



**Fraunhofer**

IPA

Fraunhofer-Institut für Produktions-  
technik und Automatisierung IPA

# Status quo und Trends von MOM-Lösungen

Eine empirische Studie zur Veränderung von Manufacturing  
Operations Management (MOM) im Umfeld von Industrial  
Internet of Things (IIoT)

**Monika Risling, Michael Oberle, Daniel Schel**

Herausgeber: **Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl**

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart  
2025

## **Wie verändert sich das Manufacturing Operations Management (MOM) im Zeitalter von IIoT?**

Die digitale Transformation fordert von Unternehmen zunehmend flexible, datengetriebene und skalierbare Produktionslösungen. Dabei stellt sich die Frage, ob klassische MES-Lösungen diesen neuen Anforderungen noch gerecht werden können und wie zukunftsfähige Alternativen gestaltet sein sollten.

Die Studie »Status quo und Trends von MOM-Lösungen« des Fraunhofer IPA beleuchtet den aktuellen Stand sowie die wesentlichen Trends im deutschsprachigen Raum. Befragt wurden hierzu 101 Fach- und Führungskräfte aus Industrie und Softwareentwicklung. Die Ergebnisse geben umfassende Einblicke zu zentralen Themen wie dem Digitalisierungsgrad der Unternehmen, der Nutzung von Standards im MOM-Umfeld, bevorzugten Systemarchitekturen, notwendigen Funktionalitäten sowie den aktuellen Herausforderungen und bevorzugten Betreiber- und Abrechnungsmodellen.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Vorwort .....	1
1.2	Ziel der Studie .....	2
1.3	Erläuterung der Hauptbegriffe .....	3
1.4	Methodik der quantitativen Erhebung.....	3
<b>2</b>	<b>Studiendurchführung und -ergebnisse .....</b>	<b>4</b>
2.1	Teilnehmende Unternehmen und Rahmenbedingungen .....	4
2.2	Ergebnisse MOM-Standards .....	7
2.3	Ergebnisse Architektur .....	10
2.4	Ergebnisse Betreibermodell .....	14
2.5	Ergebnisse Schnittstellen/ Integration .....	18
2.6	Ergebnisse Funktionen .....	19
2.7	Ergebnisse Digitalisierungsgrad .....	21
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Impressum .....</b>	<b>28</b>

## 1.1 Vorwort

Die Fertigungsindustrie befindet sich inmitten eines tiefgreifenden Wandels, der durch die zunehmende Digitalisierung und den Einsatz von Technologien wie dem Industrial Internet of Things (IIoT) geprägt ist. Ein zentrales Konzept, das diesen Wandel begleitet, ist die Veränderung der traditionellen Automatisierungspyramide hin zu flexibleren und datengetriebenen Architekturen. Die Automatisierungspyramide, die ursprünglich eine klare hierarchische Struktur von Steuerungs- und Managementsystemen abbildete, wird zunehmend durch flache, vernetzte Strukturen ersetzt. Diese Entwicklung ist eine Reaktion auf die steigenden Anforderungen an Flexibilität, Effizienz und Echtzeitfähigkeit in der Produktion (Krzywdzinski et al. 2015; Arnold et al. 2016; Scheel und Bender 2021; Lucizano et al. 2023).

Der Expertenbericht »Umsetzung von cyber-physischen Matrixproduktionssystemen« vom Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0, Fraunhofer IWU und Fraunhofer IPA (Hellmich et al. 2022) zeigt deutlich: Deutsche Unternehmen stehen vor der Herausforderung, produktionsseitig flexibel, resilient und dennoch effizient zu agieren. Die Expertise zur Umsetzung cyber-physischer Matrixproduktionssysteme liefert ein Bild davon, wie sich Produktionsplanung, Manufacturing Execution Systems (MES) und IIoT-Technologien in der Praxis verändern. Die klassische Automatisierungspyramide wird zunehmend aufgelöst zugunsten modularer, rekonfigurierbarer Strukturen mit hoher IT-Durchdringung. Dabei geraten softwaredefinierte Steuerungssysteme in den Fokus, die dynamisch auf volatile Märkte und variantenreiche Produkte reagieren. Als Schlüssel gelten dabei digitale Zwillinge, dezentrale Steuerungen und adaptive Planungsmethoden. Der Bericht zeigt, dass vor allem Unternehmen aus der Automobil- und Elektronikindustrie mit softwarebasierten Lösungen produktivitätssteigernde Effekte erzielen konnten. Gleichzeitig verdeutlicht sie die Notwendigkeit integrierter Lösungen entlang aller Produktionsplanungsebenen und adressiert technologische sowie organisatorische Herausforderungen auf dem Weg zur digitalisierten Produktion im Sinne von Industrie 4.0. Der Trend geht klar in Richtung autonomer, adaptiver Steuerungssysteme mit einem hohen Reifegrad digitaler Technologien. Dies ist ein zukunftsweisender Schritt hin zur flexiblen, wandlungsfähigen Produktion im Sinne von Industrie 4.0.

Auch der »PPS-Report 2021« vom WZL, Fraunhofer IGCV, Fraunhofer IPMT und Fraunhofer IFA (Maetschke et al. 2022) bestätigt die zunehmende Bedeutung von Flexibilität, Robustheit und Komplexitätsbeherrschung in der Produktionsplanung. Die COVID-19-Pandemie hat die Zielgrößen verschoben. Statt Liefertreue stehen heute Auslastung und Durchlaufzeit im Fokus. Gleichzeitig erschweren Variantenvielfalt und komplexe Kapazitätssteuerung die Planung erheblich. Viele Unternehmen sehen sich von bestehenden IT-Systemen unzureichend unterstützt – entsprechend hoch ist die Bereitschaft, PPS-Prozesse zu automatisieren.

Der Expertenbericht zu Matrixproduktionssystemen und der PPS-Report gehen zwar nicht explizit auf Manufacturing Operations-Management- (MOM)-Lösungen ein, beschreibt jedoch die aktuelle und geplante Nutzung von IT-Systemen für die Produktionsplanung. Dabei wird angestrebt, durch Digitalisierung und Automatisierung die Effizienz zu steigern. Der PPS-Report zeigt, dass ein Großteil der Unternehmen plant, PPS-Tätigkeiten zu automatisieren, um die Komplexität zu beherrschen und die Produktionsziele besser zu erreichen (Maetschke et al. 2022).

Ein bedeutender Trend innerhalb dieser Transformation ist der Wechsel von MES hin zu umfassenderen MOM-Lösungen. Während MES-Systeme traditionell auf die Steuerung

und Überwachung einzelner Produktionsschritte fokussiert sind, bietet MOM eine integrierte Plattform, die sämtliche Aspekte des Fertigungsmanagements abdeckt (ZVEI 2017; Meyer-Hentschel et al. 2020).

Dennoch bringt die Implementierung von MOM-Systemen auch Herausforderungen mit sich. Die Integration modularer Architekturen, die Nutzung moderner Kommunikationsstandards und der Einsatz von Hybridlösungen aus Cloud- und Edge-Technologien erfordern ein hohes Maß an technischer Expertise, Investitionen und organisatorischem Wandel. IIoT ermöglicht die Vernetzung von Maschinen, Sensoren und Software, wodurch datengetriebene Ansätze wie Predictive Maintenance, Energieeffizienz und Produktionsoptimierung realisierbar werden (Alabadi et al. 2022; Lucizano et al. 2023).

In dieser Studie untersucht das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, wie sich MOM-Systeme im Kontext von IIoT entwickeln, welche Herausforderungen Unternehmen bei deren Einführung begegnen und welche Trends die zukünftige Entwicklung der Fertigungsindustrie prägen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Kombination von MOM und IIoT nicht nur die Effizienz und Flexibilität der Produktion steigern kann, sondern auch den Grundstein für eine datengetriebene, autonome Fertigung legt. Zugleich wird deutlich, dass viele der teilnehmenden Unternehmen noch am Anfang ihrer digitalen Transformation stehen und in den kommenden Jahren erhebliche Investitionen erforderlich sein werden, um das volle Potenzial dieser Technologien auszuschöpfen.

## 1.2 Ziel der Studie

Der Forschungsbereich IT-Systeme des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA hat die vorliegende empirische Studie zur Veränderung von Manufacturing Operations Management (MOM) im Umfeld von Industrial Internet of Things (IIoT) durchgeführt. Sie adressiert produzierende Unternehmen sowie Hersteller von relevanten Softwarelösungen in diesem Kontext. Ziel der Studie ist es, den Status quo und Trends von MOM-Lösungen im deutschsprachigen Raum zu identifizieren. Die Umfrage ist in fünf inhaltliche Blöcke mit den Themen Digitalisierungsgrad, Standards, Architektur, Betreibermodell und Funktionalitäten unterteilt.

## 1.3 Erläuterung der Hauptbegriffe

Ein **Manufacturing Execution System** (MES), auch Produktionsleitsystem, ist Teil einer Fertigungsmanagementlösung und operiert als prozessnahe Ebene. Sie ist somit für die Produktionssteuerung verantwortlich. Das MES ist direkt an die Betriebsprozesse angebunden und ermöglicht die Fertigungskontrolle in Echtzeit. Zudem werden mit dem MES Daten von Fertigungsprozessen erfasst, welche dazu genutzt werden können, die Prozesse zu optimieren und Fehler im Ablauf zu erkennen (VDI 5600).

**Manufacturing Operations Management** (MOM) ist eine ganzheitliche Fertigungsmanagementlösung, die einen vollständigen Einblick in die Fertigungsprozesse ermöglicht, um die Performance von Fertigungsprozessen kontinuierlich verbessern zu können. MOM bezeichnet die Gesamtheit der Aktivitäten zur Steuerung, Überwachung und Optimierung von Produktionsprozessen. Ziel ist die effiziente Umsetzung von Produktionsplänen durch Funktionen wie Produktionsausführung, Qualitätsmanagement, Instandhaltung und Lagerverwaltung, als Bindeglied zwischen Unternehmens- und Fertigungsebene (DIN EN 62264-1).

Das **Industrial Internet of Things** (IIoT) bezieht sich auf miteinander verbundene Sensoren, Instrumente und andere Geräte, die mit Computern für industrielle Anwendungen, einschließlich Fertigungs- und Energiemanagement, vernetzt sind. Diese Konnektivität ermöglicht die Sammlung, den Austausch und die Analyse von Daten (Karmakar et al. 2019).

## 1.4 Methodik der quantitativen Erhebung

Die quantitative empirische Erhebung wurde online durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in eine tabellarische Form und schließlich in Diagramme überführt.

Die Fragen wurden überwiegend geschlossen konzipiert und dort, wo die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten nicht als vollständig erachtet wurden, durch optionale Freitextfelder ergänzt. In einigen Fällen wurde stattdessen die Antwortoption „keine Angabe“ hinzugefügt, um der Heterogenität der Stichprobe Rechnung zu tragen. Hauptsächlich kamen Nominalskalen zum Einsatz, bei denen die Teilnehmenden aus verschiedenen Kategorien wählen konnten. Ergänzend wurden vereinzelt auch Ordinal- sowie Ratoskalen verwendet, um differenziertere Einschätzungen zu ermöglichen. Falls Ordinal- oder Ratoskalen verwendet wurden, ist dies in den Ergebnisdarstellungen jeweils anhand der aufgeführten Antwortmöglichkeiten ersichtlich. Zur Verbreitung des Web-Surveys wurden E-Mail-Werbung und mehrere LinkedIn-Beiträge eingesetzt. Die primäre Reichweite wurde über einen E-Mail-Verteiler erzielt, der sich an freiwillig am Fraunhofer IPA gemeldete Kontakte richtete, insbesondere an Akteure aus dem MOM-Anwender- und -Anbieterkreis. Die Bildung einer Interferenzstatistik und eine Übertragung auf die Gesamtheit der Unternehmen in Deutschland ist somit nicht möglich. Die hier dargestellten Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die befragten Unternehmen bzw. deren Mitarbeitende.

## 2 Studiendurchführung und -ergebnisse

Dieser Abschnitt stellt die befragten Unternehmen und deren Rahmenbedingungen vor und präsentiert alle Auswertungen der Fragen des Web-Surveys. Die Datenerhebung erfolgte im Zeitraum von 09.12.2022 bis 21.12.2022. Die Auswertung fand im ersten und zweiten Quartal 2023 statt. Die wichtigsten Ergebnisse wurden in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung festgehalten und eingeordnet (Oberle et al. 2023). Die Auswertung in der jetzigen Form erfolgte im Jahr 2024. Eine weitere Umfrage wird 2025 durchgeführt, um die Trends und Ergebnisse zu vergleichen. Insgesamt haben 101 Personen an der Studie teilgenommen und Ihre Antworten abgeschickt. 96 Personen haben dabei alle Fragen der Web-Umfrage vollständig ausgefüllt. Die Anzahl der Antworten zu jeder Frage ist in jedem Antworten-Abschnitt über die Variable  $n$  dargestellt. In den Grafiken ist stets die Antwort links und die Anzahl der befragten Teilnehmenden, die diese gewählt haben, rechts zu sehen, getrennt durch ein Semikolon.

