

Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 9

Die Produktionssteuerung im digitalen Zeitalter aus Sicht der industriellen Praxis



Impressum

Schmid, Stefan / Winkler, Herwig: Die Produktionssteuerung im digitalen Zeitalter aus Sicht der industriellen Praxis

Schriftenreihe: Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 9

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
IKMZ – Universitätsbibliothek

Cottbus, 15. September 2023

DOI: <https://doi.org/10.26127/BTUOpen-6500>

Lehrstuhlinhaber



Univ.-Prof. Ing. Mag. Dr.
Herwig Winkler

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

Projektansprechpartner



Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Stefan Schmid

T: +49 (0)175 5924051
E: stefan.schmid@b-tu.de

Besucheranschrift:

 BTU Cottbus-Senftenberg
Lehrstuhl für Produktionswirtschaft
Forschungszentrum 3H
Konrad-Wachsmann-Allee 13
03046 Cottbus

 +49 (0)355 69-4089
Fax  +49 (0)355 69-4091
 www.b-tu.de/fg-produktionswirtschaft

Die fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung revolutionieren aktuell zahlreiche Prozesse und Branchen in der Wirtschaft. Insbesondere die Produktionsindustrie erfährt einen tiefgreifenden Wandel durch den Einsatz digitaler und vernetzter Systemkomponenten. Der Produktionssteuerung, die traditionell auf bewährten Methoden und Erfahrungswerten beruht, stehen durch intelligente Technologien, wie der Künstlichen Intelligenz, völlig neue Möglichkeiten zur Verfügung. Die Fähigkeit von Künstlicher Intelligenz, große Datenmengen in Echtzeit zu verarbeiten und daraus Entscheidungen auf Knopfdruck abzuleiten, eröffnet der Produktionssteuerung neue Perspektiven.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, gegenwärtige Herausforderungen sowie die notwendige Unterstützung der Entscheidungsträger im Produktionsumfeld zu untersuchen. Zudem sollen der Bedarf und die Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung sowie die Einsatzmöglichkeiten von Künstlicher Intelligenz im industriellen Umfeld transparent gemacht werden.

Mit unserer Studie sollen die folgenden fünf Fragestellungen zur Weiterentwicklung der Produktionssteuerung im digitalen Zeitalter aus Sicht der Praxis geklärt werden:

- *Was sind gegenwärtige Herausforderungen der Produktion und Einflüsse auf das Produktionssystem?*
- *Was ist der Status quo von IT-Systemen zur Unterstützung der Entscheidungsträger in der Produktionssteuerung?*
- *Welche Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung werden benötigt?*
- *Welche Anforderungen gibt es hinsichtlich des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung?*
- *Wie sollte der Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion aussehen?*

Die hohe Beteiligung sowie die durchwegs positiven Rückmeldungen bescheinigen uns, dass die Studie ein aktuelles und relevantes Thema aufgreift, das insbesondere vor dem Hintergrund globaler Herausforderungen wichtiger denn je erscheint.

An dieser Stelle möchten wir uns bei den 125 Studienteilnehmern bedanken und hoffen, dass unsere Arbeit auf ein breites Interesse bei der Leserschaft stößt. Für einen vertiefenden fachlichen Austausch stehen wir jederzeit gerne zur Verfügung.

Univ.-Prof. Ing. Mag. Dr. Herwig Winkler
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Stefan Schmid

Vorwort	4
Executive Summary	9
I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie	10
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	11
2. Stand der Forschung und Motivation	14
II. Design der vorliegenden Studie	15
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	16
2. Aufbau des Online-Fragebogens	17
3. Durchführung der Datenerhebung	18
III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe	19
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	20
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	21
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	22
4. Fertigungsart im Unternehmen und Position der Studienteilnehmer	23
5. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	24

IV. Grundlegende Fragen zur Produktionsorganisation	25
1. Zuordnung des Auftragsabwicklungstyp	26
2. Einschätzung des aktuellen Automatisierungsgrades	27
3. Bewertung des Autonomiegrades der Produktionsmitarbeiter	28
V. Herausforderungen der Produktion und Einflüsse des Produktionssystem	29
1. Gegenwärtige Herausforderungen der Produktion	30
2. Einflüsse auf das Produktionssystem hinsichtlich Effizienzbeeinträchtigung	31
3. Priorisierung der Zielgrößen in Bezug zum Produktionssystem	32
VI. Status quo von IT-Systemen zur Unterstützung der Entscheidungsträger	33
1. Vorhandene Systeme zur Produktionssteuerung	34
2. Bewerten der aktuell eingesetzten Systeme	35
3. Unterstützung der täglichen Arbeit durch die Systeme	36
4. Leistungserbringung der Systeme hinsichtlich der täglichen Arbeit	37
5. Behinderungen durch Systeme in Ihrer täglichen Arbeit	38
6. Herausforderungen der Produktionssteuerung	39
VII. Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung	41
1. Verfahrensweise und Analyseschritte	42
2. Bereitstellung von Systemfunktionalitäten	43
3. Unterstützung hinsichtlich der Analysefähigkeit	45
4. Bedarf hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung	46

VIII. Anforderungen des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung	48
1. Gründe zur Weiterentwicklung der Produktionssteuerung um KI-Anwendungen	49
2. Nutzung der Künstliche Intelligenz zur Erweiterung der Produktionssteuerung	50
3. Einsatz der Künstliche Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung	51
4. Absicht der Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz	52
5. Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz	53
6. Zielgrößenerreichung durch Integration von Künstlicher Intelligenz	54
7. Schwächen der Künstlichen Intelligenz	55
IX. Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion	57
1. Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion um Künstliche Intelligenz	58
2. Ausgestaltung der Künstliche Intelligenz in der Mensch- Maschine-Interaktion	59
3. Präsenz der Künstliche Intelligenz innerhalb der Mensch-Maschine-Interaktion	60
4. Auswirkung der um Künstliche Intelligenz erweiterte Mensch-Maschine-Interaktion	61
5. Nutzen der Verbindung der Mensch-Maschine-Interaktion und Künstlicher Intelligenz	62
6. Herausforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion mit Künstlicher Intelligenz	63
X. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema	64

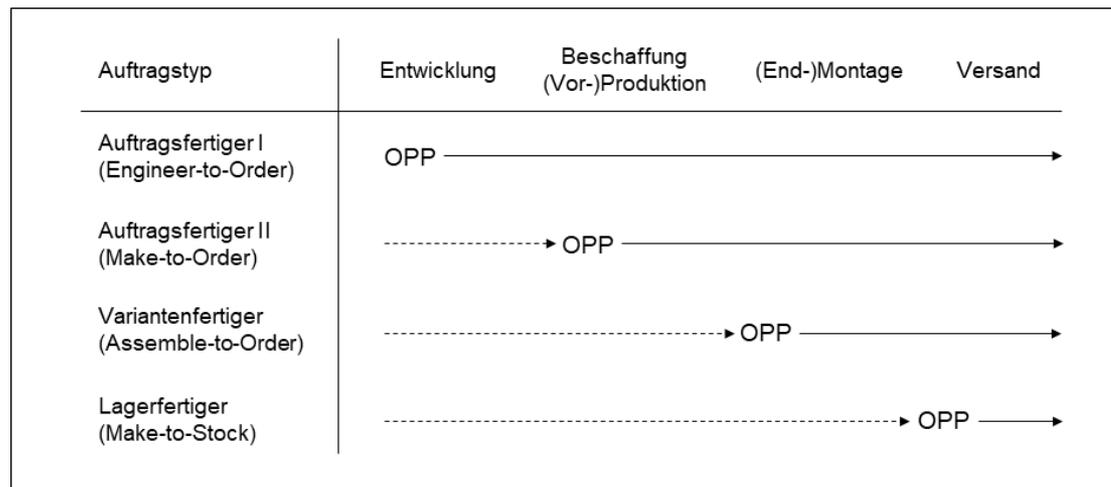
XI. Clusteranalyse zur Entscheidungsunterstützung	66
1. Clusteranalyse Systemfunktionalität	67
a) Aufbau der Clusteranalyse	67
b) Ermittlung der Clusteranzahl	68
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	69
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	70
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	72
f) Verteilungen in den Clustern	74
2. Clusteranalyse Analysefähigkeit	78
a) Aufbau der Clusteranalyse	78
b) Ermittlung der Clusteranzahl	79
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	80
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	81
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	83
f) Verteilungen in den Clustern	85
3. Clusteranalyse Entscheidungsunterstützung	89
a) Aufbau der Clusteranalyse	89
b) Ermittlung der Clusteranzahl	90
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	91
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	92
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	94
f) Verteilungen in den Clustern	96
4. Zusammenfassung der Clusteranalyse	100
XII. Fazit aus den Studienergebnissen	101
XIII. Literaturverzeichnis	105
XIV. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft	108

Kernaussagen der Studie

- Im Zeitraum von **März bis Juni 2023** wurde vom Lehrstuhl für Produktionswirtschaft der BTU Cottbus-Senftenberg die Studie mit dem Titel „**Die Produktionssteuerung im digitalen Zeitalter**“ als Online-Umfrage durchgeführt. **125 Personen** mit operativen, planerischen und strategischen Funktionen in der Produktion oder des produktionsnahen Umfeldes beantworteten den Fragebogen.
- Die Studie zeigt, dass bei vielen Praktikern **ein sehr klares Bild vorherrscht, was die Produktionssteuerung der Zukunft leisten muss.**
- Die **Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz** wird in sehr starkem Maße als **sinnvoll erachtet**, um die Effizienz am Shop-Floor bei hoher Komplexität der Leistungsprozesse auch in Zukunft aufrechtzuerhalten.
- Die ausgewerteten Daten zeigen, dass die aktuellen Systeme der Produktionssteuerung die Nutzer nicht in dem Ausmaß unterstützen, wie es erwartet wird. Die Nutzer sind gefordert, ihr **Wissen** und ihre **Kompetenzen** einzusetzen, um **funktionale Defizite** der Anwendungen **zu kompensieren.**
- Die **Kooperation von Mensch und KI** in der Produktionssteuerung wird als sinnvoll angesehen. Dabei wird eine Kombination aus menschlicher Arbeit und KI-Unterstützung bevorzugt, während eine vollautonome KI seltener favorisiert wird. Die Studienergebnisse zeigen eine **wachsende Zustimmung und Offenheit** für den Einsatz von KI als Werkzeug in der Produktionssteuerung, **jedoch unter menschlicher Aufsicht und Beteiligung.**
- Die **Herausforderungen der Integration** von Künstlicher Intelligenz in die Mensch-Maschine-Interaktion umfassen **technische und soziale Aspekte.** Um diesen Herausforderungen zu begegnen, sind **geeignete Lösungsansätze notwendig**, wie die Entwicklung sicherer Schnittstellen, robuste Datenschutzmaßnahmen aber auch **Nutzerakzeptanzförderung durch Aufklärung und Schulung.**
- Innerhalb eines **hybriden Rahmens**, wo der Mensch mit der KI arbeitet, müssen **klare Regeln für die Interaktion** definiert werden. Die KI soll die menschliche Entscheidungsfindung interaktiv unterstützen, neue Perspektiven bieten und alternative Vorschläge unterbreiten.
- Insgesamt betonen die Ergebnisse der Umfrage die Bedeutung von **Sicherheit, Transparenz, Kontrolle** und die **Validierung von KI-Entscheidungen durch menschliche Akteure.** Es zeigt sich, dass die **Kombination von Mensch und KI** nicht nur technologische Vorteile bietet, sondern auch dazu beitragen kann, nachhaltig wirtschaftlichere Ergebnisse zu erzielen.

Vorwort	4
Executive Summary	9
I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie	10
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	11
2. Stand der Forschung und Motivation	14
II. Design der vorliegenden Studie	15
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	16
2. Aufbau des Online-Fragebogens	17
3. Durchführung der Datenerhebung	18
III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe	19
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	20
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	21
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	22
4. Fertigungsart im Unternehmen und Position der Studienteilnehmer	23
5. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	24

- Der **Auftragsabwicklungstyp** wird primär durch die Produktionsstrategie des Unternehmens definiert. Die zu unterscheidenden zwei Hauptvarianten sind die kundenauftragsbezogene und kundenanonyme Produktion.¹
- In dieser Studie werden **vier verschiedene Auftragsabwicklungstypen** unterschieden. Zwischen der kundenauftragsbezogenen (**Make-to-Order**) und der kundenanonymen Produktion (**Make-to-Stock**) sind verschiedene Umfänge der Individualisierung auf Grundlage von vorproduzierten Standardkomponenten oder Modulen (**Assemble-to-Order**) möglich. Der letzte Typ, die kundenauftragsbezogene Entwicklung und Produktion (**Engineer-to-Order**), stellt eine Extremform der kundenauftragsbezogenen Produktion dar. Im entsprechenden Fall wird der Produktentwicklungsprozess Teil des Auftragsabwicklungsprozesses.²
- Die **Abgrenzung** der definierten Auftragsabwicklungstypen geschieht durch die Einordnung des Kundenauftragskopplungspunktes, auch **Order Penetration Point (OPP)**,³ in die Phasen der Produktentwicklung, der Materialbeschaffung, der (Vor-)Produktion, der (End-)Montage und dem Versand. Der OPP definiert den Punkt, in welchem ein Produkt zu einem konkreten Kundenauftrag zugeordnet wird.⁴

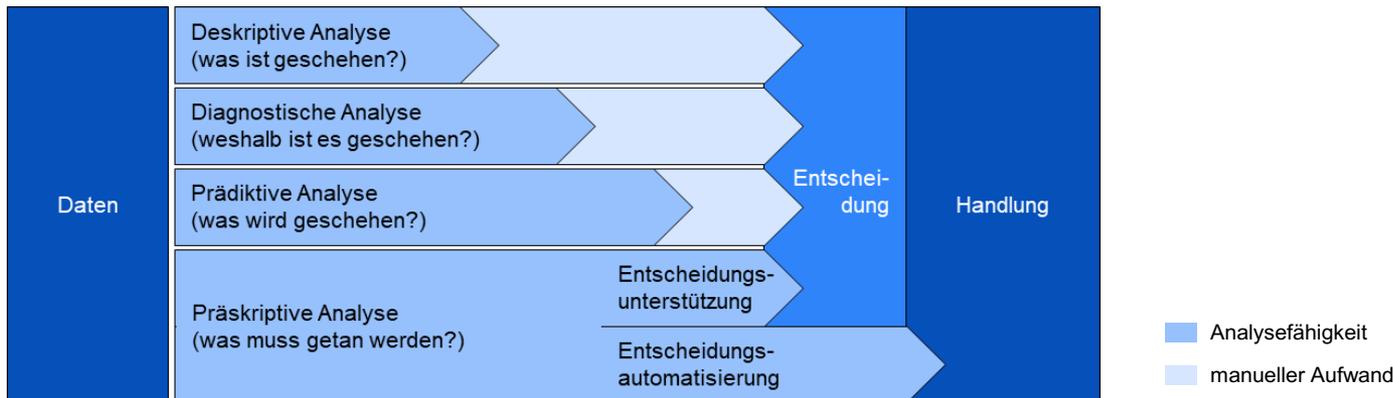


Unterscheidung der Auftragsabwicklungstypen nach dem Order Penetration Point (OPP)⁵

¹ Vgl. Kiener et al. (2012), S. 148 f. ² Vgl. Corsten/Gössinger (2001), S. 100; Kiener et al. (2012), S. 150; Olhager (2003), S. 320

³ Vgl. Corsten/Gössinger (2001), S. 99; Kiener et al. (2012), S. 149 ⁴ Vgl. Olhager (2003), S. 320 ⁵ Quelle: Olhager (2003), S. 320 (modifiziert)

