitung in einzelnen Cloud-Lösungen
(Reihenfolge wie in Abbildung 21 bzw. Abbildung 23).

Wie im Diagramm zu sehen ist, ergibt sich bei der Datenverarbeitung weitgehend die gleiche Reihenfolge der Cloud-Lösungen wie bei der Datenspeicherung (in Abbildung 23). Die einzige Ausnahme ist Google Cloud, welche zur Datenverarbeitung mit 20 % im Vergleich mit den anderen Cloud-Lösungen recht positiv bewertet wird und damit in der Reihenfolge für die Datenverarbeitung weiter oben anzusiedeln ist.

Weiterhin zeigt das Diagramm auch, dass zum Thema Cloud-Lösungen zur Datenverarbeitung insgesamt weniger Aussagen von den Befragten gemacht worden sind. Zudem scheint es hier auch keine so stark dominierende Lösung zu geben wie bei der Datenspeicherung (dort Microsoft Azure).

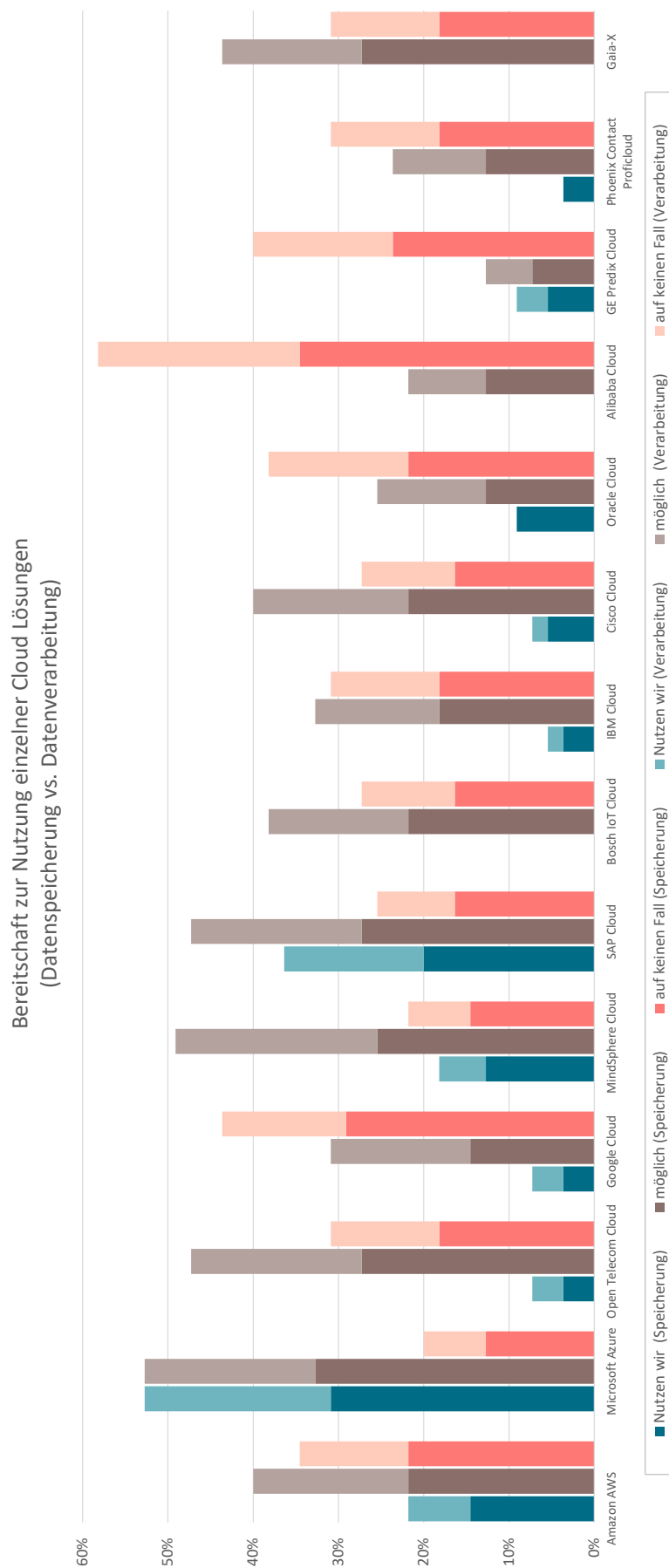


Abbildung 25: Bereitschaft zur Cloud-Nutzung (detaillierte Ansicht).

Für einen vollständigen Überblick stellt Abbildung 25 die Aussagen zu den Cloud-Lösungen im Detail dar und setzt zugleich die Nutzung von Cloud-Lösungen zu Datenspeicherung und Datenverarbeitung direkt zueinander in Beziehung. Für jede der betrachteten Cloud-Lösungen gibt es eine Säulengruppe. Dabei zeigt die grüne (erste) Säule jeweils die Aussagen zu Nutzung (Datenspeicherung in dunkel, Datenverarbeitung in hell), die braune (zweite) Säule die Aussage "wäre möglich" (wieder aufgeteilt nach Datenspeicherung und Datennutzung) und die rote (dritte) Säule repräsentiert die Aussage "auf keinen Fall" wiederum zweigeteilt für Datenspeicherung und Datenverarbeitung.

5.5.4 Weitere Cloud-Lösungen

Optional konnten die Befragten auch Cloud-Lösungen, die nicht in der Liste vorgegeben waren, benennen und auswählen, ob diese für Datenspeicherung bzw. -verarbeitung genutzt werden. Darunter waren (jeweils eine Nennung).

- Salesforce (Datenspeicherung und Datennutzung)
- Atlas-Service von MongoDB (nur Datenspeicherung)
- Fanuc Field (Datenspeicherung und Datennutzung)
- Skywats (Datenspeicherung und Datennutzung)

Daraus lässt sich ableiten, dass die für die Liste ausgewählten Cloud-Lösungen für die Befragten als umfassend bewertet werden kann. Ein Befragter vermerkte hier auch "Kundendaten zwingend zu schützen - keine Cloud".

5.5.5 Kommentare zum Thema Cloud-Nutzung

Da das Thema Cloud-Nutzung oft kontrovers diskutiert wird – insbesondere in Bezug auf die Frage, ob Daten das Unternehmen verlassen dürfen – haben wir auch eine offene Frage zum Thema Cloud-Nutzung gestellt. Dabei wurde es den Teilnehmer an der Umfrage ermöglicht, weitere Kommentare zur Nutzung von Cloud-Lösungen zu geben, z. B. zu Vorteilen, Nachteilen und Erfahrungen.

13 % der Befragten hat diese Möglichkeit genutzt. Die Aussagen lassen sich thematisch gruppiert wie folgt zusammenfassen:

- Der **weltweite Zugriff** auf Daten wird als Vorteil gesehen (zwei Nennungen). Dabei sei es positiv, dass einmal ausgeführte **Änderungen überall gleichsam sichtbar** sind.
- In zwei Antworten wird die **Kommunikationsinfrastruktur** zwischen Kunde und Cloud als Problem oder sogar als "größte Hürde" benannt. Diese sei (in Deutschland) schlecht, langsam und unzuverlässig und damit spiele in derartigen Situationen Cloud-Technologie keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle.
- Ein Befragter bemerkte, dass sein Unternehmen zu Cloud-Speicherung bzw. -Verarbeitung in der Lage wäre, es aber bei ihnen **keine Kundennachfrage** dazu gibt.
- Die mangelnde Nachfrage kann einerseits dadurch begründet sein, dass bei hybrider Cloud-Nutzung ein **doppelter Administrationsaufwand** befürchtet wird (lokal und in der Cloud), d. h. eine Cloud-Lösung so lange keinen Sinn macht, wie die restlichen IT-Dienste (wie z. B. ERP) noch nicht in der Cloud verwaltet werden.
- Da die meisten Anwendungsfälle auch **ohne Cloud gelöst** werden können, ist es schwierig, den Kunden von einer Cloud-Lösung zu überzeugen. Zudem wird zurzeit oft davon ausgegangen, dass der Cloud-Betreiber mehr Vorteile von einer Cloud-Lösung hat als der Kunde. Dennoch werden in letzter Zeit verstärkt hybride Installationen (lokale Dienste auf der Edge, weitere Dienste in der Cloud) diskutiert.

- Ein weiterer Grund für mangelnde Nachfrage ist wohl auch die **Angst vor der Cloud** (3 Nennungen). Ein Befragter fasst dies mit “alle Daten in der Cloud sind schon geklaut” zusammen. Bedenken zu Datensicherheit, unkontrolliertem Datenzugriff, automatisierten Scans der Daten und damit möglichen (Urheber-)Rechtsverletzungen bzw. eine unbekannte Weiterverarbeitung von Daten wurden hier als Begründung benannt.
- Die **Kosten** beim Einsatz cloud-basierter Industrie 4.0 Plattformen, bei denen (für das genannte Anwendungsszenario) Lizenz- und Betriebskosten in keinem wirtschaftlichen Verhältnis zum Nutzen stehen, werden ebenfalls als Problem gesehen.
- Ein Befragter hält die Cloud sogar für **nicht zukunftssträftig**.

5.6 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass in über 90 % der Unternehmen Daten erfasst werden, in über der Hälfte der Unternehmen auch hochfrequente Daten. Dabei werden insbesondere Daten zu Laufzeit und Durchsatz (mehr als 80 %), Betriebsdaten (mehr als 70 %) und Daten im Bereich Maschinensteuerung (mehr als 60 %) erfasst. Zugleich gibt aber fast die Hälfte der Befragten an, dass die Erfassung der benötigten Daten ihr Unternehmen vor Probleme stellt. Da die Erfassung relevanter Daten von zentraler Bedeutung für den Einsatz von KI ist, besteht hier auf jeden Fall noch Nachholbedarf, z.B., durch Vereinfachung der Datenerfassung.

Cloud-Lösungen spielen eine wichtige Rolle beim Umgang mit Daten in den Unternehmen. Fast die Hälfte der Unternehmen setzt bereits Cloud-Lösungen zur Datenspeicherung und/oder Datenverarbeitung ein. Dies steht in einem gewissen Widerspruch dazu, dass mehr als 65 % der Befragten der Aussage zustimmen, dass die Daten das Unternehmen nicht verlassen dürfen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei einer wachsenden Zahl der angebotenen Lösungen für die intelligente Produktion die Nutzung der Cloud des jeweiligen Anbieters obligatorisch ist. Das Angebot der Cloud-Lösungen ist dabei vielfältig. Am häufigsten werden die Cloud-Lösungen der Anbieter Microsoft (MS Azure) und SAP (SAP Cloud) verwendet.

Zum Themenkomplex Data Sharing (Teilen von Daten, Bereitstellung von Daten, Nutzung externer Daten), dem allgemein ein hohes Potential für die Mehrwertgenerierung durch KI zugeschrieben wird, sind die Aussagen der Befragten recht kontrovers. Während fast 60 % angeben, dass sie von der Nutzung der Daten Anderer profitieren könnten, können sich z. B. nur 16 % der Befragten vorstellen Daten zu erwerben und nur für etwas mehr als ein Viertel der Befragten ist der Vertrieb von Daten als zusätzliches Geschäftsmodell vorstellbar. Dies zeigt, dass bei der Gestaltung von Data Sharing Plattformen neben der Förderung der Austauschbereitschaft auch der Frage nach geeigneten Modellen für die Kompensation besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Bei der Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Datennutzung und -bereitstellung sehen die befragten Unternehmen ganz klar noch Handlungsbedarf. Hier ist neben der Klärung rechtlicher Fragen im Kontext der Produktion sicher auch eine verständliche Aufbereitung der rechtlichen Regelungen notwendig. Die Verarbeitung personenbezogener Daten (und die damit verbundenen rechtlichen Herausforderungen) scheinen jedoch nur für eine geringe Zahl der Unternehmen ein Thema zu sein.

6 Auswahl von KI-Lösungen

Es gibt einen wachsenden und recht unübersichtlichen Markt von Anbietern und Lösungen für die Umsetzung von KI-Projekten in der Produktion. Die Auswahl geeigneter Lösungen wird durch die Integration von KI-Lösungen in Hardware-Komponenten (wie z. B. Maschinensteuerungen oder Edge-Geräte) und die Notwendigkeit, für eine Gesamtlösung häufig mehrere KI-Komponenten integrieren zu müssen, noch weiter kompliziert.

Die Auswahl von KI-Lösungen wurde in der Studie aus zwei Perspektiven untersucht. Zum einen wurde nach den größten Hindernissen bei der Auswahl von KI-Lösungen gefragt (siehe Abschnitt 6.1). Zum anderen sind auch Kriterien für die Auswahl und die Unterstützung bei der Auswahl von KI-Lösungen wichtig. Ein schneller Überblick über verfügbare KI-Lösungen und deren Anwendungen kann den Einsatz von KI in Unternehmen erleichtern. Der im Projekt IIP-Ecosphere entwickelte KI-Lösungskatalog soll hier einen Beitrag leisten. In diesem Zusammenhang wurde nach den wichtigsten Kriterien bei der Auswahl von KI-Lösungen (siehe Abschnitt 6.2) und nach Wünschen an einen KI-Lösungskatalog (Abschnitt 6.3) gefragt.

