

Gerrit Sames  
Tim Maibach

## Vergleich der Digitalisierung von Geschäftsprozessen und Geschäftsmodellen in Japan und Deutschland

Ergebnisse einer Umfrage bei mittelständischen Unternehmen in Japan und Deutschland

THM-Hochschulschriften Band 26



**Gerrit Sames**

**Tim Maibach**

Vergleich der Digitalisierung von Geschäftsprozessen und Geschäftsmodellen in Japan und Deutschland

Ergebnisse einer Umfrage bei mittelständischen Unternehmen in Japan und Deutschland

THM-Hochschulschriften Band 26

THM-Hochschulschriften Band 26  
© 2023 Gerrit Sames, Tim Maibach  
Technische Hochschule Mittelhessen  
Fachbereich Wirtschaft

Herausgeber der THM-Hochschulschriften:  
Der Präsident der Technischen Hochschule Mittelhessen

Alle Rechte vorbehalten, Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit  
schriftlicher Genehmigung und Quellenangabe.

Die Hochschulschriften sind online abrufbar:  
[www.thm.de/bibliothek/thm-hochschulschriften](http://www.thm.de/bibliothek/thm-hochschulschriften)

ISSN (Print) 2568-0846

ISSN (Online) 2568-3020

TECHNISCHE HOCHSCHULE MITTELHESSEN

- Fachbereich Wirtschaft -

**Vergleich der Digitalisierung  
von Geschäftsprozessen und  
Geschäftsmodellen in Japan und Deutschland**

**Ergebnisse einer Umfrage bei mittelständischen**

**Unternehmen in Japan und Deutschland**

**Juni 2023**

**Gerrit Sames, Prof. Dr.-Ing.**

**Tim Maibach, M.Sc.**

Deutschland und Japan stehen vor ähnlichen Herausforderungen in der Gesellschaft. Beide Länder verzeichnen eine drohende Überalterung aufgrund des demographischen Wandels. Beide Länder werden industriell als Hightech-Länder wahrgenommen. Digitalisierung könnte den Industrieunternehmen bei der Bewältigung von vielen Herausforderungen gute Dienste leisten. Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojekts wird der Stand der Digitalisierung von Geschäftsprozessen und Geschäftsmodellen anhand von gleichen Fragen zur gleichen Zeit bei 115 deutschen und 93 japanischen mittelständischen Unternehmen erfasst und verglichen. Dazu werden 50 Fragen in Deutschland und 48 Fragen in Japan in vier Kategorien formuliert, die in festgelegten Abstufungen zu beantworten sind. Der Beitrag stellt die wichtigsten Ergebnisse im Vergleich beider Länder dar.

### **Über die Autoren:**

Prof. Dr.-Ing. Gerrit Sames ist Dekan des Fachbereichs Wirtschaft, Professor für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt ERP-Systeme an der Technischen Hochschule Mittelhessen, und Leiter des Schwerpunkts Digital Business. Zusätzlich beschäftigt er sich mit der Weiterentwicklung von Digitalisierungslösungen und ist Vorstandsmitglied im Smart Electronic Factory e.V.

Tim Maibach, M.Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und hat zuvor am Fachbereich Wirtschaft der Technischen Hochschule Mittelhessen den Master Digital Business absolviert.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Theoretischer Bezugsrahmen .....</b>	<b>7</b>
2.1	Digitale Transformation der Industrie .....	7
2.2	Globale Ansätze .....	8
2.3	Wirtschaftliche Zusammenhänge.....	9
<b>3</b>	<b>Empirischer Bezugsrahmen .....</b>	<b>9</b>
3.1	Systematische Herleitung des Aufbaus.....	9
3.2	Weitere Analyseansätze .....	10
3.3	Empirische Basis und Schwerpunktidentifikation.....	12
3.4	Fragenauswahl mit Bezugsquellen .....	14
3.5	Durchführung.....	18
3.5.1	Organisation .....	18
3.5.2	Zeitliche Einordnung .....	18
<b>4</b>	<b>Untersuchungsbereich Deutschland .....</b>	<b>19</b>
4.1	Allgemeiner Teil .....	19
4.1.1	Teilnehmer nach Industriesektor .....	19
4.1.2	Teilnehmer nach Mitarbeiteranzahl.....	20
4.1.3	Strategie und Ausrichtung .....	20
4.2	Ergebnisse nach Mitarbeiteranzahl .....	22
4.2.1	Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme .....	22
4.2.2	Geschäftsmodellaspekte .....	27
4.2.3	Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0.....	31
4.2.4	Intelligente Produkte und Anlagen.....	38
4.3	Ergebnisse nach Branchenzugehörigkeit .....	43
4.3.1	Gesamtebene.....	44
4.3.2	Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme .....	45
4.3.3	Geschäftsmodellaspekte .....	46
4.3.4	Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0.....	46
4.3.5	Intelligente Anlagen und Produkte .....	47
4.4	Ergebnisse nach Klassifizierung KMU/NON-KMU – Deutschland .....	48
4.4.1	Allgemeiner Teil.....	48
4.4.2	Planung und Steuerung intelligenter Produktionssysteme .....	48
4.4.3	Geschäftsmodellaspekte .....	52
4.4.4	Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0.....	54
4.4.5	Intelligente Anlagen und Produkte .....	58

4.5	Ergebnisse Hinderungsgründe – Deutschland .....	60
<b>5</b>	<b>Deutschland und Japan im Vergleich.....</b>	<b>63</b>
5.1	Gesamtebene .....	63
5.2	Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme.....	63
5.3	Geschäftsmodellaspekte.....	66
5.4	Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0.....	69
5.5	Intelligente Anlagen und Produkte .....	72
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>76</b>
6.1	Untersuchungsbereich Deutschland.....	76
6.2	Untersuchungsbereiche Deutschland und Japan im Vergleich.....	76
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>79</b>



## 1 Einleitung

Die vierte industrielle Revolution hält Einzug in unser aller Leben, in das Umfeld von Privatpersonen, Unternehmen und das öffentliche Leben. Die gesamte Menschheit ist von der Revolution betroffen, auch wenn nicht jedes Individuum in erster Instanz damit in direkten Kontakt gerät. Es wird in Zukunft nicht möglich sein, ohne Berührungspunkte mit der Digitalisierung und den damit einhergehenden Veränderungen im Alltag auszukommen. Einen Hauptaspekt dieser Revolution stellen tiefgreifende Veränderungen im unternehmerischen Denken und Handeln der weltweit agierenden Unternehmen dar. Dieser Wandel erfordert ein ganzheitliches Umdenken der Betriebe – unabhängig von Größe und Umsatz sowie der geografischen Lage: *„Dabei gibt es jedoch kein Geheimrezept, das sich bei allen Unternehmen einsetzen ließe – die Herausforderungen, die sich in der heutigen Zeit ergeben, sind gleichermaßen vielfältig, komplex und von vielen Faktoren abhängig.“*<sup>1</sup> Diesen Herausforderungen stellen sich Firmen auf verschiedene Weisen.

Interessant ist dazu der Vergleich von Japan und Deutschland. Japan und Deutschland verfügen über ähnliche Randbedingungen:

	Deutschland	Japan
Landfläche <sup>2</sup>	349.380 km <sup>2</sup>	364.500 km <sup>2</sup>
Erwerbstätige im produzierenden Gewerbe (2018)	24,1 % <sup>3</sup>	24,4 % <sup>4</sup>
KMU-Anteil	99,4 % <sup>5</sup>	99,7 % <sup>6</sup>

Beide Länder sind Hochtechnologieländer. Beide Länder verzeichnen eine Überalterung der Bevölkerung mit einem Rückgang der Produktivkräfte.<sup>7</sup> Während Japan in Produktion und der Anwendungsbreite des Einsatzes von Robotern weltführend ist<sup>8</sup>, herrscht dennoch sowohl in Japan als auch in Deutschland ein gewisser Konservatismus gegenüber vielen Ansätzen der Digitalisierung und der digitalen Transformation. In beiden Ländern stellt sich die Frage nach den Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Arbeit der Zukunft und auf die Gesellschaft.

---

<sup>1</sup> Oswald et al. (2018), S. V.

<sup>2</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (2021), S. 3.

<sup>3</sup> Vgl. [www.destatis.de](http://www.destatis.de) (b)

<sup>4</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (2021), S. 7.

<sup>5</sup> Vgl. [www.destatis.de](http://www.destatis.de) (a)

<sup>6</sup> Vgl. Japan Finance Corporation (2020), S. 4.

<sup>7</sup> Vgl. Heck et al. (2017), S. 2.

<sup>8</sup> Vgl. [www.ingenieur.de](http://www.ingenieur.de)

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Technischen Hochschule Mittelhessen mit der Ritsumeikan Asia Pacific University (APU) und dem Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI) in Japan wird eine strukturierte Untersuchung zum Stand der Digitalisierung durchgeführt. In einem Online-Survey werden die gleichen Fragen im gleichen Zeitraum an mittelständische Firmen in Deutschland und Japan gestellt.

Ziel des gemeinsamen Forschungsvorhabens ist ein Vergleich des Standes der Digitalisierung bei mittelständischen Unternehmen in Japan und Deutschland. Diese Datenbasis soll für zukünftige Forschungsansätze verwendet werden, insbesondere für die Entwicklung von zielgerichteten, spezifischen und gegebenenfalls standardisierten Ansätzen zur digitalen Transformation. Das beinhaltet auch die Auswirkung auf die Arbeitswelten der Zukunft in beiden Ländern.

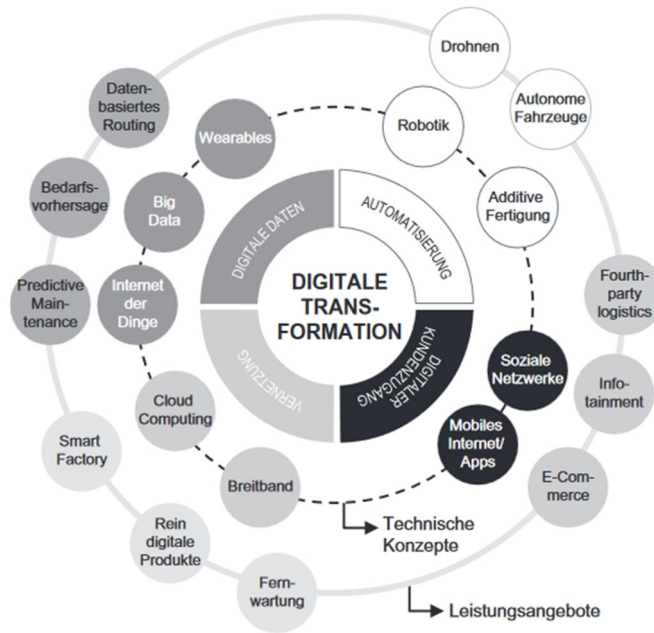
## **2 Theoretischer Bezugsrahmen**

### **2.1 Digitale Transformation der Industrie**

Im Industriegütergeschäft lässt sich die digitale Transformation in 4 Bereiche gliedern: digitale Daten, Automatisierung, digitaler Kundenzugang und Vernetzung (Abb. 1). Technische Konzepte, die den Bereichen zugeordnet werden können, befähigen auf der Ebene der Leistungsangebote ihren Einsatz.<sup>9</sup> In der vorliegenden Studie werden aus allen Bereichen verschiedene technische Konzepte und Leistungsangebote aufgegriffen.

---

<sup>9</sup> Vgl. Zollenkop et al. (2016), S. 61–62.



**Abbildung 1: Elemente, technische Lösungen und Leistungsangebote in der digitalen Transformation**  
 Quelle: Zollenkop et al. (2016), S. 61.

## 2.2 Globale Ansätze

Im Vergleich der beiden Strategien *Industrie 4.0* (I4.0, Deutschland) und *Society 5.0* (S5.0, Japan) zeigt sich, dass beide Länder auf das gleiche Fundament setzen. Die Strategien sind ausgerichtet auf Cyber Physical Systems (CPS)/ Embedded Systems, das Internet of Things (IoT) und Cyber Security. Bei weiteren Technologien und Innovationen ist zu erkennen, dass sich die Strategien ergänzen können. Während I4.0 den Fokus auf Datenanalyse und additive Fertigungsverfahren legt, kann S5.0 mit Schwerpunkten im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion oder Smart Services aufwarten (Abb. 2).<sup>10</sup>

Technologies / Innovations	I4.0 (DEU)	S5.0 (JPN)	IIoT (USA)	MIC2025 (CHN)	CF (MEX)	MI4.0 (IDN)
CPS / embedded systems	●	●	●	●	●	●
IoT	●	●	●	●	●	●
Cyber Security	●	●	●			
Data Analytics	Cloud Services			●	●	●
	Big Data	●	●	●	●	●
AI / Human-Machine Interaction		●	●	●		●
Smart Services / Smart City / Super Smart Society		●				
Advanced Production	Smart factory	●			●	
	Robotics		●	●	●	●
	3D printing	●		●		●
	sensor tech.					●

**Abbildung 2: Differentiation of Industry 4.0 Models**

Quelle: Springer et al. (2019), S. 31.

<sup>10</sup> Vgl. Springer et al. (2019), S. 31.

## **2.3 Wirtschaftliche Zusammenhänge**

Im Jahr 2020 hatten kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) einen Anteil von 99,4% an allen nach der EU-Unternehmensdefinition existierenden Unternehmen in Deutschland. In Summe beschäftigten die KMU in Deutschland 17.765.726 Personen und somit rund 4 Millionen Beschäftigte mehr als Großunternehmen. Diese besondere Stellung lässt sich bspw. auf den Anteil am Exportsektor sowie den Anteil an Lehrlingsausbildungen ausweiten.<sup>11</sup>

Unter KMU sollen hier für Unternehmen mit bis zu 249 Mitarbeitern verstanden werden; ab 250 Mitarbeitern aufwärts wird der Begriff „NON-KMU“ verwendet.

KMU haben auch für die Inselnation Japan eine besondere Stellung. Sie tragen einen erheblichen Teil zur wirtschaftlichen Leistung und zur Beschäftigung bei. Zudem stehen sie im ostasiatischen Raum im Mittelpunkt des politischen Interesses. KMU haben zunehmend die Aufgabe, fehlende Beschäftigung aufzufangen und der Einkommensungleichheit entgegenzuwirken. Zudem tragen sie einen erheblichen Teil der Bruttowertschöpfung in den Ländern bei.<sup>12</sup>

## **3 Empirischer Bezugsrahmen**

### **3.1 Systematische Herleitung des Aufbaus**

Als Grundlage der Entwicklung dient der Industrie 4.0-Index aus der Forschung „Mitbestimmung und Partizipation im Transformationsprozess zur Industrie 4.0“<sup>13</sup> von Kuhlenkötter et al. (2019). Die Autoren verstehen es, mit dem Index ein einheitliches, modular ausgerichtetes Verständnis zu vermitteln und eröffnen mit der Form des Index die Grundlage für mathematisch/statistisch ausgelegte Auswertungen. Der Aufbau des Index eröffnet statistische Auswertungen auf drei verschiedenen Ebenen: der Gesamtebene (Industrie 4.0-Index), der Modulebene (Module 1–7), sowie der Subkategorie-Ebene (Abb. 3).

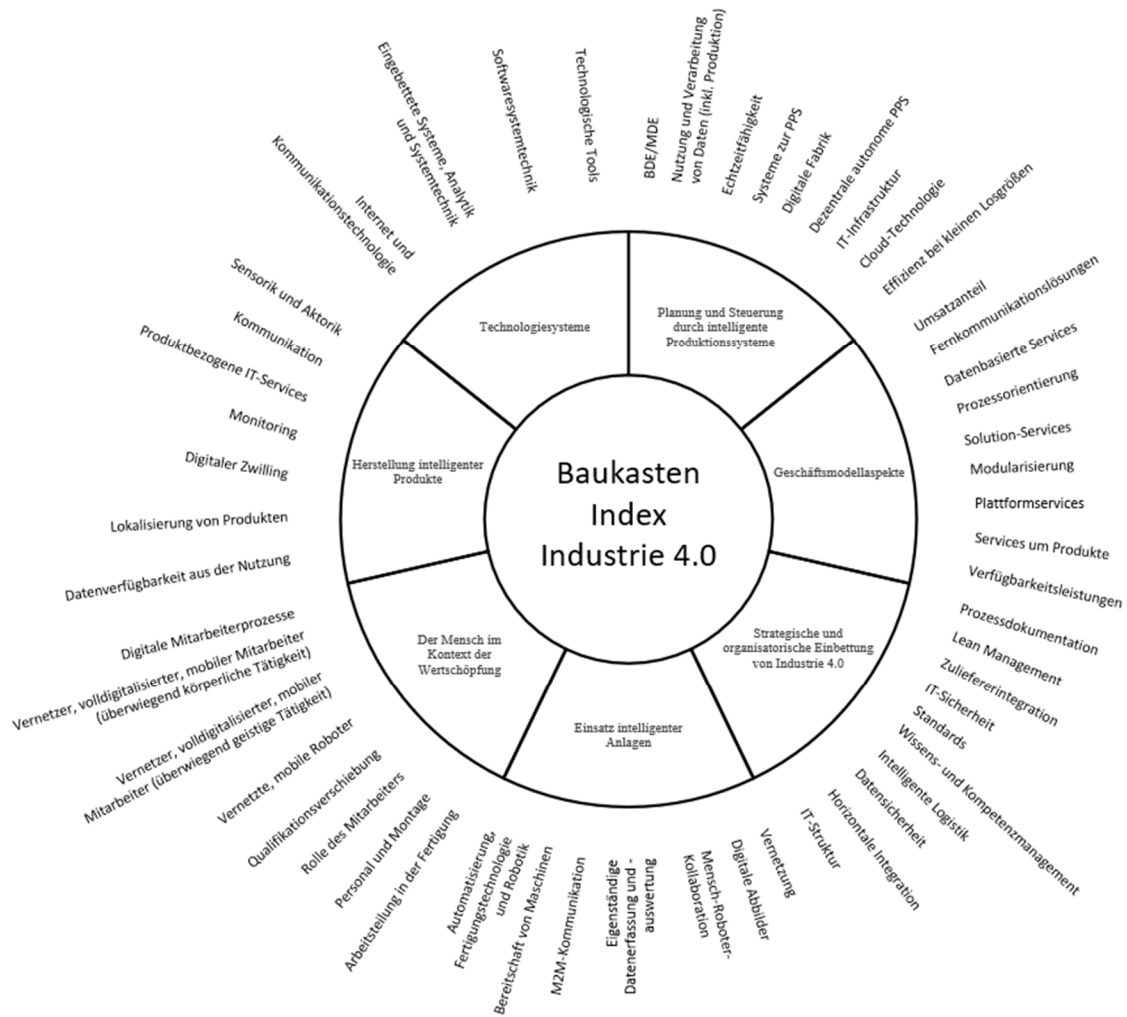
Auf der Grundlage des strukturellen Rahmens wird im ersten Schritt eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. Eine Orientierung findet an der durch Kuhlenkötter et al. definierten Kategorisierung des Index statt. Hierbei werden keine Schwerpunkte innerhalb der Module gesetzt. Modifikationen der Benennung sowie Erweiterung von zusätzlichen Modulen werden vorgenommen. Ziel ist es, einen umfangreichen Baukasten zum Instrumentarium des Online-Fragebogens im Kontext der Industrie 4.0 zu erarbeiten. Als modular aufgebauter Baukasten ist die vorliegende Ausarbeitung flexibel einsetzbar.

---

<sup>11</sup> Vgl. [www.bvmw.de](http://www.bvmw.de)

<sup>12</sup> Vgl. Wignaraja (2016), S. 15.

<sup>13</sup> Vgl. Kuhlenkötter et al. (2019), S. 401



**Abbildung 3: Baukasten Index Industrie 4.0**

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Kuhlenkötter et al. (2019), S. 408.

Eine Erweiterung um Module innerhalb der Kooperationsbeziehung und außerhalb dieser (bspw. für weitere Projekte) ist vorstellbar. Für weiterführende Detailbefragungen sind weitere Ebenen nach der Subkategorie denkbar. Der Ansatz steht für Weiterentwicklungen offen.

### 3.2 Weitere Analyseansätze

Die weiteren Analyseansätze sind in vier Kategorien zu gliedern:

- i. Reifegradmodell
- ii. Standard/Normung
- iii. Empfehlung/Strategie/Ergebnispapier
- iv. Andere

Der Leitfaden des VDMA ist zur Kategorie der Reifegradmodelle zu nennen. Die Autoren beschreiben mit dem Leitfaden den Weg, wie aus der Vision Industrie 4.0 eine Realität geschaffen werden kann. Sie zeigen anhand von Werkzeugkästen auf, wie der Reifegrad von Produktion und Produkten zu bewerten ist.<sup>14</sup> Sames greift den Ansatz der Einordnung in dem „Reifegradmodell zur Digitalisierung von Industrie 4.0“<sup>15</sup> auf und wendet ihn auf weitere Kategorien und Merkmale an. Die Smart Electronic Factory e.V. setzt den Fokus in ihrem Reifegradmodell auf IT-Strukturen und nimmt eine Einordnung in fünf aufeinander folgenden Reifegradstufen vor.<sup>16</sup> Axmann und Harmoko entwickeln in ihrer Richtlinie einen Leitfaden für kleine und mittlere Unternehmen der Industrie 4.0. In drei Ausgaben ordnen sie die Readiness für KMU nach Daten, Soft- und Hardware<sup>17</sup> ein.

Standards und Normen dienen ebenso als Eckpfeiler der Analyseansätze. Es werden verschiedene Versionen der Herausgeber DIN, VDI und VDE verwendet. Wissenschaftlich verarbeitet werden diese unter anderem durch den Zentralverband der Elektrotechnik- und Elektroindustrie in ihrem Papier „Antrieb 4.0 – Vision wird Realität“<sup>18</sup> sowie in der Deutschen Normungsroadmap.<sup>19</sup> In Japan relevante Standards wie die „Industrial Value Chain Reference Architecture“<sup>20</sup> finden ebenso Anwendung. OPENDEI listet einige verschiedene Referenzarchitekturen als Standards auf und vergleicht diese miteinander.<sup>21</sup>

Eine ganzheitliche Einordnung der Thematik Industrie 4.0 wird in der Kategorie Empfehlung/Strategie/Ergebnispapier durch den Bundesverband Informationswirtschaft unter Beteiligung von VDMA e.V. und ZVEI e.V. erwirkt. Der Ansatz verfolgt die Kombination aus „Konzepten für Technologie, Standards, Geschäfts- und Organisationsmodellen“<sup>22</sup> und der Zusammenarbeit mit öffentlichen Einrichtungen und Unternehmen.<sup>23</sup> Die Plattform Industrie 4.0 beteiligt sich im Segment mit dem Ergebnispapier „Digitale Geschäftsmodelle für die Industrie 4.0“<sup>24</sup> im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Die Industrial Value Chain Initiative steckt für Japan ebenso den Rahmen einer strategischen Implementierung der Industrial Value Chain Architecture ab.<sup>25</sup>

---

<sup>14</sup> Vgl. Anderl/ Fleischer (2015), S. 4ff.

<sup>15</sup> Sames (2021), S. 1.

<sup>16</sup> Vgl. SEF Smart Electronic Factory e.V. (2021), S. 3 ff.

<sup>17</sup> Vgl. Axmann/Harmoko (2020a), S. 94 ff.; S. 178 ff, S. 262 ff

<sup>18</sup> Verband der Elektro- und Digitalindustrie e.V. (ZVEI) (2018), S. 1.

<sup>19</sup> Vgl. DIN e.V. et al. (2020), S. 1 ff.

<sup>20</sup> Industrial Value Chain Initiative (2016), S. 1.

<sup>21</sup> Vgl. Marguglio (2020), S. 3 ff.

<sup>22</sup> Bundesverband Informationswirtschaft (BITKOM e.V.) (2015), S. 15.

<sup>23</sup> Vgl. Bundesverband Informationswirtschaft (BITKOM e.V.) (2015), S. 15.

<sup>24</sup> Bundesministerium für Wirtschaft (2019) S. 1.

<sup>25</sup> Vgl. Industrial Value Chain Initiative (2018), S. 2 ff.

Andere Analyseansätze sind bspw. Forschungsbeiträge, wie der Beitrag der Begleitforschung PaiCE<sup>26</sup> oder Studien des BITKOM<sup>27</sup>. Eine ausführliche Darstellung der Quellen ist dem Literaturverzeichnis und dem Anhang zu entnehmen.

### 3.3 Empirische Basis und Schwerpunktidentifikation

Die bereits in den Jahren 2018 und 2020 in Deutschland sowie in Japan durchgeführten Erhebungen „Stand der Digitalisierung von Geschäftsprozessen zu Industrie 4.0 im Mittelstand - Ergebnisse einer Umfrage bei Unternehmen“<sup>28</sup>, „Stand der Digitalisierung von Geschäftsmodellen zu Industrie 4.0 im Mittelstand - Ergebnisse einer Umfrage bei Unternehmen“<sup>29</sup> und „Digitization, Computerization, Networking, Automation, and the Future of Jobs in Japan“<sup>30</sup> dienen als direkter Anknüpfungspunkt dieser Ausarbeitung. Aus diesem Grund sind die Themenschwerpunkte im Folgenden zu beachten.

Aus der Erhebung von Sames/Diener ergeben sich die Entwicklungspotenziale im Bereich der Geschäftsprozesse bei KMU im produzierenden Gewerbe. Besondere Beachtung sollen in der Befragung zur digitalen Transformation im Vergleich mit Japan vor allem die Kernprozesse mit direktem Bezug zur Fertigung finden. Eine Komprimierung der Fragen aus dem Bereich der Kernprozessfragen (Produktentwicklung, Produktion, Ein- und Ausgangslogistik) wird angestrebt. Ein direkter Bezug zwischen den Kernprozess Themen und dem Modul *Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme* ist gegeben. Im Speziellen finden sich Fragen mit Bezug zu PPS-Systemen und der Nutzung sowie Verarbeitung von Daten wieder.

Die Befragung durch Sames/Lapa hat erhebliche Entwicklungspotenziale im Bereich der Geschäftsmodelle bei KMU im produzierenden Gewerbe in Deutschland aufgedeckt.<sup>31</sup> Als Erweiterung auf modularer Ebene wird den *Geschäftsmodellaspekten* eine besondere Beachtung eingeräumt, denn die Geschäftsmodellentwicklung ist von essenzieller Bedeutung zukunftsfähiger Unternehmen im Mittelstand.<sup>32</sup> Dementsprechend werden die Fragen im Modul *Geschäftsmodellaspekte* in verschiedenen Subkategorien der Serviceintegration Teil der Erhebung. Zudem wird die Idee der Anteilsausprägung auf die Bereiche der Produkte und Maschinen ausgeweitet. Diese werden das Modul *Einsatz intelligenter Anlagen und Produkte* einleiten.

---

<sup>26</sup> Vgl. Begleitforschung PAiCE et al. (2020), S. 1 ff.

<sup>27</sup> Vgl. Bundesverband Informationswirtschaft (BITKOM e.V.) (2014), S. 1 ff.

<sup>28</sup> Sames/Diener (2018), S. 1.

<sup>29</sup> Sames/Lapa (2020), S. 1.

<sup>30</sup> Iwamoto et al. (2018), S.1

<sup>31</sup> Vgl. Sames/Lapa (2020), S. 30 ff.

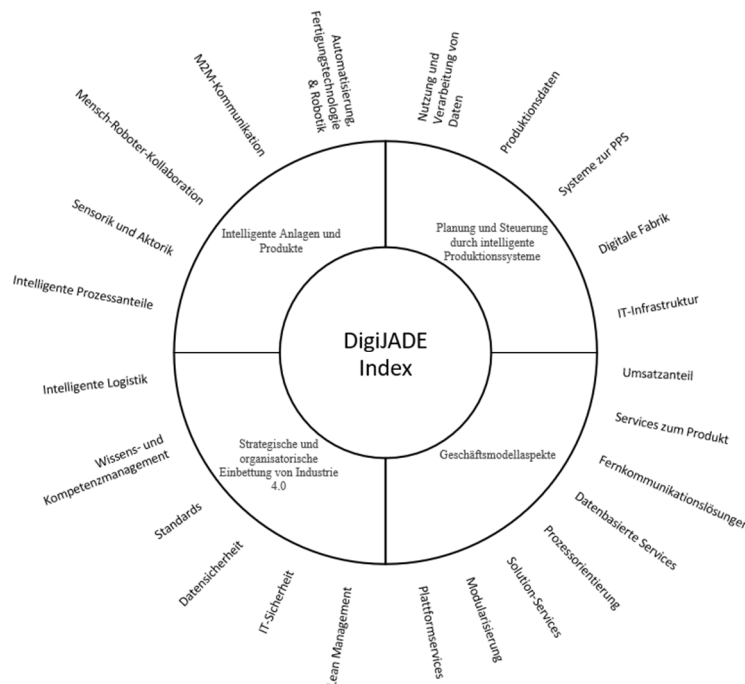
<sup>32</sup> Vgl. Sauer et al. (2019), S. 23.

Eine direkte Ausrichtung auf das Ziel des Forschungsprojekts, dem Ableiten für Standards der digitalen Transformation aus dem Vergleich Deutschland/Japan, findet mit der Subkategorie Standards im Modul *Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0* statt. Die standardisierten Referenzarchitekturen RAMI 4.0 und IVRA bilden die Grundlage für die Subkategorie „Standards“.

Aus der umfassenden Strategie Society 5.0 sind Schwerpunkte für Japan in ihrer Ausrichtung auf die Umwelt abzuleiten. Dies gilt ebenfalls für die Umwelt der Industrie. Enabler wie Big Data, Künstliche Intelligenz, Additive Fertigungsmethoden, Robotics und das Internet der Dinge haben ihren Platz in der Strategie. Iwamoto/Tanoue haben sich zudem tiefgehend mit der Zukunft der Arbeit in Japan getrieben durch IoT beschäftigt. Um auch die strategische Ausrichtung der Society 5.0 im Wertschöpfungsprozess aus Japan zu berücksichtigen, wird im Modul vier *Intelligente Anlagen und Produkte* eine Betrachtung der weiteren Enabler angeführt. Diese finden sich bspw. in den spezifischen Subkategorien „Sensorik/Aktorik“, „Mensch-Roboter-Kollaboration“ oder „Automatisierung, Fertigungstechnologien & Robotik“ wieder. Zudem bekommen sicherheitsrelevante Fragestellungen und in Japan etablierte Konzepte in den Subkategorien „Lean Management“, „IT-Sicherheit“ und „Intelligente Logistik“ im Modul *Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0* ihren Platz.

Zusammenfassend lassen sich insgesamt vier Schwerpunktbereiche identifizieren, welche die Modulebene des Index abbilden und aus insgesamt 24 Subkategorien bestehen.

Der Index lässt sich wie folgt darstellen (Abb. 4):



**Abbildung 4: DigiJaDe-Index**

Quelle: In Anlehnung an Kuhlenkötter et al. (2019), S. 408.



### 3.4 Fragensauswahl mit Bezugsquellen

Den folgenden Tabellen 1 bis 4 ist die Ableitung der Fragestellungen zu den vier Modulen und den zugehörigen Subkategorien zu entnehmen.

**Tabelle 1: Modul – Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme**

Manuelle Datenauswertung zur Optimierung der Prozessplanung und -steuerung	SEF Smart Electronic Factory e.V. (2021), S. 5.
Automatisierte Datenauswertung	SEF Smart Electronic Factory e.V. (2021), S. 5.
Anbindung, Erfassung und Analytik von Zustandsdaten der Maschinen/Anlagen (Condition Monitoring)	Sames/Diener (2018), S. 15.
Produktionsdaten	SEF Smart Electronic Factory e.V. (2021), S. 5.
Wir können Kundenaufträge digital in unser ERP-System übernehmen	Sames/Diener (2018), S. 21.
Unsere CAD-Stücklisten lassen sich direkt ins ERP-System übertragen	Sames/Diener (2018), S. 17.
Automatische Rückmeldung des Fertigungsfortschritts per BDE bis zur ERP-Ebene	Sames/Diener (2018), S. 20.
Digitale Layouts unserer Anlagen und Maschinen sind vorhanden	Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2011), S. 14-15.
Messungen werden automatisch erfasst (bspw. Messwerte)	Bracht et al. (2018), S. 92.
Objekte werden automatisch identifiziert	Bracht et al. (2018), S. 92.
IT-Infrastruktur	SEF Smart Electronic Factory e.V. (2021), S. 6.

**Tabelle 2: Modul – Geschäftsmodellaspekte**

Digitale Services sind bereits Bestandteil unseres Geschäftsmodells. Der Umsatzanteil mit Services liegt bei ...	Sames/Lapa (2020), S. 10.
Wir bieten spezielle IT-Services zu unseren Produkten an	Sames/Lapa (2020), S. 23.
Wir bieten Fernkommunikationslösungen (bspw. Remote-Services) an	Sames/Lapa (2020), S. 20.
Datenbasierte Services (bspw. Condition Monitoring, Predictive Maintenance) werden angeboten	Sames/Diener (2018), S. 24.
Prozessorientierung (bspw. Fügeprozesse oder Vertriebsprozesse) wird angeboten	Demont/ Paulus-Rohmer (2016), S. 188.
Solution-Services (bspw. Angebot der Maschinen-/Anlagennutzung nach „Pay-per-Piece“ oder „Pay-per-hour“) werden angeboten	Sames/Lapa (2020), S. 27-28; Demont/ Paulus-Rohmer (2016), S. 188.
Modularisierung (bspw. an Kundenwünsche anpassbare Maschinen) wird angeboten	Demont/ Paulus-Rohmer (2016), S. 120.
Wir sind Teil einer Plattform oder betreiben diese selbst (bspw. zur Interaktion mit Kunden)	Demont/ Paulus-Rohmer (2016), S. 121.

**Tabelle 3: Modul – Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0**

Single Minute Exchange of Die wird angewendet (Maschine/Anlage wird innerhalb eines Fertigungstaktes umgerüstet)	Mayr et al. (2018), S. 625.
Wir setzen Visual Management zur Abbildung von Informationen ein	Mayr et al. (2018), S. 625.
Wir versuchen mit dem Poka Yoke Konzept Fehler zu vermeiden	Mayr et al. (2018), S. 626.

Initiieren des Informationsaustauschs und Hinzufügen der Geräte-ID für den Zugriff (Beschränkung auf autorisierte Geräte und Benutzer)	Axmann/Harmoko (2020c), S. 264.
Ver- und Entschlüsselung der ausgetauschten Daten	Axmann/Harmoko (2020c), S. 264.
Kontinuierliche Überwachung und Sicherheitsanalyse	Axmann/Harmoko (2020c), S. 265.
Datensicherheit	Sames (2019), S. 502.
Wir setzen zwischen Geschäftsprozessen Verbindungselemente ein	DIN e.V. (2016), S. 20.
Verwendung adäquater Übertragungsprotokolle (bspw. Netzwerklayer: IP, Transportlayer: TCP/UDP, Applikationslayer: OPC-UA)	Heidel et al. (2017), S. 48-50.
Jedes wichtige Ereignis (Informationspunkt) der physischen Welt erzeugt ein Ereignis (Informationspunkt) in der Informationswelt	DIN e.V. (2016), S. 22.
Wir vernetzen und digitalisieren Wertschöpfungsketten und Lebenszyklen	Heidel et al. (2017), S. 42-43.
Auf menschlicher Intelligenz beruhende Kompetenz wird durch Systeme bereichert	North/Maier (2018), S. 670.
Wir integrieren Wissen aus unterschiedlichen Quellen in Systeme	North/Maier (2018), S. 671.
Techniken zur optimalen Nutzung des Wissens für aktuelle Geschäfte sowie für strategische Perspektiven des Wissens können wir kombinieren	North/Maier (2018), S. 672.
Nutzung von Routenplanung und logistischer Informationssysteme	Axmann/Harmoko (2020c), S. 262-263.
Wir investieren (haben investiert) in Hardware wie fahrerlose Transportsysteme, Elektrobodenbahnen und automatisierte Hochregallager	Axmann/Harmoko (2020c), S. 262-263.
Integration der Logistiksysteme in das ERP-System und Vernetzung der Hard- und Softwarelösungen (z.B. mit 5G-Netz)	Axmann/Harmoko (2020c), S. 262-263.

**Tabelle 4: Modul – Intelligente Anlagen und Produkte**

Wir produzieren mit intelligenten Anlagen/Maschinen. Der Anteil an intelligenten Anlagen/Maschinen in unserem Maschinenpark liegt bei ...	Sames/Lapa (2020), S. 10.
Intelligente Produkte sind bereits Bestandteil unseres Geschäftsmodells. Der Umsatzanteil mit intelligenten Produkten liegt bei ...	Sames/Lapa (2020), S. 10.
Sensorik/Aktorik an Produkten	Anderl/ Fleischer (2015), S. 12.
Sensorik/Aktorik an Anlagen	Anderl/ Fleischer (2015), S. 12.
Augmented Reality	Obermaier (2019), S. 20.
Sprachsteuerung/Gestensteuerung	Obermaier (2019), S. 20.
Virtual Reality	Obermaier (2019), S. 20.
Intuitiven Bedienelementen	Obermaier (2019), S. 20.
Die Erweiterbarkeit des Transportlayers für künftige Kommunikationsstandards ist sichergestellt	Sames (2019), S. 502.
Maschinen verfügen über Zugang zum Internet	Anderl/ Fleischer (2015), S. 14.
Anwendung von Object Linking and Embedding (OLE) zur Prozesssteuerung	Axmann/Harmoko (2020c), S. 264.
autonomer Robotik	Obermaier (2019), S. 20.
additiven Fertigungsverfahren (3D-Druck)	Obermaier (2019), S. 20.
Industrierobotern (Mehrachroboter)	Obermaier (2019), S. 20.

Um eine einfache Handhabung der Fragen im Online-Survey zu ermöglichen, werden die Fragen i.W. als Aussagen mit festgelegten Antwortmöglichkeiten gestellt. Diesen Leveln werden dann Digitalisierungswerte zugeordnet. Die Bewertung folgt der Logik der Likert-Skalierung. Mittels der Likert-Skala wird eine Einordnung von hoch bis niedrig oder von schlecht bis gut vorgenommen. Klassischerweise besteht die Abstufung aus fünf oder sieben Auswahlmöglichkeiten.<sup>33</sup> In dieser Studie wird eine angepasste Form verwendet. Die Logik der Likert-Skala ist jedoch in jeder Antwortmöglichkeit gegeben. Die Antwortmuster sind wie folgt (Tabellen 5 bis 11):

**Tabelle 5: Skala Bewertungsmaßstab nach Digitalisierungswerten**

Level	Antwort	Digitalisierungswert
1	in keinem Maße	1
2	in geringem Maße	2
3	in hohem Maße	3
4	durchgängig	4
5	keine Angabe	-

**Tabelle 6: Skala Bewertungsmaßstab – Prozentuale Einordnung**

Level	Antwort	Digitalisierungswert
1	0%	1
2	1% bis 19%	2
3	20% bis 39%	3
4	>=40%	4
5	keine Angabe	-

<sup>33</sup> Vgl. Allen et al. (2007), S. 64.