### 2.1 Teilnehmende Unternehmen und Rahmenbedingungen

Die Umfrage beginnt mit vier Fragen zum persönlichen Hintergrund der befragten Personen, die für die nachfolgenden inhaltlichen Fragen in einen Kontext zu setzen waren. Es werden die Unternehmensgröße, die Branche, die Rolle bezüglich MES, MOM bzw. IIoT und die persönliche Position innerhalb einer Organisation abgefragt.

#### 2.1.1 Wie viele Mitarbeitende beschäftigt das Unternehmen, für das Sie arbeiten?

Abbildung 2.1.1 zeigt die Verteilung der Unternehmensgrößen, in denen die befragten Personen beschäftigt sind. Insgesamt stammen 73,2 % der Teilnehmenden aus Konzernen und Großunternehmen. Darüber hinaus nahmen 16 Personen aus kleinen und mittelständischen Unternehmen an der Umfrage teil. Acht Teilnehmende (8,2 %) arbeiten in einem Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitenden. Weitere 13 Personen (13,4 %) sind in Unternehmen mit 50 bis 250 Mitarbeitenden tätig. Fünf Befragte (5,2 %) gaben an, in einem Unternehmen mit 251 bis 500 Mitarbeitenden zu arbeiten. Weitere 16 Teilnehmende (16,5 %) sind in Unternehmen mit 501 bis 3000 Mitarbeitenden beschäftigt. Insgesamt arbeiten somit 42 der Befragten (43,3 %) in Unternehmen mit maximal 3.000 Mitarbeitenden. Vier Teilnehmende haben keine Angaben zu der Unternehmensgröße gemacht.

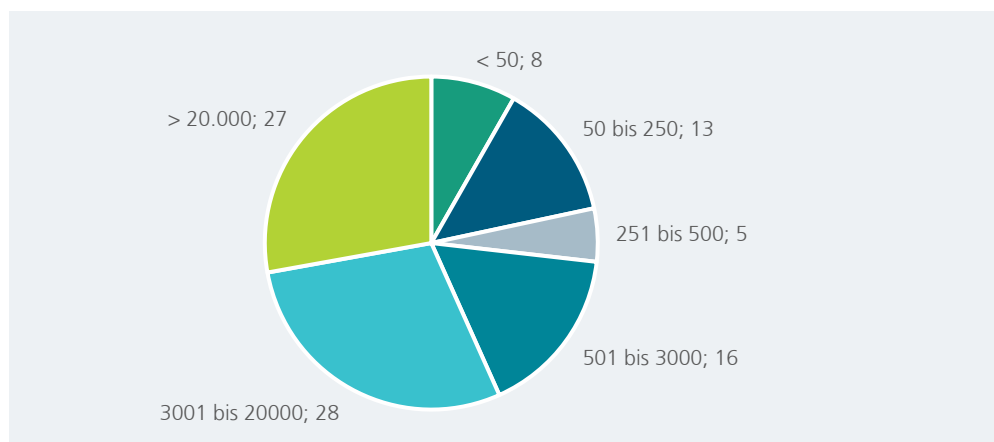


Abbildung 2.1.1:  
Wie viele Mitarbeitende  
beschäftigt das Unterneh-  
men, für das Sie arbei-  
ten? (n=97)

## 2.1.2 In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?

Abbildung 2.1.2 zeigt die Verteilung der Branchen, in denen die Unternehmen tätig sind, bei denen die befragten Personen arbeiten. Der größte Anteil der Befragten mit 22 Antworten (22,9 %) arbeitet in der Automobilindustrie, 20 Personen (21,3 %) arbeiten in der Branche Elektrotechnik und Elektronik und 19 Personen sind (19,8 %) im Maschinen- und Anlagenbau tätig. 11 Antworten (11,5 %) gaben über das Freitextfeld „Sonstiges“ weitere Branchen an, die im unteren Diagramm von Abbildung 2.1.2 dargestellt sind. Fünf Personen haben keine Angabe zu der Branche des Unternehmens gemacht, davon eine Person durch eine leere Angabe im Feld „Sonstiges“.

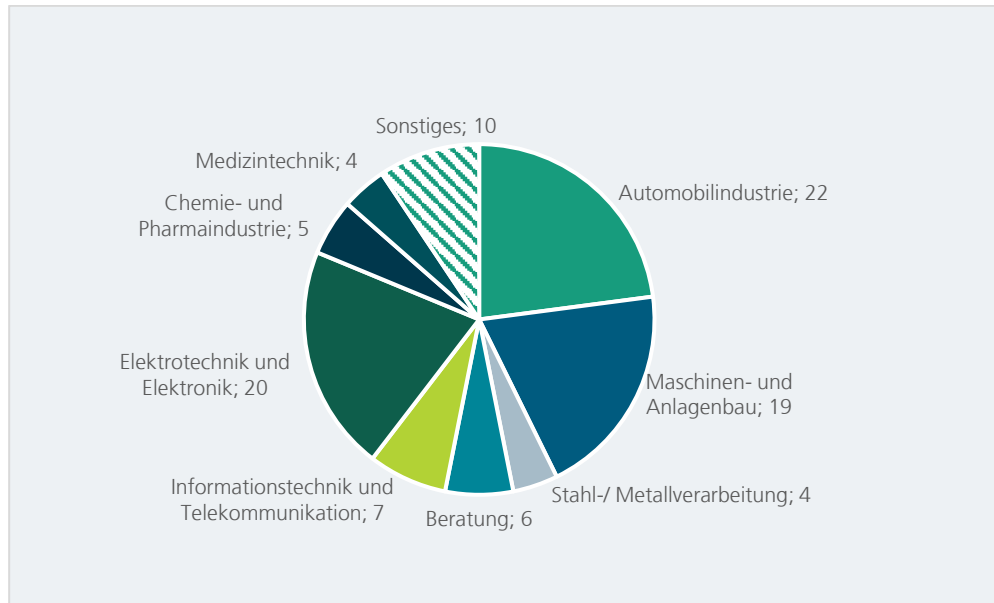
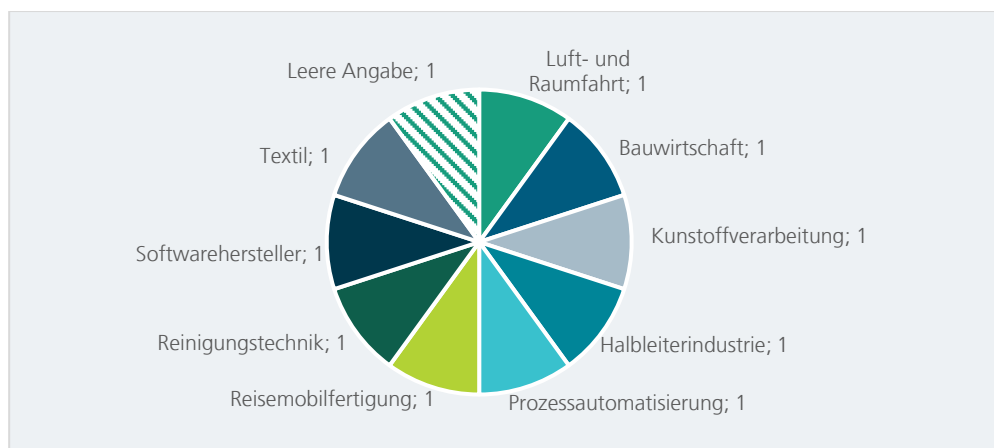


Abbildung 2.1.2:  
In welcher Branche ist Ihr  
Unternehmen tätig?  
(n=97)



Aufteilung der Antwort  
„Sonstiges“ (n=10)

### 2.1.3 Welche Rolle hat Ihr Unternehmen im Kontext MES-, MOM- oder IloT-Lösungen?

Die dritte Frage erfasst die Rolle der Unternehmen bezüglich MES-, MOM- oder IloT-Lösungen. Mit 74 Antworten (74,7 %) machen die Nutzende von MES-, MOM- oder IloT-Systemen, und somit produzierende Unternehmen, die größte Gruppe aus. Abbildung 2.1.3 zeigt zudem, dass 14 Antwortende (14,1 %), die produzierenden Unternehmen 21M-/MES- oder IloT-Plattform-Anbietende an der Umfrage teilnahmen.

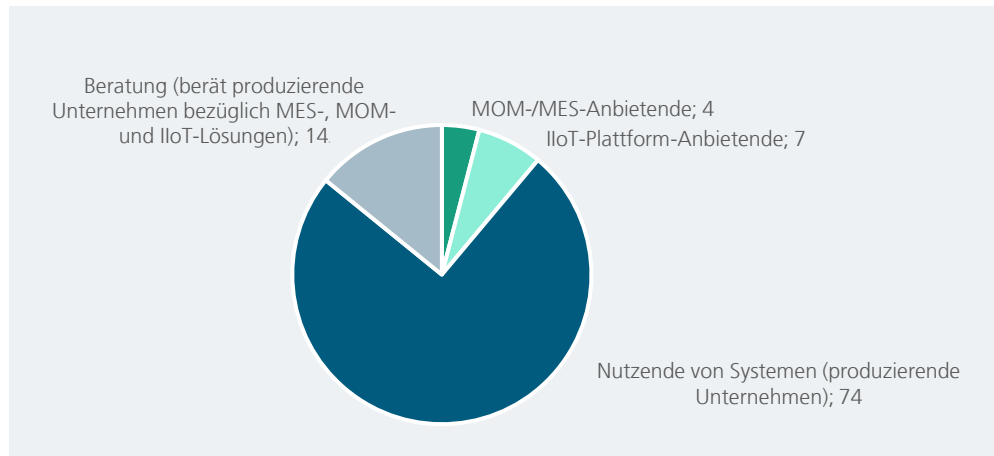


Abbildung 2.1.3:  
Welche Rolle hat Ihr Unternehmen im Kontext MES-, MOM- oder IloT-Lösungen? (n=99)

### 2.1.4 In welcher Position sind Sie tätig?

Die letzte personenbezogene Frage erfasst die Position der befragten Personen innerhalb ihrer Organisation. Mit 48 (48 %) Antworten bildet die Bereichsleitung bzw. Abteilungsleitung die größte Gruppe, gefolgt von 21 (21 %) Prozess-/ Projekt- und EntwicklungsingenieurInnen. Abbildung 2.1.4 zeigt zudem, dass sich unter den befragten Personen 11 MeisterInnen bzw. Teamleitung (11 %) befinden und 10 (10 %) Personen den Vorstand oder die Geschäftsführung repräsentieren.

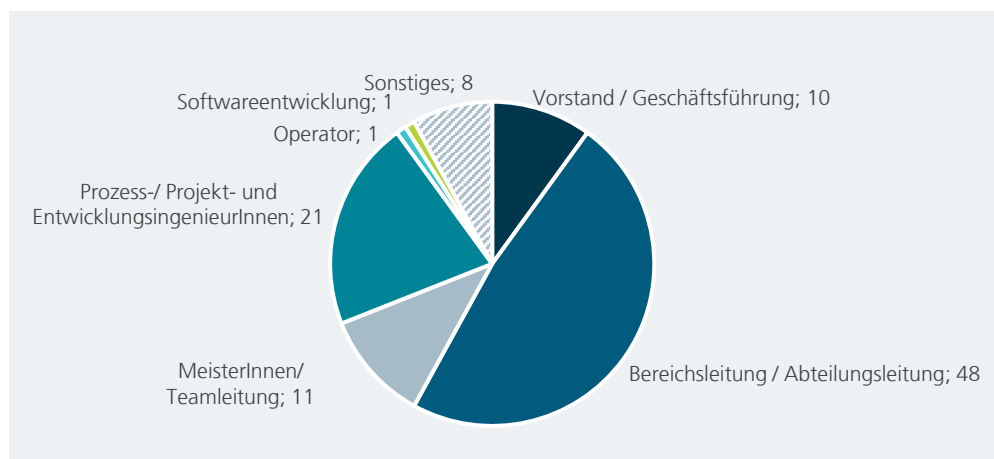


Abbildung 2.1.4:  
In welcher Position sind Sie tätig? (n=100)

## 2.2 Ergebnisse MOM-Standards

Durch die Fragen, die in diesem Abschnitt aufgeführt sind, wird geprüft, ob Standards im MOM-Umfeld relevant sind oder nur wenig praktische Relevanz haben.