6.1 Hindernisse bei der Identifikation relevanter KI-Lösungen

In dieser Frage ging es darum herauszufinden was die größten Hindernisse bei der Identifikation geeigneter KI-Lösungen für den Einsatz im eigenen Unternehmen sind.

In der Frage standen 4 Antwortoptionen zur Auswahl:

- Praktischen Nutzen erkennen
- Vielzahl der Angebote/anbietenden Firmen
- Anwendbarkeit von Lösungen abschätzen
- Wirtschaftlichen Nutzen bewerten

Es konnte mehr als ein Hindernis ausgewählt werden. Zudem konnten in einem Feld "Sonstiges" darüberhinausgehende Hindernisse benannt werden. Es war möglich, die Frage nicht zu beantworten.

6.1.1 Zusammenfassende Auswertung

Abbildung 26 fasst die Antworten in Bezug auf die Hindernisse bei der Identifikation von KI-Lösungen zusammen.

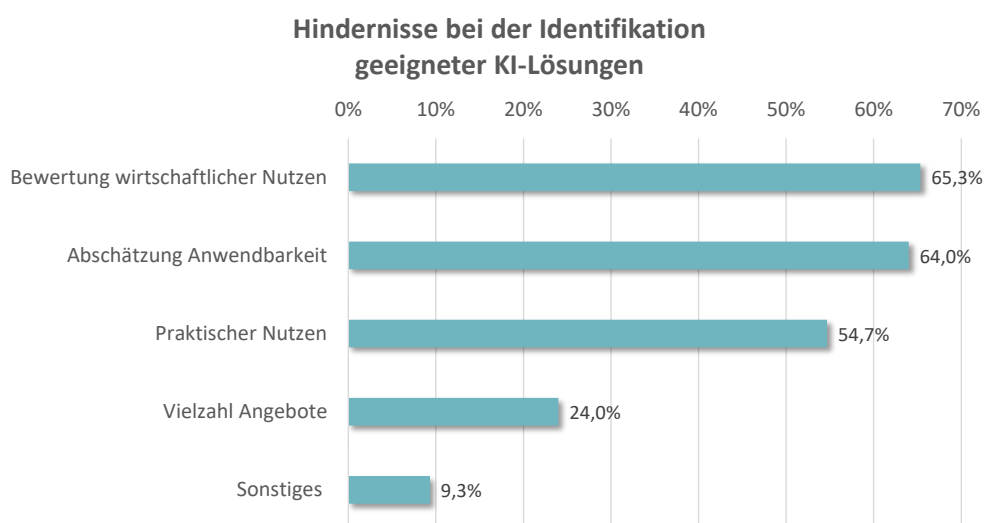


Abbildung 26: Hindernisse bei der Identifikation von KI-Lösungen (abweichende Reihenfolge, bezogen auf valide/vollständige Antworten).

- Mit über 65 % wurden Probleme bei der Bewertung des wirtschaftlichen Nutzens einer KI-Lösung für den eigenen Anwendungskontext am häufigsten als Hindernis für die Identifikation geeigneter KI-Lösungen ausgewählt.
- Auf dem zweiten Platz liegt die Frage, ob die jeweilige KI-Lösung überhaupt im eigenen Kontext anwendbar ist. Diese Option wurde von 64 % der Befragten ausgewählt.
- Die Bewertung des praktischen Nutzens wurde noch von über der Hälfte der Befragten als Hindernis bei der Identifikation von KI-Lösungen benannt.
- Die Vielzahl der Angebote ist nur für knapp ein Viertel der Befragten (24 %) ein Hindernis bei der Identifikation geeigneter KI-Lösungen.
- Knapp 10 % der Befragten hat Angaben unter „Sonstiges“ zu weiteren Hindernissen gemacht. Dies geschah meistens ergänzend zu anderen bereits ausgewählten Hindernissen.

6.1.2 Weiterführende Auswertung

Nur 4 der Befragten haben keine der in der Frage aufgelisteten Hindernisse ausgewählt. Davon haben 3 der Befragten die Frage überhaupt nicht beantwortet, bzw. Im Freitextfeld für Sonstiges angegeben, dass sie die Frage nicht beantworten können. Der vierte Befragte hat nur unter Sonstiges ein weiteres Hindernis angegeben. Als zusätzliche Hemmnisse wurden die folgenden Themenbereiche benannt:

- 3 Nennungen: Daten (Datenerfassung und -generierung, Datenqualität, Datenverfügbarkeit, mangelnder Zugriff auf Kundendaten)
- 2 Nennungen: Fehlende Kompetenz
- 1 Nennung: Mangel an Ressourcen
- 1 Nennung: Verfügbarkeit von (beispielhaften) Anwendungsfälle, insbesondere für Werkzeugmaschinen

Die meisten der Befragten haben mehr als ein Hindernis aus der Liste ausgewählt. Abbildung 27 zeigt die Verteilung über die Anzahl der ausgewählten Hindernisse pro Umfrageteilnehmer. Hierbei gaben ca. 10 % vier und (via „Sonstiges“) mehr Hindernisse an, ca. 25 % drei Hindernisse und ca. 36 % zwei Hindernisse. Knapp ein Viertel der Befragten gab ein Hindernis an.

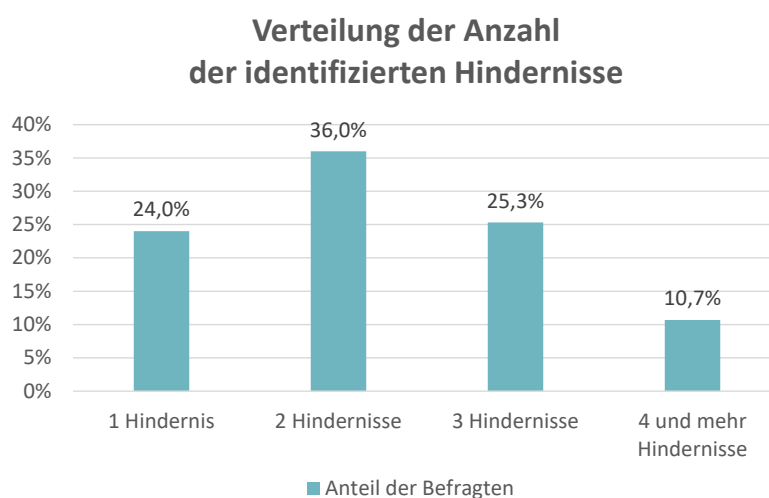


Abbildung 27: Verteilung der Hindernisse pro Umfrageteilnehmer.

6.2 Kriterien zur Auswahl von KI-Lösungen

In dieser Frage ging es darum, besser zu verstehen, was zentrale Kriterien für das Suchen und die Auswahl geeigneter KI-Lösungen im eigenen Unternehmen sind.

Dabei wurden 10 Kriterien zur Auswahl gestellt:

- Eignung für die Problemstellung
- Kosten für die KI-Lösung
- Potential bzw. der praktische Nutzen
- Anbieter der KI-Lösung
- In der Lösung verwendete KI-Methode (z. B. Deep Learning)
- Die Kompatibilität der KI-Lösung
- Ob die Komponente Open Source ist bzw. Ihr jeweiliger Lizenztyp
- Echtzeitfähigkeit der Komponente
- Erfolgreicher Einsatz in ähnlichen Unternehmen

Die Auswahl der Kriterien erfolgte basierend auf dem initialen Datenschema des IIP-Ecosphere KI-Lösungskatalogs, das in Diskussionen von den Partnern entworfen wurden.

Die Befragten konnten jedem der Kriterien eine Priorität zwischen 1 (wichtig) und 4 (= eher unwichtig) zuordnen. Es war dabei auch möglich mehreren Kriterien dieselbe Priorität zu zuordnen oder die Frage nicht zu beantworten.

6.2.1 Zusammenfassende Auswertung

Die folgende Abbildung 28 fasst die Top-Kriterien zusammen. Dieser Grafik liegt die Anzahl der Befragten zugrunde, die dem jeweiligen Kriterium mit der Bewertung "1" eine hohe Priorität zugeordnet haben. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass ca. 12 % der Befragten diese Frage nicht beantwortet haben.

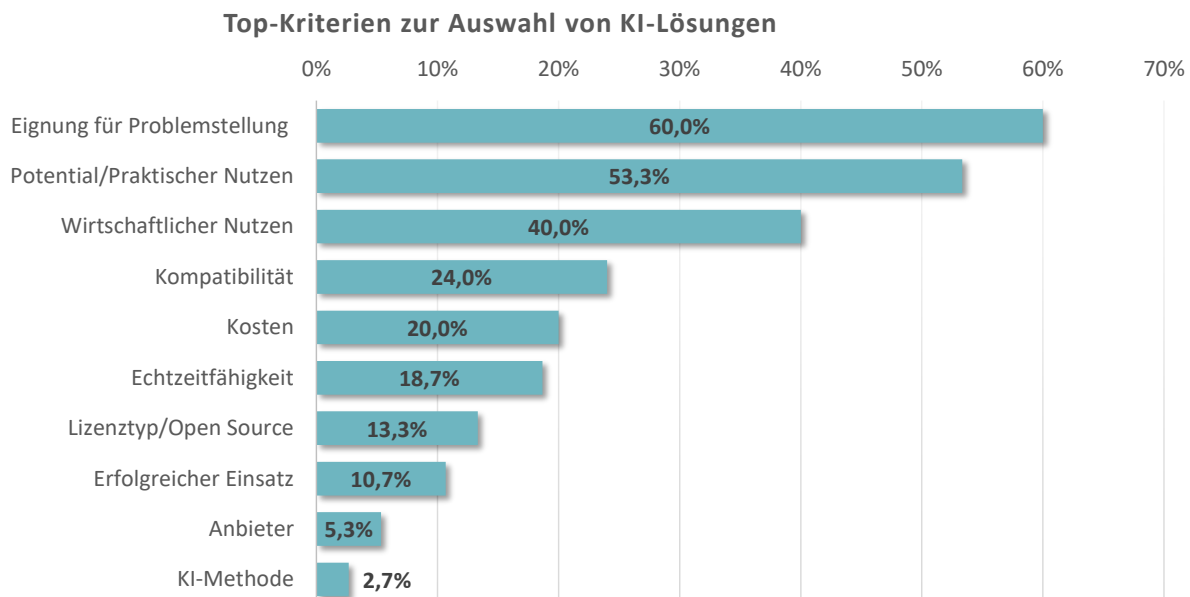


Abbildung 28: Zustimmung zu den Top-Kriterien zur Auswahl von KI-Lösungen.

- Das offensichtlichste Kriterium ist die Eignung für die Problemstellung, welche auch die meisten Bewertungen mit 1 erhalten hat (60 % der Befragten).
- Gefolgt wird dieses Kriterium von zwei Kriterien, die den Nutzen der KI-Lösung betreffen: Das ist zunächst der praktische Nutzen, welcher von mehr als der Hälfte der Befragten (54 %) mit 1 priorisiert wurde. Weiterhin ist das der wirtschaftliche Nutzen, welcher von mehr als einem Drittel der Befragten (40 %) mit 1 priorisiert wurde. Interessant ist hierbei, dass der praktische Nutzen in dieser Priorisierung deutlich besser abschneidet als der wirtschaftliche Nutzen.
- Für ca. ein Viertel bis ca. Fünftel der Befragten sind die Aspekte Kompatibilität (24 % der Befragten), Kosten (20 %) und Echtzeitfähigkeit (19 % der Befragten) von hoher Priorität.
- Mit ca. 10 % der Befragten folgen zwei weitere Kriterien: der Lizenztyp (ca. 13 %), sowie der erfolgreiche Einsatz in anderen Unternehmen (ca. 11 %).
- Schlusslichter in der Liste der priorisierten Kriterien sind der Anbieter der Lösung mit ca. 5 % und die jeweils verwendeten KI-Methoden, welche nur von etwas über 3 % der Befragten als besonders wichtig betrachtet werden.

Wenn man auf der anderen Seite die als weniger wichtiger bewerteten Kriterien betrachtet, d.h. die Kriterien, die mit 3 und 4 bewerteten Kriterien, ergibt sich das in Abbildung 29 zusammengefasste Bild.