**Tabelle 7: Skala Bewertungsmaßstab – Adaptierte Skala mit Zuordnung "Maschine"**

Level	Antwort	Digitalisierungswert
1	überhaupt nicht	1
2	für ausgewählte Maschinen	2
3	für viele Maschinen	3
4	für alle Maschinen	4
5	keine Angabe	-

Bei folgenden Fragen werden weitere Antwortmuster verwendet: Produktionsdaten, IT-Infrastruktur, Plattformservices und Datensicherheit. Die Antwortmuster sind wie folgt gegliedert:

**Tabelle 8: Skala Bewertungsmaßstab – Produktionsdaten**

Level	Produktionsdaten	Digitalisierungswert
1	Produktionsdaten werden gespeichert und dokumentiert	1
2	Produktionsdaten werden ausgewertet und dienen als Basis zur Prozessüberwachung	2
3	Produktionsdaten dienen als Basis zur Prozessplanung/-steuerung	3
4	Auf Basis der Produktionsdaten findet eine automatische Prozessplanung/-steuerung statt	4
5	keine Angabe	-

**Tabelle 9: Skala Bewertungsmaßstab – IT-Infrastruktur**

Level	IT-Infrastruktur	Digitalisierungswert
1	Klassische Automatisierungspyramide	1
2	Automatisierungspyramide mit Schnittstellen	2
3	Punkt zu Punkt horizontale Vernetzung der Ebenen, zentrale Datenspeicherung	3
4	Punkt zu Punkt horizontale und vertikale Vernetzung der Ebenen, zentrale Datenspeicherung	4
5	keine Angabe	-

**Tabelle 10: Skala Bewertungsmaßstab – Plattformservices**

Level	Plattformservices	Digitalisierungswert
Wir sind Teil einer Plattform oder betreiben diese selbst. (bspw. zur Interaktion mit Kunden)		
1	Nein	1
4	Ja	4
5	keine Angabe	-

**Tabelle 11: Skala Bewertungsmaßstab – Datensicherheit**

Level	Datensicherheit	Digitalisierungswert
1	Spiegelsystem	1
2	Backup/Recovery	2
3	Backup/Recovery mit Erweiterung durch Snapshots	3
4	Transaktionsreplikation	4
5	keine Angabe	-

### 3.5 Durchführung

#### 3.5.1 Organisation

Die Organisation zeichnet sich über das gesamte Projekt hinweg durch die enge Abstimmung der deutschen und japanischen Projektpartner aus. Bereits in der Konzeptionsphase des Fragebogens sowie der direkt damit verbundenen Fragenauswahl bringen die beiden Vertretungen aus dem deutschen und dem japanischen Raum ihre Vorschläge in verschiedenen Meetings ein. Die finale Umsetzung der Onlineumfrage findet durch die THM organisiert auf der Plattform Unipark statt. Die Befragung wird auf der Plattform in deutscher, englischer und japanischer Sprache bereitgestellt. Für die Befragung der deutschen Unternehmen ist ausschließlich die deutsche Version verfügbar, für die japanischen Unternehmen ist die Onlineumfrage in japanischer und englischer Sprache verfügbar. Zum Ende des Umfragezeitraumes werden die Daten konsolidiert durch das deutsche Team auf der Umfrageplattform abgefragt und an die Kooperationspartner in Japan übergeben. Anschließend werden mit verschiedenen Analyseansätzen in den beiden Ländern erste Untersuchungen durchgeführt (Abb. 5).

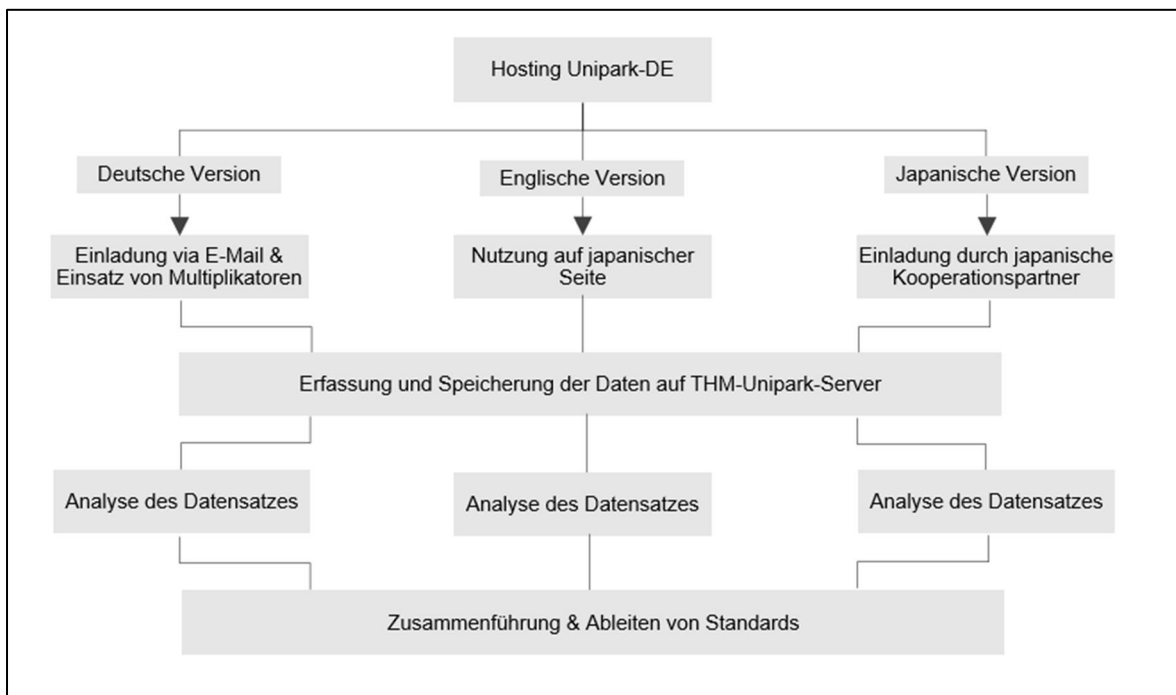


Abbildung 5: Organigramm der Organisation

#### 3.5.2 Zeitliche Einordnung

Das Projekt wird von Mai 2022 bis April 2023 durchgeführt. Eine zeitliche Einordnung der Quartale ist dem folgenden Schaubild zu entnehmen.

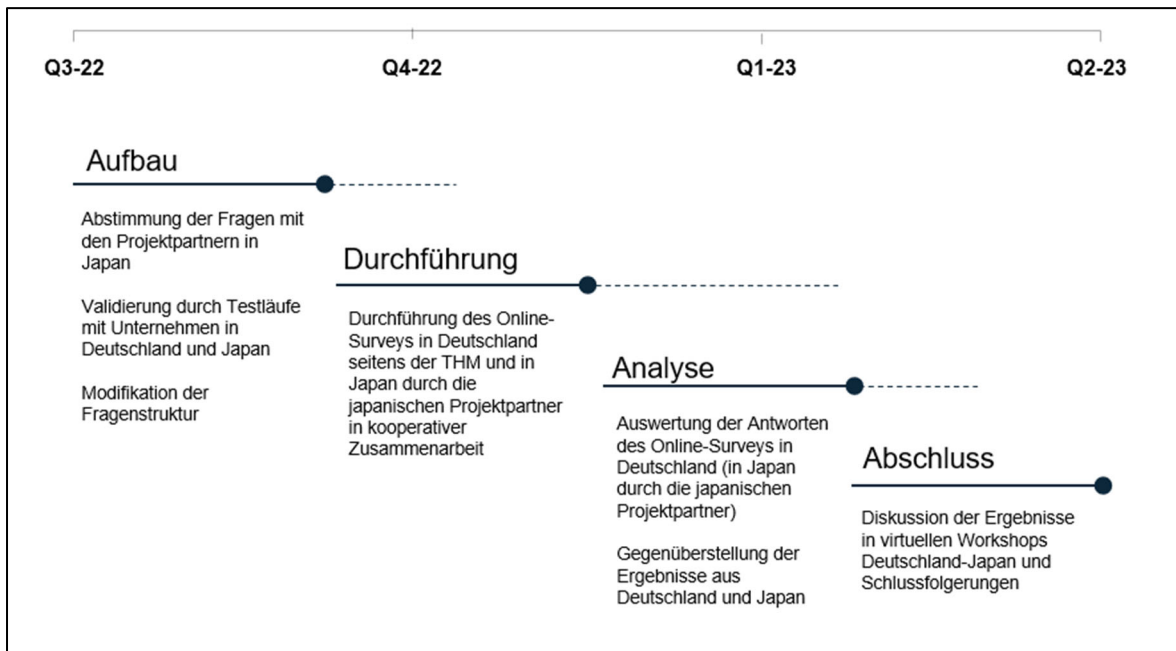


Abbildung 6: Zeitliche Einordnung über Quartale

## 4 Untersuchungsbereich Deutschland

### 4.1 Allgemeiner Teil

#### 4.1.1 Teilnehmer nach Industriesektor

Mit 30 der insgesamt 115 Teilnehmern in Deutschland stellt der *Maschinen- und Anlagenbau* die stärkster Teilnehmergruppe dar, gefolgt von 18 aus dem Bereich *Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen und Produkte* (Tabelle 12).

Tabelle 12: DE – Teilnahme nach Industriesektor

Branche	n
Maschinen- und Anlagenbau	30
Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen und Produkte	18
Metallerzeugung und -bearbeitung	14
Herstellung von Kunststoff- und Gummiprodukten	11
Ausrüster für Energie und Technik	4
Werkzeug- und Formenbau	4
Gießerei	1
Herstellung von Glaswaren und Verarbeitung von Glas	3
Reparatur und Wartung von Maschinen/Anlagen	1
Sonstige Bearbeitung von Eisen und Stahl	7
Herstellung von sonstigen Produkten	9
Nicht aufgeführt	13

### 4.1.2 Teilnehmer nach Mitarbeiteranzahl

Mit 41 Teilnehmern liegt die größte Gruppe der Unternehmen im Bereich 50 bis 249 Mitarbeiter (Abb. 7).

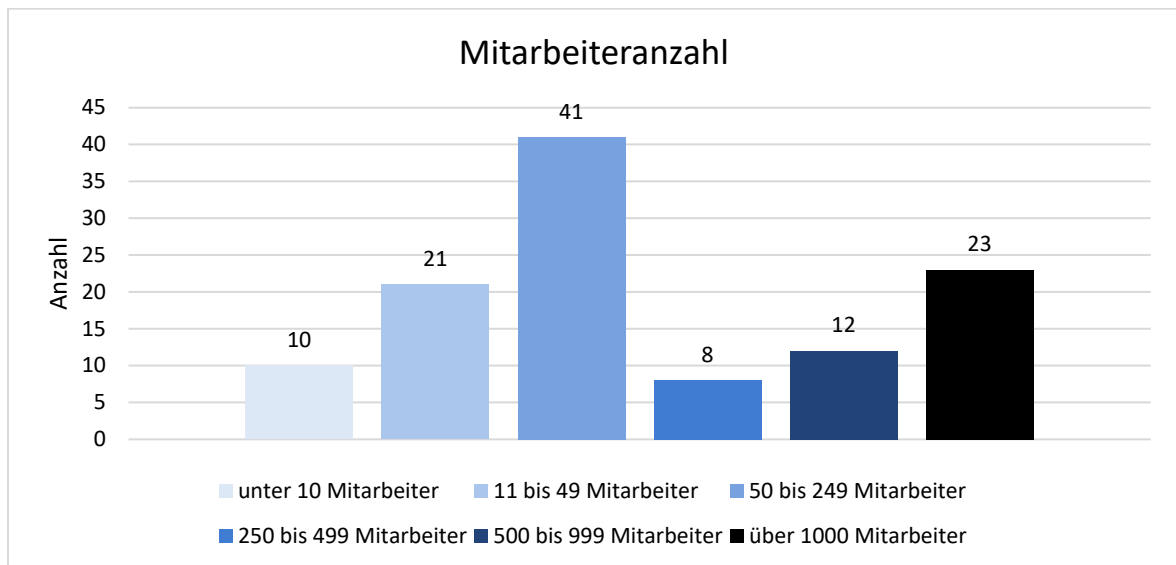
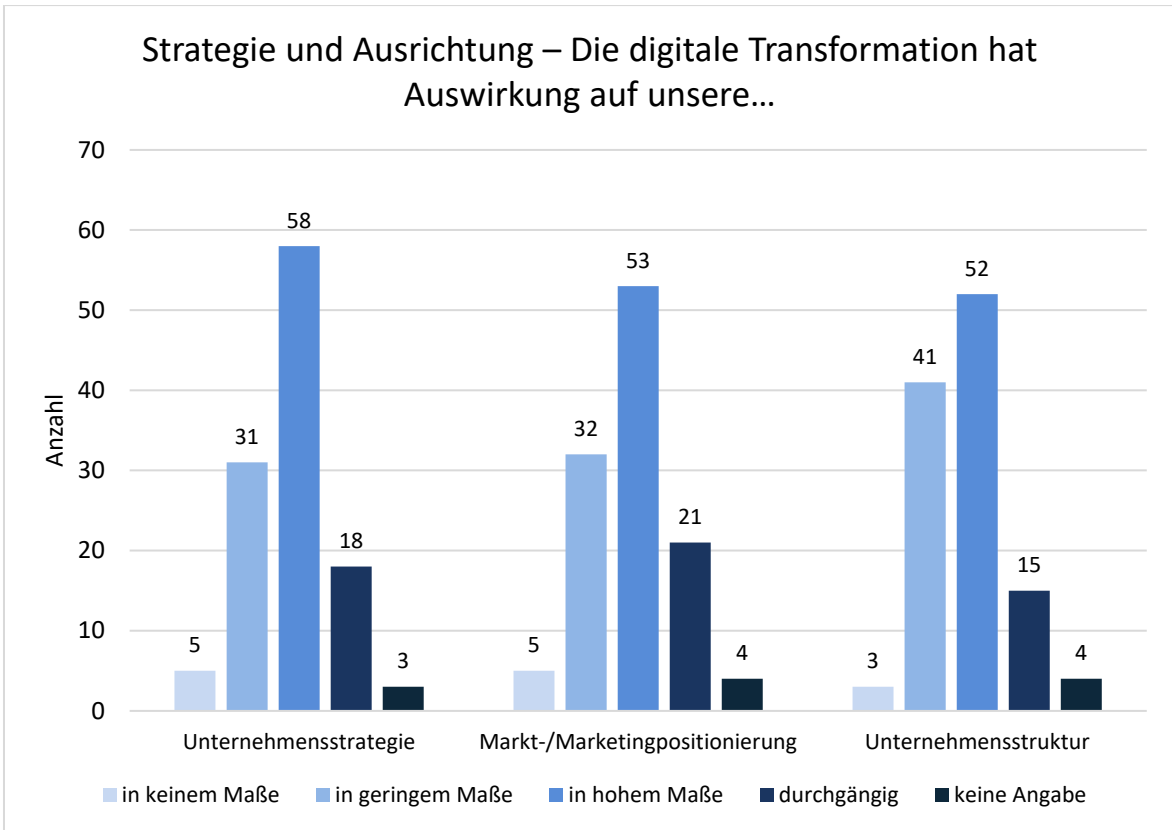


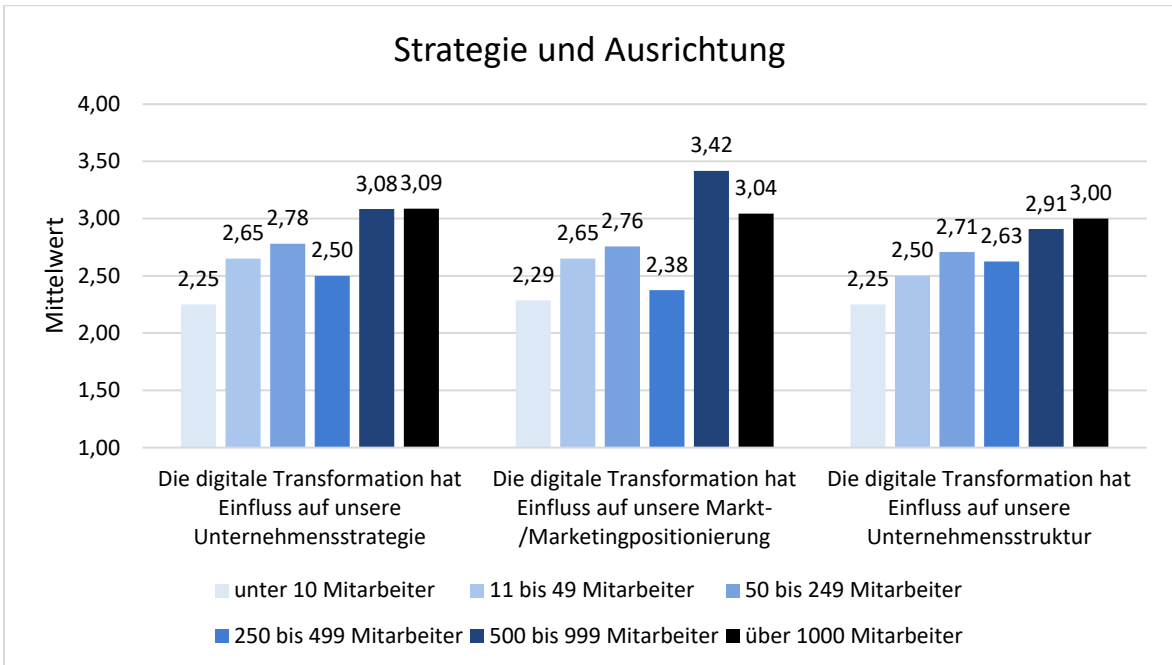
Abbildung 7: DE – Teilnehmer nach Mitarbeiteranzahl

### 4.1.3 Strategie und Ausrichtung

Die Auswirkung der digitalen Transformation auf die *Unternehmensstrategie*, die *Markt-/Marketingpositionierung* und die *Unternehmensstruktur* wird von den Teilnehmern als „in hohem Maße“ angegeben (Abb. 8). Generell zeigt sich dazu, dass die Relevanz bei größeren Unternehmen höher ist als bei kleinen (Abb. 9).



**Abbildung 8: DE – Strategie und Ausrichtung – Häufigkeitsverteilung**



**Abbildung 9: DE – Strategie und Ausrichtung – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl**



## 4.2 Ergebnisse nach Mitarbeiteranzahl

### 4.2.1 Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme

Die Frage zur *Nutzung und Verarbeitung von Daten* lässt sich in zwei Ebenen unterteilen. Zum einen in die Fragen der *manuellen Datenauswertung zur Optimierung der Prozessplanung und Prozesssteuerung* sowie der *Automatisierten Datenauswertung* und zur Nutzung von *Condition Monitoring*. Die Häufigkeitsverteilung ist auf Abbildung 10 dargestellt. Auffallend ist, dass nur zwischen 10 und 17 Unternehmen die Möglichkeiten durchgängig nutzen.

Die Verteilung der Digitalisierungsgrade zur *Nutzung und Verarbeitung von Daten* nach Firmengröße ist auf Abbildung 11 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass das *Condition Monitoring* nur bei Unternehmen mit über 1000 Mitarbeitern mit einem Mittelwert von 2,78 einigermaßen fortgeschritten ist. Bei allen anderen Unternehmen besteht hier noch viel Steigerungspotential.

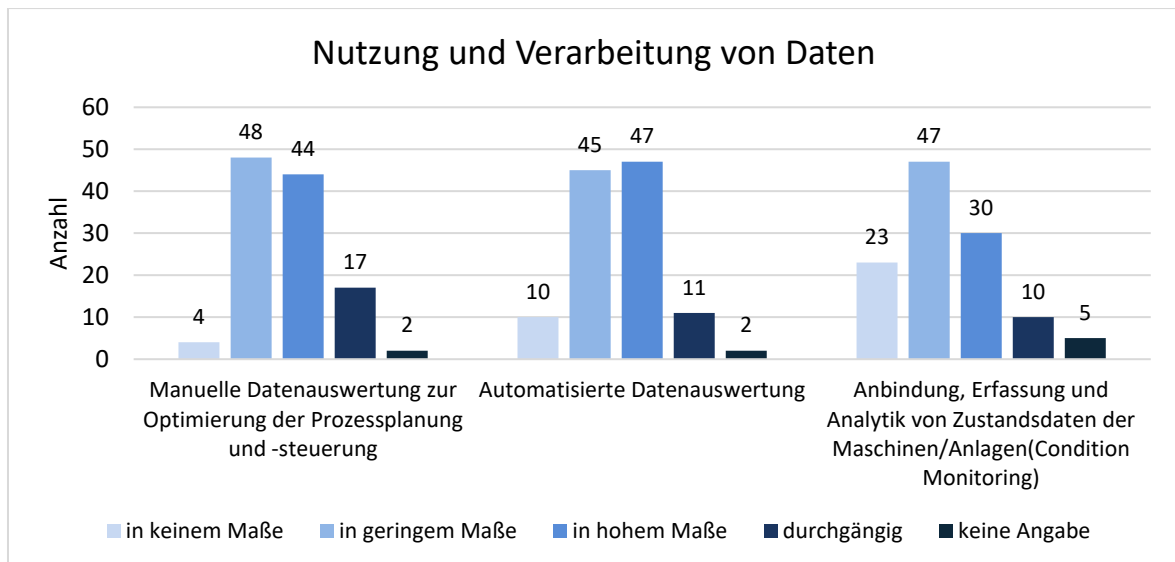
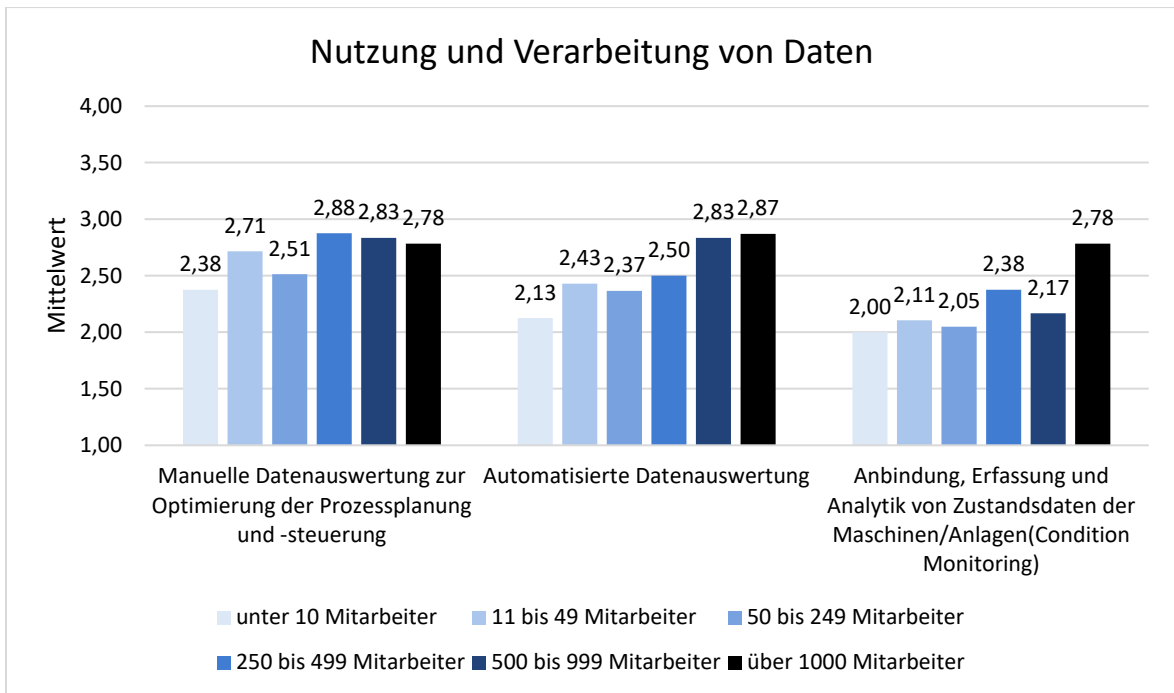


Abbildung 10: DE – Nutzung und Verarbeitung von Daten – Häufigkeitsverteilung



**Abbildung 11: DE – Nutzung und Verarbeitung von Daten – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl**

Bei den *Produktionsdaten* geben 46 Unternehmen an, diese zur *Produktionsplanung und -steuerung* anzuwenden (Abb. 12), aber nur 8 Unternehmen verwenden die *Produktionsdaten* zu einer *automatisierten Produktionsplanung und -steuerung*. Auf Abbildung 13 lässt sich die Fortschreibung des Trends, dass die größeren Unternehmen einen höheren Digitalisierungsgrad aufweisen, erkennen. Während Unternehmen mit über 1000 Mitarbeitern einen Digitalisierungsgrad von 2,92 verzeichnen, kommen KMU auf 1,67 bei unter 10 Mitarbeitern, 2,16 bei 11 bis 49 Mitarbeitern und auf 2,29 bei 50 bis 249 Mitarbeitern. Demnach lässt sich bezüglich der *Produktionsdaten* festhalten: Je größer das Unternehmen, desto höher der Digitalisierungsgrad.

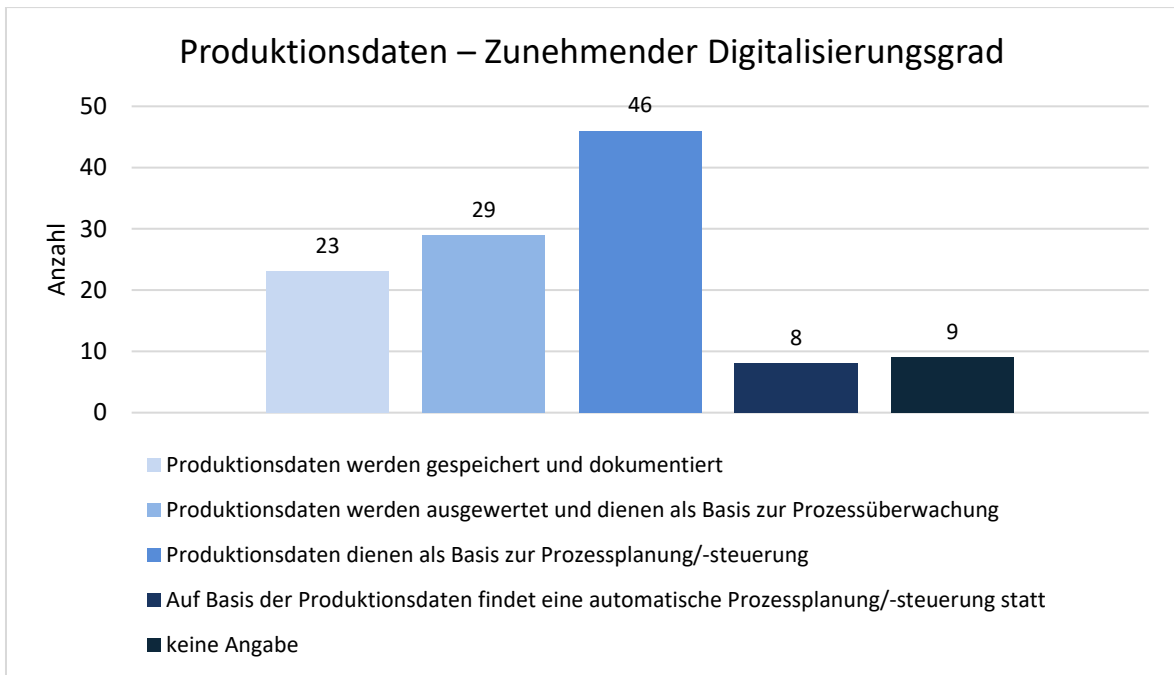


Abbildung 12: DE – Produktionsdaten – Häufigkeitsverteilung

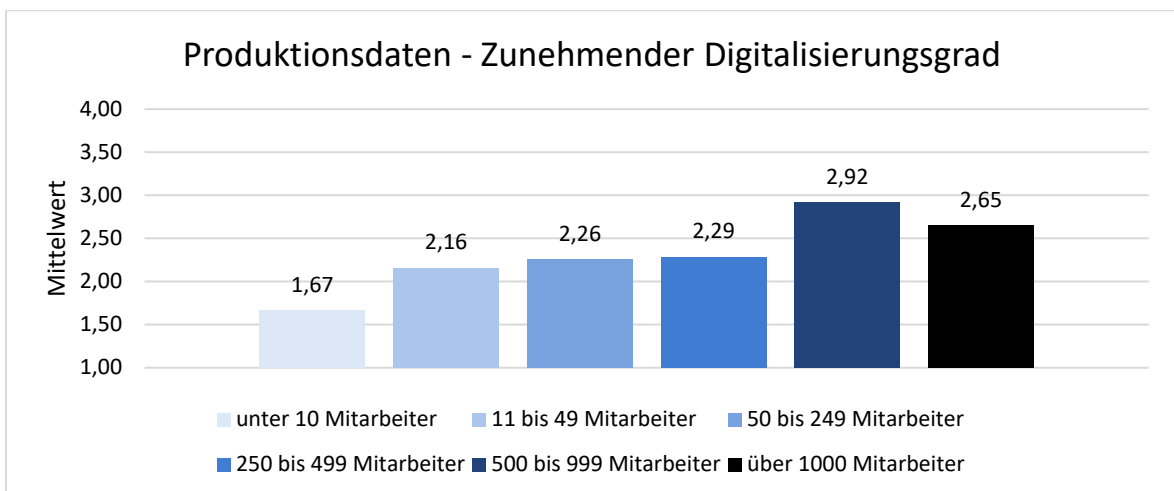


Abbildung 13: DE – Produktionsdaten – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

*Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS)* dienen der Unterstützung der vertikalen und horizontalen Integration mit Hilfe von Computerprogrammen. Dabei steht die vertikale Integration für die Vernetzung innerhalb des Unternehmens und die horizontale Integration für den unternehmensübergreifenden Austausch von Informationen mit bspw. Kunden und Lieferanten. Auffällig ist, dass speziell die Unternehmen mit *weniger als 10 Mitarbeitern* nahezu keine Digitalisierung im *Bereich PPS* aufweisen können (Abb. 14). Zudem fällt auf, dass Unternehmen mit 250 oder mehr Mitarbeitern angeben, *Kundenaufträge digital in das ERP-System* übernehmen zu können (Abb. 15). Alle Unternehmen ab 250 Mitarbeiter weisen bei dieser Frage einen Mittelwert größer 3 auf. Dies entspricht einer Umsetzung von „in hohem Maße“.

Insgesamt liegen die Werte im Mittel bei 2.62 für die *digitale Übernahme der Kundenaufträge in ERP-Systeme*, 2.39 für die *Übertragung von CAD-Stücklisten* und bei 2.65 für die *automatische Rückmeldung des Fertigungsfortschritts per BDE bis zur ERP-Ebene*.

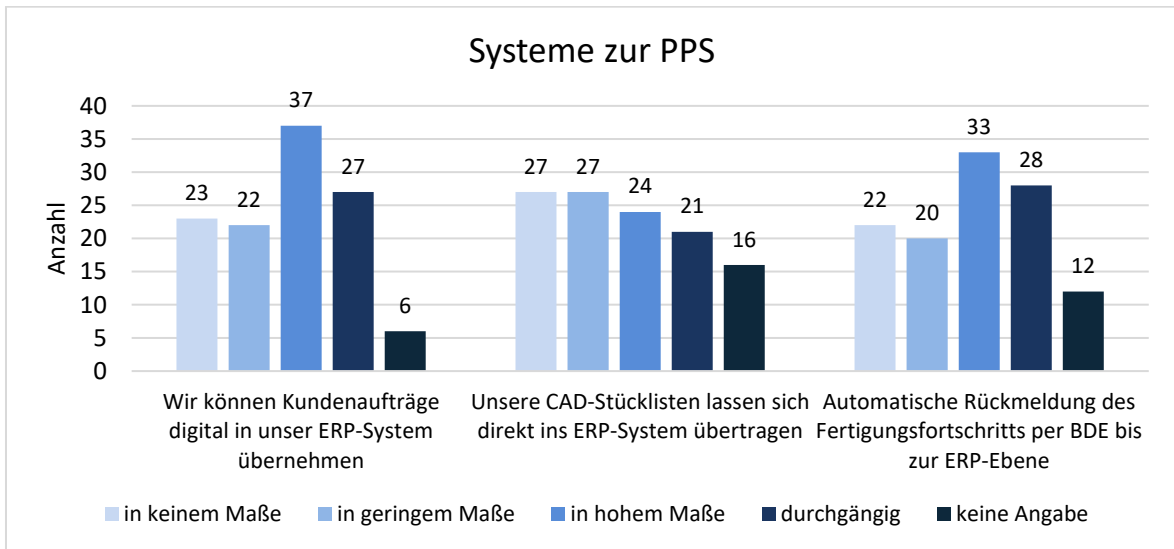


Abbildung 14: DE – Systeme zur PPS – Häufigkeitsverteilung

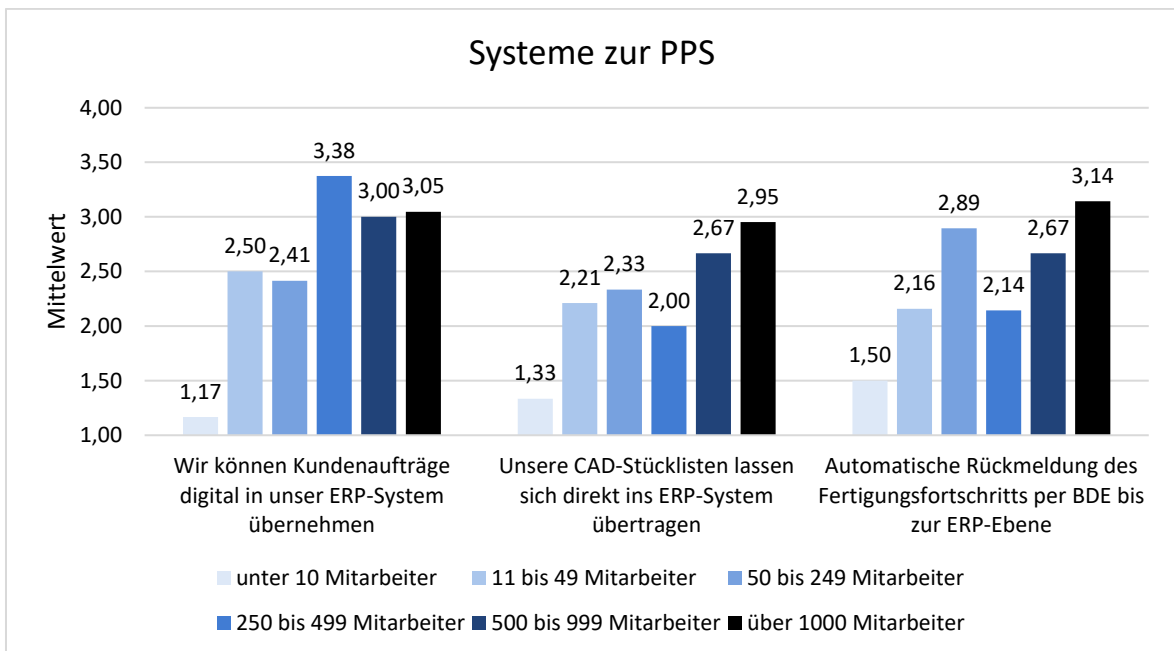


Abbildung 15: DE – Systeme zur PPS – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

Die *digitale Fabrik* zeichnet sich dadurch aus, dass Daten aus verschiedenen IT-Systemen zusammengeführt werden. Das betrifft einerseits die Fabrikplanung mit *digitalen Layouts*, aber auch die *automatische Erfassung und Nutzung von Messwerten* auf der Feldebene und die *automatische Identifikation von Objekten*, z.B. Werkstücken in der Fertigung (Abb. 16). Auch hier zeigt sich, dass insbesondere die kleinen Unternehmen noch deutlich hinterher hängen. Die *automatische Identifikation von Objekten*, z.B. mit RFID, nutzen nur 4 Unternehmen.

Die Digitalisierungsgrade zu den drei Fragestellungen zeigen einen Mittelwert von 2.15 für die *automatische Erfassung von Messungen* und einen Mittelwert von 1.66 für die *Identifizierung von Objekten*. Zu erkennen ist auch hier, dass die Unternehmen mit steigender Größe höhere Digitalisierungsgrade aufweisen (Abb. 17). Der Trend mangelhafter Digitalisierung bei KMU zeichnet sich auch im Bereich der *automatischen Erfassung von Messwerten* und der *automatischen Identifizierung von Objekten* weiter ab. *Digitale Layouts* (Mittelwert: 2.33) sind ebenfalls eher in den größeren Unternehmen zu finden.

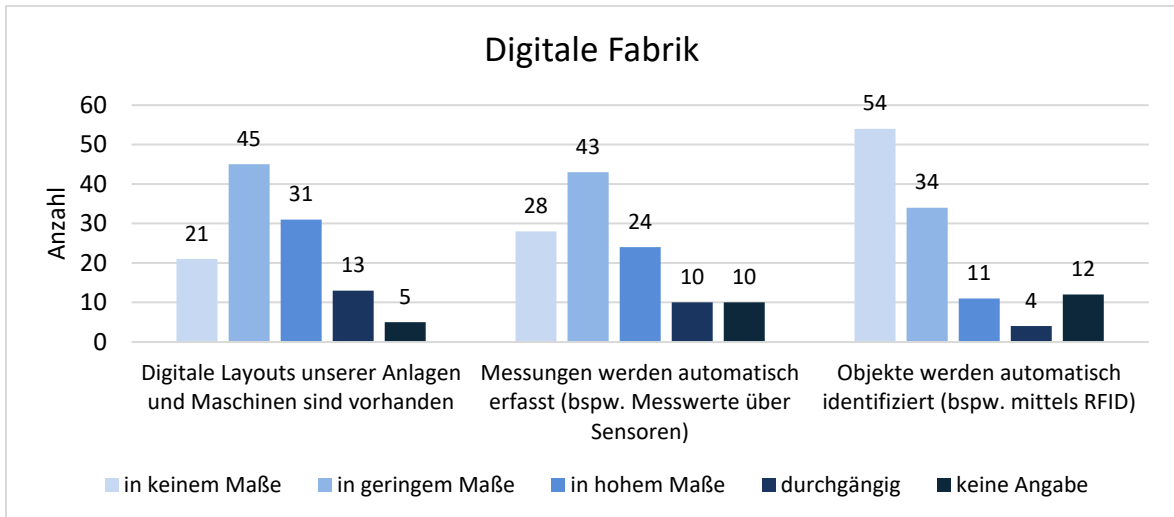


Abbildung 16: DE – Digitale Fabrik – Häufigkeitsverteilung

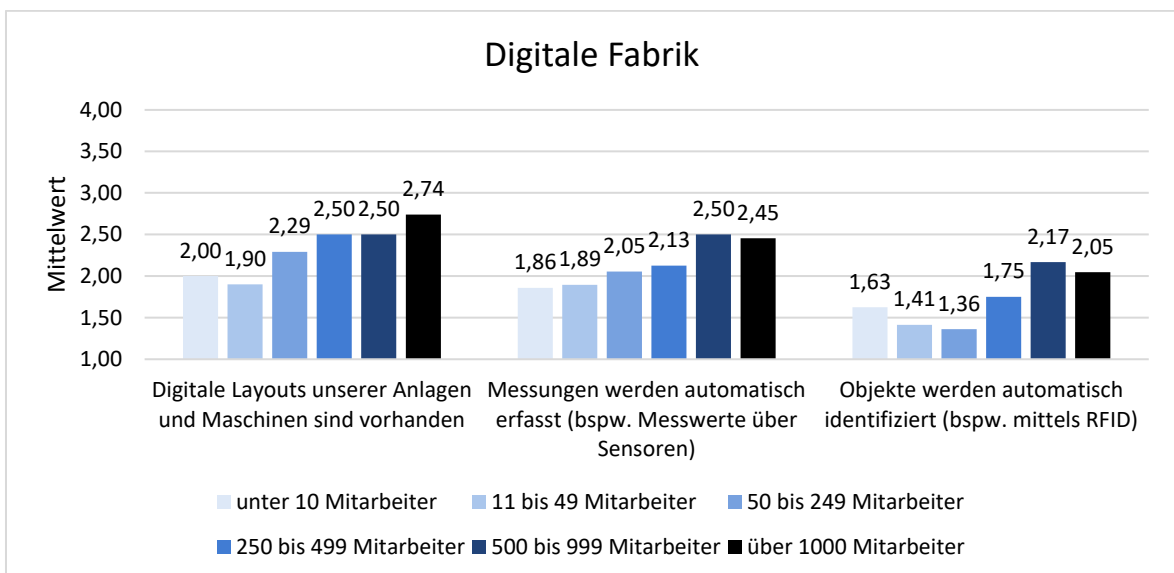


Abbildung 17: DE – Digitale Fabrik – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

Die Digitalisierung der *IT-Infrastruktur* zeigt fast eine Gleichverteilung der Nennungen zu den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten (Abb. 18). 33 Teilnehmer können die Frage zur *IT-Infrastruktur* nicht beantworten. Aus der hohen Anzahl fehlender Antworten ist eine hohe

Komplexität der Frage zu schließen, die nur mit entsprechender Fachkenntnis aus dem Bereich der IT zu beantworten ist.