- **Deskriptive Analyse** (was ist geschehen?): Die deskriptive Analyse stellt die grundlegendste Form der Datenanalyse dar. Hierbei werden historische Daten aus verschiedenen Quellen kombiniert, um vergangene Ereignisse zu erläutern. Typische Anwendungsfälle sind unter anderem die Analyse von Maschinen- und Anlagenleistungen.¹
- **Diagnostische Analyse** (weshalb ist es geschehen?): Ähnlich wie die deskriptive Analyse bezieht sich die diagnostische Datenanalyse ausschließlich auf vergangene Ereignisse. Sie geht jedoch über die beschreibende Analytik hinaus, da sie nicht nur die Vergangenheit beschreibt, sondern auch erklärt, warum bestimmte Ereignisse aufgetreten sind. Hierfür werden Daten aus verschiedenen Bereichen miteinander in Beziehung gesetzt, um Korrelationen und Kausalitäten zu veranschaulichen.²
- **Prädiktive Analyse** (was wird geschehen?): Die prädiktive Analyse verbindet aktuelle Daten mit Erkenntnissen aus deskriptiven und diagnostischen Analysen, um zukünftige Ereignisse vorherzusagen. Die Analyse erfolgt mithilfe von Algorithmen, die mit historischen Daten trainiert wurden. Diese Algorithmen verarbeiten kontinuierlich aktuelle Daten und errechnen somit die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Ereignisse.³
- **Präskriptive Analyse** (was muss getan werden?): Diese Methode geht einen Schritt weiter und zielt darauf ab, die Zukunft aktiv zu gestalten, anstatt sie nur zu beschreiben. Verschiedene Szenarien werden simuliert und gegeneinander abgewogen, so dass eine optimierte Entscheidungsfindung stattfinden kann. Die Fähigkeit zur dynamischen und kontinuierlichen Echtzeit-Analyse von Daten erlaubt es, Vorhersagen permanent anzupassen und zu modifizieren.⁴

Das Analyse-Funktions-Modell⁵¹ Vgl. Amann et al. (2020), S. 252-253² Vgl. Amann et al. (2020), S. 252-254³ Vgl. Amann et al. (2020), S. 252-254⁴ Vgl. Amann et al. (2020), S. 251-254⁵ Quelle Kart et al. (2013), S. 4

- Unter einem **Produktionssystem** wird im Rahmen der Studie ein leistungserbringendes Subsystem eines ökonomischen Systems verstanden, das systematisch Input zu Output generiert.¹ Somit kann es sich je nach Betrachtungswinkel um ein ganzes Werk, eine Fertigungslinie oder lediglich einen einzelnen Fertigungs- oder Montageschritt handeln.
- **Flexibilität** beschreibt die Fähigkeit eines Systems, angemessen und effizient auf veränderte Bedingungen in der Produktion antworten zu können.² Im Produktionskontext handelt es sich hierbei insbesondere um Veränderungen der Auftragsituation. Der Fokus liegt dabei vielmehr auf der Reaktion als auf proaktiven Aktivitäten.³
- **Agilität** zielt vor allem auf die Reaktion auf unvorhergesehene Störungen und Veränderungen des Marktes ab.⁴ Im direkten Vergleich zu Flexibilität erlaubt sie eine besonders schnelle Antwort, die v.a. die grundlegende Konfiguration des Systems umfasst.⁵
- **Resilienz** repräsentiert die Fähigkeit eines Systems, schnell nach Störungen wieder in einen stabilen Zustand zurückzukehren.⁶ Sie hat demnach zum Ziel, die Auswirkungen eines negativen Systemeinflusses zu kompensieren.
- **Resistenz** beschreibt die Fähigkeit eines Systems, Störungen gänzlich zu widerstehen.⁷ Dementsprechend kommt es beim Auftreten von Störungsursachen zu keinen Abweichungen der Performance des Systems.
- **Digitalisierung** kann im engeren Sinne als der Prozess der Umwandlung analoger Signale in digitale Daten beschrieben werden.⁸ Darüber hinaus bezieht sich der Begriff Digitalisierung auch auf die vollständige oder teilweise Ersetzung analoger Leistungserbringung durch ein digitales oder computerhandhabbares Modell.⁹
- **Künstliche Intelligenz** (KI, bzw. AI für artificial intelligence) bezeichnet die Fähigkeit von Maschinen, eigenständig intelligente Aufgaben auszuführen, wie zum Beispiel Entscheidungen zu treffen und Probleme zu lösen. Dabei zielt sie darauf ab, menschliche Entscheidungsstrukturen, Problem-solving-Ansätze und Lernprozesse nachzuahmen und mit logischen Prinzipien und rationalen Handlungsweisen zu verbinden.¹⁰

¹ Vgl. Dyckhoff (2006), S. 3 ff. ² Vgl. Jain et al. (2013), S. 5947 ³ Vgl. Luft/Besenfelder, (2014) S. 83 ⁴ Vgl. Sanchez/Nagi (2001), S. 3562

⁵ Vgl. Bernardes/Hanna (2009), S. 37 ff. ⁶ Vgl. Zhan/Luttervert (2011), S. 471; Wreathall (2006), S. 275 ⁷ Vgl. Durach et al. (2015), S. 123

⁸ Vgl. Loebbecke (2006), S. 360 ⁹ Vgl. Wolf/Strohschen (2014), S. 12 ff. ¹⁰ Vgl. Russell/Norvig (2009), S. 1-5

- Zur Bestimmung des Stands der Wissenschaft wurde eine systematische Literaturanalyse durchgeführt. Es sollten dabei die Ergebnisse der Forschung ermittelt sowie bestehende Ansätze untersucht und zusammengefasst werden. Mithilfe der Literaturanalyse konnten die für das spezifische Thema relevanten Quellen identifiziert und berücksichtigt werden.¹
- Die Literaturanalyse zeigt, dass Künstliche Intelligenz bei immer mehr Anwendungen und Applikationen der Produktionssteuerung Einzug hält. Es war ersichtlich dass einerseits eine effiziente Entscheidungsfindung nicht systematisch in das Gesamtkonzept integriert ist und mit der menschlichen Komponente in Interaktion steht. Andererseits ist die Entscheidungshilfe, wenn sie vorhanden ist, zu wenig mit den operativen Produktionsprozessen und Herausforderungen verknüpft, zu komplex in der Handhabung oder zu starr.
- Um den zugehörigen Stand der Praxis bzw. den Status quo abzubilden, wurden Methoden aus dem Bereich der qualitativen Forschung genutzt.² Es wurde dazu ein exploratives Forschungsdesign auf Basis von Experteninterviews angewendet.³ Die ermittelten Ergebnisse finden sich im Artikel „Empirische Befunde zum Status quo industrieller Produktionsmanagementsysteme im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung“ wieder (Empirical Findings on the Status Quo of Industrial Production Management Systems in the Context of Advancing Digitalization).⁴
- Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Experten eine systematische Integration von Künstlicher Intelligenz in die Produktionsleitung grundsätzlich befürworten. Es sollen dabei Möglichkeiten geschaffen werden, eine Partnerschaft zwischen Menschen und intelligenten Maschinen zu fördern. Dabei sollen die Vorteile der industriellen Automatisierung wie Genauigkeit und Geschwindigkeit mit menschlichen Fähigkeiten wie Kreativität, Innovation und kritischem Denken kombiniert werden.
- Aufbauend auf den erlangten Daten und Erkenntnissen wurde ein konzeptionelles Modell entwickelt, um das Produktionssystem effizienter zu nutzen und schneller auf Störungen oder Abweichungen zu reagieren.
- Zur Bestimmung des industriellen Bedarfs sowie Ermittlung der Anforderungen an ein smartes Produktionsmanagementsystem wurde die vorliegende empirische Studie durchgeführt. Es wurde dazu ein deskriptives Forschungsdesign auf Basis von Methoden der quantitativen Forschung angewendet.⁵
- Ziel der Studie ist es, bislang gewonnene Erkenntnisse aus dem wissenschaftlichen Schrifttum und der Befragung von Experten auf der Anbieterseite sowie von Marktspezialisten, um Informationen von aktuellen Nutzern oder potentiellen Anwendern von digitalen Systemen und Technologien der Produktionssteuerung zu ergänzen.

¹ Vgl. Baker (2000), S. 219; vom Brocke et al. (2009), S. 1 ² Vgl. Denzin/Lincoln (2013), S. 17

³ Vgl. Dieckmann (2013), S. 33-34; Helfferich (2014), S. 570-572 ⁴ Vgl. Schmid/Winkler (2023), S. 44-54 ⁵ Vgl. Dieckmann (2013), S. 34

Vorwort	4
Executive Summary	9
I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie	10
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	11
2. Stand der Forschung und Motivation	14
II. Design der vorliegenden Studie	15
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	16
2. Aufbau des Online-Fragebogens	17
3. Durchführung der Datenerhebung	18
III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe	19
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	20
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	21
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	22
4. Fertigungsart im Unternehmen und Position der Studienteilnehmer	23
5. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	24

- Die Forschungsmethoden der empirischen Sozialforschung werden unterschieden in Methoden der **qualitativen Forschung**, bei denen das **Wie** im Vordergrund steht, und Methoden der **quantitativen Forschung**, die insbesondere Kausalzusammenhänge messbar machen und analysieren wollen und deshalb nach dem *Wieviel* fragen.¹
- Generell existieren zahlreiche verschiedene Methoden der empirischen Sozialforschung. Im Gegensatz zu anderen gängigen Methoden zeichnet sich die **Umfrage** jedoch dadurch aus, dass sie für einen aktuellen Sachverhalt geeignet ist, der vom Forscher nicht beeinflusst werden kann und bei der Beantwortung der Fragestellungen *Wer?*, *Was?*, *Wo?* und *Wieviel?* hilft.² Sie ist deshalb für die vorliegende Problemstellung besonders zweckdienlich.
- Eine Umfrage als Form der quantitativen Forschung kann wiederum mit Hilfe unterschiedlichster Medien durchgeführt werden, z.B. telefonisch, schriftlich mittels postalischer oder elektronischer Übermittlung des Fragebogens oder mithilfe einer Online-Plattform.³ Mit Ausnahme der telefonischen Durchführung der Interviews ist allen anderen Formen gemein, dass ein **hoher Grad an Standardisierung** zum Tragen kommt.
- Durch die starre Vorgabe exakt formulierter Fragen und einer bei allen Teilnehmern gleichen Struktur im Fragebogen wird somit für alle Befragten die gleiche Interviewsituation geschaffen. Die Online-Befragung bietet heutzutage gegenüber der papiergestützten Umfrage einige weitere Vorteile: Sie lässt sich insgesamt schneller durchführen, ist erheblich günstiger bzw. aufwandsärmer und bietet eine höhere Qualität, da das Verhalten der Befragten aufgezeichnet wird und somit Abbrecherquote o.Ä. statistisch erfasst werden.⁴ Die vorliegende **Studie wurde deshalb als Online-Befragung** konzipiert.
- Da der Fokus der Studie auf der Produktionssteuerung liegt, wurden **Anwender und Spezialisten** aus den Bereichen **Arbeitsvorbereitung, Betriebsleitung, Industrial Engineering, Operational Excellence, Produktionsleitung und Produktionssteuerung** befragt.
- Da nicht die Meinung aus Unternehmens-, sondern aus Anwendersicht erhoben werden soll, setzt sich die **Grundgesamtheit** aus natürlichen Personen zusammen. In der Folge musste demnach nicht zwingend verhindert werden, dass aus einem Unternehmen mehrere Beschäftigte an der Studie teilnehmen.
- Die vorliegende Studie versucht insbesondere die Sicht der industriellen Praxis der Produktionssteuerung im deutschsprachigen Raum zu erfassen (**Deutschland, Österreich** und die **Schweiz**), jedoch wurden Teilnehmer aus anderen Ländern nicht explizit ausgeschlossen. Aus diesem Grund stand die Umfrage neben **deutsch** auch in **englischer** Sprache zur Verfügung.

¹ Vgl. Denzin/Lincoln (2013), S. 17 ² Vgl. Yin (2014), S. 9 f. ³ Vgl. Schnell et al. (2013), S. 314 ⁴ Vgl. Schnell et al. (2013), S. 368

- Die Umfrage gliederte sich in **neun 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 verwendet werden.
 2. Im ersten Befragungsabschnitt wurden **grundlegende Fragen** hinsichtlich der Produktionsorganisation abgefragt.
 3. Die **Gegenwärtigen Herausforderungen der Produktion** und **Einflüsse auf das Produktionssystem** wurde im zweiten Block untersucht.
 4. Der dritte Befragungsabschnitt analysierte den **Status quo von IT-Systemen zur Unterstützung der Entscheidungsträger in der Produktionssteuerung** und führte eine Bewertung der **eingesetzten Systeme** durch.
 5. Die **Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung** hinsichtlich der Funktionalitäten im Kontext was sollte das System bereitstellen und was ist der Erfüllungsgrad, wurde im vierten Abschnitt untersucht.
 6. Der fünfte Befragungsabschnitt thematisierte die **Anforderungen des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung** dahingehend, was durch die **Erweiterung von intelligenten Modulen erreicht** werden soll.
 7. Der **Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion** und dessen **Ausgestaltung** war Bestandteil des sechsten Befragungsabschnitt.
 8. Im siebten Abschnitt bestand die Möglichkeit generelle Kommentare, zum Thema Produktionssteuerung und Künstlicher Intelligenz oder zur Studie selbst, abzugeben.
 9. Die Umfrage schloss mit dem achten Befragungsabschnitt, in welchem die **strukturellen Daten** über das Unternehmen, in dem sich das jeweilige Produktionssystem befindet, sowie über die Teilnehmer selbst erhoben wurden.
- Die Studie war so ausgearbeitet, dass sie eine **Bearbeitungszeit von circa 20 Minuten** in Anspruch nahm (Median Bearbeitungszeit der Teilnehmer = 23 Minuten).
- Die Entwicklung des Fragebogens erfolgte iterativ in mehreren Abstimmungsrunden und **Pretests** mit Experten aus der Praxis sowie Mitarbeitern des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft.
- Die **Fragen waren zum größten Teil geschlossen**, d.h. mit vorgegeben Antwortmöglichkeiten, formuliert.

- Die Studie wurde ausschließlich als Online-Befragung mit Hilfe der Software **LimeSurvey** (Version 5.6.27+230621) über die Website der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg durchgeführt.
- Die Teilnahme war **ohne Zugangsschlüssel** möglich. Die Einladungen wurden jedoch größtenteils persönlich und zielgerichtet verschickt.
- Die Befragung erfolgte im Zeitraum von **März bis Juni 2023** (Kontaktierung der Studienteilnehmer: 27. März bis 04. Juni; Studienabschluss 30. Juni 2023).
- Die **Grundgesamtheit** der zu untersuchenden Objekte besteht in Folge der Studienkonzeption aus der Menge aller Anwender und Experten in industriellen Produktionsunternehmen. Da hierfür keine Zahlen vorliegen, ist die Definition einer repräsentativen Stichprobe nicht möglich.¹
- Die Einladung potentieller Teilnehmer durch Weiterleitung des Hyperlinks zur Online-Befragung erfolgte auf drei Wegen:
 1. Anschreiben von Personen über das **Business-Netzwerk XING**, die laut ihrem Netzwerkprofil momentan einer Tätigkeit im Bereich Arbeitsvorbereitung, Betriebsleitung, Industrial Engineering, Operational Excellence, Produktionsleitung und Produktionssteuerung in einem verarbeitenden Betrieb im deutschsprachigen Raum nachgehen.
 2. Kontaktierung von **persönlichen Kontakten** per E-Mail, LinkedIn und Xing.
 3. Veröffentlichung des Hyperlinks in **viralen Netzwerken** wie LinkedIn.
- Die Datenauswertung und Aufbereitung der Studie erfolgte unter anderem mit der Datenanalyse- und Grafiksoftware **OriginPro** (Version 2023b).

¹ Vgl. Schnell et al. (2013), S. 296 f.