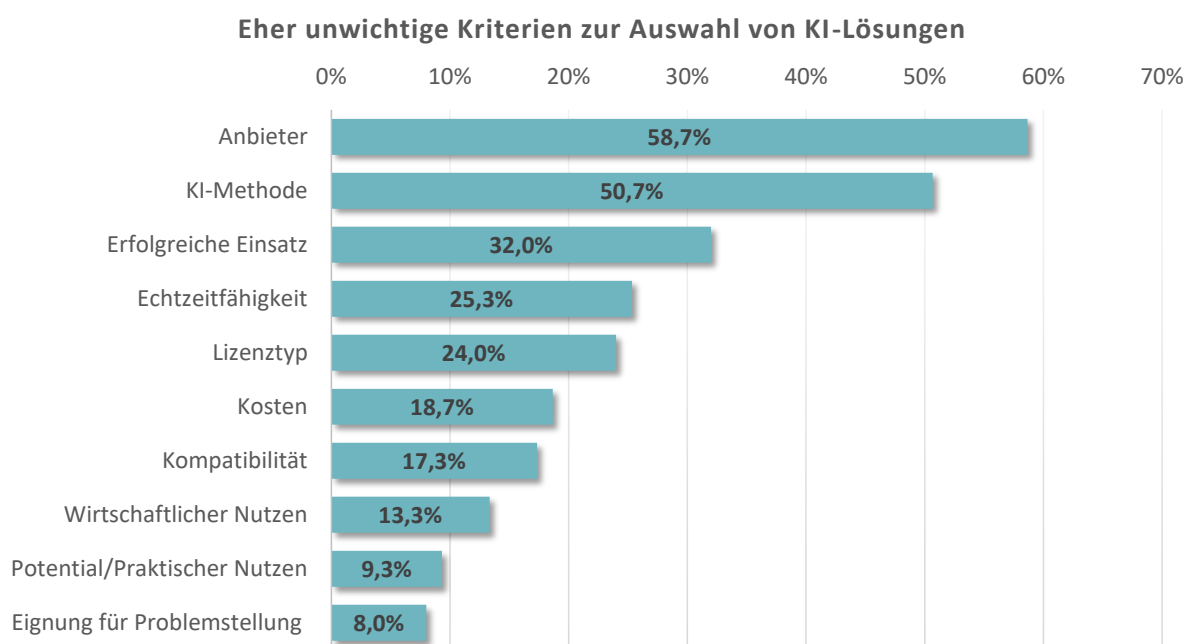


Abbildung 29: Eher unwichtige Kriterien zur Auswahl von KI-Lösungen.

Wie zu erwarten, ergibt sich hier im Wesentlichen die umgekehrte Reihenfolge im Vergleich zum vorherigen Diagramm. Die niedrigste Priorität (meiste Bewertungen als eher unwichtig) erhalten entsprechend Anbieter und KI-Methode, diesmal allerdings in umgekehrter Reihenfolge.

Die nutzenbezogenen Kriterien und die Eignung für die Problemstellung bilden – wie zu erwarten – in dieser Liste die Schlusslichter. Etwas unklar ist, warum noch ca. 8 % der Befragten die Eignung der KI-Lösung für die Problemstellung für eher nicht so wichtig halten.

6.2.2 Weiterführende Auswertung

In Abbildung 30 ist die Zusammensetzung aller Bewertungen, d.h. der Bewertungsoptionen 1-4 für die zu bewertenden Kriterien zusammengefasst. Die Kriterien sind dabei – um den Vergleich zu erleichtern – wie in Abbildung 28 sortiert, d.h. die höchst-priorisierten Kriterien erscheinen oben.

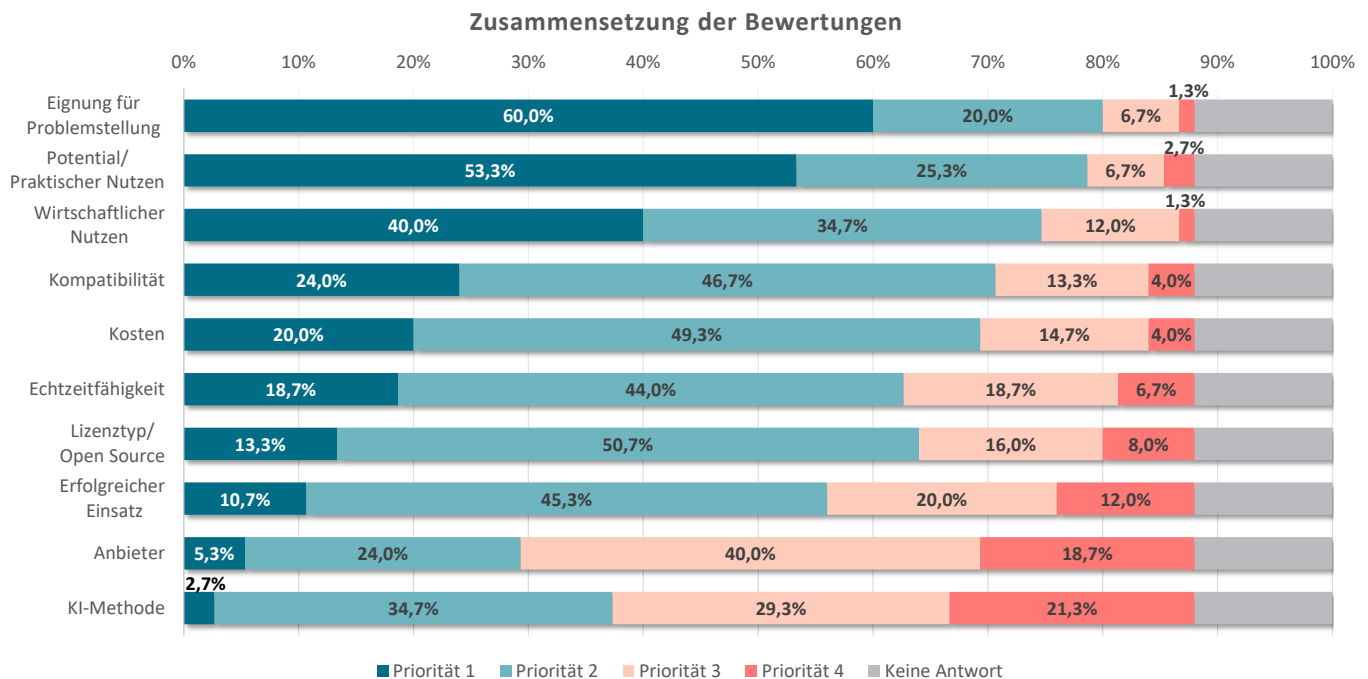


Abbildung 30: Detail-Zusammensetzung der Antworten zu den Kriterien.

In Abbildung 30 ist ein relativ hoher Anteil der Antwortoption "2" zu beobachten, die zwar als wichtig aber nicht als das wichtigste Kriterium bewertet werden kann. Dieser Anteil ist mit ca. 40-50 % bei den Kriterien Kompatibilität (ca. 47 %), Kosten (ca. 50 %), Echtzeitfähigkeit (44 %) und erfolgreicher Einsatz in ähnlichen Unternehmen (ca. 45 %) besonders hoch. Auch für den wirtschaftlichen Nutzen und die verwendete KI-Methoden wird diese Einschätzung noch von ca. 35 % der Befragten gewählt.

Am anderen Ende der Skala ist der mit etwas über 1 % sehr geringe Anteil der Befragten zu benennen, welche die Eignung für die Problemstellung und den wirtschaftlichen Nutzen mit der niedrigsten Priorität belegen. Ebenfalls nur von Wenigen (2,5-5 %) wird die Priorität 4 für den praktischen Nutzen (ca. 3 %), die Kompatibilität und die Kosten (beide 4 %) gewählt.

Ergänzend zeigt Abbildung 31 die Verteilung der Bewertungsoptionen 1 bis 4 über alle Antworten.

Hier ist wie bereits im vorherigen Diagramm der relativ hohe Anteil (ca. 42 %) der Antwortoption 2 zu sehen, d.h. für eine hohe Zahl wurde eine Priorisierung von wichtig, aber nicht Top-Priorität gewählt. Mit 28 % Prozent ist auch der Anteil mit der die Priorität 1 etwas höher als bei einer Gleichverteilung über alle Optionen, während der Anteil mit der Priorität 3 mit ca. 20 % etwas niedriger liegt. Mit ca. 9 % fällt dagegen die Häufigkeit, mit der Kriterien als eher unwichtig klassifiziert wurden, recht gering aus. Dies bestätigt auch die Auswahl der breitgestellten Kriterien in der Frage.

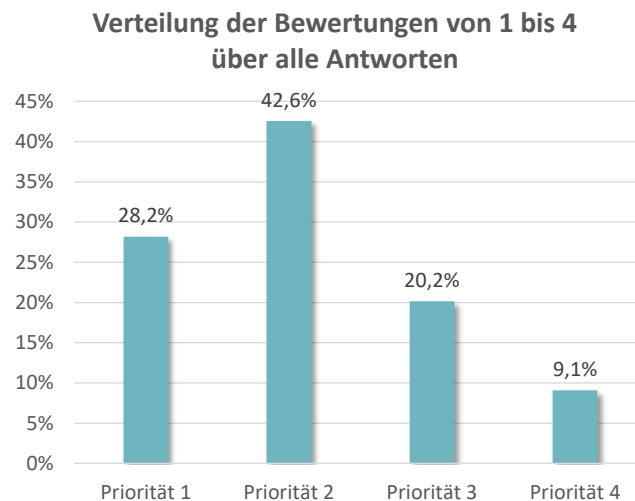


Abbildung 31: Verteilung der Bewertungen der Bewertungsoptionen/Prioritäten für alle Antworten.

6.3 Anforderungen an einen KI-Lösungskatalog

Da IIP-Ecosphere einen KI-Lösungskatalog entwickelt, war es für uns von besonderer Bedeutung, neben den vorgegebenen Kriterien aus Abschnitt 6.2 die Teilnehmer an der Umfrage nach (weiteren) Wünschen bzw. Anregungen zu fragen. Die Antworten konnten als Freitext eingegeben werden.

Insgesamt haben wir (verwertbare) Antworten von 21 % Befragten erhalten. Wir haben diese thematisch zusammengefasst und Mehrfachnennungen ausgezeichnet:

- Praktische Anwendungsbeispiele, echte Use Cases/Success Stories (5 % der Befragten)
- Klarheit/Bewertung des Nutzens (4 % der Befragten)
- Anforderungsorientierte Suchfunktion (knapp 3 % der Befragten)
- Flexibilität der Anbieter, Erfahrung mit Technologien z. B. Bildverarbeitung mit CNNs
- Beschreibung mit Fakten
- Einfache und verständliche KI
- Übersichtlichkeit
- Verständliche Einführung/Anleitung
- Grobe Beschreibung der Datenverarbeitung
- Ort der Datenspeicherung mit Auskunft zu rechtlichen Fragen
- Automatische KI-Auswahl über interaktiven Konfigurator
- Kompatibilität
- Skalierbarkeit

Neben Aussagen im Sinne von Anforderungen scheint in den Antworten auch ein gewisser Verdruss mit existierenden Verzeichnissen und Katalogen zu bestehen, die Einträge mehr in Richtung von Werbung präsentieren. Zudem scheint das Unternehmen eines Befragten mehr mit "steinzeitlichen Einschränkungen seitens der Maschinensteuerung" zu kämpfen und sich daher auf absehbare Zeit nicht auf KI (insbesondere nicht ohne eine Vision, Daten zu Einsatzgebieten und geeigneten personellen Ressourcen) einlassen zu wollen. Daher wäre es auch die Aufgabe eines KI-Lösungskatalogs, derartige Einsatzgebiete und den Wert/Nutzen von Lösungen über KI-Frameworks hinaus (die als "schöne Spielerei" bezeichnet werden) darzustellen und erfassbar zu machen. Der Umgang mit bestehenden Applikationen und Protokollen (*Brownfield*) ist sicherlich sehr wichtiger Aspekt des KI-Lösungskatalogs.

6.4 Zusammenfassung

Der praktische und der wirtschaftliche Nutzen und dessen Einschätzung sind von zentraler Bedeutung für die Auswahl von KI-Lösungen. Die Einschätzung des Nutzens wird dabei als größtes Hindernis bei der Auswahl von KI-Lösungen identifiziert. Zugleich wird insbesondere der praktische Nutzen als wichtiges Auswahlkriterium benannt. Im Vergleich zwischen praktischem und wirtschaftlichen Nutzen wird die Einschätzung des wirtschaftlichen Nutzen als größeres Hindernis angesehen, während bei der Auswahl von KI-Lösungen der praktische Nutzen eine deutlich wichtigere Rolle spielt (als zweitwichtigstes Kriterium direkt nach der Eignung für die Problemstellung).

Neben der Einschätzung des Nutzens zeigt die Studie, dass auch die Frage nach der Anwendbarkeit einer KI-Lösung im eigenen Kontext ein wichtiges Hindernis bei der Auswahl von KI-Lösungen darstellt.

Interessanterweise benennt nur ein Fünftel der Befragten die Kosten der KI-Lösung und nur 5 % der Befragten den Anbieter der KI-Lösung als sehr wichtiges Kriterium für die Auswahl einer KI-Lösung.