Betrachtet werden hierbei zunächst die vier bekanntesten Standards im MES/MOM-Umfeld. Die VDI 5600 ist ein deutscher Industriestandard und beschreibt die Aufgaben und den Nutzen von MES bzw. MOM. Diese Richtlinie greift die bestehenden Konzepte der MESA auf und erweitert diese durch Aspekte, welche die Belange der europäischen Fertiger abbildet (VDI 5600).

Die IEC 62264 ist ein internationaler Standard, der sich mit der Integration von MES/MOM-Systemen in ein IoT-Umfeld beschäftigt. Er dient dabei als Standard für die Entwicklung von interoperablen und standardisierten IoT-Lösungen in der Industrie und wird vor allem im internationalen Zusammenhang als Grundlage verwendet (DIN EN 62264-1).

Die Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA) ist eine internationale Organisation, die sich mit der Standardisierung und Optimierung von Fertigungsprozessen befasst. Im Bereich der Manufacturing Execution Systems (MES) hat MESA mehrere Modelle entwickelt, die als Referenz für die Definition und Implementierung von MES-Funktionen dienen. Das ursprüngliche MESA-11-Modell identifizierte elf zentrale MES-Funktionen, darunter Produktionsplanung, Ressourcenmanagement und Qualitätskontrolle. Spätere Modelle, wie das Collaborative MES (C-MES), erweiterten diesen Ansatz, indem sie die Integration von MES mit anderen Unternehmenssystemen betonten.

NAMUR ist eine Interessengemeinschaft aus der Automatisierungstechnik, die sich mit der Standardisierung und Optimierung von Automatisierungstechnologien beschäftigt. Im Kontext von MES-Systemen bietet NAMUR in Form der Arbeits- und Empfehlungsschriften der Reihen NA und NE praxisnahe Richtlinien und Leitfäden. Dazu zählen etwa die Definition zentraler MES-Funktionen (NA 094), die strukturierte Einführung und Planung von MES (NA 110, NA 128) sowie Empfehlungen zur Integration von MES mit Batch-Systemen (NE 141). Diese Dokumente dienen als praxisorientierte Orientierungshilfen für den zielgerichteten Einsatz von MES in der Prozessindustrie.

Zudem wird die Nutzung von Gaia-X Federated Services (GXFS) und der Asset Administration Shell (AAS) in diesem Abschnitt untersucht. Gaia-X ist eine europäische Initiative, die den Aufbau einer föderierten, sicheren und interoperablen Dateninfrastruktur zum Ziel hat. Sie ermöglicht es, Daten und Dienste in einer vertrauenswürdigen Umgebung bereitzustellen, zu teilen und gemeinsam zu nutzen. Dabei behalten die Dateninhaber stets die Kontrolle über ihre Daten, die dezentral gespeichert bleiben. Gaia-X basiert auf europäischen Werten wie DSGVO-Konformität, Datensouveränität, Transparenz und Open-Source-Technologie. Ziel ist es, Unternehmen, insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), zu befähigen, neue datenbasierte Geschäftsmodelle zu entwickeln, ohne in Abhängigkeit von einzelnen Anbietern zu geraten (Vendor Lock-In). Durch die Definition gemeinsamer Standards und Schnittstellen verbindet Gaia-X verschiedene Cloud-Anbieter und Organisationen zu einem vertrauenswürdigen, interoperablen digitalen Ökosystem (Konietzko et al. 2022).

### 2.2.1 Inwieweit berücksichtigen Sie die folgenden Standards in der MOM-Lösung Ihres Unternehmens (bzw. Ihres Produkts, wenn Sie Anbieter sind)?

Bezüglich der praktischen Relevanz der Standards VDI 5600, IEC 62264 (hervorgegangen aus ISA-95), des MESA-Modells sowie der NAMUR-Empfehlungen im MOM-Umfeld verdeutlicht Abbildung 2.2.1, dass diese Normen insgesamt nur geringe Bekanntheit genießen. Am bekanntesten ist der Standard VDI 5600: Dieser ist 26 % der befragten Personen ein Begriff und damit deutlich verbreiteter als die übrigen genannten Standards.

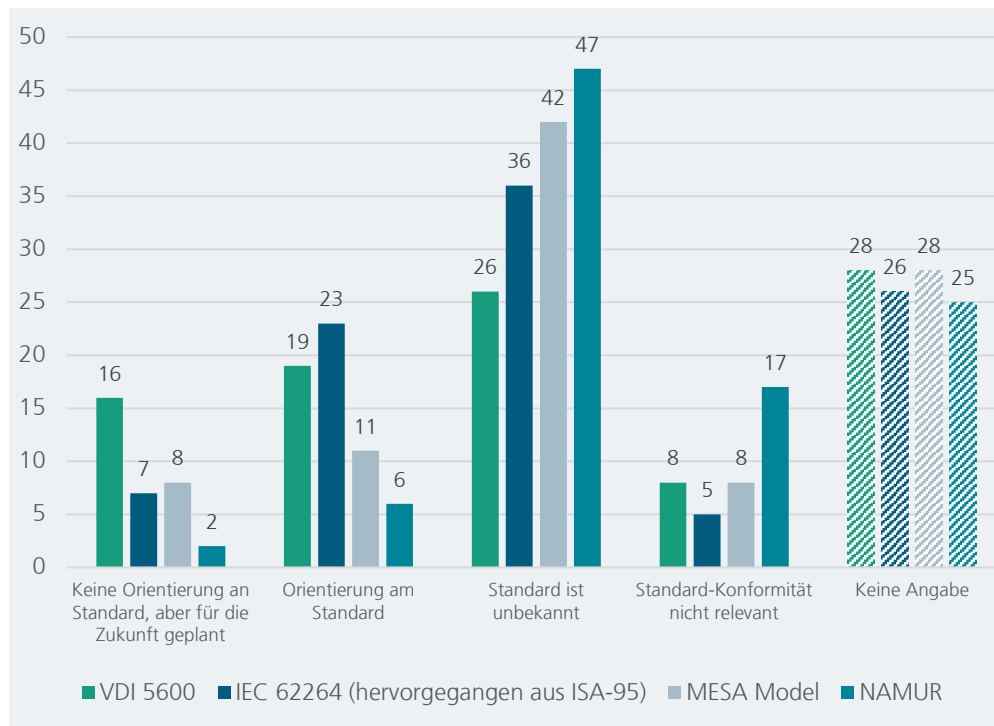


Abbildung 2.2.1:  
Inwieweit berücksichtigen Sie die folgenden Standards in der MOM-Lösung Ihres Unternehmens (bzw. Ihres Produkts, wenn Sie Anbieter sind)? (n=100)

### 2.2.2 Inwieweit planen Sie die folgenden Standards in Ihrem Unternehmen (bzw. Ihrem Produkt, wenn sie Anbieter sind) zu nutzen?

Die Standards Gaia-X Federated Services (GXFS) und die Verwaltungsschale (Asset Administration Shell, AAS) sind einem Großteil der Befragten nicht bekannt. Wie Abbildung 2.2.2 zeigt, kennen 44 % die Verwaltungsschale nicht, während 51 % keine Kenntnis von GXFS haben. Auch wenn die Standards bekannt sind, wird eine Umsetzung in den meisten Fällen nicht angestrebt. Es geben 34 % der Teilnehmenden an, die AAS zu kennen, sie jedoch weder zu nutzen noch deren Einsatz zu planen. GXFS ist 30 % der Befragten bekannt, wird zum Zeitpunkt der Erhebung jedoch ebenfalls weder eingesetzt noch für eine künftige Nutzung vorgesehen.

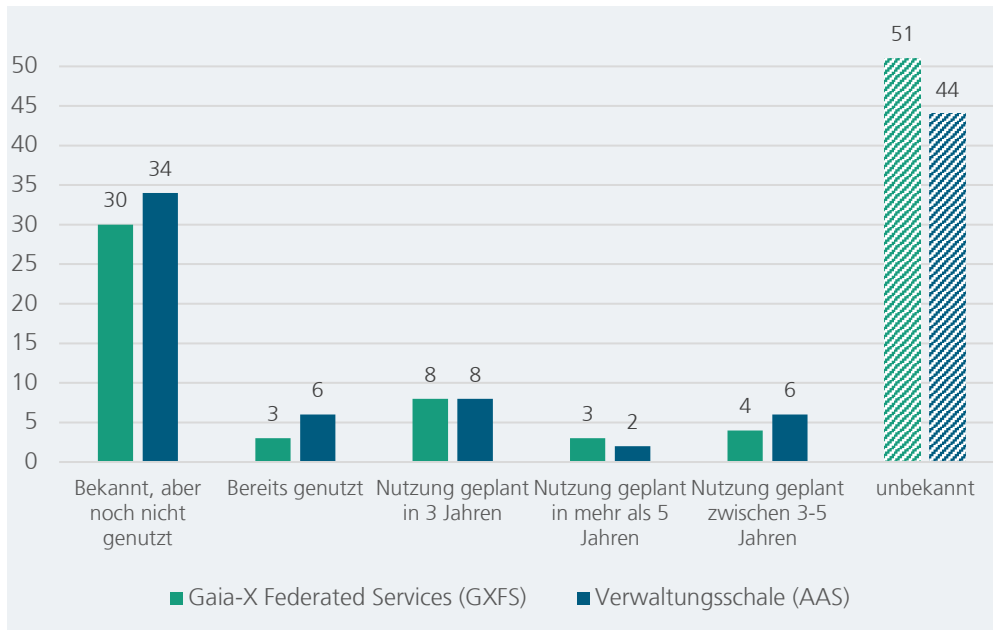


Abbildung 2.2.2: Inwieweit planen Sie die folgenden Standards in Ihrem Unternehmen (bzw. Ihrem Produkt, wenn Sie Anbieter sind) zu nutzen? (n=100)

## 2.3 Ergebnisse Architektur

In diesem Abschnitt wird untersucht, wie aktuelle und zukünftige Architekturen von MOM-Lösungen in der Industrie bewertet werden. Dazu gehören Fragen zur konkreten Ausgestaltung bestehender MOM-Lösungen, zur erwarteten Relevanz von MOM- und IIoT-Plattformen in verschiedenen Anwendungsfällen sowie zur Einschätzung von Herausforderungen bei modular aufgebauten MOM-Systemen. Ergänzend wurde die Rolle von IIoT als potenzielle technologische Grundlage für künftige MOM-Architekturen thematisiert.

### 2.3.1 Wie ist die MOM-Lösung in Ihrem Unternehmen (bzw. bei ihren produzierenden Kunden, wenn Sie Anbieter sind) aufgebaut?

Abbildung 2.3.1 zeigt, dass 42% der Teilnehmenden angegeben haben, aktuell als MOM-Lösung ein monolithisches Kernsystem mit Ergänzungen durch einzelne Dienste einzusetzen bzw. anzubieten und 53% dies für die nahe Zukunft (drei Jahre oder weniger) planen. Die Planung der kommenden fünf Jahre sieht bei der Hälfte (50%) eine Aufteilung in eigenständige Softwaredienste und somit eine Gesamtlösung aus mehreren Einzelbausteinen vor.

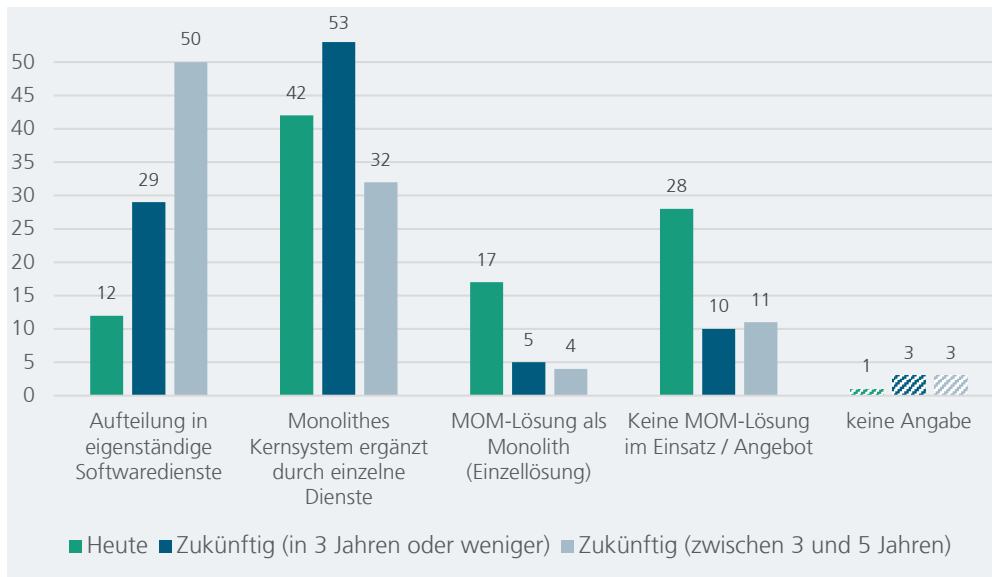


Abbildung 2.3.1:  
Wie ist die MOM-Lösung  
in Ihrem Unternehmen  
(bzw. bei Ihren produzie-  
ren Kunden, wenn Sie  
Anbieter sind) aufge-  
baut? (n=100)

### 2.3.2 Schätzen Sie die zukünftige (in fünf Jahren oder weniger) Notwendigkeit von MOM- und IloT-Plattformen (in der Antwort als IloT abgekürzt) für ausgewählte Use Cases ein.