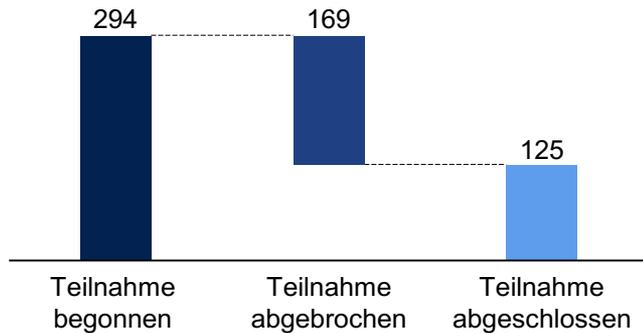
Vorwort	4
Executive Summary	9
I. Einleitende Vorbemerkungen zur Studie	10
1. Begrifflichkeiten im Zusammenhang des Studienreports	11
2. Stand der Forschung und Motivation	14
II. Design der vorliegenden Studie	15
1. Wissenschaftliche Konzeption der Untersuchung	16
2. Aufbau des Online-Fragebogens	17
3. Durchführung der Datenerhebung	18
III. Strukturelle Daten der verwendeten Stichprobe	19
1. Einladungen zur Studienteilnahme und Rückläuferquote	20
2. Branchenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	21
3. Größe der Unternehmen nach Umsatz und Mitarbeiteranzahl	22
4. Fertigungsart im Unternehmen und Position der Studienteilnehmer	23
5. Tätigkeitsbereiche der Studienteilnehmer	24

Ergebnis

Einladungen



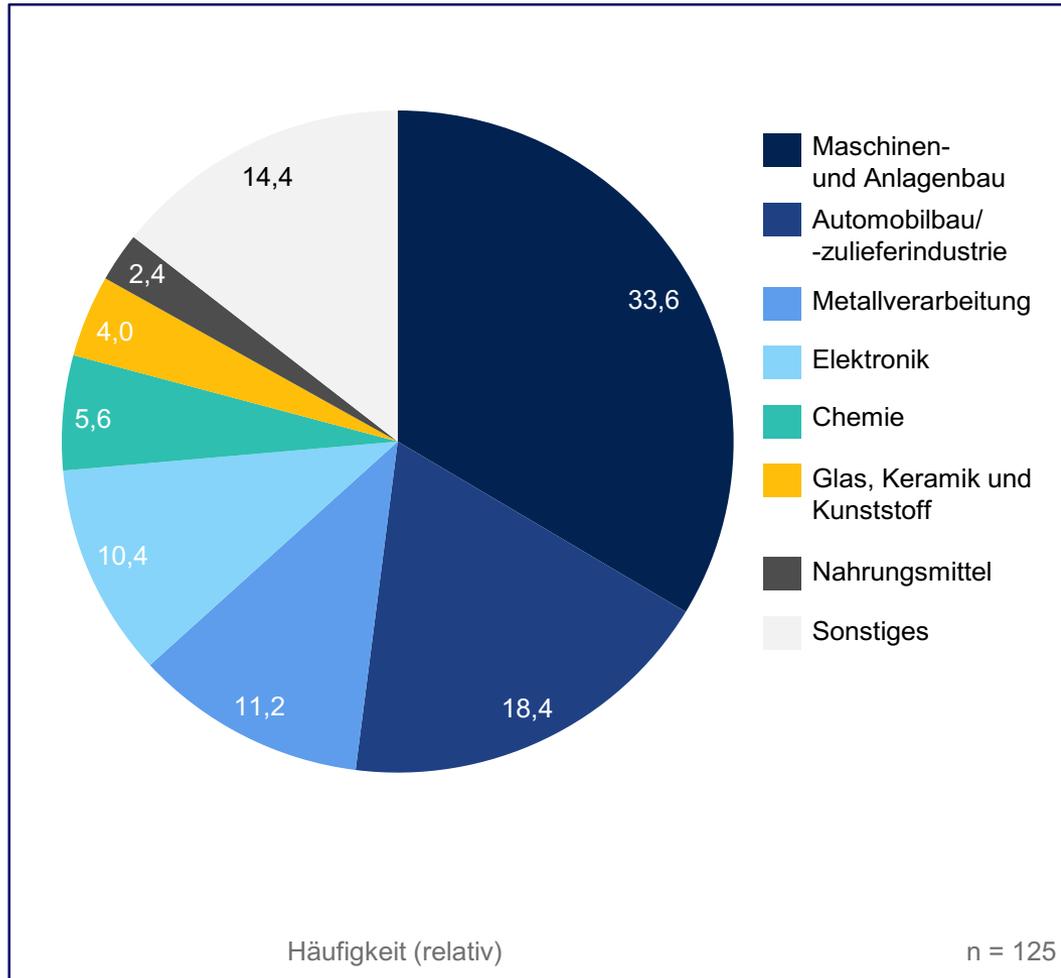
Rücklauf



Aussagen

- 1.336 Personen wurden persönlich zur Studienteilnahme eingeladen, mittels
 - persönlichen Nachrichten im Business-Netzwerk XING,
 - E-Mails und Nachrichten via LinkedIn an zusätzliche Kontakte.
- 294 Personen nahmen an der Umfrage teil, 125 beantworteten die Fragebogen vollständig.
- Die Rücklaufquote (Anteil an vollständigen Antworten) entspricht damit circa 9,36 Prozent.
- Die Einbeziehung fachspezifischer Fragestellungen zu Beginn der Umfrage gewährleistete, dass die teilnehmenden Personen über die erforderliche Expertise verfügten. Darauf kann u.A. die Abbrecherquote von 57,48 Prozent zurückgeführt werden.
- Die Befragten kamen aus dem deutschsprachigen Raum (v.a. Deutschland, teilweise Österreich sowie Schweiz).

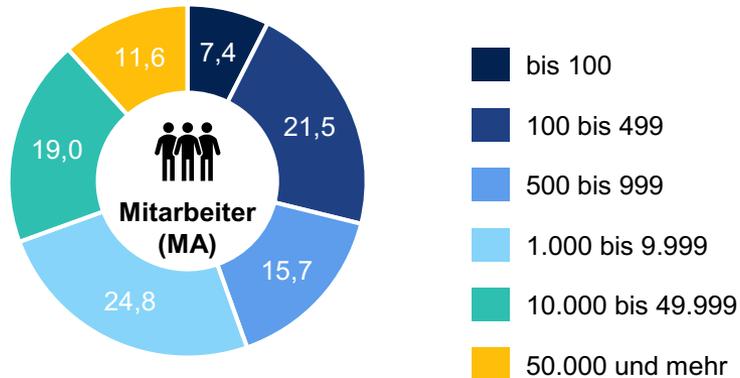
Ergebnis



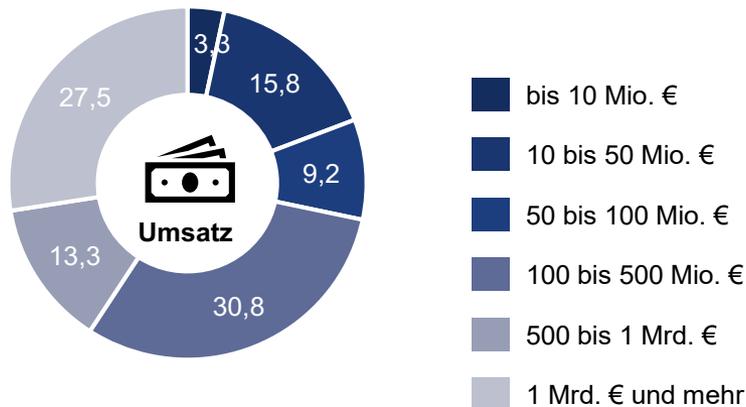
Aussagen

- Die größte Teilnehmergruppe entstammt dem Maschinen- und Anlagenbau (33,6%).
- Die zweitgrößte, vertretene Branche ist der Automobilbau inkl. Automobilzulieferindustrie (18,4%).
- Zudem sind die Metallverarbeitungsbranche (11,2%) sowie die Elektrotechnik (10,4%) gut vertreten.
- Teilnehmer aus Branchen, die weniger als dreimal erwähnt wurden, sind unter „Sonstiges“ zusammengefasst und beinhalten:
 - Analysetechnik
 - Bauindustrie
 - Beratungsbranche
 - Dienstleistungsbranche
 - Energietechnik
 - Infrastrukturbau
 - Konsumgüterbranche
 - Lebensmitteltechnik
 - Schienenfahrzeugbau
 - Schiffsbau

Ergebnis



n = 121



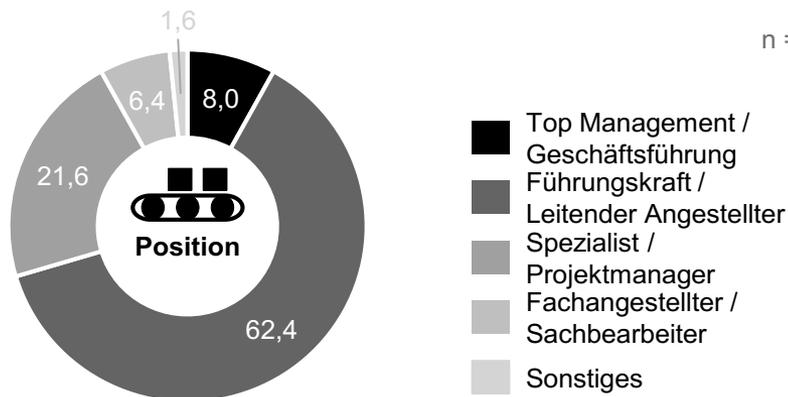
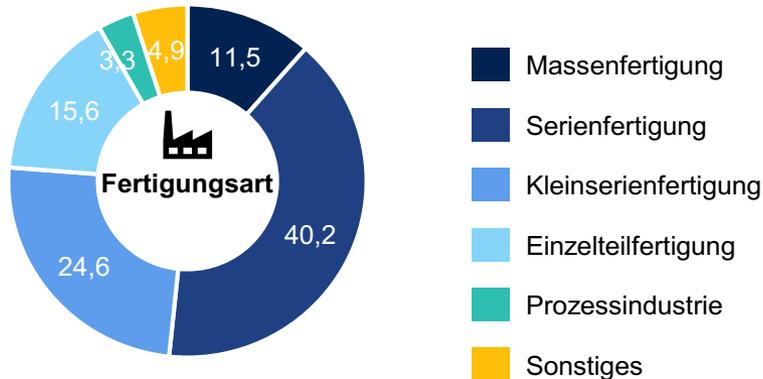
Häufigkeit (relativ)

n = 120

Aussagen

- Die größte Teilnehmergruppe (40,5%) stellen Beschäftigte aus großen Unternehmen (500-9.999 MA) dar.
- Circa ein Fünftel der Befragten kommt aus mittelständischen Betrieben (100-499 MA oder bis 50 Mio. € Umsatz).
- 31% bzw. 41% arbeiten in sehr großen Unternehmen mit mehr als 10.000 MA bzw. mehr als 500 Mio. € Umsatz.
- Die kleinste Gruppe (7% / 3%) stellen Teilnehmer dar, welche einem kleinen Betrieb entstammen (bis 100 MA oder bis 10 Mio. € Umsatz).

Ergebnis



n = 122

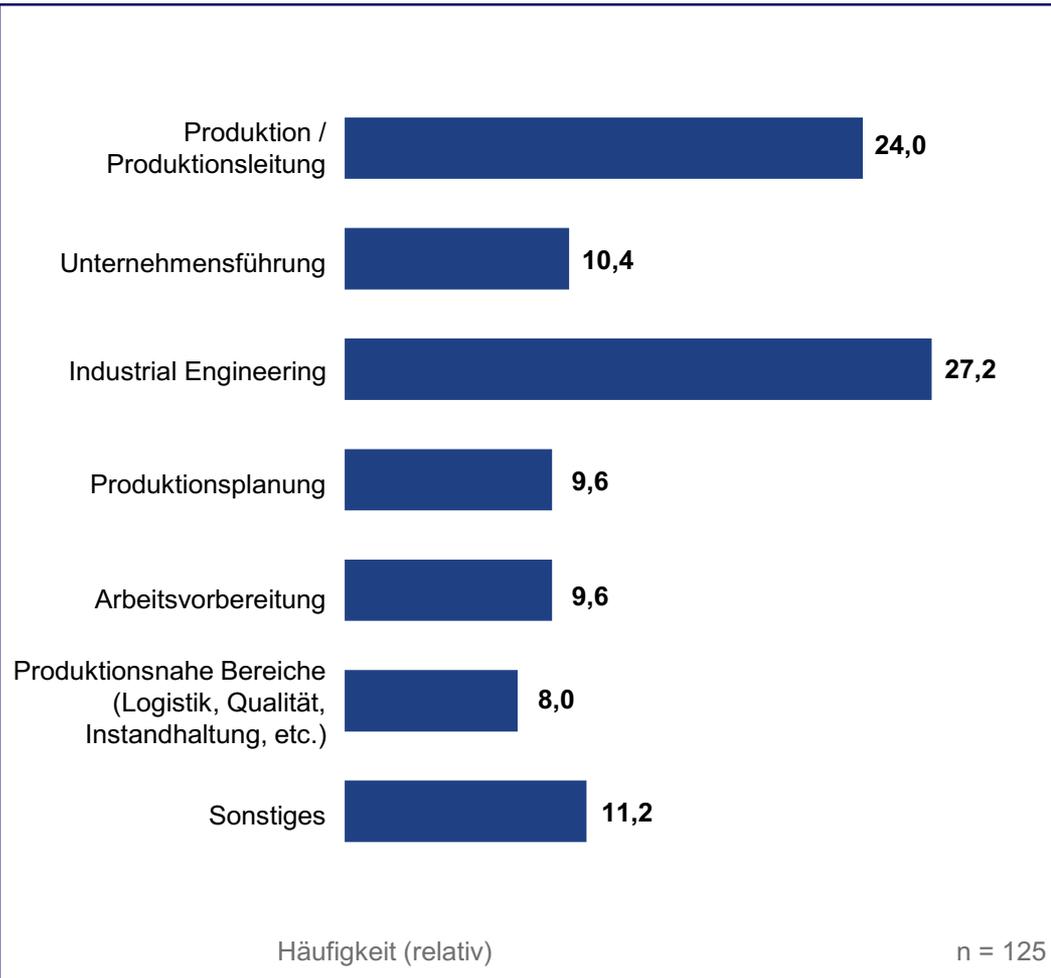
Häufigkeit (relativ)

n = 125

Aussagen

- Die meisten Befragten (40%) sind in einem Betrieb der Serienfertigung beschäftigt.
- Mitarbeiter der Kleinserienfertigung repräsentieren knapp ein Viertel der gesamten Stichprobe.
- Betriebe der Massenfertigung sind mit 12 Prozent vertreten.
- Die große Mehrheit (62%) der Teilnehmer stellen Führungskräfte bzw. Leitende Angestellte dar.
- Ungefähr jeder fünfte Teilnehmer ist Spezialist oder Projektmanager.
- Das Top Management bzw. die Geschäftsführung ist mit 8 Prozent vertreten.

Ergebnis



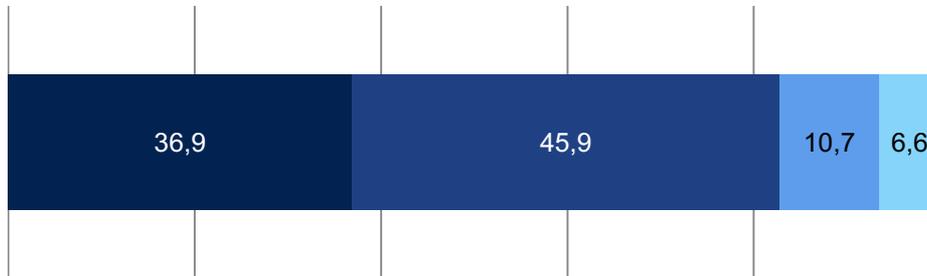
Aussagen

- Die meisten Studienteilnehmer sind mit 27 Prozent im Industrial Engineering tätig.
- Über 43 Prozent der Teilnehmer ist direkt in der Produktion tätig. Dabei wurden Produktion, Produktionsleitung, Produktionsplanung und Arbeitsvorbereitung zusammengefasst.
- Die Gruppe der produktionsnahen Bereiche (Logistik, Qualität, Instandhaltung etc.) und der Unternehmensführung ist mit 8 Prozent bzw. 10 Prozent vertreten.
- Unter „Sonstiges“ fallen Angaben, die vereinzelt auftraten oder nicht zuordenbar waren (bspw. „Automation“, „IT“ oder „Produktionssysteme“). Die gelegentlich hier erwähnte Funktion der Betriebsleitung wurde der Kategorie „Unternehmensführung“ zugewiesen. Die Funktionen „Operational Excellence“, „Lean Management“ und „KVP“ finden sich in der Kategorie Produktion wieder.

