

Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 6

# Digitalisierung in der Montage mit dem Schwerpunkt des Einsatzes von Assistenzsystemen



## **Impressum**

König, Mathias / Winkler, Herwig: Digitalisierung in der Montage  
mit dem Schwerpunkt des Einsatzes von Assistenzsystemen

Schriftenreihe: Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 6

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
IKMZ – Universitätsbibliothek

Cottbus, Januar 2023

<https://doi.org/10.26127/BTUOpen-6212>

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>6</b>
<b>I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie</b>	<b>7</b>
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	8
2. Stand der Forschung und Motivation	11
<b>II. Design der vorliegenden Studie</b>	<b>12</b>
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	13
2. Aufbau des Online-Fragebogens	14
3. Durchführung der Datenerhebung	15
<b>III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe</b>	<b>16</b>
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	17
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	18
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	19
4. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	20
<b>IV. Rahmenbedingungen der betrieblichen Montage</b>	<b>21</b>
1. Bauteilkomplexität und Fertigungstyp	22
2. Schichtregime und Automatisierungsgrad	23
3. Montageorganisationsform	24
4. Gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen	25

<b>V. Stand und Entwicklung der Digitalisierung in der Montage</b>	<b>28</b>
1. Bedeutung der Digitalisierung	29
2. Strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung	30
3. Umfang der Digitalisierung in der Montage	32
4. Ziele der Digitalisierung in der Montage	33
5. Digitale Technologien in der Montage	43
6. Digitalisierung und Montageorganisation	48
<b>VI. Stand und Entwicklung von Assistenzsystemen in der Montage</b>	<b>51</b>
1. Bedeutung von Assistenzsystemen in der Montage	52
2. Umfang von Assistenzsystemen in der Montage	53
3. Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage	55
4. Integration von Assistenzsystemen	67
5. Digitale Technologien als Assistenzsysteme	69
<b>VII. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema</b>	<b>74</b>
<b>VIII. Fazit aus den Studienergebnissen</b>	<b>76</b>
<b>IX. Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>X. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft</b>	<b>83</b>

Innerhalb der Wertschöpfungskette, beispielsweise des Maschinenbaus und der Automobilindustrie, kommt der Montage eine besondere Bedeutung bei. Die Montage beansprucht je nach Produkt 15 bis 70% der Gesamtfertigungszeit. Im Maschinenbau liegt der Montagezeitanteil des Objektes zwischen 20 und 45%. Im Fahrzeugbau beträgt der Montagezeitanteil 30 bis 50%. Der höchste Montagezeitanteil mit 40 bis 70% findet sich in der Elektro- und Feinwerktechnik.<sup>1</sup> Folglich besteht ein immanentes Interesse der Unternehmen die Personalproduktivität zu steigern bzw. die Lohnstückkosten nicht ansteigen zu lassen.

Trotz einer Vielzahl an Literatur zur Digitalisierung im Allgemeinen bzw. der konkreten Anwendung von Assistenzsystemen in der Montage liegt der Schwerpunkt der Literatur auf akademischen Versuchsaufbauten, Prototypen und sofern Veröffentlichungen aus der industriellen Praxis vorliegen, sind diese geprägt durch die Automobilindustrie. Dies mag auch daran liegen, dass die Einschätzungen und Vorgehensweisen aus der industriellen Praxis montierender Unternehmen des Maschinenbaus oder der Elektroindustrie bislang nur wenig Berücksichtigung fanden.

Deshalb verfolgt diese Studie das Ziel, folgende vier Aspekte von Digitalisierung in der Montage aus Sicht der Praxis empirisch zu analysieren:

- Was bedeutet Digitalisierung in der Montage?
- Wie entwickelt sich die Digitalisierung in der Montage?
- Wie ist der aktuelle Stand von Assistenzsystemen in der Montage?
- Wie entwickeln sich Assistenzsystemen in der Montage?

Die durchweg positiven Rückmeldungen bescheinigen uns, dass die Studie ein substantielles Thema aufgreift, insbesondere vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und der starken Exportorientierung des produzierenden Gewerbes in Deutschland.

An dieser Stelle möchten wir uns noch einmal bei den 158 Studienteilnehmern bedanken und hoffen, dass unsere Arbeit auf ein breites Interesse bei der Leserschaft stößt. Für einen vertieften fachlichen Austausch stehen wir gerne zur Verfügung.

Univ.-Prof. Dr. habil. Herwig Winkler  
Dipl.-Ing. Mathias König

<sup>1</sup> Vgl. Lotter (2006), S. 3

## Kernaussagen der Studie

- Im Zeitraum von **Juni bis Oktober 2022** wurde vom Lehrstuhl für Produktionswirtschaft der BTU Cottbus-Senftenberg die Studie mit dem Titel „**Digitalisierung in der Montage mit dem Schwerpunkt des Einsatzes von Assistenzsystemen**“ als Online-Umfrage durchgeführt. **158 Personen** mit leitenden oder planenden Funktionen in der Montage beantworteten den Fragebogen vollständig.
- Die **Digitalisierung in der Montage ist wichtig und notwendig** zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der Montagen.
- Die größten gegenwärtigen Herausforderungen sind **zunehmende Bedarfsschwankungen, Preisdruck aufgrund von internationalen Wettbewerb und die Steigerung der Produktvarianz**. Diese werden abgelöst durch die zukünftigen Herausforderungen des **Altersanstiegs der Montagemitarbeiter, Zunahme von Sprachbarrieren durch Arbeitsmigration und die Reduzierung der Produktlebenszyklen**. Der **Fachkräftemangel und die steigende Anforderungen an die Montageaufgabe** bestehen als gegenwärtige und zukünftige Herausforderung.
- Die Anzahl der Arbeitsplätze, an denen digitale Technologien in der Montage Anwendung finden werden, wird weiter ansteigen. Zukünftig werden an der **Mehrheit der Arbeitssysteme in der Montage digitale Technologien** im Einsatz sein. Dies gilt auch für Assistenzsysteme.
- Die Studienteilnehmer beschreiben die strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage mit anteilig bis mehrheitlich vorhanden **und fordern eine zunehmende strategische Auseinandersetzung** innerhalb der Unternehmen ein.
- Die am häufigsten genannten gegenwärtigen und zukünftigen Ziele sind die **Steigerung der Produktqualität bzw. die Reduzierung von Arbeitsfehlern und die Steigerung der Arbeitsproduktivität**.
- Der Einsatz von **digitalen Technologien bzw. speziell Assistenzsystemen wird in den nächsten Jahren weiter zunehmen**. Die Projekte zur Einführung von Assistenzsystemen werden sich von **Bestandsprojekten, d.h. in ein vorhandenes Montagesystem wird ein Assistenzsystem nachgerüstet**, zu **Neuprojekten, d.h. die Planung und Realisierung des Assistenzsystems erfolgt zusammen mit dem Montagesystem**, wandeln.

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>6</b>
<b>I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie</b>	<b>7</b>
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	8
2. Stand der Forschung und Motivation	11
<b>II. Design der vorliegenden Studie</b>	<b>12</b>
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	13
2. Aufbau des Online-Fragebogens	14
3. Durchführung der Datenerhebung	15
<b>III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe</b>	<b>16</b>
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	17
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	18
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	19
4. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	20
<b>IV. Rahmenbedingungen der betrieblichen Montage</b>	<b>21</b>
1. Bauteilkomplexität und Fertigungstyp	22
2. Schichtregime und Automatisierungsgrad	23
3. Montageorganisationsform	24
4. Gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen	25

- Die VDI 2860 definiert die **Montage** als Gesamtheit aller Vorgänge für den Zusammenbau von Körpern mit geometrisch bestimmter Form. Die Funktionen der Montage sind Fügen, Handhaben, Kontrollieren, Justieren und Sonderoperationen.<sup>1</sup>
- **Digitalisierung** bezeichnet als Oberbegriff den Einsatz vernetzter, digitaler Technologien in allen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft. Die Digitalisierung automatisiert die Datenverarbeitung und erlaubt damit die Verarbeitung sehr großer Datenmengen. In der industriellen Produktion wird der Begriff mindestens im deutschsprachigen Raum konkretisiert durch den Begriff der Industrie 4.0 als Spezialisierung auf den industriellen Einsatz und die Integration der Digitalisierung in Produktionsprozesse.<sup>2</sup>
- Unter einem **Assistenzsystem** werden technische Systeme verstanden, welche den Menschen sensorisch, physisch oder kognitiv unterstützen. Diese Unterstützung erfolgt im Sinne der Kompensation, Prävention und Befähigung.<sup>3</sup> Somit wird dem Menschen ermöglicht seine vorhandenen Kernkompetenzen besser zu nutzen.<sup>4</sup> Gemäß der Wortherkunft setzt sich das Wort Assistenzsystem aus den Begriffen Assistenz und System zusammen. „Dabei bedeutet der Begriff Assistenz Mithilfe oder Beistand.“<sup>5</sup> Der Begriff System benennt eine Gesamtheit von Objekten, welche in einem gesamtheitlichen Zusammenhang stehen und durch Wechselbeziehungen untereinander gegenüber der Umwelt abzugrenzen sind.“<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Vgl. VDI (1990), S. 2.

<sup>2</sup> Vgl. Mockenhaupt (2021), S. 33 f.

<sup>3</sup> Vgl. Hajek (2019), S. 37

<sup>4</sup> Vgl. Bischoff (2015), S. 90

<sup>5</sup> Vgl. Bibliographisches Institut GmbH (2021)

<sup>6</sup> Vgl. Hold 2020, S. 15.

- **Cyber-Physische-Systeme** sind eingebettete Systeme, die durch Unterstützung von Sensoren physikalische Daten generieren und mittels Aktoren reale Vorgänge beeinflussen und Möglichkeiten zur Kommunikation und Steuerung in Form von Mensch-Maschine-Schnittstellen zur Verfügung stellen.<sup>1</sup>
- **Auto-ID** sind Verfahren, die zur eindeutigen Identifizierung von Objekten und zur Erhebung sowie Übertragung der entsprechenden Daten dienen. Die drei gängigsten Systeme sind 1D- Barcodes, 2D-Matrix-Codes und die Radiofrequenzidentifikation (RFID).<sup>2</sup>
- **Maschinelles Lernen** ermöglicht es Computern auf einer Basis von Daten eigenständig zu lernen, ohne vorher explizit programmiert zu werden.<sup>3</sup>
- **Predictive Maintenance** (zu Deutsch: vorausschauende Wartung) befasst sich mit der gezielten Erstellung von Prognosen über den technischen Zustand von Anlagen. Grundlage dafür sind vorliegende Zustandsdaten von Maschinen und Prozessen, die mittels Sensortechnik erfasst werden und der Zugang zu Verlaufsdaten aus der Historie der Anlage. Durch die Anwendung von Algorithmen des statistischen Lernens können die Informationen analysiert und anschließend Aussagen zum Zustand einer Anlage getroffen werden.<sup>4</sup>
- **Virtual Reality** umfasst die computererzeugte Darstellung einer dreidimensionalen Welt unter der Verwendung geeigneter Mensch-Maschine-Schnittstellen. Der Benutzer ist in der Lage, darin mit virtuellen Objekten zu interagieren.<sup>5</sup>
- **Augmented Reality** dient dazu, die Realität sinnvoll zu ergänzen. Somit kann die reale Umgebung mit virtuellen Objekten in Echtzeit überlagert werden, sodass der Eindruck entsteht, als würden diese zusammen mit den realen Objekten in einem Raum existieren.<sup>6</sup>
- Ein **Digitaler Zwilling** ist ein virtuelles Abbild von Produkten, Dienstleistungen oder Prozessen. Die Besonderheit des Digital Twins ist, dass dieser über diverse Schnittstellen mit Daten aus dem laufenden Betrieb in Echtzeit versorgt wird. Der digitale Zwilling dient zur Speicherung von Lebenszyklusinformationen und der Durchführung nützlicher Simulationen.<sup>7</sup>
- Der **3D- Druck** wird hier synonym verwendet für den Begriff der additiven Fertigung, dabei werden Bauteile schichtweiße aus Metallen, Polymeren oder Harzen aufgebaut.<sup>8</sup>
- **Fahrerlose Transportsysteme** (FTS) sind innerbetriebliche, flurgebundene Fördersysteme mit automatisch gesteuerten Fahrzeugen, deren primäre Aufgabe der Materialtransport ist.<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Pistorius (2020), S.10 f.<sup>2</sup> Vgl. Pistorius (2020), S.13 f.<sup>3</sup> Vgl. Pistorius (2020), S.31 f.<sup>4</sup> Vgl. Pistorius (2020), S.34 f.<sup>5</sup> Vgl. Pistorius (2020), S.45 f.<sup>6</sup> Vgl. Pistorius (2020), S.45 f.<sup>7</sup> Vgl. Pistorius (2020), S.47 f.<sup>8</sup> Vgl. Pistorius (2020), S. 55 f.<sup>9</sup>Vgl. VDI (2013), S. 2

- Der **Fertigungstyp** unterscheidet sich in Einzel- und Mehrfachfertigung. Die Mehrfachfertigung ist unterteilt in die Massen- und Serienfertigung.<sup>1</sup>
  - Bei der **Einzelfertigung** werden Individualprodukte auf Auftrag des Kunden einmalig bis in kleiner Stückzahl gefertigt. Die Produktgestaltung erfolgt in der Regel in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden.<sup>2</sup>
  - Bei der **Serienfertigung** werden mehrere Produkte hintereinander und in einer begrenzten Stückzahl hergestellt. Serien mit einer längeren Laufzeit und hohen Stückzahlen werden als **Großserienfertigung** bezeichnet.<sup>3</sup> Die Serienfertigung kann entweder auf Auftrag eines einzelnen Kunden hin oder für einen anonymen Markt in unterschiedlich hoher Stückzahl geschehen.<sup>4</sup>
  - Bei der **Massenfertigung** werden von einem oder mehreren Produkten über einen längeren Zeitraum sehr große Stückzahlen hergestellt.<sup>5</sup> Es handelt sich oftmals um standardisierte Produkte für einen anonymen Markt.<sup>6</sup>
- Die **Bauteilkomplexität** wird im Rahmen der Studie vereinfacht und ausschließlich anhand der das Montageobjekt bildenden Einzelteile definiert. Diese Definition fand bereits Anwendung in der IPA- Montagestudie (1983). Einfache Produkte bestehen aus bis zu 30 Teilen, z.B. Wälzlager. Komplexere Produkte bestehen aus mehr als 30 und bis zu 500 Teilen, z.B. Getriebe und Motoren. Bei komplexen Produkten handelt es sich um Erzeugnisse bestehend aus mehr als 500 Teilen, z.B. landwirtschaftliche Maschinen oder Fahrzeuge.<sup>7</sup>
- Innerhalb der Montagen haben sich verschiedene Formen der **Montageorganisation** ausgebildet, die sich in der Bewegung von Montageobjekt und Montagearbeitsplatz bzw. Monteur unterscheiden.
  - Die **Platz- und die Gruppenmontage** sind gekennzeichnet durch stationäre Montageobjekte. Die Platzmontage kann als Baustellen- oder Einzelplatzmontage ausgeführt werden. Bei der Gruppen- bzw. Wandermontage bewegen sich die Mitarbeiter von einem stationären Montageobjekt zum nächsten und führen einen definierten Montageteilauftrag durch.
  - Bei der Montagen mit sich bewegendem Montageobjekt gibt es die **Reihenmontage, die Fließmontage und die kombinierte Fließmontage**. Die Gemeinsamkeit besteht in den stationären und aufgabenausgerichteten Arbeitsplätzen und der gerichteten Bewegung des Montageobjektes. Die Reihenmontage unterscheidet sich von der Fließmontage dadurch, dass ein aperiodischer bzw. nicht- kontinuierlicher Bewegungsablauf vorliegt, in der Regel durch das Vorliegen von Puffern zwischen den Montagearbeitsplätzen. Bei bewegten Montageobjekten und Arbeitskräften die dem Produkt folgen spricht man von einer kombinierten Fließmontage.<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Thommen et al. (2020), S. 198<sup>2</sup> Vgl. Kellner et al. (2022), S. 73<sup>3</sup> Vgl. Thommen et al. (2020), S. 198<sup>4</sup> Vgl. Kellner et al. (2022), S. 73<sup>5</sup> Vgl. Thommen et al. (2020), S. 198<sup>6</sup> Vgl. Kellner et al. (2022), S. 73<sup>7</sup> Vgl. Großberndt (1988), S. 15 f.<sup>8</sup> Vgl. Eversheim (1988), S.175 f.

- Die **Digitalisierung** diffundiert aktuell sehr stark in die industrielle Produktion. Produzierende Unternehmen erhoffen sich durch die Umsetzung von Digitalisierungsprojekten Vorteile. Die **Montage** ist ein bedeutender Bestandteil der industriellen Produktion und gleichzeitig gekennzeichnet durch einen hohen Anteil manueller Arbeit.
- Die Schwerpunkte der bisherigen Veröffentlichungen bilden einerseits akademische Versuchsaufbauten bzw. Prototypen und soweit industrielle Anwendungen in der Montage thematisiert werden sind diese ganz überwiegend in der Automobilindustrie ansässig. **Es mangelt an konkreten Informationen aus dem Feld zum Wirken der Digitalisierung, insbesondere zur Anwendung von Assistenzsystemen in der Montage.**
- Ziel der Studie ist es bislang vorliegende Erkenntnisse aus dem wissenschaftlichen Schrifttum und der Befragung von Experten auf der Anbieterseite von Assistenzsystemen um **Informationen von tatsächlichen oder potentiellen Anwendern von digitalen Technologien und Assistenzsystemen in der Montage** zu ergänzen. Die Studie beschränkt sich auf den deutschsprachigen Raum.
- Die **Studie** beschäftigt sich damit, inwieweit ein **gemeinsames Verständnis von Digitalisierung vorliegt und wie die Digitalisierung** in der Montage konkret in Art und Umfang ausprägt ist. Es wird weiterhin untersucht, wie die Digitalisierung zukünftig auf die Montage einwirken könnte. Einerseits geht es um zukünftige Herausforderungen in den Montagen und andererseits um Art, Umfang und Zielstellung zukünftiger Digitalisierungsprojekte.
- Die Digitalisierung in der Montage wird nachfolgend konkretisiert in der Anwendung von Assistenzsystemen in der Montage. Dabei wird untersucht, inwieweit ein gemeinsames Verständnis von Assistenzsystemen vorliegt und wie und in welchem Umfang diese in der Montage etabliert sind. Weiterhin wird ein **Ausblick auf den zukünftigen Einsatz von Assistenzsystemen in den Montagen gewagt.**

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>6</b>
<b>I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie</b>	<b>7</b>
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	8
2. Stand der Forschung und Motivation	11
<b>II. Design der vorliegenden Studie</b>	<b>12</b>
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	13
2. Aufbau des Online-Fragebogens	14
3. Durchführung der Datenerhebung	15
<b>III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe</b>	<b>16</b>
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	17
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	18
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	19
4. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	20
<b>IV. Rahmenbedingungen der betrieblichen Montage</b>	<b>21</b>
1. Bauteilkomplexität und Fertigungstyp	22
2. Schichtregime und Automatisierungsgrad	23
3. Montageorganisationsform	24
4. Gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen	25

- Es gibt verschiedene Methoden der empirischen Sozialforschung, jedoch im Gegensatz zu anderen gängigen Methoden zeichnet sich die **Umfrage** dadurch aus, dass sie für einen zu untersuchenden Sachverhalt geeignet ist, der vom Forscher nicht beeinflusst werden kann. Die Methode zielt auf eine Beantwortung der Fragen *Wer?*, *Was?*, *Wo?* und *Wieviel?* ab<sup>1</sup> und deshalb für die vorliegende Problemstellung besonders zweckdienlich.
- Es stehen unterschiedliche Mittel und Methoden zur Durchführung der Umfrage zur Verfügung, z.B. telefonisch, schriftlich mittels postalischer oder elektronischer Übermittlung des Fragebogens oder per einer Online-Plattform.<sup>2</sup> Außer bei der telefonischen Durchführung der Interviews liegt stets ein **hoher Grad an Standardisierung** vor.
- Durch die starre Vorgabe exakt formulierter Fragen und die stets gleiche Struktur im Fragebogen wird somit für alle Befragten die gleiche Interviewsituation geschaffen. Die Online-Befragung bietet gegenüber der papiergestützten Umfrage weitere Vorteile hinsichtlich einer geringeren Durchführungszeit, einem geringeren Aufwand und einer höheren Qualität, da das Verhalten der Befragten aufgezeichnet wird und somit die Abbrecherquote o.Ä. statistisch erfasst werden.<sup>3</sup> Die vorliegende **Studie ist deshalb als Online-Befragung** konzipiert.
- Da der Fokus der Studie auf der Digitalisierung im Allgemeinen bzw. dem Einsatz von Assistenzsystemen im Speziellen innerhalb der Montage liegt, wurden **Geschäftsführer, Werks- und Betriebsleiter, Produktionsleiter, Leiter montagenahe Fachabteilungen und Fachkräfte aus solchen Abteilungen** befragt. Es wurden somit ausschließlich Personen in leitenden, planenden oder serienbetreuenden Funktionen mit einem beruflichen Schwerpunkt in der Montage angesprochen.
- Da nicht die Meinung aus Unternehmens-, sondern aus Anwendersicht erhoben werden soll, setzt sich die **Grundgesamtheit** aus natürlichen Personen zusammen. Folglich ist es akzeptabel, dass aus einem Unternehmen mehrere Beschäftigte an der Studie teilnehmen.
- Die vorliegende Studie versucht insbesondere die Sicht der industriellen Praxis auf das Thema Digitalisierung und Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage im deutschsprachigen Raum zu erfassen. Deshalb wurde der Fragebogen nur auf deutsch erstellt und der **Teilnehmerkreis** auf **Deutschland, Österreich** und die **Schweiz** begrenzt.

<sup>1</sup> Vgl. Yin (2014), S. 9 f.

<sup>2</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 314

<sup>3</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 368

- Die Umfrage gliederte sich in **6 Abschnitte**:
  1. In der **Einleitung** wurde den Befragten noch vor Beginn der eigentlichen Umfrage kommuniziert, welches Ziel mit der Studie verfolgt wird, wer die Befragung durchführt und wie die Ergebnisse schlussendlich Verwendung finden.
  2. Im ersten **Strukturteil** der Studie, werden strukturelle Daten zur Ausprägung der Montage des Unternehmens erhoben und gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen abgefragt.
  3. Der zweite Teil der Studie beschäftigt sich damit, inwieweit ein gemeinsames **Verständnis von Digitalisierung** vorliegt und wie die **Digitalisierung in der Montage** konkret in Art und Umfang ausprägt ist. Ein Schwerpunkt dieses Teiles bilden die Ziele die mittels digitaler Technologien in der Montage verwirklicht werden sollen und inwieweit diese erreicht werden.
  4. Die folgenden Fragen dienen der detaillierten Untersuchung des **aktuellen Standes der Anwendung von Assistenzsystemen in den Montagen**. Dabei wird untersucht, inwieweit ein gemeinsames Verständnis von Assistenzsystemen vorliegt und wie und in welchen Umfang diese in der Montage etabliert sind. In diesem Teil der Studie soll zudem ein **Ausblick auf den zukünftigen Einsatz von Assistenzsystemen** in den Montagen gewagt werden. Die Schwerpunkte der Fragestellungen zielen darauf ab einen Überblick über Art, Umfang und Zielstellung gegenwärtiger und zukünftiger Assistenzsysteme in der Montage zu erhalten.
  5. Im letzten, abschließenden Teil der Studie werden **strukturelle Daten zum Befragten und zum Unternehmen** erhoben.
  6. Die Umfrage schloss mit dem sechsten Abschnitt, in dem dem Studienteilnehmer gedankt wird und das Hinterlassen der E-Mail- Adresse zwecks Information über die Studienergebnisse angeboten wird.
- Die Studie war so ausgearbeitet, dass sie eine **Bearbeitungszeit von circa 20 Minuten** in Anspruch nimmt. .
- Die Entwicklung des Fragebogens erfolgte iterativ in mehreren Abstimmungsrunden und **Pretests** mit Experten aus der Praxis sowie Mitarbeitern des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft.
- Es werden 32 Fragen gestellt, bis auf zwei, sind es geschlossenen Fragen , d.h. mit vorgegeben Antwortmöglichkeiten, formuliert. Bei 12 Fragen war eine Beantwortung zwingend notwendig, um zum nächsten Abschnitt der Umfrage zu gelangen (Pflichtfragen).

- Die Studie wurde ausschließlich als Online-Befragung mit Hilfe der Software **LimeSurvey** Version 5.4.11+221114 über die Website der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg durchgeführt.
- Die Teilnahme war **ohne Zugangsschlüssel** möglich. Die Einladungen wurden jedoch ausschließlich persönlich und zielgerichtet verschickt.
- Die Befragung erfolgte im Zeitraum von 24. **Juni bis 15. Oktober 2022**.
- Die **Grundgesamtheit** der zu untersuchenden Objekte besteht in Folge der Studienkonzeption aus der Menge Fach- und Führungskräfte aller montierenden Unternehmen im DACH- Raum. Da hierfür keine Zahlen vorliegen, ist die Definition einer repräsentativen Stichprobe nicht möglich.<sup>1</sup>
- Die Einladung potentieller Teilnehmer durch Weiterleitung des Hyperlinks zur Online-Befragung erfolgte auf zwei Wegen:
  1. Anschreiben von Personen über das **Business-Netzwerk XING**, die laut ihrem Netzwerkprofil momentan einer Tätigkeit als Geschäftsführer bzw. Vorstand, Führungs- oder Fachkraft in einem montierenden Betrieb im deutschsprachigen Raum nachgehen.
  2. Kontaktierung von **persönliche Kontakten** per E-Mail

<sup>1</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 296 f.