Dabei wäre es durchaus wünschenswert, einen Katalog bzw. ein Verzeichnis zur Verfügung zu haben, das KI-Lösungen geeignet und zielgerecht zugänglich macht, und sich damit von den Praktiken bestehender Kataloge absetzt. Neben KI-Eigenschaften wären hier auch Eigenschaften des Anwendungsfelds willkommen, z. B., Aussagen zur Unterstützung und Einbindung bestehender Applikationen und Protokolle.

7 Best Practices

Gut dokumentierte Best Practices - bewährte Vorgehensweisen für bestimmte Problemstellungen - können den Einstieg in die KI-Technologie und auch die Auswahl und Nutzung von konkreten KI-Lösungen erleichtern und die Umsetzung von KI-Projekten effektiv unterstützen.

7.1 Relevante Themen für Best Practices

Für den Aufbau einer nützlichen Sammlung von Best Practices, wie dies in IIP-Ecosphere vorgesehen ist, ist neben der adäquaten Dokumentation der einzelnen Practices auch die thematische Ausrichtung der Sammlung wichtig: Es sollten auch die Themen abgedeckt werden, für die in den Unternehmen aktuell ein Bedarf besteht.

Ziel der Frage zu diesem Bereich war es daher, Themen für die Sammlung von Best Practices zu priorisieren. Dazu wurde eine Liste möglicher Themen zur Abstimmung gestellt. Zur Vorauswahl der Themenliste wurde ein Workshop mit den Unternehmen in IIP-Ecosphere veranstaltet, um potentielle Best Practice Themen zu sammeln, zu diskutieren und zu strukturieren. Auf der Grundlage des Ergebnisses dieses Workshops wurden 10 Themen aus unterschiedlichen Bereichen für die Themenliste der Anfrage ausgewählt. Die Themen waren:

- Inbetriebnahme von KI-Lösungen
- Training / Weiterbildung
- Mitarbeiterakzeptanz von KI-Lösungen
- Kundenakzeptanz von KI-Lösungen
- Innovationsprozesse zu KI-Technologien
- Umsetzung von KI-Projekten
- Datenerfassung und Datensammlung
- KI-Modellauswahl und -validierung
- Datenbereinigung
- KI-Geschäftsmodelle

Die Anfrage erlaubte dabei die Auswahl eines oder mehrerer Themen und auch die Angabe eigener Themenvorschläge unter einer Rubrik „Sonstiges“. Die Frage war optional und musste daher nicht beantwortet werden.

7.1.1 Zusammenfassende Auswertung

Abbildung 32 zeigt das Ergebnis der Abstimmung zu den vorgeschlagenen Best Practice Themen. Die Themen wurden dabei abweichend von ihrer Reihenfolge in der Umfrage in der Grafik in absteigender Reihenfolge der Beliebtheit sortiert

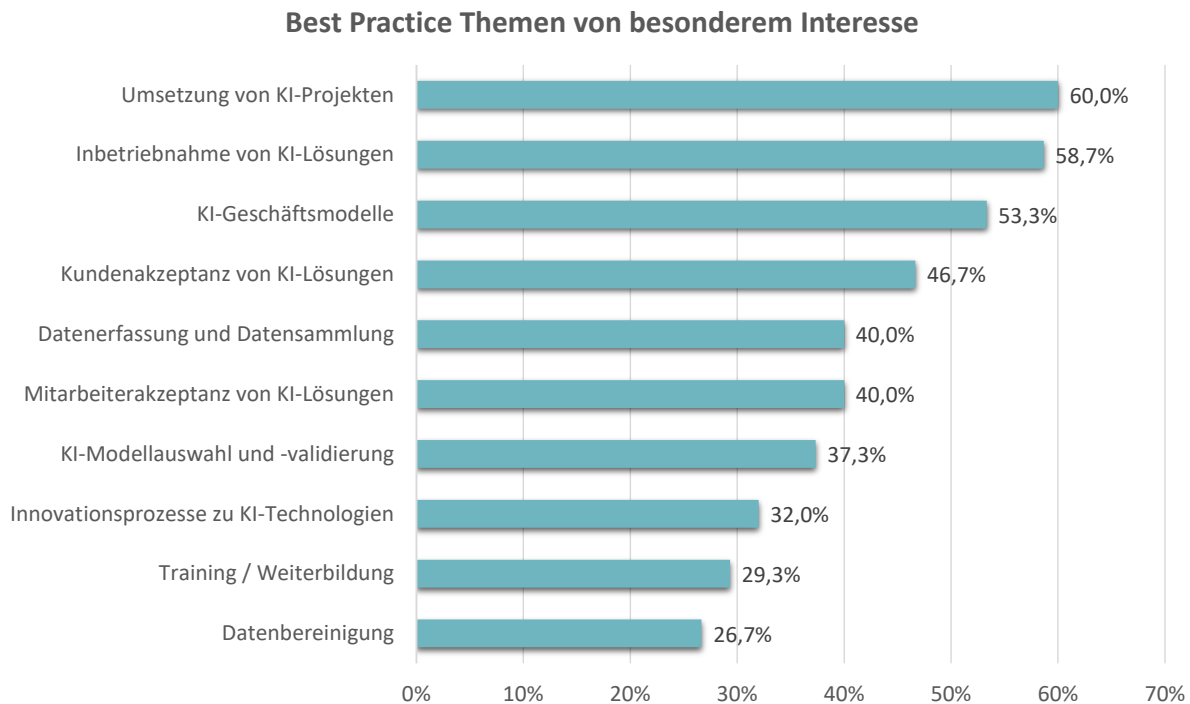


Abbildung 32: Priorisierung von Best Practice Themen (abweichende Reihenfolge).

Das Ergebnis lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Sehr gefragt sind Best Practices, die sich mit **praktischen Aspekten von KI-Projekten** in Unternehmen beschäftigen. Hierzu zählt die *Umsetzung von KI-Projekten* – mit 60 % Zustimmung das populärste Thema – dicht gefolgt vom Thema *Inbetriebnahme von KI-Lösungen* mit knapp 59 % Zustimmung.
- Ein etwas gemischtes Bild ergibt sich für die **Unterstützung von Innovation**: Während das Thema *KI-Geschäftsmodelle* mit über 53 % Zustimmung relativ populär ist, erreicht das Thema *Innovationsprozesse zu KI-Technologien* nur 32 % Zustimmung. Dies kann daran liegen, dass das erste der beiden Themen einen sehr viel klareren wirtschaftlichen Fokus hat.
- Weniger gefragt sind eher **methodisch-technische KI-Themen**. Hierzu zählen Best Practices zu KI-Modellauswahl und -validierung mit etwa 37 % und zur Datenbereinigung mit knapp 27 %.
- Best Practices zu **Training und Weiterbildung** gehören mit knapp 30 % Interessensbekundungen auch eher zu den weniger populären Themen.

4 % der Befragten haben die Frage nicht beantwortet. Zudem wurde von der Möglichkeit, weitere Themen für Best Practices vorzuschlagen, kein Gebrauch gemacht. Dies lässt darauf schließen, dass keine ganz wichtigen Themen für Best Practices in der Liste vermisst wurden.

7.1.2 Weiterführende Auswertung

Für eine weiterführende Analyse ist es interessant zu betrachten, wie viele Themen von den Befragten jeweils ausgewählt wurden. Im Durchschnitt wurden 4,24 von den aufgelisteten Best Practice Themen als „von besonderem Interesse“ ausgewählt. Damit wurden im Durchschnitt etwas weniger als die Hälfte der angebotenen Themen ausgewählt.

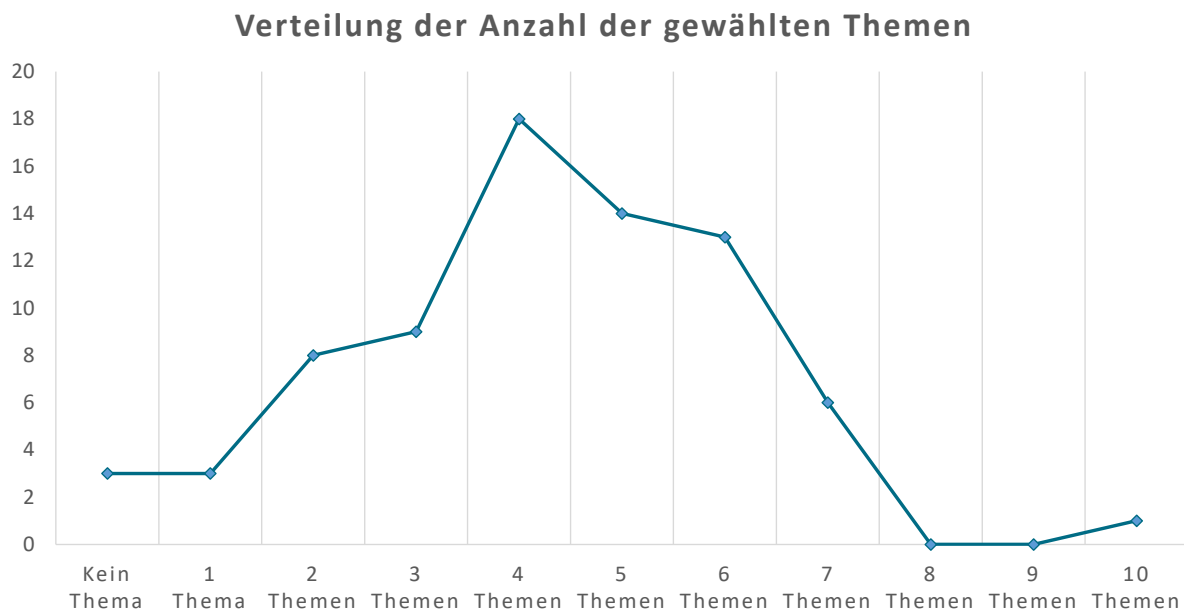


Abbildung 33: Verteilung der Anzahl der gewählten Best Practice Themen.

Nur 3 der Befragten haben gar kein Thema ausgewählt. Da zugleich auch kein mögliches Best Practice Thema vorgeschlagen wurde, kann diese als allgemeines Desinteresse an Best Practices interpretiert werden. Zudem wurden nur einmal alle 10 Themen ausgewählt.

Wie die Verteilung in Abbildung 33 zeigt, haben die meisten der Befragten 4 bis 6 Themen aus den 10 möglichen Themen ausgewählt. Dies kann als Indikator dafür genommen werden, dass bewusst Themen ausgesucht wurden. Zugleich scheint auch ein hohes Interesse an Best-Practices zu bestehen.

7.2 Zusammenfassung

Insgesamt besteht ein großes Interesse an Best Practices, die dabei helfen können, aus den Erfahrungen anderer bei der Umsetzung eigener KI-Lösungen zu lernen. 96 % der Befragten haben Interesse an Best Practices zu mindestens einem der vorgeschlagenen Themen geäußert.

Thematisch sind umsetzungsnahe, praktische Themen wie die Umsetzung von KI-Projekten, die Inbetriebnahme von KI-Lösungen, sowie die Kundenakzeptanz sehr gefragte Themen für Best-Practices. Zudem sind auch Best Practices zum Thema KI-Geschäftsmodelle für viele der Befragten von Interesse. Nicht ganz so oft wurden eher technische Themen wie etwa die KI-Modellauswahl oder Datenbereinigung ausgewählt.

Zugleich scheint die vorgeschlagene Themenliste (mit den identifizierten Prioritäten) einen valider Startpunkt für die Sammlung von Best Practices zu bilden, da von den Befragten keine fehlenden Themen für Best Practices identifiziert wurden.

8 Ergebnisse zum Thema IIoT/Industrie 4.0 Plattformen

In der industriellen Produktion werden zurzeit verschiedenste Software-Plattformen eingesetzt, die sogenannten Industrie 4.0 bzw. IIoT-Plattformen. Sie unterstützen z. B. die koordinierte Steuerung von Maschinen oder die zentralisierte Sammlung von Daten. Viele Plattformen bieten eine Integration mit einem oder mehreren Cloud-Anbietern und ermöglichen daher die integrierte Speicherung und Verarbeitung von Daten in der Cloud. Aktuelle Plattformen verwalten und steuern zudem Edge-Geräte, wobei die Edge-Fähigkeiten sehr divers sind, und beispielsweise von Datenzwischenspeicherung über Datenverarbeitung bis hin zu KI-Funktionalität nahe an den Produktionsmaschinen reichen können. Eine Übersicht und Analyse 21 aktueller Plattformen ist in [16] zu finden.

In diesem Themenfeld fragten wir, ob überhaupt IIoT-Plattformen eingesetzt werden (Abschnitt 8.1), um welche Plattformen es sich dabei handelt (Abschnitt 8.2) sowie nach Erfahrungen, d.h. Stärken und Schwächen der jeweiligen Plattformen (Abschnitt 8.3).

8.1 Einsatz von IIoT-Plattformen

Als Grundlage für die weiteren Fragen zu IIoT-Plattformen sollte in dieser Frage zunächst geklärt werden, in wie vielen der befragten Unternehmen bereits IIoT-Plattformen genutzt werden bzw. ihr Einsatz geplant ist.