IV. Grundlegende Fragen zur Produktionsorganisation	25
1. Zuordnung des Auftragsabwicklungstyp	26
2. Einschätzung des aktuellen Automatisierungsgrades	27
3. Bewertung des Autonomiegrades der Produktionsmitarbeiter	28
V. Herausforderungen der Produktion und Einflüsse des Produktionssystem	29
1. Gegenwärtige Herausforderungen der Produktion	30
2. Einflüsse auf das Produktionssystem hinsichtlich Effizienzbeeinträchtigung	31
3. Priorisierung der Zielgrößen in Bezug zum Produktionssystem	32
VI. Status quo von IT-Systemen zur Unterstützung der Entscheidungsträger	33
1. Vorhandene Systeme zur Produktionssteuerung	34
2. Bewerten der aktuell eingesetzten Systeme	35
3. Unterstützung der täglichen Arbeit durch die Systeme	36
4. Leistungserbringung der Systeme hinsichtlich der täglichen Arbeit	37
5. Behinderungen durch Systeme in Ihrer täglichen Arbeit	38
6. Herausforderungen der Produktionssteuerung	39
VII. Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung	41
1. Verfahrensweise und Analyseschritte	42
2. Bereitstellung von Systemfunktionalitäten	43
3. Unterstützung hinsichtlich der Analysefähigkeit	45
4. Bedarf hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung	46

Ergebnis

Welcher Auftragsabwicklungstyp kann Ihrem Unternehmen zugeordnet werden?



Auftragsfertigung I

Engineer-to-Order
kundenspezifische Entwicklung und Produktion

Auftragsfertigung II

Make-to-Order
kundenspezifische Produktion

Variantenfertigung

Assemble-to-Order
kundenauftragsunabhängige Vorproduktion

Lagerfertigung

Make-to-Stock
kundenauftragsunabhängige Produktion

Häufigkeit (relativ)

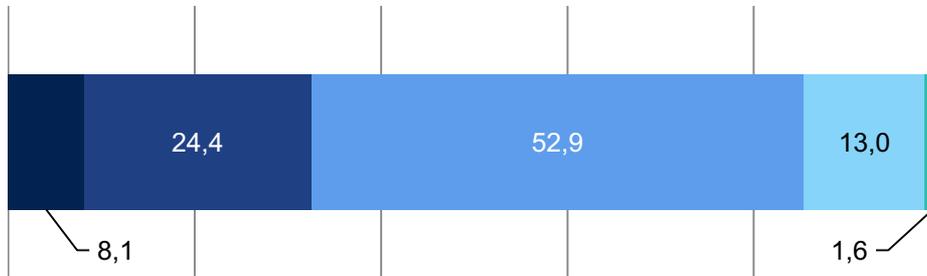
n = 122

Aussagen

- Die von den Unternehmen primär verfolgten Auftragsfertigungstypen stellen Auftragsfertigung I (Engineer-to-Order) und Auftragsfertigung II (Make-to-Order) dar
- Die meisten Unternehmen können der kundenspezifischen Produktion zugeordnet werden. Sie macht einen Anteil von 46 Prozent aus.
- Gefolgt wird diese Gruppe von Unternehmen, welche dem Typus einer kundenspezifischen Entwicklung und Produktion zugeordnet wird und mit 37 Prozent vertreten ist.
- Die Gruppe der Lagerfertigung ist mit 6,6 Prozent am geringsten vertreten.

Ergebnis

Wie schätzen Sie den aktuellen Automatisierungsgrad Ihrer Produktion ein?



- keine Automatisierung** *Mensch hat volle Kontrolle, keine Assistenz vorhanden*
- Assiiert** *Assistenz bei ausgewählten Funktionen, Verantwortung liegt beim Menschen, dieser trifft alle Entscheidungen*
- Teilautomatisiert** *Automatisierung in ausgewählten Bereichen, überwiegend menschliche Interaktion notwendig*
- Hochautomatisiert** *System arbeitet autonom innerhalb vorgegebener Systemgrenzen, menschliche Überwachung notwendig*
- Vollautomatisiert** *System funktioniert autonom, Festlegung der Ziele und Systemstart durch den Menschen, kein operativer Eingriff und keine menschliche Interaktion erforderlich*

Häufigkeit (relativ)

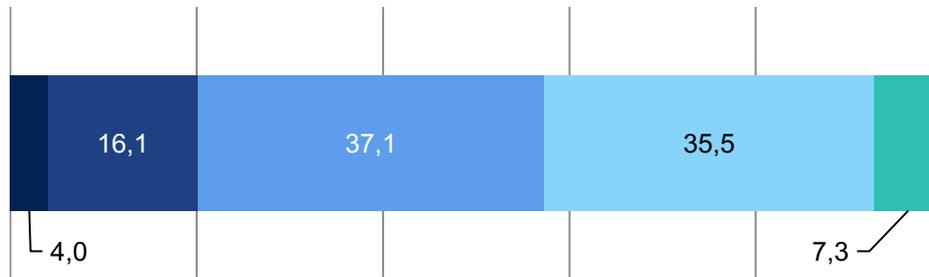
n = 123

Aussagen

- Die Mehrheit der Befragten (53%) stellte fest, dass die Produktion teilautomatisiert ist. Es gibt Automatisierung in ausgewählten Bereichen, aber überwiegend ist menschliche Interaktion notwendig.
- Unter zwei Prozent der Befragten gaben an, dass die Produktion vollautomatisiert ist. Das System funktioniert autonom und erfordert keine operative Interaktion oder menschliche Eingriffe. Der Mensch legt in dieser Ausprägung weiterhin die Ziele und den Systemstart fest.
- Insgesamt zeigt die Auswertung, dass bei den meisten Teilnehmer eine Produktion vorzufinden ist, welche Teilautomatisierung (53%) aufweist. Dieser Ausprägung folgen assistierte (24%) und hochautomatisierte (13%) Systeme.
- Keine Automatisierung liegt bei acht Prozent der Befragten vor.

Ergebnis

Wie ist der Autonomiegrad Ihrer Produktionsmitarbeiter?

**1: keine Autonomie**

- Werker muss seine Tätigkeiten durch den Vorgesetzten verifizieren lassen
- Werker hat keine Entscheidungsbefugnisse

5: hohe Autonomie

- Werker hat Entscheidungsbefugnisse
- Werker interveniert nur bei schwerwiegenden Problemen bei seinem Vorgesetzten



Häufigkeit (relativ)

n = 124

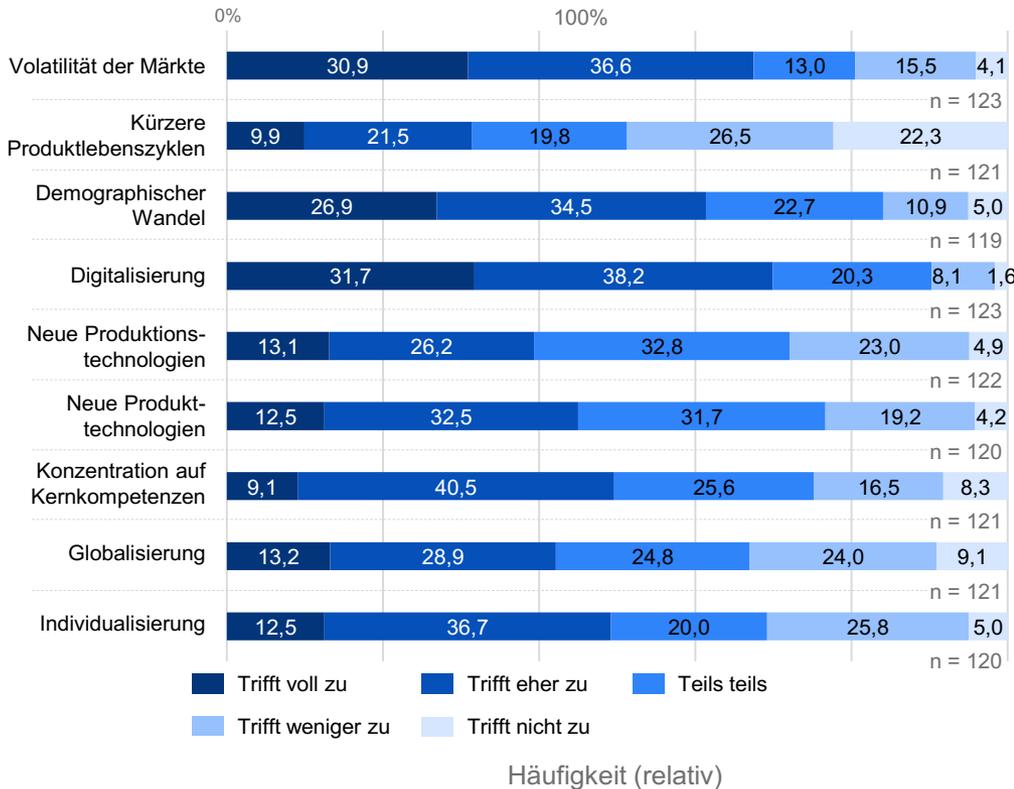
Aussagen

- Die Mehrheit der Befragten (37%) gibt an, dass die Produktionsmitarbeiter einen moderaten Autonomiegrad haben. Die Mitarbeiter haben in einigen Aspekten ihrer Arbeit Entscheidungsfreiheit, benötigen aber immer noch eine gewisse Überwachung und Anleitung.
- 36 Prozent der Befragten antworteten, dass die Produktionsmitarbeiter einen hohen Autonomiegrad haben. Die Mitarbeiter sind in ihrer Arbeit weitgehend autonom und benötigen nur gelegentliche Überwachung oder Anleitung.
- Bei lediglich 4 Prozent der Befragten haben die Produktionsmitarbeiter keine Autonomie. Die Mitarbeiter sind stark von Anweisungen und Kontrolle abhängig.
- Eine hohe Autonomie bei den Mitarbeitern findet sich bei 7 Prozent der Befragten wieder.

IV. Grundlegende Fragen zur Produktionsorganisation	25
1. Zuordnung des Auftragsabwicklungstyp	26
2. Einschätzung des aktuellen Automatisierungsgrades	27
3. Bewertung des Autonomiegrades der Produktionsmitarbeiter	28
V. Herausforderungen der Produktion und Einflüsse des Produktionssystem	29
1. Gegenwärtige Herausforderungen der Produktion	30
2. Einflüsse auf das Produktionssystem hinsichtlich Effizienzbeeinträchtigung	31
3. Priorisierung der Zielgrößen in Bezug zum Produktionssystem	32
VI. Status quo von IT-Systemen zur Unterstützung der Entscheidungsträger	33
1. Vorhandene Systeme zur Produktionssteuerung	34
2. Bewerten der aktuell eingesetzten Systeme	35
3. Unterstützung der täglichen Arbeit durch die Systeme	36
4. Leistungserbringung der Systeme hinsichtlich der täglichen Arbeit	37
5. Behinderungen durch Systeme in Ihrer täglichen Arbeit	38
6. Herausforderungen der Produktionssteuerung	39
VII. Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung	41
1. Verfahrensweise und Analyseschritte	42
2. Bereitstellung von Systemfunktionalitäten	43
3. Unterstützung hinsichtlich der Analysefähigkeit	45
4. Bedarf hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung	46

Ergebnis

Was halten Sie gegenwärtig für die größten Herausforderungen der Produktion?

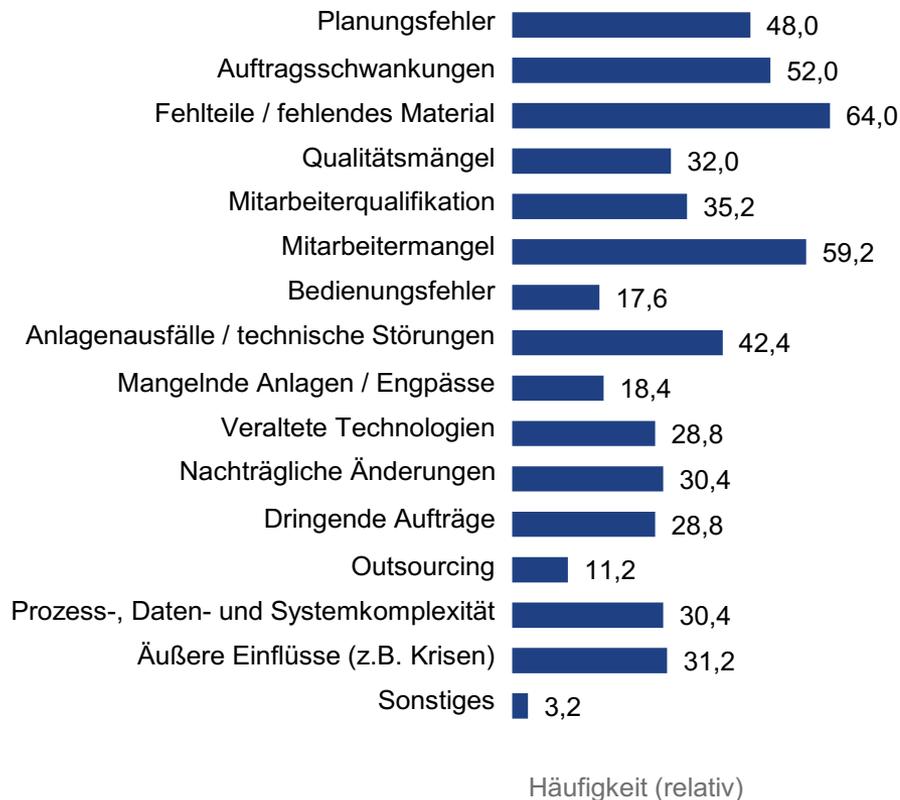


Aussagen

- Die Ergebnisse zeigen, dass die größten Herausforderungen der Produktion laut der Umfrage vor allem in der schwankenden Nachfrage / Volatilität der Märkte, der Digitalisierung und dem demographischen Wandel gesehen werden.
- Die Herausforderungen durch Konzentration auf Kernkompetenzen / Verschiebung der Wertschöpfungstiefe, Individualisierung, neue Produkttechnologien und Globalisierung werden ebenfalls als Herausforderungen wahrgenommen, jedoch etwas weniger stark gewichtet.

Ergebnis

Nennen Sie Einflüsse, die die Effizienz Ihres Produktionssystems besonders beeinträchtigen



* Mehrfachauswahl möglich

Aussagen

- Fehlteile / fehlende Materialien präsentieren mit 64 Prozent die am häufigsten erwähnte Beeinträchtigung des Produktionssystems.
- Am zweithäufigsten (59%) werden Mitarbeitermangel genannt.
- Auftragsschwankungen (52%) und Planungsfehler (48%) stellen die dritt- und vierthäufigsten Punkte hinsichtlich der Beeinträchtigung dar.
- Unter der Rubrik „Sonstiges“ finden sich zusätzlich Nachhaltigkeitsaspekte, wechselnde kurzfristige Priorisierungen, hohes Auftragsvolumen und Managementqualifikation als weitere Einflüsse.