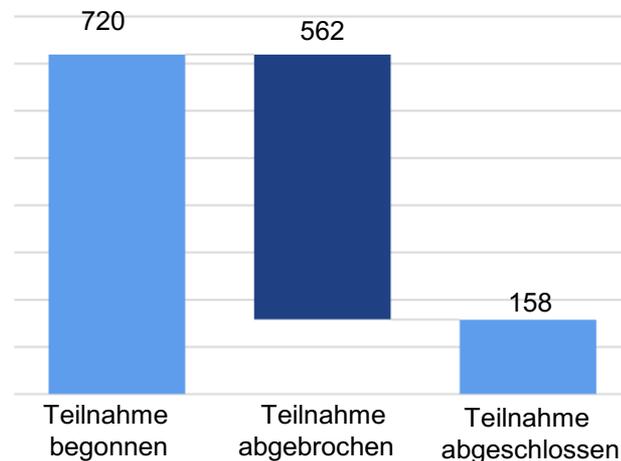
<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>6</b>
<b>I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie</b>	<b>7</b>
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	8
2. Stand der Forschung und Motivation	11
<b>II. Design der vorliegenden Studie</b>	<b>12</b>
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	13
2. Aufbau des Online-Fragebogens	14
3. Durchführung der Datenerhebung	15
<b>III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe</b>	<b>16</b>
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	17
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	18
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	19
4. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	20
<b>IV. Rahmenbedingungen der betrieblichen Montage</b>	<b>21</b>
1. Bauteilkomplexität und Fertigungstyp	22
2. Schichtregime und Automatisierungsgrad	23
3. Montageorganisationsform	24
4. Gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen	25

## Ergebnis

### Einladungen



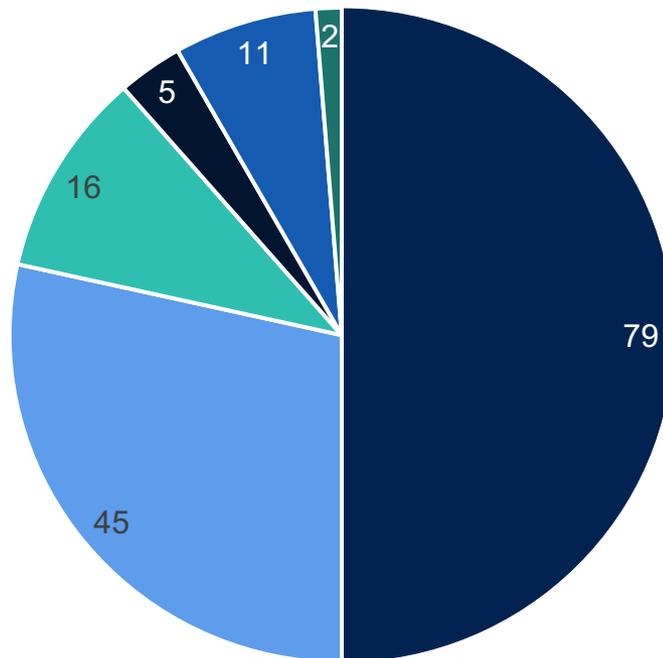
### Rücklauf



## Aussagen

- 2.023 Personen wurden persönlich zur Studienteilnahme eingeladen, davon 2.018 mittels persönlichen Nachrichten im Business-Netzwerk XING
- 720 Personen nahmen an der Umfrage teil, 158 beantworteten die Fragebogen vollständig.
- Die Rücklaufquote (Anteil an vollständigen Antworten) entspricht damit circa 8%.
- Die Befragten kamen aus dem deutschsprachigen Raum (v.a. Deutschland, teilweise Österreich sowie Schweiz).

## Ergebnis

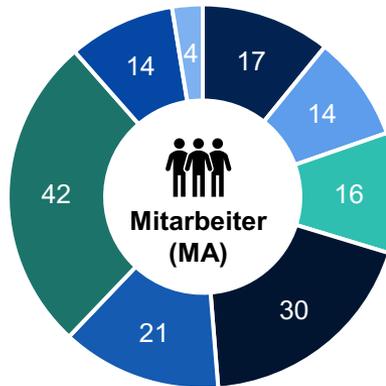


n = 158

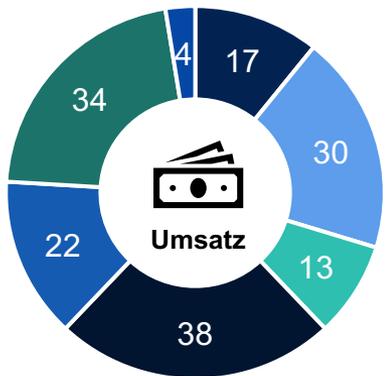
## Aussagen

- Die größte Teilnehmergruppe entstammt dem Maschinen- und Anlagenbau (50%).
- Zudem sind der Fahrzeugbau (28%) und die Elektroindustrie (10%) stark vertreten.
- Teilnehmer aus Branchen, die weniger als zweimal erwähnt wurden, sind unter „Sonstiges“ zusammengefasst. Dies waren, u.a.:
  - Medizintechnik
  - Werkzeugfertigung
  - Konsumgüter

## Ergebnis



- > 50.000
- 10.001 bis 50.000
- 5.0001 bis 10.000
- 1.001 bis 5.000
- 501 bis 1.000
- 101 bis 500
- bis 100
- keine Angabe n = 158

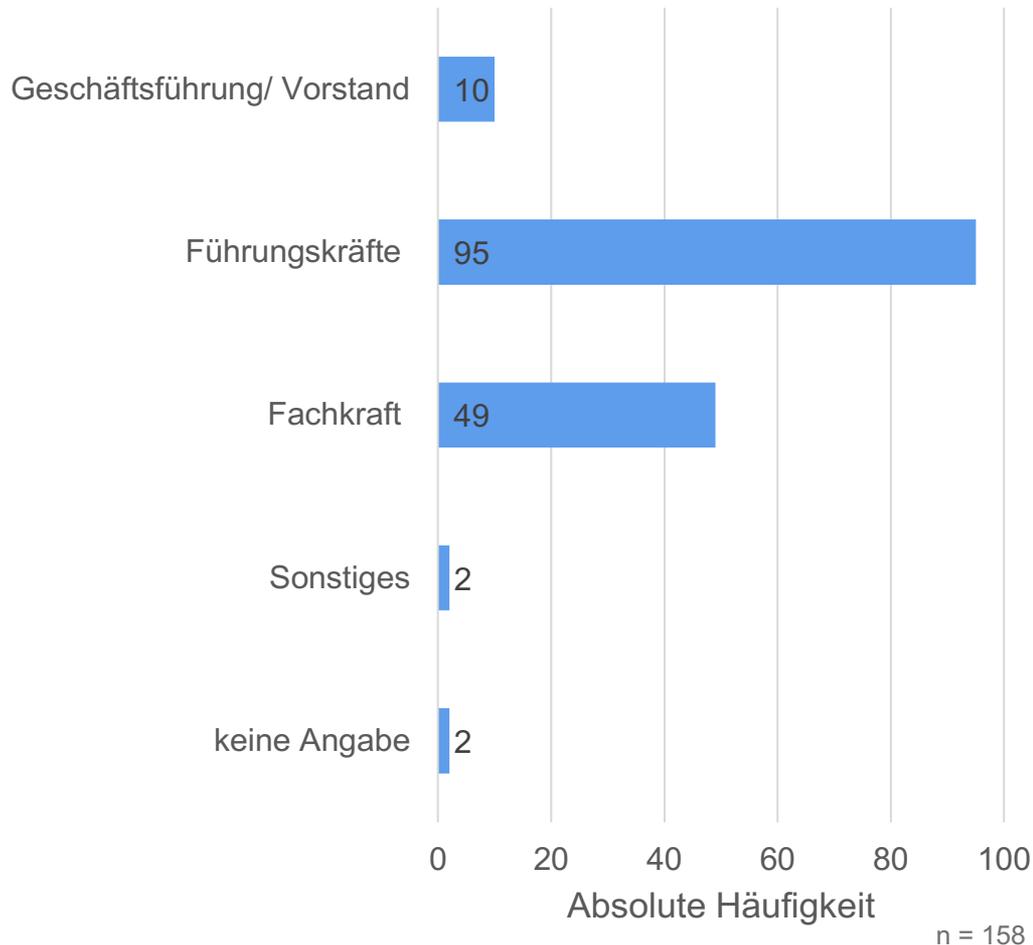


- >10,1 Mrd. €
- 1 - 10 Mrd. €
- 501 Mio. - 1 Mrd. €
- 101-500 Mio. €
- 51-100 Mio. €
- 1-50 Mio. €
- keine Angabe n = 158

## Aussagen

- Die jeweils größte Teilnehmergruppe sind Befragte aus Unternehmen mit 101 bis zu 500 Beschäftigten (27%) bzw. Unternehmen mit einem Umsatz von 101 bis 500 Mio. € (24%).
- 32 Befragte (20%) sind in klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) mit einem Jahresumsatz von bis zu 50 Mio. € und bis zu 500 Beschäftigten tätig.
- 124 Befragte (78%) sind in großen Unternehmen tätig, davon 43 (27%) in Unternehmen mit mehr als 5.000 Beschäftigten und einem Umsatz über 1 Mrd. €.

## Ergebnis

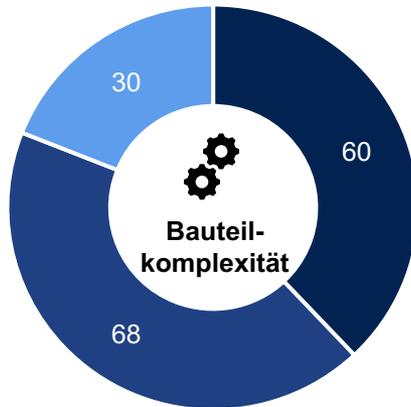


## Aussagen

- Die größte Teilnehmergruppe (60%) ist als Leitung einer Montage oder einer montagenahen Fachabteilung tätig.
- Die zweit- größte Teilnehmergruppe (31%) besteht aus montagenahen Fachkräften, welche beispielsweise in der Arbeitsvorbereitung bzw. dem Industrial Engineering oder als Lean-Experte tätig sind.
- Ein kleine Gruppe (6%) der Befragten sind als Geschäftsführer bzw. Vorstände tätig. Diese leiten ganz überwiegend mittelständische Maschinenbauunternehmen.
- Die sonstigen 2 Teilnehmer sind als Consultant für die Planung von Montageanlagen und im Ordermanagement tätig. 2 Studienteilnehmern machen dazu keine Angaben.

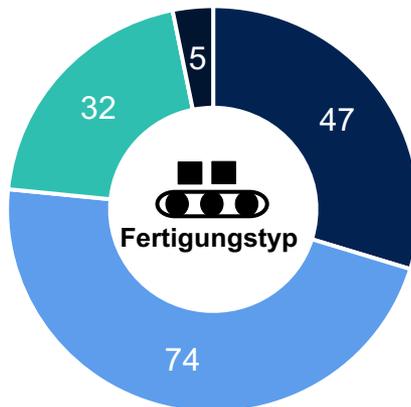
<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>6</b>
<b>I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie</b>	<b>7</b>
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	8
2. Stand der Forschung und Motivation	11
<b>II. Design der vorliegenden Studie</b>	<b>12</b>
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	13
2. Aufbau des Online-Fragebogens	14
3. Durchführung der Datenerhebung	15
<b>III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe</b>	<b>16</b>
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	17
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	18
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	19
4. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	20
<b>IV. Rahmenbedingungen der betrieblichen Montage</b>	<b>21</b>
1. Bauteilkomplexität und Fertigungstyp	22
2. Schichtregime und Automatisierungsgrad	23
3. Montageorganisationsform	24
4. Gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen	25

## Ergebnis



- > 500 Teile
- 31-500 Teile
- 2-30 Teile

n = 158



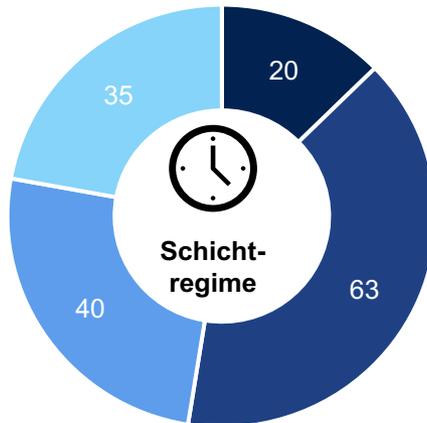
- Einzelfertigung
- Serienfertigung
- Großserienfertigung
- Massenfertigung

n = 158

## Aussagen

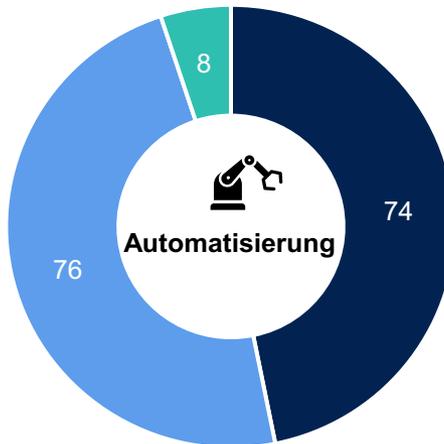
- Die übergroße Mehrheit der Studienteilnehmer ist in Unternehmen tätig, in deren Montagen komplexe Montageobjekte (43%) bestehend aus 31-500 Teilen oder sehr komplexe Montageobjekte (38%) bestehend aus mehr als 500 Teilen montiert werden. Einfache Produkte bestehend aus bis zu 30 Teilen stellen die kleinste Gruppe dar.
- Nahezu die Hälfte der Befragten (47%) ist in Unternehmen tätig, in denen eine Serienfertigung stattfindet, nachfolgend in Einzelfertigung (30%) und Großserienfertigung (20%). Die Anzahl der Montagen in Massenfertigung (5 Nennungen bzw. 3%) ist sehr gering.

## Ergebnis



- >3- Schichtbetrieb
- 3- Schichtbetrieb
- 2- Schichtbetrieb
- 1- Schichtbetrieb

n = 158



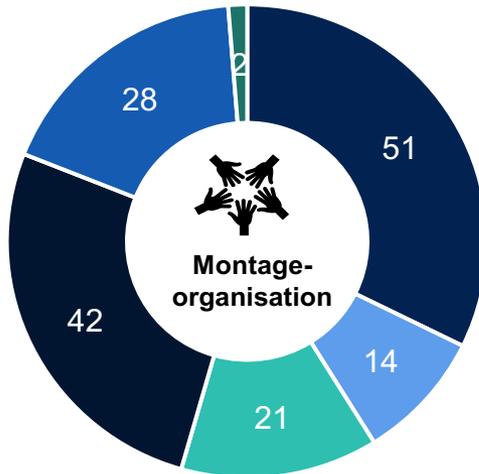
- manuelle Montage
- teil- automatisierte Montage
- vollautomatisierte Montage

n = 158

## Aussagen

- Alle Schichtregime sind durch die Befragten in relevanter Menge vertreten. Eine sehr große Anzahl der Befragten (78%) repräsentieren mehrschichtige Montagen.
- Die absolute Mehrzahl (53%) der Befragten ist in Unternehmen tätig, deren Montagen mindestens im 3-Schichtbetrieb produzieren. Die größte Einzelposition ist der 3-Schichtbetrieb (40%).
- Zwei nahezu gleich große Gruppen von Befragten sind in Unternehmen tätig, deren Unternehmen manuelle Montagen (47%) oder teil-automatisierte Montagen (48%) haben.
- Lediglich 5% der Teilnehmer sind in Unternehmen mit vollautomatisierten Montagen tätig.

## Ergebnis



- Platzmontage
- Gruppenmontage
- Reihenmontage
- Fließmontage
- kombinierte Fließmontage
- keine Angabe

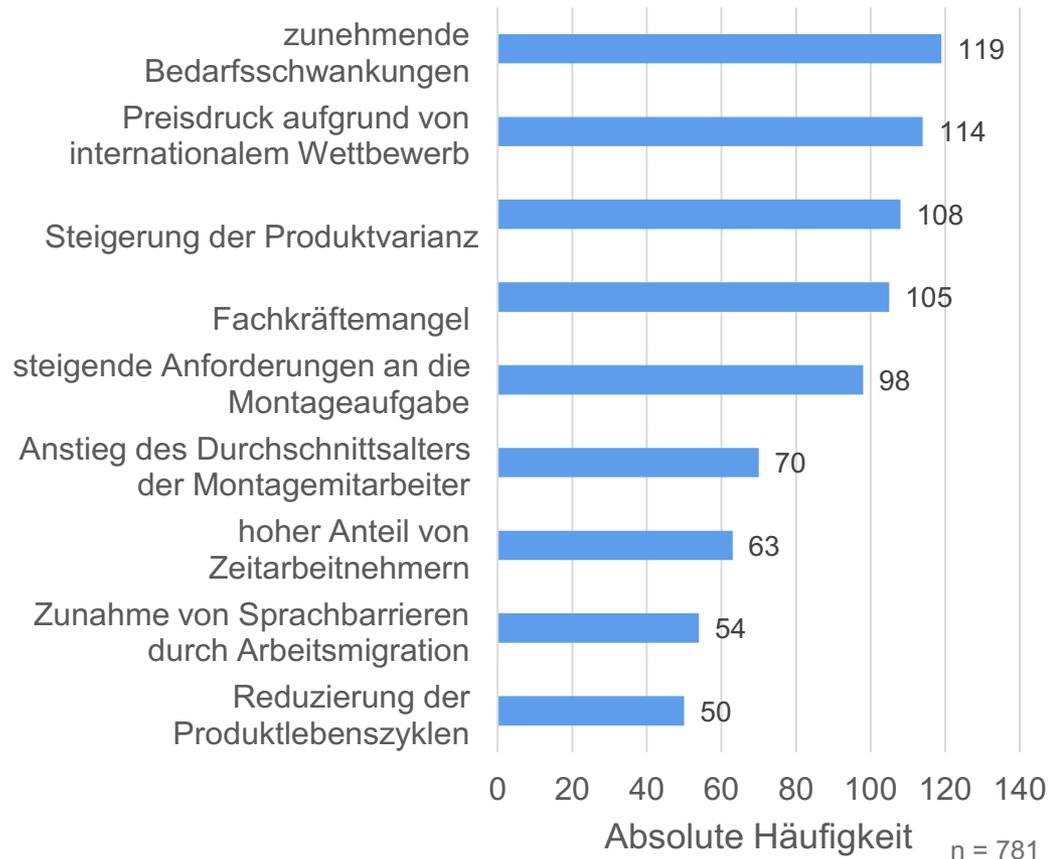
n = 158

## Aussagen

- Alle 5 abgefragten Organisationsformen der Montage werden durch Studienteilnehmer repräsentiert.
- Exponierte Organisationsformen der Montage sind die Platzmontage (32%) und die Fließmontage (27%)

## Ergebnis

Bitte beurteilen Sie, ob die aufgeführten Herausforderungen relevant sind!



## Aussagen

- Die Summe aller Nennungen gegenwärtiger Herausforderungen beträgt 781. Damit wählt jeder Studienteilnehmer durchschnittlich 4,9 gegenwärtige Herausforderungen. Der Mittelwert der Nennungen beträgt 87.
- Die gegenwärtig überdurchschnittlich bedeutenden Herausforderungen sind zunehmende Bedarfsschwankungen, Preisdruck aufgrund von internationalen Wettbewerb, Steigerung der Produktvarianz, Fachkräftemangel und steigende Anforderungen an die Montageaufgabe.

## Ergebnis

Bitte beurteilen Sie, ob die aufgeführten Herausforderungen zukünftig relevant sein werden!



## Aussagen

- Die Summe aller Nennungen zukünftiger Herausforderungen beträgt 492. Jeder Studienteilnehmer nennt damit durchschnittlich 3,1 zukünftige Herausforderungen. Der Mittelwert der Verteilung beträgt 55.
- Der Anstieg des Durchschnittsalters der Montagemitarbeiter, Fachkräftemangel und die Zunahme von Sprachbarrieren aufgrund der Arbeitsmigration werden überdurchschnittlich häufig genannt.
- Der Anstieg des Durchschnittsalters der Montagemitarbeiter, die Zunahme von Sprachbarrieren aufgrund der Arbeitsmigration und die Reduzierung der Produktlebenszyklen werden als zukünftige Herausforderungen absolut häufiger genannt als gegenwärtige Herausforderungen, trotz kleinerer Stichprobe.

## Ergebnis

Bitte beurteilen Sie, ob die in den unten stehenden Zeilen aufgeführten Herausforderungen relevant sind!



n = 158

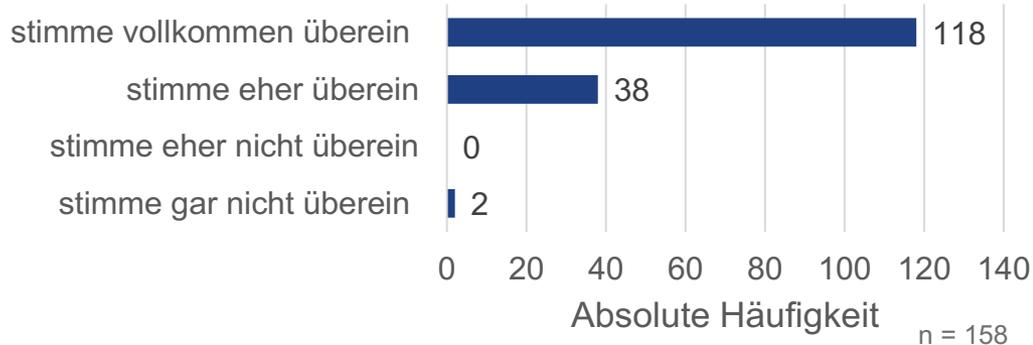
## Aussagen

- Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl von Nennungen zukünftiger und gegenwärtiger Herausforderungen wird auf eine Gegenüberstellung in absoluten Werten verzichtet und beide Stichproben auf jeweils 100% normiert und nachfolgend relativ zueinander verglichen.
- Die relative Bedeutung nachfolgender Herausforderungen wird steigen:
  - Fachkräftemangel
  - Anstieg des Durchschnittsalters der Montagemitarbeiter
  - Zunahme von Sprachbarrieren aufgrund Arbeitsmigration
  - Reduzierung der Produktlebenszyklen
- Bei den 3 letztgenannten Punkten steigen sogar die Anzahl der absoluten Nennungen, trotz sinkenden Stichprobenumfang.