Die Digitalisierungsgrade (Abb. 19) liegen im Bereich zwischen 2.0 und 2.62 und zeigen keinen Trend in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße.

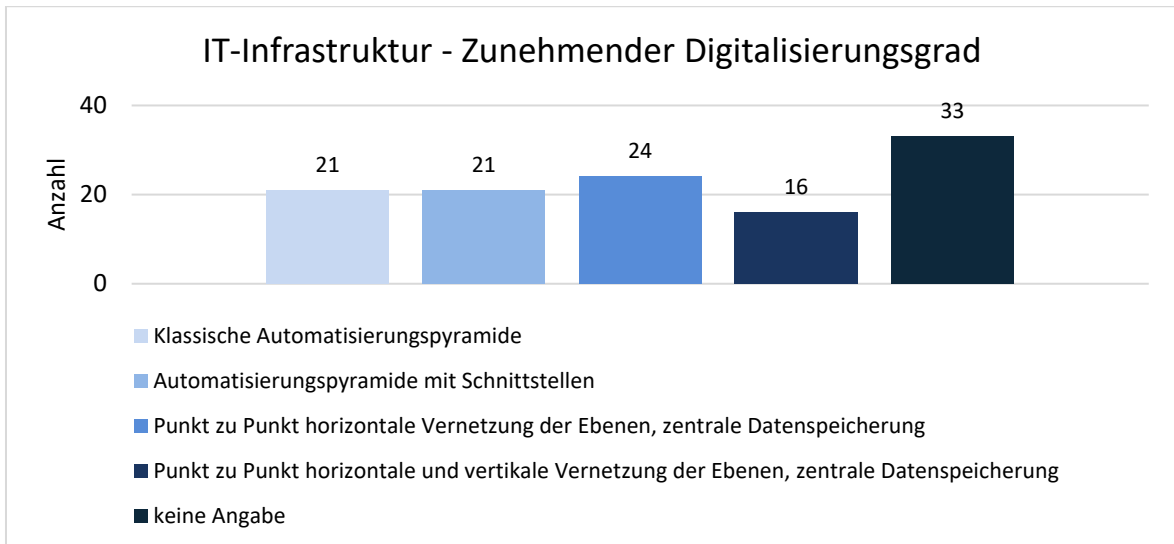


Abbildung 18: DE – IT-Infrastruktur – Häufigkeitsverteilung

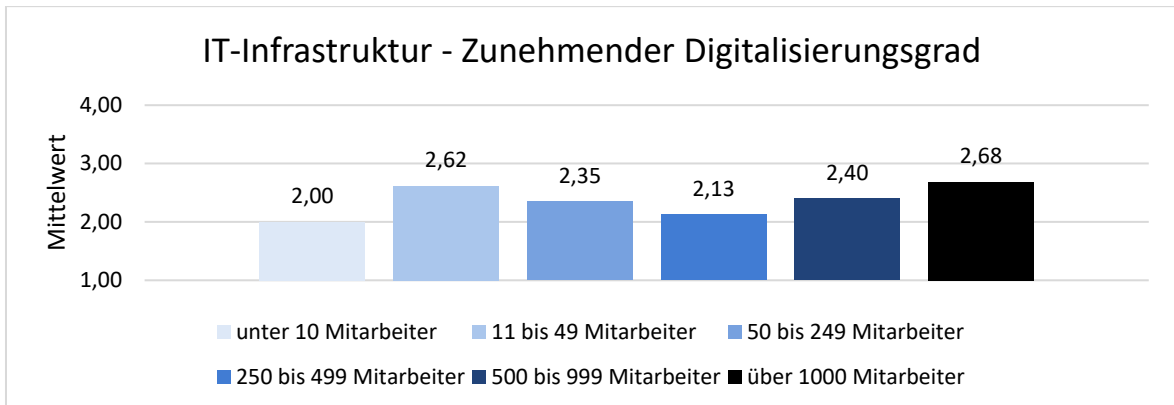


Abbildung 19: DE – IT-Infrastruktur – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

#### 4.2.2 Geschäftsmodellaspekte

Der Umsatzanteil *digitaler Services* am Geschäftsmodell liegt bei 46 der insgesamt 115 teilnehmenden Unternehmen bei 0 % (Abb. 20). Die kleinsten Unternehmen mit weniger als 10 Mitarbeitern weisen den höchsten Digitalisierungsgrad mit 2.22 im Mittel auf (Abb. 21). Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die digitale Ergänzung des Geschäftsmodells durch *digitale Services* noch nicht die ihr zukommende Rolle spielt.

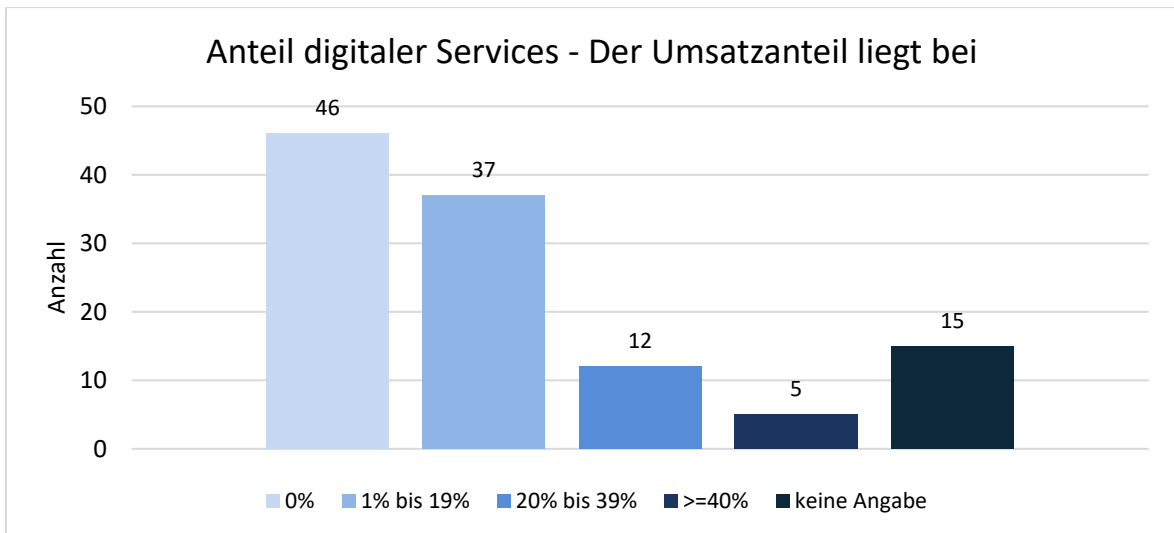


Abbildung 20: DE – Anteil digitaler Services – Häufigkeitsverteilung

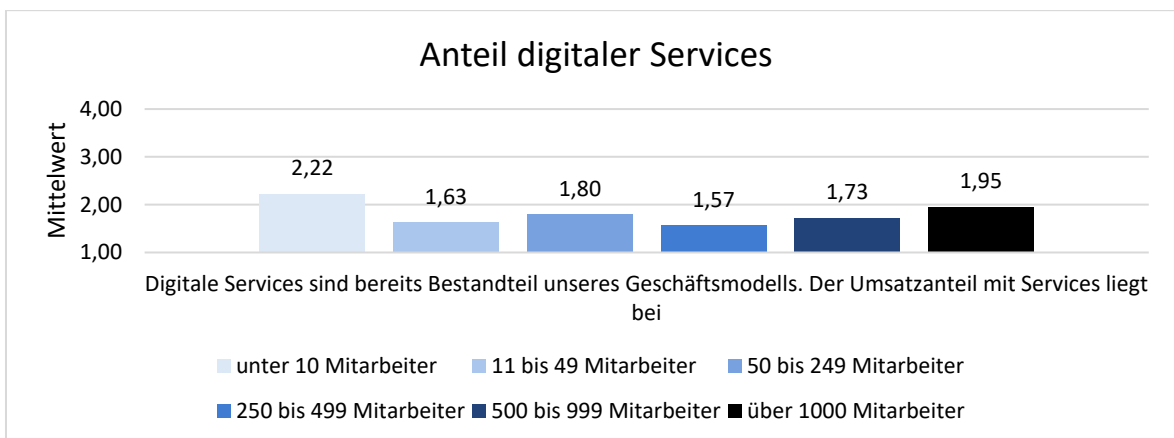


Abbildung 21: DE – Anteil digitaler Services – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

In den *Geschäftsmodellaspekten*, die sechs verschiedene Fragen umfassen (Abb. 22), zeigt sich sehr deutlich, dass der überwiegende Teil der teilnehmenden Unternehmen noch *keine* oder nur *in geringem Maße* solche Leistungen erbringen. Im Detail sind interessante Unterschiede zwischen den angebotenen Leistungen sowie der Unternehmensgröße zu erkennen. Besonders groß ist der Unterschied zwischen KMU in den Bereichen *spezielle IT-Services zu Produkten* (Delta: 0.41), *Fernkommunikationslösungen* (Delta: 0.44) und *Prozessorientierung* (Delta: 0.58). Insgesamt performen die größeren Unternehmen auch im Bereich des *Leistungsangebots digitaler Services* besser als die KMU. Das Segment der *Solution-Services* spielt noch keine Rolle. Das fehlende Angebot der *Solution-Services* kann auf eine sehr hohe Komplexität des Angebots zurückzuführen sein.

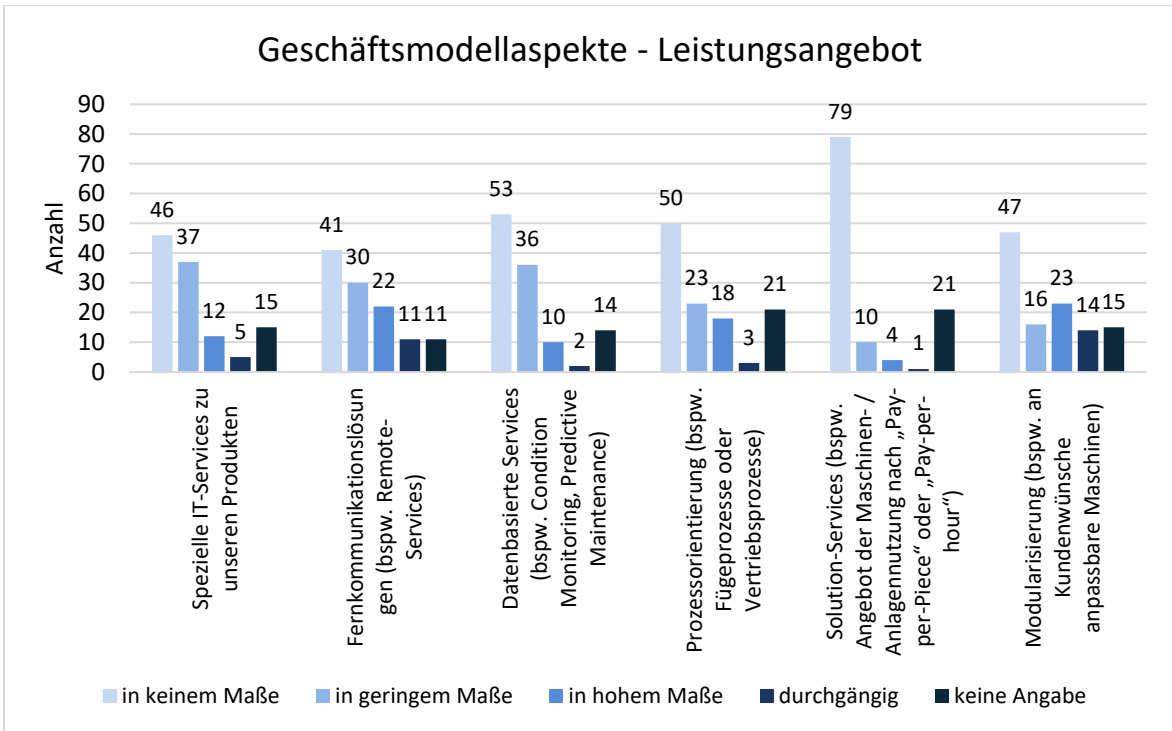


Abbildung 22: DE – Leistungsangebot – Häufigkeitsverteilung



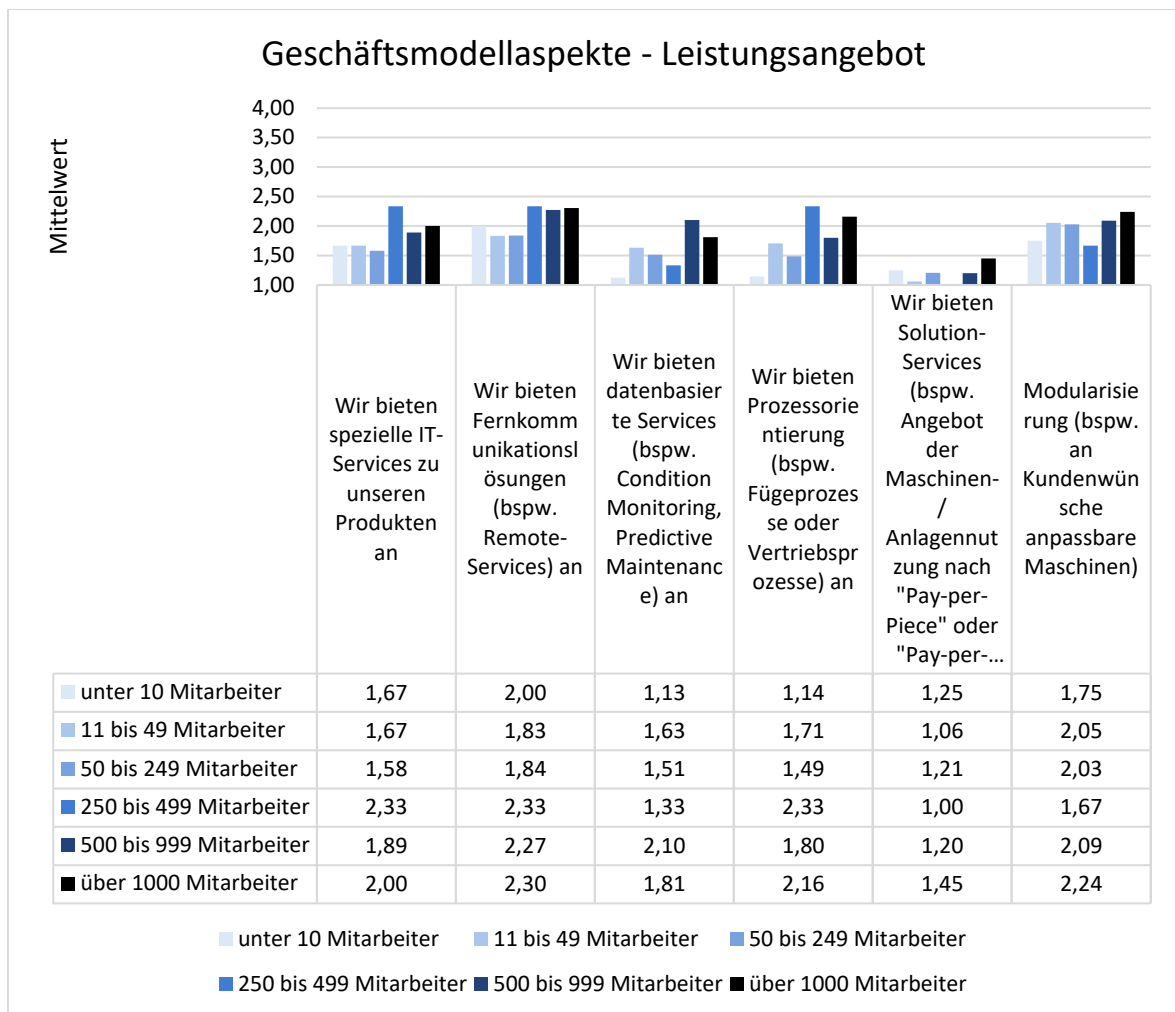


Abbildung 23: DE – Leistungsangebot – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

61 Teilnehmer geben an, noch keine *Plattformaktivitäten* zu haben (Abb.24). Betrachtet man dazu den Mittelwert über die Unternehmensgröße, erkennt man sehr deutlich, dass erst ab einer Mitarbeiterzahl von 250 Beschäftigten (Abb. 25) *Plattformaktivitäten* merklich verfolgt werden. Bei einer zunehmenden Notwendigkeit von Plattformen für verschiedene Angebote im Bereich Maschinen-, Produkt-, und Softwarevertrieb sind die Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten derzeit nicht für künftige Ansprüche der Märkte gewappnet. Zudem wird künftig ebenfalls die Integration von Lieferanten und Kunden in die Produktentwicklung ohne adäquate Plattformaktivität schwer sicherzustellen sein.

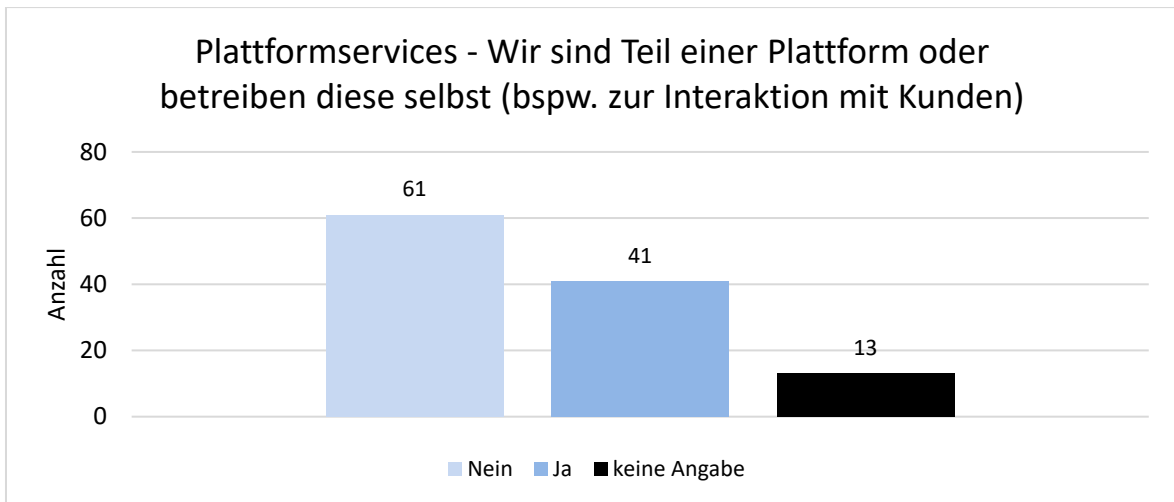


Abbildung 24: DE – Platformservices – Häufigkeitsverteilung

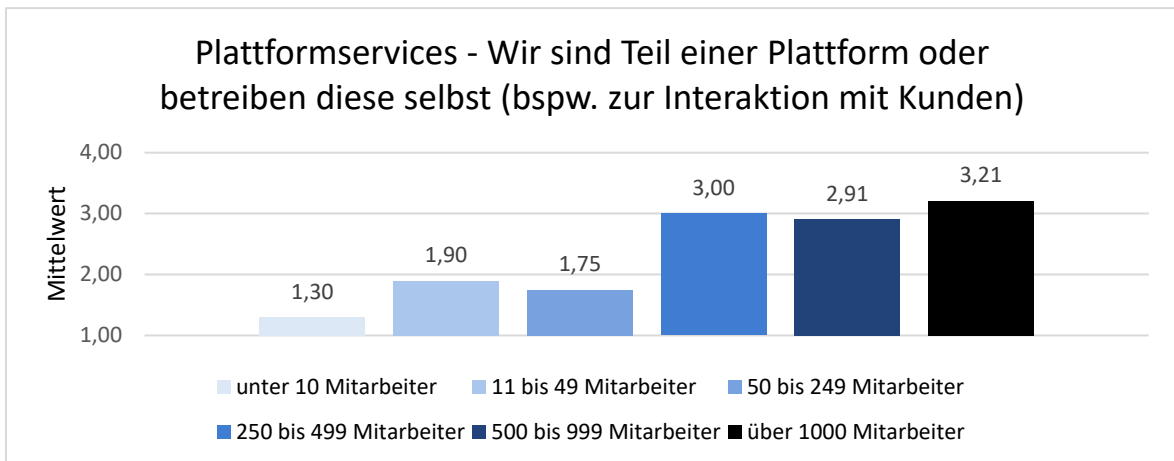


Abbildung 25: DE – Platformservices – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

#### 4.2.3 Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0

*Lean Management* ist eine sinnvolle Voraussetzung für eine erfolgreiche digitale Transformation in der Industrie. Die drei Fragen zu *Umrüstungstakt von Maschinen/Anlagen*, *Nutzung von Visual Management* und *Poka Yoke* (Abb. 26) offenbaren, dass die meisten Unternehmen der Studie das in „keinem Maße“ anwenden.

Die Auswertung nach Unternehmensgröße setzt den Trend der vorangegangenen Auswertungen fort. Größere Unternehmen sind auch im Bereich *Lean Management* weiter mit der digitalen Transformation als die kleineren. Während die Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern in keiner der Fragen einen Digitalisierungswert von 2 erreichen, liegen die Unternehmen mit mehr als 1000 Mitarbeitern bei allen Fragen in einem Digitalisierungsbereich zwischen 2.37 und 2.74. Unter Beachtung eines Maximalwertes von 4 ist jedoch auch dieses Ergebnis wenig zufriedenstellend.

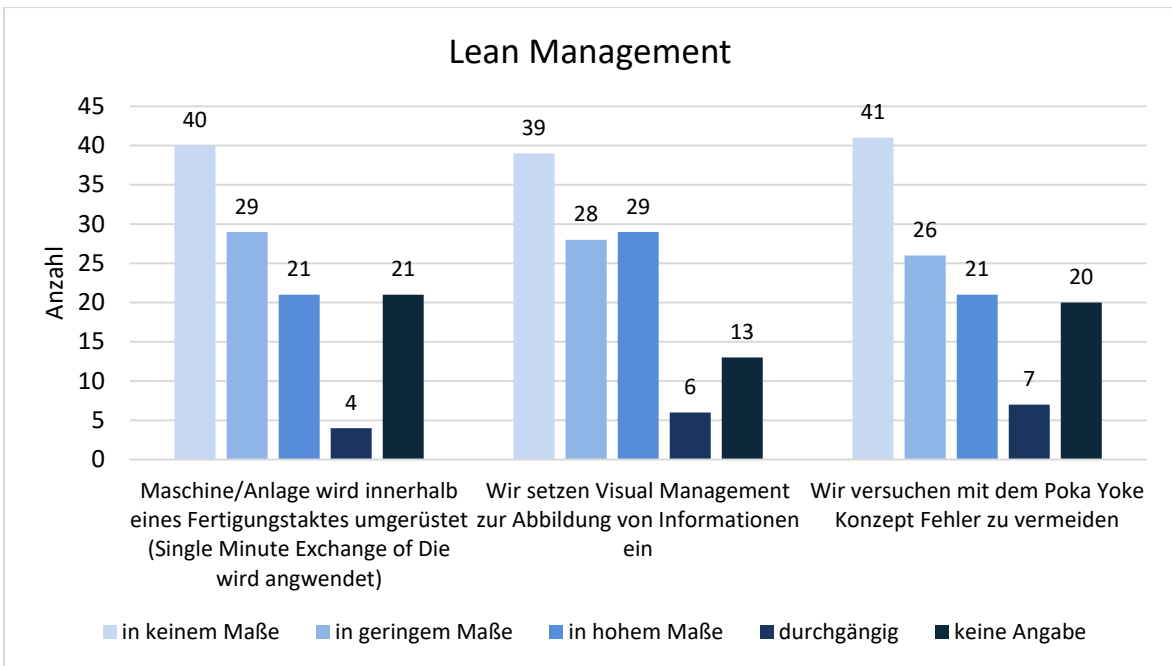


Abbildung 26: DE – Lean Management – Häufigkeitsverteilung

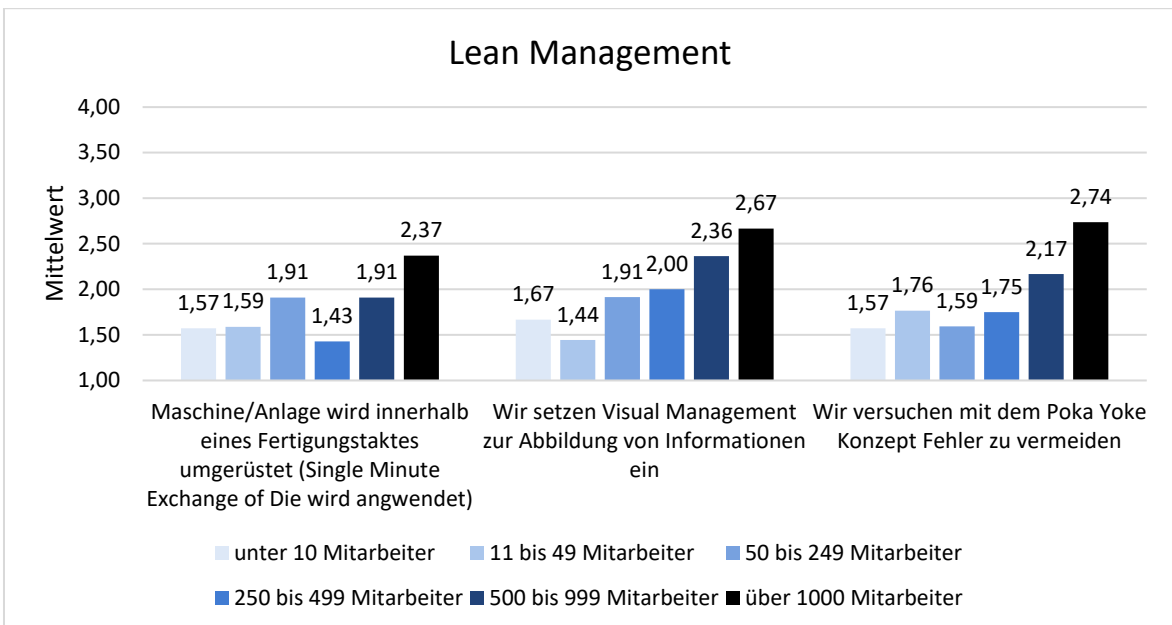


Abbildung 27: DE – Lean Management – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

Die *IT-Sicherheit* genießt in deutschen Unternehmen einen, im Vergleich zu den anderen Fragen, sehr hohen Stellenwert (Abb. 28). Die meisten Unternehmen nennen hier „in hohem Maße“ als Antwort. Alle Fragen erreichen im Mittel bei allen Unternehmensgrößen (Abb. 29) Digitalisierungswerte von >2.5! Auch KMU achten auf die *IT-Sicherheit*, wenngleich Unternehmen mit >500 Mitarbeitern hier einen Schritt weiter sind und Digitalisierungswerte von >3 aufweisen.

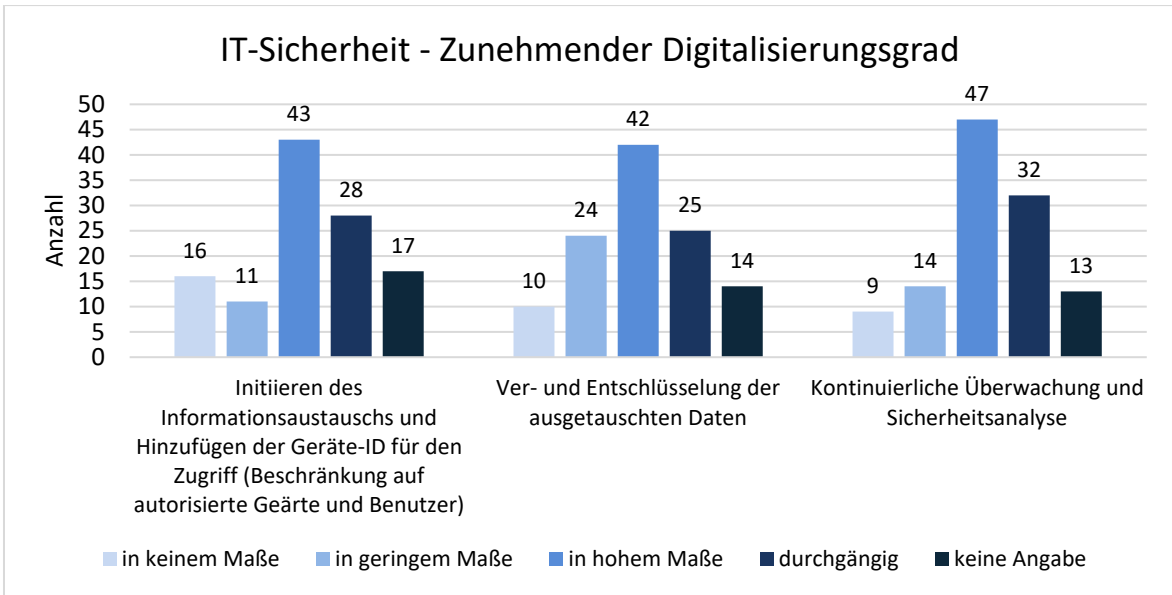


Abbildung 28: DE – IT-Sicherheit – Häufigkeitsverteilung

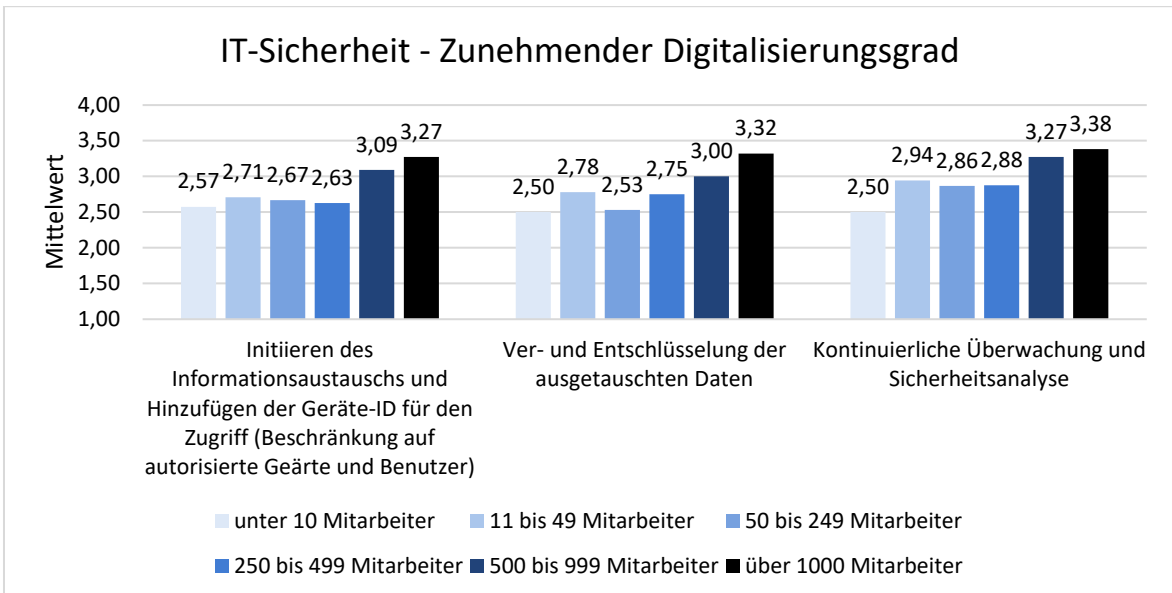


Abbildung 29: DE – IT-Sicherheit – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

Bei *Datensicherheit* setzen 43 der Unternehmen auf *Backup/Recovery* (Abb. 30). *Transaktionsreplikationen* spielen bisher nur eine untergeordnete Rolle. Die Bedeutung der *Datensicherheit* kann nicht ganz an den Stellenwert der *IT-Sicherheit* anschließen - logischerweise bedingt es erst der Sicherung adäquater Systeme und im nächsten Schritt der Sicherheit darauf verkehrender Daten. Der Digitalisierungsgrad der verschiedenen Unternehmensgrößen liegt relativ homogen im Bereich zwischen 2.08 und 2.54 (Abb. 31). Insgesamt verzeichnen KMU einen Digitalisierungsgrad von 2.17 und Unternehmen mit >250 Mitarbeitern einen Wert von 2.46.

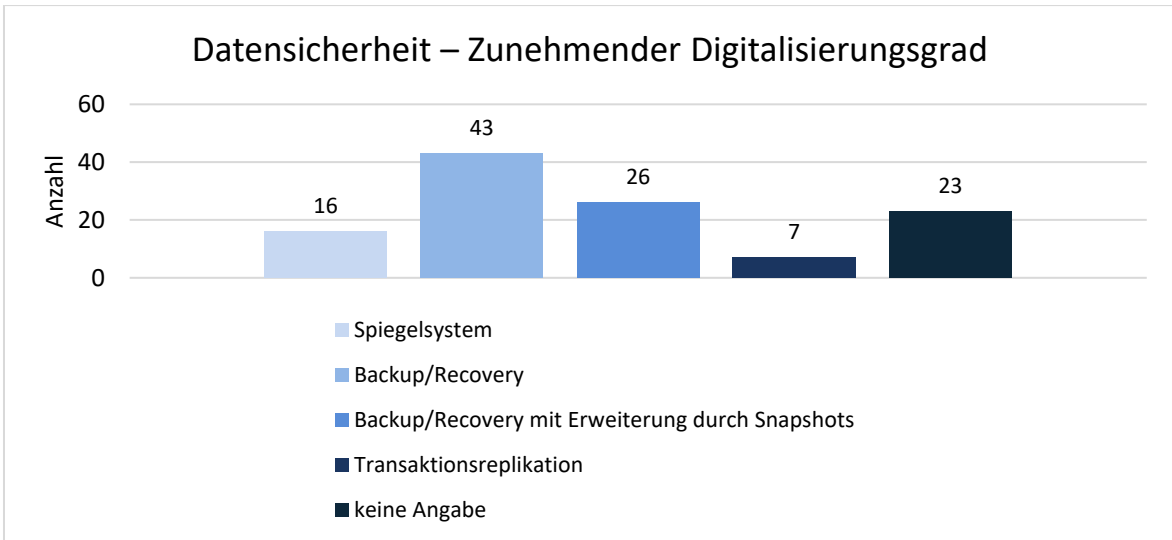


Abbildung 30: DE – Datensicherheit – Häufigkeitsverteilung

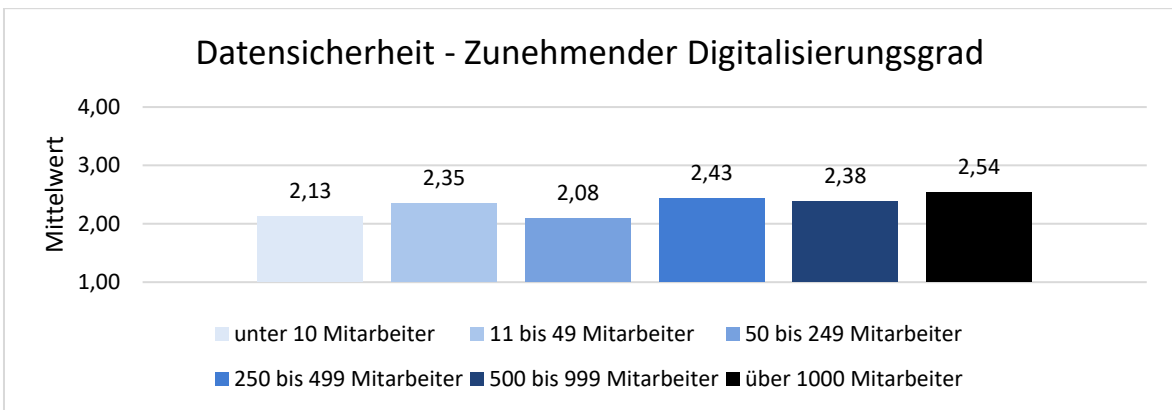


Abbildung 31: DE – Datensicherheit – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

Die Fragen zu *Standards* basieren auf der Referenzarchitektur Industrie 4.0. Gestellt werden vier Fragen (Abb. 32). Es ist gut erkennbar, dass die höchste Ausprägungsstufe „durchgängig“ kaum genannt wird. Digitalisierungsgrade aller Unternehmen (Abb. 33) liegen im Mittel bei den Fragen zu *Standards* zwischen 1.4 am unteren und 3.11 am oberen Ende. Es ist zu erkennen, dass sich die Unternehmen auch hier wieder im Bereich des Digitalisierungsgrades um den Wert 2 bewegen. Ausschläge in den unteren Bereich der Werte sind bei den KMU zu finden (*Jedes wichtige Ereignis (Informationspunkt) der physischen Welt erzeugt ein Ereignis (Informationspunkt) in der Informationswelt*: 1.74; *wir vernetzen und digitalisieren Wertschöpfungsketten und Lebenszyklen*: 1.98). Die Ausschläge in den oberen Bereich finden sich bei den Unternehmen mit ab 250 Mitarbeitern (*Verwendung adäquater Übertragungsprotokolle* (bspw. Netzwerklayer: IP, Transportlayer: TCP/UDP, Applikationslayer: OPC-UA: 2.73); *wir setzen zwischen Geschäftsprozessen Verbindungselemente ein*: 2.46). Insgesamt erreichen die NON-KMU Unternehmen über alle Fragen hinweg einen Digitalisierungsgrad >2 und sind somit auch im Bereich der Standards mehr digitalisiert als

KMU. Auffallend ist die hohe Anzahl an fehlenden Antworten bei allen Fragen. Dies spricht für zu hohe Komplexität oder unzureichende Erklärung der abgefragten Parameter.