Aus Abbildung 2.3.2 lässt sich ableiten, inwieweit MOM- und IloT-Plattformen künftig für verschiedene Use Cases als erforderlich eingeschätzt werden. Die Einschätzung wurde für die Anwendungsbereiche Intralogistik, Montage, Wartung, Qualitätssicherung, Rüsten, Produktionsplanung und -steuerung, Lagerverwaltung sowie Energiemanagement abgefragt.

Die höchste Zustimmung erhielt die Auswahl, dass beide Plattfortmtypen gleichermaßen notwendig sind. Besonders ausgeprägt war dies in den Anwendungsfällen Intralogistik (51 %), Qualitätssicherung (48 %), Wartung (45 %) und Energiemanagement (45 %). Neben dieser starken Präferenz für kombinierte Lösungen zeigt sich auch eine signifikante Gruppe, die vor allem MOM-Plattformen für erforderlich hält. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Rüsten (33 %), Montage (30 %), Lagerverwaltung (30 %) sowie Produktionsplanung und -steuerung (30 %), in denen MOM-Plattformen tendenziell als wichtiger eingeschätzt wurden als IloT-Lösungen. Anwendungsfälle, in denen vorwiegend IloT-Technologien als notwendig betrachtet werden, sind insbesondere Wartung und Energiemanagement – jeweils mit einem Anteil von 28 %.

Nur ein kleiner Anteil der Befragten sah ausschließlich MOM- oder IloT-Plattformen als die beste Auswahlmöglichkeit an (1 % bis 3 %). Ebenso gering ist der Anteil derjenigen, die beide Plattformen als irrelevant einstufen oder den jeweiligen Anwendungsfall insgesamt für nicht relevant halten (1 % bis 6 %). Insgesamt zeigt sich, dass MOM- und IloT-Plattformen in den meisten Anwendungsbereichen aus Sicht der Befragten eine zentrale Rolle spielen. Die Kombination beider Technologien wird meist bevorzugt, wobei je nach Use Case zeigen sich auch deutliche Unterschiede in der Gewichtung.

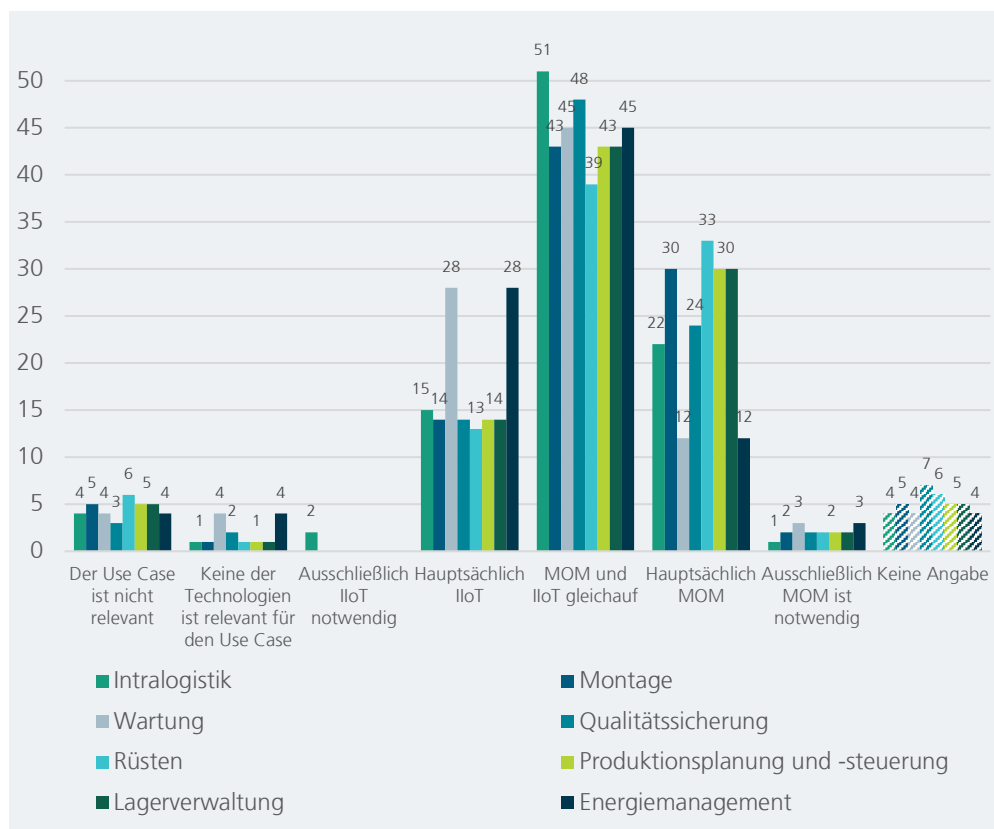


Abbildung 2.3.2: Schätzen Sie die zukünftige (in fünf Jahren oder weniger) Notwendigkeit von MOM- und IloT-Plattformen (in der Antwort als IloT abgekürzt) für folgende Use Cases ein. (n=100)

### 2.3.3 Angenommen die MOM-Lösung besteht aus vielen Einzellösungen, auch verschiedener Anbieter. Was ist aus Ihrer Sicht hierbei die größte Herausforderung?

Die Ergebnisse der Studie zeigen, welche Herausforderungen bei modular aufgebauten MOM-Systemen aus Sicht der Befragten als besonders relevant eingeschätzt werden. Um eine Priorisierung zu ermöglichen, konnten die Teilnehmenden jeweils bis zu drei Herausforderungen auswählen.

Insgesamt gaben 60 % der Befragten an, dass die Integration der Einzellösungen zu einer funktionierenden Gesamtlösung die zentrale Herausforderung darstellt. Auf Platz zwei folgt die übergreifende Auswertbarkeit der Daten, die von 44 % genannt wurde. Die Wartung der Gesamtlösung wurde von 35 % als kritisch eingestuft, dicht gefolgt vom Thema Management und Betrieb, das 34 % der Teilnehmenden als Herausforderung benannten. Diese Ergebnisse machen deutlich, dass neben der technischen Integration vor allem Datennutzung und Systembetrieb als zentrale Herausforderungen bei modularen MOM-Architekturen auftreten.

Eine differenzierte Betrachtung der Perspektiven von Nutzenden und Anbietenden (vgl. Abbildung 2.3.3) zeigt dabei unterschiedliche Schwerpunktsetzungen. Nutzende fokussieren stärker auf Integrationsaufwand und Betriebskomplexität, was ihre direkte Verantwortung für funktionierende Systemlandschaften widerspiegelt. Anbieter hingegen sehen größere Herausforderungen in der übergreifenden Datenverfügbarkeit und Auswertbarkeit, was auf ihre Perspektive in der Systementwicklung und Integration von Teillösungen hinweist.

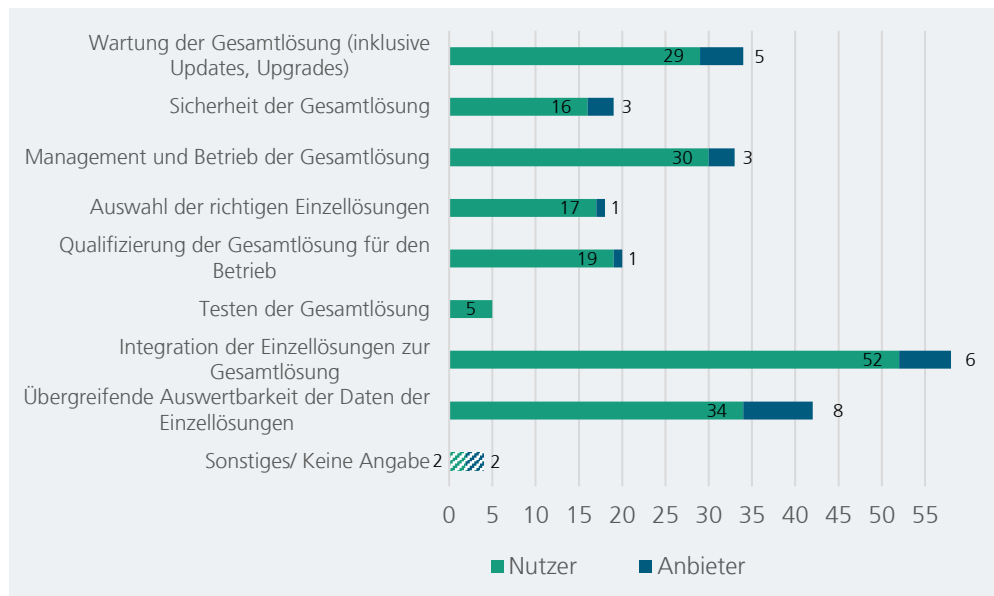


Abbildung 2.3.3: Angenommen, die MOM-Lösung besteht aus vielen Einzellösungen, auch verschiedener Anbieter. Was ist aus Ihrer Sicht hierbei die größte Herausforderung? (n=96)

### 2.3.4 Inwiefern stimmen Sie folgender Aussage zu: IIoT ist die ideale und zukünftige Grundlage für MOM-Lösungen.

Abbildung 2.3.4 zeigt, dass eine deutliche Mehrheit der Befragten IIoT als zukünftige Grundlage für MOM-Lösungen betrachtet – insbesondere unter Nutzern (41 %) und Anbietern (46 %). Ein signifikanter Teil äußerte sich unentschieden, während nur wenige die Aussage ablehnten.

Wie bereits in der vorherigen Fragestellung deutlich wurde, stellen die Integration von Einzellösungen sowie die übergreifende Auswertbarkeit von Daten zentrale Herausforderungen im Umgang mit MOM-Systemen dar.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass IIoT-Plattformen im Zusammenhang mit diesen Herausforderungen von vielen Befragten als relevante technologische Grundlage zukünftiger MOM-Lösungen angesehen werden.

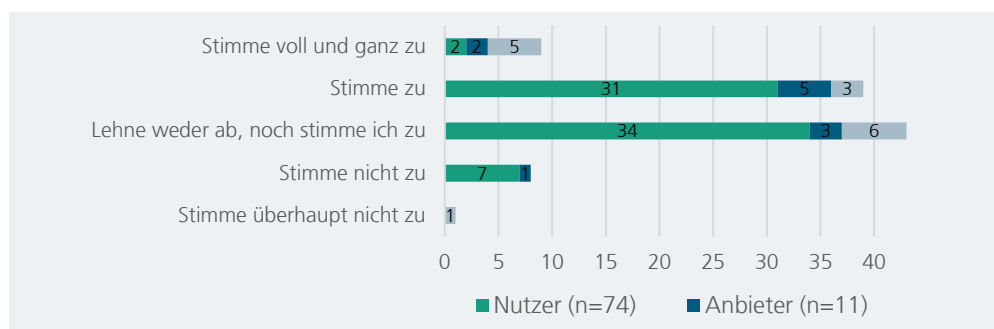


Abbildung 2.3.4:  
Inwiefern stimmen Sie  
folgender Aussage zu:  
IIoT ist die ideale und zu-  
künftige Grundlage für  
MOM-Lösungen? (n=100)

## 2.4 Ergebnisse Betreibermodell

In diesem Abschnitt wird untersucht, wie MOM-Lösungen zukünftig betrieben werden sollen, um den Anforderungen der Fertigung gerecht zu werden. Im Mittelpunkt steht dabei die Einschätzung der Befragten zur Nutzung von Cloud und Edge. Ergänzend wird erhoben, welche Abrechnungsmodelle (z.B. Pay-per-Use, SaaS oder klassische Lizenzierung) im Kontext dieser Betriebsmodelle bevorzugt werden.