8.1.1 Zusammenfassende Darstellung

Abbildung 34 fasst die Aussagen der Unternehmen zum Einsatz von Industrie 4.0 Plattformen zusammen.

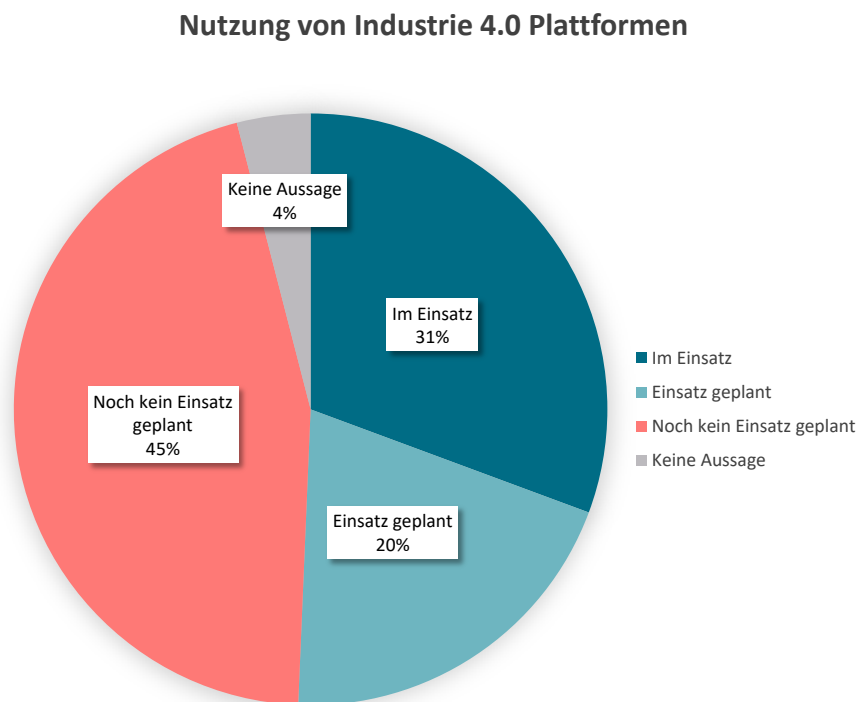


Abbildung 34: Nutzung von Industrie 4.0 Plattformen.

Bereits fast ein Drittel der befragten Unternehmen (31 %) hat eine IIoT-Plattform im Einsatz. Weitere 20 % der Befragten gibt an, dass ein Einsatz von IIoT-Plattformen geplant ist. 45 % der Befragten gibt an noch keinen Einsatz geplant zu haben und 4 % der Befragten haben die Frage nicht beantwortet.

So ist zusammengefasst damit zu rechnen, dass mittelfristig ca. die Hälfte der befragten Unternehmen eine IIoT-Plattform in Einsatz haben wird. Damit kommt IIoT-Plattformen und ihren Schnittstellen in der Umsetzung von KI-Lösungen eine wichtige Rolle zu.

8.1.2 Weiterführende Auswertung

Für weitere Einblicke wurde der Einsatz der IIoT-Plattformen mit der Unternehmensgröße in Bezug gesetzt. Abbildung 35 stellt die Ergebnisse in den Kategorien der Unternehmensgröße aus Abschnitt 3.2 bezüglich Plattformen im Einsatz sowie Plattformnutzung in Planung dar.

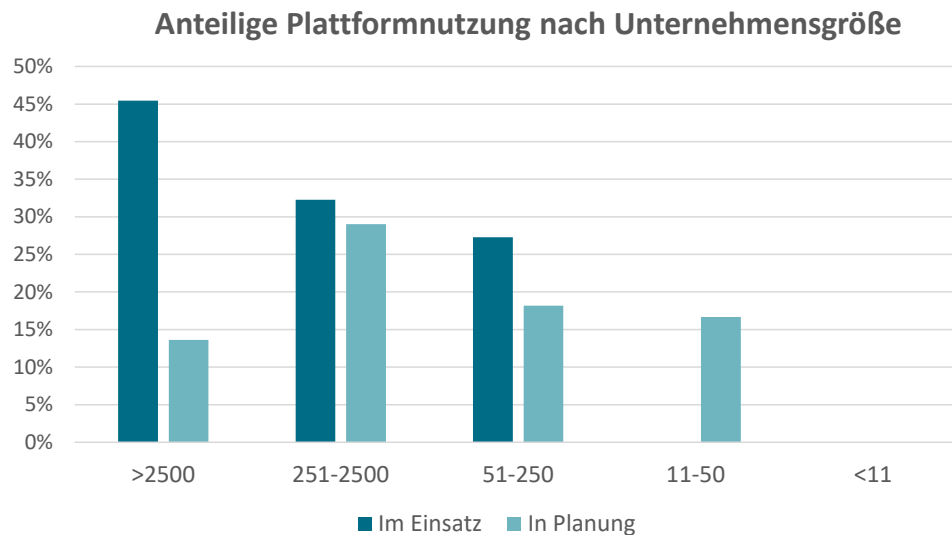


Abbildung 35: Nutzung von Industrie 4.0 Plattformen nach Unternehmensgröße (Beschäftigtenzahl).

Dabei ergaben sich folgende Erkenntnisse:

- IIoT-Plattformen werden hauptsächlich von größeren Unternehmen eingesetzt werden: ca. 45 % der großen Unternehmen, 32 % Unternehmen des großen Mittelstands (251-2500 Beschäftigte) und 27 % der KMUs (50 Beschäftigte und mehr) setzten IIoT-Plattformen ein. Befragte aus kleineren Unternehmen mit weniger als 51 Beschäftigten haben keine Plattformnutzung angegeben.
- Dieser Eindruck verschiebt sich etwas, wenn man den geplanten Einsatz von Plattformen statt nur dem bereits existierenden Einsatz näher betrachtet. Hier ist deutlich zu sehen, dass in Zukunft der Plattformeinsatz verstärkt auch in mittleren bis kleineren Unternehmen Einzug hält. Während die Steigerung bei für die ganz großen Unternehmen mit zusätzlichen knapp 14 % vergleichsweise moderat ist, wird sich der Plattformeinsatz für den großen Mittelstand wird mit zusätzlichen 29 % fast verdoppeln. Für die KMU mit 51 -250 Beschäftigten planen weitere 18 % einen Einsatz, wodurch sich der Anteil mit Plattformeinsatz auf fast die Hälfte (ca. 45 %) erhöhen wird. Und auch noch bei den kleineren KMU (11-50 Beschäftigte) planen noch fast 17 % einen Einsatz von IIoT-Plattformen. Unternehmen mit weniger als 11 Beschäftigten, die an unserer Umfrage teilgenommen haben, planen keinen Plattformeinsatz.

8.2 Individuelle IIoT-Plattformen

Falls ein Befragter angegeben hat, dass sein/ihr Unternehmen (mindestens) eine IIoT-Plattform einsetzt oder deren Einsatz plant, ermöglichte die Umfrage die Auswahl bzw. die Eingabe der eingesetzten Plattform(en) als Freitext. Bei der Zusammenstellung der Plattform-Liste haben wir die in [16] untersuchten Plattformen zugrunde gelegt. Wie bereits oben 5 erwähnt, wurden in [16] 21

Industrie 4.0 Plattformen analysiert, darunter die Plattformen von 8 umsatzstarken Herstellern sowie weiteren Plattformen, die die IIP-Ecosphere-Partner aus ihrer Erfahrung als besonders interessant für das Projekt benannt haben. Zudem wurde von den Partnern die Phoenix Contact PLCnext Technology als weitere, potentiell interessante Plattform für diese Umfrage benannt.

Es wurden die folgenden Plattformen zur Auswahl gestellt:

- Siemens MindSphere
- Adamos
- Bosch IoT Suite
- PTC ThingWorx
- GE Predix
- SAP Leonardo
- MS Azure IoT Suite
- Google Cloud IoT Core
- IBM Watson IoT Platform
- Cisco Kinetic
- AWS IoT
- Oracle IoT
- Phoenix Contact PLCnext Technology & Proficloud

Es konnten eine oder mehrere Plattformen ausgewählt werden. Zudem konnten weitere Plattformen in einem Freitextfeld („Sonstiges“) eingegeben werden.

8.2.1 Zusammenfassende Darstellung

Die nachfolgenden Zahlen und damit auch Abbildung 36 beziehen sich nur noch auf die Befragten, die angegeben haben, bereits eine Industrie 4.0 Plattform im Einsatz zu haben oder einen solchen Einsatz zu planen. Nur bei diesen wurde in der Umfrage nach konkreten Plattformen im Einsatz bzw. in Planung gefragt.

- Die Liste der eingesetzten und geplanten IIoT-Plattformen wird mit knapp 30 % klar von Siemens MindSphere (ca. 29 %) angeführt.
- An zweiter Stelle aber bereits mit einem erheblich geringeren Anteil findet sich die IIoT-Plattform von Microsoft (MS Azure IoT Platform, ca. 16 %).
- Zwischen 10 % und 15 % der Befragten haben eine der IIoT-Plattformen von General Electrics (GE Predix, ca. 13 %), SAP (SAP Leonardo, 10,5 %) oder Amazon (AWS IoT, 10,5 %) ausgewählt.
- Ungefähr 5 % der Befragten nutzen oder planen die Nutzung der Plattformen von ADAMOS oder Phoenix Contact (Phoenix Contact und ProfiCloud).
- Knapp 3 % der Unternehmen setzen die IIoT-Plattformen von Bosch (Bosch IoT Suite), PTC (PTC ThingWorx), Cisco (Cisco Kinetic), oder Oracle (Oracle IoT) ein oder planen deren Einsatz.
- Weder im Einsatz noch in Planung waren bei den Befragten die IIoT-Plattformen von Google und IBM.

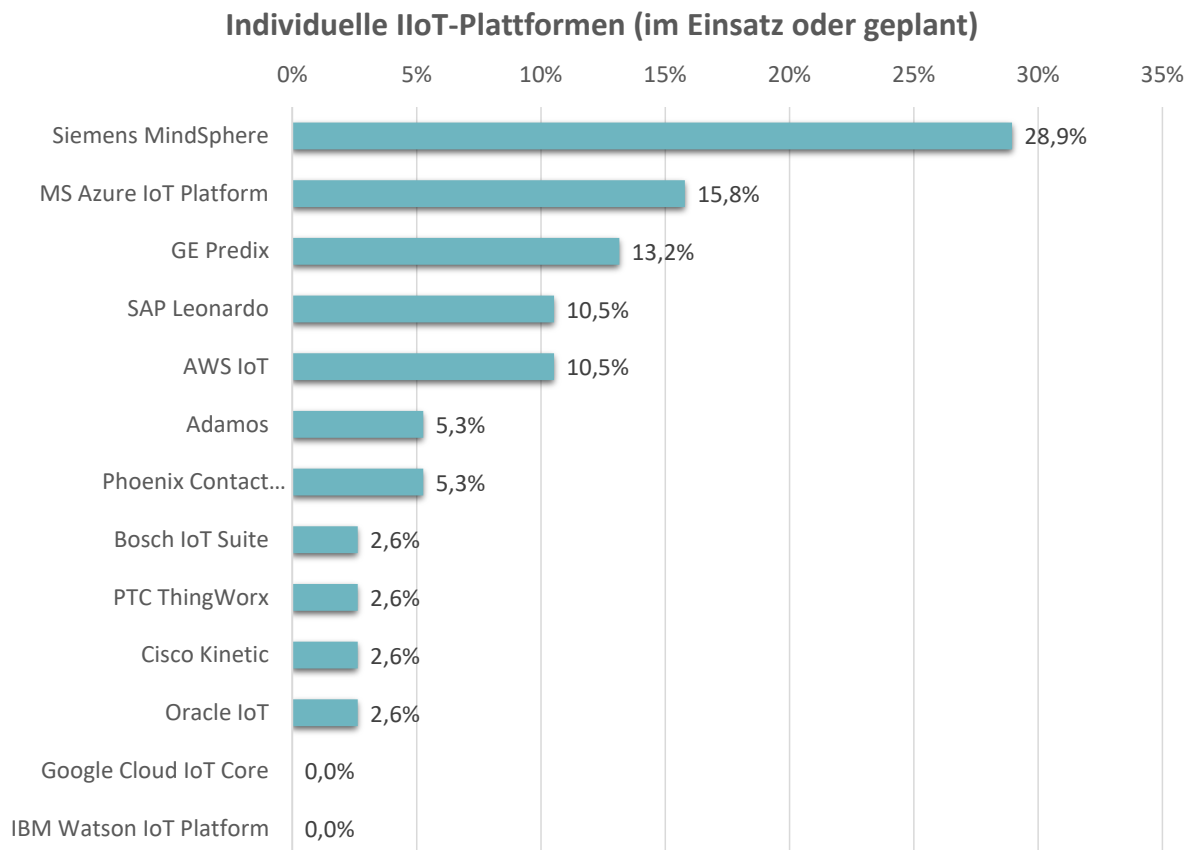


Abbildung 36: Verteilung der im Einsatz befindlichen oder geplanten IIoT-Plattformen (abweichende Reihenfolge).