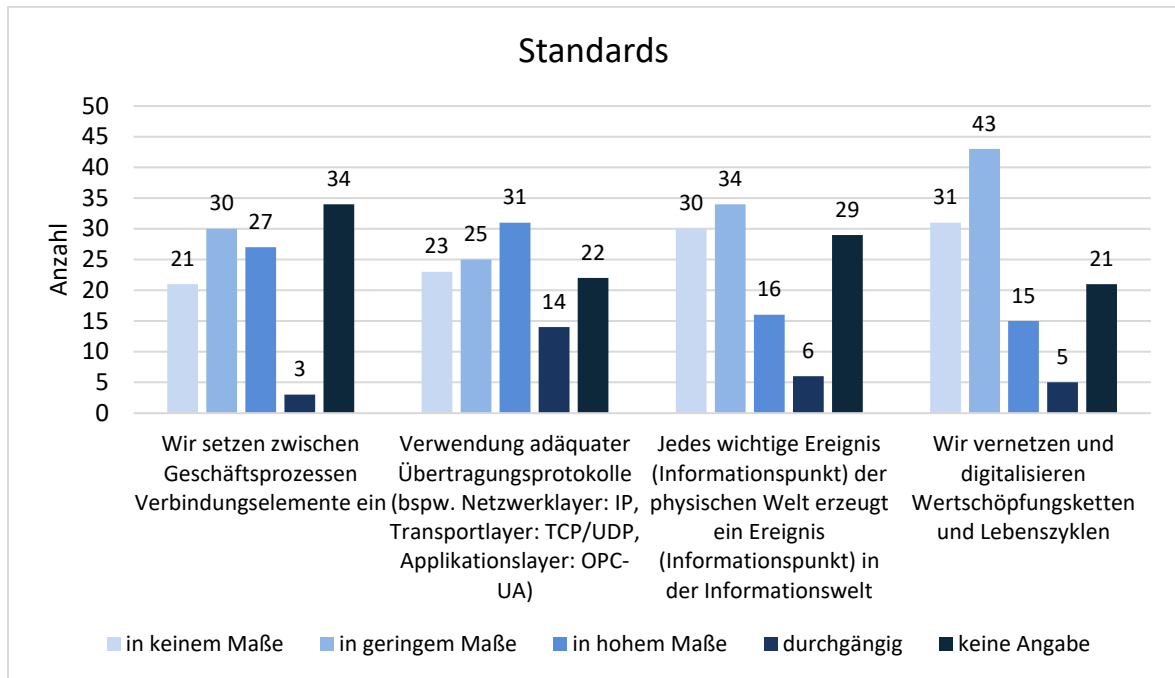


Abbildung 32: DE – Standards – Häufigkeitsverteilung

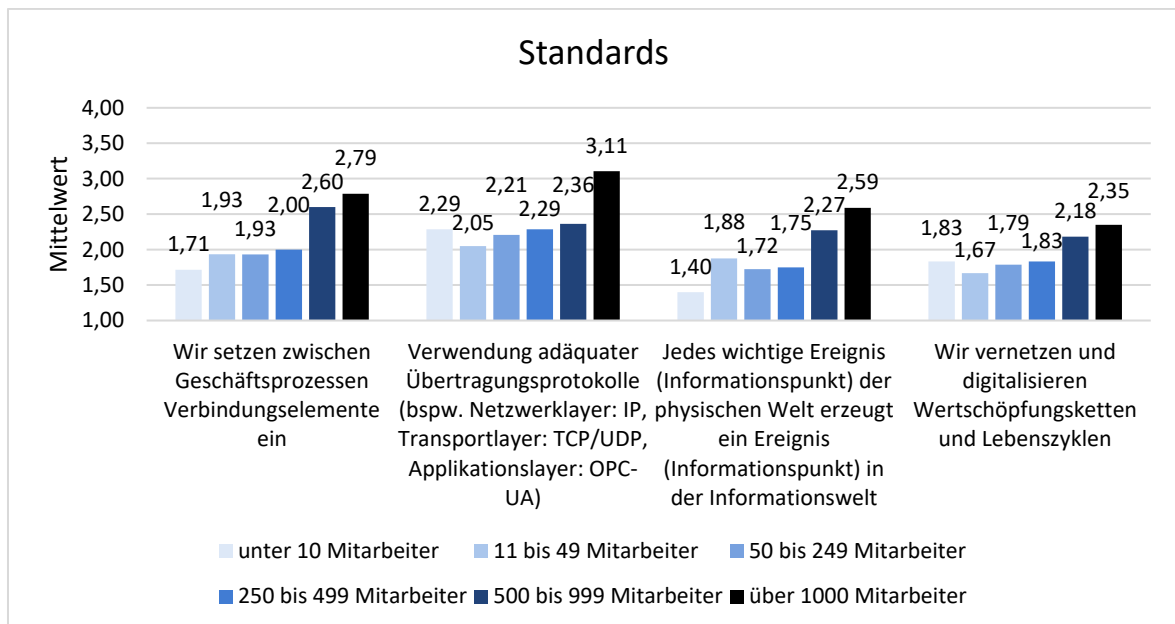


Abbildung 33: DE – Standards – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

Die Fragen zum Vorgehen im *Wissens- und Kompetenzmanagement* zielen auf die Nutzung von *Augmented Intelligence*, die *Integration von Wissen aus unterschiedlichen Quellen* und die Praktiken des Wissensmanagements ab (Abb. 34). Die vorherrschende Angabe liegt bei „in geringem Maße“. Über 100 Teilnehmer konnten die Fragen beantworten. Die Digitalisierungswerte (Abb. 35) der KMU (min.: 1.98; max.: 2.24) sind marginal geringer als die

der NON-KMU (min.: 2.10; max.: 2.40). Auffällig ist, dass Unternehmen mit einer Mitarbeiteranzahl zwischen 250 und 499 bei Fragen eins und zwei einen Digitalisierungsgrade von <2 verzeichnen. Generell lässt sich festhalten, dass das *Wissens- und Kompetenzmanagement* bei allen Unternehmensgruppen ähnlich schwach ausgeprägt ist und es keinen Vorreiter gibt.

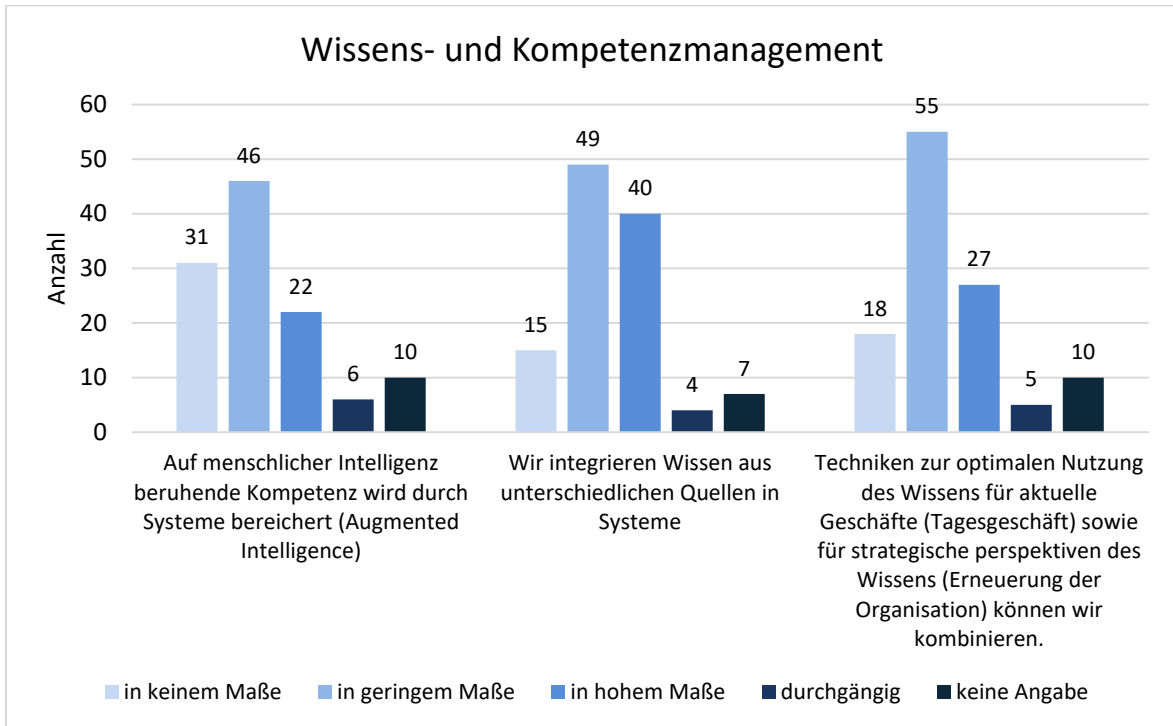


Abbildung 34: DE – Wissens- und Kompetenzmanagement – Häufigkeitsverteilung

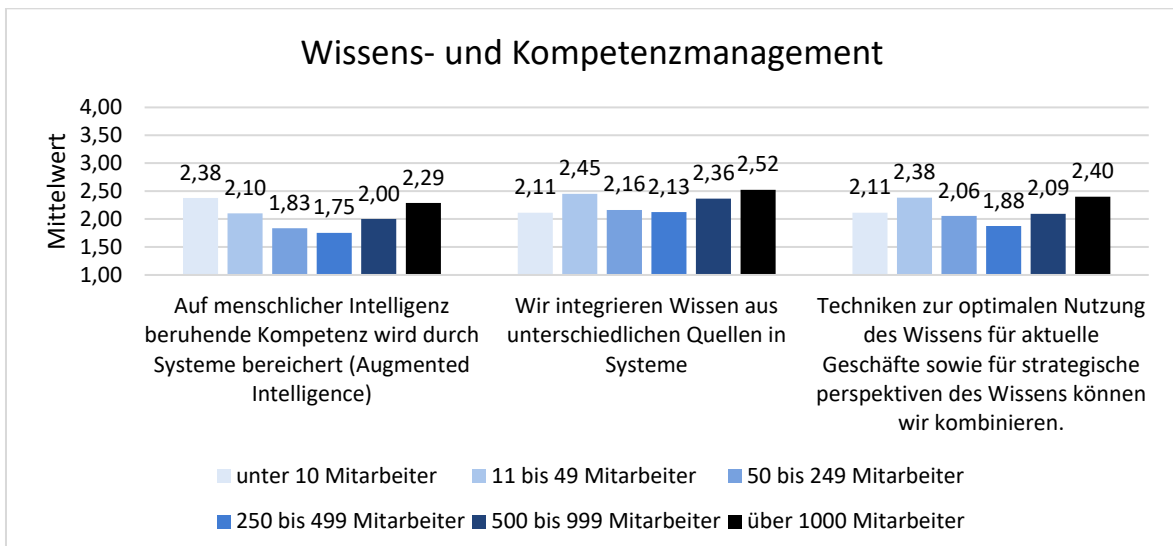


Abbildung 35: DE – Wissens- und Kompetenzmanagement – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

*Intelligente Logistik* ist bisher sowohl bei KMU als auch bei NON-KMU nicht zufriedenstellend ausgebaut (Abb. 36). Fortschrittliche Systeme wie *fahrerlose Transportsysteme*, *Elektrobodenbahnen* und *automatisierte Hochregallager* sind bei KMU mit einem Mittelwert von 1.22 nur ungenügend vertreten. In den Bereichen der *Routenplanung und Nutzung*

logistischer Informationssysteme (Digitalisierungsgrad: 1.72) sowie der Integration von Logistiksystemen in das ERP-System bzw. der Vernetzung von Hard- und Softwarelösungen (Digitalisierungsgrad: 1.38) erzielen KMU ebenfalls keine zufriedenstellenden Ergebnisse (Abb. 37). Unternehmen ab 250 Mitarbeitern agieren im Mittel zwischen 1.90 bei der Nutzung fortschrittlicher Systeme und 2.51 bei der der Integration von Logistiksystemen in das ERP-System bzw. der Vernetzung von Hard- und Softwarelösungen.

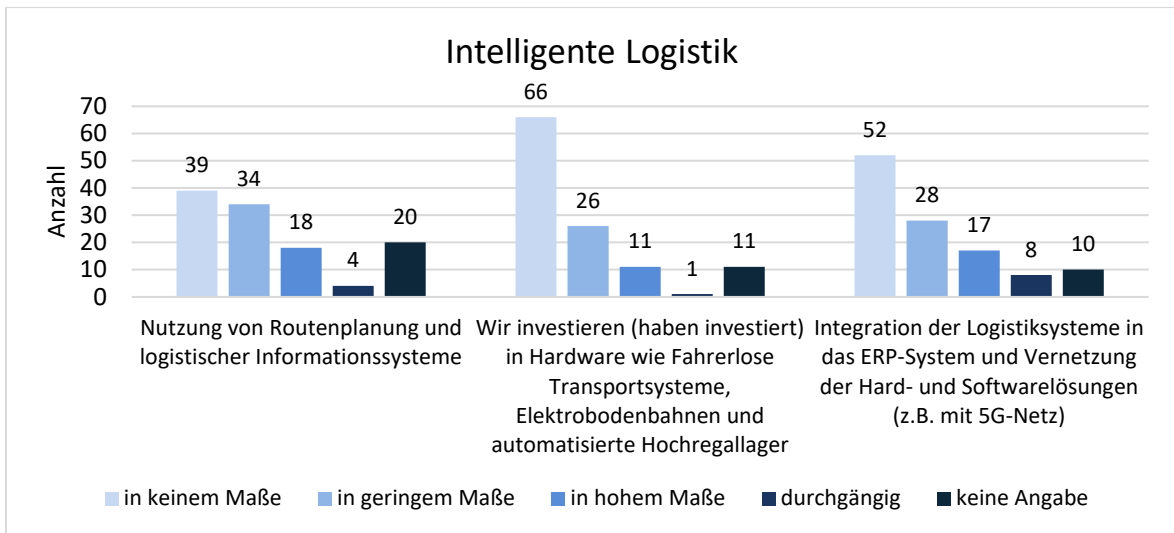


Abbildung 36: DE – Intelligente Logistik – Häufigkeitsverteilung

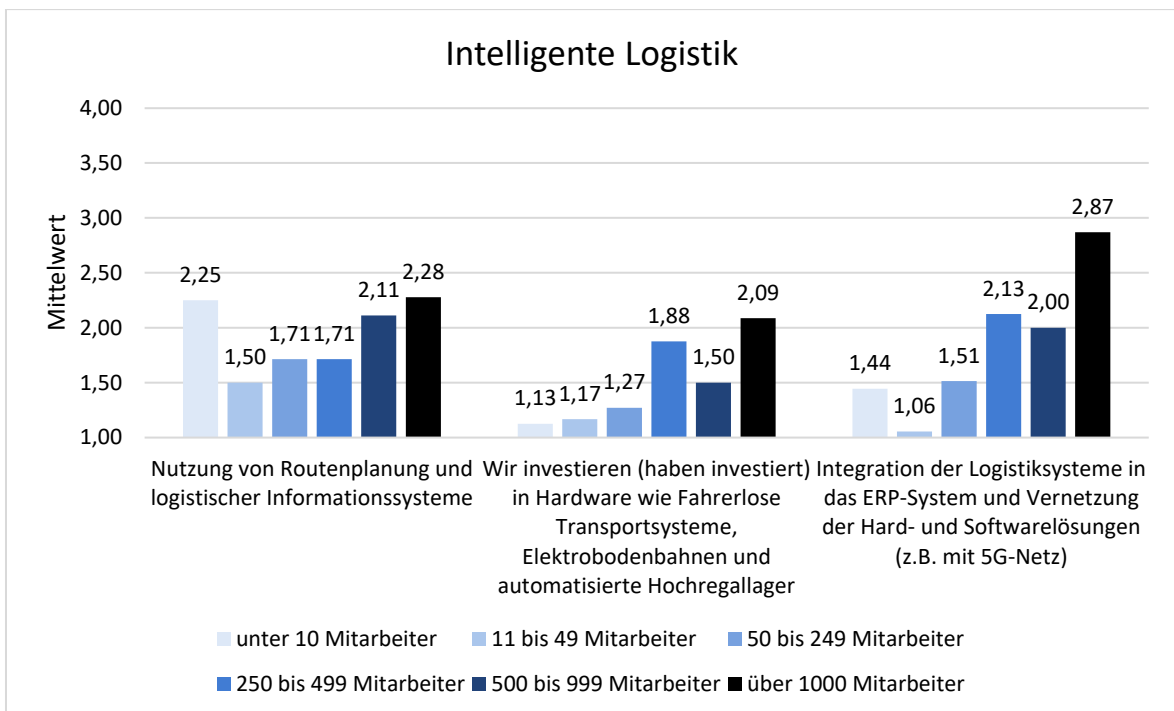


Abbildung 37: DE – Intelligente Logistik – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl



#### 4.2.4 Intelligente Produkte und Anlagen

Produkte/Anlagen werden dann smart, wenn sie mit Verarbeitungs-/Rechenleistung ausgerüstet und kommunikationsfähig sind. Sie dienen somit als Basis für fortschrittliche Geschäftsmodelle und als Grundlage für die digitale Transformation in produzierenden Unternehmen. Die große Mehrheit der teilnehmenden Unternehmen gibt an, bisher weniger als 20% *smarte Maschinen/Anlagen* einzusetzen und *smarte Produkte* anzubieten (Abb. 38).

Interessant ist der Unterschied der Angaben zwischen *smarten Maschinen/Anlagen* und *smartem Produkten* (Abb. 39). Während die Anlagen in *geringem Maße* bereits smart sind (Gesamtmittel: 2.13), sind Produkte bisher nur selten smart (Gesamtmittel: 1.76). Dies spricht dafür, dass das physische Produkt immer noch im Fokus der Unternehmen steht. Bei NON-KMU liegen die *smartem Maschinen/Anlagen* (Mittelwert: 2.45) und *smartem Produkten* (Mittelwert: 2.11) besser als bei KMU (Mittelwert Anlagen: 1.94; Mittelwert Produkte: 1.55). Folglich wird bei KMU noch stärker auf das physische Produkt an sich gesetzt, als ohnehin in der Industrie.

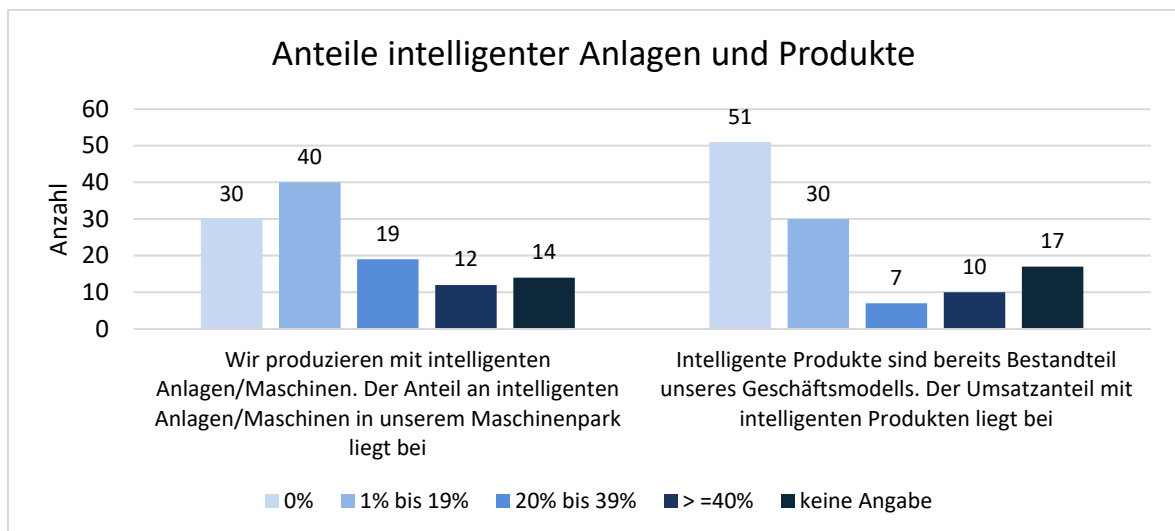
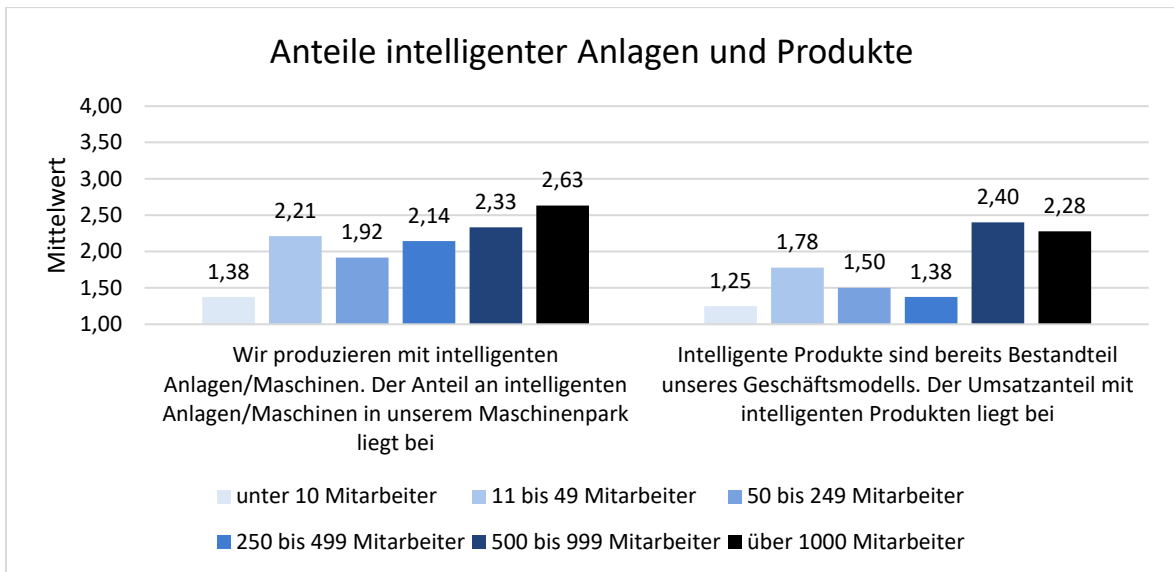
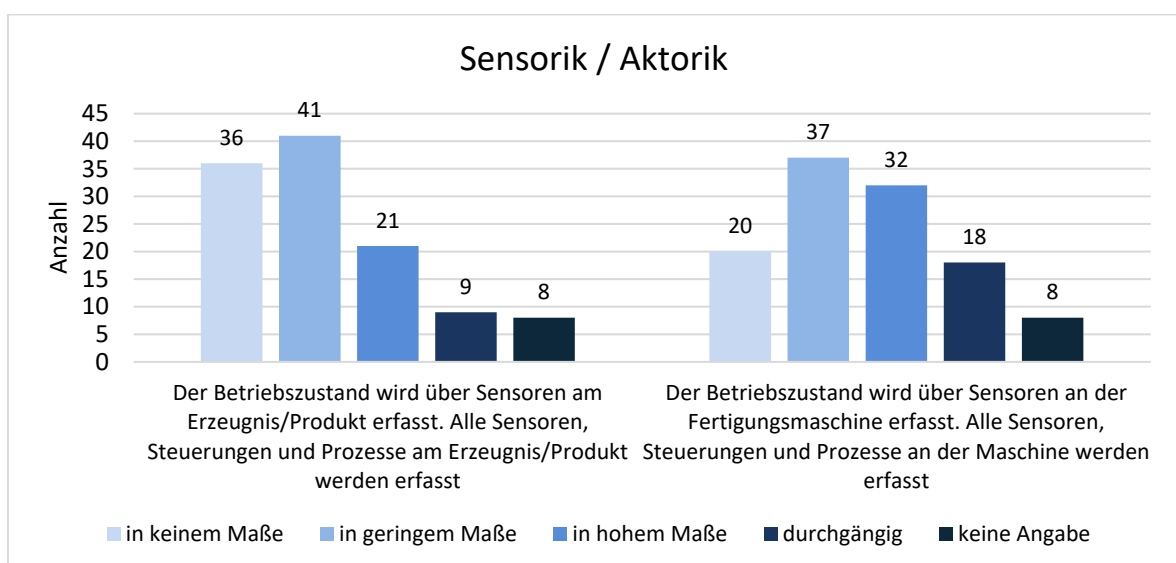


Abbildung 38: DE – Anteile intelligenter Anlagen und Produkte – Häufigkeitsverteilung



**Abbildung 39: DE – Anteile intelligenter Anlagen und Produkte – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl**

Eine Voraussetzung für die Erfassung von Zuständen an Maschinen/Anlagen und an Produkten ist die Ausstattung mit entsprechenden Sensoren. Auf Abbildung 40 ist dokumentiert, dass 2/3 der Unternehmen ihre Produkte noch nicht oder erst „in geringem Maße“ mit Sensoren zur Erfassung von Betriebszuständen ausrüsten. Bei den eigenen Maschinen/Anlagen hingegen geben fast 50% eine Ausstattung „in hohem Maße“ oder „durchgängig“ an. Es zeigt sich auch hier, dass der eigene Maschinenpark für die Digitalisierung (Mittelwert: 2.45) weiter ist als die erzeugten Produkte (Mittelwert: 2.03). Die Tendenz der schlechteren Digitalisierung bei KMU setzt sich im Segment der *Ausstattung mit Sensorik und Aktorik bei Maschinen und Produkten* fort, wenngleich die Ausstattung der *Maschinen mit Sensorik* im Mittel bei 2.33 einen akzeptablen Wert aufweist.



**Abbildung 40: DE – Sensorik/Aktorik – Häufigkeitsverteilung**

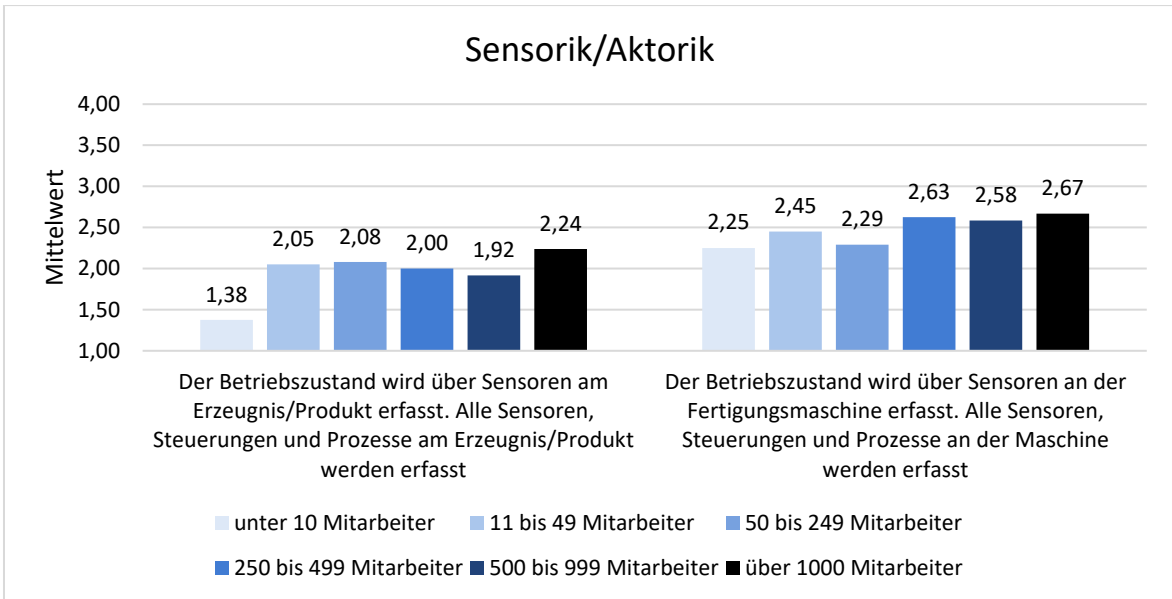


Abbildung 41: DE – Sensorik/Aktorik – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

Die *Mensch-Roboter-Kollaboration* und damit der Einsatz sehr fortschrittlicher Technologien im produzierenden Gewerbe ist quasi nicht existent (Abb. 42). Die Werte der Nutzung der Technologien liegen im Mittel bei *Augmented Reality* (1.26), *Sprachsteuerung/Gestensteuerung* (1.06), *Virtual Reality* (1.17) und *Intuitive Bedienelemente* (1.66). Die Differenzen zwischen KMU und NON-KMU sind in dem Bereich der *Mensch-Roboter-Kollaboration* nur marginal. Dementsprechend haben nahezu alle Unternehmen großes Potenzial die Nutzung dieser Technologien in der Zukunft auszubauen und für sich zu nutzen.

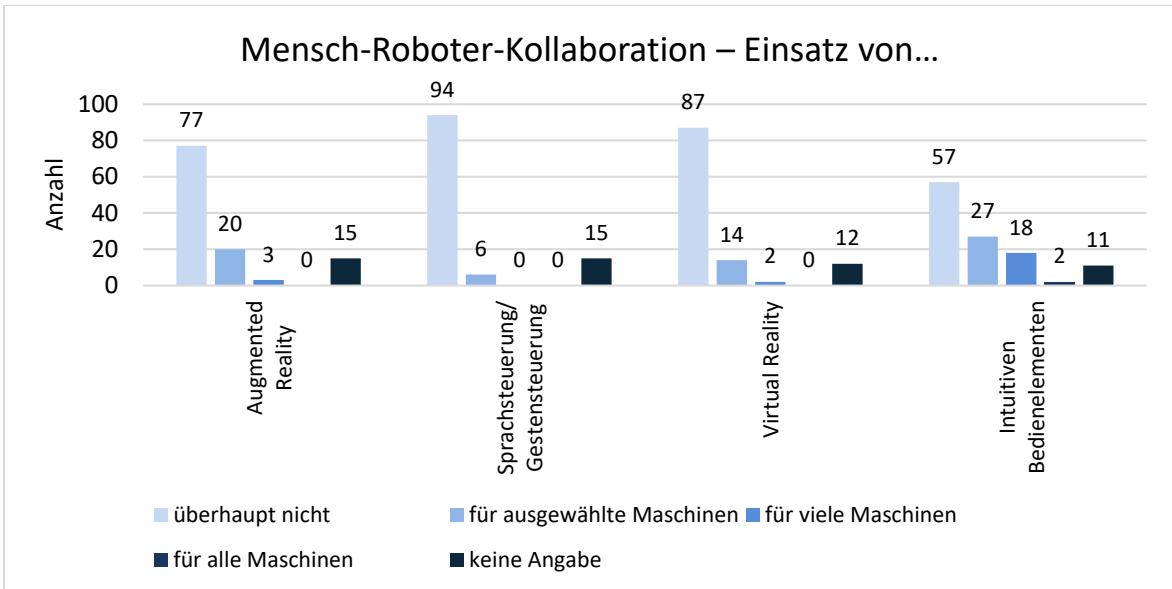
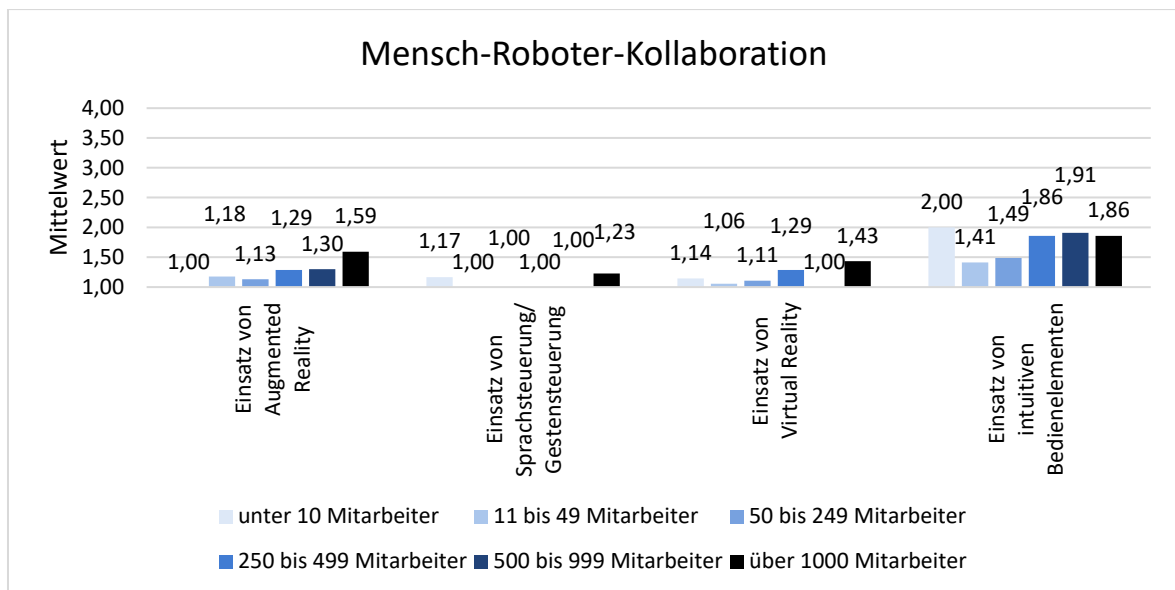


Abbildung 42: DE – Mensch-Roboter-Kollaboration – Häufigkeitsverteilung



**Abbildung 43: DE – Mensch-Roboter-Kollaboration – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl**

Der Bereich *Maschine-zu-Maschine-Kommunikation* (M2M) ist Teil des Industrial IoT. Zusammen mit der industriellen Kommunikationstechnologie bildet der Bereich das Fundament für ein höheres Prozessverständnis in der Fertigung sowie eine effiziente und nachhaltige Kommunikation.<sup>34</sup> Abbildung 44 ist zu entnehmen, dass ein Großteil der Unternehmen Grundvoraussetzungen für die M2M-Kommunikation noch überhaupt nicht erfüllen. Einen *Zugang zum Internet für ihre Maschinen* hingegen geben 77 Unternehmen an. Insgesamt ist die derzeitige Nutzung durch die Anwendung von *Objekt linking and Embedding* (OLE) (Gesamtmittel: 1.51), die *Sicherstellung des Zugangs zum Internet* (Gesamtmittel: 2.00) sowie die Vorbereitung der Maschinen auf *künftige Kommunikationsstandards* (Gesamtmittel: 1.66) nur unzureichend gewährleistet (Abb. 45). OLE gilt als ein Standard zur Organisation von Maschinenkommunikation. Diese ermöglichen einen herstellerunabhängigen Informationsaustausch von Anlage und Steuerungssystem.<sup>35</sup> Generell gilt, dass auch hier die Unternehmen ab 250 Mitarbeitern besser abschneiden als die KMU. Auffällig ist die hohe Anzahl an fehlenden Antworten bei den Fragen zur *Erweiterbarkeit des Transportlayers für künftige Kommunikationsstandards* (fehlende Antworten: 30) sowie bei der Frage zu *Object linking and Embedding zur Prozesssteuerung* (fehlende Antworten: 34). Die vorangegangenen, IT-spezifischen Fragen haben bereits gezeigt, dass zur Beantwortung spezielles know-how erforderlich ist. Aufgrund dieser These ist davon auszugehen, dass deshalb die Frage zur *Erweiterbarkeit des Transportlayers* von einigen Teilnehmern nicht beantwortet werden konnte. Der Frageinhalt zu *OLE* könnte ebenfalls mit Verständnisproblemen oder fehlendem Verständnis zur Begrifflichkeit erklärbar sein.

<sup>34</sup> Vgl. Sisinni et al. (2018), S. 4724.

<sup>35</sup> Vgl. Axmann/Harmoko (2020c), S. 264.

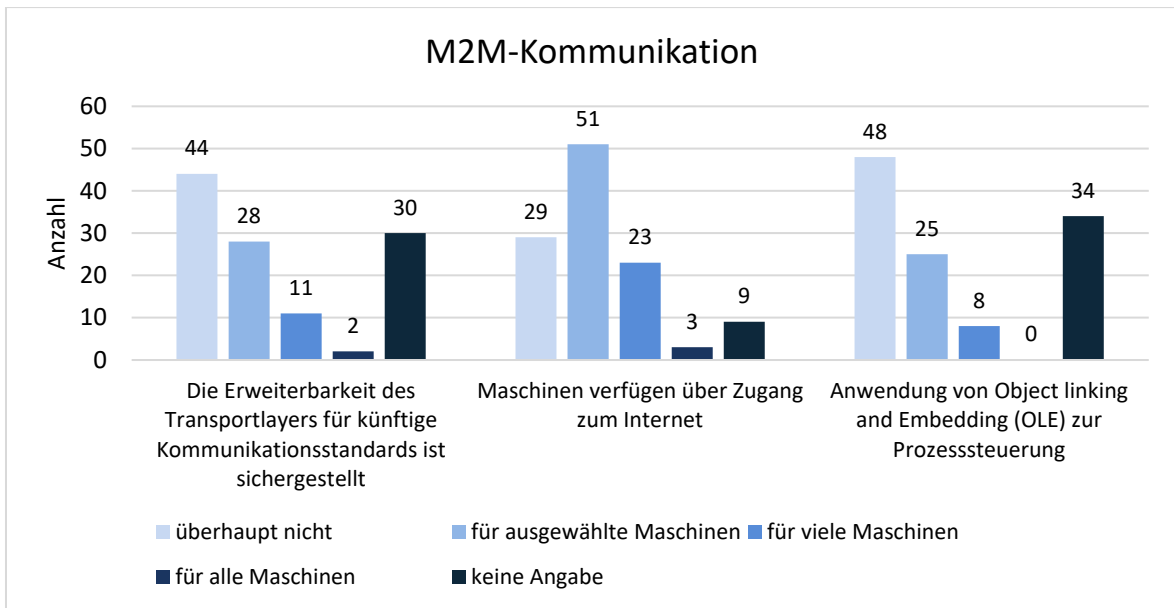


Abbildung 44. DE – M2M-Kommunikation – Häufigkeitsverteilung

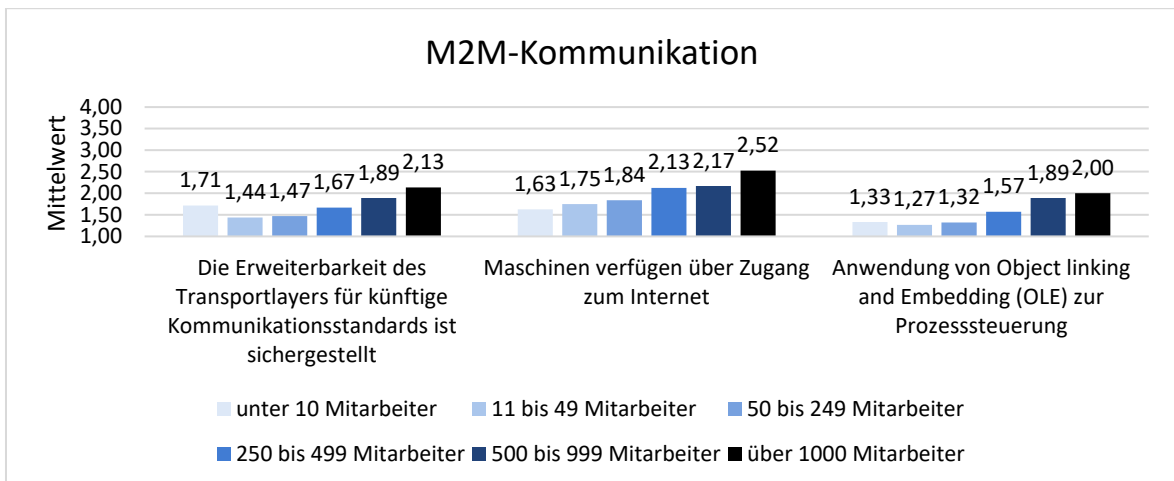
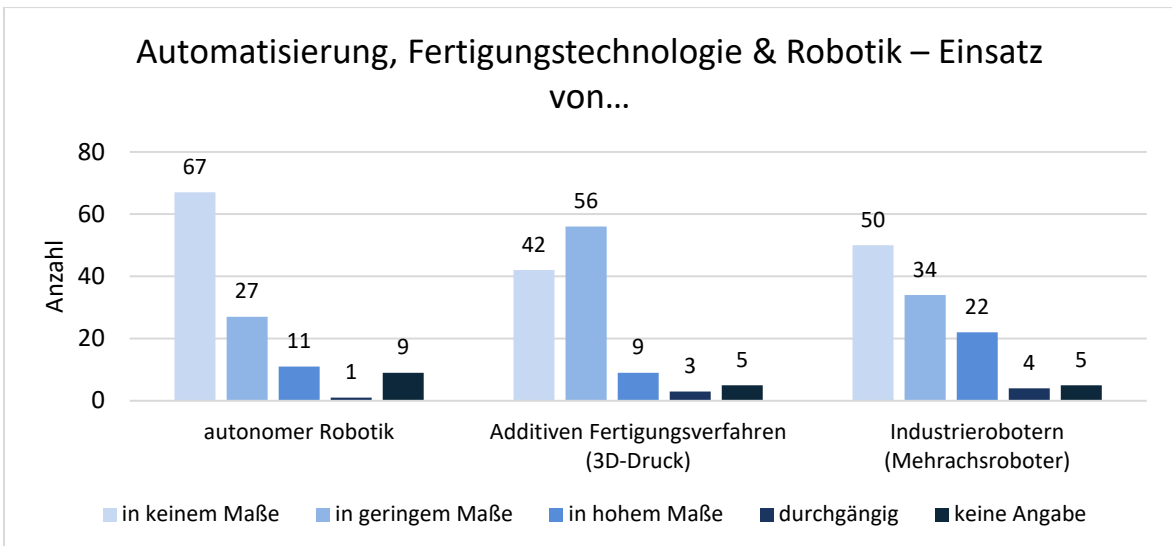
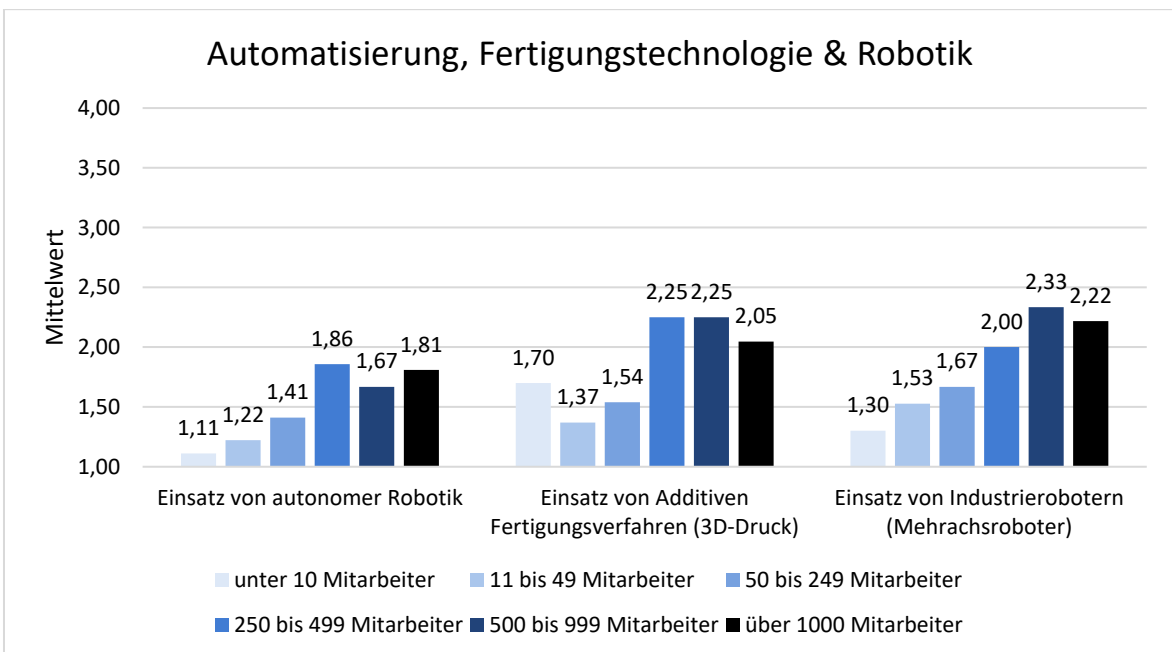


Abbildung 45: DE – M2M-Kommunikation – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl

Die Befragung zu *Automatisierung, Fertigungstechnologie & Robotik* ist auf den Abbildungen 46 und 47 dargestellt. Sie bekräftigt den Unterschied zwischen KMU und NON-KMU abschließend. Mit Unterschieden von 0.46 bei *autonomer Robotik*, 0.63 bei *additiven Fertigungsverfahren* und 0.64 bei *Industrierobotern* sind die KMU im Vergleich zu NON-KMU unterentwickelt. Bei *additiven Fertigungsverfahren* und dem *Einsatz von Industrierobotern* erreichen KMU einen Digitalisierungsgrad von rund 1.5 und bei dem Einsatz *autonomer Robotik* lediglich einen Wert von 1.32.