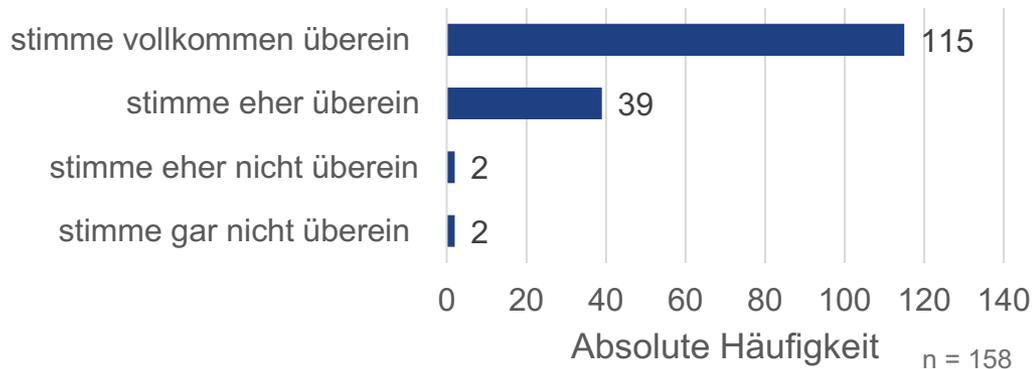
<b>V. Stand und Entwicklung der Digitalisierung in der Montage</b>	<b>28</b>
1. Bedeutung der Digitalisierung	29
2. Strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung	30
3. Umfang der Digitalisierung in der Montage	32
4. Ziele der Digitalisierung in der Montage	33
5. Digitale Technologien in der Montage	43
6. Digitalisierung und Montageorganisation	48
<b>VI. Stand und Entwicklung von Assistenzsystemen in der Montage</b>	<b>51</b>
1. Bedeutung von Assistenzsystemen in der Montage	52
2. Umfang von Assistenzsystemen in der Montage	53
3. Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage	55
4. Integration von Assistenzsystemen	67
5. Digitale Technologien als Assistenzsysteme	69
<b>VII. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema</b>	<b>74</b>
<b>VIII. Fazit aus den Studienergebnissen</b>	<b>76</b>
<b>IX. Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>X. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft</b>	<b>83</b>

## Ergebnis

„Die Digitalisierung innerhalb der Montage halte ich für wichtig.“



„Die Integration der Digitalisierung in der Montage ist sinnvoll,  
um auch künftig wettbewerbsfähig zu bleiben.“

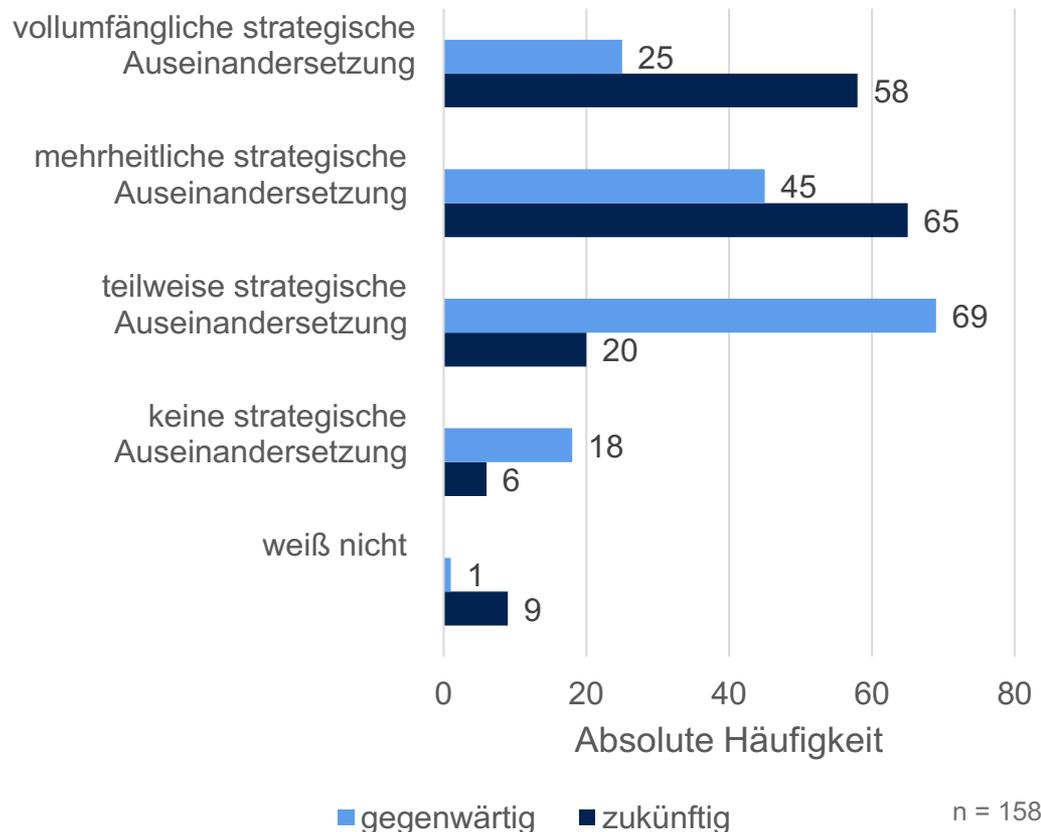


## Aussagen

- Die ganz überwiegende Mehrheit der Studienteilnehmer (75%) stimmt vollkommen damit überein, dass die Digitalisierung innerhalb der Montage wichtig ist. Nahezu alle weiteren Studienteilnehmer (24%) stimmen mit der Wichtigkeit der Digitalisierung in der Montage eher überein.
- Ebenso stimmt die ganz überwiegende Mehrheit (72%) vollkommen damit überein, dass die Digitalisierung in der Montage sinnvoll ist, zur Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit.
- 107 Studienteilnehmer (68%) stimmen mit beiden Aussagen vollkommen überein, weitere 47 Studienteilnehmer (30%) stimmen mit beiden Aussagen mindestens eher überein. 4 Studienteilnehmer stimmen mindestens mit einer der beiden Aussagen eher nicht überein.

## Ergebnis

Inwiefern erfolgt innerhalb des Unternehmens eine strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage?  
Inwieweit soll diese in Zukunft erfolgen?

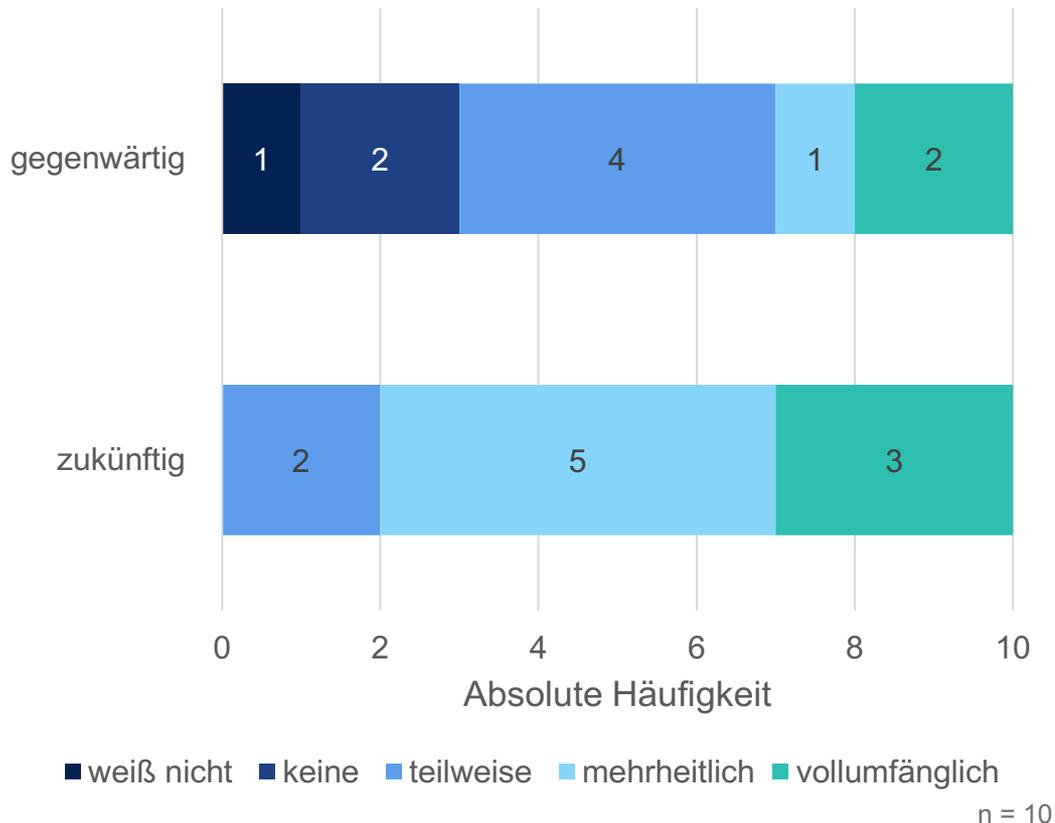


## Aussagen

- Die gegenwärtig größte Häufigkeit tritt bei einer teilweisen strategischen Auseinandersetzung (44%) auf. In der Verteilung der zukünftigen strategischen Auseinandersetzung tritt die größte Häufigkeit bei einer mehrheitlichen strategischen Auseinandersetzung (41%) auf.
- Der Mittelwert der gegenwärtigen Verteilung verschiebt sich von der Mitte zwischen einer teilweisen und einer mehrheitlichen strategischen Auseinandersetzung zu einer mehrheitlichen strategischen Auseinandersetzung.
- 6 Studienteilnehmer (4%) sehen keinen Bedarf für eine zukünftige strategische Auseinandersetzung und 9 Studienteilnehmer (6%) können sich dazu nicht äußern.

## Ergebnis

Inwiefern erfolgt innerhalb des Unternehmens eine strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage innerhalb der Gruppe der Vorstände und Geschäftsführer?  
Inwieweit soll diese in Zukunft erfolgen?

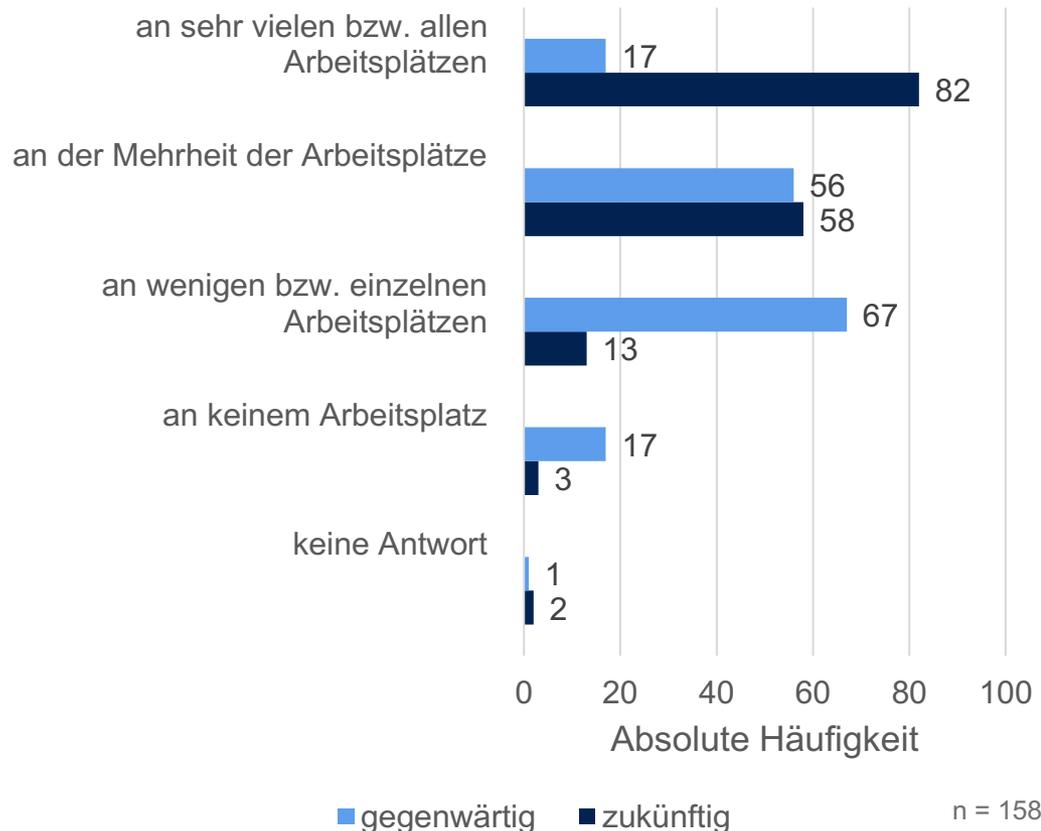


## Aussagen

- Innerhalb der Teilmenge der Geschäftsführer und Vorstände als Entscheider (n=10) geben heute 3 Studienteilnehmer an, dass in ihrem Unternehmen mindestens eine mehrheitliche strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage stattfindet. 2 Studienteilnehmer haben keine strategische Auseinandersetzung in ihrem Unternehmen und 1 Studienteilnehmer weiß es nicht.
- Zukünftig soll laut 8 von 10 Studienteilnehmern mindestens eine mehrheitliche strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage stattfinden.

## Ergebnis

**In welchem Umfang bzw. in welcher Vernetzung setzen Sie digitale Technologien in der Montage ein und möchten Sie in Zukunft einsetzen?**

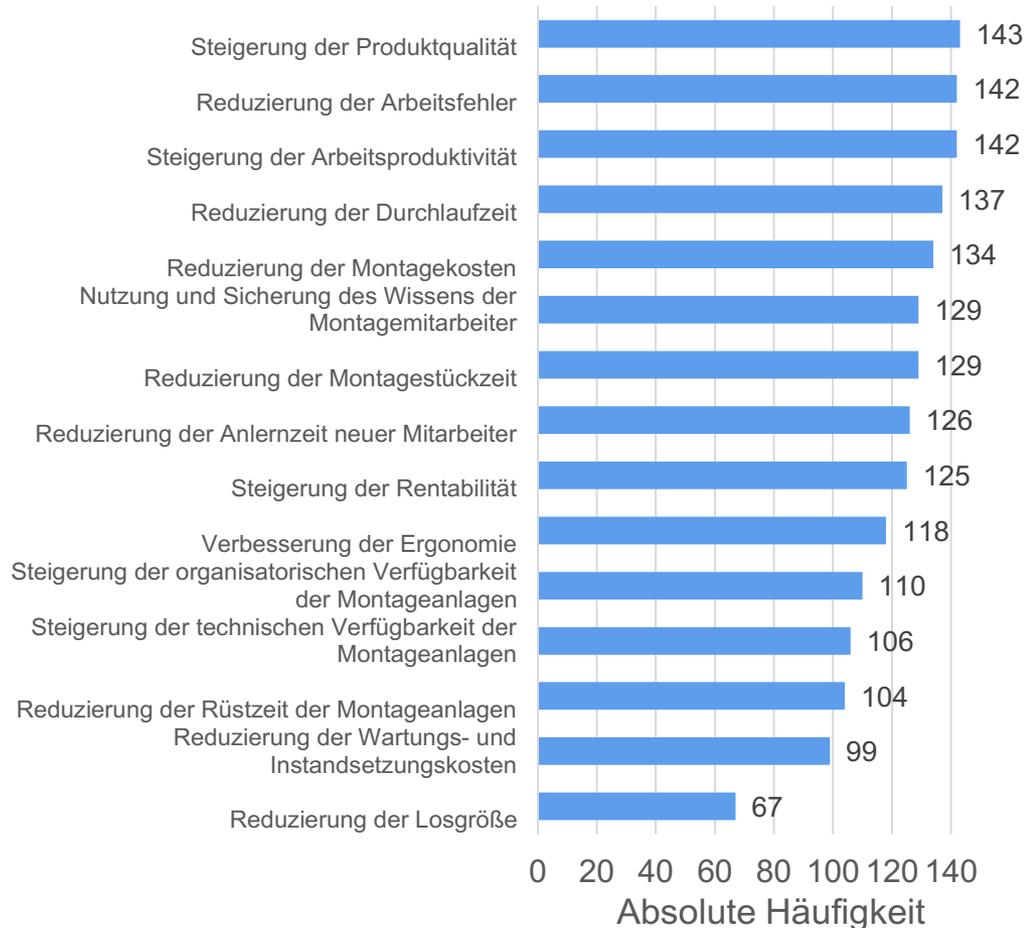


## Aussagen

- Die gegenwärtig größte Häufigkeit findet sich beim Einsatz von digitalen Technologien an wenigen bzw. einzelnen Arbeitsplätzen (42%) und verschiebt sich in der zukünftigen Verteilung zu sehr vielen bzw. nahezu allen Arbeitsplätzen. (52%)
- Der Mittelwert der Stichprobe verschiebt sich von gegenwärtig „an wenigen bzw. einzelnen Arbeitsplätzen“ zu zukünftig „an der Mehrheit der Arbeitsplätze“.
- Eine kleine Gruppe (1%) kann keine Angaben über den zukünftigen Umfang machen.

## Ergebnis

**Was waren Ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage?**

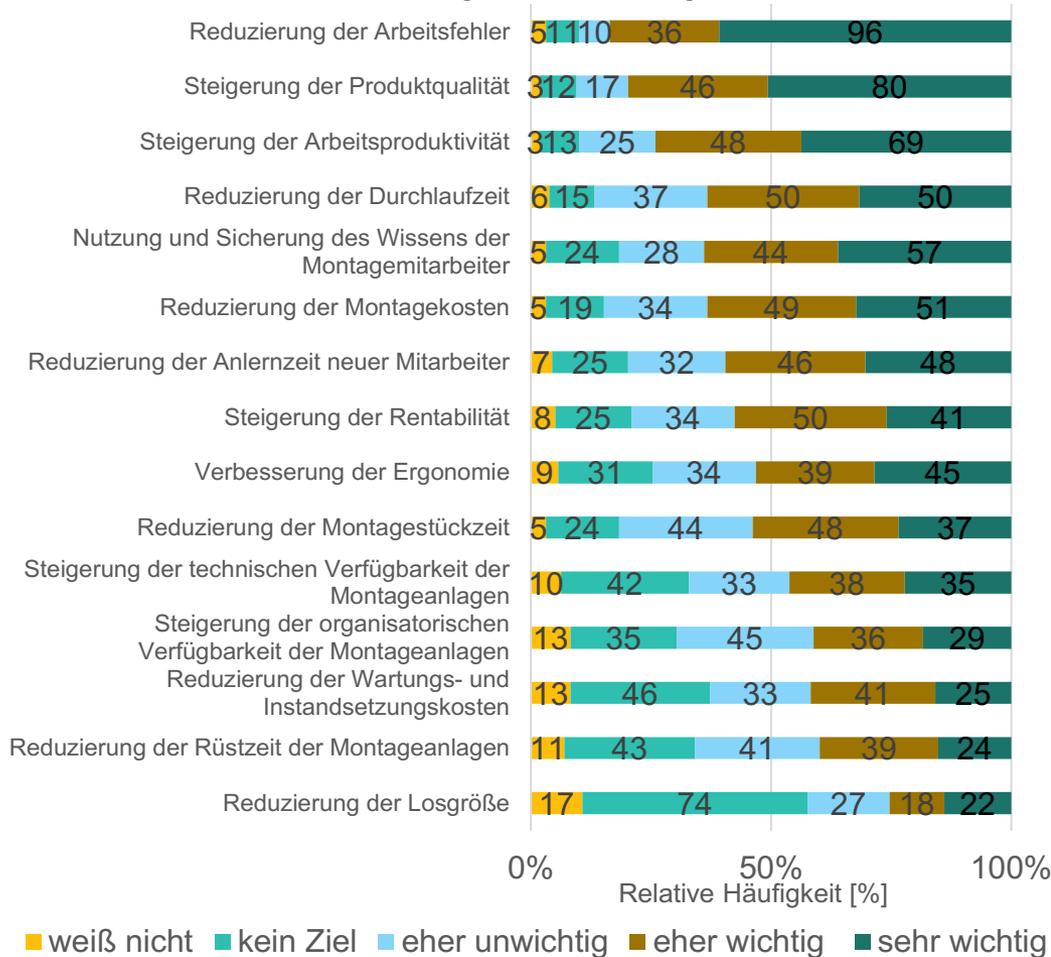


## Aussagen

- Die 158 Studienteilnehmer geben für die angebotenen 15 Ziele 1.811 Nennungen für den gegenwärtigen Zustand ( $\bar{x} 11,5$  Nennungen pro Teilnehmer) ab.
- Der Mittelwert der Verteilung beträgt 121. Überdurchschnittlich häufig genannt werden die Steigerung der Produktqualität, die Reduzierung der Arbeitsfehler, die Steigerung der Arbeitsproduktivität, die Reduzierung der Montagekosten und der Durchlaufzeit, die Nutzung und Sicherung des Wissens der Montagemitarbeiter, die Reduzierung der Montagestückzeit und der Anlernzeit neuer Mitarbeiter und die Steigerung der Rentabilität.

## Ergebnis

### Wie wichtig waren ihnen ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage?



## Aussagen

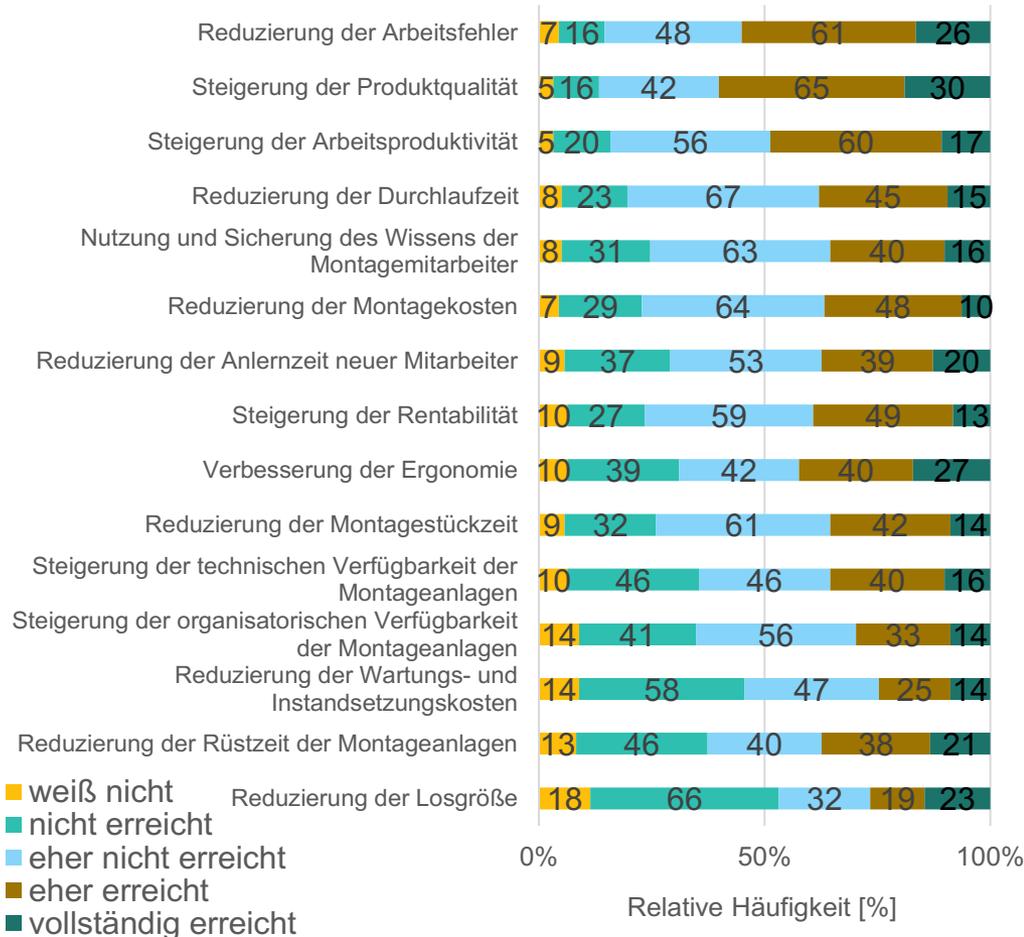
- Die vorherige Frage, ob es sich um ein gegenwärtiges Ziel beim Einsatz digitaler Technologien handelt wird hinsichtlich der Bedeutung des Zieles detailliert.
- Es liegt eine 4er- Skala zu Grunde zwecks Vermeidung einer neutralen Mitte und dem Ansinnen den Studienteilnehmer zu einer Tendenz zu bewegen.

Punkte	Bedeutung des Zieles
4	sehr wichtig
3	eher wichtig
2	eher unwichtig
1	kein Ziel

- Die durchschnittliche Bedeutung der Ziele liegt bei 2,71 bzw. im Bereich von eher wichtig. Eher unwichtige Ziele sind die Steigerung der Verfügbarkeiten, die Reduzierung der Verfügbarkeiten, die Reduzierung der Wartungs- und Instandhaltungskosten und die Reduzierung der Rüstzeit und Losgröße.

## Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage erreichen können?



## Aussagen

- Es wird die Erreichung jedes einzelnen Zieles untersucht. Die Bedeutung des Zieles wird somit ergänzt durch die gegenwärtige Zielerreichung.
- Anwendung findet eine 4er- Skala zwecks Vermeidung einer neutralen Mitte und dem Ansinnen den Studienteilnehmer zu einer Tendenz zu bewegen.

Punkte	Erreichung des Zieles
4	vollständig erreicht
3	eher erreicht
2	eher nicht erreicht
1	nicht erreicht

- Die mittlere Zielerreichung liegt bei 2,3 bzw. eher nicht erreicht.
- Eher erreichte Ziele sind die Reduzierung der Arbeitsfehler (2,64) und die Steigerung der Produktqualität (2,71).

## Ergebnis

**Wie wichtig waren Ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage und wie haben Sie sie erreichen können?**



## Aussagen

- Die Ziele lassen sich hinsichtlich Bedeutung und Erreichung klassifizieren.
- Die Reduzierung der Arbeitsfehler und die Steigerung der Produktqualität sind eher wichtige und eher erreichte Ziele.
- Die nachfolgenden Ziele haben eine eher wichtige Bedeutung (<3,5; >2,5) und werden aktuell eher nicht erreicht (<2,5; >1,5):
  - Steigerung der Arbeitsproduktivität,
  - Reduzierung der Durchlaufzeit,
  - Nutzung und Sicherung des Wissens der Montagemitarbeiter,
  - Reduzierung der Montagekosten,
  - Reduzierung der Anlernzeit neuer Mitarbeiter,
  - Steigerung der Rentabilität,
  - Verbesserung der Ergonomie und
  - Reduzierung der Montagestückzeit

## Ergebnis

Was sind Ihre Ziele bei zukünftigen Einführungen digitaler Technologien?