Ergebnis



Aussagen

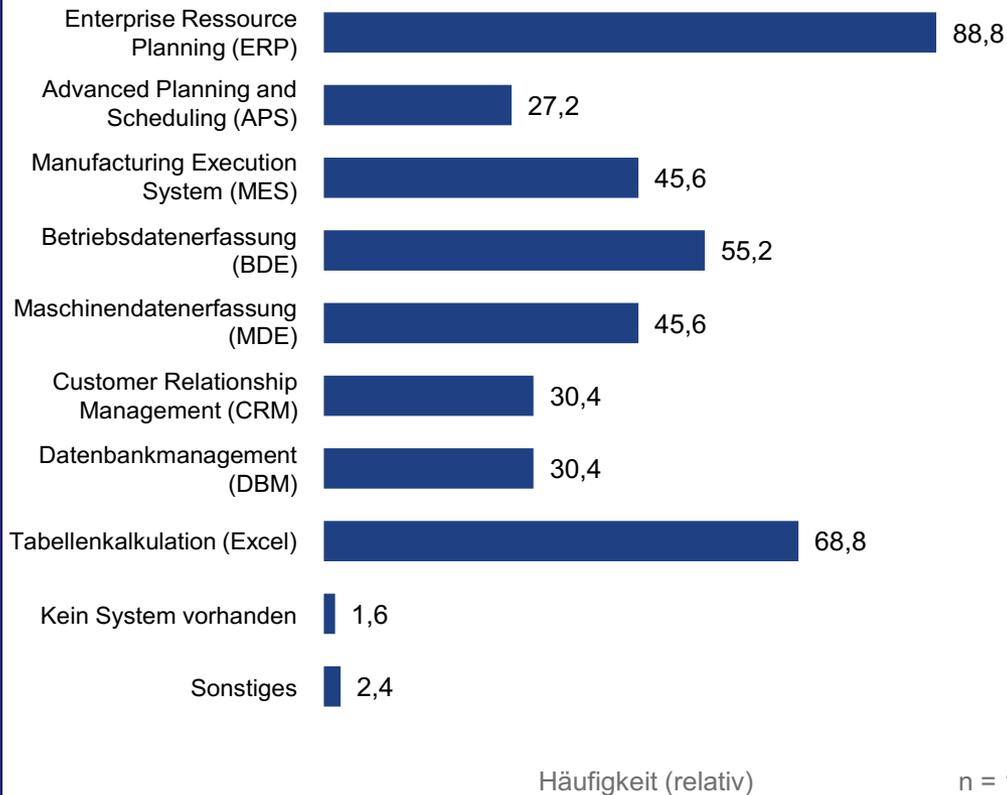
- Jeweils knapp zehn Prozent der Teilnehmer wählten die Prioritätsrangfolge Qualität (Produktqualität), Kosten (Auftragsbearbeitung), Zeit (Bearbeitungsgeschwindigkeit) und Flexibilität (Reaktionsmöglichkeit) sowie Kosten (Auftragsbearbeitung), Qualität (Produktqualität), Zeit (Bearbeitungsgeschwindigkeit) und Flexibilität (Reaktionsmöglichkeit).
- Qualität wird von knapp einem Drittel der Teilnehmer als oberste Priorität (34%) angesehen, gefolgt von Kosten mit 30% Prozent.*
- Mit folgenden Häufigkeiten werden die Zieldimensionen mit höchster Relevanz angegeben:*
 - Qualität: 34,4%
 - Kosten: 29,6%
 - Zeit: 19,2%
 - Flexibilität: 8,8%
 - Technologieführerschaft: 6,4%
 - Innovationsfähigkeit: 0,8%

* Nicht vollständig aus Darstellung ablesbar

IV. Grundlegende Fragen zur Produktionsorganisation	25
1. Zuordnung des Auftragsabwicklungstyp	26
2. Einschätzung des aktuellen Automatisierungsgrades	27
3. Bewertung des Autonomiegrades der Produktionsmitarbeiter	28
V. Herausforderungen der Produktion und Einflüsse des Produktionssystem	29
1. Gegenwärtige Herausforderungen der Produktion	30
2. Einflüsse auf das Produktionssystem hinsichtlich Effizienzbeeinträchtigung	31
3. Priorisierung der Zielgrößen in Bezug zum Produktionssystem	32
VI. Status quo von IT-Systemen zur Unterstützung der Entscheidungsträger	33
1. Vorhandene Systeme zur Produktionssteuerung	34
2. Bewerten der aktuell eingesetzten Systeme	35
3. Unterstützung der täglichen Arbeit durch die Systeme	36
4. Leistungserbringung der Systeme hinsichtlich der täglichen Arbeit	37
5. Behinderungen durch Systeme in Ihrer täglichen Arbeit	38
6. Herausforderungen der Produktionssteuerung	39
VII. Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung	41
1. Verfahrensweise und Analyseschritte	42
2. Bereitstellung von Systemfunktionalitäten	43
3. Unterstützung hinsichtlich der Analysefähigkeit	45
4. Bedarf hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung	46

Ergebnis

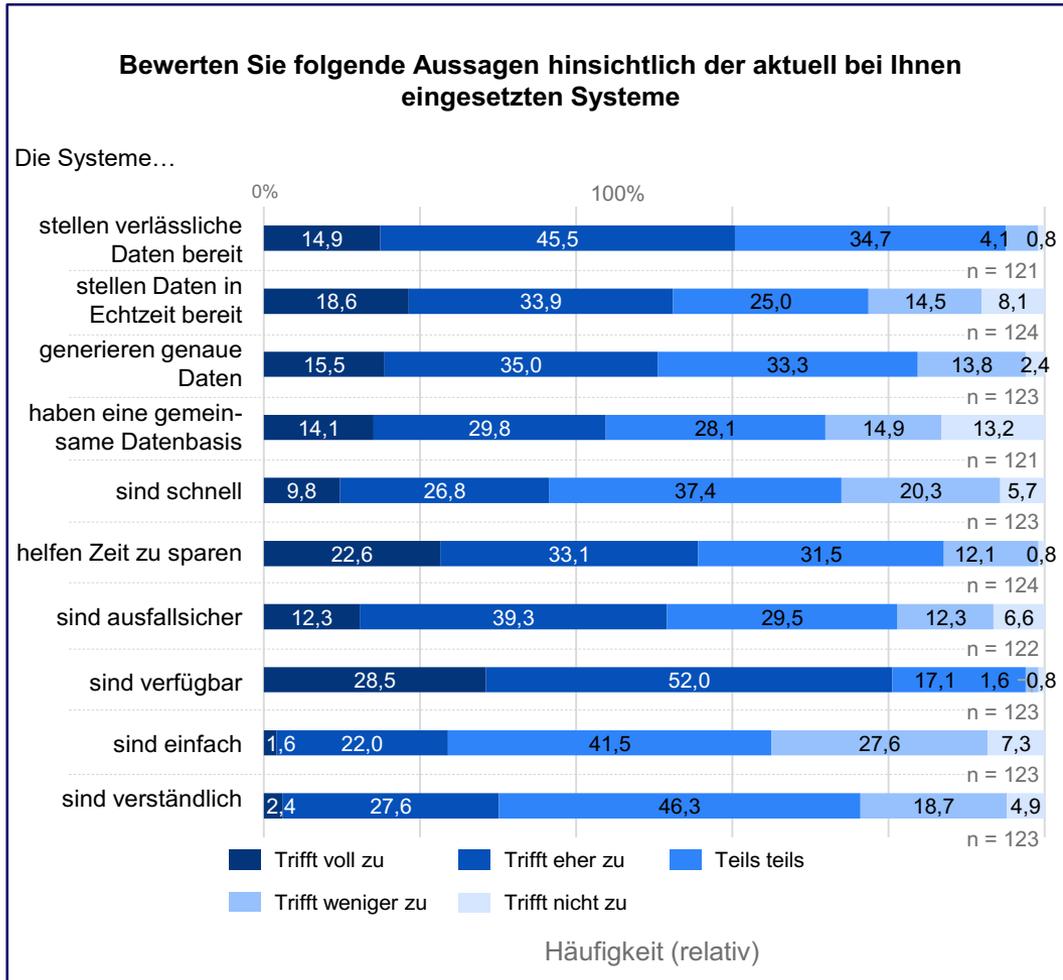
Welche Systeme sind zur Produktionssteuerung vorhanden?



Aussagen

- In den meisten Unternehmen werden ERP-Systeme und klassische Tools zur Tabellenkalkulation eingesetzt.
- Betriebsdaten- und Maschinendatenerfassung sind bei 55 Prozent bzw. 46 Prozent der vorzufinden.
- Der Anteil an Manufacturing Execution Systemen (MES) entspricht prozentual derselben Quote wie Systeme zur Maschinendatenerfassung (46%).
- Systeme des Advanced Planning and Scheduling (APS), Customer Relationship Management (CRM) und Datenbankmanagement (DBM) sind mit jeweils knapp 30 Prozent vertreten.
- Bei lediglich 1,6 Prozent der Unternehmen ist kein System zur Produktionssteuerung vorhanden.

Ergebnis

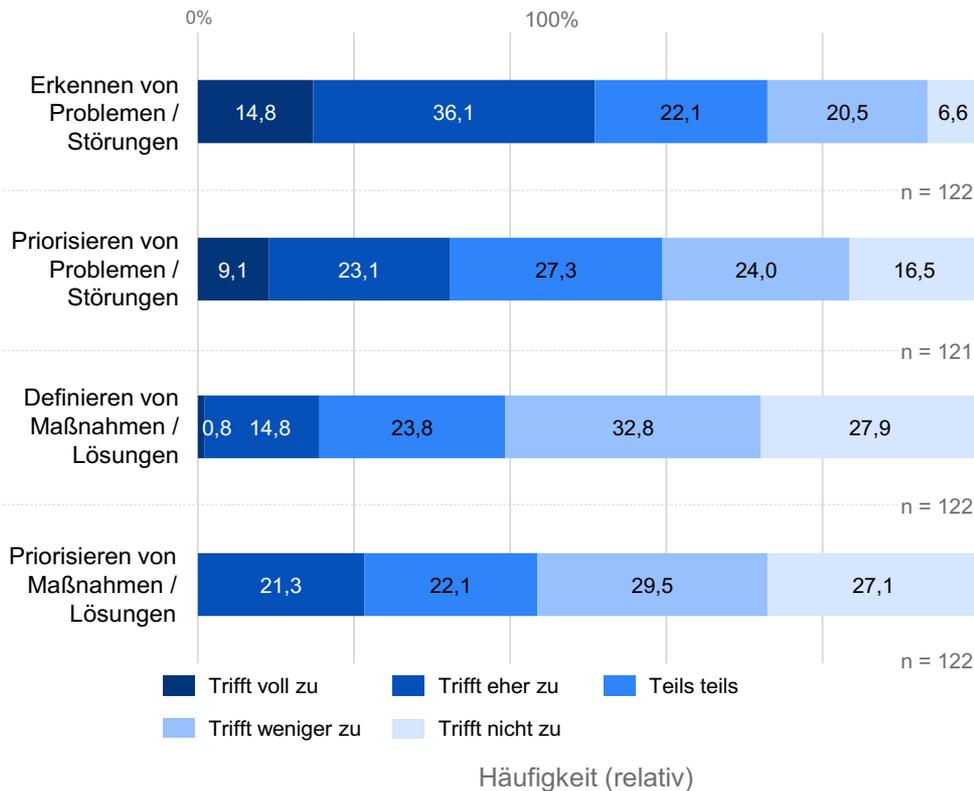


Aussagen

- Eine Mehrheit der Teilnehmer (60%) gab an, dass die Systeme eher oder vollständig verlässliche Daten bereitstellen.
- Eine signifikante Anzahl von Teilnehmern (52%) stimmte zu, dass die Systeme Daten in Echtzeit bereitstellen oder dies zumindest größtenteils realisieren. Es gab jedoch auch einen beträchtlichen Anteil (23%), der angab, dass die Systeme weniger häufig oder überhaupt keine Echtzeitdaten liefern.
- Über ein Drittel (37%) war der Meinung, dass die Systeme schnell sind.
- Nur 44 Prozent der eingesetzten Systeme besitzen eine gemeinsame Datenbasis.
- Ein beträchtlicher Anteil von 41 Prozent empfindet die Systeme als teils einfach und teils komplex.
- Ein Viertel (24%) findet die eingesetzten Systeme nicht sehr verständlich.

Ergebnis

Inwieweit werden Sie in folgenden Punkten durch die Systeme in Ihrer täglichen Arbeit unterstützt?

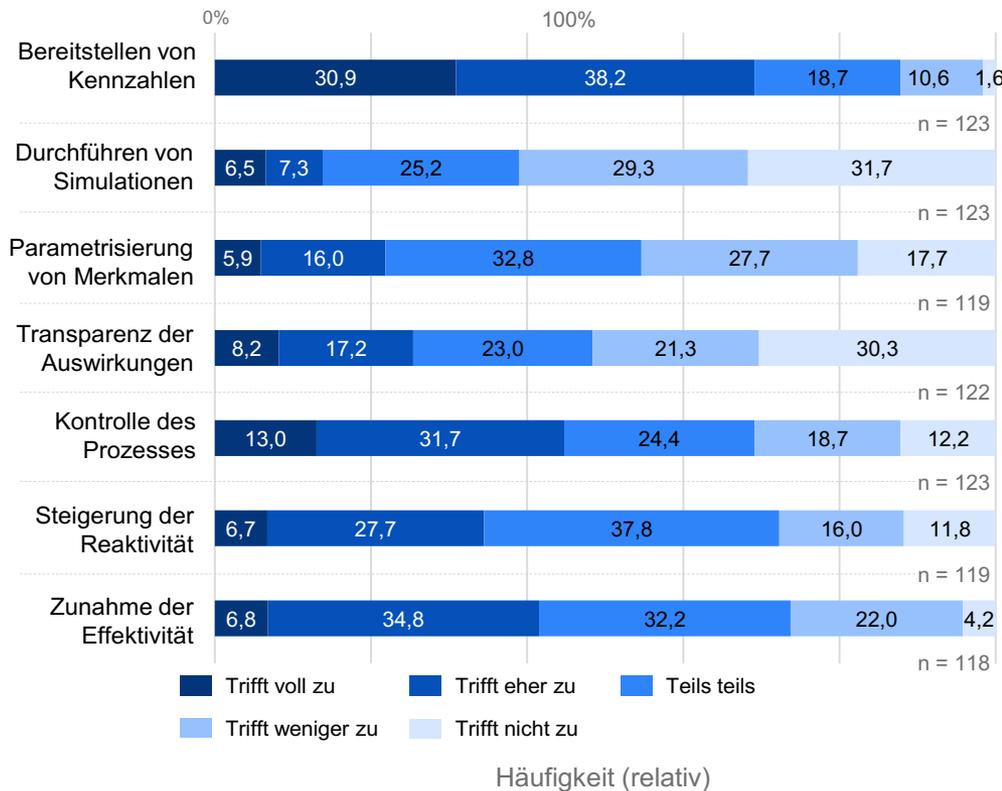


Aussagen

- Die Hälfte der Teilnehmer (51%) gab an, dass die Systeme sie eher oder vollständig beim Erkennen von Problemen oder Störungen unterstützen.
- Ein Drittel der Teilnehmer (32%) stimmte zu, dass die Systeme sie beim Priorisieren von Problemen oder Störungen unterstützen.
- Nur eine geringe Anzahl der Teilnehmer (16%) war der Meinung, dass die Systeme beim Definieren von Maßnahmen oder Lösungen helfen.
- Kein Teilnehmer gab an, dass die Systeme sie vollständig beim Priorisieren von Maßnahmen oder Lösungen unterstützen. 57 Prozent empfinden wenig bis gar keine Unterstützung bei dieser Aufgabe.

Ergebnis

Welche Leistungen erbringt Ihr System in der täglichen Arbeit?