**Abbildung 46: DE – Automatisierung, Fertigungstechnologie & Robotik – Häufigkeitsverteilung**



**Abbildung 47: DE – Automatisierung, Fertigungstechnologie & Robotik – Mittelwerte nach Mitarbeiteranzahl**

### 4.3 Ergebnisse nach Branchenzugehörigkeit

Folgend werden die Mittelwerte nach Branchenzugehörigkeit dargestellt. Die Branchenzugehörigkeit der Teilnehmer ist wie folgt verteilt:

Branche	n
Maschinen- und Anlagenbau	30
Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen und Produkte	18
Metallerzeugung und -bearbeitung	14
Herstellung von Kunststoff- und Gummiprodukten	11

Ausrüster für Energie und Technik	4
Werkzeug- und Formenbau	4
Gießerei	1
Herstellung von Glaswaren und Verarbeitung von Glas	3
Reparatur und Wartung von Maschinen/Anlagen	1
Sonstige Bearbeitung von Eisen und Stahl	7
Herstellung von sonstigen Produkten	9
Nicht aufgeführt	13

Da die Stichprobengröße in keiner der vorliegenden Branchenzuordnungen  $n = 30$  übersteigt, kann durch das zentrale Grenzwerttheorem eine Normalverteilung der Mittelwerte nicht garantiert werden.<sup>36</sup> Aus diesem Grund sind die im folgenden angeführten Analysen der Mittelwerte nicht als repräsentativ anzusehen.

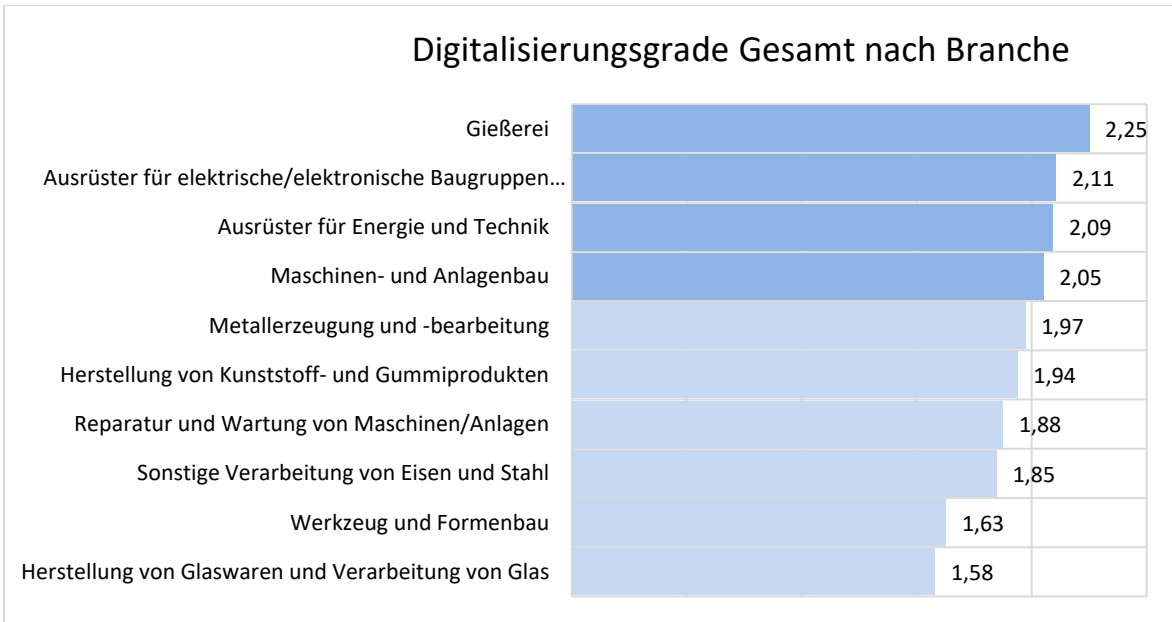
**Tabelle 13: DE – Farbliche Untermauerung der Digitalisierungsgrade**

0-1.99
2.00-2.49
$\geq 2.5$

#### 4.3.1 Gesamtebene

Dargestellt wird im Folgenden der Digitalisierungsgrad pro Branche, gemittelt über die gesamte Umfrage inklusive aller Module, Subkategorien sowie Fragen und Aussagen (Abb. 48). Dabei zu beachten ist die Häufigkeitsverteilung der Industriesektoren. Sowohl das beste Ergebnis als auch das schlechteste Ergebnis ist aufgrund der Teilnehmeranzahl nicht repräsentativ. Bedeutender ist das Ergebnis jedoch hinsichtlich des Abschneidens der Gruppen *Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen, Metallerzeugung und -bearbeitung, Maschinen- und Anlagenbau* und *Herstellung von Kunststoff- und Gummiprodukten*, da diesen Sektoren mindestens 10 Unternehmen zugeordnet sind. Insgesamt lässt sich feststellen, dass das Ergebnis nur marginal innerhalb der Industriesektoren abweicht. Mit einem Mittelwert von 1.94 im Minimum im Sektor *Herstellung von Kunststoff- und Gummiprodukten* sowie einem Wert von 2.11 im Sektor von *Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen*, ist von keinem großen realen Unterschied in der Praxis auszugehen.

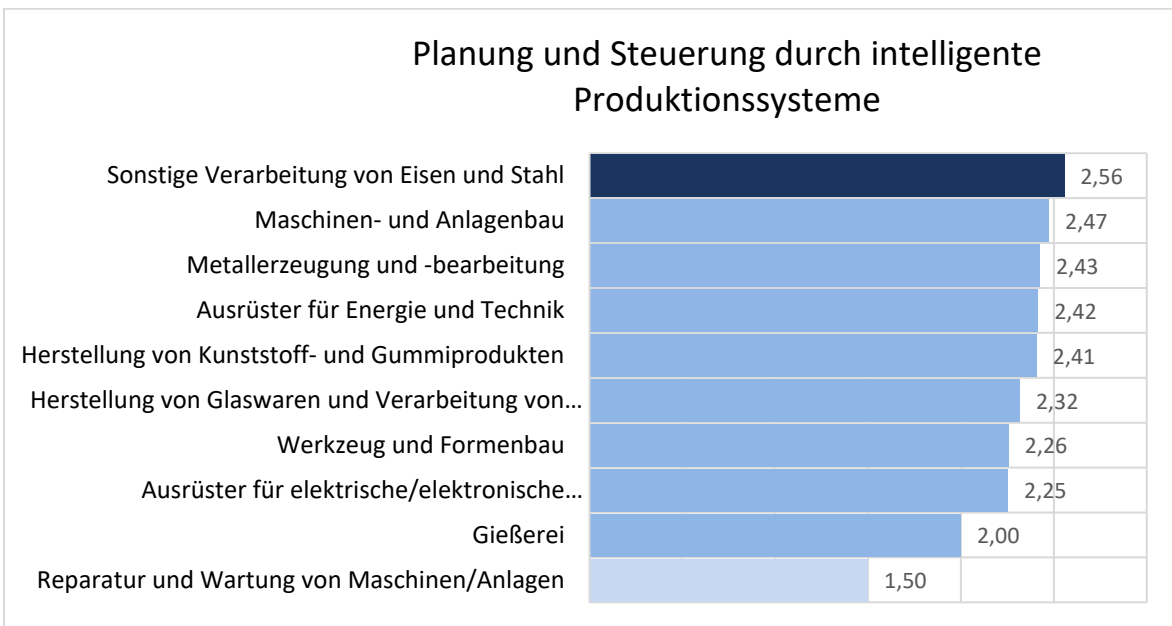
<sup>36</sup> Vgl. Bortz et al. (2010), S. 88.



**Abbildung 48: Digitalisierungsgrade über alle Module nach Branche**

#### 4.3.2 Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme

Betrachtet wird folgend der Mittelwert klassifiziert nach Industriesektorzugehörigkeit über alle Fragen des ersten Moduls *Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme* (Abb 49). Insgesamt zeigt das Ergebnis, dass die Unternehmen bis auf eine Ausnahme einen Digitalisierungsgrad >2 erreichen – ein gutes Ergebnis. Von den relevantesten Sektoren schließt der *Maschinen- und Anlagenbau* mit einem Mittelwert von 2.47 am besten ab. Gefolgt von *Metallerzeugung und -bearbeitung* (Mittelwert 2.43), *Herstellung von Kunststoff- und Gummiprodukten* (Mittelwert: 2.41) und *Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen* (Mittelwert: 2.25).



**Abbildung 49 Modul Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme**



### 4.3.3 Geschäftsmodellaspekte

Nachfolgend betrachtet wird der Mittelwert klassifiziert nach Industriesektorzugehörigkeit aller Fragen des zweiten Moduls *Geschäftsmodellaspekte* (Abb 50). Insgesamt zeigt das Ergebnis, dass nur der *Maschinen- und Anlagenbau* das zweite Digitalisierungslevel erreicht, dicht gefolgt von *Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen* (Mittelwert: 1.96). Die weiteren Industriesektoren fallen unter das zweite Level und somit kann kein geringer Digitalisierungsgrad nachgewiesen werden. Besonders auffallend ist zudem das Ergebnis des Sektors *Metallerzeugung und -bearbeitung*. Diesem Industriesektor sind insgesamt 14 Unternehmen in der Umfrage zugeordnet. Im Gesamtmittel erzielt dieser Sektor einen sehr geringen Wert von 1.43 im Modul *Geschäftsmodellaspekte*.

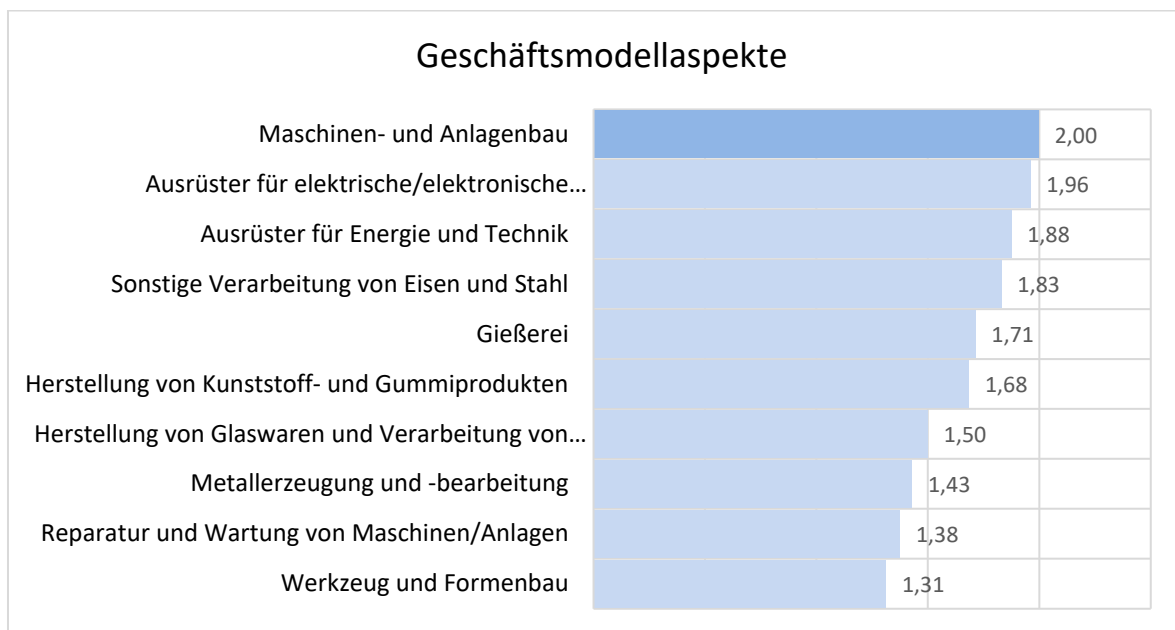
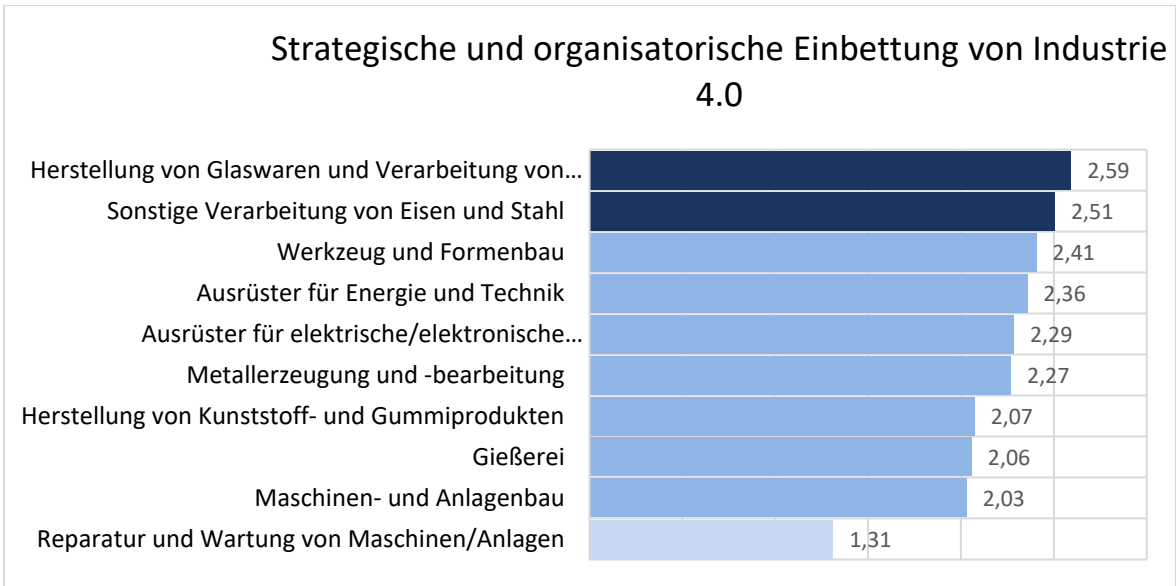


Abbildung 50: Modul Geschäftsmodellaspekte

### 4.3.4 Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0

Die Mittelwerte zu den Fragen im Modul *Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0* sind, mit Ausnahme eines Sektors, zufriedenstellend (Abb. 51). Der einzige Sektor, der den Digitalisierungsgrad von 2 nicht erreichen kann, ist *Reparatur von Maschinen/Anlagen*. Im vorliegenden Modul erreicht der *Maschinen- und Anlagenbau* allerdings mit einem Mittelwert von 2.03 das schlechteste Ergebnis der Sektoren mit 10 oder mehr Unternehmen. Im Vergleich verzeichnen *Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen* einen Mittelwert von 2.29 und *Metallerzeugung und -bearbeitung* einen Mittelwert von 2.27.



**Abbildung 51: Modul Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0**

#### 4.3.5 Intelligente Anlagen und Produkte

Über alle Fragen gemittelt erreicht keiner der Industriesektoren im Modul *Intelligente Anlagen und Produkte* einen Digitalisierungsgrad von 2 oder größer (Abb. 52). Der Sektor *Reparatur und Wartung von Maschinen/Anlagen* verzeichnet mit einem Mittelwert von 1.14 das schlechteste, modulübergreifende Ergebnis. *Ausrüster für elektrische/elektronische Baugruppen* hingegen erreichen erneut fast den zweiten Digitalisierungsgrad. Die weiteren relevanten Sektoren *Metallerzeugung und -bearbeitung* (Mittelwert: 1.76), *Maschinen- und Anlagenbau* (Mittelwert: 1.70) und *Herstellung von Kunststoff- und Gummiprodukten* (Mittelwert: 1.59) erreichen hingegen deutlich nicht den zweiten Grad der Digitalisierung.



**Abbildung 52: Modul Intelligente Anlagen und Produkte**

#### 4.4 Ergebnisse nach Klassifizierung KMU/NON-KMU – Deutschland

Im Folgenden werden die Unternehmen nach Mitarbeiteranzahl gruppiert. Die Gruppierung erfolgt nach dem folgenden Muster:

Tabelle 14: DE – Klassifizierung KMU und NON-KMU

unter 10 Mitarbeiter	KMU
11 bis 49 Mitarbeiter	KMU
50 bis 249 Mitarbeiter	KMU
250 bis 499 Mitarbeiter	NON-KMU
500 bis 999 Mitarbeiter	NON-KMU
über 1000 Mitarbeiter	NON-KMU

##### 4.4.1 Allgemeiner Teil

Der Einfluss der digitalen Transformation auf die *Strategie und Ausrichtung* der Unternehmen ist bei NON-KMU als hoch zu bewerten. Der Einfluss auf KMU ist ebenso eher hoch als gering zu bewerten. Es sind keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Gruppierung KMU und NON-KMU auf die verschiedenen Bereiche der *Unternehmensstrategie, Markt-/Marketingpositionierung* und die *Unternehmensstruktur* zu erkennen (Abb. 53). Es ist deshalb davon auszugehen, dass die genannten drei Bereiche im Unternehmen jeweils einen etwa gleichhohen Stellenwert haben.

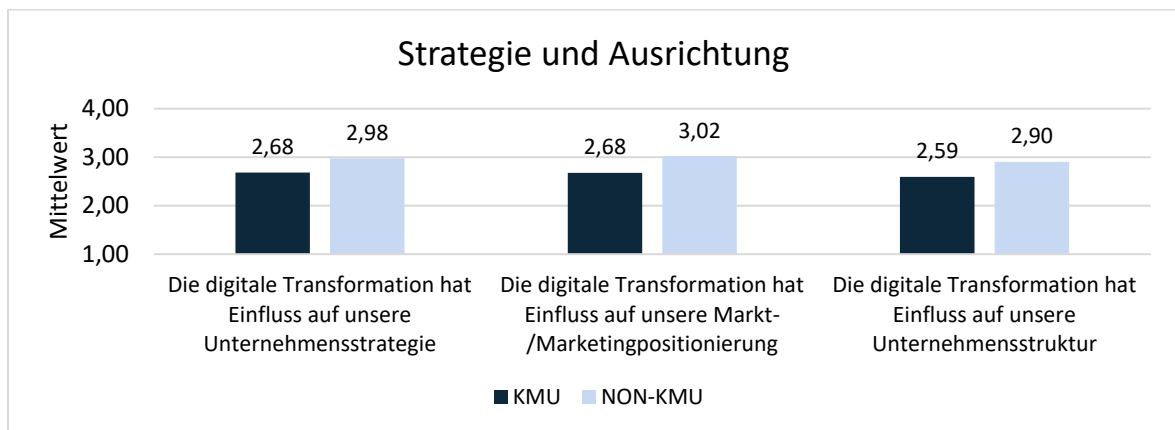


Abbildung 53: DE – Strategie und Ausrichtung – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

##### 4.4.2 Planung und Steuerung intelligenter Produktionssysteme

Die *Nutzung und Verarbeitung von Daten* ist bei KMU wie bei NON-KMU im Bereich zwischen „geringem“ und „hohem Maße“ digitalisiert (Abb. 54). Während *manuelle Datenauswertung zur Optimierung der Prozessplanung und -steuerung* auch bei KMU noch einen Mittelwert von >2.5 aufweist, sinkt der Mittelwert bei zunehmender Komplexität bei der

automatisierten Datenauswertung auf 2.36. NON-KMU erzielen in allen befragten Bereichen der *Nutzung und Verarbeitung von Daten* Mittelwerte von >2.5 und sind somit ebenfalls im Bereich des *Condition Monitoring* um 0.47 mehr digitalisiert als KMU.

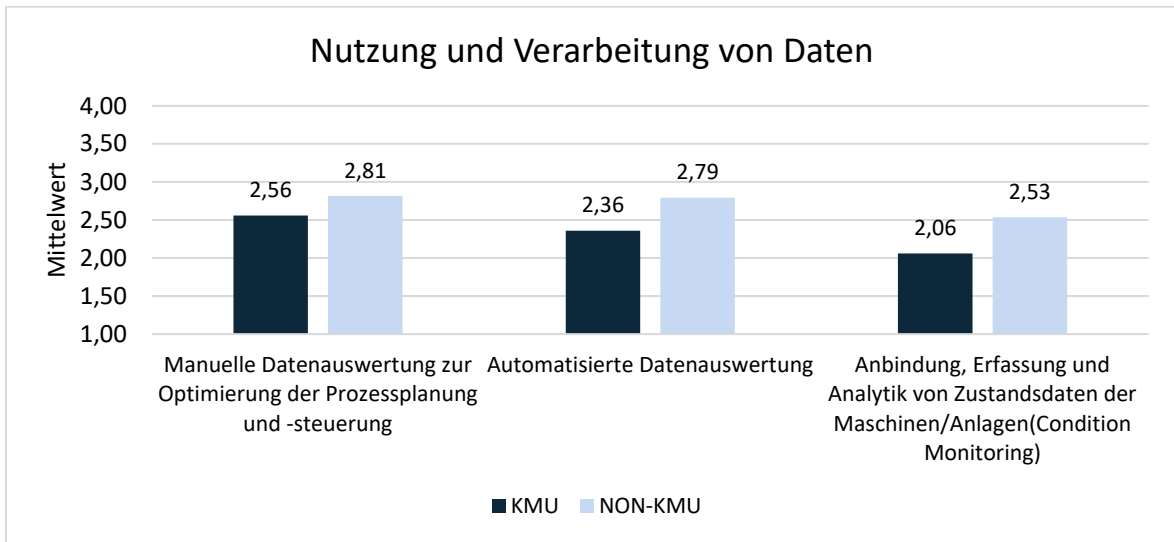


Abbildung 54: DE – Nutzung und Verarbeitung von Daten – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Die Klassifizierung der *Produktionsdaten* folgt dem folgenden Schema:

Tabelle 15: DE – Skala Produktionsdaten

Level	Produktionsdaten	Digitalisierungswert
1	Produktionsdaten werden gespeichert und dokumentiert	1
2	Produktionsdaten werden ausgewertet und dienen als Basis zur Prozessüberwachung	2
3	Produktionsdaten dienen als Basis zur Prozessplanung/-steuerung	3
4	Auf Basis der Produktionsdaten findet eine automatische Prozessplanung/-steuerung statt	4

Die Auswertung zeigt, dass sich der Trend bei NON-KMU zum dritten Level der Antwortoptionen entwickelt (Abb. 55). Demnach liegt der Unterschied bei KMU und NON-KMU darin, dass NON-KMU vermehrt auf automatische Rückmeldung des Fertigungsfortschritts bis zur ERP-Ebene setzen.

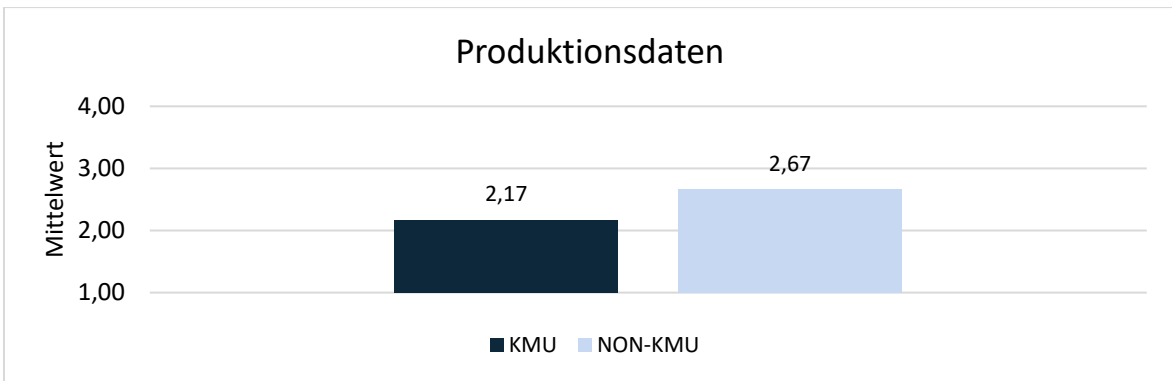


Abbildung 55: DE – Produktionsdaten– Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Die horizontale sowie vertikale Integration in den Unternehmen ist bei NON-KMU fortgeschrittener als bei KMU (Abb 56). Speziell die Integration der Kundenseite ist bei NON-KMU bereits in hohem Maße digitalisiert. KMU erreichen bei der *digitalen Übermittlung der Kundenaufträge in ERP-Systeme* nur einen Mittelwert von 2.33. Ein geringeres Delta weist der Bereich der vertikalen Integration durch die *automatische Rückmeldung des Fertigungsfortschritts per BDE bis zur ERP-Ebene* zwischen den Gruppen der KMU und NON-KMU auf. Der Unterschied in diesem Bereich ist nicht signifikant.

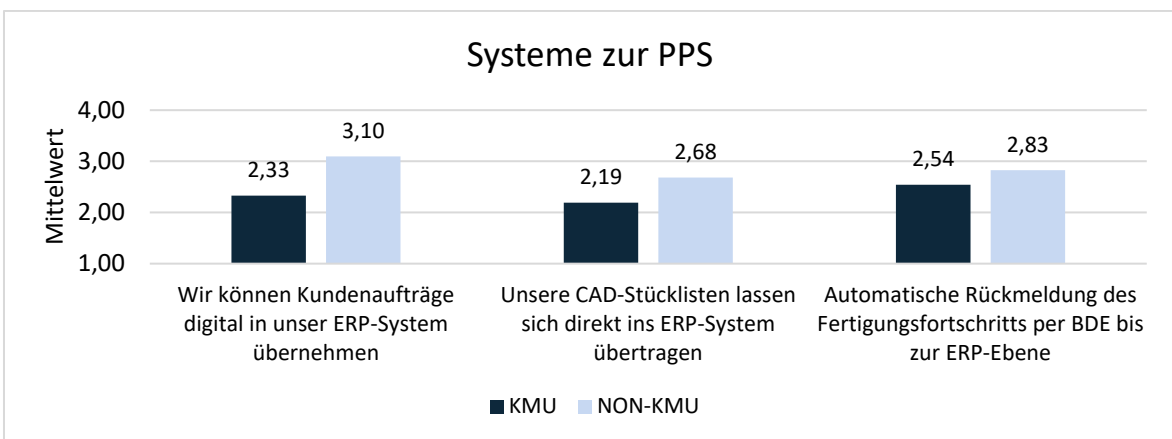


Abbildung 56: DE – Systeme zur PPS – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Die Fragen zur *digitalen Fabrik* (Abb. 57) zeigen einen guten Stand der Digitalisierung bei den NON-KMU mit einem Digitalisierungsgrad bis zu 2.63. Die *automatische Identifikation von Objekten* ist bei KMU sehr gering; NON-KMU erreichen einen Wert von 2,02.

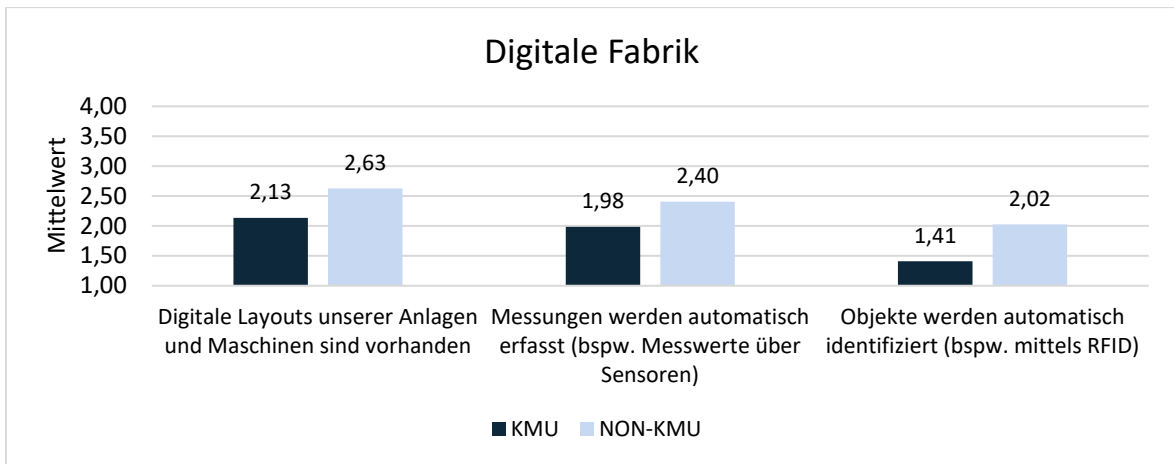


Abbildung 57: DE – Digitale Fabrik – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Die Klassifizierung der *IT-Infrastruktur* folgt dem folgenden Schema:

Tabelle 16: DE – Skala IT-Infrastruktur

Level	IT-Infrastruktur	Digitalisierungswert
1	Klassische Automatisierungspyramide	1
2	Automatisierungspyramide mit Schnittstellen	2
3	Punkt zu Punkt horizontale Vernetzung der Ebenen, zentrale Datenspeicherung	3
4	Punkt zu Punkt horizontale und vertikale Vernetzung der Ebenen, zentrale Datenspeicherung	4

Die *IT-Infrastruktur* ist bei KMU wie bei NON-KMU ohne signifikanten Unterschied entwickelt (Abb. 58). Die Unternehmen bewegen sich im Mittel zwischen den Bereichen der Automatisierungspyramide mit Schnittstellen und der Punkt zu Punkt horizontalen Vernetzung der Ebenen, zentrale Datenspeicherung.

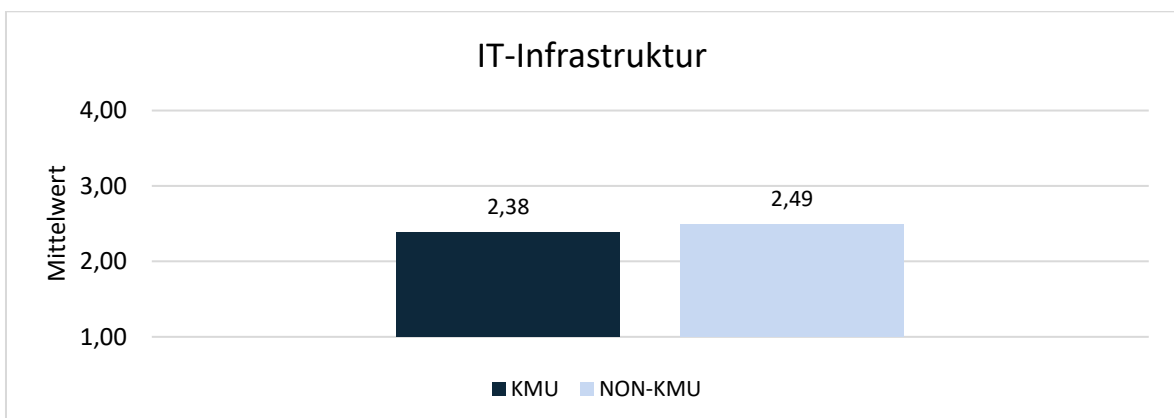


Abbildung 58: DE – IT-Infrastruktur – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

#### 4.4.3 Geschäftsmodellaspekte

Die *Geschäftsmodellaspekte* weisen bei KMU und bei NON-KMU einen fast identischen Mittelwert auf (Abb. 59). Mit einem Mittelwert von 1,81 bei KMU und 1,82 bei NON-KMU liegen die Unternehmen zwischen dem ersten Level des Umsatzanteils digitaler Services von 0% sowie dem zweiten Level des Umsatzanteils digitaler Services zwischen 1% und 19%. Generell erwirtschaften die Unternehmen also nur einen geringen Anteil des Umsatzes mit digitalen Services.

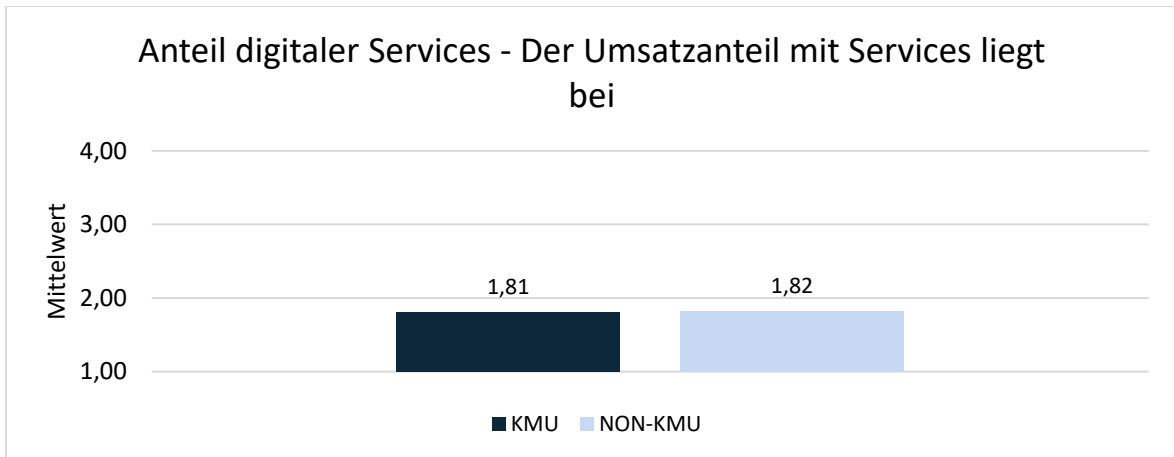


Abbildung 59: DE – Anteil digitaler Services – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Der geringe Anteil des Umsatzes mit *digitalen Services* verteilt sich bei KMU und NON-KMU relativ identisch über die Bereiche der *datenbasierten Services*, *Prozessorientierung* und *Modularisierung* (Abb. 60). NON-KMU weisen in allen befragten Bereichen des *Leistungsangebots digitaler Services* höhere Werte als KMU auf. Als Ausreißer in diesem Bereich kann das Leistungsangebot der *Solution-Services* identifiziert werden. Sowohl bei KMU als auch bei NON-KMU ist der Mittelwert hier signifikant niedriger als in den weiteren genannten Bereichen.

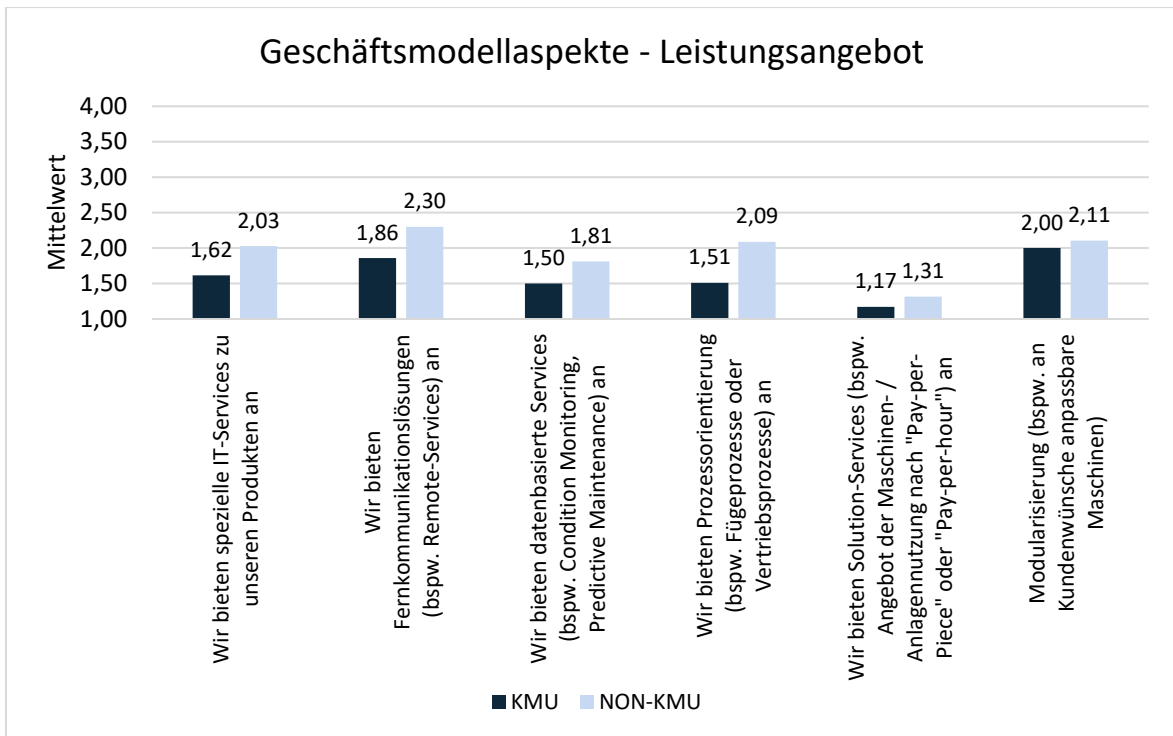


Abbildung 60: DE – Leistungsangebot – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Die Klassifizierung der *Plattformservices* folgt dem folgenden Schema:

Tabelle 17: DE – Skala Plattformservices

Level	Plattformservices	Digitalisierungswert
Wir sind Teil einer Plattform oder betreiben diese selbst. (bspw. zur Interaktion mit Kunden)		
1	Nein	1
4	Ja	4

Nachdem in der Erhebung bereits festgestellt werden konnte, dass deutsche Unternehmen in den vergangenen Jahren einen Fortschritt in der Nutzung der *Plattformaktivität* verzeichnen,<sup>37</sup> betrachtete die folgende Grafik den Fortschritt klassifiziert nach KMU und NON-KMU (Abb. 61). KMU erreichen nicht das Level von 2, NON-KMU überschreiten die Grenze von drei mit einem Mittelwert von 3.08 bei der Nutzung oder dem Betrieb von Plattformen. Aufgrund dieses Ergebnisses und einem Delta von 1.35 sind Unternehmen mit 250 oder mehr Mitarbeitern deutlich fortschrittlicher in ihrer Plattformaktivität als KMU und somit deutlich besser für künftige globale und branchenübergreifende Anforderungen in der Industrie gewappnet.