Je nach Standpunkt können die Ergebnisse überraschen oder auch nicht. So benennt die Roland Berger Analyse zu Plattformökonomien [15] Siemens MindSphere klar als “Global Player” mit den Eigenschaften “digital, offen, übergreifend” (gleiche Eigenschaften für Bosch IoT Cloud). Andererseits benennt der Gartner “Magic Quadrant” für IoT Plattformen [10] MindSphere überhaupt nicht, dafür aber PTC und Microsoft als “Leader”, Software AG als Visionär und AWS, Oracle, IBM, GE sowie einige andere als Nischenanbieter.

Dennoch ist es aus unserer Sicht (auch basierend auf der Bekanntheit im IIP-Ecosphere Konsortium) nicht überraschend, dass MindSphere in unserer Umfrage von fast einem Drittel der Firmen eingesetzt wird. Neben der Software-Plattform bietet Siemens eine breite Technologiepalette für Industrieautomatisierung und profitiert wahrscheinlich auch noch von weit verbreiteten proprietären Protokollen zur Maschinenanbindung (Legacy). Wie andere Plattformen (z. B. [16]) bietet Siemens MindSphere eine Vielfalt von Protokollen an, so dass Technologie von Fremdanbietern einfach integriert werden kann.

In [15] galten AWS, SAP sowie Microsoft noch mehr als IoT-Infrastrukturanbieter, d.h., als Anbieter von Rechenzentren, Cloud-Diensten und Telekommunikation anstelle als IoT-Plattformanbieter. Aus dieser Perspektive kann es überraschend erscheinen, dass Microsoft Azure IoT Plattform in unserer Umfrage mit ca. 16 % benannt wird. Hier bescheinigt [10] Microsoft visionäre Züge und benennt insbesondere gute Sicherheitseigenschaften, ein großes Partner-Ökosystem und weitreichende Ende-zu-Ende Integrationen, auch wenn es eine Herausforderung sein soll, die Edge-Module der Plattform zu verwalten. Zudem ist Microsoft laut Abschnitt 5.5 der beliebteste Cloud-Anbieter in unserer Umfrage und zudem einer der vier Cloud-Hyperscaler.

GE und AWS gelten laut [10] als Nischenanbieter, werden aber laut unserer Umfrage immerhin bei 13 % bzw. 10 % der Befragten eingesetzt. Ähnlich wird SAP Leonardo bei rund 10 % eingesetzt und hat

wohl analog zu AWS und Microsoft den Sprung vom IoT Infrastrukturanbieter [15] zum IoT-Plattformanbieter geschafft, allerdings ohne Nennung in [10].

Die restlichen Plattformen werden von unseren Befragten insgesamt weniger eingesetzt (unter 6 %). Dabei ist es aus unserer Sicht bemerkenswert, dass Phoenix Contact gleichauf mit ADAMOS (als strategische Allianz von u. A. DMG Mori, Dürr, Software AG, Zeiss der ASM OT) liegt, möglicherweise, da Phoenix Contact ebenso als Anbieter eigener Technologie auftritt, die die Plattform insbesondere mittels neuer, standardisierter Protokolle integriert. Noch mehr fällt auf, dass PTC als "Leader" im Magic Quadrant [10] bei unseren Befragten nahezu gar nicht eingesetzt wird. Noch mehr überrascht die geringe Nutzung der Cloud-Hyperscaler Google und IBM.

8.2.2 Weiterführende Auswertung

Bei der Auswahl von Plattformen war auch die Nennung von mehr als einer Plattform möglich. Davon hat auch ein Teil der Befragten Gebrauch gemacht:

- Mehr als die Hälfte (ca. 55 %) der Befragten haben genau eine der benannten Plattformen ausgewählt
- Ca. 10 % der Befragten haben zwei der genannten Plattformen ausgewählt und
- Ca. 8 % der Befragten haben sogar drei der benannten Plattformen ausgewählt.

Zusätzlich hat mehr als ein Viertel (ca. 26 %) der Befragten, die eine Plattform im Einsatz haben oder einen Einsatz planen, keine der benannten Plattformen ausgewählt. Acht der Befragten haben weitere Informationen zu ihrer jeweiligen Plattform gegeben.

- In den Unternehmen von vier Befragten wurden eigene Plattformlösungen realisiert, eine davon auf Basis von SAP Leonardo. Dazu kann man auch eine weitere Nennung zählen, bei der ein Befragter die Software-Werkzeuge benannt hat, die in seinem Unternehmen als „Plattform“ eingesetzt werden. Vier dieser Unternehmen sind der Kategorie des großen Mittelstands (251-2000 Beschäftigte) und ein Unternehmen der Kategorie Großunternehmen (mehr als 2500 Beschäftigte) zugeordnet.
- Ein Befragter hat Cumocity von Software AG angegeben.
- Ein Befragter hat Fanuc Field angegeben.

Aus diesen Nennungen können wir schließen, dass die zur Auswahl gestellte Liste für die Befragten von Unternehmen, die selbst eine IIoT-Plattform einsetzen, umfänglich ist.

Im Vergleich der Antworten zu dieser Frage und zur Frage zu den verwendeten Protokollen und Datenformaten (Abschnitt 5.3) fiel auf, dass Befragte, die keine Antwort zu Protokollen bzw. Formaten gegeben haben, auch keine Plattformnutzung ausgewählt wurde. Möglicherweise handelt es sich bei den Befragten um eher nicht-technische Beschäftigte ihrer Unternehmen.

8.3 Stärken und Schwächen von IIoT-Plattformen

Neben den im Einsatz befindlichen IIoT-Plattformen haben wir auch nach der jeweiligen Erfahrung mit Plattformen gefragt, die sich bereits im Einsatz bzw. in der Planung befinden. Die Befragten konnten optional Stärken oder Schwächen in getrennten Freitextfeldern eingeben.

18 % der Befragten haben sich zu den Stärken der jeweiligen Plattform geäußert. Mit jeweils drei Nennungen sind schnelle Inbetriebnahme (durch praxisrelevante Lösungen) bzw. schnelle Installation durch Plug & Play für hauptsächlich eingesetzte Steuerung die wichtigsten genannten Stärken. Dazu kommen mit je zwei Nennungen die Integration neuester Technologien (wie KI), Adaptierbarkeit/Flexibilität sowie Prozess- und Datendurchgängigkeit (ggf. bis in die Cloud). Weiterhin wurden als Stärken (jeweils einmal) Wiederverwendbarkeit, Kompatibilität, Skalierbarkeit, Leistungsfähigkeit, sichere Datenhaltung und Innovationsgeschwindigkeit genannt.

Fast genauso viele Befragte (17 %) haben sich zu den jeweiligen Schwächen geäußert. Hier wurden jeweils zwei Mal undurchsichtige Lizenzmodelle mit hohen/intransparenten Folgekosten, aufwändige Einrichtung mit komplexem Management sowie erforderlicher eigener Entwicklungsaufwand bei fehlendem Knowhow benannt. Weiterhin wurden, mit je einer Nennung, nicht ausreichende Skalierbarkeit, (fehlendes) Verständnis für individuelle Anwendungen, nicht garantierte Lebensdauer/Verfügbarkeit, unklare Datenhaltung mit entsprechenden rechtlichen Folgen, Abhängigkeit vom Plattformhersteller sowie unattraktives Design/HMI benannt.

Auch wenn die eben besprochenen Aussagen für IIoT-Plattformen gemacht wurden, ist es interessant, die Aussagen ebenfalls im größeren Kontext der intelligenten industriellen Produktion zu sehen, wie er für IIP-Ecosphere relevant ist: Bedenken bezüglich Datenhaltung [4, 5, 9, 12] und fehlende interne Kompetenzen [1, 4, 9, 12] zählen neben fehlenden technischen Voraussetzungen [9], uneinheitlichen Schnittstellen [4] und inkompatiblen Geschäftsmodell [13, 19] zu oft benannten Hemmnissen, die insbesondere in KMU den Einsatz von KI behindern.

8.4 Zusammenfassung

Bereits knapp ein Drittel der Befragten setzt IIoT-Plattformen ein, bei den großen Unternehmen (>2500 Beschäftigte) sogar 45 %. Zudem ist die Tendenz zum Einsatz von IIoT-Plattformen steigend, insbesondere beim (großen) Mittelstand aber auch bei KMUs. Mittelfristig ist damit zu rechnen, dass ungefähr die Hälfte der befragten Unternehmen eine IIoT-Plattform in Einsatz haben wird.

Bei der Auswahl der IIoT-Plattformen liegt Siemens MindSphere klar auf dem ersten Platz gefolgt von der Microsoft Lösung MS Azure IoT Plattform. Auf den ersten fünf Plätzen in unserer Umfrage werden drei Unternehmen mit Hauptsitz in den Vereinigten Staaten genannt, aber auch zwei mit Hauptsitz Deutschland. Interessant ist zudem, dass knapp 7 % der befragten Unternehmen die Plattformen einsetzen, eigene Plattformlösungen realisiert haben, zum Teil basierend auf existierenden Plattformlösungen und anderen Softwarewerkzeugen.

Die Antworten im Bereich der Stärken und Schwächen von IIoT-Plattformen sind divers, was möglicherweise auch dadurch gefördert wurde, dass wir die Antworten bewusst als Freitext abgefragt haben. Hervorzuheben ist hier, dass sowohl Stärken (schnelle Inbetriebnahme, Verfügbarkeit neuester Technologien) als auch Schwächen (Lizenzmodelle mit unklaren Folgekosten, Aufwände für Einrichtung und Betrieb) benannt werden. Während der Trend zu KI-Fähigkeiten erkannt und teilweise sogar schon (umfassend) umgesetzt wurde (vgl. [16]), sehen wir insbesondere im Bereich der benannten Schwächen klares Nachholpotential für die Plattformanbieter.

9 Freie Kommentare

In der Studie gab es zusätzlich die Möglichkeit, freie Kommentare mit Anregungen zum Thema KI oder auch zur Studie abzugeben. Von dieser Option haben nur 5 der Befragten Gebrauch gemacht. Dabei haben sich 3 Befragte zum Thema KI und ein Befragter bzw. eine Befragte zur Umfrage geäußert. Ein Kommentar war für uns nicht interpretierbar. Wir stellen die Kommentare in den Kontext unserer Arbeit und zitieren dabei die Kommentare wörtlich (in kursiv gesetzt).

Zum Thema KI beschäftigen sich 3 Kommentare mit den speziellen Herausforderungen des Einsatzes von KI. Dabei nimmt der folgende Kommentar insbesondere Bezug auf den Einsatz von KI im Maschinenbau:

*KI benötigt eine ganzheitliche Denkweise im Unternehmen. Für einen **Maschinenbauer** ist das viel Neuland. Neben der puren "KI Forschung" ist das "anschließen" der KI an eine physische Maschine eine enorme Herausforderung.*

Ein weiterer Kommentar widmet sich – etwas ausführlicher - den Herausforderungen des Einsatzes von KI im Maschinenbau und auch im etwas weiteren Kontext der Produktion:

Das Thema KI ist durchaus interessant - vom technischen Standpunkt betrachtet. Einige große Firmen oder Universitäten konnten durch vermutlich hohen finanziellen Einsatz ihren Spieltrieb voll ausleben und so erstaunliche Ergebnisse in bestimmten Teilbereichen erzielen - Sprichwort "Alpha Go", ...

Projekte, wie IBMs Watson oder Microsofts Kooperation mit DeepMind sind ebenfalls beeindruckend. In Anbetracht der Komplexität dieser Systeme ist es jedoch eher unwahrscheinlich, dass ein Werkzeugmaschinenbauer mit 5-15 Softwareentwicklern, die mit den Kernthemen voll ausgelastet sind, die Kraft aufbringt, derartige Monster zu bändigen. Zumal diese Themen alles andere als die Domäne eines klassischen Steuerungs-/Regelungstechniklers ist.