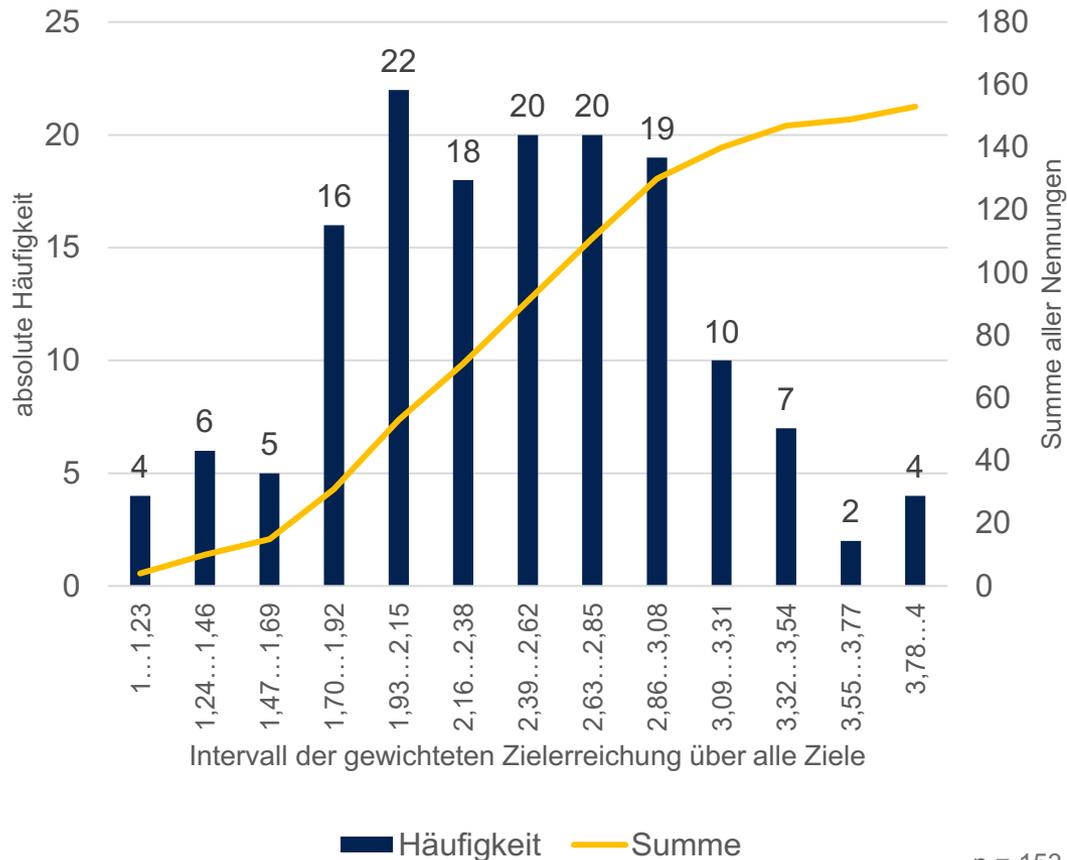


## Aussagen

- Die Studienteilnehmer geben 1.112 Nennungen für den zukünftigen Zustand ( $\sigma 7$  Nennungen pro Teilnehmer) ab. Der Mittelwert der Verteilung beträgt 74 Nennungen.
- Die überdurchschnittlich häufig genannten zukünftigen Ziele sind Reduzierung der Arbeitsfehler, die Steigerung der Produktqualität, die Steigerung der Arbeitsproduktivität, die Reduzierung der Montagekosten, die Reduzierung der Durchlaufzeit, die Reduzierung der Anlernzeit und die Nutzung und Sicherung des Wissens der Montagemitarbeiter.
- Die Verteilung der gegenwärtigen Ziele hat einen Variationskoeffizient von 0,2 während die Verteilung der zukünftigen Ziele einen Variationskoeffizienten von 0,4 hat, d.h. die Bedeutung der Ziele stuft sich stärker ab bzw. differenziert sich stärker aus.

## Ergebnis

Wie sehr konnten Sie alle ihre Ziele relativ zur Bedeutung des jeweiligen Zieles erreichen?



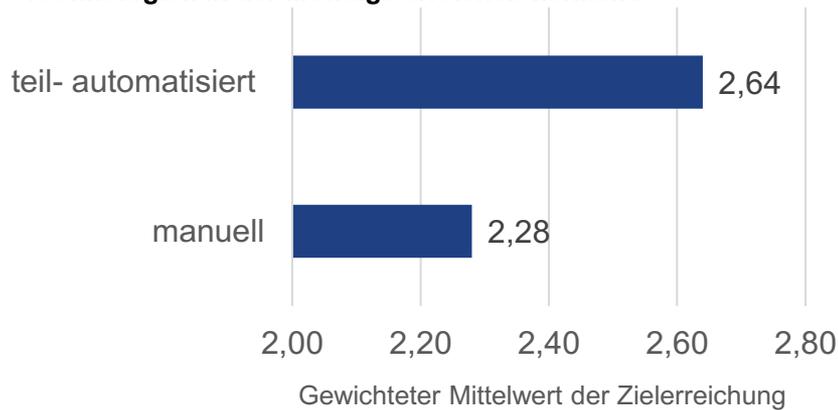
n = 153

## Aussagen

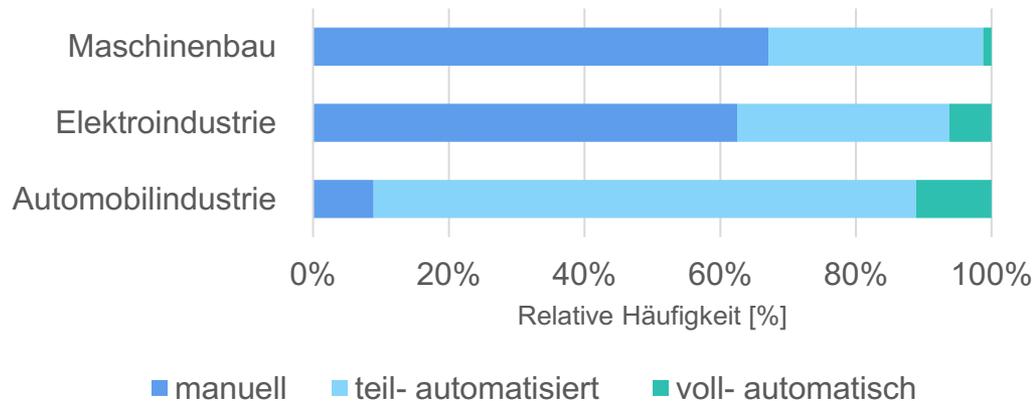
- Wird in den vorherigen Folien die Bedeutung und Erreichung eines einzelnen Zieles vorgestellt, folgt jetzt die Erreichung aller Ziele durch die einzelnen Studienteilnehmer.
- Dargestellt wird der gewichtete Mittelwert der Zielerreichung, gewichtet zur Bedeutung des Zieles.
- Die Häufigkeitsverteilung ähnelt einer symmetrischen Verteilung, tatsächlich leicht linksschief.
- Die Häufigkeitsverteilung der Auskünfte der Studienteilnehmer zur Zielerreichung über alle Ziele zeigt drei Gruppen auf.
  - 15 Studienteilnehmer mit einer Zielerreichung bis zu 1,69 bzw. „nicht erreicht“ und „eher nicht erreicht“
  - 115 mit einer Zielerreichung von 1,7 bis zu 3,08 bzw. „eher nicht erreicht“ bis zu „eher erreicht“
  - 23 mit einer Zielerreichung von 3,09 bis zu 4 bzw. „eher erreicht“ und „vollständig erreicht“.

## Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage erreichen können?



Wie hoch würden Sie den Automatisierungsgrad Ihrer Montage beschreiben?



## Aussagen

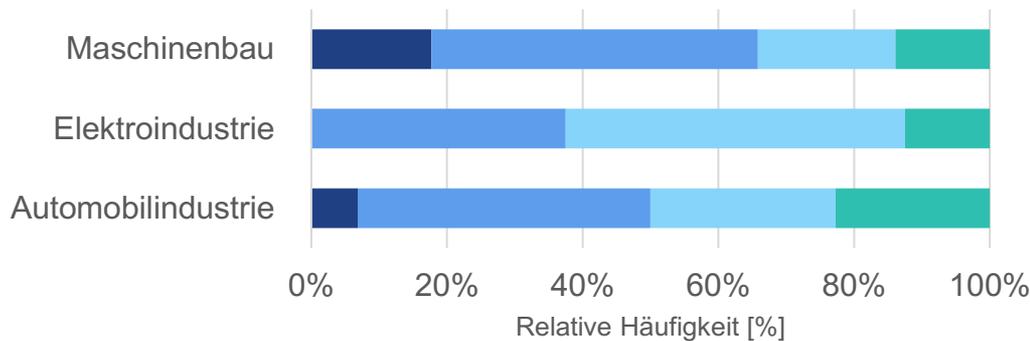
- Nachfolgend gilt es zu prüfen, ob ausgewählte Merkmale Tendenzen in der Zielerreichung erkennen lassen.
- Studienteilnehmer deren Montagen schon hybrid bzw. teil- automatisiert produzieren schätzen die Zielerreichung besser ein als Studienteilnehmer mit manuellen Montagen.
- Bei der Verteilung des Automatisierungsgrades in Abhängigkeit von der Branche ist ersichtlich, dass die Studienteilnehmer aus der Automobilindustrie mehrheitlich eine teil- automatisierte Montage angeben, während Maschinenbau und Elektroindustrie mehrheitlich manuelle Montagen haben.

## Ergebnis

**Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage erreichen können?**



**Inwiefern erfolgt innerhalb des Unternehmens eine strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage?**



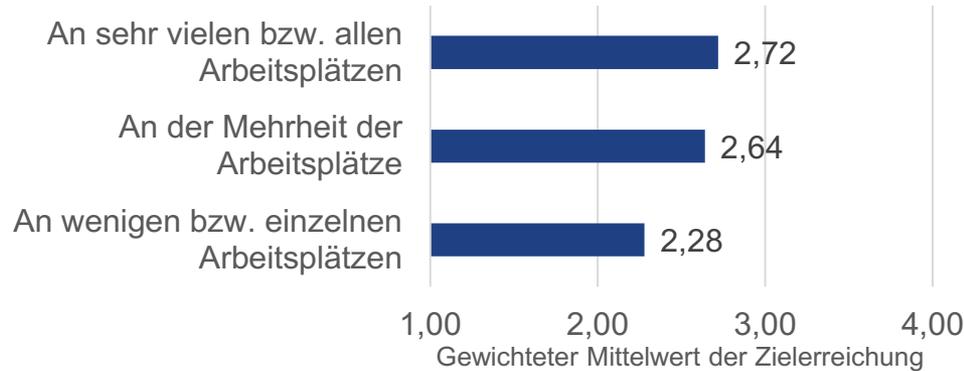
■ keine ■ teilweise ■ mehrheitlich ■ vollumfänglich

## Aussagen

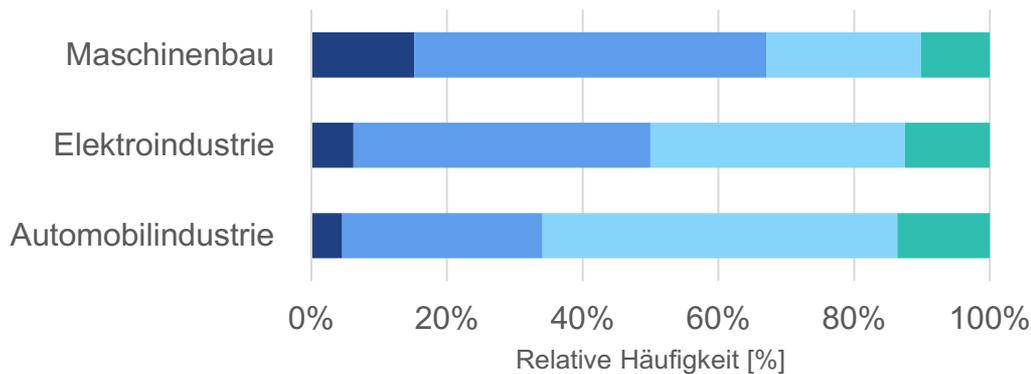
- Studienteilnehmer mit einer gegenwärtig schon vorhandenen vollumfänglichen strategischen Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage schätzen die Zielerreichung merklich besser ein, als Studienteilnehmer mit einer geringeren bzw. teilweisen oder fehlenden strategischen Auseinandersetzung.
- Die umfangreichste strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage erfolgt in der Elektroindustrie, es folgt die Automobilindustrie. Die relative Häufigkeit von Studienteilnehmern in deren Unternehmen eine vollumfängliche strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage stattfindet ist in der Automobilindustrie am größten.

## Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage erreichen können?



In welchem Umfang bzw. in welcher Vernetzung setzen Sie digitale Technologien in der Montage ein?



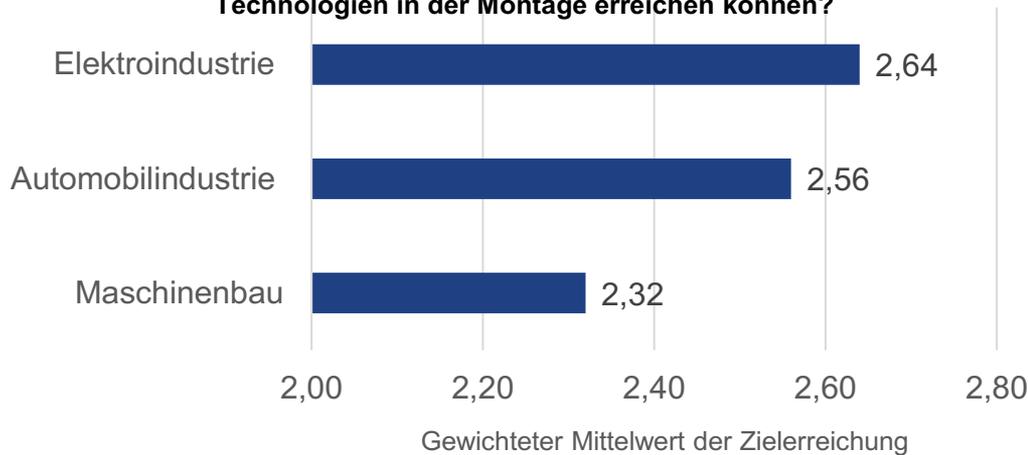
■ keine ■ wenige ■ mehrheitlich ■ alle Arbeitsplätze

## Aussagen

- Studienteilnehmer in deren Montagen schon ein hoher Verbreitungsgrad von digitalen Technologien herrscht zeigen einen höheren Zielerreichungsgrad an.
- Bei der Verbreitung digitaler Technologien bzw. dem Umfang des Einsatzes sieht man eine größere Verbreitung in der Automobilindustrie, der nachfolgenden Elektroindustrie und dem Maschinenbau.

## Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage erreichen können?



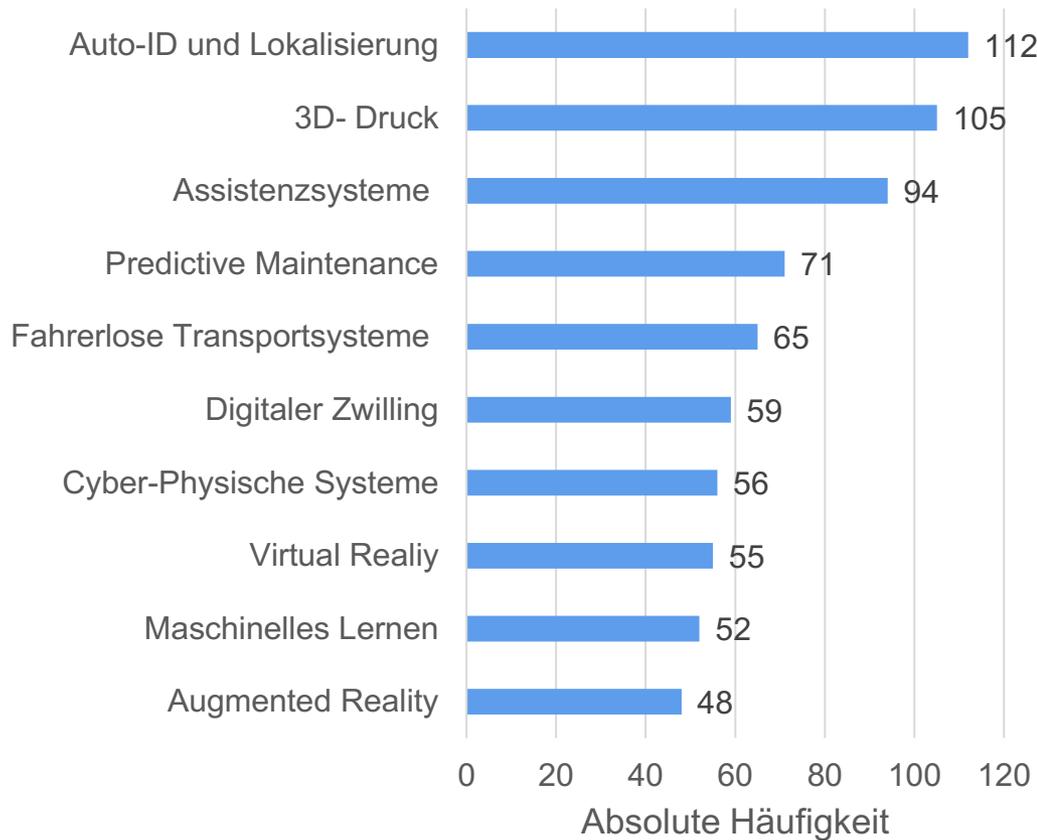
Merkmal	Rangfolge		
	I	II	III
<b>Zielerreichung nach Branche</b>	<b>Elektro</b>	<b>Automobil</b>	<b>Maschinenbau</b>
Automatisierungsgrad	<b>Automobil</b>	<b>Elektro</b>	<b>Maschinenbau</b>
Strategische Auseinandersetzung	<b>Elektro</b> <b>Automobil</b>		<b>Maschinenbau</b>
Anzahl der Arbeitsplätze mit digitalen Technologien	<b>Automobil</b>	<b>Elektro</b>	<b>Maschinenbau</b>

## Aussagen

- Der Automatisierungs- und der Digitalisierungsgrad sind in der Automobilindustrie am größten, gefolgt von der Elektroindustrie.
- Die strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage ist in der Elektroindustrie am größten, ähnlich der Automobilindustrie.
- Der Maschinenbau ist relativ dazu gekennzeichnet durch den niedrigsten Automatisierungsgrad in der Montage bzw. einen hohen Anteil manueller Montagen, weniger Arbeitsplätze an denen schon digitale Technologien im Einsatz sind und einen geringeren Grad an strategischer Auseinandersetzung mit der Digitalisierung.
- Die Reihenfolge der Zielerreichung zeigt, dass Automobil- und Elektroindustrie erfolgreicher in der Digitalisierung sind, als der Maschinenbau.

## Ergebnis

Welche digitalen Technologien finden in ihrer Montage Anwendung?



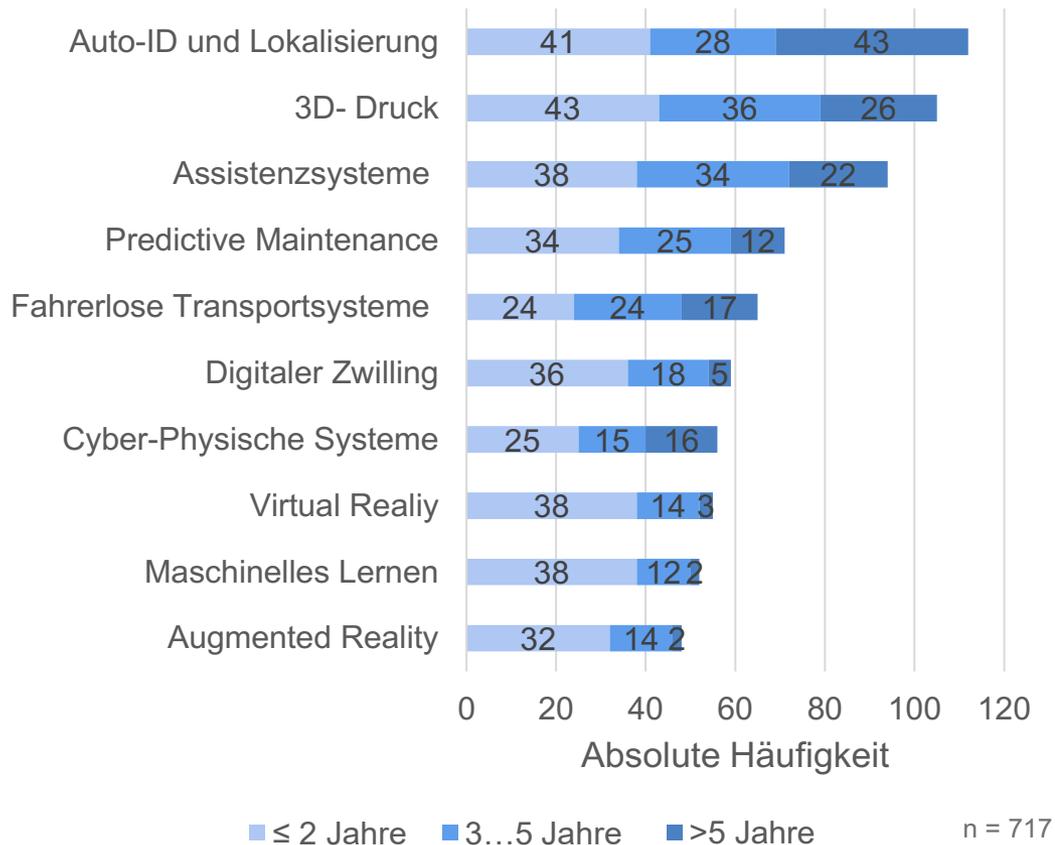
n = 717

## Aussagen

- Für die 10 angebotenen Technologien gibt 717 Nennungen für die gegenwärtig im Einsatz befindlichen digitalen Technologien.
- Das entspricht bei den gegenwärtig im Einsatz befindlichen digitalen Technologien im Mittel 4,5 Nennungen pro Studienteilnehmer.
- Der Mittelwert der Verteilung liegt bei 72. Die Technologien der Auto- ID und der Lokalisierung, der 3D- Druck und der Einsatz von Assistenzsystemen werden überdurchschnittlich häufig genannt.

## Ergebnis

Welche digitalen Technologien - explizit in Ihrer Montage - finden seit wann Anwendung ?

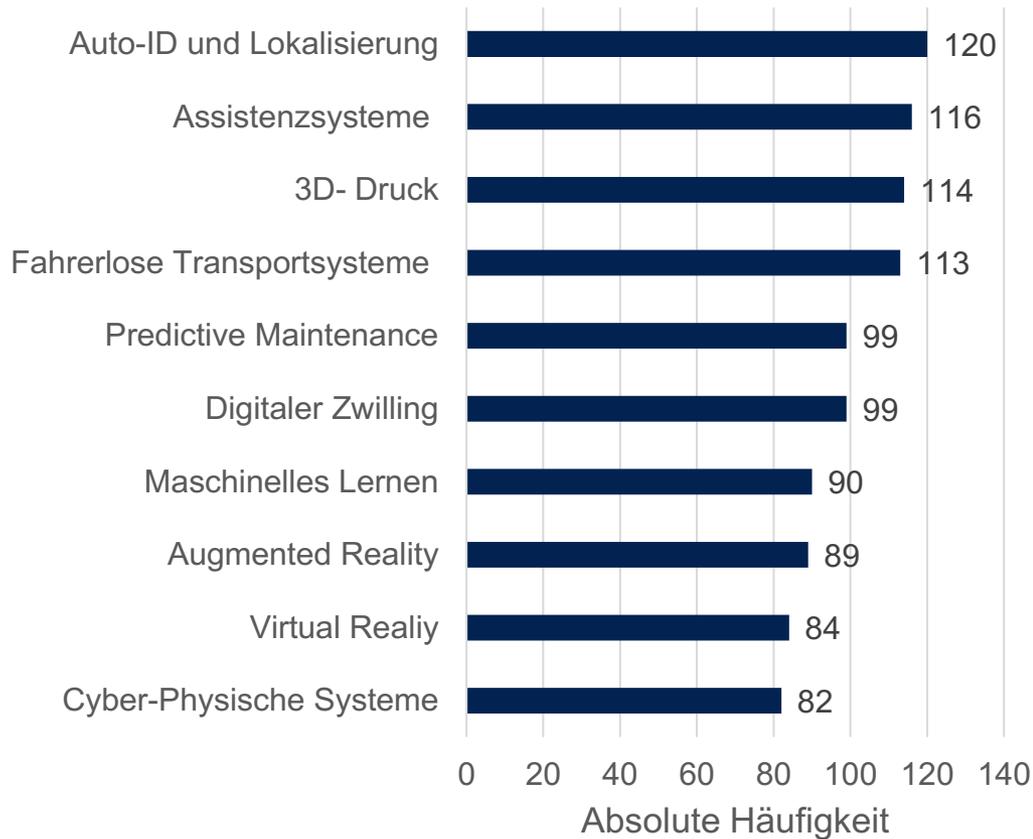


## Aussagen

- Die Verteilungen der Nennungen über den Anwendungszeitraum ergibt, dass 349 Anwendungen (49%) erst seit maximal 2 Jahren in Verwendung sind, 220 (31%) mehr als 2 und weniger als 5 Jahren und 148 Anwendungen (20%) seit mehr als 5 Jahren.
- Bei den Anwendungen mit einem Betrieb von 5 und mehr Jahren in der Montage und dem damit verbundenen praktischen Erfahrungen bzw. Expertenwissen gibt es neben Auto- ID und Lokalisierungstechniken, 3D- Druck und Assistenzsystemen noch fahrerlose Transportsysteme und cyber- physische Systeme.
- Bei den Technologien, die in den letzten zwei Jahren in der Montage in Betrieb genommen wurden zeigt sich eine sehr gleichmäßige Verteilung, aber die frühzeitig etablierten Technologien der FTS und CPS verlieren an Bedeutung.

## Ergebnis

Welche digitalen Technologien planen Sie in ihrer Montage einzuführen?