<sup>37</sup> www.industry-of-things.de



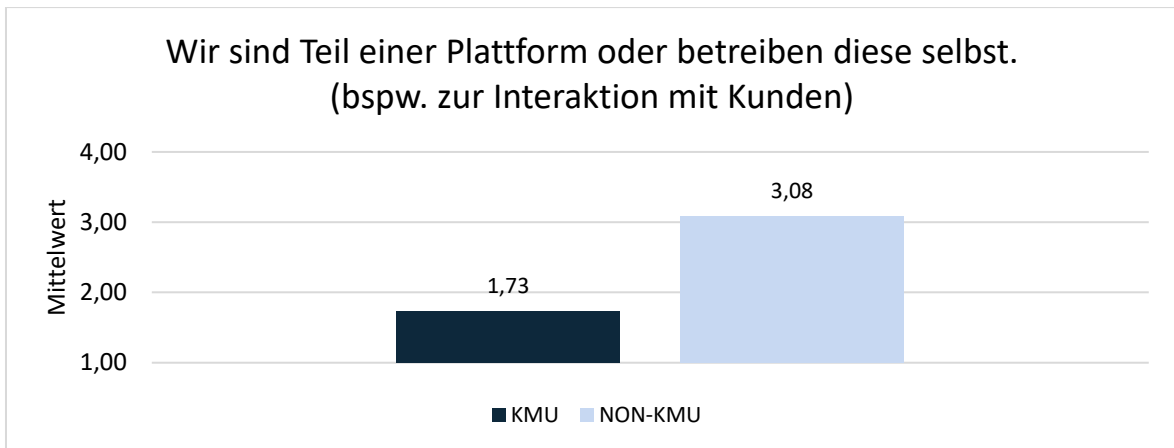


Abbildung 61: DE – Plattformservices – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

#### 4.4.4 Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0

Im Fragenbereich *Lean Management*, als Teil der Effizienzsteigerung von verschiedenen Produktionsprozessen, liegen NON-KMU über dem Level 2 (Abb. 62). KMU erreichen in einem für die Zukunft von Industrie 4.0 essenziellen Baustein nicht das zweite Level. Aufgrund dessen sind KMU weniger als „gering“ in der Subkategorie *Lean Management digitalisiert*. Im Wettbewerb mit NON-KMU, sowie in der Auseinandersetzung mit Wettbewerbern anderer Länder, bedarf es hier kurzfristiger Handlungen der KMU.

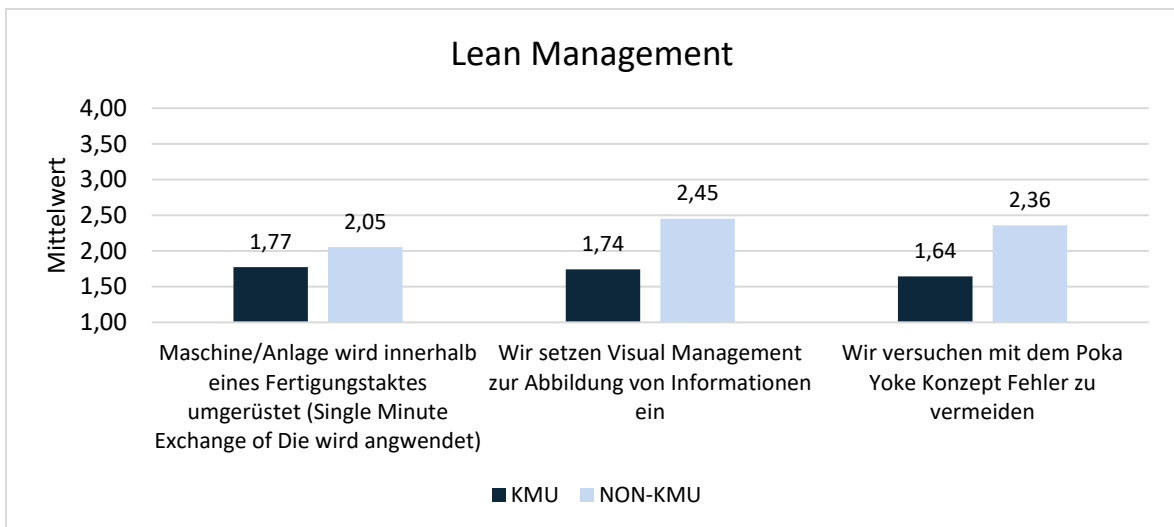


Abbildung 62: DE – Lean Management – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

*IT-Sicherheit* wird, wie im vorangegangenen Unterkapitel bereits beleuchtet, in Deutschland mit hoher Relevanz betrachtet (Abb. 63). Ebenfalls in der Detailbetrachtung schneiden sowohl KMU als auch NON-KMU sehr ordentlich in diesem Bereich ab. Zwar können die KMU nicht ganz die hervorragenden Werte von einem Digitalisierungsgrad >3 erreichen, sind jedoch auf einem guten Weg diesen zu erreichen, denn auch die KMU erreichen bereits jetzt Werte >2.5 im Mittel.

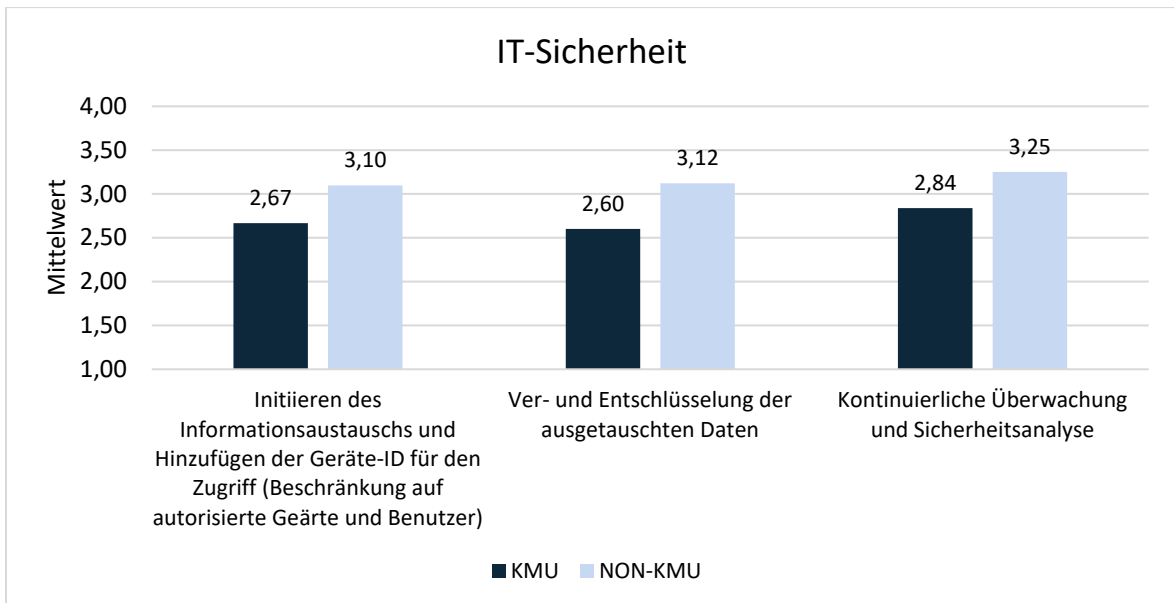


Abbildung 63: DE – IT-Sicherheit – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

In der Subkategorie *Datensicherheit* erreichen KMU und NON-KMU einen Digitalisierungswert >2 (Abb. 64). Der digitale Fortschritt der *Datensicherheit* erreicht bei KMU sowie bei NON-KMU allerdings nicht den Stellenwert wie die zuvor beleuchtete *IT-Sicherheit*. Logischerweise gilt es erst die Systeme zu sichern und im nächsten Schritt die Daten, welche auf diesen Systemen verarbeitet werden. Nach dieser Logik ist das schlechtere Ergebnis in der Subkategorie der *Datensicherheit* verständlich. Nichtsdestotrotz erreichen beide Gruppen im Mittel das zweite Level des Grades der Digitalisierung und sind demnach zumindest zu einem geringen Anteil digital aufgestellt.

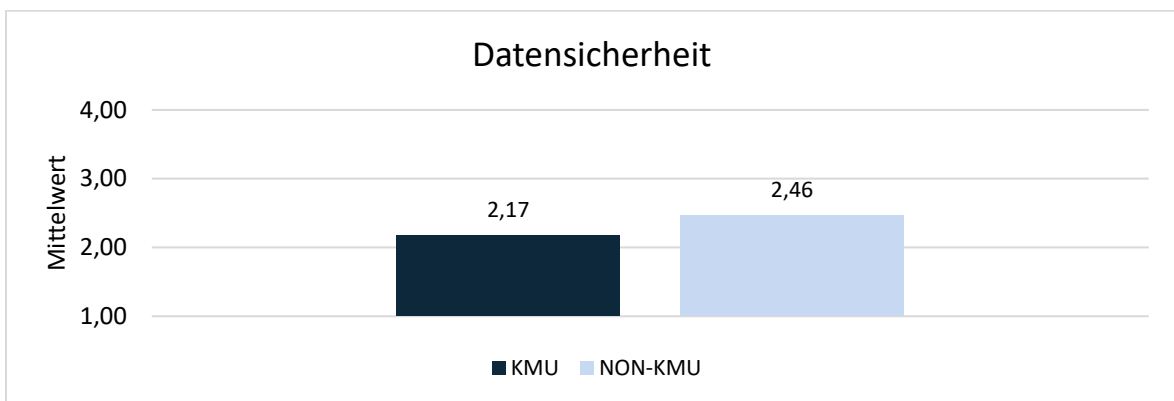


Abbildung 64: DE – Datensicherheit – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Da die Fragen der Subkategorie *Standards* an der Referenzarchitektur Industrie 4.0 ausgerichtet sind, sind diese von besonderer Bedeutung in der Erhebung (Abb. 65). Während NON-KMU fortbleibend Werte von >2 im Mittel erreichen, fallen KMU weiter zurück – nur in der Frage zur Verwendung *adäquater Übertragungsprotokolle* erreichen KMU einen

Wert >2. Auffallend ist, dass die Fragen zur *Projektion von Ereignissen der physischen Welt in die Informationswelt* sowie die Frage zur *Vernetzung und Digitalisierung von Wertschöpfungsketten und Lebenszyklen* insgesamt schlechter abschneiden als die vorangegangenen beiden Fragen.

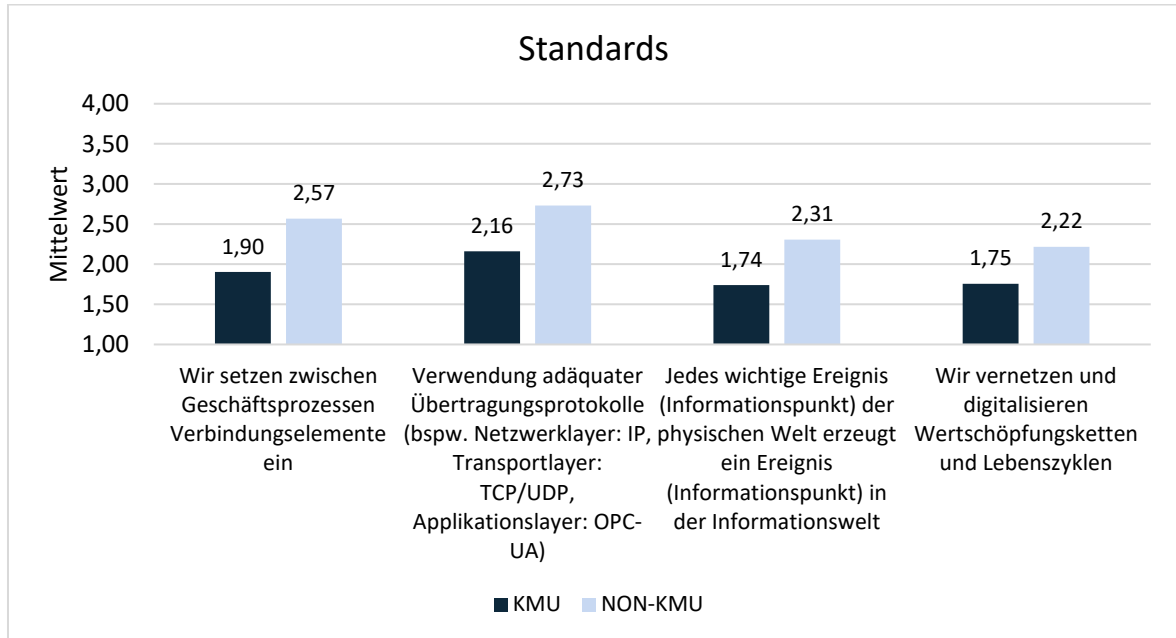
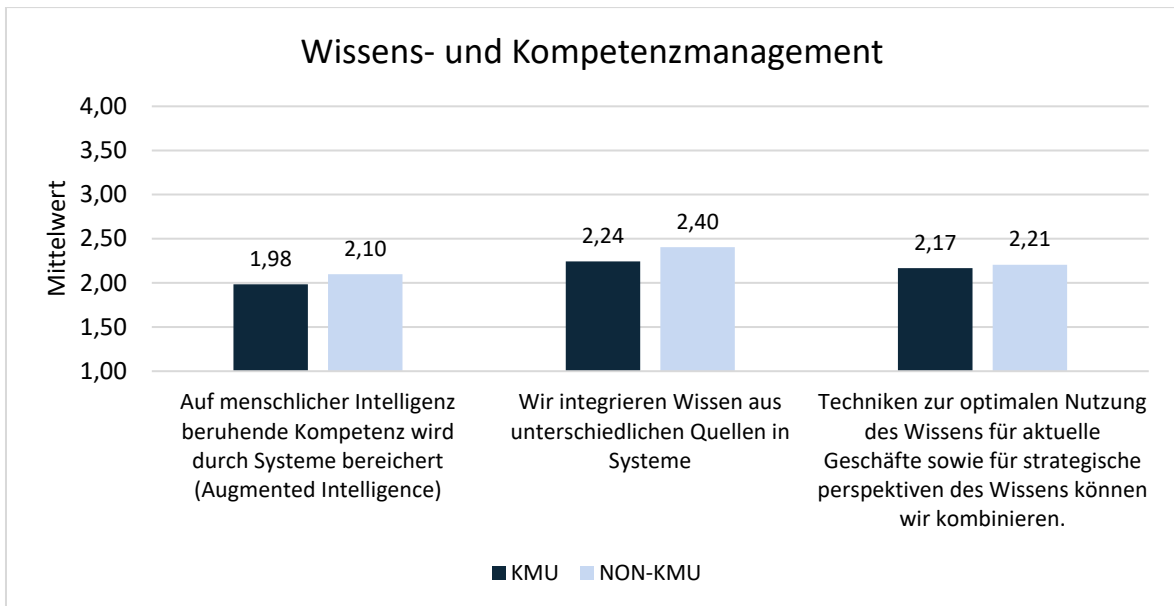


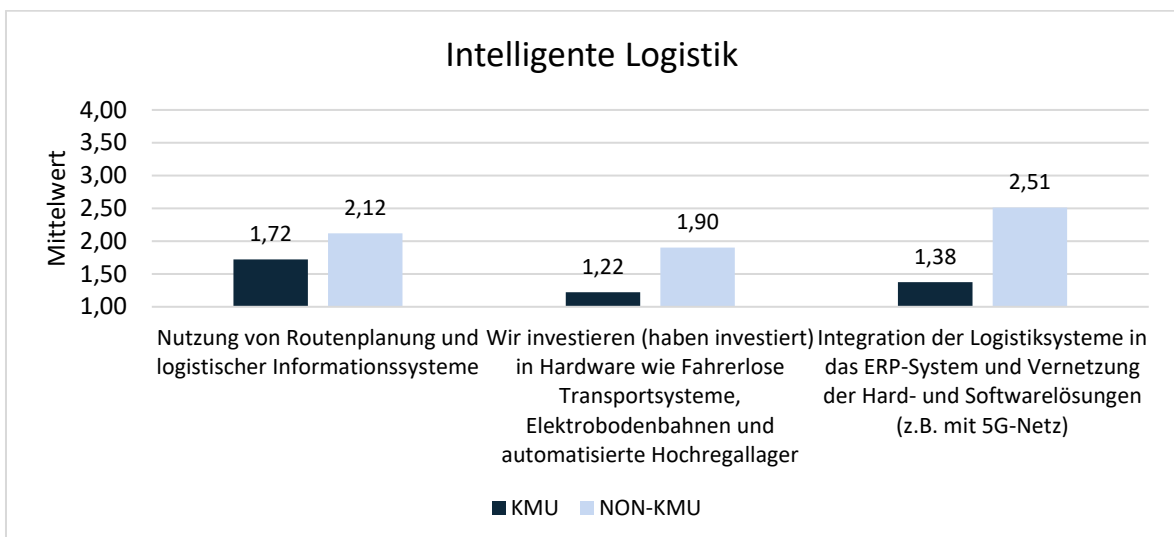
Abbildung 65: DE – Standards – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Im *Wissens- und Kompetenzmanagement* gibt es keine nennenswerten Unterschiede zwischen KMU und NON-KMU (Abb. 66). Über alle Fragen hinweg gibt es nur geringe Deltas zwischen den beiden Gruppen. KMU verfehlen den zweiten Grad der Digitalisierung mit einem Mittelwert von 1.98 bei der Frage zur *Bereicherung der menschlichen Intelligenz durch Systeme* nur knapp. In den weiteren Fragen kann in allen Gruppen ein Grad von >2 erreicht werden.



**Abbildung 66: DE – Wissens- und Kompetenzmanagement – Mittelwert nach KMU/NON-KMU**

In der Subkategorie *Intelligente Logistik* zeigt sich ein deutlicher Unterschied bei KMU und NON-KMU speziell in der zweiten und dritten Frage (Abb. 67). Das Delta von 0,68 in der zweiten Frage zur *Investition in Hardware wie fahrerlose Transportsysteme, Elektrobodenbahnen und automatisierte Hochregallager* kann auf eine geringere finanzielle Ausstattung der KMU zurückzuführen sein. In der dritten Frage, der *Integration der Logistiksysteme in das ERP-System und Vernetzung der Hard- und Softwarelösungen* (z.B. mit 5G-Netz), kann das Delta von 1,13 auf die fehlende Existenz der Logistiksysteme, ERP-Systeme oder die unzureichende Vernetzung der Hard- und Softwarelösungen zurückzuführen sein. Insgesamt ist das Ergebnis für NON-KMU noch akzeptabel, für KMU jedoch nicht.



**Abbildung 67: DE – Intelligente Logistik – Mittelwert nach KMU/NON-KMU**

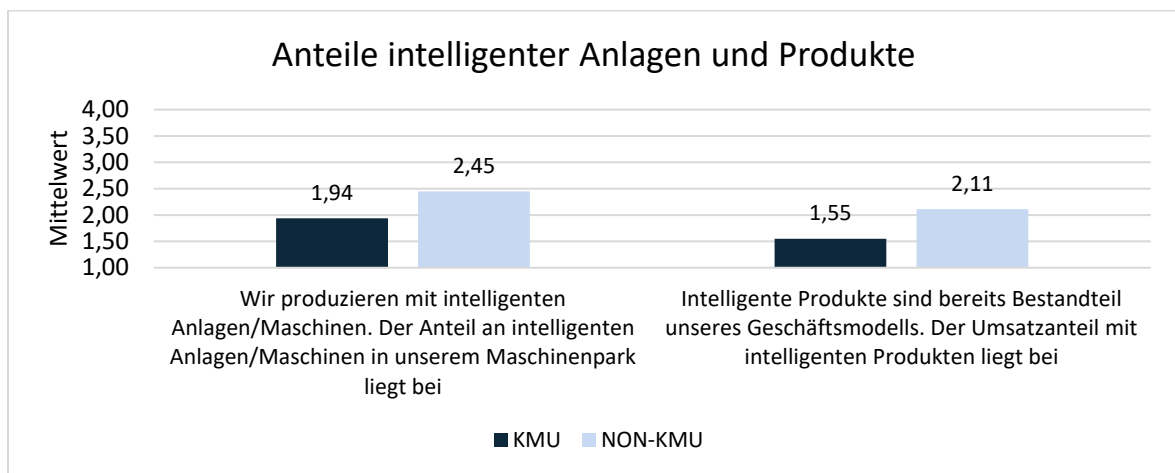
#### 4.4.5 Intelligente Anlagen und Produkte

Das Ergebnis der Subkategorie *Anteile intelligenter Anlagen und Produkte* weist einen höheren Anteil der Anlagen und Maschinen gegenüber den Produkten aus. Die zugrunde liegende Skala zu *Anteile intelligenter Anlagen und Produkte* ist wie folgt:

**Tabelle 18: DE – Skala Anteile intelligenter Anlagen und Produkte**

Level	Antwort	Digitalisierungswert
1	0%	1
2	1% bis 19%	2
3	20% bis 39%	3
4	>=40%	4
5	keine Angabe	-

Durch die Zuordnung der Digitalisierungswerte in der Skala ist zu erkennen, dass sowohl KMU als auch NON-KMU einen ungefähren Anteil von *1% bis 19%* an *intelligenten Anlagen/Maschinen* aufweisen, wobei der Anteil bei NON-KMU durch den höheren Mittelwert (Delta: 0.51) höher sein dürfte (Abb. 68). Ähnlich ist das Ergebnis des Anteils *intelligenter Produkte* zu interpretieren, wenngleich das Gesamtniveau niedriger als im Segment der Maschinen/Anlagen ist.



**Abbildung 68: DE – Anteile intelligenter Anlagen und Produkte – Mittelwert nach KMU/NON-KMU**

Das zuvor erläuterte Ergebnis der *Anteile intelligenter Anlagen und Produkte* wird durch die Subkategorie der *Sensorik/Aktorik* bestätigt (Abb. 69). In dieser Subkategorie wird zuerst die Ausstattung von Produkten und in der zweiten Frage die *Ausstattung von Fertigungsmaschinen* abgefragt. KMU und NON-KMU unterscheiden sich bei der Frage nach *Sensorik an den Produkten* nur geringfügig, bei der Frage zu *Betriebszuständen* hingegen deutlicher.

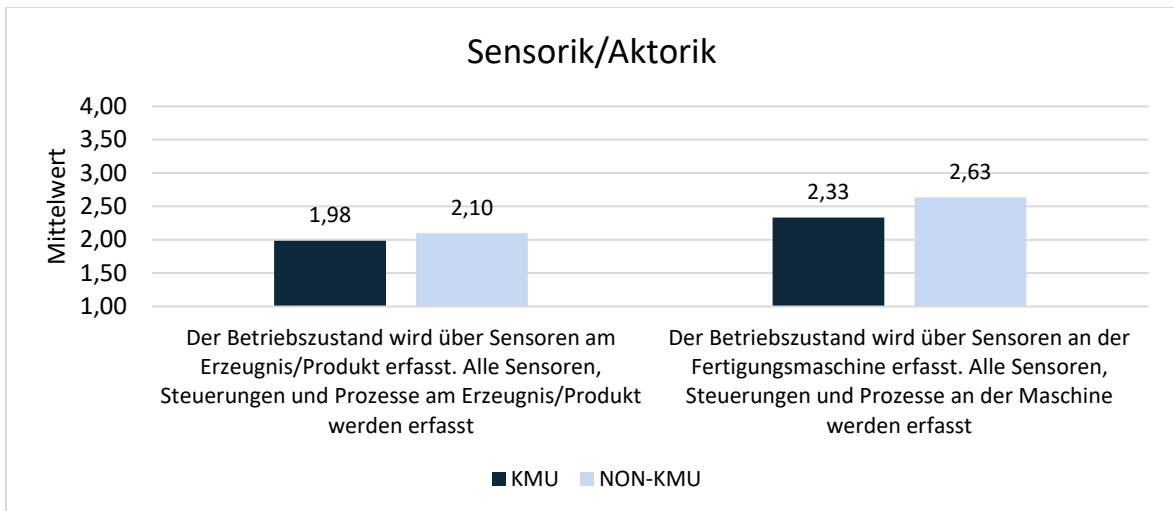


Abbildung 69: DE – Sensorik/Aktorik – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

Die *Mensch-Roboter-Kollaboration* und somit der Einsatz fortschrittlicher Technologien in der Industrie ist zu einem Großteil inexistent. Der Einsatz von *Augmented Reality*, *Sprachsteuerung/Gestensteuerung* und *Virtual Reality* findet weder bei KMU noch bei NON-KMU nennenswerte Verwendung (Abb. 70). Lediglich der Einsatz von *intuitiven Bedienelementen* überschreitet den Wert im Mittel von 1.5. In diesem Segment ist demnach ein erhebliches Potenzial für Entwicklung und Fortschritt in der gesamten Industriebranche unabhängig von der Größe eines Unternehmens gegeben.

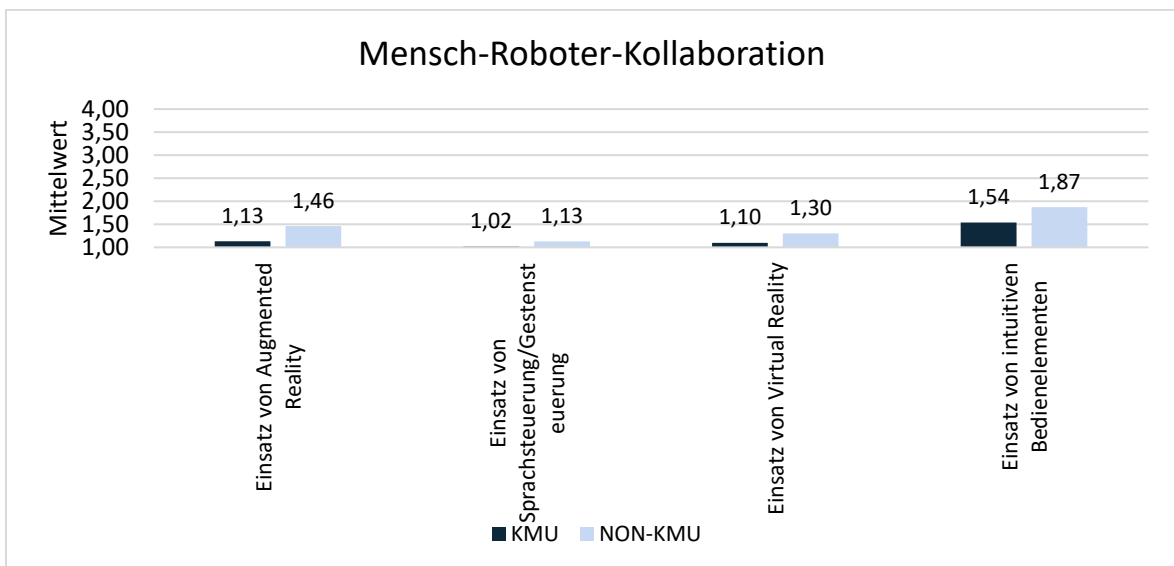


Abbildung 70: DE – Mensch-Roboter-Kollaboration – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

In der Subkategorie der *M2M-Kommunikation* ist ein tendenziell schwächeres Ergebnis im Verhältnis zur Gesamtstudie festzuhalten (Abb. 71). Die erste Frage erreicht ggf. aufgrund des Ausblicks in die Zukunft sowohl bei KMU als auch bei NON-KMU den zweiten Digi-

talisierungsgrad nicht. Der Zugang zum Internet ist folgend bei beiden Gruppen mit Mittelwerten von 1.78 bei KMU und 2.34 bei NON-KMU besser ausgeprägt und die dritte Frage kann ggf. mit Verständnisproblemen zur Thematik von Object linking and Embedding zur Prozesssteuerung erklärt werden.

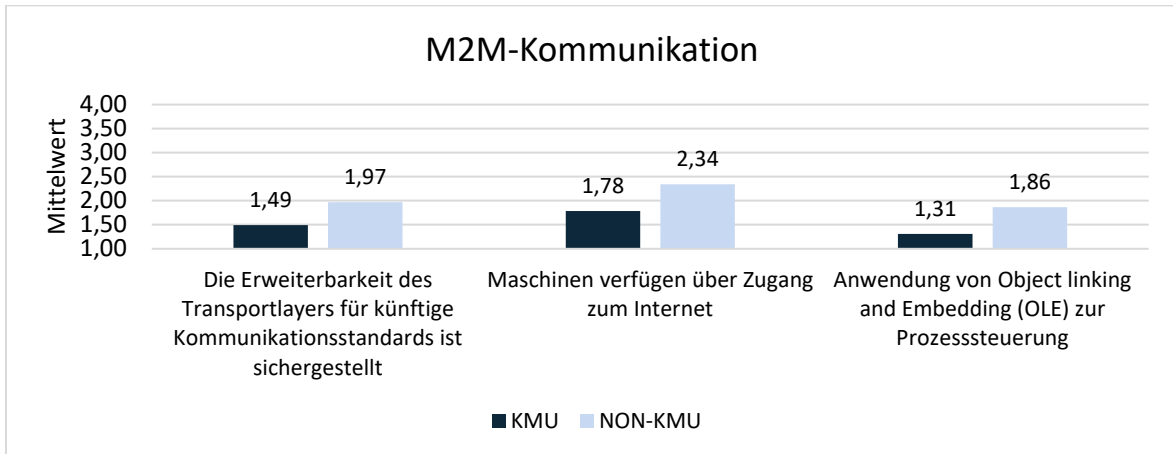


Abbildung 71: DE – M2M-Kommunikation – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

In der Subkategorie *Automatisierung, Fertigungstechnologie & Robotik* wird das schlechte Ergebnis der KMU im Modul Intelligente Anlagen und Produkte fortgeschrieben (Abb. 72). In keiner der drei abgefragten Bereiche können sie einen Mittelwert >1.6 erreichen. Während NON-KMU im Bereich des *Einsatzes autonomer Robotik* den Digitalisierungsgrad von 2 nicht erreichen, überschreiten sie diesen beim Einsatz von *additiven Fertigungsverfahren* (Mittelwert: 2.14) sowie dem *Einsatz von Industrierobotern* (Mittelwert: 2.21).

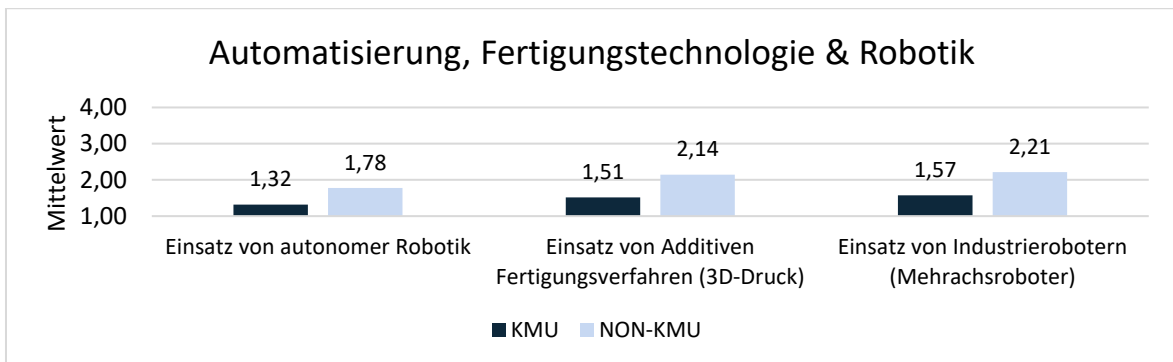


Abbildung 72: DE – Automatisierung, Fertigungstechnologie & Robotik – Mittelwert nach KMU/NON-KMU

#### 4.5 Ergebnisse Hinderungsgründe – Deutschland

Nachstehend werden die Hinderungsgründe an der digitalen Transformation in Deutschland dargestellt. Zum Ende der Befragung wurden die Teilnehmer gebeten die vorgegeben zwölf

Gründe danach zu bewerten, inwieweit diese den Prozess der digitalen Transformation be-/verhindern. Die Klassifizierung der *Hinderungsgründe* folgt dem folgenden Schema:

**Tabelle 19: DE – Skala Hinderungsgründe**

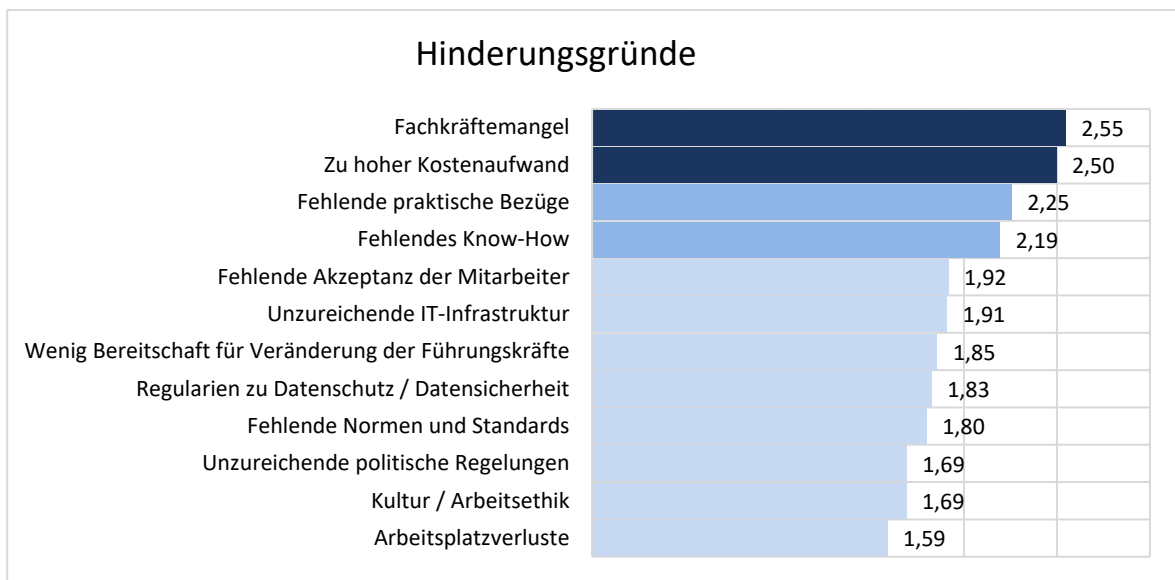
Level	Antwort
1	in keinem Maße
2	in geringem Maße
3	in hohem Maße
4	durchgängig
5	keine Angabe

Aufgrund der zugrundeliegenden Skala entspricht ein steigender Wert einem höheren Einfluss auf die Be-/Verhinderung des Prozesses der digitalen Transformation. Die Nennungen von „keine Angabe“ sind nicht Teil der Mittelwertberechnung.



**Tabelle 20: Farbliche Untermauerung der Hinderungsgründe**

0-1.99
2.00-2.49
>=2.5



**Abbildung 73: Hinderungsgründe**

Den größten Einfluss auf den mangelnden Fortschritt der digitalen Transformation sprechen die Unternehmen dem *Fachkräftemangel* mit einem Wert von 2.55 zu (Abb. 73), dicht gefolgt von einem *zu hohen Kostenaufwand* mit 2.50. Der *Fachkräftemangel* sowie der *hohe Kostenaufwand* sind zwei Gründe, die nicht kurzfristig zu ändern oder zu beheben sind, hier muss langfristige Planung und ggf. ein gewisses Risiko von den Unternehmen eingegangen werden, um in Zukunft noch wettbewerbsfähig zu sein. Im zweiten Bereich zwischen 2.00 und 2.49 befinden sich die *fehlenden praktischen Bezüge* mit einem Wert von 2.25 und das *fehlende Know-How* mit einem Wert von 2.19. Dieser Bereich kann ggf. schon kurzfristig an Bedeutung der Be-/Verhinderung der digitalen Transformation verlieren. Im Bereich unterhalb des Wertes 2 finden wir soziale Faktoren wie die *fehlende Akzeptanz der Mitarbeiter* (Wert: 1.92), *wenig Bereitschaft für Veränderung der Führungskräfte* (Wert: 1.85) und *Kultur/Arbeitsethik* (Wert: 1.69) sowie regulierende Gründe wie *Regularien zu Datenschutz/Datensicherheit* (Wert: 1.83) und *unzureichende politische Regelungen* (Wert: 1.69).

## 5 Deutschland und Japan im Vergleich

### 5.1 Gesamtebene

In der folgenden Grafik sind die Mittelwerte der deutschen sowie der japanischen Unternehmen in den vier abgefragten Modulen dargestellt. In den jeweiligen Modulen wurde das arithmetische Mittel über die modulzugehörigen Fragen gebildet. Es ist folgende Formel zugrunde zu legen:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Über alle vier Module hinweg weisen die deutschen Unternehmen im Mittel einen höheren Wert auf als die japanischen Unternehmen (Abb. 74). In den Bereichen *Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme*, *Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0* und im Modul *Intelligente Anlagen und Produkte* sind die Unterschiede in beiden Ländern bei 0,53, 0,42 und 0,27. Obwohl die Mittelwerte generell als gering anzusehen sind, sind die Unterschiede in diesen Bereichen deutlich. Das Delta im Bereich der *Geschäftsmodellaspekte* ist als sehr gering anzusehen. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Unternehmen in diesem Bereich gleichauf digitalisiert sind.