*Es ist schon vorstellbar, KI-Methoden auf verschiedene "Messdaten" von **Einzelmaschinen** los zu lassen um z. B. Regler oder sogar Prozessüberwachungssysteme o. ä. kontinuierlich auf sich leicht verändernde Prozessparameter anzupassen. Schätzungsweise sind jedoch die verfügbaren Datenmengen zu klein und deren Diversität zu groß, um geeignete Netze trainieren zu können. [...]*

***Wesentliche Optimierungseffekte sind bei verketteten Prozessen zu erwarten**, an denen unsere Anlagen nur einen kleinen Anteil haben. Es ist heute leider noch ein Kraftakt einer modernen digitalen CNC 10 Variablen überhaupt zu entlocken und via OPC-UA ins Nirvana zu schicken, ohne dass sie komplett in die Knie geht. Daher ist es nicht vorstellbar, wie hier hochkomplexe neuronale Netze, die auf GB von Daten angewiesen sind nur annähernd ihren Dienst tun können sollen.*

*Dazu müsste die **gesamte Steuerungstechnik unserer auch so modernen Produktionsanlagen** erst einmal den Quantensprung ins 21. Jahrhundert schaffen um zumindest annähernd mit den Entwicklungen im Konsumerbereich aufschließen zu können. Ich rechne - sarkastisch - frühestens in 50 Jahren damit, dass eine CPU/SoC eine eigene NPU bekommt, wie sie in aktuellen Smartphones Einzug halten.*

Es fühlt sich ein wenig so an, wie der Hype um Tablet-PCs. Nachdem Apple sein erstes iPad auf den Markt gebracht hat, hat sich jeder eins (oder ein Konkurrenzprodukt) gekauft. Danach hat sich jeder gefragt, was man den mit so einem Ding anstellen könnte.

Ein weiterer Kommentar bezieht sich auf die speziellen Herausforderungen des Einsatzes von KI in kleineren Unternehmen:

2020, Vortrag vor 30 KMUs: Gefahr besteht, dass diese Betriebe den Zug zur Industrie 4.0 und zur KI restlos verpassen und deshalb dieses Potential in absehbarer Zeit nicht mehr in der gewünschten Größenordnung zur Verfügung stehen wird...

Der letzte Kommentar bezieht sich auf den Fragebogen und fordert insgesamt eine kritischere Einstellung zum Thema KI ein:

Ihre Fragen sind stark davon ausgegangen, DASS KI wichtig/unabdingbar ist.

Auch in Gesprächen mit Interessenten am Thema intelligente, industrielle Produktion, insbesondere dem Einsatz von KI in diesem Umfeld, haben wir die oben angesprochene Gefahr bzw. sogar Angst wahrgenommen, dass Forschung bzw. Unternehmensförderung die eigentlichen Beteiligten, nämlich produzierende Unternehmen, bei den neuen Herausforderungen alleine lässt. Dazu gehört auch, dass Unternehmen fürchten, dass für sie relevante Entwicklungen an ihnen vorbeigehen, ohne dass diese (Mit-)Gestaltungsmöglichkeiten haben.

Häufig werden im gleichen Zusammenhang die viel grundlegenderen, technischen Probleme angesprochen, nämlich dass mit älteren Maschinen und Installationen die notwendigen Daten nicht (so einfach) erfassbar sind. Natürlich gibt es diverse Angebote und Ansätze des sogenannten Retrofittings. Allerdings, so ein Teilnehmer der IIP-Ecosphere Workshops für interessiertes Fachpublikum, müssen diese Angebote auch entsprechend skalieren, sowohl technisch als auch finanziell, denn selbst Großunternehmen wollen und können ihren bestehenden Maschinenpark nicht einfach so auf neue Technologien umstellen und sehen sich daher von ähnlichen Ängsten bedroht, wenn auch möglicherweise aus anderen Gründen.

Die in Abschnitt 8.3 angesprochenen Hemmnisse sind in den Aussagen wiederzufinden: fehlende interne Ressourcen (und oft auch Kompetenzen) [1, 4, 9, 12], fehlende technische Voraussetzungen [4, 9] und, wie in Abschnitt 5.6 besprochen, Bedenken bezüglich Datenhaltung [4, 5, 9, 12] und Datensouveränität. Daher ist es aus unserer Sicht unabdingbar, Möglichkeiten zu schaffen, diese Hemmnisse gemeinsam anzugehen und technologische Alternativen zu entwickeln, die für die Unternehmen gangbar sind. Ein offener Ökosystemansatz mit Beteiligungsmöglichkeiten und –angeboten ist daher ein guter Schritt in diese Richtung. Ein aufkeimendes Ökosystem wie IIP-Ecosphere kann hier Chancen und Möglichkeiten bieten, muss sich aber auch den täglichen, praktischen Herausforderungen stellen. Herausforderungen, Anforderungen und Hemmnisse, die wir als Grundlage für unsere Arbeit im Rahmen der Möglichkeiten dieser Umfrage diskutiert und charakterisiert haben.

10 Zusammenfassung

Diese Umfrage bietet eine breite Palette an spannenden Ergebnissen, die vom Leser je nach Interessenslage und Hintergrund sicherlich unterschiedlich bewertet werden. Insofern stellt die Zusammenfassung in diesem Abschnitt auch nur eine spezielle Perspektive auf die Studienergebnisse dar, die durch den Kontext des IIP-Ecosphere Projekts geprägt ist. Aus diesem Grund gibt es auch bereits zu jedem Themengebiet (Kapitel) eine eigene Zusammenfassung, die es dem Leser ermöglicht mit unterschiedlichen Perspektiven und unterschiedlichen Detaillierungsgrad in die Studienergebnisse einzusteigen.

In unserer Zusammenfassung in diesem Kapitel werden zunächst die wichtigsten Erkenntnisse und Trends aus dem Blickwinkel des IIP-Ecosphere Projekts zusammengefasst und danach die wichtigsten Konsequenzen für das Projekt IIP-Ecosphere diskutiert.

10.1 Zusammenfassung der Erkenntnisse

Aus den zahlreichen Ergebnisse der Studie haben wir die aus unserer Perspektive wichtigsten Ergebnisse herausgegriffen und in den folgenden sechs Themenblöcken zusammengefasst:

Hohe Erwartungen: Insgesamt gibt es sehr hohe Erwartungen an die KI als wichtige Zukunftstechnologie für die Produktion. Von vielen Unternehmen wird ein klarer Nutzen von KI für eigene Produkte und Dienstleistungen erwartet. Nur wenige der befragten Unternehmen denken, dass KI überbewertet wird. Eine erhebliche Anzahl von Unternehmen erwartet für sich sogar neue Geschäftsmodelle. Zugleich ist der Anteil derer, die bereits in KI involviert sind noch gering, wenn auch höher als in anderen vergleichbaren Studien.

Diversifizierung von KI-Anwendungen: Die Nutzung von KI in der Produktion wird aktuell klar von der Anwendung „Condition Monitoring“ dominiert. Dieser Anwendungsbereich wird auch in den nächsten Jahren weiter wachsen. Es zeigt sich jedoch auch ein klarer Trend, KI in neuen Bereichen einzusetzen – während heute die meisten Unternehmen KI in maximal einem Bereich im Einsatz haben, ist bei einem Zeithorizont von fünf Jahren in vielen Unternehmen mit fünf und mehr Einsatzgebieten zu rechnen.

Datenflut und Datenmangel: In Bezug auf die Verfügbarkeit von Daten für KI-Lösungen ergibt sich ein eher gemischtes Bild. Fast alle befragten Unternehmen (95 %) erfassen bereits in irgendeiner Form Daten, 53 % auch hochfrequente Daten. Zugleich gibt aber knapp die Hälfte der Befragten an, dass die Erfassung der benötigten Daten das Unternehmen vor Probleme stellt. Auch der Austausch von Daten zwischen Unternehmen, der in einigen Bereichen den Datenmangel mildern könnte, wird eher skeptisch betrachtet – zumindest, wenn es darum geht, eigene Daten zu Verfügung zu stellen.

Cloud oder Nicht-Cloud: Eng verbunden mit dem Umgang mit Daten ist die häufig kontrovers diskutierte Nutzung von Cloud-Lösungen. Hier zeigt die Umfrage einen erstaunlich hohen Anteil von fast der Hälfte der befragten Unternehmen, die bereits Cloud-Lösungen nutzen. Dies steht in einem gewissen Widerspruch zur allgemeinen Skepsis gegenüber Cloud-Lösungen, wie sie sich in Kommentaren wie „alle Daten in der Cloud sind schon geklaut“ und in der starken Zustimmung der Unternehmen zur Aussage „Unsere Produktionsdaten dürfen das Unternehmen nicht verlassen“ widerspiegelt. Dieser Widerspruch erklärt sich teilweise dadurch, dass zahlreiche Lösungen in der intelligenten Produktion mit einer verbindlichen Cloud-Nutzung einhergehen.

Fluch und Segen der IIoT Plattformen: IIoT- oder Industrie 4.0 Plattformen machen attraktive Versprechen zur Vereinfachung der KI-Nutzung in der Produktion. In der Umfrage ist die Einstellung zu den Plattformen jedoch gespalten, was sicherlich auch auf die Komplexität dieser Systeme

zurückzuführen ist: Der einen Hälfte der Unternehmen, welche bereits IIoT-Plattformen im Einsatz hat oder den Einsatz plant, steht knapp die andere Hälfte der Befragten gegenüber, die keinen Einsatz von IIoT-Plattformen planen. Insbesondere von den sehr großen Unternehmen haben bereits viele derartige Plattformen im Einsatz – die Planung lässt aber laut Befragung auch verstärkt einen Einsatz in kleineren Unternehmen erwarten.

Mensch und KI: Die Schnittstelle zwischen Mensch und Technologie und deren geeignete Gestaltung spielt für den Einsatz von KI – wie bei vielen Digitalisierungstechnologien – eine wichtige Rolle. In der Umfrage wurden Themen wie Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit durchgängig (von fast 90 % der Befragten) als wichtig eingeschätzt. Zudem gibt es ein klares Verständnis dafür, dass die KI den Mensch unterstützen und nicht ersetzen sollte.

10.2 Konsequenzen für das Projekt IIP-Ecosphere

Die Erkenntnisse aus der Umfrage sind wichtig für unterschiedliche Bereiche des IIP-Ecosphere Projekts. Teilweise bestätigen sie die gewählten Ansätze und teilweise beeinflussen sie die weitere Vorgehensweise. Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse und Konsequenzen für die weitere Projektarbeit entlang der sechs Themenblöcken aus dem vorherigen Abschnitt kurz erläutert:

- **Zum Thema „Hohe Erwartungen“:** Für den Umgang mit diesem Themenkomplex bieten sich im Projekt zwei Arten von Aktivitäten an. Zum einen sollte sichergestellt werden, dass die hohen Erwartungen an KI-Lösungen im praktischen Einsatz auch erfüllt werden. Zu diesem Zweck findet im Projekt, insbesondere in den vier Industriedemonstratoren, Entwicklung von innovativen KI-Lösungen statt, welche sich an realen Einsatzanforderungen orientieren. Dies wird vom Projektbereich „KI-Accelerator“ ergänzt, der es sich zum Ziel gesetzt hat, die Umsetzung von KI-Projekten zu erleichtern und zu beschleunigen. Dabei legen wir besonderen Wert darauf, Unternehmen unterschiedlicher Digitalisierungsgrade und Größen zu adressieren. Deshalb werden im KI-Accelerator unterschiedliche Bausteine entwickelt, wie etwa eine Sammlung von Best Practices oder ein KI-Lösungskatalog. Zugleich werden in IIP-Ecosphere technologische Innovationen von erweiterten Methoden zur Geschäftsmodellentwicklung flankiert, die an die Anforderungen von KI-Lösungen angepasst sind.
- **Zum Thema „Diversifizierung von KI-Anwendungen“:** Aus der Umfrage zeigt sich eine Nutzung von KI in immer mehr Bereichen. Dies bestätigt zahlreiche Aktivitäten im Projektbereich KI-Accelerator (s.o.), die auf eine Erleichterung der Umsetzung neuer KI-Lösungen abzielen. Insbesondere die aktuellen Projektaktivitäten im Bereich „KI-Services“ sind hier sehr relevant und werden als Konsequenz aus der Umfrage noch intensiviert. Dabei wird der Ansatz verfolgt, wiederverwendbare KI-Software-Services zu identifizieren und umzusetzen, die sich in unterschiedlichen Kontexten nutzen lassen um damit die Realisierung von KI-Lösungen schrittweise von teurer und fehleranfälliger Individualsoftware-Entwicklung zu einer Vorgehensweise, die auf dem Zusammenstecken erprobter Bausteine basiert, zu überführen.
- **Zum Thema „Datenflut und Datenmangel“:** Um Data Sharing attraktiver zu machen, werden in IIP-Ecosphere rechtliche Rahmenbedingungen für das Data Sharing untersucht sowie Dienste zur Datenbewertung und für einen fairen Datenmarktplatz entwickelt. Weiterhin werden im Projekt auch verstärkt KI-Methoden erforscht und für die Anwendung in der Produktion weiterentwickelt, die darauf ausgerichtet sind, mit Datenmangel und der mangelnden Bereitschaft zum Data Sharing umzugehen. Hierzu zählen z.B. Methoden des Transfer-Learning, bei dem in ähnlichen Situationen gelernte Modelle wiederverwendet werden, sowie Methoden des föderierten Lernens, bei denen anstatt der Daten selbst die erlernten Modellparameter geteilt werden.