### 2.4.1 Wie soll Ihre MOM-Lösung betrieben werden?

Wie in Abbildung 2.4.1 a bis c dargestellt, bevorzugt die Mehrheit der Befragten sowohl heute als auch in Zukunft eine hybride nationale Bereitstellung der MOM-Lösung. Aktuell liegt der Anteil bei 57 %, für die nächsten drei Jahre wird ein Anteil von 52 % erwartet und soll im Zeitraum von drei bis fünf Jahren bei 48 % liegen.

Auch die hybride internationale Bereitstellung gewinnt im Zeitverlauf an Bedeutung: Der heutige Anteil liegt bei 14 %, steigt auf 21 % in den nächsten drei Jahren und auf 27 % im Zeitraum von drei bis fünf Jahren.

Demgegenüber erhält die ausschließliche Nutzung der Public Cloud, ob national oder international, nur geringe Zustimmung. Der Anteil für eine rein nationale Public-Cloud-Lösung liegt aktuell bei 11 % und steigt moderat auf 12 % (in drei Jahren) bzw. 14 % (in drei bis fünf Jahren). Für internationale Public-Cloud-Bereitstellungen liegt die Zustimmung bei 7 % heute, 8 % in drei Jahren und 6 % in drei bis fünf Jahren.

Aus Nutzersicht (2.4.1 b, n=74) dominiert heute und künftig die hybride Lösung (Edge + Public Cloud), gefolgt von hybriden internationalen Lösungen. Public-Cloud-Modelle spielen eine untergeordnete Rolle. Die Betriebsseite (2.4.1 c, n=11) bestätigt diesen Trend, wobei auch hier hybride Modelle bevorzugt werden. Zukünftig ist ein leichter Anstieg bei Public Cloud sichtbar. Insgesamt zeigt sich, dass Unternehmen vorrangig auf hybride Ansätze setzen, mit steigender Bedeutung internationaler Lösungen, während reine Public-Cloud-Modelle nur langsam an Relevanz gewinnen.

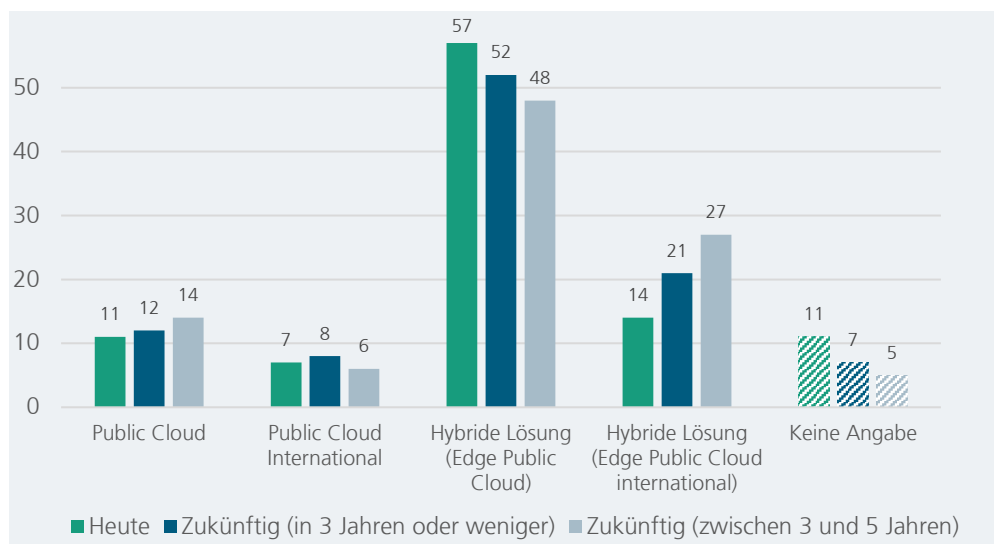


Abbildung 2.4.1a:  
Wie soll Ihre MOM-Lösung betrieben werden?  
(n=100)

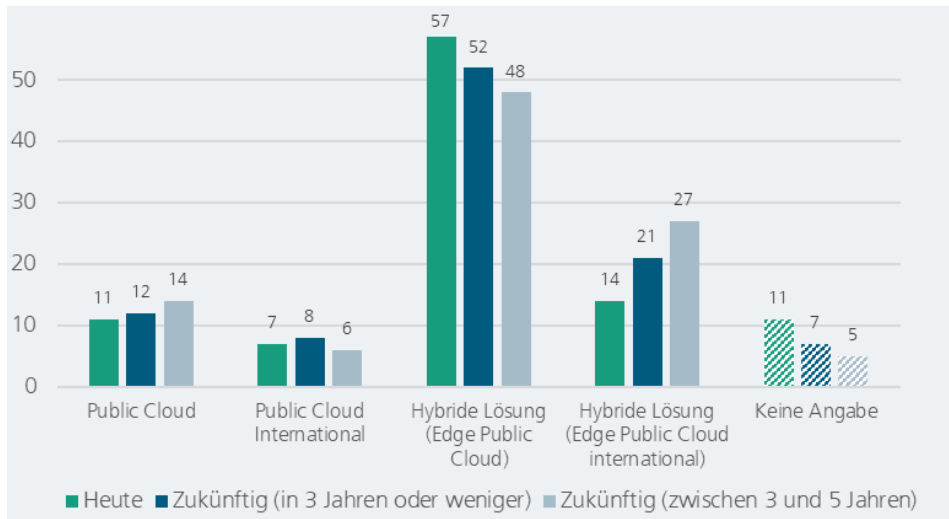


Abbildung 2.4.1b:  
Wie soll Ihre MOM-Lösung betrieben werden?  
Nutzenden Sicht (n=74)

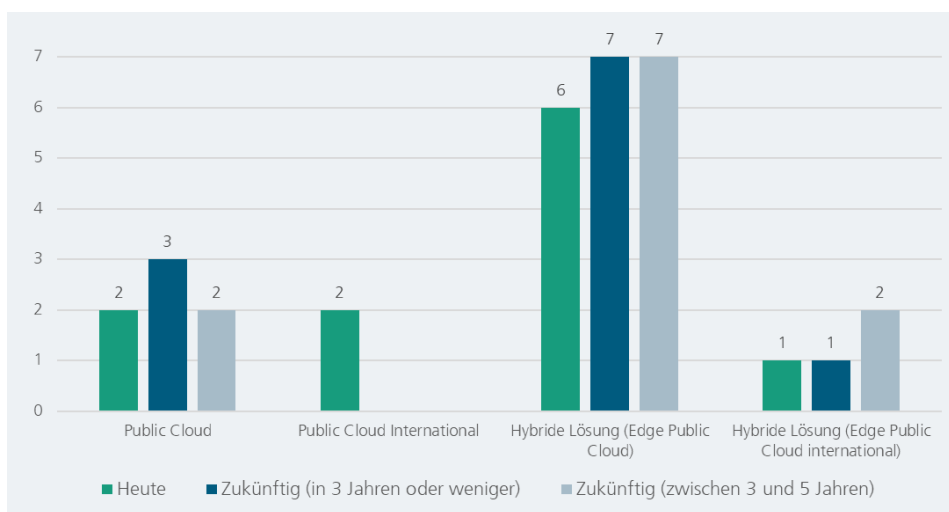


Abbildung 2.4.1c:  
Wie soll Ihre MOM-Lösung betrieben werden?  
Anbietende Sicht (n=11)

## 2.4.2 Welches Abrechnungsmodell bevorzugen Sie für die MOM-Lösung Ihrer Organisation?

Für diese Fragestellung wurden die Teilnehmenden gebeten, verschiedene Abrechnungsmodelle nach ihrer individuellen Präferenz zu ordnen. Wie in Abbildung 2.4.2 dargestellt, wurde die einmalige Kauflizenz von 39 % der Befragten an erster Stelle priorisiert und war damit die am häufigsten ausgewählte Modell. Das jährlich abgerechnete Abonnementmodell belegte bei 19 % den ersten Platz, wurde jedoch zusätzlich von weiteren 20 % an zweiter Stelle genannt. Damit zählt es insgesamt ebenfalls zu den bevorzugten Modellen.

Aus Sicht der Nutzenden (Abb. 2.4.2 b, n=74) dominiert die hybride Lösung mit Edge und Public Cloud deutlich – heute sowie in naher und ferner Zukunft. Auch internationale hybride Lösungen gewinnen an Bedeutung. Public Cloud und Public Cloud International spielen nur eine geringe Rolle. Die Perspektive der Betreibenden (Abb. 2.4.2 c, n=11) bestätigt diesen Trend: Hybride Lösungen sind bevorzugt, insbesondere Edge + Public Cloud. Öffentliche Cloudlösungen zeigen nur geringe Nutzung sowie niedrige Wachstumsprognosen. Insgesamt zeigt sich eine klare Präferenz für hybride Betriebsmodelle mit wachsender internationaler Ausrichtung über die Zeit.

ChatGPT fragen

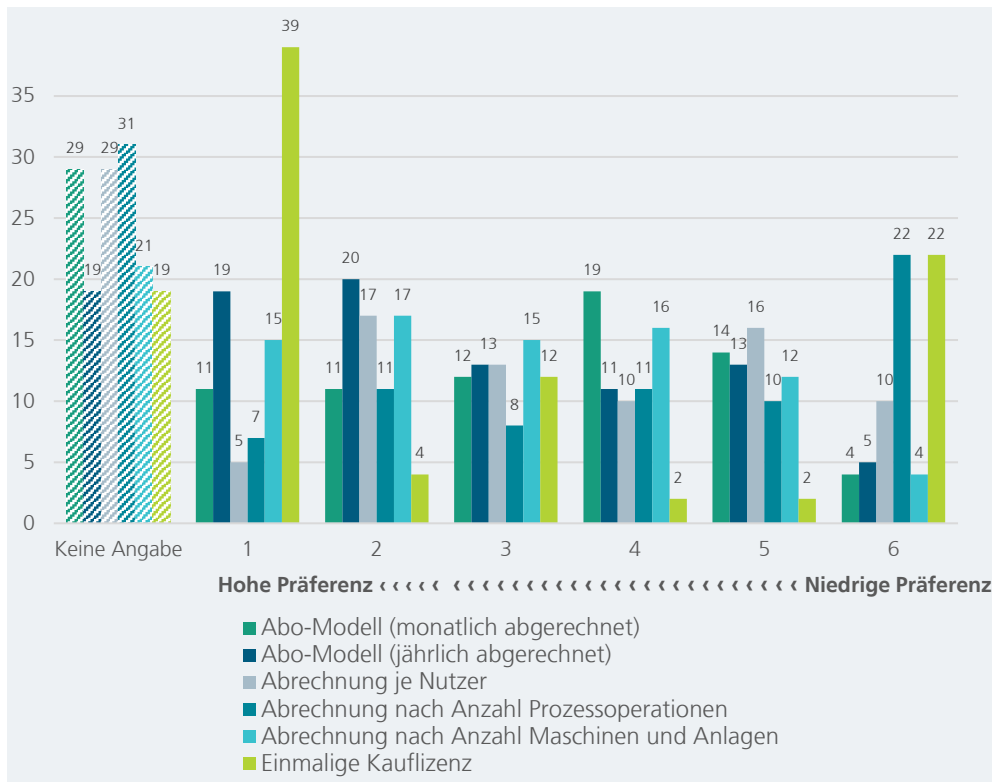


Abbildung 2.4.2:  
Welches Abrechnungsmodell bevorzugen sie für die MOM-Lösung in Ihrer Organisation? (n=100)