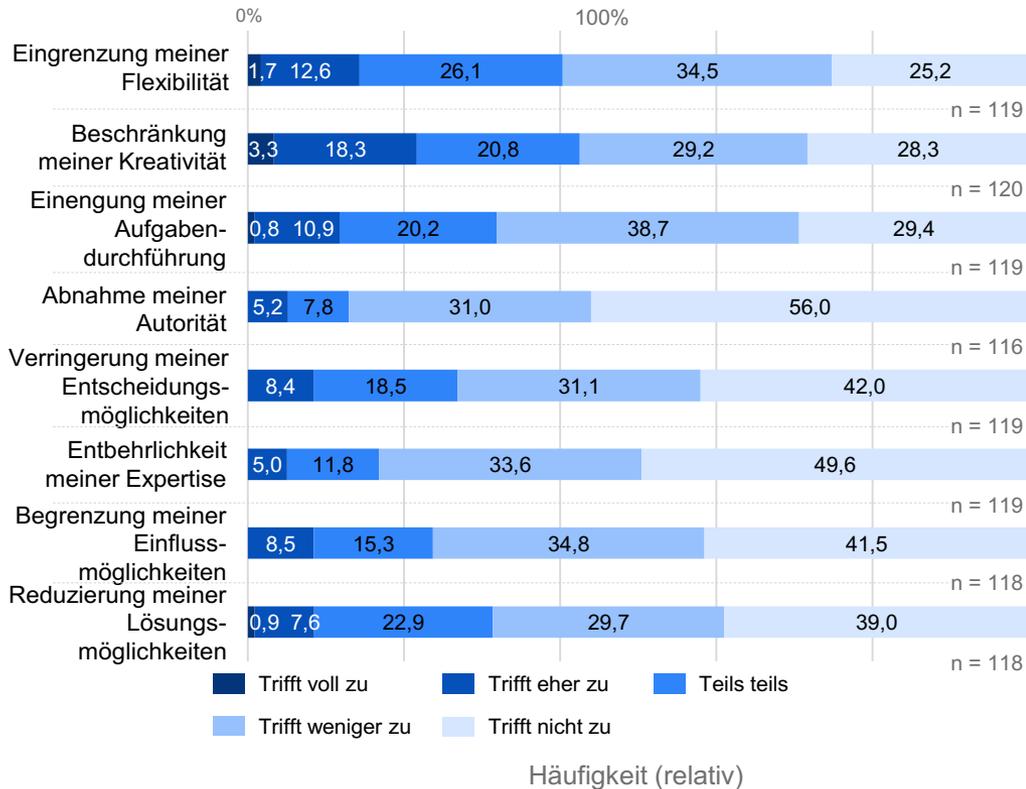


Aussagen

- Mit 69 Prozent gaben über zwei Drittel der Teilnehmer an, dass das System in der Lage ist, Kennzahlen bereitzustellen.
- Bei 33 Prozent der Teilnehmer ist das System teilweise in der Lage Simulationen durchzuführen. Bei 61 Prozent ist es dazu weniger oder gar nicht in der Lage.
- Die Hälfte (49%) ist in der Lage teilweise die Merkmale zu parametrisieren. Bei 45 Prozent ist dies weniger oder gar nicht möglich.
- Ebenfalls die Hälfte (52%) gibt an, wenig oder keine Transparenz hinsichtlich der Auswirkungen zu haben.
- Bei 45 Prozent bietet das System Kontrolle über den Prozess und 34% empfinden eine Steigerung der Reaktionsfähigkeit.
- Ein Viertel (26%) verspüren wenige oder gar keine Zunahme der Effektivität.

Ergebnis

Inwiefern behindert Sie das System in Ihrer täglichen Arbeit?



Aussagen

- Bei allen Punkten gibt ein signifikanter Teil der Befragten an (min. 57%; max. 87%), nicht oder kaum durch das System in der täglichen Arbeit beeinträchtigt zu werden.
- Die vier stärksten Ausprägungen stellen die Punkte Abnahme meiner Autorität (87%), Entbehrlichkeit meiner Expertise (83%), Begrenzung meiner Einflussmöglichkeiten (76%) sowie Verringerung meiner Entscheidungsmöglichkeiten (73%) dar.
- In Abhängigkeit der vorhergehenden Ergebnisse hinsichtlich der Systemperformance und Supportkomponenten, werden fehlende oder mangelnde Leistungskomponenten durch Anwender und Bediener kompensiert.

Ausgewählte Rückmeldungen der Teilnehmer

Nennen Sie weitere bei Ihnen vorzufindende Probleme / Herausforderungen der Produktionssteuerung

Rückmeldungen der Teilnehmer (1/2)

- *Das Produktionssystem ist wesentlich komplexer, aber auch flexibler (mehrere Pfade) und resilienter, als die Abbildung im SAP.*
- *Echtzeitdatenerhebung und -visualisierung Auswirkung von alternativen Szenarien auf das komplette Auftragsnetz*
- *Liefertermine von Rohstoffen werden bestätigt und nicht eingehalten.*
- *Datenkonsistenz über diverse Systeme hinweg: Planung, Freigabe, Anlieferung, Abarbeitung und Rückmeldung*
- *Validierung der Vorprodukte bzw. Minimum Viable Product durch den Kunden notwendig*
- *Bei Auswertungen muss teils noch auf Excel oder Power BI genutzt werden, da die vorhandenen Daten nicht exakt die Zusammenhänge darlegen, die benötigt werden. Dazu bedarf es teils noch eines anderen Programms zur Datenaufbereitung.*
- *Termindruck seitens des Kunden, häufige nachträgliche Änderungswünsche, Rechtliche Anforderungen (Sanktionen, Dual-use-Güter, etc.)*
- *Inflexibel. Viel Planungsaufwand bei Änderungen.*
- *Ansätze der sequentiellen Planungslogik funktioniert in unserem Produktionsumfeld nur bedingt, da hohe Sorten-, Mengenvielfalt mit Teil starken Abhängigkeiten vom Vorauftrag*
- *Unklarheiten bei der Abstimmung zwischen Kundenbedarf und Umsetzung in der Produktion, u.a. Batchläufe, Reihenfolgen, MOQ vs. Losgrößen. Also eigentlich Basics, aber wenn nicht definiert, dann nützt das beste System nichts. Man sollte daher immer verstehen wollen, was das gemeinsame Verständnis der Lieferkette zum Kunden hin ist. Ohne Verständnis zwischen Commercial Team, Customer Service, Planung und Produktion kommt oft nur suboptimales heraus. Das beste System kann dann nicht Gold daraus spinnen.*
- *wechselnde Systeme, Zentrale Roll-outs von neuen Systemen in Großunternehmen, die teilweise nicht an die Anforderungen von Betriebseinheiten angepasst sind*
- *Man rennt der Zeit nach, weil man den Zeitpunkt der Digitalisierung verpasst hat*
- *Spät erkannte Stücklistenfehler*
- *Aktuell zu viele Daten & sinkende Performance, fehlendes Know-how*

Ausgewählte Rückmeldungen der Teilnehmer

Nennen Sie weitere bei Ihnen vorzufindende Probleme / Herausforderungen der Produktionssteuerung

Rückmeldungen der Teilnehmer (2/2)

- *„Die Lösung“ gibt es im Grunde nicht. Systeme sind zu groß oder zu klein oder ein Kompromiss. Viele Branchenlösungen werden von kleinen Anbietern produziert und entwickelt, dementsprechend schwierig ist es wenn ein Unternehmen mit 10, 20 oder mehr Standorten, individuelle Anpassungen benötigt. Es müssen also geeignete individuelle Lösungen oftmals verschiedener Anbieter für ERP, CAQ, CRM usw. gefunden und verknüpft werden, um über BI Systeme aus Clouds oder Datenbanksysteme Zahlen zu ziehen und diese zu KPI's zusammenzufügen.*
- *Anzahl der außerplanmäßigen täglichen Anforderungen von außen*
- *Unzuverlässiger Dateneingang von Kundenseite, Verfügbarkeit von Speditionen, Flexibilität der Mitarbeiter, Verlässlichkeit der Maschinen, hohe Krankenquote der Mitarbeiter aus der Fertigung*
- *Der tatsächliche Bedarf wird durch Fertigbestand weichgespült. Der fehlende „Druck“ verhindert Flow.*
- *Motivation der Mitarbeiter. Gezielte Sabotage und Desinteresse führen zu massiven Planungsschwierigkeiten.*
- *Anlagenverfügbarkeit*
- *zu schlechtes Planungssystem; zu viele Störungen (Auftragsänderung durch Kunde); Sondermaschinenbau: meist nur Schätzzeiten, kein MTM oder Taktung möglich*
- *Veraltete Daten, fehlende Daten*
- *- Keine feste Buchungsstelle - Mitarbeiter können aufgrund mangelnder Ausbildung, nicht mit dem System arbeiten*
- *- Rückmeldung der Daten aus der Fertigung in Echtzeit - das Wissen existiert immer noch in wenigen Köpfen, Abkehr davon ist erkannt und wird schrittweise umgesetzt, Stichwort: Verrentungswelle in den nächsten Jahren (das Wissen wird mitgenommen) - immer noch zu viel nicht wertschöpfende Tätigkeiten*
- *Globale Standardisierung der IT-Systeme und Tools (in ca. 70 Fertigungswerken weltweit)*
- *Genauigkeit der ermittelten Daten, die im System hinterlegt sind.*
- *System ist sehr starr und kann nur schlecht auf flexible Parameter wie Zuliefererzeiten und unterschiedliche Leistungen von ähnlichen Gewerken reagieren.*

IV. Grundlegende Fragen zur Produktionsorganisation	25
1. Zuordnung des Auftragsabwicklungstyp	26
2. Einschätzung des aktuellen Automatisierungsgrades	27
3. Bewertung des Autonomiegrades der Produktionsmitarbeiter	28
V. Herausforderungen der Produktion und Einflüsse des Produktionssystem	29
1. Gegenwärtige Herausforderungen der Produktion	30
2. Einflüsse auf das Produktionssystem hinsichtlich Effizienzbeeinträchtigung	31
3. Priorisierung der Zielgrößen in Bezug zum Produktionssystem	32
VI. Status quo von IT-Systemen zur Unterstützung der Entscheidungsträger	33
1. Vorhandene Systeme zur Produktionssteuerung	34
2. Bewerten der aktuell eingesetzten Systeme	35
3. Unterstützung der täglichen Arbeit durch die Systeme	36
4. Leistungserbringung der Systeme hinsichtlich der täglichen Arbeit	37
5. Behinderungen durch Systeme in Ihrer täglichen Arbeit	38
6. Herausforderungen der Produktionssteuerung	39
VII. Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung	41
1. Verfahrensweise und Analyseschritte	42
2. Bereitstellung von Systemfunktionalitäten	43
3. Unterstützung hinsichtlich der Analysefähigkeit	45
4. Bedarf hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung	46

Verfahrensweise

- Der vierte Abschnitt der Befragung widmet sich der Untersuchung von Anforderungen zur Verbesserung der Produktionssteuerung. Dabei wird insbesondere beleuchtet, welche Funktionalitäten das System im Kontext liefern sollte und inwieweit diese Anforderungen erfüllt sind.

- Die erste Zeile spiegelt den Erfüllungsgrad wider, der durch die Antwortoptionen "sehr zufrieden", "eher zufrieden", "eher unzufrieden" und "sehr unzufrieden" abgebildet wird.
- Die zweite Zeile reflektiert den Bedarf, welcher durch die Auswahlmöglichkeiten "hoch", "eher hoch", "eher niedrig", "niedrig" und "kein" in den Antworten erfasst wird.

- Es wurde eine Differenz zwischen dem Bedarf (Soll-Situation) und dem Erfüllungsgrad (Ist-Situation) für die jeweiligen Funktionalitäten ermittelt. Die Kategorie "Bedarf" umfasst die Antworten "hoch" und "eher hoch", während der Erfüllungsgrad die Antworten "sehr zufrieden" und "eher zufrieden" einschließt.

- Neben der Differenzanalyse werden auch die isolierten Bedarfe untersucht. Es erfolgt eine Vergleichsanalyse der Bedürfnisse innerhalb der Funktionen des jeweiligen Abschnitts der Analyse.

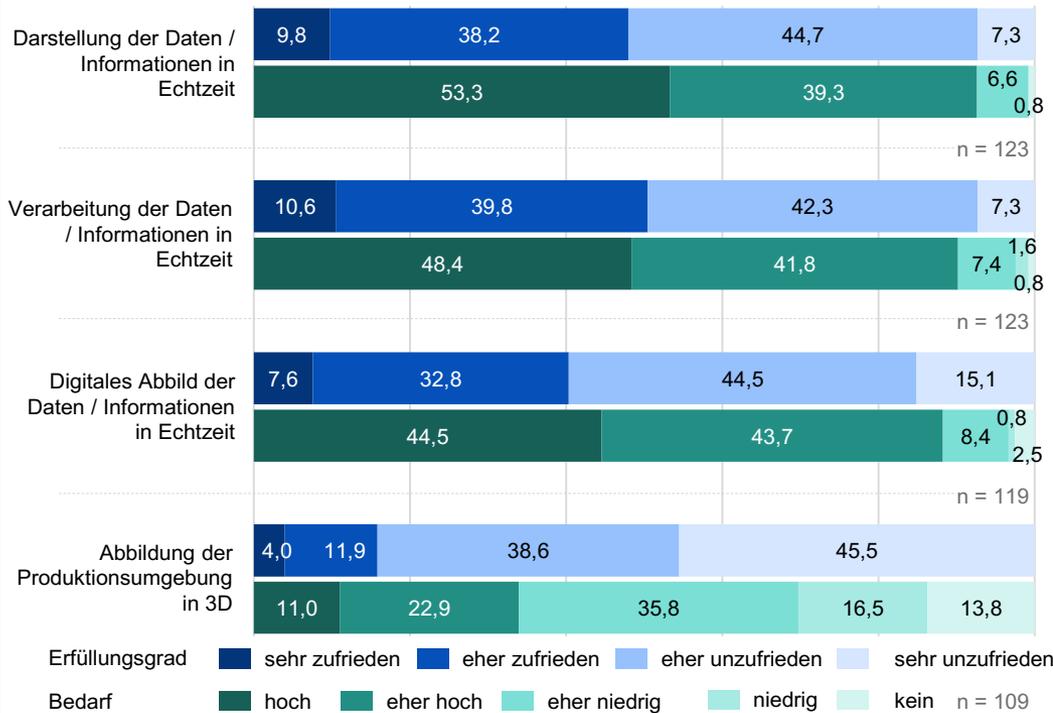
Analyseabschnitte

Die Analyseabschnitte repräsentieren die Themengebiete, die im Folgenden aufgeführt sind und Gegenstand der Untersuchung darstellen.

- 1) Welche Funktionalitäten sollte das System bereitstellen?
(Wie unterstützt das System die anfallenden Herausforderungen)
- 2) Wie sollte das System hinsichtlich der Analysefähigkeit unterstützen?
(Welche Erkenntnisse liefert das System zu Entscheidungsfindungen)
- 3) Was sollte das System hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung bieten?
(Wie unterstützt das System den Entscheidungsprozess bei Soll-Ist-Anpassungen)

Ergebnis

Welche Funktionalitäten stellt das System bereit bzw. sollte das System bereitstellen?

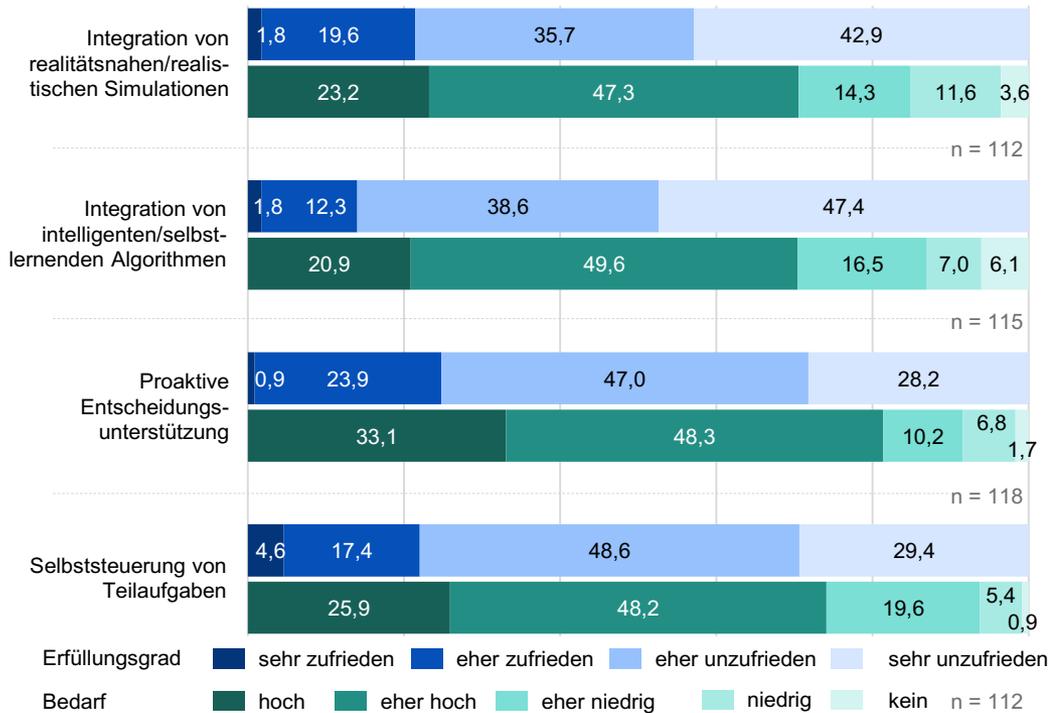


Aussagen

- Die Funktionalität Darstellung der Daten / Informationen in Echtzeit hat eine Differenz zwischen dem Bedarf (Soll-Situation) und dem Erfüllungsgrad (Ist-Situation) von 45 Prozent.
- Bei den Funktionalitäten Verarbeitung der Daten / Informationen in Echtzeit bzw. Digitales Abbild der Daten oder Informationen in Echtzeit liegt die Differenz bei 40 Prozent bzw. 48 Prozent.
- Die geringste Differenz zwischen Bedarf und Erfüllungsgrad ist mit 18 Prozent bei Abbildung der Produktionsumgebung in 3D vorzufinden. Allerdings handelt es sich ebenfalls um die Funktion mit dem niedrigsten Bedarf (34 Prozent).
- Die höchsten Bedarfe weisen die drei Funktionen Darstellung der Daten / Informationen in Echtzeit (93%), Verarbeitung der Daten / Informationen in Echtzeit (90%) und Digitales Abbild der Daten / Informationen in Echtzeit (88%) auf.