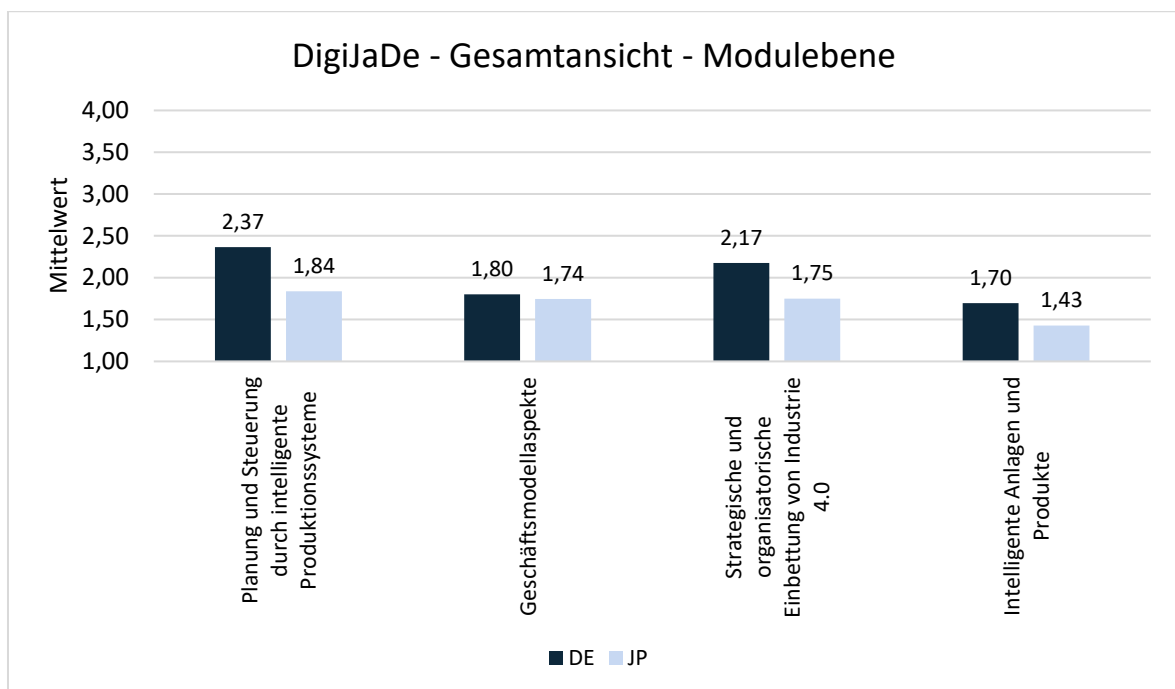


Abbildung 74: DE/JP – Gesamtansicht – Modulebene

### 5.2 Planung und Steuerung durch intelligente Produktionssysteme

Die Nutzung und Verarbeitung von Daten ist in beiden Ländern bisher nur in geringem Maße digitalisiert (Abb. 75). In Deutschland wird vermehrt *manuelle Datenauswertungen zur Optimierung der Prozessplanung und -steuerung* angestellt als in Japan. Ebenfalls im Bereich der *automatisierten Datenauswertung* sind deutsche Mittelständler mehr digitalisiert als die

japanischen Mitstreiter. Mit einem Mittelwert von 2.52 sind die deutschen Unternehmen hier auf einem guten Weg hin zu einer hohen Nutzung der *automatisierten Datenauswertung*. Im Bereich des *Condition Monitorings* sind keine signifikanten Unterschiede der Länder zu erkennen.

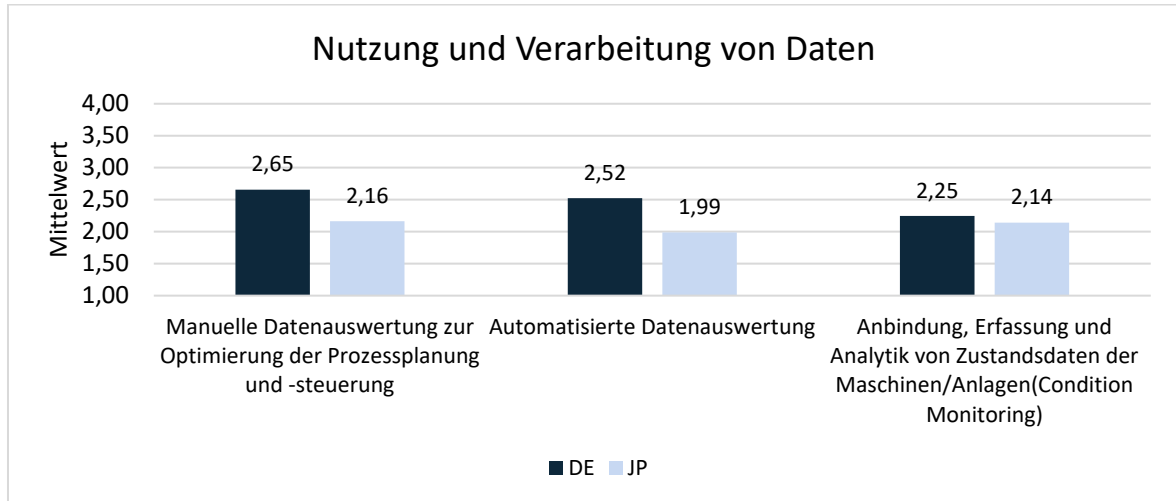


Abbildung 75: DE/JP – Nutzung und Verarbeitung von Daten – Mittelwert nach DE/JP

Die Klassifizierung der *Produktionsdaten* folgt dem folgenden Schema, wobei die Erhebung in Japan in japanischer und englischer Sprache erfolgt:

Tabelle 21: DE/JP – Skala Produktionsdaten

Level	Produktionsdaten	Digitalisierungswert
1	Produktionsdaten werden gespeichert und dokumentiert	1
2	Produktionsdaten werden ausgewertet und dienen als Basis zur Prozessüberwachung	2
3	Produktionsdaten dienen als Basis zur Prozessplanung/-steuerung	3
4	Auf Basis der Produktionsdaten findet eine automatische Prozessplanung/-steuerung statt	4

Der Digitalisierungsgrad steigt zunehmend mit dem zugrundeliegenden Level. Demnach ist der Bereich der *Produktionsdaten* in Deutschland deutlich mehr digitalisiert als in Japan (Abb. 76). Sowohl der japanische als auch der deutsche Mittelwert liegen im Bereich des Levels *Produktionsdaten werden ausgewertet und dienen als Basis zur Prozessüberwachung*.

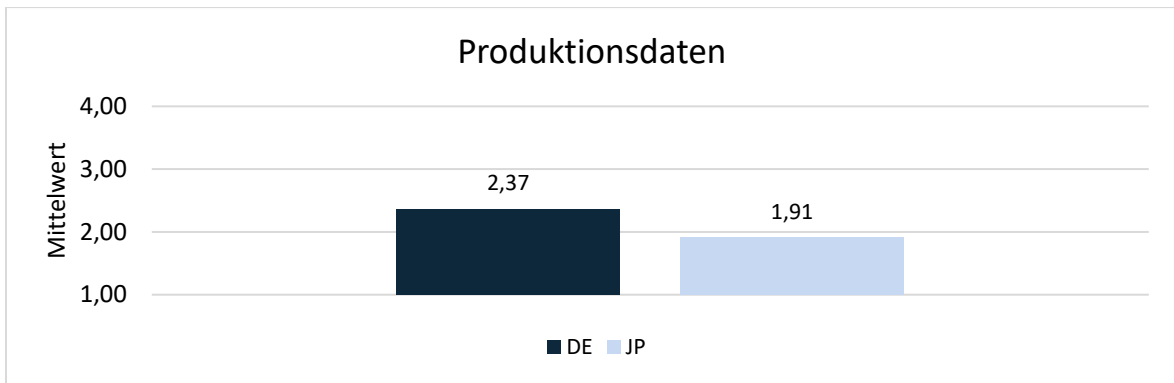


Abbildung 76: DE/JP – Produktionsdaten – Mittelwerte nach DE/JP

Die horizontale sowie vertikale Integration in den Unternehmen hat in Deutschland einen größeren Stellenwert als in Japan und ist in der Tendenz der Entwicklung auf dem Weg zu einem hohen Durchsatz in den *Systemen zur Produktionsplanung und -steuerung* (Abb. 77). Mit Deltas von 0.88, 0.8 und 1.16 sind deutsche Mittelständler im produzierenden Gewerbe im Schnitt rund ein Drittel weiter digitalisiert als die japanischen Wettbewerber.

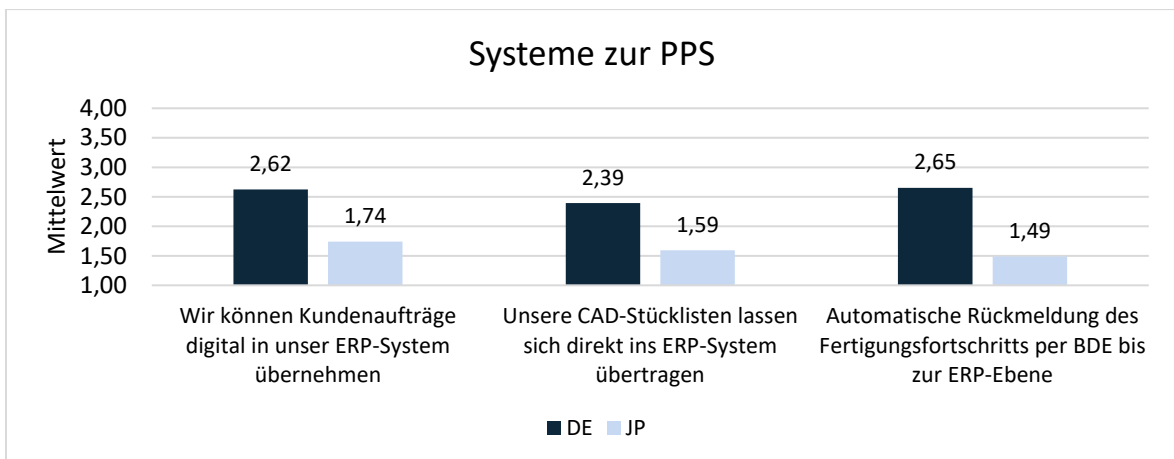


Abbildung 77: DE/JP – Systeme zur PPS – Mittelwerte nach DE/JP

*Digitale Layouts von Anlagen und Maschinen* sind in Deutschland häufiger zu finden als in Japan, allerdings ist der Mittelwert bei dieser Frage auch in Deutschland eher als gering einzuordnen (Abb. 78). Bei der *Aufnahme von Daten über Sensoren* sowie der *Identifikation von Objekten* sind in der Erhebung nur marginale Unterschiede zu erkennen, wenngleich die *automatische Erfassung von Daten über Messungen (bspw. über Sensoren)* breiteren Einsatz als die *automatische Identifikation von Objekten* findet.

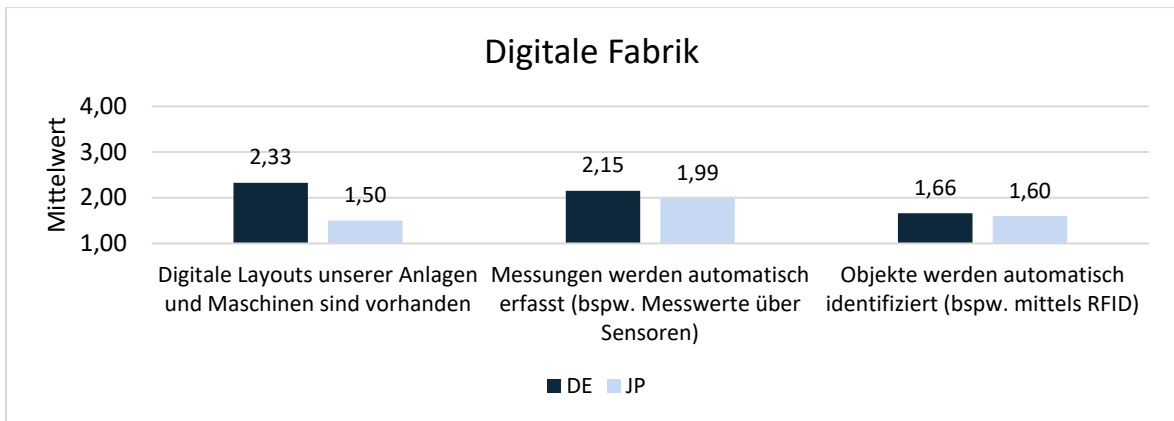


Abbildung 78: DE/JP – Digitale Fabrik – Mittelwerte nach DE/JP

Die Klassifizierung der *IT-Infrastruktur* wird das Schema gemäß Tabelle 20 angewendet, wobei die Erhebung in Japan in japanischer und englischer Sprache erfolgt:

Tabelle 22: DE/JP – Skala IT-Infrastruktur

Level	IT-Infrastruktur	Digitalisierungswert
1	Klassische Automatisierungspyramide	1
2	Automatisierungspyramide mit Schnittstellen	2
3	Punkt zu Punkt horizontale Vernetzung der Ebenen, zentrale Datenspeicherung	3
4	Punkt zu Punkt horizontale und vertikale Vernetzung der Ebenen, zentrale Datenspeicherung	4

Der Digitalisierungsgrad steigt zunehmend mit dem zugrundeliegenden Level. Demnach ist der Bereich der *IT-Infrastruktur* in Deutschland etwas weiter digitalisiert als in Japan (Abb. 79). Die Unternehmen ordnen sich hierbei im Mittel auf dem Level Nutzung der *Automatisierungspyramide mit Schnittstellen* ein.

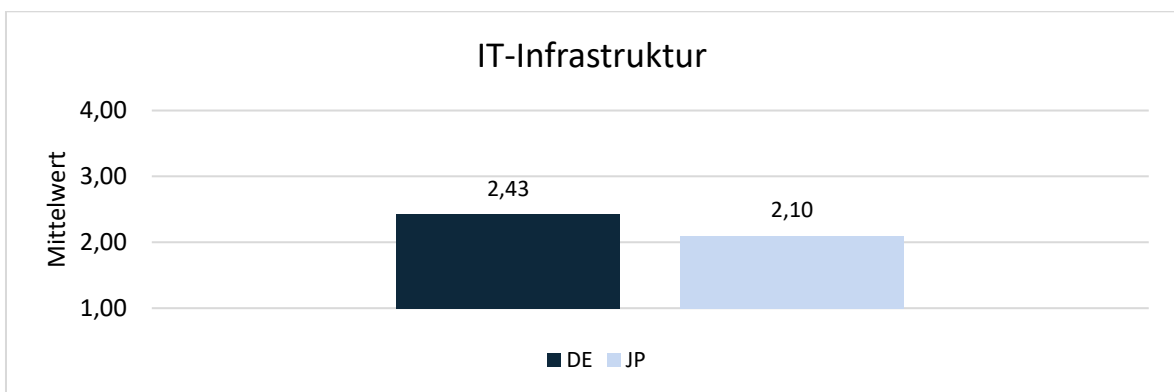
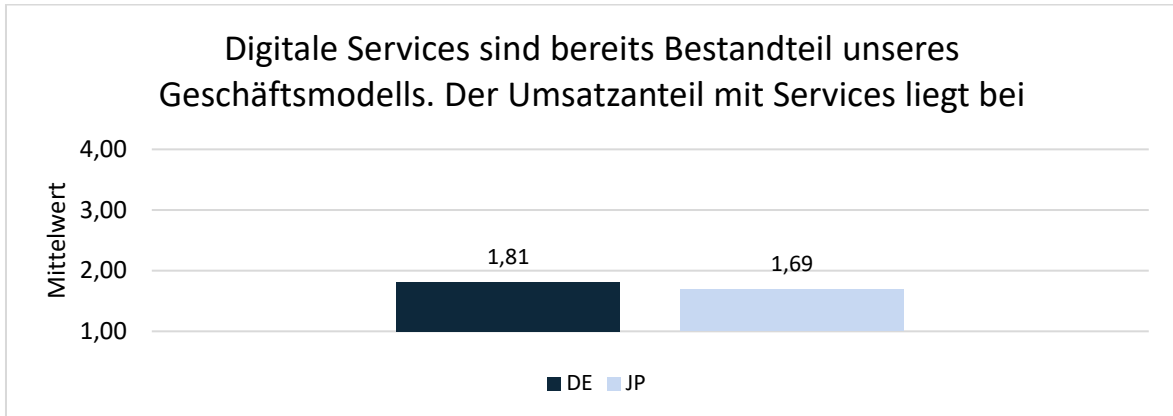


Abbildung 79: DE/JP – IT-Infrastruktur – Mittelwerte nach DE/JP

### 5.3 Geschäftsmodellaspekte

Bereits der *Umsatzanteil digitaler Services* ist im produzierenden Gewerbe in Deutschland wie in Japan sehr gering. Im Mittelwert liegt der Umsatzanteil bei 1.69 in Japan und 1.81 in

Deutschland und demnach zwischen Level 1 und 2 (Abb. 80). Numerisch betrachtet bedeutet dieses Ergebnis, dass der *Umsatzanteil mit digitalen Services* im Bereich zwischen 0 und 19% liegt. Demnach sind digitale Services bisher in den Unternehmen nur von marginaler Bedeutung.



**Abbildung 80: DE/JP – Anteil digitaler Services – Mittelwerte nach DE/JP**

Das *Leistungsangebot* spiegelt den zuvor beschriebenen *Umsatzanteil an digitalen Services* wider (Abb. 81). Die japanischen Unternehmen weisen in keinem der Bereiche einen Mittelwert von größer 2 auf. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bereiche der *Fernkommunikationslösungen* sowie der *Modularisierung* in Deutschland Mittelwerte von über 2 erreichen. Trotzdem ist das Angebot dieser Services nur geringfügig ausgeprägt. Alle weiteren Angebote sind sehr geringfügig ausgeprägt. Im Bereich der *datenbasierten Services* sowie der *Solution-Services* schneiden die japanischen Unternehmen besser ab als die deutschen Unternehmen.

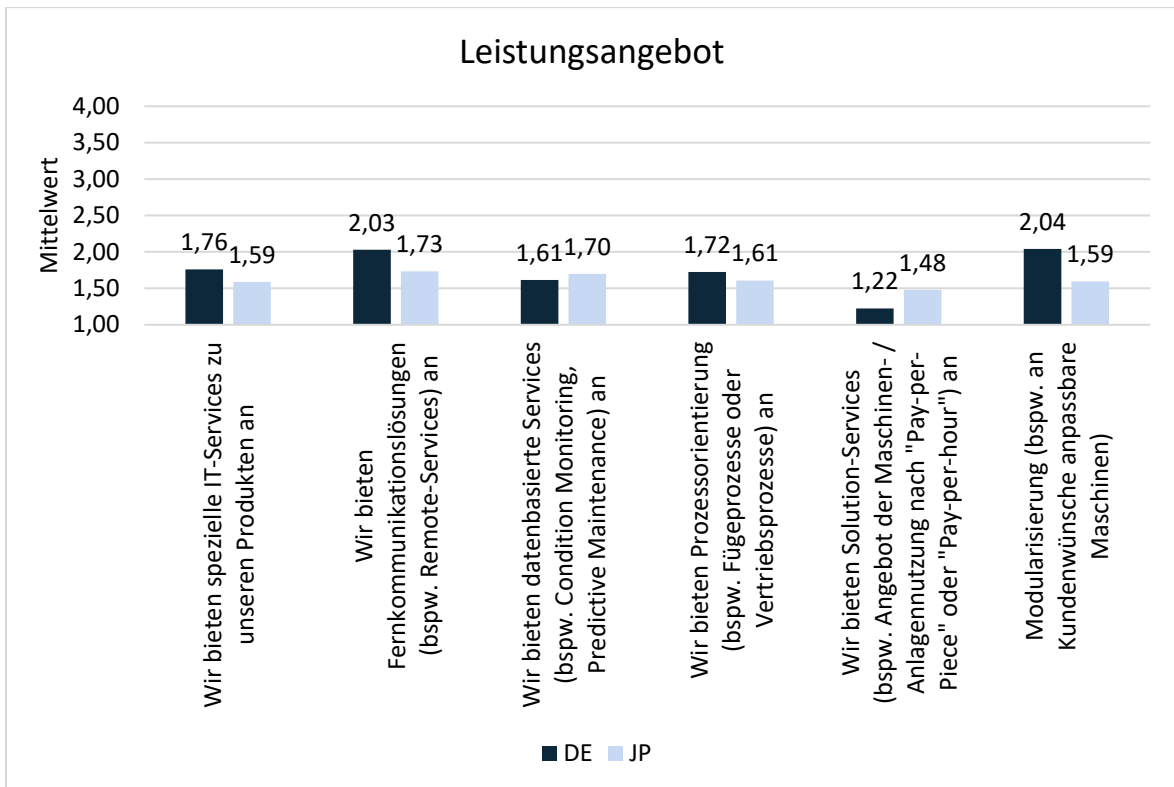


Abbildung 81: DE/JP – Leistungsangebot – Mittelwerte nach DE/JP

*Plattformservices* nehmen im japanischen Mittelstand, speziell im produzierenden Gewerbe, bereits einen wichtigen Platz im Bereich der *digitalen Services* ein (Abb. 82). Der Trend geht dahin, *Plattformservices* in hohem Maße zu nutzen. In Deutschland wird ein Fortschritt im Vergleich zu früheren Jahren verzeichnet. Auch die deutschen Mittelständler entwickeln sich hin zu einer Nutzung bzw. einem Angebot verschiedener Plattformangebote.

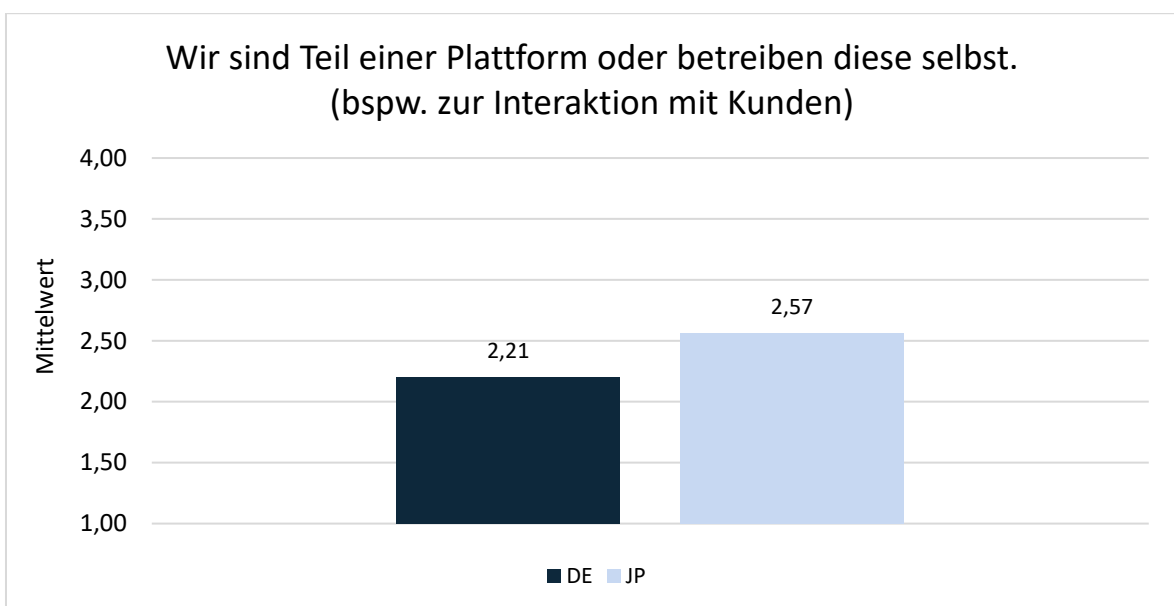


Abbildung 82: DE/JP – Plattformservices – Mittelwerte nach DE/JP

## 5.4 Strategische und organisatorische Einbettung von Industrie 4.0

Der generelle Einsatz zur *visuellen Abbildung von Informationen* findet in Deutschland geringfügigen und in Japan sehr geringfügigen Einsatz (Abb. 83). Der Mittelwert von 2.21 im Einsatz auf der japanischen Seite zeigt, dass die asiatischen Partner dieses Konzept im Bereich Lean mehr einsetzen als die deutsche Seite. Mit einem Mittelwert von 1.94 setzen deutsche Mittelständler das *Poka Yoke Konzept* nur geringfügig ein.

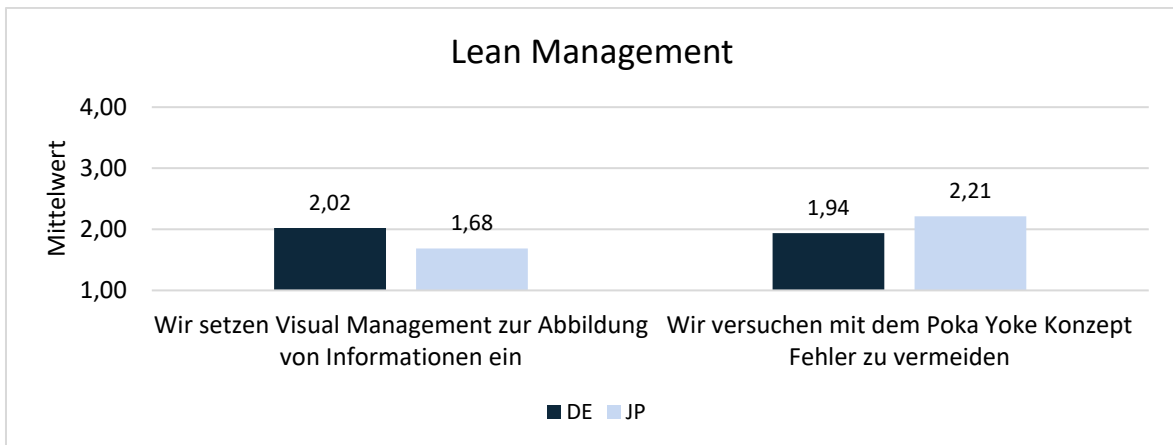


Abbildung 83: DE/JP – Lean Management – Mittelwerte nach DE/JP

Die Thematik der *IT-Sicherheit* hat in Deutschland bereits heute einen hohen Stellenwert (Abb. 84). Besonders die deutschen Unternehmen beschäftigen sich in hohem Maße damit, die Sicherheit zu gewährleisten, diese aber auch *kontinuierlich zu überwachen und Sicherheitsanalysen* anzustellen. In Japan liegen diese Aspekte deutlich niedriger.

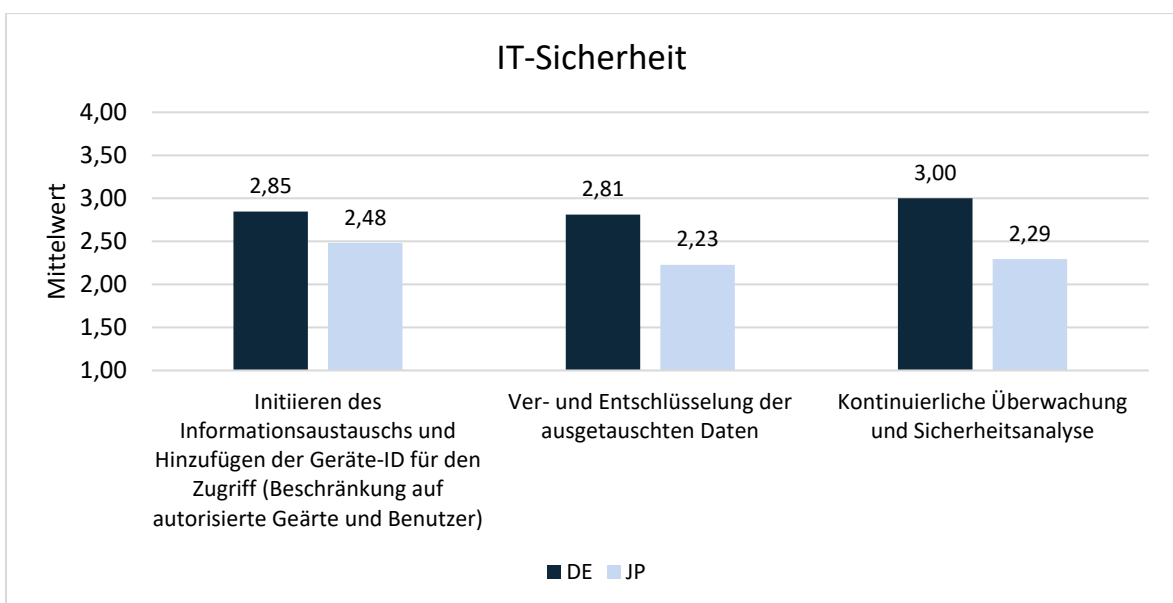


Abbildung 84: DE/JP – IT-Sicherheit – Mittelwerte nach DE/JP



Die Sicherstellung der Daten über die IT-Struktur der Unternehmen ist unabdingbar. Das Attribut beleuchtet die Möglichkeit der Sicherung von Daten über die Ausprägungsstufen *Spiegelsystem*, *Backup/Recovery*, *Backup/Recovery mit Erweiterung durch Snapshots*, *Transaktionsreplikation* sowie der Option, *keine Angabe* zu machen (Abb. 85). Ausgehend von *Spiegelsystem* bis zu *Transaktionsreplikation* wird ein ansteigender Digitalisierungswert zugeordnet. Demnach verwendet die Mehrheit der deutschen wie der japanischen Unternehmen die Option *Backup/Recovery*. Potenzial für fortschrittlichere Methoden der Datensicherung sowie der damit verbundenen Sicherstellung der *Datensicherheit* sind weiterhin gegeben. In Japan liegt der Durchschnittswert mit 1,94 leicht niedriger als in Deutschland.

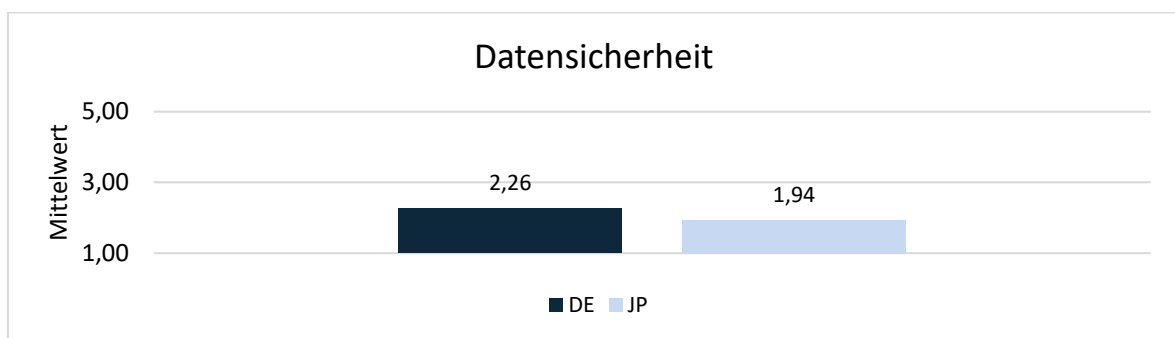
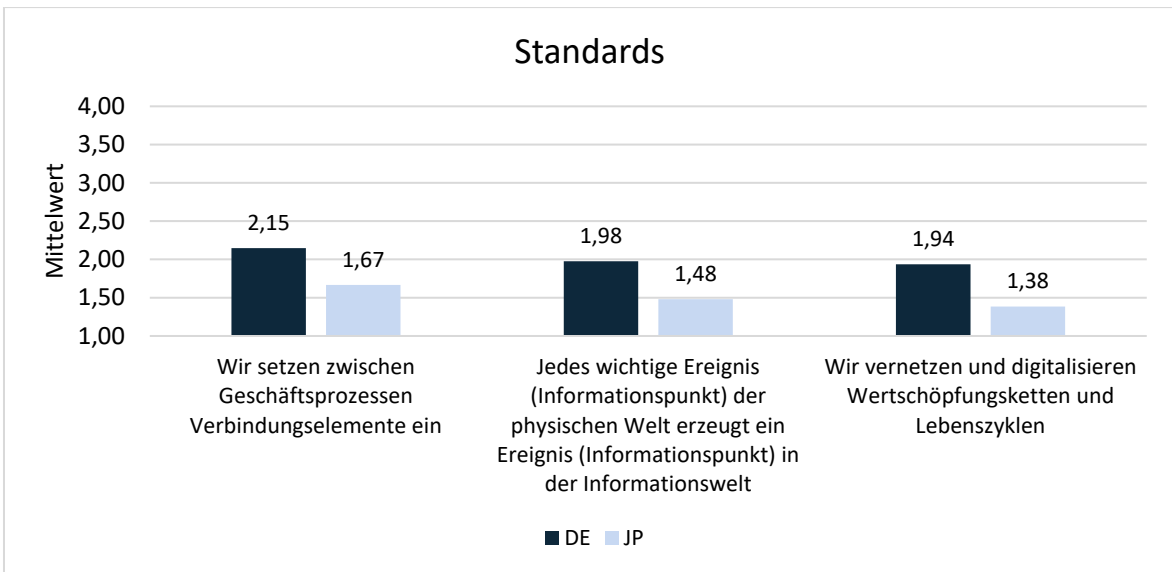


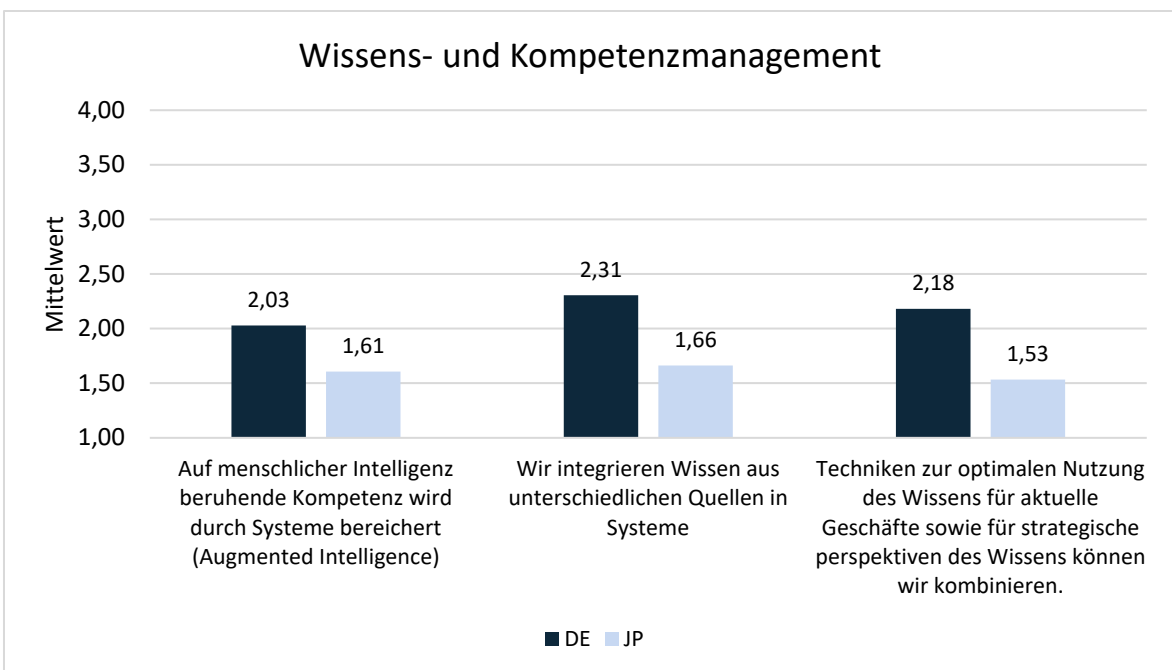
Abbildung 85: DE/JP – Datensicherheit – Mittelwerte nach DE/JP

Der Aspekt *Verbindungselemente zwischen Geschäftsprozessen* betrachtet die Verbindung der Warenwirtschaft mit weiteren Geschäftsprozessen durch Nutzung adäquater Schnittstellen (Abb. 86). Durch die Schnittstellen können Daten und ganze Programme bspw. mit dem ERP-System vernetzt werden. Die Integration findet in Deutschland eine höhere Bedeutung als in Japan, ist jedoch trotzdem als gering einzuschätzen. Der Trend setzt sich bei der Erfassung wichtiger Ereignisse fort. Die deutschen Unternehmen weisen einen geringen Mittelwert von 1,98 auf und sind im Mittel 0,5 Punkte weiter digitalisiert als die japanische Seite. Die Einordnung findet ebenfalls in der *Vernetzung sowie Digitalisierung von Wertschöpfungsketten und Lebenszyklen* Anklang. Japanische Unternehmen verzeichnen im Bereich der *Standards* insgesamt einen sehr geringen Stand der digitalen Transformation.



**Abbildung 86: DE/JP – Standards – Mittelwerte nach DE/JP**

Das Segment des *Wissens- und Kompetenzmanagements* ist in Deutschland bereits weiter digitalisiert als im japanischen Raum, ohne eine hohe Bedeutung für die Unternehmen aufweisen zu können (Abb. 87). Dabei meint die *Integration von Wissen aus unterschiedlichen Quellen* in Systeme die Integration entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Die Integration dient als Grundlage für die Entwicklung und Implementierung digitaler Geschäftsmodelle.



**Abbildung 87: DE/JP – Wissens- und Kompetenzmanagement – Mittelwerte nach DE/JP**

Intelligente Logistik findet weder im deutschen noch im japanischen Erhebungsraum signifikante Verwendung (Abb. 88). In Deutschland werden die weniger kapitalintensiven Formen der *Nutzung von Routenplanung und logistischer Informationssysteme* sowie die *Integration der Logistiksysteme in das ERP-System* sowie die *Vernetzung der Hard- und Softwarelösungen* nur geringfügig genutzt, während diese in Japan sogar nur marginal Anwendung finden. Bei der kapitalintensiven Form der *Investition in Hardware wie in fahrerlose Transportsysteme, Elektrobodenbahnen und automatisierte Hochregallager* sind die Mittelwerte in beiden Ländern unter 1.5 und somit sehr gering.