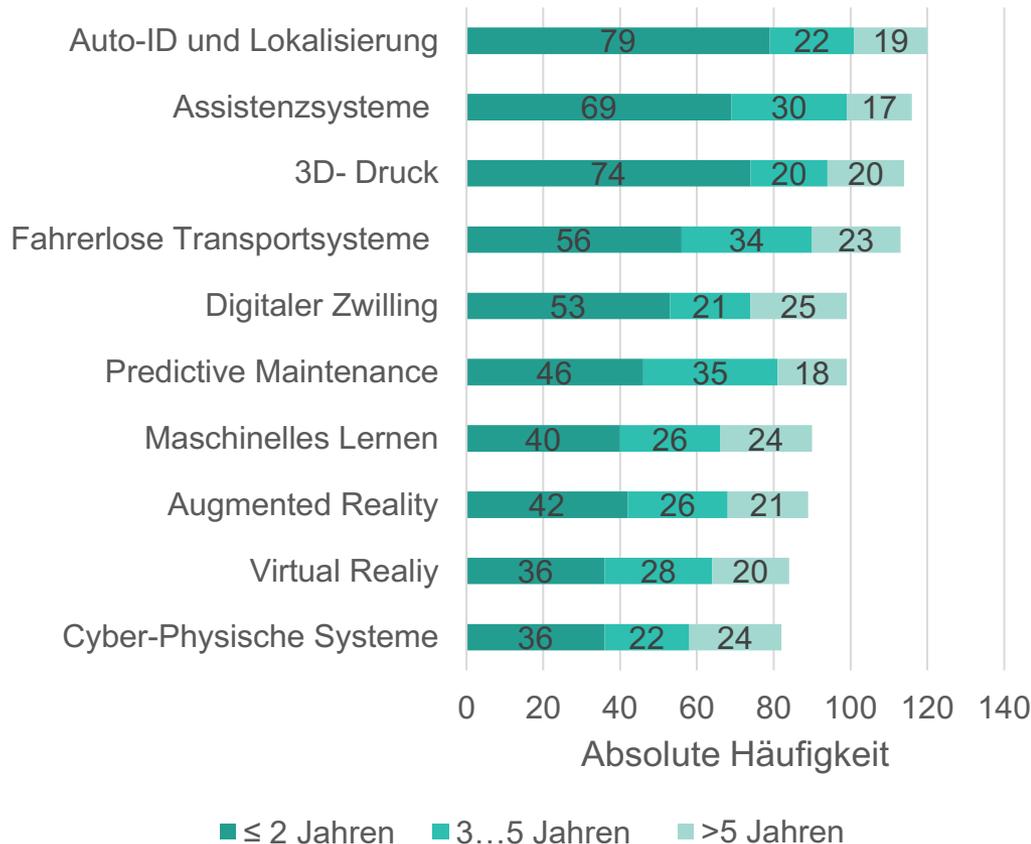


## Aussagen

- Für die 10 angebotenen Technologien gibt es 1.006 Nennungen für den zukünftigen Einsatz dieser Technologien.
- Das entspricht bei den zukünftig verwendeten digitalen Technologien 6,4 Nennungen pro Studienteilnehmer. Die Verteilung hat einen Mittelwert von 101.
- Neben den schon genannten 3 Technologien soll zukünftig auch fahrerlose Transportsysteme eine überdurchschnittliche Anwendung in der Montage finden.
- Der Variationskoeffizient sinkt von der gegenwärtigen Verteilung (0,31) zur zukünftigen Verteilung (0,13), d.h. die Verteilung über die verschiedenen Technologien wird gleichmäßiger bzw. die gegenwärtig noch geringer etablierten Technologien werden verstärkt zum Einsatz kommen.

## Ergebnis

Welche digitalen Technologien - explizit in Ihrer Montage - planen Sie wann einzuführen?

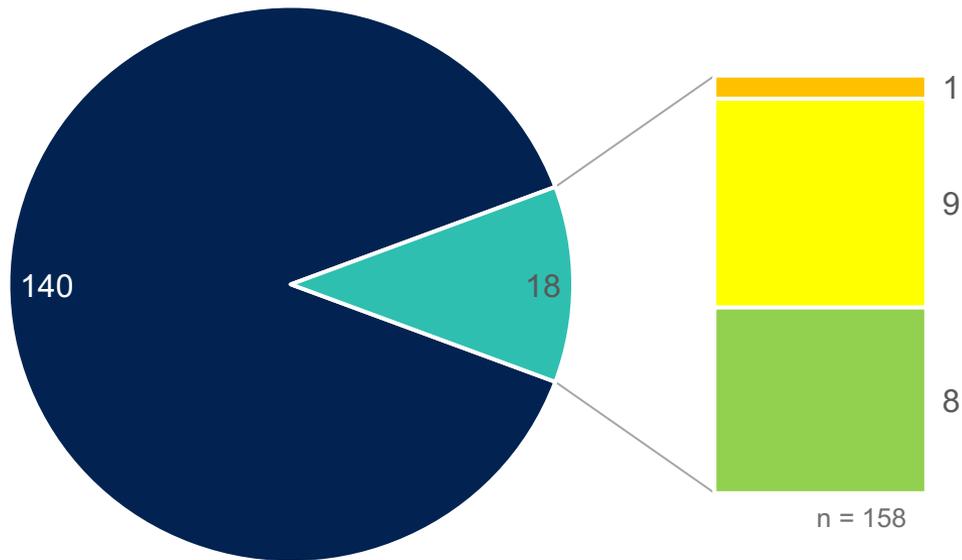


## Aussagen

- Die Verteilungen über den geplanten Inbetriebnahme Zeitpunkt künftiger digitaler Technologien in der Montage ergibt 531 Nennungen (52%) in den nächsten zwei Jahren, 264 Nennungen (26%) im Zeitraum der nächsten 3-5 Jahren und 211 (21%) in 5 Jahren oder später.
- Die Vorschau über die Technologien, die in 5 Jahren oder später in der Montage Anwendung finden könnten ergibt eine Verschiebung zum digitalen Zwilling, Maschinellen Lernen und CPS.

## Ergebnis

Gibt es Hinweise auf weitere digitale Technologien in der Montage?



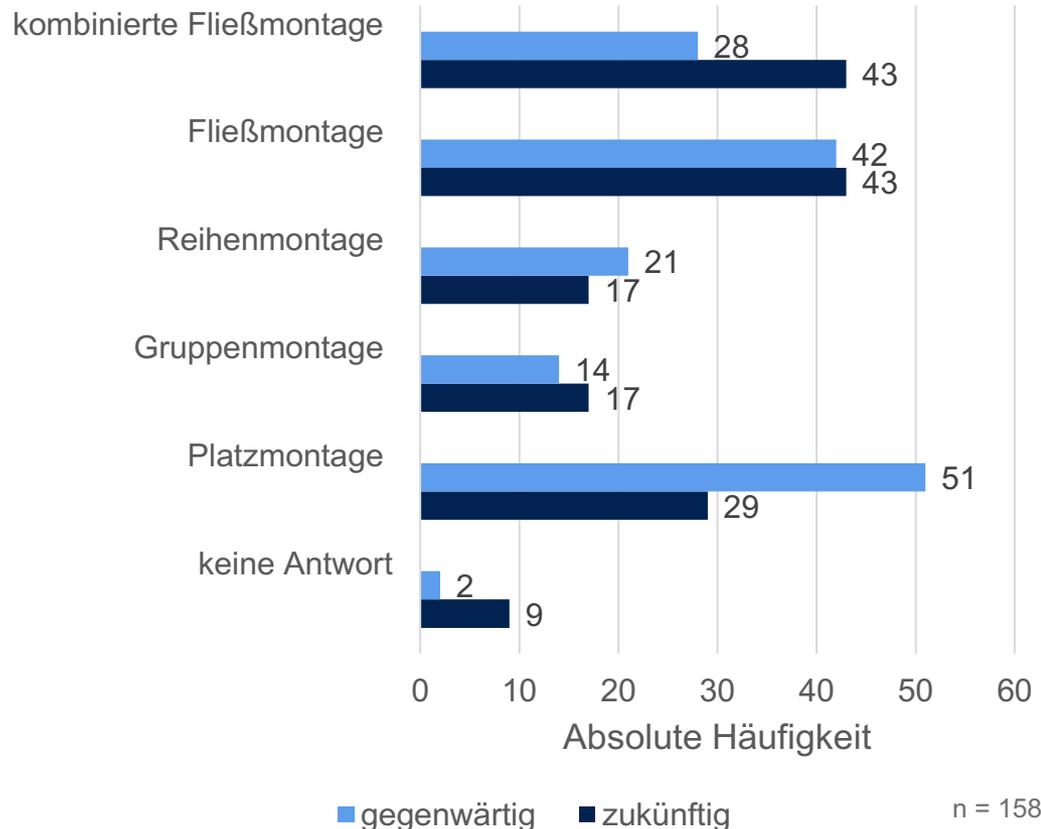
- ausgewählte digitale Technologien im Einsatz
- keine der angebotenen digitalen Technologien im Einsatz, aber Umfang der gegenwärtigen Anwendung digitaler Technologien wird beschrieben als "an der Mehrheit der Arbeitsplätze"
- keine der angebotenen digitalen Technologien im Einsatz, aber Umfang der gegenwärtigen Anwendung digitaler Technologien wird beschrieben als "an wenigen bzw. einzelnen Arbeitsplätzen"
- keine der angebotenen digitalen Technologien im Einsatz, aber Umfang der gegenwärtigen Anwendung digitaler Technologien wird beschrieben als "an keinem Arbeitsplatz"

## Aussagen

- Unter der Nennung digitaler Technologien geben 18 von 158 Studienteilnehmer an, keine dieser 10 angebotenen digitalen Technologien in der betrieblichen Montage im Einsatz zu haben, nur 8 von diesen 18 Teilnehmern geben bei der Frage zum Umfang des Einsatzes digitaler Technologien „an keinem Arbeitsplatz an“
- 9 dieser 18 Studienteilnehmer geben digitale Technologien als an wenigen bzw. einzelnen Arbeitsplätzen in der Montage als im Einsatz befindlich an, 1 Studienteilnehmer sogar als an der Mehrheit der Arbeitsplätze
- Es ist zu vermuten, dass es weitere digitale Technologien in der Montage gibt, die in der Studie nicht abgefragt werden.

## Ergebnis

**Welche Form der Montageorganisation verwenden Sie mehrheitlich? Wollen Sie die Montageorganisation im Zusammenhang mit der zunehmenden Digitalisierung ändern?**



## Aussagen

- Es gibt ausgeprägte Veränderungen in der Montageorganisation im Zusammenhang mit der Digitalisierung.
- Die Anzahl der Studienteilnehmer deren Montagen nach dem Prinzip der Platzmontage organisiert sind reduziert sich von gegenwärtig 51 (32%) auf zukünftig 29 (18%).
- Umkehrt dazu steigt die Anzahl der Studienteilnehmer welche die Montage als kombinierte Fließmontage organisieren wollen von gegenwärtig 28 (18%) auf 43 (27%) an.
- Die anderen Veränderungen in der Montageorganisation sind in absoluten und relativen Angaben weitaus geringer.

## Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage erreichen können? (in Abhängigkeit von der gegenwärtigen Montageorganisation)

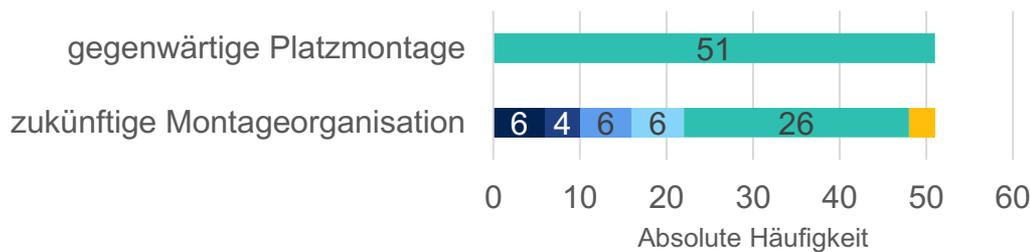
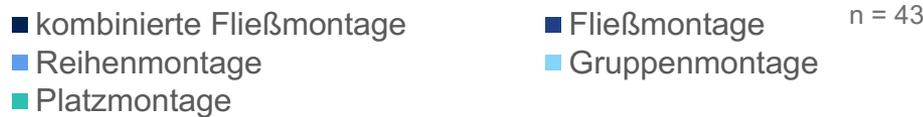
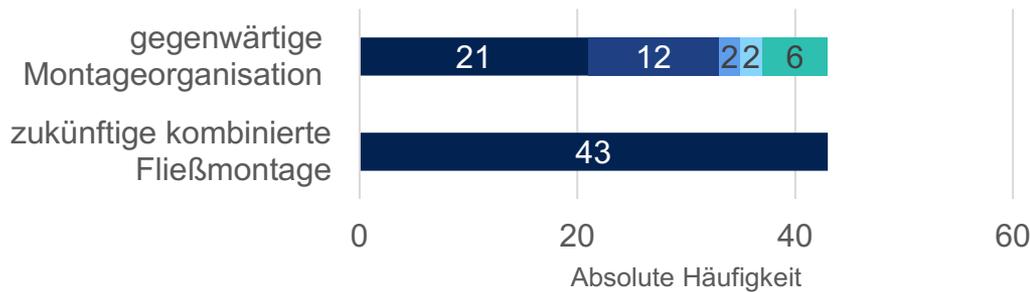


## Aussagen

- Einen Hinweis für die Änderung der Montageorganisation weg von der Platzmontage in Zusammenhang mit der Einführung und dem Betrieb digitaler Technologien in der Montage könnte die im Vergleich zu allen anderen gegenwärtigen Organisationsformen der Montage als gering eingeschätzte Zielerreichung liefern.
- Der Trend zur kombinierten Fließmontage lässt sich damit nicht erklären.

## Ergebnis

Wie wollen Sie die Montageorganisation im Zusammenhang mit der zunehmenden Digitalisierung ändern?



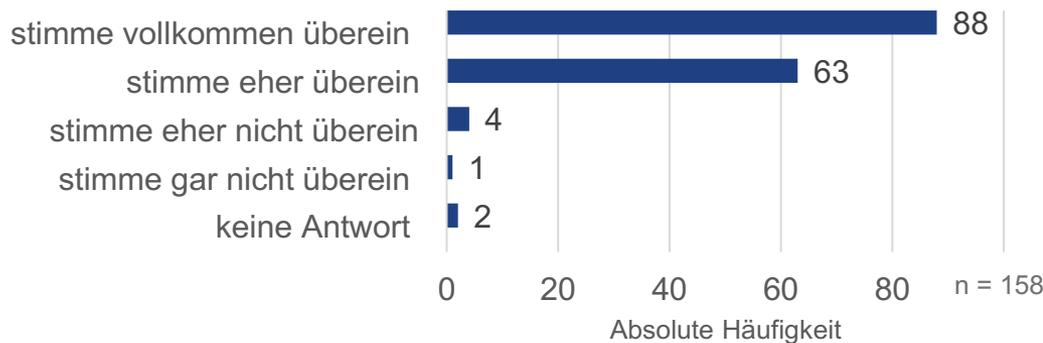
## Aussagen

- Die Studienteilnehmer, welche von einer zukünftigen Organisation ihrer Montage als kombinierte Fließmontage ausgehen, organisieren ihre Montagen –soweit nicht schon als kombinierte Fließmontage organisiert- eher als Fließmontage (12) oder Platzmontage (6), in selteneren Fällen als Reihenmontage (2) oder Gruppenmontage (2).
- Die Veränderung von einer gegenwärtigen Platzmontage findet statt zu zukünftigen Gruppenmontagen (6), Reihenmontagen (6), Fließmontagen (4) oder kombinierten Fließmontagen (6).

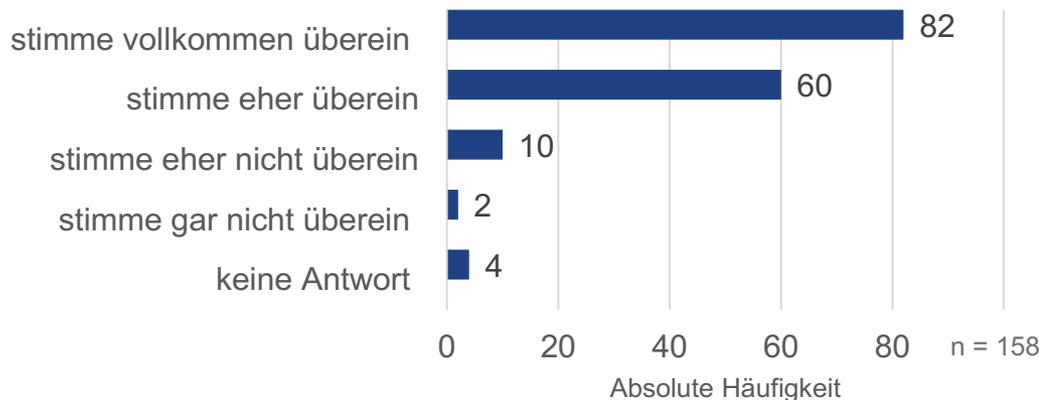
<b>V. Stand und Entwicklung der Digitalisierung in der Montage</b>	<b>28</b>
1. Bedeutung der Digitalisierung	29
2. Strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung	30
3. Umfang der Digitalisierung in der Montage	32
4. Ziele der Digitalisierung in der Montage	33
5. Digitale Technologien in der Montage	43
6. Digitalisierung und Montageorganisation	48
<b>VI. Stand und Entwicklung von Assistenzsystemen in der Montage</b>	<b>51</b>
1. Bedeutung von Assistenzsystemen in der Montage	52
2. Umfang von Assistenzsystemen in der Montage	53
3. Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage	55
4. Integration von Assistenzsystemen	67
5. Digitale Technologien als Assistenzsysteme	69
<b>VII. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema</b>	<b>74</b>
<b>VIII. Fazit aus den Studienergebnissen</b>	<b>76</b>
<b>IX. Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>X. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft</b>	<b>83</b>

## Ergebnis

**„Den Einsatz von Assistenzsystemen innerhalb der Montage halte ich für wichtig.“**



**„Die Integration von Assistenzsystemen in der Montage ist sinnvoll, um auch künftig wettbewerbsfähig zu bleiben.“**

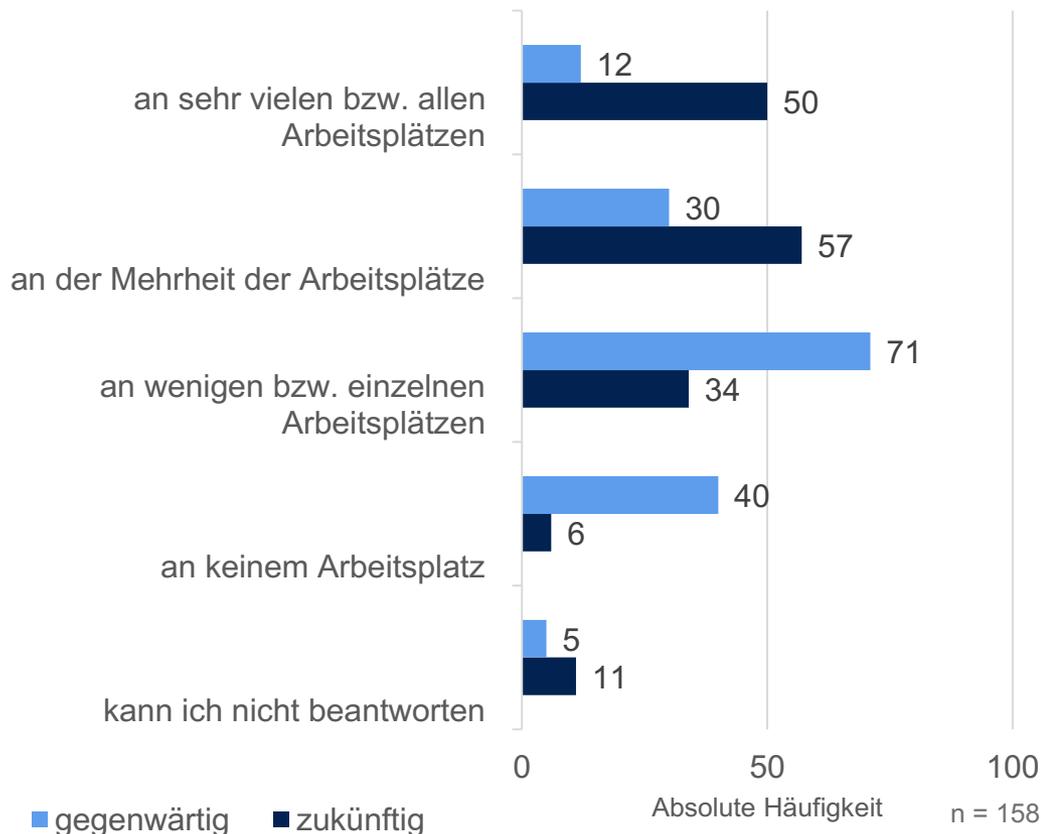


## Aussagen

- Der Aussage, dass der Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage wichtig ist, stimmen 88 (57%) vollkommen zu, während weitere 63 (40%) eher mit der Aussage übereinstimmen.
- 5 Studienteilnehmer (3%) halten Assistenzsysteme mindestens eher nicht für wichtig.
- 82 Befragte (52%) stimmen vollkommen und weitere 60 Teilnehmer (38%) eher zu.
- 12 Studienteilnehmer (8%) halten die Integration von Assistenzsystemen mindestens eher nicht für sinnvoll zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit. Die 12 Studienteilnehmer repräsentieren alle Strukturmerkmale bzw. sind heterogen.

## Ergebnis

In welchem Umfang sind Assistenzsysteme an ihren Montagearbeitsplätzen im Einsatz und wie viele möchten Sie in den nächsten 5 Jahren einsetzen?

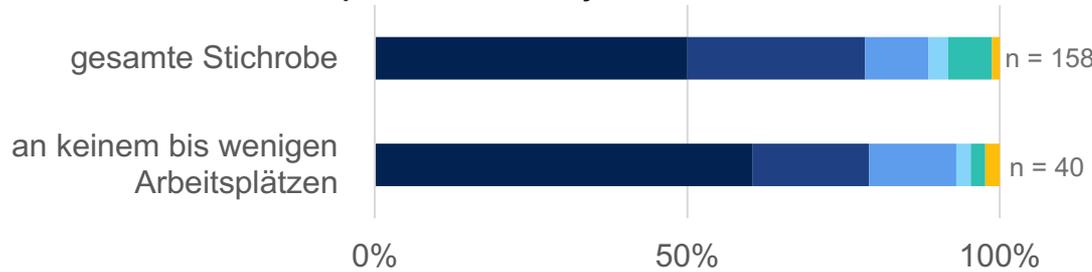


## Aussagen

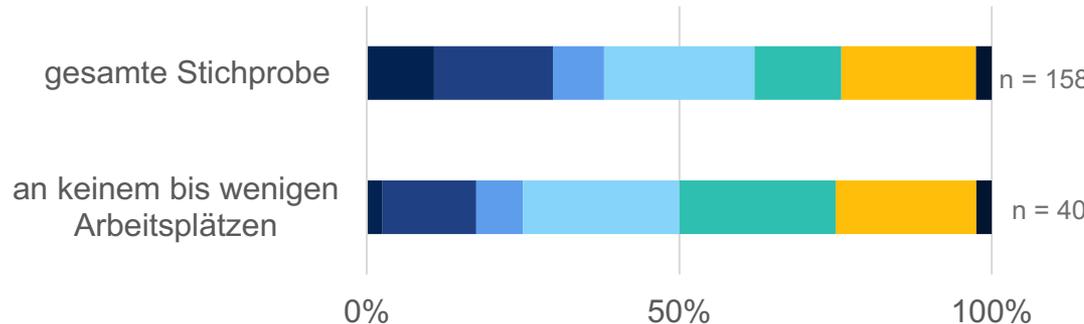
- Die gegenwärtig größte Häufigkeit findet sich beim Einsatz von digitalen Technologien an wenigen bzw. einzelnen Arbeitsplätzen (44%) und verschiebt sich in der zukünftigen Verteilung zu sehr vielen bzw. nahezu allen Arbeitsplätzen. (36%)
- Der Mittelwert der Stichprobe verschiebt sich von gegenwärtig „an wenigen bzw. einzelnen Arbeitsplätzen“ zu zukünftig „an der Mehrheit der Arbeitsplätze“.
- Eine Gruppe (7%) kann keine Angaben über den zukünftigen Umfang machen.
- Bei Assistenzsystemen geben 40 Studienteilnehmer an auch zukünftig wenige oder keine Arbeitsplätze mit Assistenzsystemen zu haben.