Ergebnis

Welche Funktionalitäten stellt das System bereit bzw. sollte das System bereitstellen?

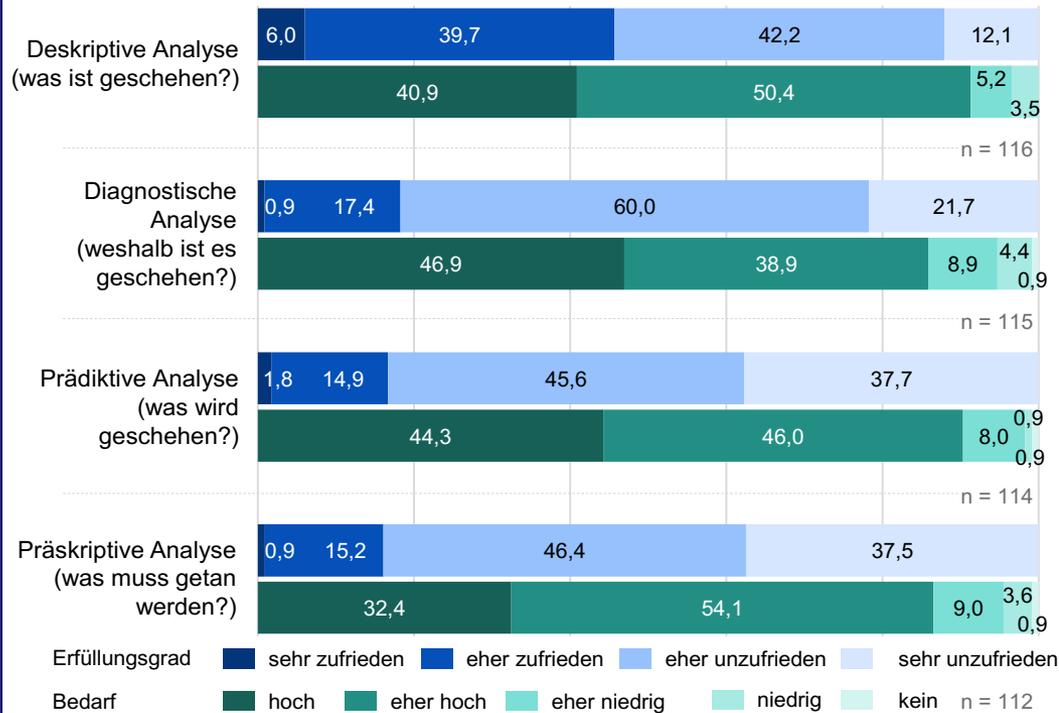


Aussagen

- Die zwei Funktionalitäten mit der größten Differenz zwischen dem Bedarf (Soll-Situation) und dem Erfüllungsgrad (Ist-Situation) besteht bei der proaktiven Entscheidungsunterstützung (57%) sowie der Integration von intelligenten und selbstlernenden Algorithmen (56%).
- Bei den Funktionalitäten Integration von realitätsnahen und realistischen Simulationen sowie Selbststeuerung von Teilaufgaben liegt die Differenz bei 49 Prozent bzw. 52 Prozent.
- Die Funktionen Integration von realitätsnahen und realistischen Simulationen sowie Integration von intelligenten und selbstlernenden Algorithmen weisen einen Bedarf von 71 Prozent und 70 Prozent auf.
- Bei proaktiver Entscheidungsunterstützung findet sich ein Bedarf von 81 Prozent und bei Selbststeuerung von Teilaufgaben liegt der Bedarf bei 74 Prozent.

Ergebnis

Wie unterstützt das Systeme bzw. sollte das System hinsichtlich der Analysefähigkeit unterstützen?

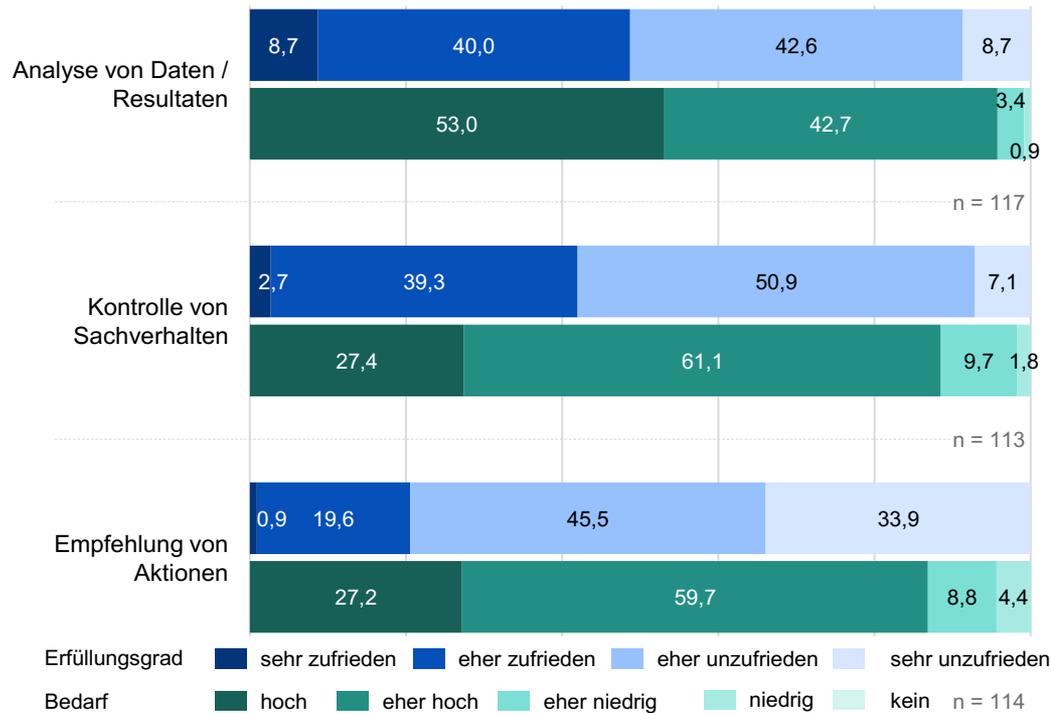


Aussagen

- Die Differenz zwischen dem Bedarf (Soll-Situation) und dem Erfüllungsgrad (Ist-Situation) liegt bei der deskriptiven Analyse bei 46 Prozent, wobei mit 91 Prozent der höchste Bedarf besteht.
- Bei der diagnostischen Analyse ist die Differenz von 68 Prozent bei einem Bedarf von 86 Prozent vorzufinden.
- Die prädiktive Analyse weist mit 74 Prozent die höchste Differenz beim zweithöchsten Bedarf (90%) auf.
- Eine Differenz zwischen dem Bedarf und dem Erfüllungsgrad von 70 Prozent liegt bei der präskriptiven Analyse vor. Der zugehörige Bedarf liegt bei 86 Prozent.

Ergebnis

Was unterstützt das System bzw. sollte das System hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung bieten?

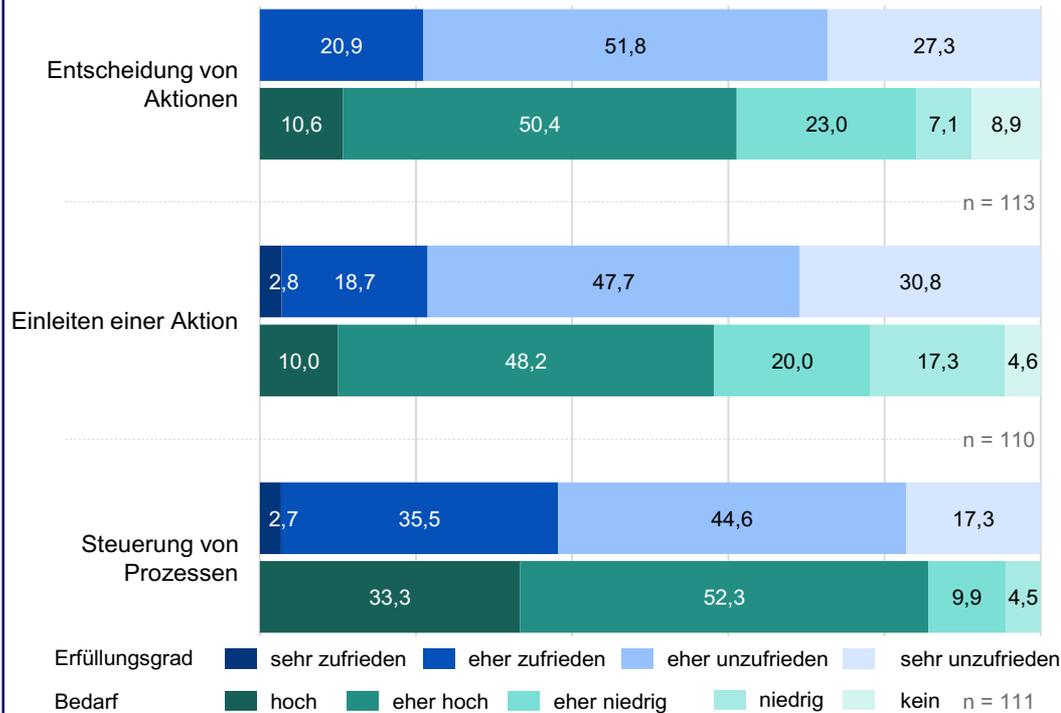


Aussagen

- Der höchste Bedarf hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung liegt bei der Analyse von Daten und Resultaten (96%).
- Auf den Rängen zwei und drei folgen die Funktionalitäten Kontrolle von Sachverhalten (89%) und Empfehlung von Aktionen (87%).
- Die Differenz zwischen Ist und Soll weist bei der Funktionalität Empfehlung von Aktionen mit 66 Prozent den höchsten Wert auf.
- Bei den Funktionen Analyse von Daten und Resultaten sowie Kontrolle von Sachverhalten ist die Differenz zwischen dem Bedarf (Soll-Situation) und dem Erfüllungsgrad (Ist-Situation) 47 Prozent (47,0% bzw. 46,5% Prozent).

Ergebnis

Was unterstützt das System bzw. sollte das System hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung bieten?



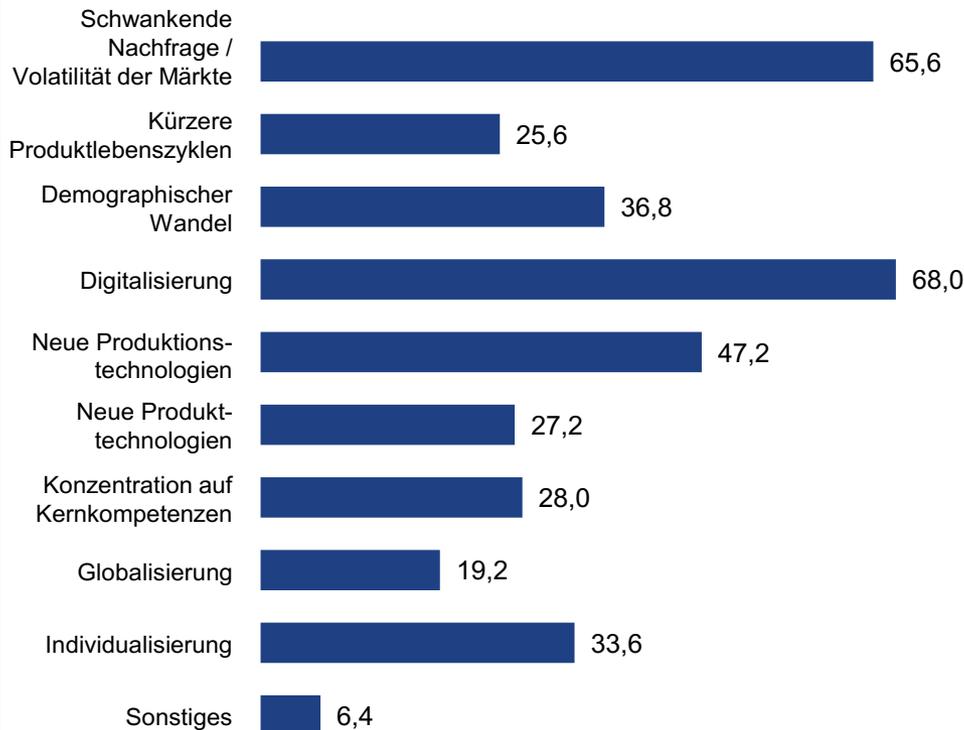
Aussagen

- Bei der Funktion Entscheidung von Aktionen liegt ein Bedarf von 61 Prozent vor.
- Der niedrigste Bedarf ist bei der Funktion Einleiten einer Aktion mit 58 Prozent zu finde
- Mit einem Bedarf von 86 Prozent ist die Funktion Steuerung von Prozessen angegeben.
- Bei den Funktionen Entscheidung von Aktionen und Steuerung von Prozessen ist die Differenz zwischen dem Bedarf (Soll-Situation) und dem Erfüllungsgrad (Ist-Situation) 40 Prozent bzw. 47 Prozent.
- Die Differenz zwischen Ist und Soll weist bei der Funktionalität Einleiten einer Aktion mit 37 Prozent den geringsten Wert auf.

VIII. Anforderungen des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung	48
1. Gründe zur Weiterentwicklung der Produktionssteuerung um KI-Anwendungen	49
2. Nutzung der Künstliche Intelligenz zur Erweiterung der Produktionssteuerung	50
3. Einsatz der Künstliche Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung	51
4. Absicht der Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz	52
5. Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz	53
6. Zielgrößenerreichung durch Integration von Künstlicher Intelligenz	54
7. Schwächen der Künstlichen Intelligenz	55
IX. Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion	57
1. Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion um Künstliche Intelligenz	58
2. Ausgestaltung der Künstliche Intelligenz in der Mensch- Maschine-Interaktion	59
3. Präsenz der Künstliche Intelligenz innerhalb der Mensch-Maschine-Interaktion	60
4. Auswirkung der um Künstliche Intelligenz erweiterte Mensch-Maschine-Interaktion	61
5. Nutzen der Verbindung der Mensch-Maschine-Interaktion und Künstlicher Intelligenz	62
6. Herausforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion mit Künstlicher Intelligenz	63
X. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema	64

Ergebnis

Was sind die Gründe, die eine Weiterentwicklung der Produktionssteuerung um Anwendungen der Künstliche Intelligenz notwendig machen?