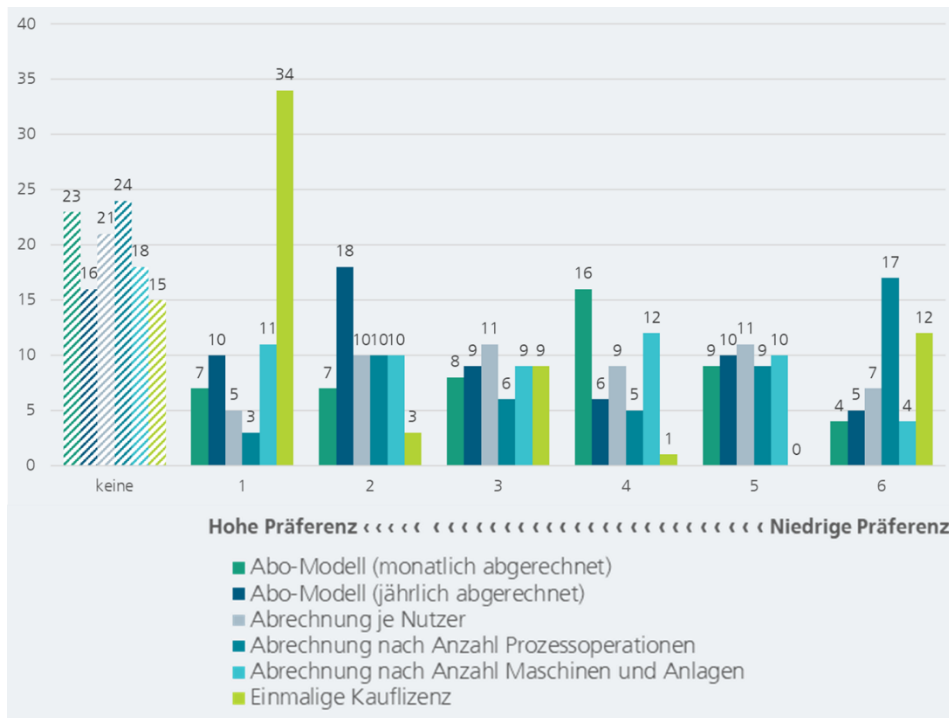


Abbildung 2.4.2b:  
Welches Abrechnungsmodell bevorzugen sie für die MOM-Lösung in Ihrer Organisation?  
Nutzende (n=74)

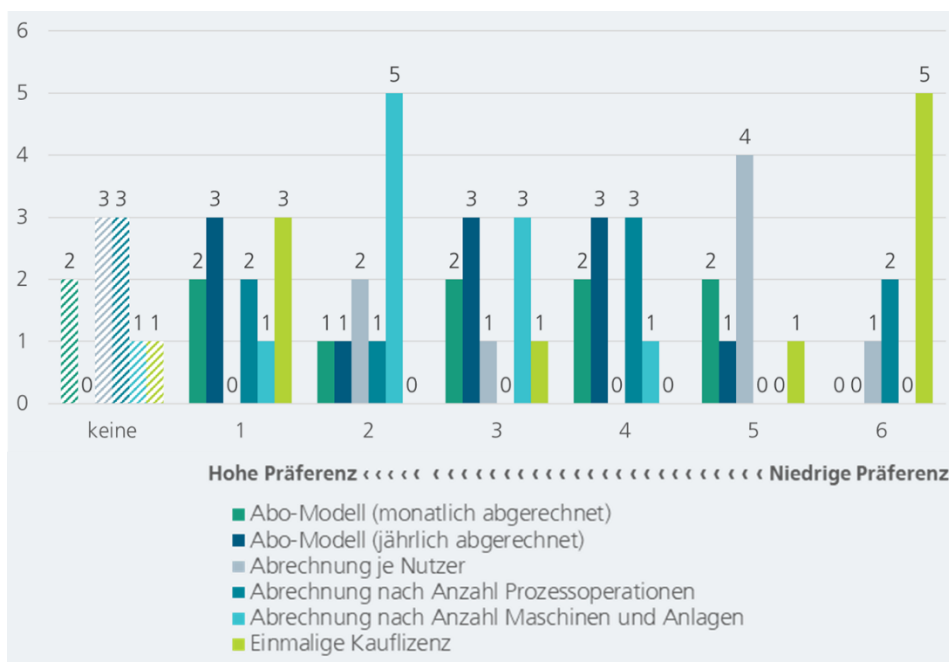


Abbildung 2.4.2b:  
Welches Abrechnungsmodell bevorzugen sie für die MOM-Lösung in Ihrer Organisation?  
Anbietende (n=11)

## 2.5 Ergebnisse Schnittstellen/ Integration

In diesem Abschnitt wird untersucht, inwieweit offene und standardisierte Schnittstellen als Voraussetzung für die Integration unterschiedlicher Systeme in MOM-Lösungen betrachtet werden. Im Zentrum steht die Frage, welche Kommunikationsprotokolle und Schnittstellentechnologien aus Sicht der Befragten als essentiell gelten.

### 2.5.1 Welche Kommunikationsprotokolle und Schnittstellentechnologien sind aus Ihrer Sicht für eine MOM-Lösung essentiell? (Beinhaltet Kommunikation von Maschine-zu-Maschine, Maschine-zu-Softwaredienst und Softwaredienst zu Softwaredienst)

Für die Auswahl relevanter Kommunikationsprotokolle und Schnittstellentechnologien konnten bis zu drei Optionen benannt werden. OPC UA wurde von 80 % der Befragten als relevant eingeschätzt und stellt damit die meistgenannte Option dar. MQTT folgte mit 53 %, gefolgt von HTTP/REST mit 49 %.

Andere Technologien wie WebSocket, MTConnect, XMPP, OneM2M, CoAP, DDS und LWM2M wurden deutlich seltener ausgewählt, jeweils von weniger als 17 % der Teilnehmenden.

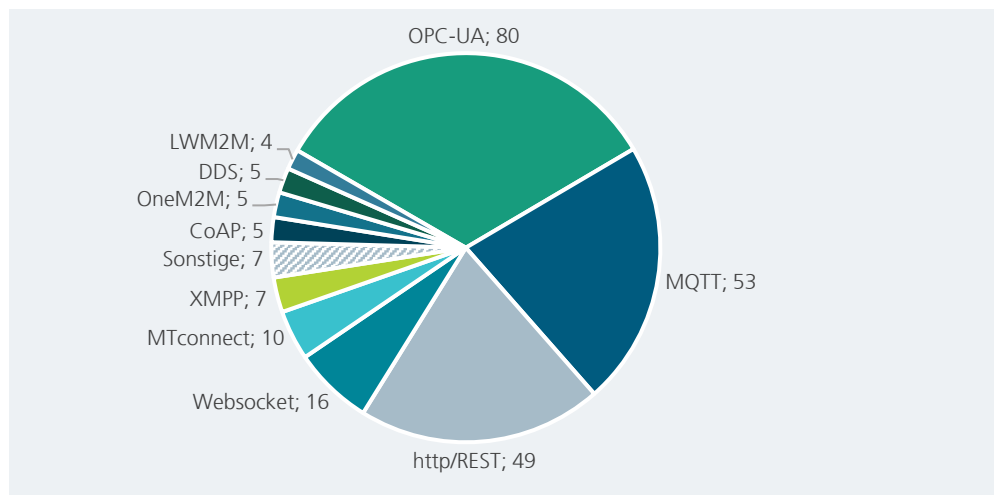


Abbildung 2.5.1: Welche Kommunikationsprotokolle und Schnittstellentechnologien sind aus Ihrer Sicht für eine MOM-Lösung essentiell? (Beinhaltet Kommunikation von Maschine-zu-Maschine, Maschine-zu-Softwaredienst und Softwaredienst-zu-Softwaredienst) (n=100)

## 2.6 Ergebnisse Funktionen

In diesem Abschnitt wird erhoben, welche Funktionalitäten einer MOM-Lösung aus Sicht der Befragten als besonders wichtig gelten und wie die Rollenverteilung zwischen Anbieter und Betreiber im Lebenszyklus solcher Systeme idealerweise ausgestaltet sein sollte. Dabei stehen zwei Aspekte im Fokus: zum einen die Auswahl der fünf zentralen MOM-Funktionalitäten für das eigene Unternehmen bzw. die Kunden, zum anderen die Einschätzung zur Aufgabenverteilung in Phasen wie Konzeption, Einführung, Betrieb und Weiterentwicklung.

### 2.6.1 Bitte wählen Sie die, für Ihre Organisation (bzw. in der Anbieter-Rolle für Ihre Kunden), fünf wichtigsten MOM-Funktionalitäten aus.

Wie in Abbildung 2.6.1 dargestellt, zählen die folgenden Funktionalitäten zu den am häufigsten ausgewählten: Production Management wurde von 57 % der Befragten genannt, gefolgt von Dispatching mit 45 %. Tracking und Genealogy, Integrated Analytics sowie Reporting wurden jeweils von 44 % als relevant eingestuft. Manufacturing Data Management sowie Planning und Scheduling erhielten jeweils 40 % Zustimmung.

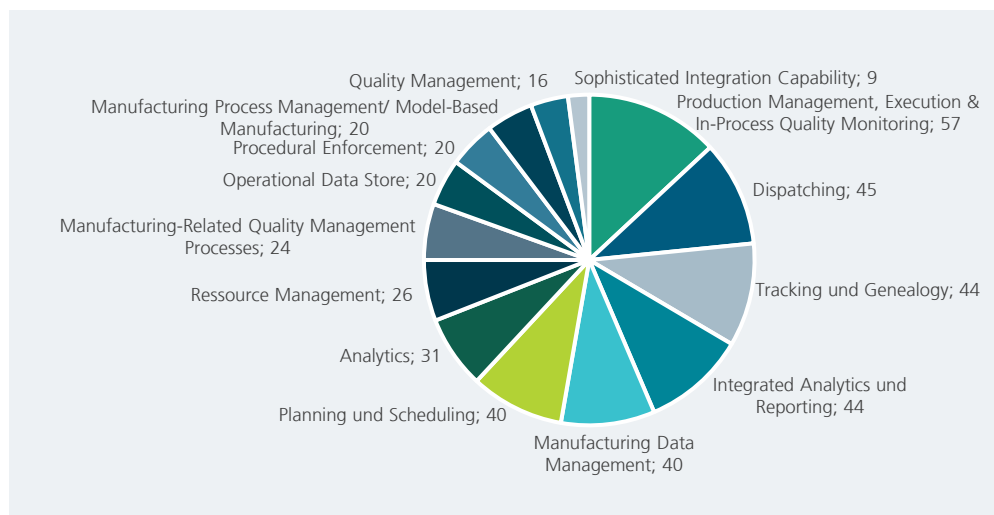


Abbildung 2.6.1:  
Bitte wählen Sie die, für Ihre Organisation (bzw. in der Anbieter-Rolle für Ihre Kunden), fünf wichtigsten MOM-Funktionalitäten aus? (n=100)

## 2.6.2 Wie sieht Ihre Idealvorstellung der Aufgabenverteilung zwischen Betreiber (=produzierendes Unternehmen) und Anbieter in den folgenden Phasen des Lebenszyklus einer MOM-Lösung aus?

Wie in Abbildung 2.6.2 dargestellt, wird die Entwicklung der MOM-Lösung von 64 % der Befragten entweder vollständig (20 %) oder größtenteils (44 %) als Aufgabe des Anbieters angesehen. Auch bei der Installation wünschen sich 42 % eine überwiegend anbieterseitige Umsetzung.

Für die Erweiterung einer MOM-Lösung bevorzugen 48 % eine gleichmäßige Aufteilung der Verantwortung zwischen Anbieter und Betreiber. Eine ähnliche Einschätzung zeigt sich in den Phasen Konfiguration (42 %), Testing (43 %) und Rollout (38 %), in denen jeweils eine partnerschaftliche Zusammenarbeit bevorzugt wird.

Der Betrieb der MOM-Lösung hingegen soll nach Einschätzung von 48 % der Befragten größtenteils eigenständig, also durch das betreibende Unternehmen, erfolgen.

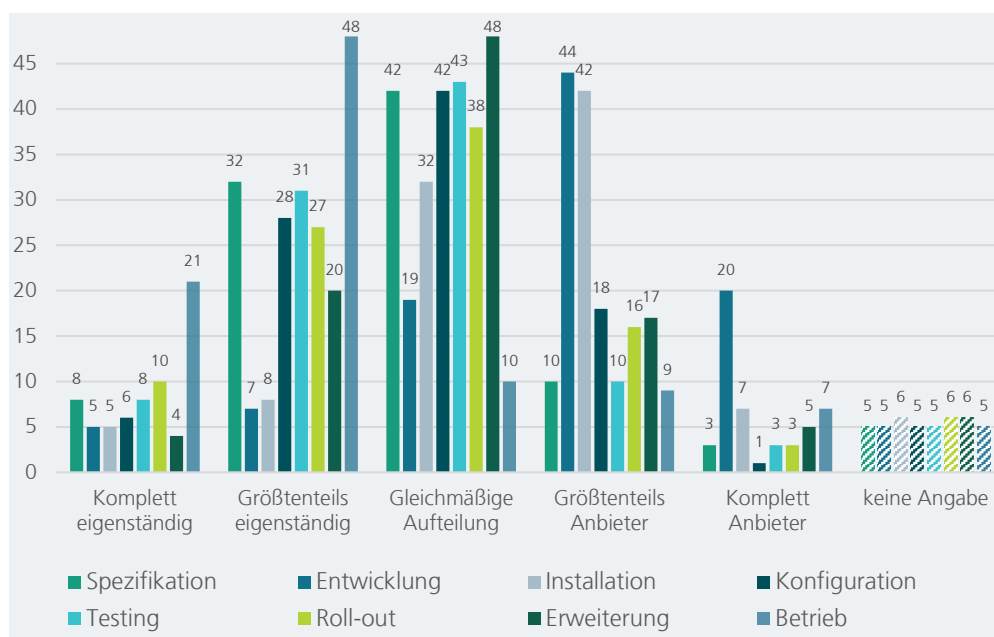


Abbildung 2.6.2: Wie sieht Ihre Idealvorstellung der Aufgabenverteilung zwischen Betreiber (=produzierendes Unternehmen) und Anbieter in den folgenden Phasen des Lebenszyklus einer MOM-Lösung aus? (n=100)

## 2.7 Ergebnisse Digitalisierungsgrad

In diesem Abschnitt wird untersucht, wie fortgeschritten der Digitalisierungsgrad in der Produktion aus Sicht der Befragten ist und welches Entwicklungspotenzial in den kommenden Jahren gesehen wird. Dabei wird sowohl der aktuelle Stand auf der Industrie-4.0-Reifegradskala abgefragt als auch die erwartete Entwicklung des Autonomiegrads in verschiedenen Produktionsbereichen. Ergänzend wird erfasst, wie sicher sich die Teilnehmenden im Themenfeld MOM und IIoT einschätzen.