**Ergebnis**

**Wer möchte auch zukünftig an keinen oder nur an einzelnen Arbeitsplätzen Assistenzsysteme einsetzen?**



■ Maschinenbau  
 ■ Automobilindustrie  
 ■ Elektroindustrie  
 ■ Luft- und Raumfahrttechnik  
 ■ NN



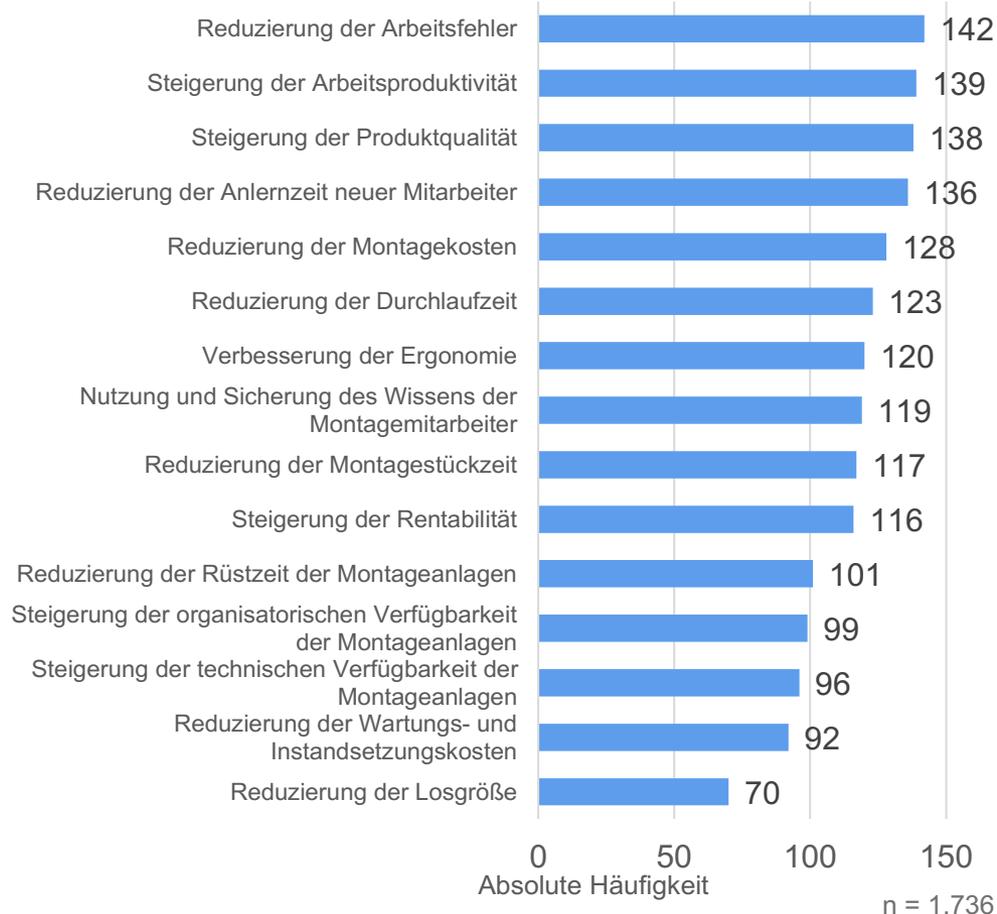
■ >10,1 Mrd. €    ■ 1 - 10 Mrd. €    ■ 501 Mio. - 1 Mrd. €  
 ■ 101-500 Mio. €    ■ 51-100 Mio. €    ■ 1-50 Mio. €  
 ■ NN

**Aussagen**

- Unter den 40 Studienteilnehmer, die davon ausgehen, dass Assistenzsystem auch zukünftig nur an einzelnen, wenigen oder keinen Arbeitsplätzen in der Montage Verwendung finden, sind überdurchschnittlich viele aus dem Maschinenbau (65% anstatt 50% in der Gesamtstichprobe).
- Überdurchschnittlich stark sind auch Unternehmen mit einem Jahresumsatz ≤ 500 Millionen in dieser Gruppe vertreten (73% anstatt 59% in der Gesamtstichprobe).

## Ergebnis

**Welche Ziele haben Sie mit dem Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage verfolgt?**

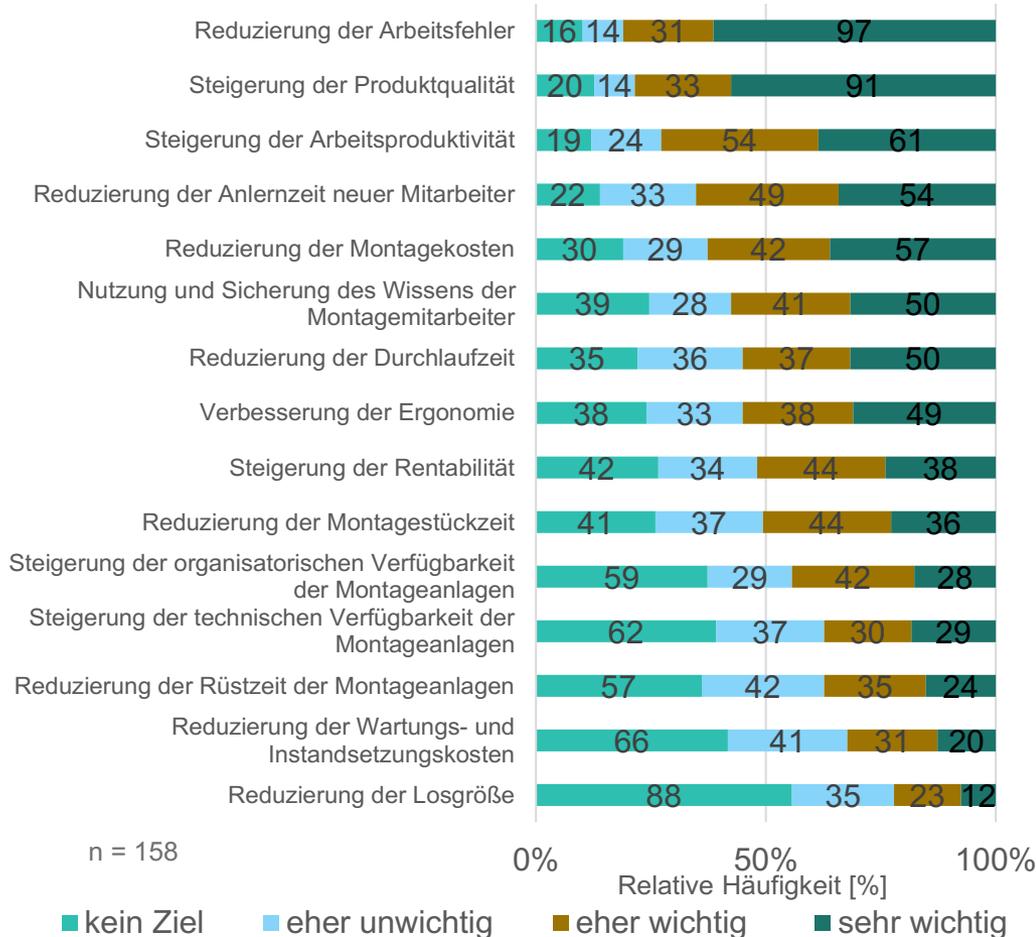


## Aussagen

- Zu den gegenwärtigen Zielen beim Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage erfolgen 1.736 Nennungen bzw. 11 Nennungen pro Studienteilnehmer. Der Mittelwert der Verteilung beträgt 116.
- Überdurchschnittlich häufig werden die Reduzierung der Arbeitsfehler bzw. die Steigerung der Produktqualität, die Steigerung der Arbeitsproduktivität, die Reduzierung der Anlernzeit, die Reduzierung der Montagekosten und der Durchlaufzeit, die Verbesserung der Ergonomie und die Reduzierung der Montagestückzeit genannt.

## Ergebnis

### Was waren Ihre Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage?

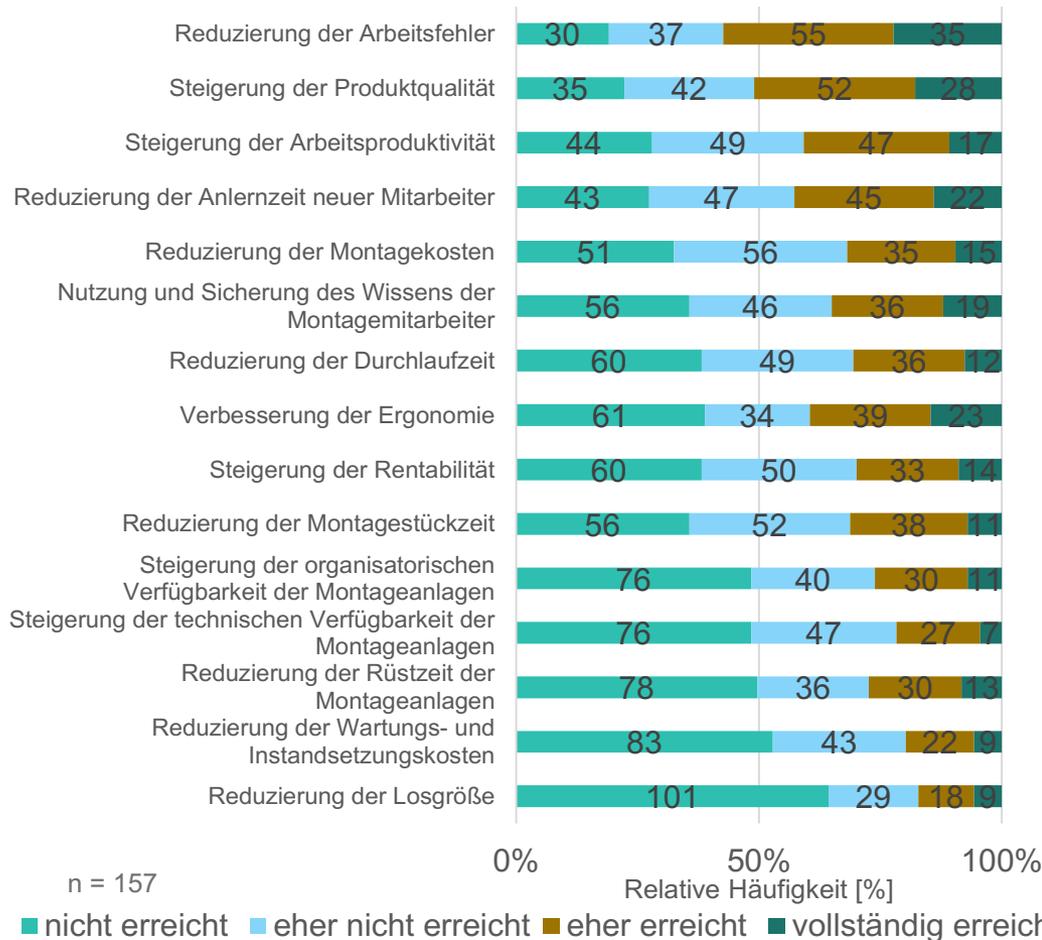


## Aussagen

- Die mittlere Bedeutung der Ziele liegt bei 2,56 bzw. mittleren Bereich der Skala.
- Die bedeutendsten Ziele für Assistenzsysteme in der Montage sind die Steigerung der Produktqualität bzw. die Reduzierung der Arbeitsfehler. Nachfolgend kommen die Steigerung der Produktivität, die Reduzierung der Anlernzeit und die Reduzierung der Montagekosten.
- Nachrangige Ziele sind die Steigerung der technischen und organisatorischen Verfügbarkeit, die Reduzierung der Wartungs- und Instandsetzungszeiten, die Reduzierung der Rüstzeit und die Reduzierung der Losgröße.
- Relativ zu den digitalen Technologien im Allgemeinen gewinnt das Ziel der Reduzierung der Anlernzeiten der Mitarbeiter durch den Einsatz von Assistenzsystemen am stärksten an Bedeutung. (von Rang 7 auf Rang 4)

## Ergebnis

### Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage erreichen können?



## Aussagen

- Die mittlere Erreichung der Ziele liegt bei 2,05 bzw. bei eher nicht erreicht.
- Die Steigerung der Produktqualität (2,46) und die Reduzierung der Arbeitsfehler (2,61) werden mit  $\approx$  2,5 und somit eher erreicht angegeben, alle anderen Ziele werden mit durchschnittlich eher nicht erreicht angegeben.
- Die Zielerreichungsgrade der Assistenzsysteme sind üblicherweise geringer als bei digitalen Technologien im Allgemeinen, nur die Reduzierung der Arbeitsfehler (digitale Technologien: 2,64 ; Assistenzsysteme: 2,61) und die Reduzierung der Anlernzeit neuer Mitarbeiter (digitale Technologien: 2,28 ; Assistenzsysteme: 2,29) werden vergleichbar eingeschätzt.

## Ergebnis

**Welche Ziele haben Sie mit dem Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage verfolgt und inwiefern konnten Sie diese erreichen?**



## Aussagen

- Die Ziele lassen sich hinsichtlich Bedeutung und Erreichung klassifizieren.
- Die Reduzierung der Arbeitsfehler ist ein eher wichtiges und eher erreichtes Ziel.
- Die nachfolgenden Ziele haben eine eher wichtige Bedeutung ( $<3,5$ ;  $>2,5$ ) und werden aktuell eher nicht erreicht ( $<2,5$ ;  $>1,5$ ):
  - Steigerung der Produktqualität,
  - Steigerung der Arbeitsproduktivität,
  - Reduzierung der Anlernzeit neuer Mitarbeiter,
  - Reduzierung der Montagekosten,
  - Nutzung und Sicherung des Wissens der Montagemitarbeiter,
  - Reduzierung der Durchlaufzeit und
  - die Verbesserung der Ergonomie.

## Ergebnis

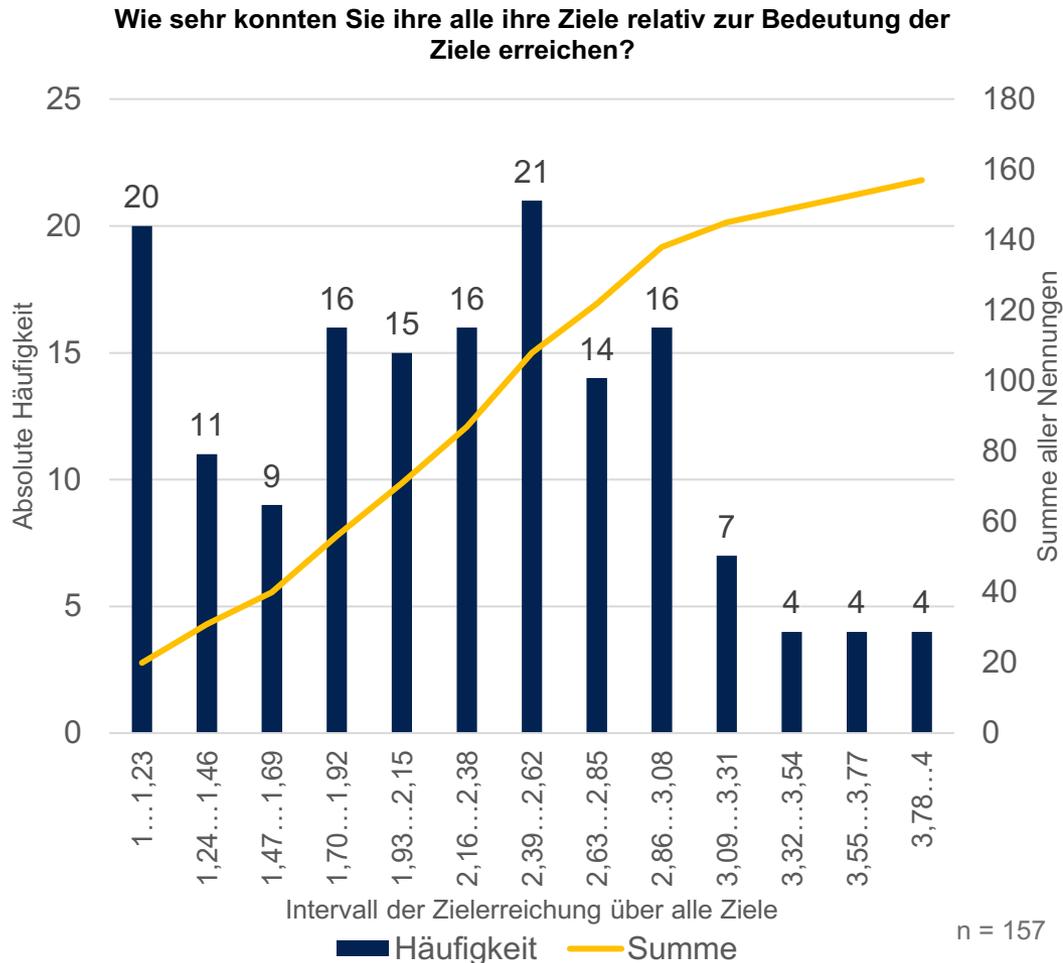
**Welche Ziele möchten Sie mit dem Einsatz von zukünftigen Assistenzsystemen in der Montage erreichen?**



## Aussagen

- Die Studienteilnehmer geben 1.111 Nennungen für den zukünftigen Zustand ( $\sigma 7$  Nennungen pro Teilnehmer) ab. Der Mittelwert der Verteilung beträgt 74 Nennungen.
- Die überdurchschnittlich häufig genannten zukünftigen Ziele sind die Reduzierung der Arbeitsfehler, die Steigerung der Produktqualität, die Steigerung der Arbeitsproduktivität, die Reduzierung der Montagekosten, die Reduzierung der Durchlaufzeit, die Reduzierung der Anlernzeit, die Verbesserung der Ergonomie und die Steigerung der Rentabilität.
- Die Verteilung der gegenwärtigen Ziele hat einen Variationskoeffizient von 0,2 während die Verteilung der zukünftigen Ziele einen Variationskoeffizienten von 0,45 hat, d.h. die Bedeutung der Ziele stuft sich stärker ab bzw. differenziert sich stärker aus.

## Ergebnis

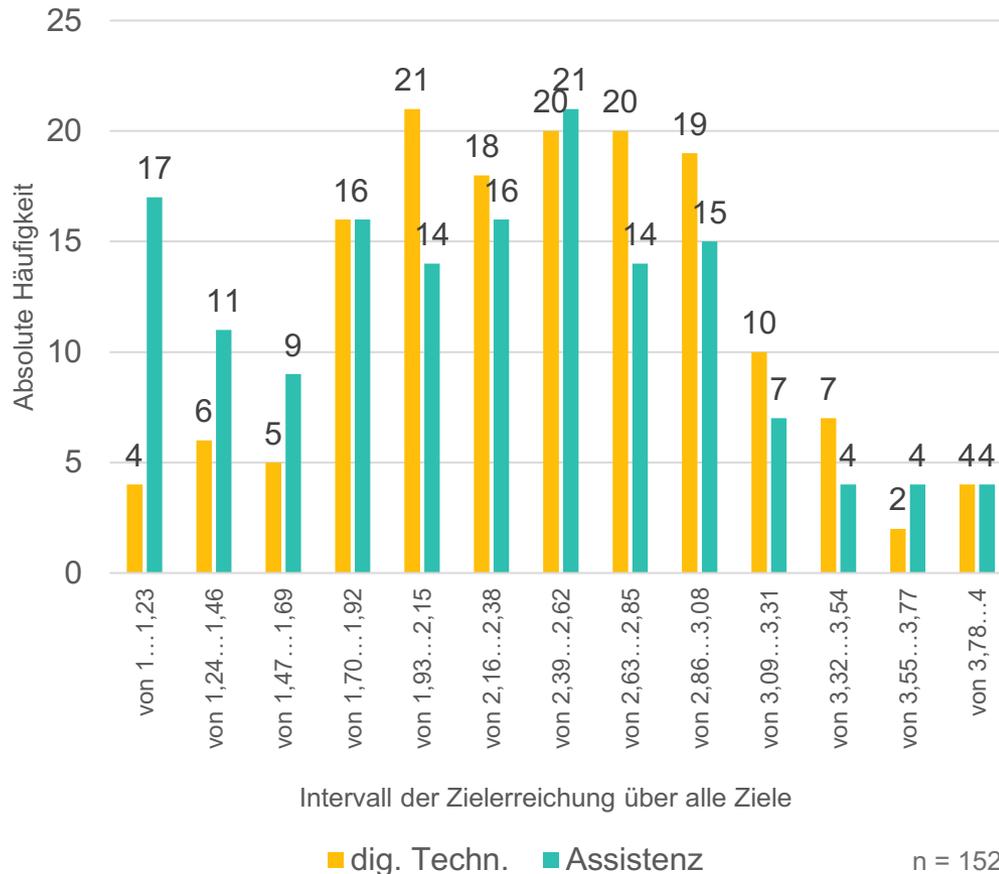


## Aussagen

- Nachfolgend die Erreichung der Gesamtheit aller Ziele durch die einzelnen Studienteilnehmer.
- Die Häufigkeitsverteilung der Zielerreichung über alle Ziele ist eine bimodale Verteilung, d.h. es gibt eine linksseitige und eine zentrale Häufung.
- Die Häufigkeitsverteilung der Auskünfte der Studienteilnehmer zur Zielerreichung über alle Ziele zeigt drei Gruppen auf.
  - Gruppe (40) mit einer Zielerreichung bis zu 1,69 bzw. „nicht erreicht“ und „eher nicht erreicht“. Innerhalb dieser Gruppe sind auffallend viele Studienteilnehmer, die überhaupt keine Zielerreichung angeben.
  - Absolute Mehrheit (98) mit einer Zielerreichung von 1,7 bis zu 3,08 bzw. „eher nicht erreicht“ bis zu „eher erreicht“
  - Gruppe (19) mit einer Zielerreichung von 3,09 bis zu 4 bzw. „eher erreicht“ und „vollständig erreicht“.

## Ergebnis

Wie sehr konnten Sie ihre Ziele hinsichtlich der Digitalisierung in der Montage im Allgemeinen im Vergleich zu den Assistenzsystemen erreichen?



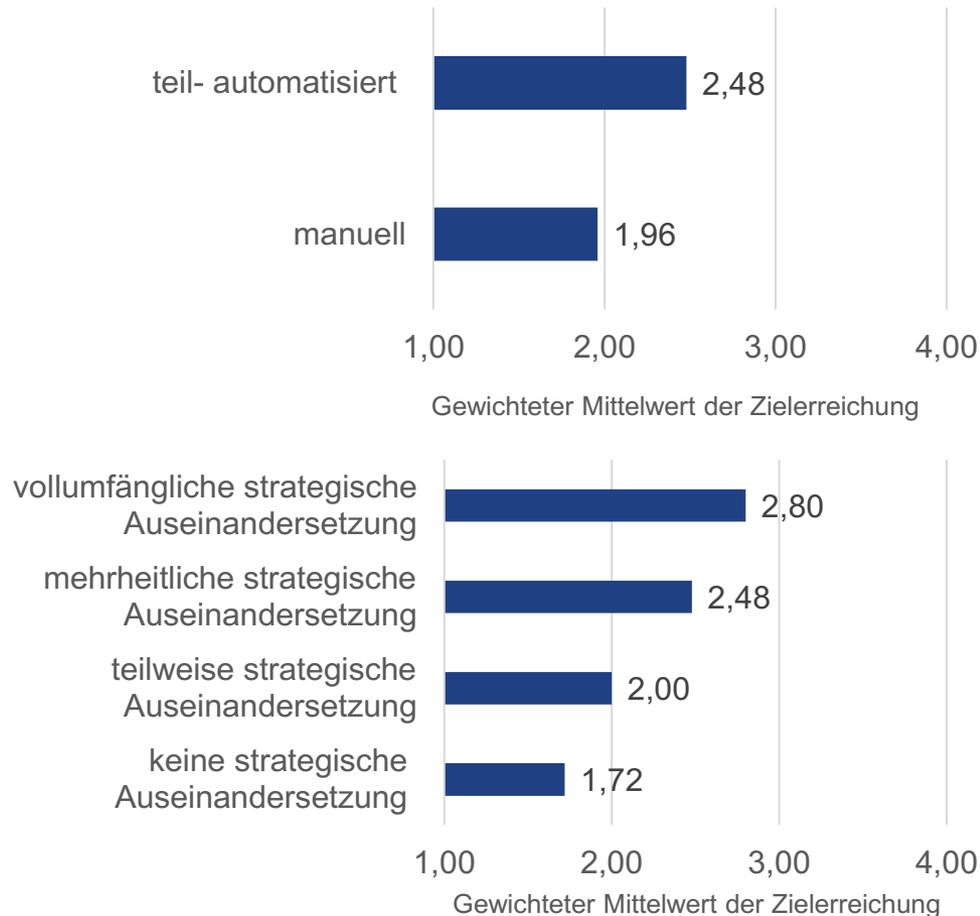
## Aussagen

- Die Gegenüberstellung der Zielerreichung von digitalen Technologien im Allgemeinen und der Assistenzsysteme soll dazu dienen ein Entwicklungspotential der Assistenzsysteme aufzuzeigen.
- Die Häufigkeitsverteilung der Assistenzsysteme ist relativ zur Häufigkeit der digitalen Technologien nach links, d.h. zu einer geringeren Zielerreichung, verschoben.
- Die Zielerreichung der digitalen Technologien im Allgemeinen liegt um ca. 9% höher als bei Assistenzsystemen.
- Der bei Assistenzsystemen höhere Variationskoeffizient kann aus unbeherrschteren Prozessen resultieren.

Kennzahl der Verteilung	Digitale Technologien	Assistenzsysteme
Mittelwert	2,45	2,26
Variationskoeffizient	0,25	0,33

## Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage erreichen können?

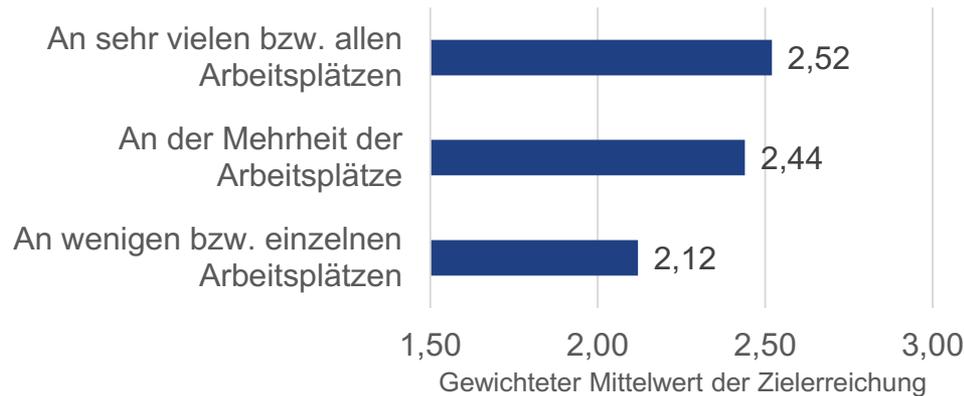


## Aussagen

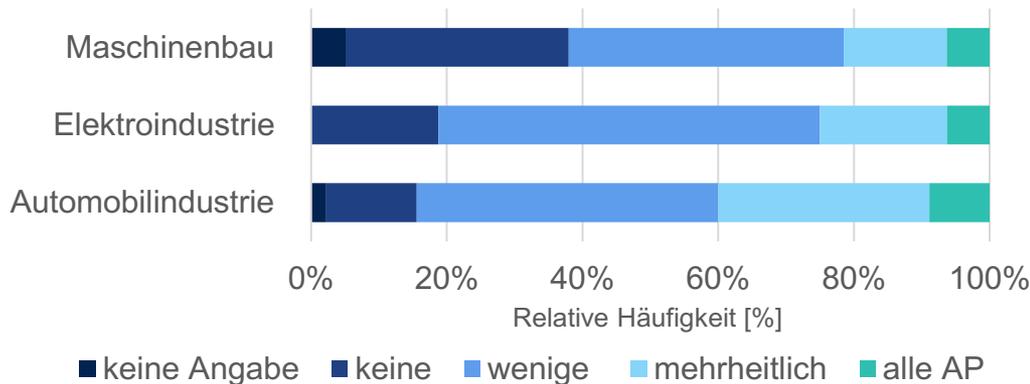
- Vergleichbar den digitalen Technologien im Allgemeinen lässt auch der Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage Unterschiede in der Zielerreichung erkennen.
- Studienteilnehmer deren Montagen schon teil-automatisiert sind schätzen die Zielerreichung merklich höher ein, als Studienteilnehmer in deren Unternehmen eine manuelle Montage verrichtet wird.
- Ähnlich dem Verlauf der Zielerreichung beim Einsatz von digitalen Technologien in Abhängigkeit von der gegenwärtigen strategischen Auseinandersetzung ergibt sich dieser Zusammenhang auch beim Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage, sogar noch deutlicher.