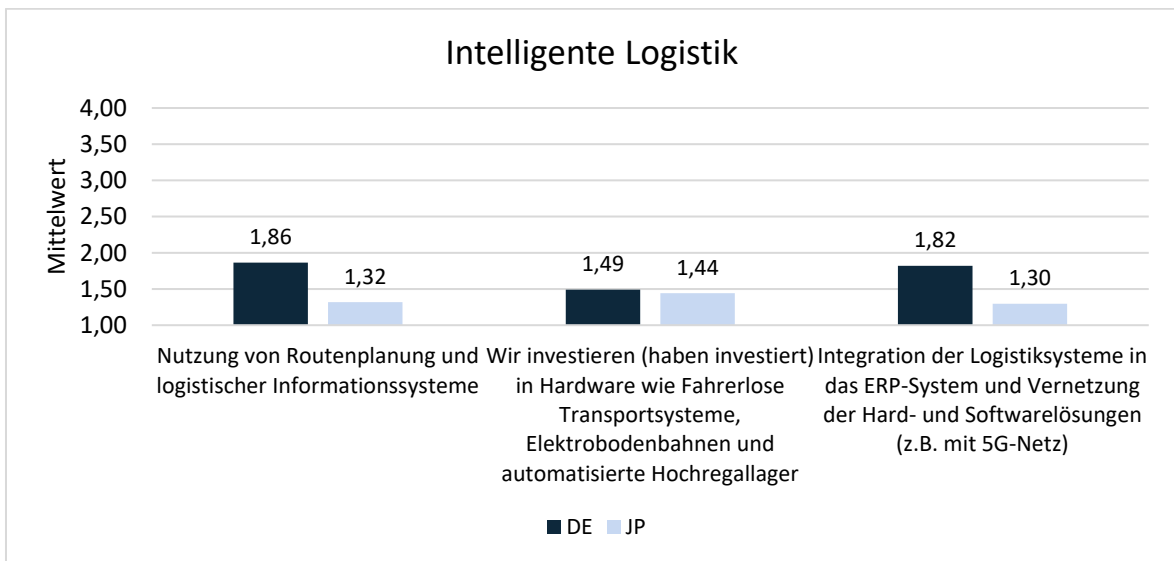


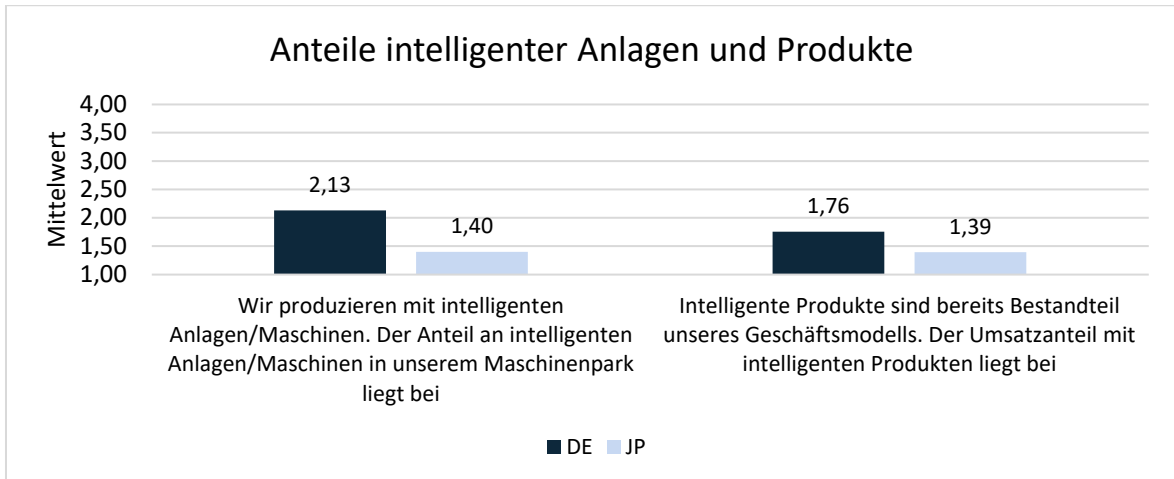
Abbildung 88: DE/JP – Intelligente Logistik – Mittelwerte nach DE/JP

## 5.5 Intelligente Anlagen und Produkte

Ein Bestandteil der Grundlage für die digitale Transformation von produzierenden Unternehmen sind *intelligente Anlagen und Produkte*. Diese Grundlage ist in Deutschland deutlich besser entwickelt als in Japan (Abb. 89). Speziell die *intelligenten Anlagen und Maschinen* sind in Deutschland deutlich verbreiteter. Der Unterschied zwischen Deutschland und Japan liegt in diesem Bereich bei 0.73 Punkten im Bereich der Maschinen und bei 0.37 Punkten im Bereich der *intelligenten Produkte*. Der Entwicklungsstand in Japan ist somit als sehr gering einzuschätzen. Die zugrunde liegende Skala ist in Tabelle 12 dargestellt, wobei die Erhebung in Japan in japanischer und englischer Sprache erfolgt:

**Tabelle 23: DE/JP – Skala Anteil intelligenter Anlagen und Produkte**

Level	Skalenooption	Digitalisierungswert
1	0%	1
2	1% bis 19%	2
3	20% bis 39%	3
4	>=40%	4



**Abbildung 89: DE/JP – Anteile intelligenter Anlagen und Produkte – Mittelwerte nach DE/JP**

Der Einsatz von Sensorik und Aktorik an Maschinen/Anlagen und Produkten spiegelt zum Teil das vorangegangene Ergebnis des Anteils intelligenter Maschinen/Anlagen und Produkte wider (Abb. 9). Am meisten Sensorik/Aktorik wird bisher in Deutschland an Fertigungsmaschinen eingesetzt (Mittelwert: 2.45), gefolgt von Sensorik/Aktorik am Erzeugnis/Produkt. Japanische Unternehmen schneiden im Sektor Sensorik/Aktorik besser ab als bei den intelligenten Maschinen und intelligenten Produkten auf Abbildung 83; sie erreichen Mittelwerte von 1.93 und 1.83. Generell ist der Einsatz in Deutschland sowie Japan als gering einzustufen.

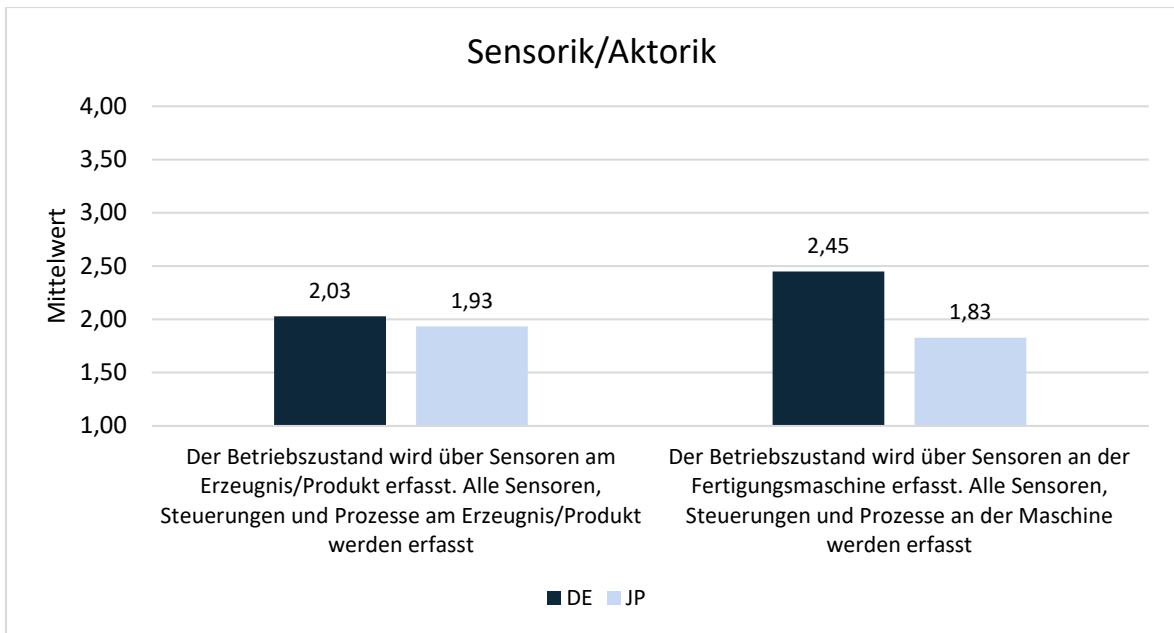


Abbildung 90: DE/JP – Sensorik/Aktorik – Mittelwerte nach DE/JP

Die bekannten fortschrittlichen Technologien im Bereich der *Mensch-Roboter-Kollaboration* werden bisher weder in Deutschland noch in Japan verwendet (Abb. 91). Ausschließlich *intuitive Bedienelemente* finden in Deutschland nur eine sehr geringfügige Anwendung. Die übrigen Technologien werden offensichtlich so gut wie nicht in den Unternehmen eingesetzt.

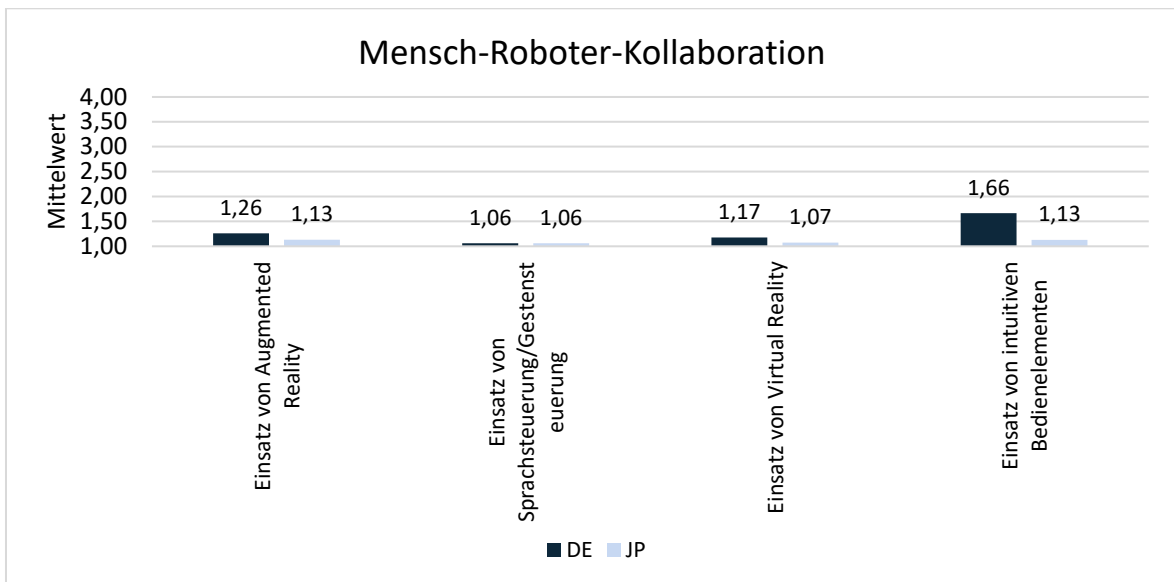


Abbildung 91: DE/JP – Mensch-Roboter-Kollaboration – Mittelwerte nach DE/JP

Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche *M2M-Kommunikation* ist weder in Deutschland noch in Japan gegeben (Abb. 92). Im deutschen Erhebungsbereich rüsten die Unternehmen die Maschinen in geringfügigem Maße mit Zugang zum Internet aus, in Japan sind noch

weniger Maschinen in den Unternehmen mit Zugang zum Internet ausgestattet. Die *Erweiterbarkeit für zukünftige Standards* sowie der *vielversprechende Standard OLE* zum Informationsaustausch von Maschinen verschiedener Hersteller sowie der Steuerung dieser ist in beiden Ländern nur sehr geringfügig entwickelt. Zusammenfassend sind die Grundlagen für eine erfolgreiche M2M-Kommunikation weder in Deutschland noch in Japan hinreichend gegeben.

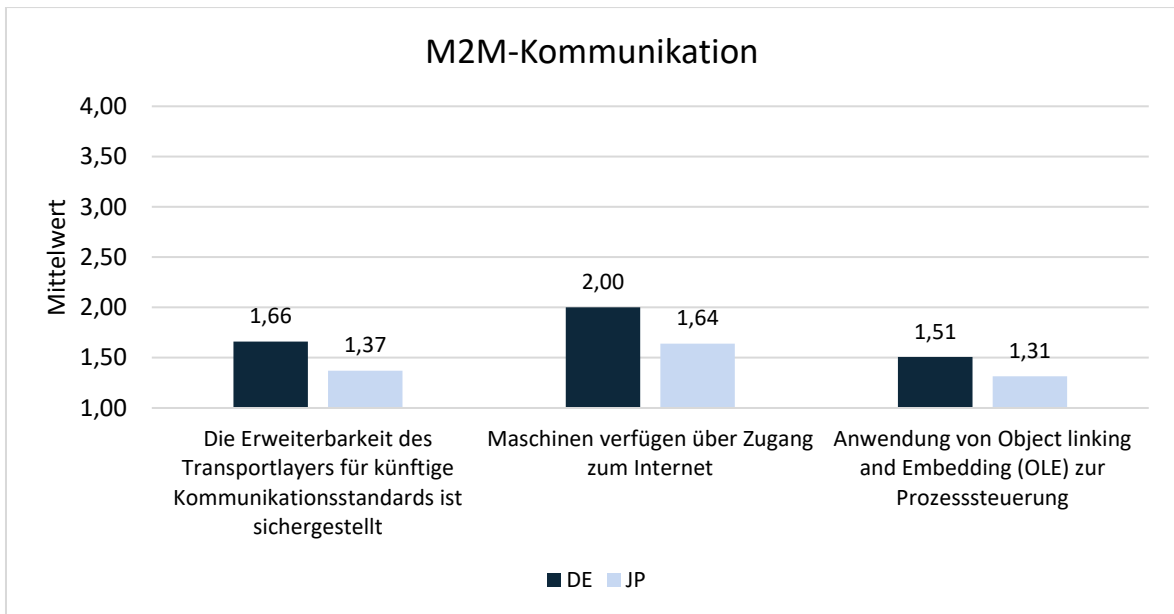


Abbildung 92: DE/JP – M2M-Kommunikation– Mittelwerte nach DE/JP

Der *Einsatz von autonomer Robotik* in mittelständischen Unternehmen ist in Deutschland und in Japan noch ziemlich gering (Abb. 93). Weiter verbreitet ist der *Einsatz von Industrierobotern*. Dieser liegt in Japan und Deutschland gleichauf. Ein ähnliches Bild zeichnet die Nutzung *additiver Fertigungsverfahren* in Deutschland.

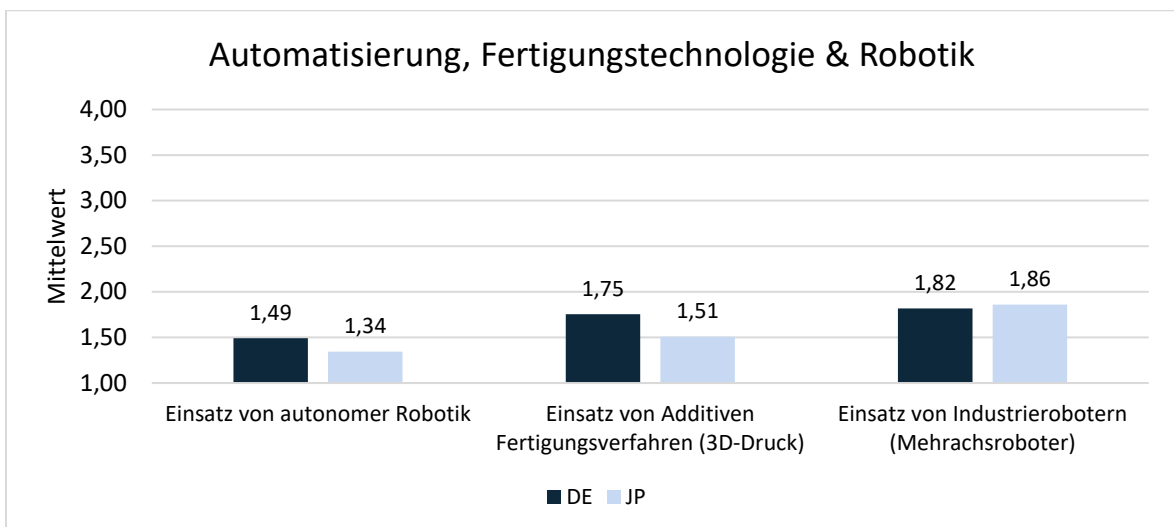


Abbildung 93: DE/JP – Automatisierung, Fertigungstechnologie & Robotik – Mittelwerte nach DE/JP

## 6 Zusammenfassung

### 6.1 Untersuchungsbereich Deutschland

Die folgende Abbildung 94 zeigt den Unterschied der KMU und NON-KMU über alle abgefragten Subkategorien hinweg. Dabei werden die Kategorien *Services zum Produkt*, *Fernkommunikationslösungen*, *Datenbasierte Services*, *Prozessorientierung*, *Solution Services* und *Modularisierung* unter *Leistungsangebot* zusammengefasst. Linie 0 ist das Level der NON-KMU. Mit einem negativen Wert wird der Rückstand der KMU in der jeweiligen Subkategorie auf die NON-KMU beschrieben. NON-KMU sind deutlich weiter in der Digitalisierung als KMU. Es wird deutlich, dass der größte Rückstand der KMU bei den *Platform-services* besteht.

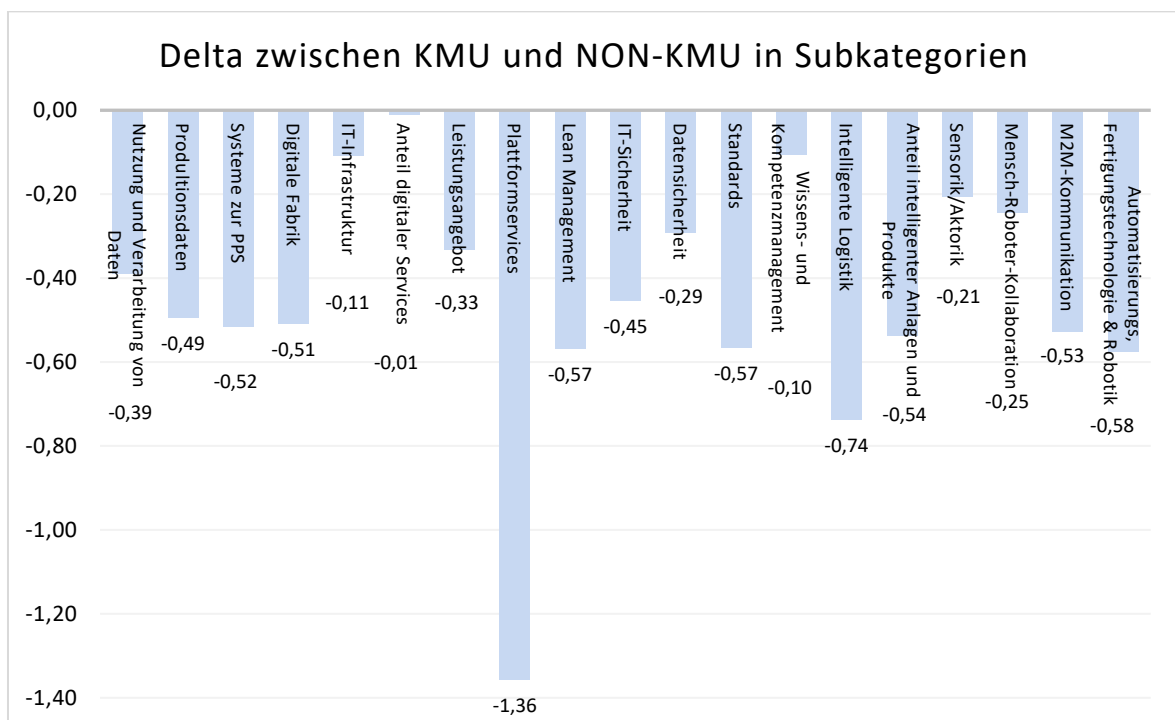


Abbildung 94: DE – Subkategorien – Delta KMU/NON-KMU

### 6.2 Untersuchungsbereiche Deutschland und Japan im Vergleich

Die folgende Abbildung 95 zeigt den Unterschied von DE und JP über alle abgefragten Subkategorien hinweg. Insgesamt ist der Fortschritt der Digitalisierung bei deutschen KMU weiter als bei den japanischen. Dabei werden die Kategorien *Services zum Produkt*, *Fernkommunikationslösungen*, *Datenbasierte Services*, *Prozessorientierung*, *Solution Services* und *Modularisierung* unter *Leistungsangebot* zusammengefasst. Linie 0 ist das Level der deutschen Unternehmen. Mit einem negativen Wert wird der Rückstand der japanischen auf die deutschen Unternehmen in der jeweiligen Subkategorie beschrieben. Dementsprechend ist

ein positiver Ausschlag so zu werten, dass japanische Unternehmen in dieser Kategorie einen höheren Digitalisierungsgrad als deutsche Unternehmen aufweisen. Es ist erkennbar, dass Plattformservices bei den japanischen mittelständischen Unternehmen weiter sind als bei den deutschen. Deutsche Unternehmen hingegen sind insbesondere bei *Systemen zur PPS* (Produktionsplanung und -steuerung), bei *Wissens- und Kompetenzmanagement*, bei *intelligenten Maschinen/Anlagen und intelligenten Produkten*, und *IT-Sicherheit* deutlich vor den japanischen Unternehmen.

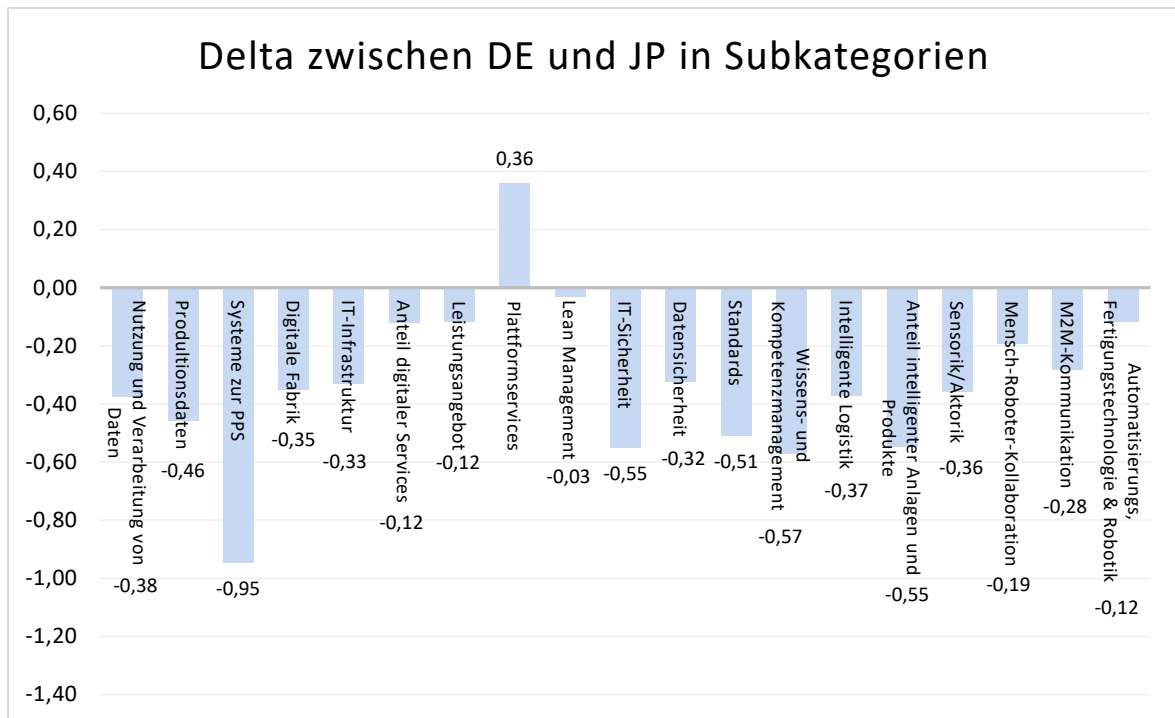


Abbildung 95: DE/JP – Subkategorien – Delta DE/JP

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass insgesamt die mittelständischen deutschen Unternehmen weiter sind als die japanischen; dennoch kann der Stand der Digitalisierung in beiden Ländern nicht als ausreichend bezeichnet werden.

Der Vergleich der Gründe, die den Fortschritt in der Digitalisierung behindern, fällt in beiden Ländern sehr ähnlich aus (Tabelle 24). *Fachkräftemangel* und zu *hoher Kostenauswand* sind in Deutschland wie auch in Japan die beiden Top-Hinderungsgründe.

Tabelle 24: Die fünf Top-Hinderungsgründe im Vergleich

Rangfolge	Deutschland	Japan
1	Fachkräftemangel	Zu hoher Kostenaufwand
2	Zu hoher Kostenaufwand	Fachkräftemangel
3	Fehlende praktische Bezüge	Fehlendes Know-how
4	Fehlendes Know-how	Unzureichende IT-Infrastruktur
5	Fehlende Akzeptanz der Mitarbeiter	Fehlende Akzeptanz der Mitarbeiter





## Literaturverzeichnis

- Allen, E. / Seaman, C. (2007): Likert Scales and Data Analyses, abgerufen unter: <https://www.bayviewanalytics.com/reports/asq/likert-scales-and-data-analyses.pdf>.
- Anderl, R. / Fleischer, J. (2015): Leitfaden Industrie 4.0 (Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. Hg. v. VDMA, Frankfurt am Main, abgerufen unter: [https://www.vdmashop.de/refs/VDMA\\_Leitfaden\\_I40\\_neu.pdf](https://www.vdmashop.de/refs/VDMA_Leitfaden_I40_neu.pdf).
- Axmann, B. / Harmoko, H. (2020a): Der Industrie-4.0-Leitfaden für kleine und mittlere Unternehmen (Die erste Richtlinie: Daten. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 115 (1-2), S. 94–97.
- Axmann, B. / Harmoko, H. (2020b): Der Industrie-4.0-Leitfaden für kleine und mittlere Unternehmen (Die zweite Richtlinie: Software. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 115 (3), S. 178–181.
- Axmann, B. / Harmoko, H. (2020c): Der Industrie-4.0-Leitfaden für kleine und mittlere Unternehmen Die dritte Richtlinie: Intelligente Logistik und Hardware (Die dritte Richtlinie: Intelligente Logistik und Hardware. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 115 (4), S. 262–265.
- Begleitforschung PAiCE/ Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE (Hrsg.) (2020): Reference Architecture Models for Industry 4.0, Smart Manufacturing and IOT (An Introduction, abgerufen unter: [https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/PAiCE\\_Leitfaden\\_Reference\\_Architecture.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/PAiCE_Leitfaden_Reference_Architecture.pdf?__blob=publicationFile&v=6).
- Bortz, J./Schuster, C. (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Berlin, Heidelberg.
- Bracht, U./Geckler, D./ Wenzel, S. (Hrsg.) (2018): Digitale Fabrik, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bundesministerium für Wirtschaft (Hrsg.) (2019): Digitale Geschäftsmodelle für die Industrie 4.0 (Ergebnispapier, abgerufen unter: [https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digitale-geschaeftsmodelle-fuer-industrie-40.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digitale-geschaeftsmodelle-fuer-industrie-40.pdf?__blob=publicationFile&v=8).
- Bundesverband Informationswirtschaft (BITKOM e.V.) (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland (Studie, abgerufen unter: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Studie-Industrie-40.pdf>.
- Bundesverband Informationswirtschaft (BITKOM e.V.) (Hrsg.) (2015): Umsetzungsstrategie (Industrie 4.0, abgerufen unter: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/150410-Umsetzungsstrategie-0.pdf>.

Demont, A. / Paulus-Rohmer, D. (2016): Industrie 4.0-Geschäftsmodelle systematisch entwickeln (Eine strategiegeleitete Vorgehensweise für den Maschinen- und Anlagenbau, in: Schallmo, D. / Rusnjak, A. / Anzengruber, J. / Werani, T. / Jünger, M. (Hg.): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen – Grundlagen, Instrumente und Best Practices, Wiesbaden (Schwerpunkt), S. 97–126.

DIN e.V. (Hrsg.) (2016): DIN SPEC 91345 (Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0), abgerufen unter: [www.perinorm.com](http://www.perinorm.com).

DIN e.V./ Deutsche Kommission Elektrotechnik (DKE) (Hrsg.) (2020): DIN und DKE ROADMAP (Deutsche Normungsroadmap Industrie 4.0, abgerufen unter: <https://www.din.de/resource/blob/95954/fef3e0c46a3b5d042f25078c50547f0d/aktualisierte-roadmap-i40-data.pdf>.

Heck, R. / Bork, C. (2017): Demografischer Wandel in Japan, China und Deutschland (Vergleichbare Trend in unterschiedlichen Kulturkreisen, abgerufen unter: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Monatsbericht/Monatsbericht-Themen/2017-06-demografie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Monatsbericht/Monatsbericht-Themen/2017-06-demografie.pdf?__blob=publicationFile&v=8).

Heidel, R./Hoffmeister, M./Hankel, M./ Döbrich, U. (Hrsg.) (2017): Industrie4.0 Basiswissen RAMI4.0 (Referenzarchitekturmodell mit Industrie4.0-Komponente. Deutsches Institut für Normung; VDE Verlag, 1. Auflage, Berlin, Wien, Zürich, Berlin, Offenbach: Beuth Verlag GmbH; VDE Verlag GmbH (DIN).

Industrial Value Chain Initiative (Hrsg.) (2016): Industrial Value Chain Reference Architecture (IVRA), abgerufen unter: [https://docs.iv-i.org/doc\\_161208\\_Industrial\\_Value\\_Chain\\_Reference\\_Architecture.pdf](https://docs.iv-i.org/doc_161208_Industrial_Value_Chain_Reference_Architecture.pdf).

Industrial Value Chain Initiative (Hrsg.) (2018): Strategic implementation framework of industrial value chain for connected industries, abgerufen unter: [https://ivi-iot.sakura.ne.jp/iviwp\\_renewal/wp-content/uploads/2018/04/IVRA-Next\\_en.pdf](https://ivi-iot.sakura.ne.jp/iviwp_renewal/wp-content/uploads/2018/04/IVRA-Next_en.pdf).

Iwamoto, K. / Tanoue, Y. (2018): Digitization, Computerization, Networking, Automation, and the Future of Jobs in Japan. Hg. v. Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI), abgerufen unter: <https://www.rieti.go.jp/jp/publications/pdp/18p013.pdf>.

Japan Finance Corporation (Hrsg.) (2020): Japan Finance Corporation (Guide to the Operations of the Small and Medium Enterprises (SME) Unit, abgerufen unter: [https://www.jfc.go.jp/n/english/sme/pdf/jfc2020e-sme\\_web.pdf](https://www.jfc.go.jp/n/english/sme/pdf/jfc2020e-sme_web.pdf).

Kuhlenkötter, B. / Lins, D. / Niewerth, C. / Prinz, C. / Schäfer, M. / Wannöffel, M. (2019): Mitbestimmung und Partizipation im Transformationsprozess zur Industrie 4.0. In: *Arbeit* 28 (4), S. 401–422.

- Marguglio, A. (2020): Reference Architecture for Cross-Domain Digital Transformation V1. Hg. v. Open DEI, abgerufen unter: <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5d40dd95b&appId=PPGMS>.
- Mayr, A. / Weigelt, M. / Köhl, A. / Grimm, S. / Erll, A. / Potzel, M. / Franke, J. (2018): Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. In: *Procedia CIRP* 72, S. 622–628.
- North, K. / Maier, R. (2018): Wissen 4.0 – Wissensmanagement im digitalen Wandel. In: *HMD* 55 (4), S. 665–681.
- Obermaier, R. (Hrsg.) (2019): Handbuch Industrie 4.0 und digitale Transformation (Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen). Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler, abgerufen unter: <http://www.springer.com/>.
- Oswald, G. / Krcmar, H. (2018): Vorwort, in: Oswald, G. / Krcmar, H. (Hg.): *Digitale Transformation – Fallbeispiele und Branchenanalysen*, Wiesbaden (Informationsmanagement und digitale Transformation), S. V–VI.
- Sames, G. (2019): IT-Reifegradmodell für Fabriken. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 114 (7-8), S. 501–503.
- Sames, G. (2021): Reifegradmodell zur Digitalisierung und Industrie 4.0 (THM-Hochschulschriften Band 18), abgerufen unter: [http://digdok.bib.thm.de/volltexte/2021/5393/pdf/THM\\_Hochschulschriften\\_18\\_Endfassung.pdf](http://digdok.bib.thm.de/volltexte/2021/5393/pdf/THM_Hochschulschriften_18_Endfassung.pdf).
- Sames, G. / Diener, A. (2018): Stand der Digitalisierung von Geschäftsprozessen zu Industrie 4.0 im Mittelstand - Ergebnisse einer Umfrage bei Unternehmen. Hg. v. Technische Hochschule Mittelhessen (THM-Hochschulschriften Band 9), abgerufen unter: [http://digdok.bib.thm.de/volltexte/2018/5281/pdf/THM\\_Hochschulschriften\\_9\\_Endfassung.pdf](http://digdok.bib.thm.de/volltexte/2018/5281/pdf/THM_Hochschulschriften_9_Endfassung.pdf).
- Sames, G. / Lapa, J. (2020): Stand der Digitalisierung von Geschäftsmodellen zu Industrie 4.0 im Mittelstand - Ergebnisse einer Umfrage bei Unternehmen. Hg. v. Technische Hochschule Mittelhessen (THM-Hochschulschriften Band 13), abgerufen unter: [http://digdok.bib.thm.de/volltexte/2020/5357/pdf/THM\\_Hochschulschriften\\_13\\_Endfassung.pdf](http://digdok.bib.thm.de/volltexte/2020/5357/pdf/THM_Hochschulschriften_13_Endfassung.pdf).
- Sauer, R. / Dopfer, M. / Schmeiss, J. / Gassmann, O. (2019): Das Geschäftsmodell: Gral der Digitalisierung, in: Gassmann, O. / Sutter, P. (Hg.): *Digitale Transformation gestalten – Geschäftsmodelle, Erfolgsfaktoren, Checklisten*, 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, München, S. 19–23.
- SEF Smart Electronic Factory e.V. (Hrsg.) (2021): *Intelligent Connectivity for Industry 4.0*, abgerufen unter: [https://www.smartelectronicfactory.de/fileadmin/user\\_upload/dokumente/Smart\\_Electronic\\_Factory.pdf](https://www.smartelectronicfactory.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Smart_Electronic_Factory.pdf).

Sisinni, E. / Saifullah, A. / Han, S. / Jennehag, U. / Gidlund, M. (2018): Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions. In: *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 14 (11), S. 4724–4734.

Springer, M. / Schnelzer, J. (2019): Differentiation of Industry 4.0 Models (The 4th Industrial Revolution from different Regional Perspectives in the Global North and Global South. Hg. v. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), abgerufen unter: [http://www.ra-un.org/uploads/4/7/5/4/47544571/1\\_unido\\_differentiation\\_of\\_industry\\_4.0\\_models.pdf](http://www.ra-un.org/uploads/4/7/5/4/47544571/1_unido_differentiation_of_industry_4.0_models.pdf).

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2021): Japan (Statistisches Länderprofil, abgerufen unter: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Laenderprofile/japan.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Laenderprofile/japan.pdf?__blob=publicationFile).

Verband der Elektro- und Digitalindustrie e.V. (ZVEI) (Hrsg.) (2018): Antrieb 4.0 - Vision wird Realität (Merkmale, Daten und Funktionen elektrischer Antriebssysteme in Industrie 4.0 für Hersteller, Maschinenbauer und Betreiber, abgerufen unter: [https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Publikationen/2018/November/Antrieb\\_4.0\\_-\\_Vision\\_wird\\_Realitaet\\_-\\_erweiterte\\_Auflage/ZVEI\\_BR\\_Vision\\_Antrieb\\_4.0\\_2018\\_DOWNLOAD.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2018/November/Antrieb_4.0_-_Vision_wird_Realitaet_-_erweiterte_Auflage/ZVEI_BR_Vision_Antrieb_4.0_2018_DOWNLOAD.pdf).

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.) (2011): VDI Richtlinie 4499 - Blatt 2 (Digitale Fabrik, Grundlagen, abgerufen unter: [www.perinorm.com](http://www.perinorm.com).

Wignaraja, G. (Hrsg.) (2016): Production networks and enterprises in East Asia (Industry and firm-level analysis, Tokyo: Springer (ADB institute series on development economics), abgerufen unter: <https://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy1617/2015950195-b.html>.

Zollenkop, M. / Lässig, R. (2016): Digitalisierung im Industriegütergeschäft (Hintergründe, Definitiorik und Ziele von Industrie 4.0, in: Schallmo, D. / Rusnjak, A. / Anzengruber, J. / Werani, T. / Jünger, M. (Hg.): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen – Grundlagen, Instrumente und Best Practices, Wiesbaden (Schwerpunkt), S. 59–96.

### **Internetquellen:**

<https://www.bvmw.de/themen/mittelstand/zahlen-fakten/>

<https://www.industry-of-things.de/nur-im-schnecken-tempo-geht-die-digitalisierung-in-unternehmen-voran-a-831da4e1acf9a5b9e6e654e7fa3c4683/>

(a) [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/_inhalt.html)

(b) <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Konjunkturindikatoren/Lange-Reihen/Arbeitsmarkt/lrerw13a.html>

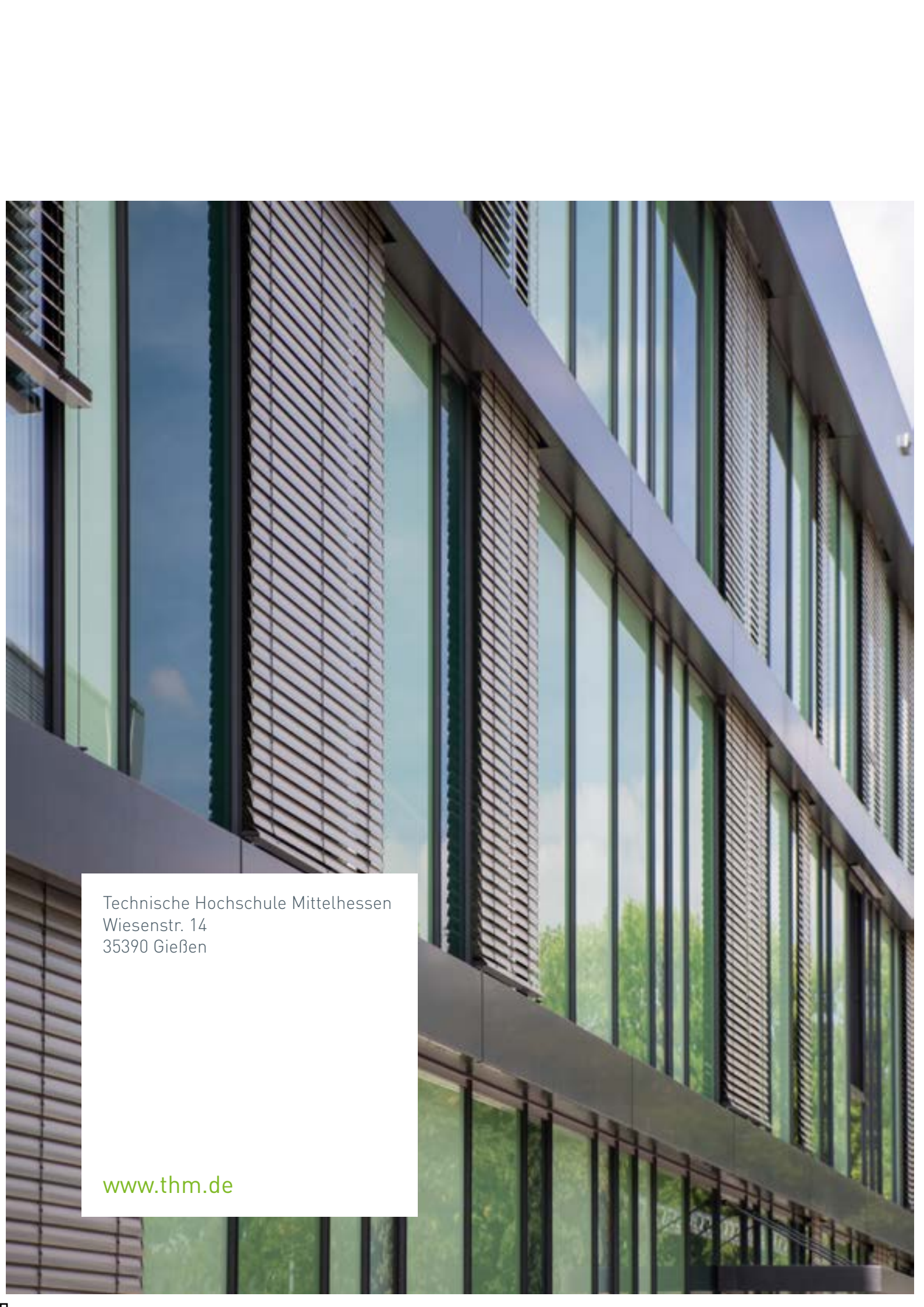
[https://www.chusho.meti.go.jp/sme\\_english/outline/07/01.html](https://www.chusho.meti.go.jp/sme_english/outline/07/01.html)

<https://www.ingenieur.de/fachmedien/konstruktion/automatisierung/weltmarkt-fast-die-halfte-der-roboter-kommen-aus-japan/>







A photograph of a modern building facade. The building features large glass windows and a white brick-like pattern. The windows reflect the sky and surrounding greenery. The building is viewed from a low angle, looking up.

Technische Hochschule Mittelhessen  
Wiesenstr. 14  
35390 Gießen

[www.thm.de](http://www.thm.de)