- **Zum Thema Cloud oder Nicht-Cloud:** Für den Umgang mit Cloud-Lösungen sind als Konsequenz aus den Umfrageergebnissen flexible Lösungen erforderlich. Diese sollten auch im Sinne der Datensouveränität die Kontrolle beim Benutzer belassen und keine Cloud-Nutzung erzwingen. Vielmehr sollte es möglich sein, selbst festzulegen, wann und für welche Daten man von den Vorteilen einer Cloud-Lösung profitieren möchte und wann und für welche Daten nur eine On-site Speicherung und -verarbeitung akzeptabel ist. Diese Anforderung ist in IIP-Ecosphere in die Gestaltung der virtuellen IIoT Plattform eingeflossen, die im Projekt entsteht.
- **Zum Thema „Fluch und Segen der IIoT Plattformen“:** Im Projekt wird eine virtuelle IIoT-Plattform entwickelt, welche innovative Konzepte erforscht und realisiert, wie etwa das dynamische Deployment von KI-Lösungen auf Edge-Geräten oder auch die systematische Einbindung von Industrie 4.0 Verwaltungsschalen. Bei der Entwicklung werden die in der Umfrage und in anderen Kontexten benannten Nachteile existierender Plattformen vermieden und es werden alternative Lösungen aufgezeigt, welche die benannten Nachteile vermeiden. Beispielsweise werden systematische Konfigurationsansätze verfolgt, die grundlegende Entscheidungen wie die Auswahl von Datentransport-Protokollen, die Integration von Cloud-Ressourcen oder plattformübergreifende Verbindungen in die Hände des Benutzers legen und nicht erwünschte bzw. benötigte Verfahren aus den installierbaren Plattformfunktionalitäten entfernen.
- **Zum Thema „Mensch & KI“:** Nachvollziehbarkeit und Transparenz stellen bei KI-Lösungen für die industrielle Produktion anwendungsspezifische Herausforderungen dar. Auf der Basis eines geeigneten Erklärbarkeitsbegriffes sollen im Projekt hierfür Lösungen entwickelt werden. Dies wird von einer Sammlung von Best Practices zum Themenbereich „Mensch & KI“ z.B. zur Mitarbeiterakzeptanz unterstützt.

KI in der Produktion - Quo Vadis? So lautet die Überschrift dieses Whitepapers und so kann man knapp auch die übergeordnete Fragestellung der diskutierten Studie zusammenfassen. Aus den Antworten von 75 Unternehmen unterschiedlicher Größe konnten wir nicht nur Detailantworten sondern auch ein Stimmungsbild jenseits der Themen üblicher Umfragen gewinnen. Die Autoren hoffen, dass die identifizierten Antworten und Trends sowohl bei den zukünftigen Arbeiten im Projekt IIP-Ecosphere aber auch darüber hinaus gewinnbringend eingesetzt werden können.

Ein letzter Satz soll nachdenklich stimmen: die Diskrepanz zwischen „man will Daten anderer nutzen“ und „man will anderen seine Daten nicht zugänglich machen“ muss lieber kurz- als langfristig aufgelöst werden. Wie schon in der physischen Welt lebt die Welt der Daten noch viel mehr vom Vertrauen zwischen den Akteuren, da man Daten nicht ansieht, ob sie kopiert oder missbraucht wurden. Die Basis für das notwendige vertrauensvolle Miteinander zu schaffen, benötigt einerseits einen Ordnungsrahmen mit transparenten Bedingungen und andererseits die notwendige Fairness im unmittelbaren Umgang miteinander. Dies für eine global agierende Industrie global einzufordern und umzusetzen, erfordert ein langfristiges Engagement und Durchhaltevermögen Aller.

11 Referenzen

- [1] Bitkom, Inwieweit setzt Ihr Unternehmen bereits Big-Data-Lösungen ein bzw. plant oder diskutiert diese zukünftig zu nutzen? 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/561214>
- [2] Bitkom, Künstliche Intelligenz kommt in Unternehmen allmählich voran, 2021, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Kuenstliche-Intelligenz-kommt-in-Unternehmen-allmaehlich-voran>
- [3] Bitkom, Unternehmen erwarten gravierende Veränderungen durch KI, 2021, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Unternehmen-erwarten-gravierende-Veraenderungen-durch-KI>
- [4] Bitkom, Welche Hemmnisse sehen Sie beim Einsatz von Industrie-4.0-Anwendungen in Ihrem Unternehmen? 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/830813/umfrage/hemmnisse-beimeinsatz-von-industrie-40-anwendungen-in-deutschland/>
- [5] BMWi, Wachstumspfade bei der Digitalisierung von Geschäftsmodellen in Industrieunternehmen, 2019, <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Wachstumspfade-Digitalisierung-Gesch%C3%A4ftsmodelle.pdf>
- [6] Deloitte, Künstliche Intelligenz im Mittelstand, 2021, <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/presse/contents/ki-im-mittelstand.html>
- [7] Ernest & Young, Industrie 4.0 im deutschen Mittelstand. Befragungsergebnisse 2018.
- [8] Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0 / acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, „Expertise des Forschungsbeirats der Plattform Industrie 4.0 - Künstliche Intelligenz zur Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand“, August 2021, https://www.acatech.de/publikation/fb4-0-ki-in-kmu/?_se=ZGVua2VuYUBpZncudW5pLWVhbm5vdmVyLmRl
- [9] P. Gabriel, Potenziale der künstlichen Intelligenz im Produzierenden Gewerbe in Deutschland, Institut für Innovation und Technik, 2018, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/potenzialekuenstlichen-intelligenz-im-produzierenden-gewerbe-in-deutschland.pdf>
- [10] E. Goodness, A. Velosa, T. Friedman, E. Berthelsen, S. Kim, P. Havart-Simkin, K. Thielemann, Magic Quadrant for Industrial IoT Platforms, 2020, <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-24FUCVJS&ct=201022&st=sb>
- [11] IDC, Industrial IoT in Deutschland 2021, Aktuelle Technologien und Trends für innovative IoT-Projekte im industriellen Sektor, 2021
- [12] K. Lichtblau, T. Schleiermacher, H. Goecke, P. Schützdeller, Digitalisierung der KMU in Deutschland - Konzeption und empirische Befunde, 2018, https://www.iwconsult.de/fileadmin/user_upload/projekte/2018/Digital_Atlas/Digitalisierung_von_KMU.pdf
- [13] F. G. Müller, M. Bressner, D. Görzig, T. Röber, Industrie 4.0: Entwicklungsfelder für den Mittelstand: aktuelle Hemmnisse und konkrete Bedarfe, Fraunhofer IPA, 2016.

- [14] Plattform Industrie 4.0, Die Verwaltungsschale im Detail, 2019, <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/verwaltungsschale-im-detail-pr%C3%A4sentation.html>
- [15] H. Rauen, R. Glatz, V. Schnittler, K. Peters, M. Zollenkop, M. Lüers, L. Becker, Plattformökonomie im Maschinenbau: Herausforderungen – Chancen – Handlungsoptionen, Roland Berger, 2018, https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_plattformoekonomie_de.pdf
- [16] C. Sauer, H. Eichelberger; A. S. Ahmadian, A. Dewes J. Jürjens, Aktuelle Industrie 4.0 Plattformen – Eine Übersicht, IIP-Ecosphere Whitepaper IIP-2020/001-en, doi:10.5281/zenodo.4485756, 2021.
- [17] VDI, VDI-Statusreport Künstliche Intelligenz, Oktober 2018
- [18] VDI/VDE, VDI-Statusreport Maschinelles Lernen. Künstliche Intelligenz mit neuronalen Netzen in optischen Mess- und Prüfsystemen. 2019
- [19] Verein Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand, VDMA-Verlag, 2015.
- [20] Verein Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, VDMA IT-Report 2018 bis 2020 - Strategie, Investitionen und Trends in der Unternehmens-IT des Maschinenbaus, Auszug: https://sud.vdma.org/documents/15012668/28825507/2018-10%2520VDMA%2520IT-Report%25202018%2520bis%25202020%2520%28Auswahl%29_1548570929071.pdf/5722ad14-f727-8ad2-ed2-8f42976dde5a
- [21] Verein Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, Quick Guide: Machine Learning im Maschinen- und Anlagenbau. https://sud.vdma.org/documents/15012668/26742261/!VDMA%20Quick%20Guide_Machine%20Learning_1535375434182.pdf/f82a3951-ee87-d9f2-7702-1d20644c2349
- [22] VDW Deutsche Werkzeugmaschinenindustrie – Daten und Fakten 2019. <https://vdw.de/maerkte-und-konjunktur/>
- [23] Statistisches Bundesamt, Anteil der Beschäftigten in KMU an allen Beschäftigten in Deutschland nach Wirtschaftszweigen im Jahr 2019, in Statista, 2021, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/731946/umfrage/anteil-der-beschaeftigten-in-kmu-an-allen-beschaeftigten-in-deutschland-nach-wirtschaftszweigen/>

Über die Autoren



Dr. Claudia Niederée arbeitet als Forschungsgruppenleiterin am L3S-Forschungszentrum in Hannover. Bevor sie zum L3S kam, arbeitete sie bei Fraunhofer. Sie hat ein Diplom in Informatik und wurde an der TU Hamburg-Harburg in Informatik promoviert. Ihre Forschungsschwerpunkte sind KI, Diversität in Information, digitales Vergessen, Social-Media-Analyse und intelligente Systeme u.a. für die Produktion. Sie hat mehr als 100 wissenschaftliche Artikel veröffentlicht.



Dr. Holger Eichelberger ist stellvertretender Leiter der Arbeitsgruppe Software Systems Engineering am Institut für Informatik der Universität Hildesheim. Er forscht auf den Gebieten Software-Produktlinien, modellbasiertes Engineering, Performanz-Monitoring und Performanz-Analysen. Insbesondere interessiert er sich für die Integrationen dieser Gebiete um dadurch adaptive Software-Systeme zu erstellen. In IIP-Ecosphere leitet er den Think Tank „Plattformen“ sowie den KI-Accelerator. Er studierte Informatik an der Universität Würzburg und promovierte dort über das automatische Layout von UML-Diagrammen.

Fotograf: Daniel Kunzfeld



Hans-Dieter Schmees arbeitet als Referent für Forschung /Technik und Normung für den Fachbereich Werkzeugmaschinen des VDMA (VDW e.V.) in Frankfurt am Main u.a. für die Themengebiete Industrie 4.0 und Künstliche Intelligenz. Davor arbeitete er in mehreren Leitungspositionen bei OEMs des Maschinen- und Anlagenbaus in der Entwicklung, Projektmanagement sowie im Qualitätsmanagement in der Automobil-Zulieferer-Industrie sowie in der Marine/Offshore Branche u.a. in Deutschland und den Niederlanden. Schwerpunkte bildeten dabei: System Engineering mit Integration von Mechanik, Elektrik und Software; Entwicklung von servo-hydraulischen Systemen und Komponenten; Strömungsmechanik und die Projektierung von Steuerungen.

Er studierte Maschinenbau an der Hochschule Osnabrück sowie an der Sheffield Hallam University in Großbritannien mit einer Abschlussarbeit im Bereich der Strömungssimulation, die vom englischen Verband der Maschinenbauingenieure ausgezeichnet wurde.

Bild: VDMA



Dr. Alexander Broos ist Leiter Forschung und Technik beim Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW), dem Wirtschaftsverband der deutschen Werkzeugmaschinenindustrie. Die Abteilung Forschung und Technik befasst sich mit allen Fragen der technischen Interessenvertretung der Branche. Dazu gehören Standardisierung und politische Regulierung auf nationaler und internationaler Ebene, insbesondere in der EU. Aktuelle Themen sind beispielsweise die Regulierung zur Energie- und Ressourceneffizienz, Maschinensicherheit, Geräuschemissionen, Patentüberwachung, Exportkontrolle sowie das weite Feld der Digitalisierung und Vernetzung in der Produktion (Industrie 4.0).

Des Weiteren ist Dr. Broos der Geschäftsführer des VDW-Forschungsinstitut e.V. In dieser gemeinnützigen Forschungsvereinigung, die Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „AiF“ ist, vernetzen sich führende Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen in mehreren thematischen Arbeitskreisen. Im Rahmen der vorwettbewerblichen Gemeinschaftsforschung werden Projektideen generiert und

Forschungsprojekte durchgeführt, die die Technologieführerschaft und den Markterfolg der Werkzeugmaschinenbranche sichern.

Dr. Broos promovierte am Institut für Produktionstechnik (wbk) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), wo er zuvor auch Maschinenbau studiert hat.



Per Schreiber arbeitet am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover und hat Maschinenbau an der TU München studiert. Bevor er in IIP-Ecosphere die Projektkoordination übernahm, leitete er am IFW die Abteilung Prozessüberwachung und -regelung. Sein Forschungsschwerpunkt ist der Einsatz von sensorischen und mechatronischen Systemen in der Produktion, insbesondere in der Ultra-Präzisionsbearbeitung.