### Ergebnis

**Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage erreichen können?**



**In welchem Umfang sind Assistenzsysteme an Ihren Montagearbeitsplätzen im Einsatz ?**

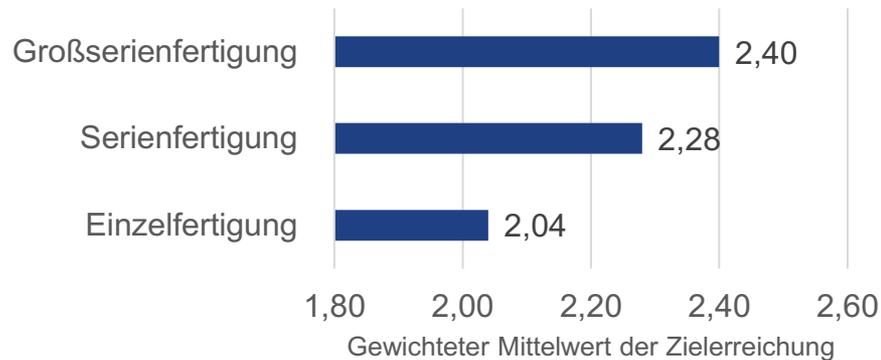


### Aussagen

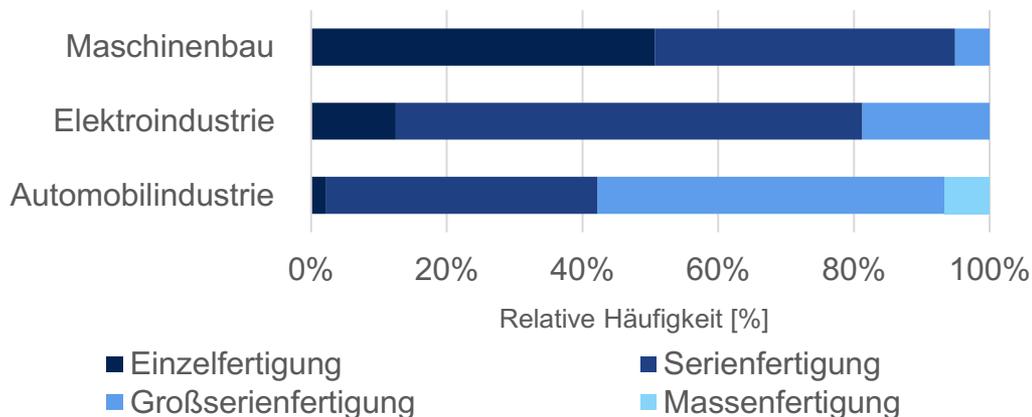
- Die Zielerreichung zeigt einen positiven Trend mit der Ausweitung von Assistenzsystemen an den Arbeitsplätzen in der Montage.
- Die Studienteilnehmer aus der Automobilindustrie geben den Verbreitungsgrad von Assistenzsystemen in der Montage höher an, als in der Elektroindustrie. Der geringste Umfang von Arbeitsplätzen mit Assistenzsystemen findet sich im Maschinenbau.

## Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage erreichen können?



Welcher Fertigungstyp liegt überwiegend in Ihrem Montagebereich vor?



## Aussagen

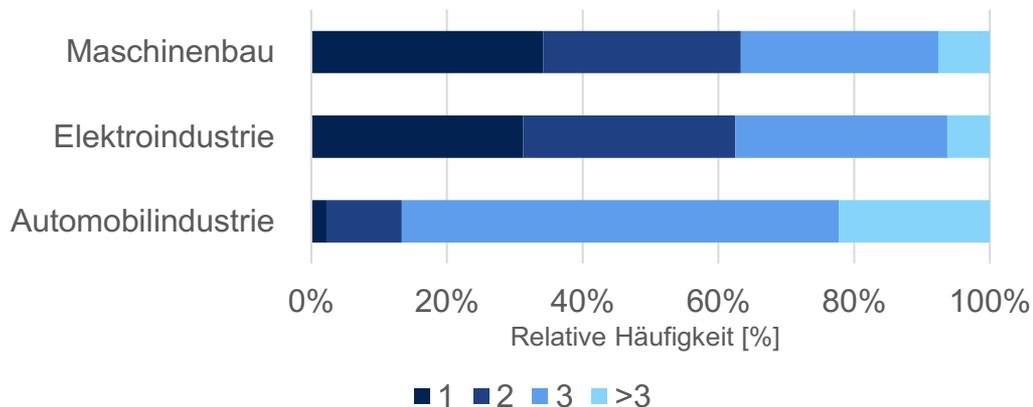
- Über die Hinweise hinaus, dass die Zielerreichung in Abhängigkeit von gewissen Merkmalen stehen könnte ergeben sich beim Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage weitere Merkmale die einen Einfluss auf die Zielerreichung haben könnten.
- Die Zielerreichung steigt mit dem Seriencharakter an, d.h. Teilnehmer aus der Montage, die in Großserie montieren zeigen höhere Zielerreichungsgrade an gegenüber Befragten, deren Montage in Einzelfertigung montieren.
- Der Maschinenbau ist gekennzeichnet durch eine Einzel- und Serienfertigung, wobei die Einzelfertigung durchaus typisch ist, während in der Elektroindustrie üblicherweise eine Serienfertigung vorliegt. Die Automobilindustrie ist mehrheitlich durch eine Großserien- und Massenfertigung geprägt.

## Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage erreichen können?



Mit wie vielen Arbeitsschichten arbeitet Ihr Unternehmen?

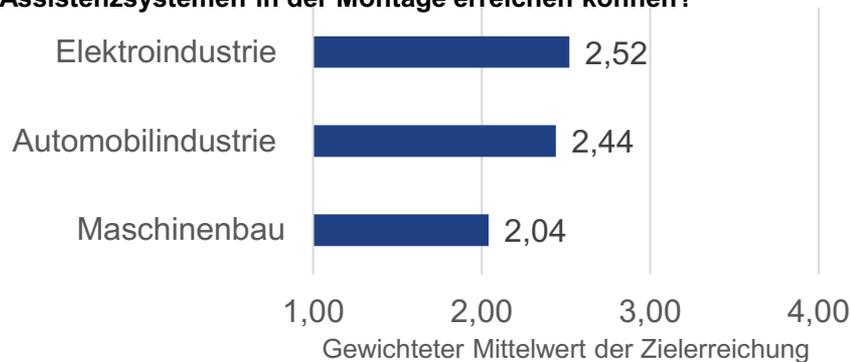


## Aussagen

- Ein ähnlicher Trend zeigt sich beim herrschenden Schichtregime, auch hier steigt der Zielerreichungsgrad mit der jeweiligen Mehrschichtigkeit an.
- Der Maschinenbau- und die Elektroindustrie sind sich sehr ähnlich im Schichtregime und alle Schichtmodelle liegen nahezu gleichverteilt vor, mit einer geringeren Ausprägung bei einem Schichtmodell mit mehr als 3 Schichten. Dagegen ist die Automobilindustrie ganz wesentlich durch ein 3- und >3-Schichtmodell bestimmt.

### Ergebnis

Wie haben Sie ihre Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage erreichen können?



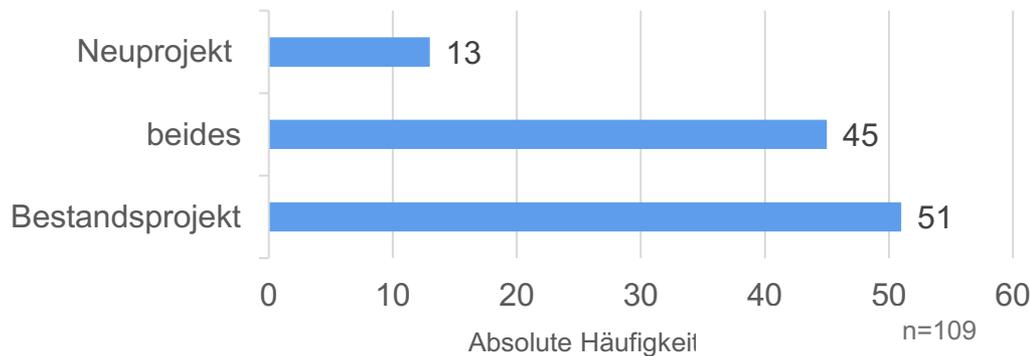
Merkmal	Rangfolge		
	I	II	III
<b>Zielerreichung nach Branche</b>	<b>Elektro</b>	<b>Automobil</b>	<b>Maschinenbau</b>
Automatisierungsgrad	Automobil	Elektro	Maschinenbau
Strategische Auseinandersetzung	Elektro	Automobil	Maschinenbau
Anzahl der Arbeitsplätze mit AS	Automobil	Elektro	Maschinenbau
Fertigungstyp (steigende Seriengröße)	Automobil	Elektro	Maschinenbau
Schichtregime (steigende Mehrschichtigkeit)	Automobil	Elektro Maschinenbau	

### Aussagen

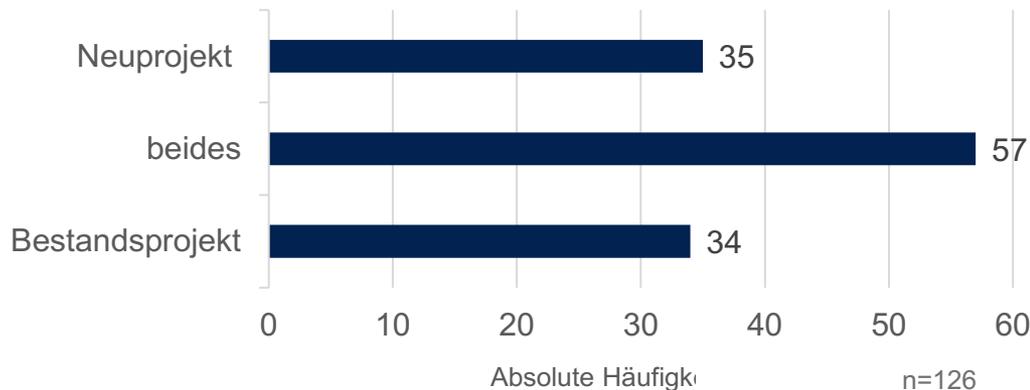
- Es gibt eine höhere Zielerreichung in der Elektroindustrie, gefolgt von der Automobilindustrie. Der Studienteilnehmer aus dem Maschinenbau zeigen die geringsten Zielerreichungsgrade an.
- Studienteilnehmer aus Unternehmen mit einer hybriden Montage, einem größeren Umfang von Arbeitsplätzen mit Assistenzsystemen, einer größeren Seriengröße und einem ausgeweiteten Schichtregime weisen höhere Grade der Zielerreichung. Beim Zuordnen der Branche stammen diese oftmals aus der Automobilindustrie.
- Die Studienteilnehmer aus der Elektroindustrie schätzen die strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage jedoch am höchsten ein.

## Ergebnis

**Haben Sie ein Assistenzsystem in ein bereits vorhandenes Montagesystem integriert, oder handelte es sich um ein Neuprojekt?**



**Wie möchten Sie die Integration von Assistenzsysteme in ihre Montage in Zukunft angehen?**

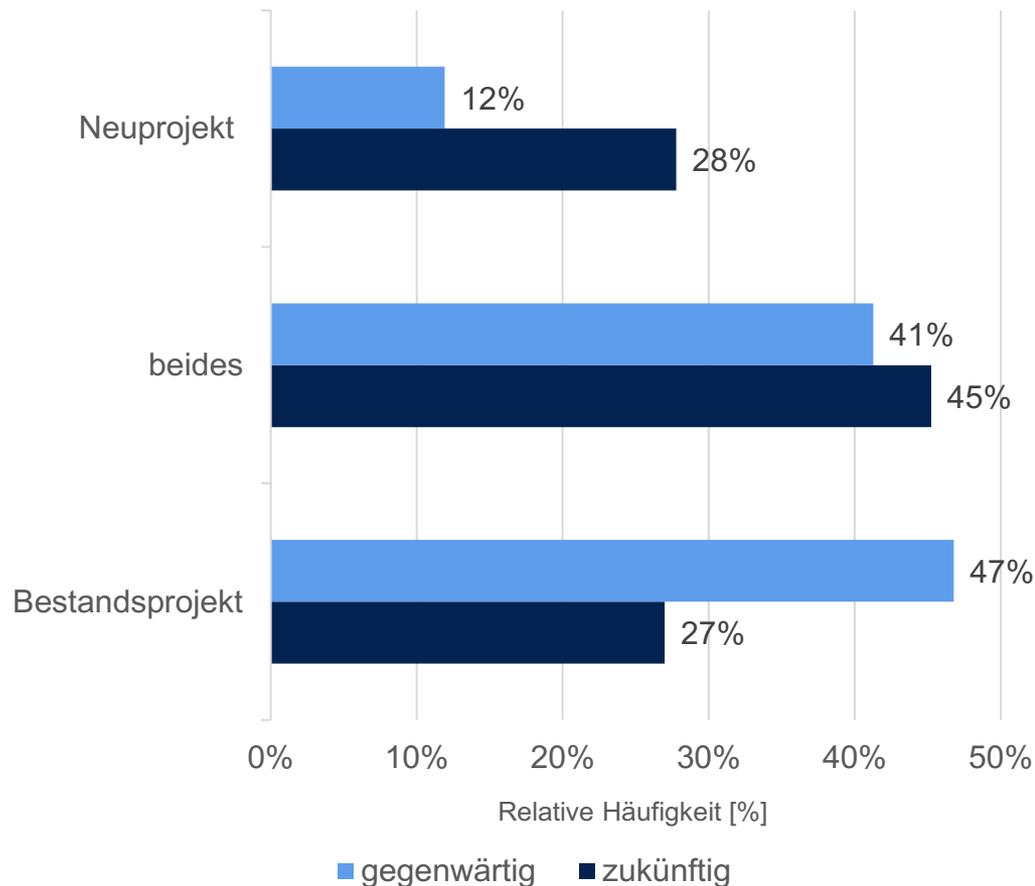


## Aussagen

- Die Anzahl der Studienteilnehmer, die an der Einführung von Assistenzsystemen teilgenommen haben beträgt 109.
- 126 Studienteilnehmer gehen davon aus zukünftig an der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage mitzuwirken.
- 13 von 109 Studienteilnehmern (12%) geben an dies bei Neuprojekten realisiert zu haben. 51 (47%) geben an dies bei Bestandsprojekten realisiert zu haben.
- Bei zukünftigen Projekten verschiebt sich die Verteilung insofern, dass 35 von 126 Studienteilnehmern (28%) von zukünftigen Neuprojekten ausgehen und 34 (27%) von zukünftigen Bestandsprojekten.

## Ergebnis

Wie möchten Sie die Integration von Assistenzsysteme in ihre Montage in Zukunft angehen?

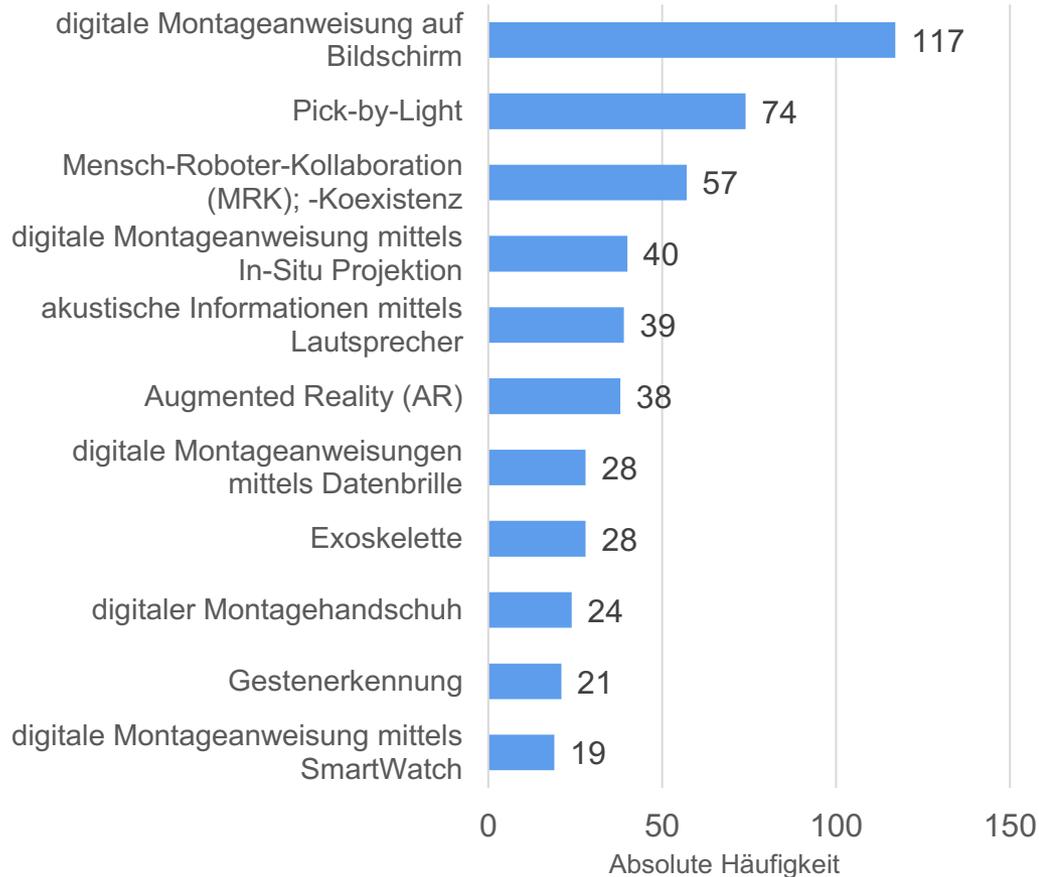


## Aussagen

- Aufgrund der unterschiedlichen Stichprobenumfänge soll auf eine absolute Häufigkeitsverteilung in einem Diagramm verzichtet werden und es wird stattdessen die relative Häufigkeit verglichen.
- Die Anzahl der Neuprojekte wächst von gegenwärtig 12% auf zukünftig 28% und die Anzahl der Bestandsprojekte reduziert sich von gegenwärtig 47% auf zukünftig 27%.
- Dies ist ein Hinweis darauf, dass Assistenzsysteme zunehmend bei der Planung und Erst-Inbetriebnahme von Montagesystemen Berücksichtigung finden werden.

## Ergebnis

**Welche Assistenzsysteme finden gegenwärtig in ihrer Montage Anwendung?**

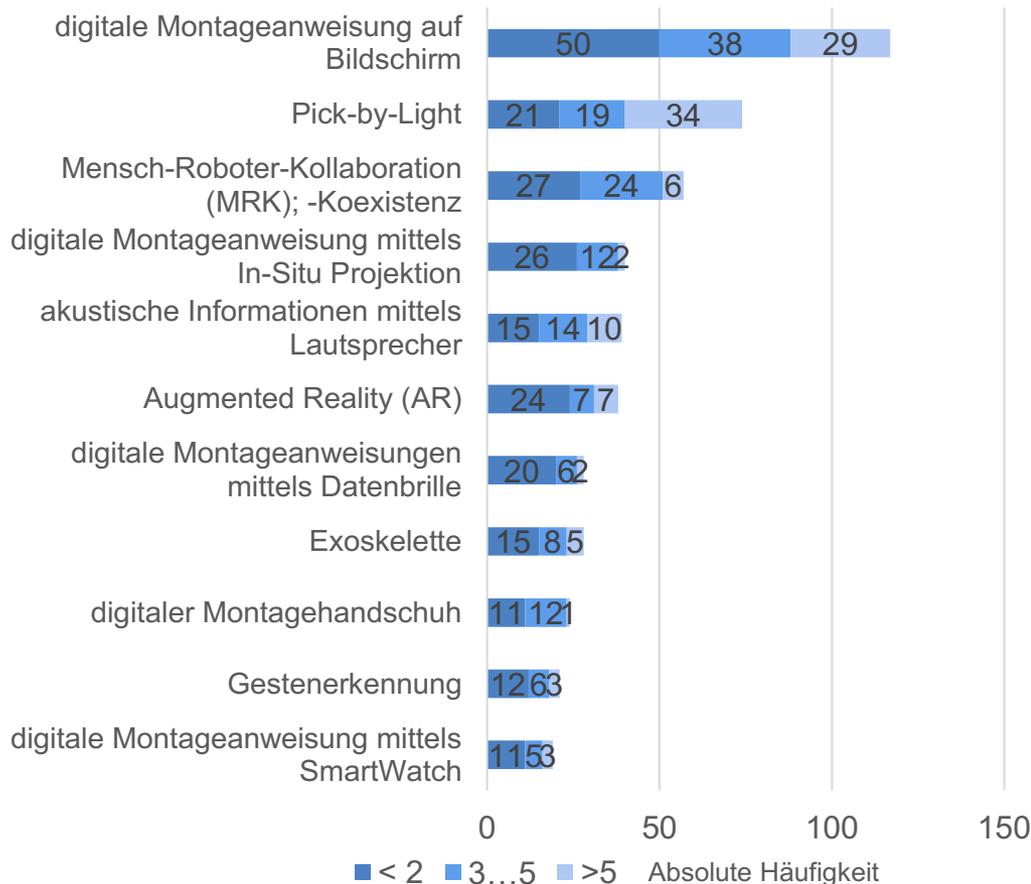


## Aussagen

- Für die 11 angebotenen Technologien gibt es 485 Nennungen für die gegenwärtig im Einsatz befindlichen Assistenzsysteme bzw. 3,1 Nennungen pro Studienteilnehmer.
- Der Mittelwert der Verteilung liegt bei 44. Überdurchschnittlich viele Nennungen erfahren digitale Montageanweisungen auf Bildschirmen, pick- by- light- Systeme und die Mensch- Roboter- Kollaboration bzw. -koexistenz (MRK).

## Ergebnis

Welche Assistenzsysteme finden seit wann Anwendung in Ihrer Montage ?



## Aussagen

- Die Verteilungen der Nennungen über den Anwendungszeitraum ergibt, dass 232 Anwendungen (48%) erst seit maximal 2 Jahren in Verwendung sind, 151 (31%) mehr als 2 und weniger als 5 Jahren und 101 Anwendungen (21%) seit mehr als 5 Jahren.
- Exponiert im Zeitraum über 5 Jahre sind pick- by- light- Systeme (34) und digitale Montageanweisungen bereitgestellt auf Bildschirmen in der Montage (29).
- Die Einführung von digitalen Montageanweisungen mittels Bildschirmen hat auch in den letzten 2 Jahren eine exponierte Stellung (50 von 232 Nennungen) eingenommen, darüber hinaus fanden alle anderen assistierenden Technologien Anwendung.

## Ergebnis

Welche Assistenzsysteme sollen zukünftig in ihrer Montage Anwendung finden?