### 2.7.1 Welche Phase auf der Industrie-4.0-Reifegradskala trifft am meisten auf den Produktionsbereich Ihrer Organisation (bzw. die Mehrheit ihrer Kunden) zu? Und was glauben Sie, wie realistisch wäre es, mit den Rahmenbedingungen ihrer Organisation (z.B. Budget, Know-how des Personals) das zu erreichen?

Zur Einschätzung des digitalen Reifegrads wurde eine Skala mit sechs aufeinander aufbauenden Stufen herangezogen (Schuh et al. 2017)., die von grundlegender IT-Nutzung bis hin zu datengetriebenen, weitgehend autonomen Produktionssystemen reicht. Ergänzend bestand die Möglichkeit, Stufe 0 („keine erkennbaren Digitalisierungsansätze“) auszuwählen. Die Skala umfasst einfache Automatisierung manueller Abläufe, die Integration von IT-Systemen in Geschäftsprozesse, die Analyse komplexer Wechselwirkungen, das Erreichen von Prognosefähigkeit und schließlich die adaptive Selbstoptimierung von Prozessen.

Wie Abbildung 2.7.1 zeigt, bewerten viele Befragte den derzeitigen Stand als niedrig: 4 % ordnen sich auf Stufe 0 ein, also ohne erkennbare Digitalisierungsansätze. 34 % sehen sich auf Stufe 1, bei den manuellen Tätigkeiten bereits automatisiert wurden, während 26 % die Stufe 2 erreichen, bei der Geschäftsprozesse und IT durchgängig integriert sind.

Mit Blick auf die Zukunft rechnen 32 % mit einem Anstieg auf Stufe 4 (komplexe Wechselwirkungen erfassbar) und 26 % mit dem Erreichen von Stufe 5 (Prognosefähigkeit vorhanden). Insgesamt prognostizieren 58 % der Befragten, dass sich der Digitalisierungsgrad ihrer Produktion in den nächsten fünf Jahren in den mittleren bis hohen Bereich der Skala weiterentwickeln wird.

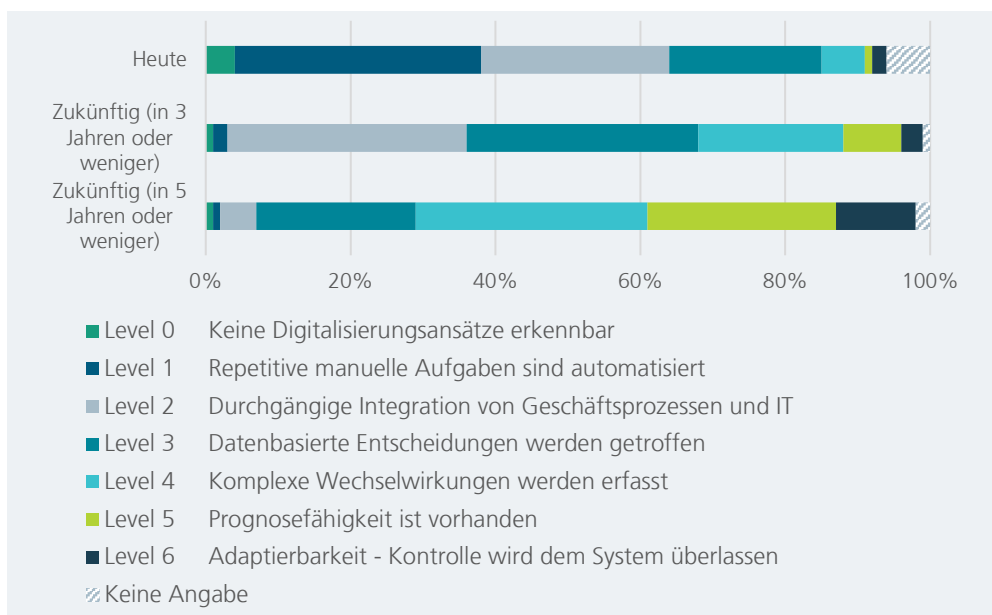


Abbildung 2.7.1: Welche Phase auf der Industrie-4.0-Reifegradskala trifft am meisten auf den Produktionsbereich Ihrer Organisation (bzw. die Mehrheit ihrer Kunden) zu? Und was glauben Sie, wie realistisch wäre es, mit den Rahmenbedingungen ihrer Organisation (z.B. Budget, Knowhow des Personals) das zu erreichen? (n=100)

## 2.7.2 Wie schätzen Sie den Autonomiegrad Ihrer Produktion in fünf Jahren in Ihrer Organisation (bzw. bei der Mehrheit Ihrer Kunden) in folgenden Bereichen ein?

Der Autonomiegrad beschreibt, in welchem Maß Produktionsprozesse ohne menschliches Eingreifen ablaufen können. Zugrunde liegt ein sechsstufiges Modell (Stufen 0 bis 5), das den Grad der Selbstständigkeit technischer Systeme und die Rolle des Menschen im Prozess abbildet (Ahlborn et al. 2019). Es reicht von Stufe 0, bei der alle Aufgaben manuell erfolgen, bis zu Stufe 5, in die Systeme vollständig autonom agieren. Dazwischen liegen Abstufungen wie Assistenzfunktionen (Stufe 1), teilautonome Aufgaben unter Aufsicht (Stufe 2), eigenständiges Handeln in Teilbereichen (Stufe 3) und adaptive Selbstoptimierung (Stufe 4).

Abbildung 2.7.2 zeigt, dass insbesondere in der Produktionsplanung und -steuerung eine starke Entwicklung erwartet wird. Die Mehrheit prognostiziert dort einen Anstieg des Autonomiegrads auf Stufe 2 (26 %), Stufe 3 (30 %) oder Stufe 4 (23 %).

Auch für die Intralogistik zeichnet sich eine zunehmende Autonomisierung ab. Die Angaben verteilen sich auf Stufe 1 (22 %), Stufe 2 (30 %), Stufe 3 (23 %) und Stufe 4 (16 %).

In den Bereichen Qualitätssicherung, Montage und Rüsten liegt der erwartete Autonomiegrad mehrheitlich zwischen Stufe 1 und 3. Für das Energiemanagement ergibt sich ein ausgeglichenes Bild mit Nennungen von Stufe 1 bis 5, ohne erkennbaren Schwerpunkt.

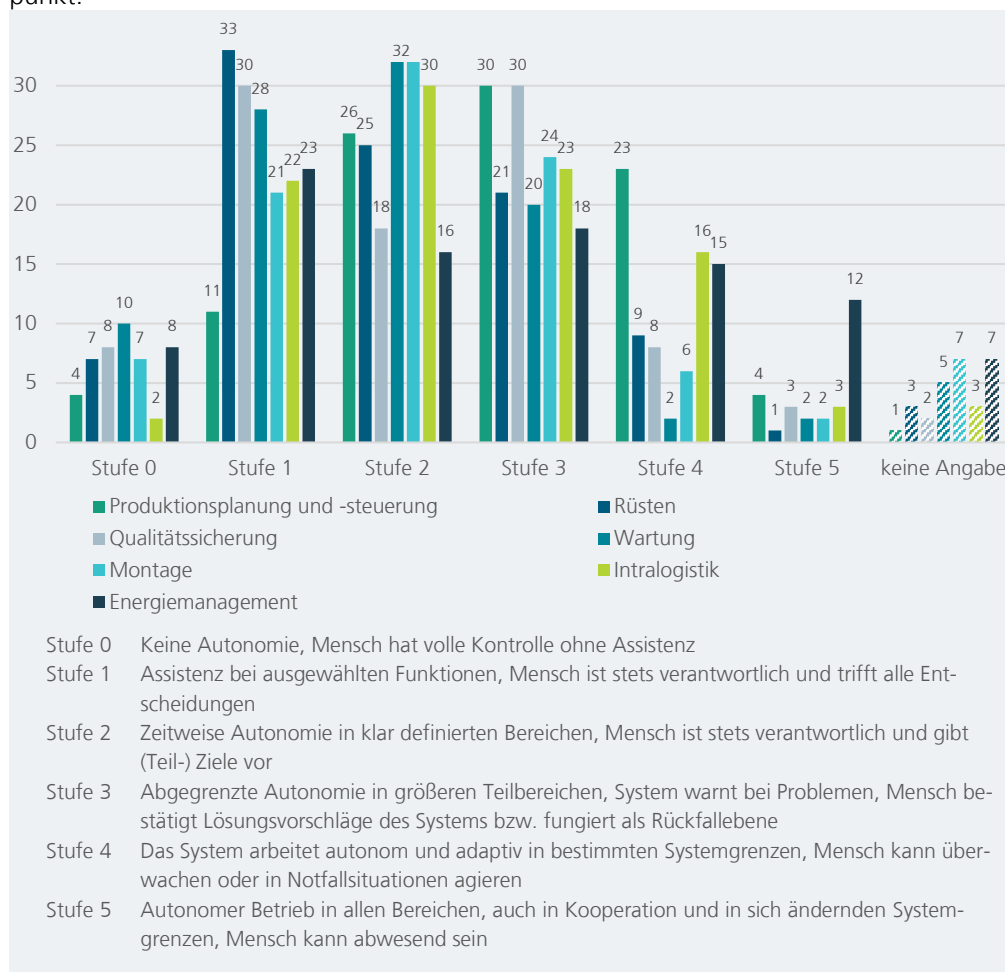


Abbildung 2.7.2: Wie schätzen Sie den Autonomiegrad Ihrer Produktion in fünf Jahren in Ihrer Organisation (bzw. bei der Mehrheit) ihrer Kunden in folgenden Bereichen ein? (n=99)

### 2.7.3 Wie schätzen Sie Ihren Kenntnisstand zum Thema MOM/IloT ein?

Abbildung 2.7.3 zeigt die Selbsteinschätzung der Befragten zum Kenntnisstand in den Bereichen MOM und IloT auf einer Skala von 1 (Neuling) bis 5 (Experte). Für beide Themen ergibt sich eine annähernd symmetrische Verteilung mit dem Schwerpunkt auf Stufe 3 – einem mittleren Kenntnisstand. Dies gilt für 44 % im Bereich MOM und 39 % im Bereich IloT.

Beim Thema MOM ist der Kenntnisstand tendenziell leicht in Richtung der unteren Skalenhälfte verschoben: 13 % stuften sich als Neulinge (Stufe 1) ein, während nur 13 % Stufe 4 angaben. Im Bereich IloT fällt die Verteilung etwas kompetenzstärker aus: Nur 7 % sehen sich als Neulinge, dafür 23 % auf Stufe 4.

Insgesamt verfügen über 80 % der Befragten in beiden Bereichen über mindestens Basiskenntnisse (Stufe 2 oder höher). Rund zwei Drittel schätzen sich selbst auf Stufe 3 oder höher ein, was auf eine breite fachliche Vertrautheit mit den Themen MOM und IloT in der Zielgruppe hinweist.