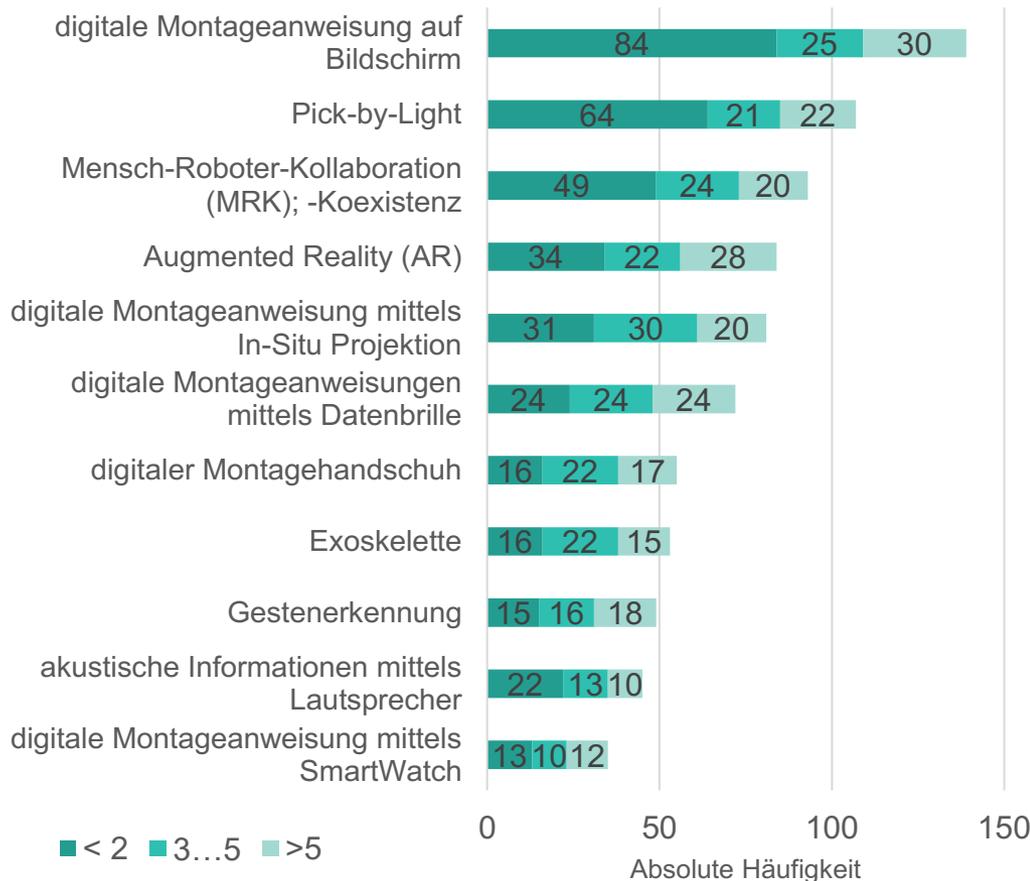


## Aussagen

- Die Anzahl der Nennungen bei zukünftigen Anwendungen liegt bei 813 Nennungen bzw. 5,2 Nennungen pro Studienteilnehmer. Der Mittelwert der Verteilung beträgt 74.
- Digitale Montageanweisungen mittels Bildschirm, pick-by-light-Systeme, MRK, Augmented Reality und digitale Montageanweisungen mittels Projektion werden überdurchschnittlich häufig genannt.
- Der Variationskoeffizient sinkt von der gegenwärtigen Verteilung von 0,63 zur zukünftigen Verteilung auf 0,4. Die Verteilung wird gleichmäßiger bzw. die gegenwärtig weniger verbreiteten Assistenzsysteme gewinnen an Bedeutung.
- Die stärksten absoluten und relativen Zuwächse haben:
  - Augmented Reality ( $\Delta$  46; 121%)
  - Datenbrille ( $\Delta$  44; 157%)
  - In-situ Projektion ( $\Delta$  41; 103%)
  - Dig. Mo.-handschuh ( $\Delta$  31; 129%)
  - Gestenerkennung ( $\Delta$  28; 133%)

## Ergebnis

**Welche Assistenzsysteme möchten Sie wann in ihrer Montage einführen?**

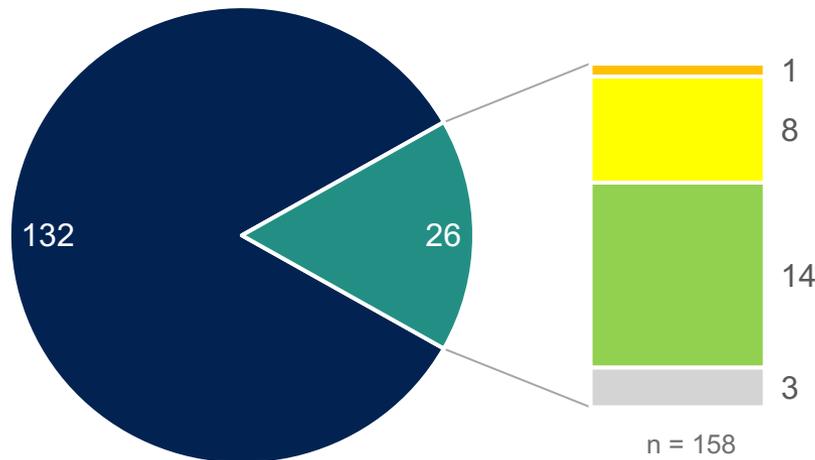


## Aussagen

- Die Verteilungen über den geplanten Inbetriebnahme Zeitpunkt künftiger digitaler Technologien in der Montage ergibt
  - ≤2 Jahren: 368 Nennungen (45%)
  - 3...5 Jahre: 229 Nennungen (28%)
  - > 5 Jahre: 216 Nennungen (27%)
- Die Vorschau über die Technologien, die in 5 Jahren oder später in der Montage Anwendung finden könnten ergibt eine Verschiebung zu Augmented Reality und zum Einsatz der Datenbrille.

## Ergebnis

**Gibt es Hinweise auf weitere technische Ausprägungen von Assistenzsystemen in der Montage?**



- ausgewählte Assistenzsysteme im Einsatz
- keine der angebotenen Assistenzsysteme im Einsatz, aber Umfang der gegenwärtigen Anwendung digitaler Technologien wird beschrieben als "an der Mehrheit der Arbeitsplätze"
- keine der angebotenen Assistenzsysteme im Einsatz, aber Umfang der gegenwärtigen Anwendung digitaler Technologien wird beschrieben als "an wenigen bzw. einzelnen Arbeitsplätzen"
- keine der angebotenen Assistenzsysteme im Einsatz, aber Umfang der gegenwärtigen Anwendung digitaler Technologien wird beschrieben als "an keinem Arbeitsplatz"

## Aussagen

- Unter der Nennung digitaler Technologien geben 26 von 158 Studienteilnehmer keine dieser 11 angebotenen Assistenzsysteme in der betrieblichen Montage im Einsatz zu haben
- 14 von diesen 26 Teilnehmern geben bei der Frage zum Umfang des Einsatzes digitaler Technologien „an keinem Arbeitsplatz an“
- 8 Studienteilnehmer geben Assistenzsystem als an wenigen bzw. einzelnen Arbeitsplätzen in der Montage als im Einsatz befindlich an, 1 Studienteilnehmer sogar als an der Mehrheit der Arbeitsplätze
- Es ist zu vermuten, dass es weitere digitale Technologien in der Montage gibt, die hier nicht abgefragt wurden.

<b>V. Stand und Entwicklung der Digitalisierung in der Montage</b>	<b>28</b>
1. Bedeutung der Digitalisierung	29
2. Strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung	30
3. Umfang der Digitalisierung in der Montage	32
4. Ziele der Digitalisierung in der Montage	33
5. Digitale Technologien in der Montage	43
6. Digitalisierung und Montageorganisation	48
<b>VI. Stand und Entwicklung von Assistenzsystemen in der Montage</b>	<b>51</b>
1. Bedeutung von Assistenzsystemen in der Montage	52
2. Umfang von Assistenzsystemen in der Montage	53
3. Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage	55
4. Integration von Assistenzsystemen	67
5. Digitale Technologien als Assistenzsysteme	69
<b>VII. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema</b>	<b>74</b>
<b>VIII. Fazit aus den Studienergebnissen</b>	<b>76</b>
<b>IX. Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>X. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft</b>	<b>83</b>

## Rückmeldungen zur Studie

- 77 Studienteilnehmer haben ihre E- Mail – Adresse hinterlassen und möchten über die Ergebnisse der Studie ausdrücklich informiert werden.
- 33 Studienteilnehmer haben eine persönliche Rückmeldung gegeben, davon bezeichneten 27 die Studie als interessant und 3 lobten die gestiftete Spende.
- 4 Studienteilnehmer haben auf besondere Aspekte bzw. persönliche Schnittmengen mit dem Thema aufmerksam gemacht und werden nachfolgend zitiert:
- *„[...] allerdings aus der Perspektive des Sondermaschinenbaus mit beginnender Modularisierung. [...]“*
- *„[...] Gerade über die Coronazeit haben digitale Assistenzsysteme einen spürbaren Schub erhalten, wie ich letztes Jahr auf der Motek, im Kontext zu der letzten vor Corona, erleben durfte. Besonders im Mittelstand sehe ich, dass Investitionen in diese Systeme nicht getätigt werden, da entweder der Überblick über die Möglichkeiten fehlt oder die digitale Infrastruktur noch nicht vorhanden ist, um die Potentiale vollumfänglich auszuschöpfen. Daher freue ich mich sehr auf die Ergebnisse der Studie. [...]“*
- *„Für uns ist das ein sehr aktuelles Thema, da wir gerade ein visuelles Qualitätssicherungssystem, welches die Mitarbeiter in ihren Montageprozessen unterstützen soll, implementieren. [...]“*
- *„[...] gerade in der derzeitigen Lage mit Mitarbeiterfluktuation und Mitarbeitermangel generell ist das ein interessantes Gebiet. [...]“*

<b>V. Stand und Entwicklung der Digitalisierung in der Montage</b>	<b>28</b>
1. Bedeutung der Digitalisierung	29
2. Strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung	30
3. Umfang der Digitalisierung in der Montage	32
4. Ziele der Digitalisierung in der Montage	33
5. Digitale Technologien in der Montage	43
6. Digitalisierung und Montageorganisation	48
<b>VI. Stand und Entwicklung von Assistenzsystemen in der Montage</b>	<b>51</b>
1. Bedeutung von Assistenzsystemen in der Montage	52
2. Umfang von Assistenzsystemen in der Montage	53
3. Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage	55
4. Integration von Assistenzsystemen	67
5. Digitale Technologien als Assistenzsysteme	69
<b>VII. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema</b>	<b>74</b>
<b>VIII. Fazit aus den Studienergebnissen</b>	<b>76</b>
<b>IX. Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>X. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft</b>	<b>83</b>

- Die Herausforderungen in der Montage bestehen in der **Steigerung der Komplexität** beispielsweise durch zunehmende Bedarfsschwankungen und eine Steigerung der Produktvarianz, überlagert mit Preisdruck im internationalen Wettbewerb. Der schon bestehende **Fachkräftemangel** bleibt auch zukünftig bestehen und wird sich verschärfen durch einen **Anstieg des Durchschnittsalters der Montagemitarbeiter** und durch die **Zunahme von Sprachbarrieren** aufgrund einer ansteigenden Arbeitsmigration.
- **Was bedeutet die Digitalisierung in der Montage?**
  - Die Digitalisierung wird als wichtig und sinnvoll zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit eingeschätzt.
  - Die Ziele der Digitalisierung in der Montage umfassen sowohl Verbesserungen der Qualität und der Produktionsprozesse, als auch die direkte Verbesserung der wirtschaftlichen Situation. Die gegenwärtigen und auch zukünftig Top3- Ziele sind die Steigerung der Produktqualität bzw. die Reduzierung der Arbeitsfehler und die Steigerung der Arbeitsproduktivität. Die Reduzierung der Montagekosten durch den Einsatz digitaler Technologien wird zukünftig an Bedeutung gewinnen. Nachfolgende überdurchschnittlich wichtige Ziele sind die Reduzierung der Durchlaufzeit, die Senkung der Montagestückzeit und die Nutzung und Sicherung des Wissens der Montagemitarbeiter. Die Ziele betreffend des Zusammenwirkens von digitalen Technologien in der Montage mit der vorhandenen Montagetechnik (Instandhaltung, Rüstzeit, Verfügbarkeit) werden als nachrangig eingeschätzt.
  - Die Zielerreichung wird für die qualitätsorientierten Ziele der Steigerung der Produktqualität bzw. der Reduzierung der Arbeitsfehler als eher erreicht eingeschätzt, alle weiteren Ziele werden als eher nicht erreicht eingeschätzt. Gewisse Merkmale des Unternehmens oder der Montage zeigen einen Einfluss auf die Zielerreichung bei der Einführung digitaler Technologien in der Montage. Eine vorhandene automatisierte bzw. digitale Landschaft, d.h. eine teil- automatisierte Montage, eine vollumfängliche strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage und eine schon mehrheitlich vorhandene Verbreitung digitaler Technologien in der Montage führen zu einer höheren Einschätzung der Zielerreichung bei den Studienteilnehmer. Die Studienteilnehmer aus der Elektro- und Automobilindustrie schätzen die Zielerreichung in ihren Unternehmen höher ein als Studienteilnehmer aus dem Maschinenbau.
  - Die am weitesten verbreiteten digitalen Technologien in der Montage sind gegenwärtig und bleiben auch zukünftig Lokalisierungs- und Identifikationstechnologien, Assistenzsysteme und der 3D- Druck.
  - Es gibt in den Antworten der Studienteilnehmer Hinweise darauf, dass die zur Auswahl angebotenen digitalen Technologien nicht vollständig sind und es darüber hinausgehend weitere digitale Technologien gibt.

## ▪ **Wie entwickelt sich Digitalisierung in der Montage?**

- Die strategische Auseinandersetzung vollzieht sich gegenwärtig in den meisten Unternehmen nur anteilig, aber nicht vollumfänglich. Es gibt einen Bedarf den Grad der strategischen Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in der Montage zu steigern. Die Gruppe der Studienteilnehmer (10 von 158), die als Geschäftsführer oder Vorstände tätig sind bestätigen diesen Bedarf ebenfalls.
- Der Umfang von Arbeitsplätzen in der Montage, an denen digitale Technologien Verwendung finden, wird steigen. Gegenwärtig sind Teile der Montagen mit digitalen Technologien ausgestattet, zukünftig könnte dies nahezu alle, zumindest die Mehrheit der Arbeitsplätze in der Montage umfassen. Dies bestätigt auch die steigende Anzahl von Nennungen von zukünftigen digitalen Technologien relativ zu den schon vorhandenen digitalen Technologien. Bereits in den nächsten zwei Jahren gehen zahlreiche Studienteilnehmer von einer Steigerung der technologischen Breite der digitalen Technologien in der Montage aus.
- In Zusammenhang mit der Digitalisierung in der Montage wird es zu Änderungen in der Montageorganisation kommen. Die Studienteilnehmer sehen eine relevante Reduzierung der Platzmontage und eine Steigerung der kombinierten Fließmontage.

- **Wie ist der aktuelle Stand von Assistenzsystemen in der Montage?**
  - Die Anwendung von Assistenzsystemen in der Montage wird von den Studienteilnehmern als wichtig und sinnvoll zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit.
  - Die Ziele für den Einsatz von Assistenzsystemen in der Montage sind ähnlich denen digitaler Technologien im Allgemeinen. Die exponiertesten Ziele sind gegenwärtig und zukünftig die Verbesserung der Produktqualität bzw. die Reduzierung von Arbeitsfehlern und die Steigerung der Produktivität. Nachfolgende gegenwärtige und zukünftige Ziele sind die Reduzierung der Anlernzeit neuer Mitarbeiter, die Senkung der Montagekosten und die Verbesserung der Ergonomie. Die Ziele in Zusammenhang mit der Anlagentechnik in der Montage, beispielsweise Steigerung von Verfügbarkeiten, Reduzierung von Rüstzeiten und Reduzierung von Instandhaltungskosten sind nachrangig.
  - Das Ziel der Reduzierung der Arbeitsfehler wird als eher erreicht eingeschätzt, während alle anderen Ziele von den Studienteilnehmern als eher nicht erreicht eingeschätzt werden. Es zeigen sich ähnlich der digitalen Technologien Merkmale, die einen Einfluss auf die Zielerreichung haben. Neben der strategischen Auseinandersetzung mit der Digitalisierung, dem Umfang der bereits in der Montage vorhandenen Assistenzsysteme und dem Automatisierungsgrad zeigen sich mengenabhängige Merkmale, wie das Schichtregime und der Fertigungstyp, d.h. die von den Studienteilnehmern eingeschätzte Zielerreichung steigt mit dem Seriencharakter und einer Ausweitung des Schichtregimes an.
  - Die gegenwärtig und zukünftig etabliertesten Technologien sind die digitale Montageanweisung mittels Bildschirm, pick-by-light und die Mensch- Roboter- Kollaboration.
  - Es gibt in den Antworten der Studienteilnehmer Hinweise darauf, dass die zur Auswahl angebotenen Assistenzsysteme nicht vollständig sind und es darüber hinausgehend weitere Assistenzsysteme gibt.

- **Wie entwickeln sich Assistenzsystemen in der Montage?**

- Gegenwärtig sind Assistenzsysteme in den meisten Unternehmen an wenigen oder sogar keinen Arbeitsplätzen in der Montage in Anwendung. Zukünftig werden an der Mehrzahl der Arbeitsplätze in den Montagen Assistenzsysteme im Einsatz sein.
- Der Trend bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage geht von Bestands- zu Neuprojekten, d.h. es ist davon auszugehen, dass Assistenzsysteme zunehmend bei neu zu implementierenden Montagesystemen schon vorzusehen und in der Planung zu berücksichtigen sind.
- Alle abgefragten Technologien von Assistenzsystemen werden ihre Verbreitung bzw. ihren Einsatz in der Montage zukünftig steigern.

<b>V. Stand und Entwicklung der Digitalisierung in der Montage</b>	<b>28</b>
1. Bedeutung der Digitalisierung	29
2. Strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung	30
3. Umfang der Digitalisierung in der Montage	32
4. Ziele der Digitalisierung in der Montage	33
5. Digitale Technologien in der Montage	43
6. Digitalisierung und Montageorganisation	48
<b>VI. Stand und Entwicklung von Assistenzsystemen in der Montage</b>	<b>51</b>
1. Bedeutung von Assistenzsystemen in der Montage	52
2. Umfang von Assistenzsystemen in der Montage	53
3. Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage	55
4. Integration von Assistenzsystemen	67
5. Digitale Technologien als Assistenzsysteme	69
<b>VII. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema</b>	<b>74</b>
<b>VIII. Fazit aus den Studienergebnissen</b>	<b>76</b>
<b>IX. Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>X. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft</b>	<b>83</b>

- Bibliographisches Institut GmbH (2021): Duden - Assistenz. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Assistenz>. Zuletzt geprüft am 21.06.2021.
- Bischoff, J. (2015): Erschließen der Potenziale der Anwendung von "Industrie 4.0" im Mittelstand, Mülheim an der Ruhr.
- Eversheim, W. (1989): Organisation in der Produktionstechnik, Bd. 4 Teilefertigung und Montage , 2. Auflage, Düsseldorf: VDI- Verlag
- Großberndt, H. (1988): Die automatisierte Montage mit Schrauben, Ehningen bei Böblingen : expert-Verlag
- Hajek, N. (2019): Einsatz von Exoskeletten als Assistenzsystem in der Produktion. Eine Marktanalyse industrieller Exoskelette. Diplomarbeit, Wien.
- Hold, P. (2020): Vorgehensmodell zur Planung und Evaluierung digitaler Assistenzsysteme in der Montage. Dissertation, Wien.
- Kellner, F./ Lienland, B./ Lukesch, M. (2022): Produktionswirtschaft. Planung, Steuerung und Industrie 4.0, 3. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Gabler
- Lotter, B., Wiendahl, HP. (2006) Montage in der industriellen Produktion. VDI-Buch. Berlin, Heidelberg: Springer
- Mockenhaupt, A. (2021). Grundlagen der Digitalisierung und Industrie 4.0. In: Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion. Wiesbaden: Springer Vieweg,
- Pistorius, J. (2020). Industrie 4.0 – Schlüsseltechnologien für die Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg,
- Schnell, R./Hill, P. B./Esser, E. (2013): Methoden der empirischen Sozialforschung, 10. überarbeitete Auflage, München: Oldenbourg Verlag.
- Thommen, J./ Achleitner, A./ Gilbert, D. / Hachmeister, D./ Jarchow, S. / Kaiser, G. (2020): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht, 9. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Gabler
- VDI (2013): VDI 2510 Blatt 2:2013-12 Fahrerlose Transportsysteme (FTS) Sicherheit von FTS, Automated guided vehicle systems (AGVS) Safety of AGVS, Berlin: Beuth Verlag
- VDI (1990): VDI 2860 Montage- und Handhabungstechnik Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole, Berlin: Beuth Verlag
- Yin, R. (2014): Case Study Research, 5. Aufl., Thousand Oaks: Sage.

## Lehrstuhlinhaber



Univ.-Prof. Dr. habil.  
**Herwig Winkler**

T: +49 (0)355 69 4120  
E: [winkler@b-tu.de](mailto:winkler@b-tu.de)

## Kontakt:

BTU Cottbus-Senftenberg  
Lehrstuhl für Produktionswirtschaft  
Siemens-Halske-Ring 6  
03046 Cottbus

## Projektansprechpartner



Dipl.-Ing.  
**Mathias König**

T: +49 (0)157 58727259  
E: [mathias.koenig@b-tu.de](mailto:mathias.koenig@b-tu.de)

T: +49 (0)355 69-4089  
F: +49 (0)355 69-4091  
E: [winkler@b-tu.de](mailto:winkler@b-tu.de)  
I: [www.b-tu.de/fg-produktionswirtschaft](http://www.b-tu.de/fg-produktionswirtschaft)

<b>V. Stand und Entwicklung der Digitalisierung in der Montage</b>	<b>28</b>
1. Bedeutung der Digitalisierung	29
2. Strategische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung	30
3. Umfang der Digitalisierung in der Montage	32
4. Ziele der Digitalisierung in der Montage	33
5. Digitale Technologien in der Montage	43
6. Digitalisierung und Montageorganisation	48
<b>VI. Stand und Entwicklung von Assistenzsystemen in der Montage</b>	<b>51</b>
1. Bedeutung von Assistenzsystemen in der Montage	52
2. Umfang von Assistenzsystemen in der Montage	53
3. Ziele bei der Einführung von Assistenzsystemen in der Montage	55
4. Integration von Assistenzsystemen	67
5. Digitale Technologien als Assistenzsysteme	69
<b>VII. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema</b>	<b>74</b>
<b>VIII. Fazit aus den Studienergebnissen</b>	<b>76</b>
<b>IX. Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>X. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft</b>	<b>83</b>

## Robustheit in Produktionssystemen aus Sicht der industriellen Praxis

Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft Band 5

## Untersuchung von Hindernissen zur Digitalisierung in der industriellen Produktion

Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft Band 4

## Untersuchung des Status quo betrieblicher Entscheidungsunterstützungssysteme im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung

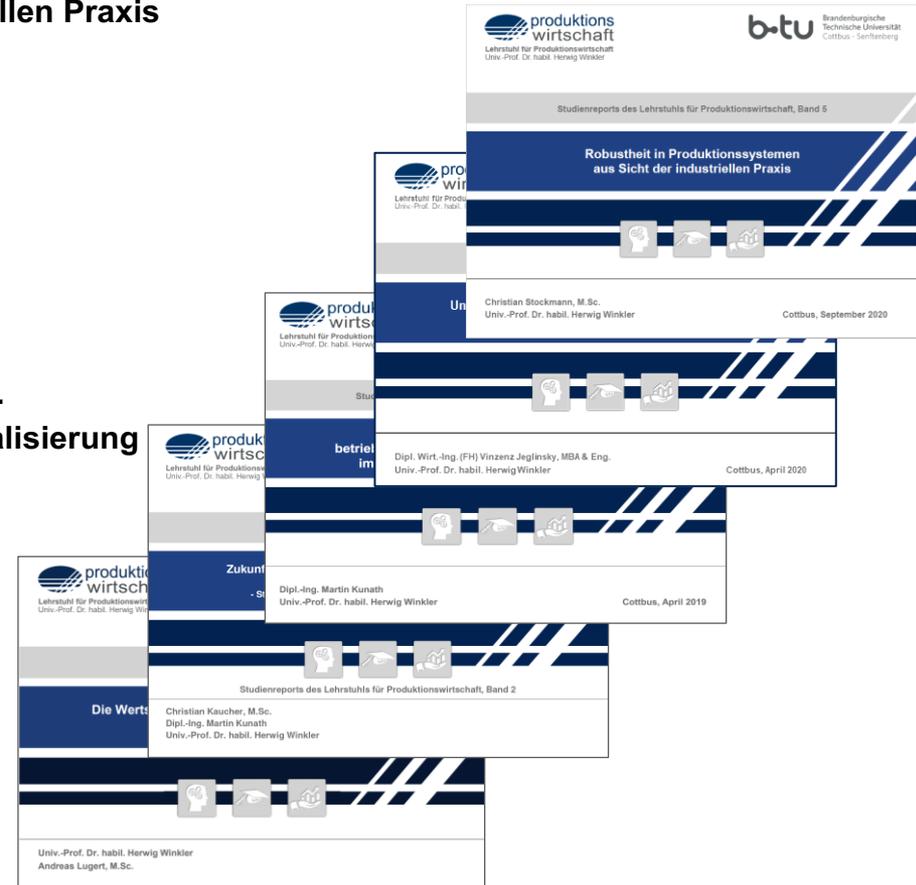
Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft Band 3

## Zukunft elektrochemischer Speicher für Hybridantriebe - Studienreport am Beispiel von Hybridrangierlokomotiven

Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft Band 2

## Die Wertstrommethode im Zeitalter von Industrie 4.0

Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft Band 1



Link zum Downloadbereich des Lehrstuhls: <https://www.b-tu.de/fg-produktionswirtschaft/downloads>

- Als Anreiz zur Studienteilnahme wurde je ausgefülltem Fragebogen eine Spende in Höhe von 2,- Euro an das Kinder- und Jugendhospiz in Halle in Aussicht gestellt. Es wurden insgesamt 158 Fragebögen vollständig beantwortet, was insgesamt zu einem Spendenbetrag von 316,- Euro führt. Der Betrag wurde von Mathias König auf 500,- Euro aufgerundet.



**Onlinekonto**  
DE29 8005 3762 0478 0640 19

## Zusammenfassung Ihres Auftrags

Empfänger  
Ambulantes Kinder- und Jugendhospiz Halle gGmbH  
DE94 8102 0500 0001 7065 01  
Bank für Sozialwirtschaft

Betrag  
500,00 EUR

Verwendungszweck  
-

Ausführung  
21.12.2022 (Standard)

- Wir bedanken uns sehr herzlich bei allen Unterstützern!