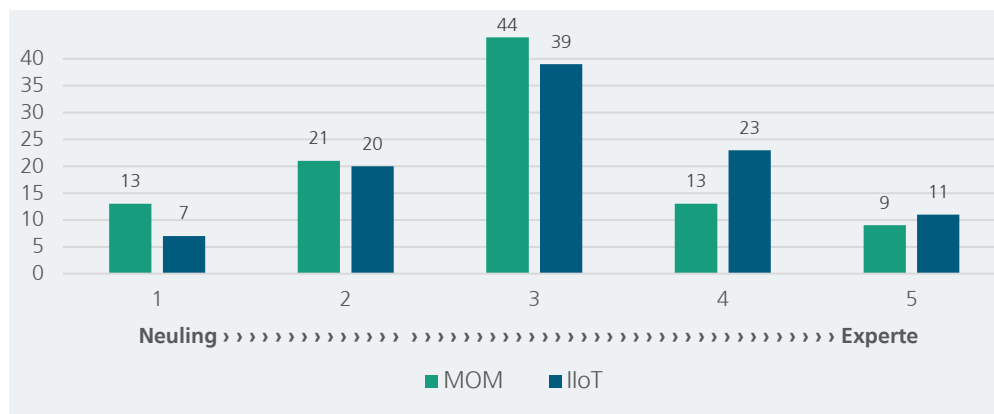


Abbildung 2.7.3:  
Wie schätzen Sie ihren  
Kenntnisstand zum  
Thema MOM/ IloT ein?  
(n=100)

Diese Studie des Fraunhofer IPA untersucht die Entwicklung und Herausforderungen von Manufacturing Operations Management (MOM)-Systemen im IIoT-Kontext. Sie zeigt, dass viele Unternehmen sich noch am Beginn ihrer digitalen Transformation befinden. Ziel der Untersuchung war es, Trends zu identifizieren und Einblicke in den Digitalisierungsgrad, die Systemarchitektur und die Funktionalitäten von MOM-Lösungen zu gewinnen. Die Ergebnisse basieren auf einer empirischen Online-Umfrage mit 101 Teilnehmenden.

Flexibilität und Komplexitätsbewältigung gewinnen in der Produktion zunehmend an Bedeutung, was sich insbesondere in veränderten Zielen der Produktionsplanung seit der COVID-19-Pandemie zeigt. Viele Unternehmen streben eine digital unterstützte Produktionsplanung an, um Effizienzsteigerungen zu erzielen und den Herausforderungen durch Variantenvielfalt und Kapazitätsengpässe besser zu begegnen. MOM-Systeme in Kombination mit IIoT-Technologien bieten hierfür ein hohes Potenzial, um Produktionsprozesse flexibler, datengetrieben und zunehmend autonom zu gestalten.

Die Mehrheit der Teilnehmenden stammt aus großen Unternehmen, insbesondere aus der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und der Elektrotechnik. Die größte Gruppe bilden Anwender von MOM-Lösungen und IIoT-Plattformen aus produzierenden Unternehmen, gefolgt von Beratern und Lösungsanbietern. In den Unternehmen sind vor allem Fach- und Führungskräfte vertreten, Fachkräfte aus den Bereichen Leitung und Entwicklung. Die Zusammensetzung der Teilnehmenden spiegelt die Vielfalt der Industrieakteure und deren unterschiedlichen Rollen im Kontext von Industrie 4.0 wider.

Die Untersuchung liefert Einblicke in den Digitalisierungsgrad, die Systemarchitektur und die Funktionalitäten von MOM-Systemen, den Einsatz von IIoT-Technologien, die Bekanntheit und wahrgenommene Relevanz technischer Standards in diesem Kontext im industriellen Umfeld sowie bevorzugte Betreibermodelle und den Einsatz offener Schnittstellen zur Systemintegration.

Die Mehrheit der Befragten schätzt den aktuellen Digitalisierungsgrad ihrer Produktion als niedrig ein. Viele Unternehmen befinden sich auf den unteren Stufen der Industrie 4.0-Reifegradskala. Für die kommenden fünf Jahre erwarten jedoch die meisten Teilnehmenden eine Entwicklung hin zu mittleren und höheren Reifegraden, insbesondere in den Bereichen Produktionsplanung und -steuerung. Auch der Autonomiegrad der Produktion soll künftig zunehmen. Insbesondere in Bereichen wie Intralogistik und Produktionsplanung, in denen ein deutlicher Anstieg erwartet wird. Die Kenntnisstände zu MOM und IIoT sind überwiegend mittel bis fortgeschritten; über zwei Drittel der Befragten verfügen über mindestens Basiswissen. Dies weist auf eine gut informierte Zielgruppe hin, die sich aktiv mit digitalen Technologien auseinandersetzt.

Die Studie zeigt, dass Digitalisierung und softwaregestützte Automatisierung – insbesondere im Bereich der Produktionsplanung – als zentrale Voraussetzung wahrgenommen werden, um der wachsenden Komplexität und Variantenvielfalt in der Fertigung zu begegnen. Darüber hinaus wird deutlich, dass eine tiefere Integration von MOM-Systemen mit IIoT-Technologien wesentliche Potenziale für mehr Effizienz, Flexibilität und Autonomie eröffnet. IIoT gilt dabei als zentrale technologische Grundlage für unterschiedliche Anwendungsfelder wie Intralogistik, Qualitätssicherung und Wartung – bevorzugt in Kombination mit MOM-Lösungen. In Bezug auf Funktionen von MOM-Lösungen stehen Production Management, Dispatching und Tracking & Genealogy an der Spitze der Prioritäten. Laut den Teilnehmenden setzen Unternehmen zunehmend auf MOM-Lösungen, die aus Einzelbausteinen zusammengesetzt sind. MOM-Lösungen bestanden zum Zeitpunkt der Befragung noch häufig aus monolithischen Systemen mit

der Absicht, diese in den nächsten Jahren in modulare Softwaredienste zu überführen. Eine der größten Herausforderungen bei der Integration modularer Einzellösungen ist die Komplexität der Datenintegration und -auswertung. IIoT-Technologien können dabei helfen, diese Herausforderungen zu überwinden und die Integration zu erleichtern.

Die Untersuchung zeigt, dass bekannte Standards wie VDI 5600, IEC 62264, das MESA-Modell und NAMUR in der Praxis bislang nur begrenzt verbreitet sind. Während VDI 5600 vergleichsweise bekannt ist, sind neuere Konzepte wie die Asset Administration Shell oder Gaia-X Federated Services unter den Teilnehmenden weitgehend unbekannt oder werden bislang kaum implementiert. Als technische Grundlage für die Interoperabilität gelten insbesondere offene, standardisierte Schnittstellen wie OPC-UA, MQTT und HTTP/REST, die von den Teilnehmenden als zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Integration bewertet werden.

Auch zum bevorzugten Betriebsmodell wurden Einschätzungen erhoben. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Präferenz für hybride Architekturen, sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene. Bei der Abrechnung bevorzugen die Teilnehmenden mehrheitlich klassische Kauflizenzen, gefolgt von jährlich abgerechneten Abonnementmodellen. Pay-per-Use-Modelle wurden deutlich seltener priorisiert. In Bezug auf die Aufgabenverteilung entlang des Lebenszyklus einer MOM-Lösung zeigt sich ein klares Bild: Entwicklung und Installation sollen vorrangig durch den Anbieter erfolgen, während Konfiguration und Erweiterung vorzugsweise gemeinsam umgesetzt werden. Der laufende Betrieb hingegen soll mehrheitlich intern in den Nutzerunternehmen durchgeführt werden.

Die Ergebnisse dieser Studie bieten produzierenden Unternehmen konkrete Anhaltspunkte für den gezielten Ausbau ihrer digitalen Infrastruktur. Für Lösungsanbieter liefern sie wertvolle Einblicke in die Erwartungen und Bedarfe des Marktes und unterstützen damit die strategische Weiterentwicklung von MOM- und IIoT-Lösungen im Kontext von Industrie 4.0.

Ahlborn, Klaus; Bachmann, Gerd; Biegel, Fabian; Bienert, Jörg; Falk, Svenja; Fay, Dr.-Ing. Alexander et al. (2019): Technologieszenario „Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0“. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Online verfügbar unter [https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/KI-industrie-40.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/KI-industrie-40.pdf?__blob=publicationFile&v=10), zuletzt geprüft am 23.01.2025.

Alabadi, Montdher; Habbal, Adib; Wei, Xian (2022): Industrial Internet of Things: Requirements, Architecture, Challenges, and Future Research Directions. In: *IEEE Access* 10, S. 66374–66400. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3185049.

Arnold, Christian; Kiel, Daniel; Voigt, Kai-Ingo (2016): How the Industrial Internet of Things Changes Business Models in Different Manufacturing Industries. In: *Int. J. Innov. Mgt.* 20 (08), S. 1640015. DOI: 10.1142/S1363919616400156.

Hellmich, Arvid; Zumpe, Florian; Zumpe, Martin; Münnich, Marc; Wiese, Torben; Büttner, Thomas et al. (2022): Umsetzung von cyber-physischen Matrixproduktionssystemen. Unter Mitarbeit von Acatech.

DIN EN 62264-1, 2014: Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen.

Karmakar, Avish; Dey, Naiwrita; Baral, Tapadyuti; Chowdhury, Manojee; Rehan, Md. (2019): Industrial Internet of Things: A Review. In: 2019 International Conference on Opto-Electronics and Applied Optics (Optronix). Kolkata, India, 18.03.2019 - 20.03.2019: IEEE, S. 1–6.

Konietzko, Erik; Tanrikulu, Cansu; Schwarz, Florian; Lindow, Kai (2022): How to Gaia-X? – Ein Vorgehensmodell zur erfolgreichen Teilnahme an interoperablen und dezentralen Datenökosystemen am Beispiel von Gaia-X. In: *I4OM 2022* (6), S. 54–58. DOI: 10.30844/IM\_22-6\_54-58.

Krzywdzinski, Martin; Jürgens, Ulrich; Pfeiffer, Sabine (2015): Die vierte Revolution. Wandel der Produktionsarbeit im Digitalisierungszeitalter. In: *WZB Mitteilungen*, September 2015 (Heft 149), S. 6–9.

Lucizano, Catarina; Andrade, Alexandre Acácio de; Blumetti Facó, Júlio Francisco; Freitas, Adriano Gomes de (2023): Revisiting the Automation Pyramid for the Industry 4.0. In: 2023 15th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON). 2023 15th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON). São Bernardo do Campo, Brazil, 22.11.2023 - 24.11.2023: IEEE, S. 1195–1198.

Maetschke, Jan; Fulterer, Judith; Janke, Tim; Zipfel, Alexander; Bank, Lukas; Theumer, Philipp et al. (2022): PPS-Report 2021. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 117 (6), S. 400–404. DOI: 10.1515/zwf-2022-1072.

VDI 5600, 2016: Manufacturing execution systems (MES).

Meyer-Hentschel, Michael; Lohse, Oliver; Rao, Subba; Lepratti, Raffaello (2020): Manufacturing Operations Management for Smart Manufacturing – A Case Study. In: Bojan Lalic, Vidosav Majstorovic, Ugljesa Marjanovic, Gregor von Cieminski und David Romero (Hg.): *Advances in Production Management Systems. The Path to Digital Transformation and Innovation of Production Management Systems*, Bd. 591. Cham: Springer International Publishing (IFIP Advances in Information and Communication Technology), S. 91–98.

Oberle, Michael; Schel, Daniel; Risling, Monika; Bauernhansl, Thomas (2023): Comparing Research Trends and Industrial Adoption of Manufacturing Operations Management Solutions. Unter Mitarbeit von Technische Informationsbibliothek (TIB), David Herberger und Marco Hübner: Hannover : publish-Ing.

Scheel, Laura; Bender, Benedict (2021): Industrial Internet of Things(IIoT)-Plattformtypen im Maschinen- und Anlagenbau. In: *HMD*. DOI: 10.1365/s40702-021-00810-3.

Schuh, Günther; Anderl, Reiner; Gausemeier, Jürgen; Hompel, Michael ten; Wahlster, Wolfgang (2017): Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten. acatech Studie. München.

ZVEI (2017): Industrie 4.0: MES. Prerequisite for Digital Operation and Production Management. Tasks and Future Requirements. Hg. v. German Electrical and Electronic Manufacturers' Association. Seibl, Felix; Theobald, Carolin. Frankfurt am Main, Germany.

### **Kontaktadresse**

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und  
Automatisierung IPA  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

### **Autorinnen und Autoren**

#### **Monika Risling**

Telefon +49 711 970-1969  
monika.risling@ipa.fraunhofer.de

#### **Michael Oberle**

Telefon +49 711 970-1944  
michael.oberle@ipa.fraunhofer.de

#### **Daniel Schel**

Telefon +49 711 970-1559  
daniel.schel@ipa.fraunhofer.de

### **Herausgeber**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

### **Bildquellen (Titelbild)**

Fraunhofer IPA

### **DOI-Nummer**

10.24406/publica-4319

**2025**



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung -  
Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-NC-ND 4.0 DE):  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

# Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

---

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)