Häufigkeit (relativ)

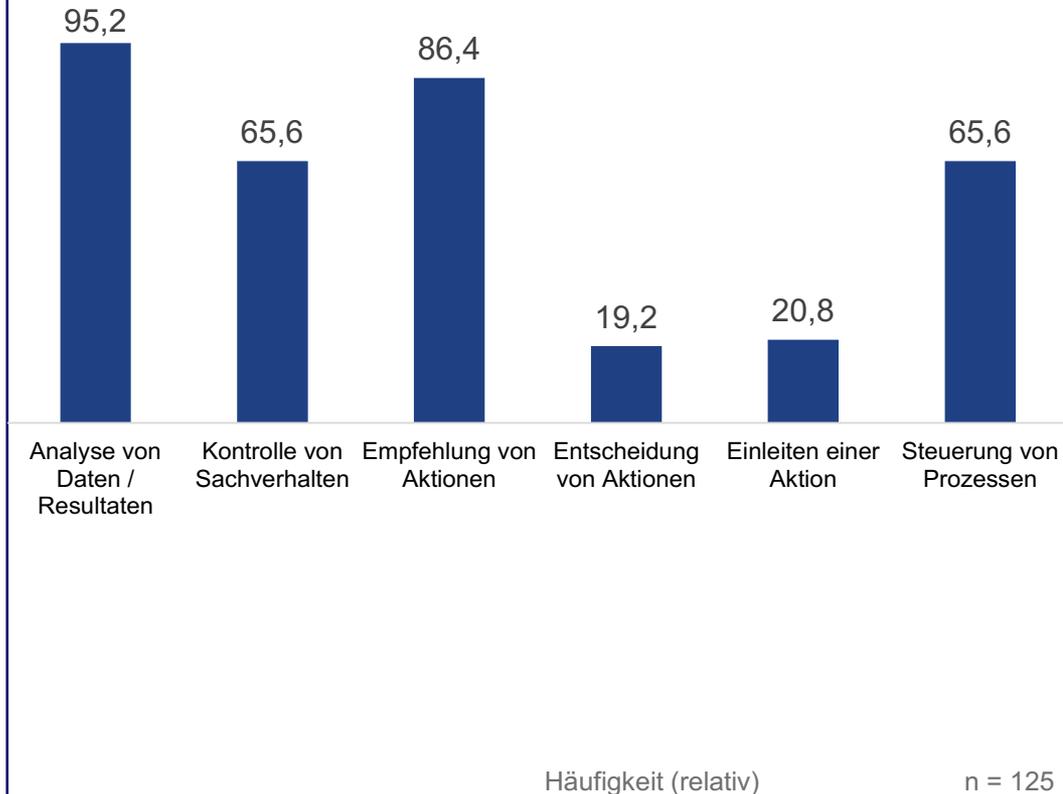
n = 125

Aussagen

- Die beiden häufigsten Antworten, welchen mit Anwendungen der Künstlichen Intelligenz begegnet werden soll, sind Digitalisierung (68%) sowie Herausforderungen hinsichtlich einer schwankenden Nachfrage / Volatilität der Märkte (66%).
- Die beiden Punkte stellen ebenfalls die Top-Prioritäten der gegenwärtig größten Herausforderungen für die Produktion dar.
- Am dritthäufigsten werden neue Produktionstechnologien genannt (47%), gefolgt von Demographischer Wandel (37%) und Individualisierung (34%).
- Auch die Punkte vier und fünf werden mitunter als die gegenwärtig größten Herausforderungen für die Produktion gesehen.

Ergebnis

In welcher Form sollte die Künstliche Intelligenz zur Erweiterung der Produktionssteuerung genutzt werden?

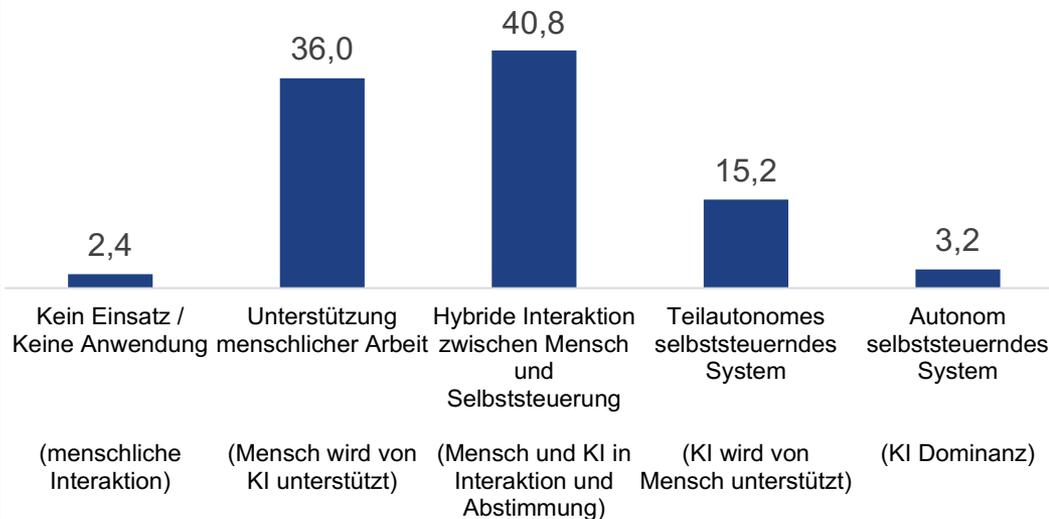


Aussagen

- Die Mehrheit der Befragten sieht die Nutzung von KI zur Analyse von Daten / Resultaten (95%) und zur Empfehlung von Aktionen (86%).
- Die Nutzung hinsichtlich der Entscheidung von Aktionen (19%) oder das Einleiten einer Aktion (21%) wird von jedem fünften Befragten befürwortet.
- Für zwei Drittel der Befragten stellt die Kontrolle von Sachverhalten als auch die Steuerung von Prozessen eine Möglichkeit der Erweiterung dar.
- In der Rubrik „Sonstiges“ lagen restriktivere Nutzungsformen wie „behutsam bis gar nicht“ oder „Steuern von Standardprozessen“ vor.

Ergebnis

Wie soll Künstliche Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung des eigenen Unternehmens eingesetzt werden?



Weiß nicht / Keine Angaben: 2,4 Prozent

Häufigkeit (relativ)

n = 125

Aussagen

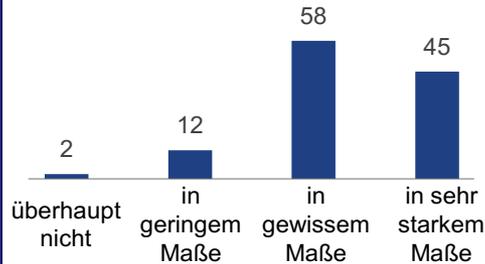
- Mit 77 Prozent sind die meisten Befragten an einer Zusammenarbeit zwischen Mensch und KI in der Produktionssteuerung interessiert.
- Die hybride Interaktion zwischen Mensch und Selbststeuerung stellt mit 41 Prozent den größten Anteil dar.
- Auf dem zweiten Platz folgt die Unterstützung menschlicher Arbeit mittels Künstlicher Intelligenz.
- Der Einsatz eines autonom selbststeuernden Systems nimmt mit 3,2 Prozent eine Minderheitenposition ein.
- 2,4 Prozent der Befragten geben an, dass sie keinen Einsatz von KI in ihrer Produktionssteuerung wünschen.

Ergebnis

Was soll durch die Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz erreicht werden?

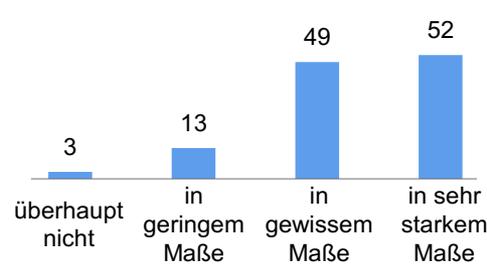
Flexibilität

Fähigkeit, angemessen und effizient auf Auftragsänderungen zu reagieren



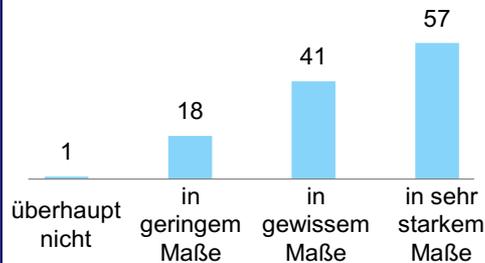
Agilität

Fähigkeit, sehr schnell auf unerwartete Veränderungen des Marktes zu reagieren



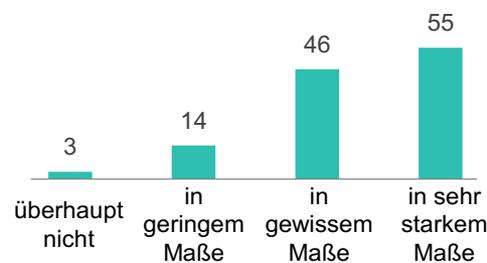
Resistenz

Fähigkeit, Störungen ohne jegliche Abweichung der Performance standzuhalten



Resilienz

Fähigkeit, Störungen rasch zu kompensieren



Häufigkeit (absolut)

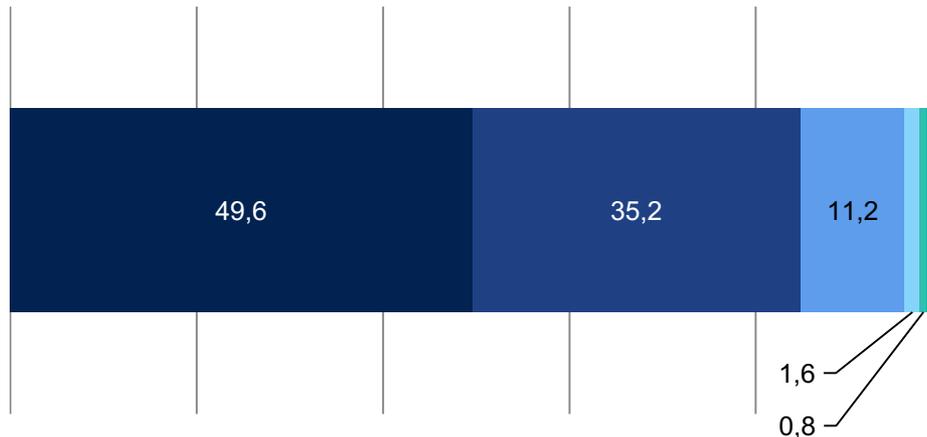
n = 125

Aussagen

- Mindestens 78 Prozent der Befragten gehen bei jeder Fähigkeit davon aus, dass Künstliche Intelligenz sich zumindest in gewissem oder gar in starkem Maße auswirkt.
- Die Mehrheit der Befragten erwartet positive Auswirkungen auf diese Fähigkeiten, während nur ein kleiner Prozentsatz geringe oder keine Auswirkungen sieht.
- Durch die Integration von Künstlicher Intelligenz wird in sehr starkem Maße erwartet, Störungen ohne jegliche Abweichung der Performance standzuhalten.

Ergebnis

Die Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz ist sinnvoll, um auch zukünftig wettbewerbsfähig zu bleiben



Weiß nicht / Keine Angaben: 1,6 Prozent

Häufigkeit (relativ)

n = 125

Aussagen

- Die überwiegende Mehrheit der Befragten erkennt mit 85 Prozent die Bedeutung von Künstlicher Intelligenz für die Wettbewerbsfähigkeit in der Zukunft an.
- Ein kleinerer Anteil von 11 Prozent stimmt der Sinnhaftigkeit einer KI-Erweiterung der Produktionssteuerung etwas zu.
- Bei lediglich einem sehr geringen Anteil (2,4%) überwiegen noch immer Bedenken und Unklarheiten, so dass die Integration von Künstlicher Intelligenz teilweise bis ganz abgelehnt wird.

Ergebnis



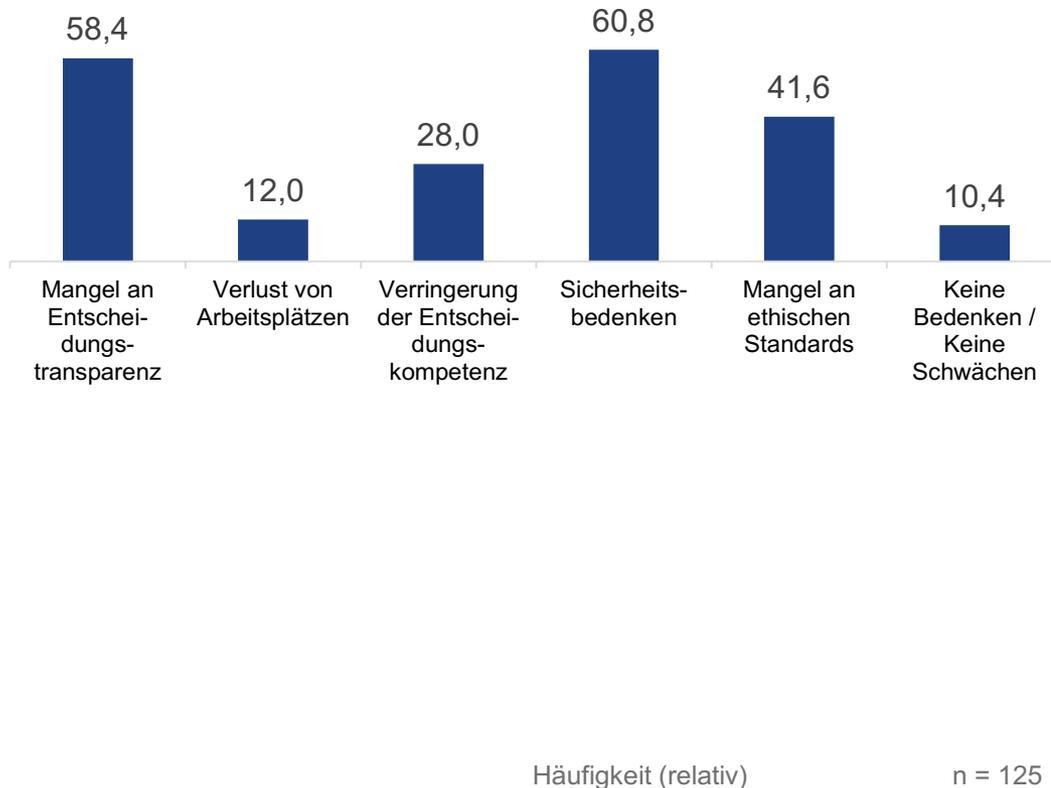
Aussagen

- Knapp zehn Prozent der Teilnehmer wählt die Prioritätsrangfolge Flexibilität (Reaktionsmöglichkeit), Zeit (Bearbeitungsgeschwindigkeit) und Kosten (Auftragsbearbeitung).
- Flexibilität wird von knapp einem Drittel der Teilnehmer als oberste Priorität (32%) angesehen, gefolgt von Zeit mit 28 Prozent.*
- Mit folgenden Häufigkeiten werden die Zieldimensionen mit höchster Relevanz angegeben:*
 - Flexibilität: 32,0%
 - Zeit: 28,0%
 - Kosten: 19,2%
 - Qualität: 14,4%
 - Innovationsfähigkeit: 3,2%
 - Technologieführerschaft: 1,6%

* Nicht vollständig aus Darstellung ablesbar

Ergebnis

Was sind für Sie die größten Schwächen der Künstlichen Intelligenz?



Aussagen

- Als die beiden größten Schwächen werden Sicherheitsbedenken (61%) sowie Mangel an Entscheidungstransparenz genannt (58%).
- Der Mangel an ethischen Standards findet sich mit 42 Prozent an der dritten Stelle.
- Bei den Punkten Verringerung der Entscheidungskompetenz (28%) und Verlust von Arbeitsplätzen (12%) werden die geringsten Schwächen gesehen.
- Jeder zehnte Befragte sieht keine Schwächen bzw. hat keine Bedenken.

Ergebnis

Was sind für Sie die größten Schwächen der Künstlichen Intelligenz?

Sonstige Schwächen:

- *Verlust der geistigen Flexibilität der Beschäftigten*
- *Konfidenzintervall, Modell Robustheit*
- *Sie ist nur so gut, wie die Daten die sie speisen.*
- *Einfluss von exponentiellem Lernen nicht abschätzbar*
- *KI ist KI und kein Algorithmus - muss Kriterien wie "industrial grade" und "trustworthy AI" erfüllen*
- *Komplexität*
- *Schwierigkeit der Umsetzung in komplexen Unternehmensumgebungen mit uneinheitlichen IT-Strukturen*
- *Nicht gemessenen Berücksichtigen / Falsche Datenbasis*
- *Noch schwer greifbar für Mitarbeiter, wie eine Zusammenarbeit aussehen könnte; dadurch verbreitet sich unnötige Angst; auch die Frage, wer eine KI verwalten kann, ist leider nicht trivial, da es dazu geeignetes IT-Personal braucht.*
- *Qualifikationsniveau der Anwender*
- *Für den Menschen unlogische Entscheidungen. Siehe KI-Züge bei dem Spiel Go*
- *Abhängigkeit von Datenqualität*

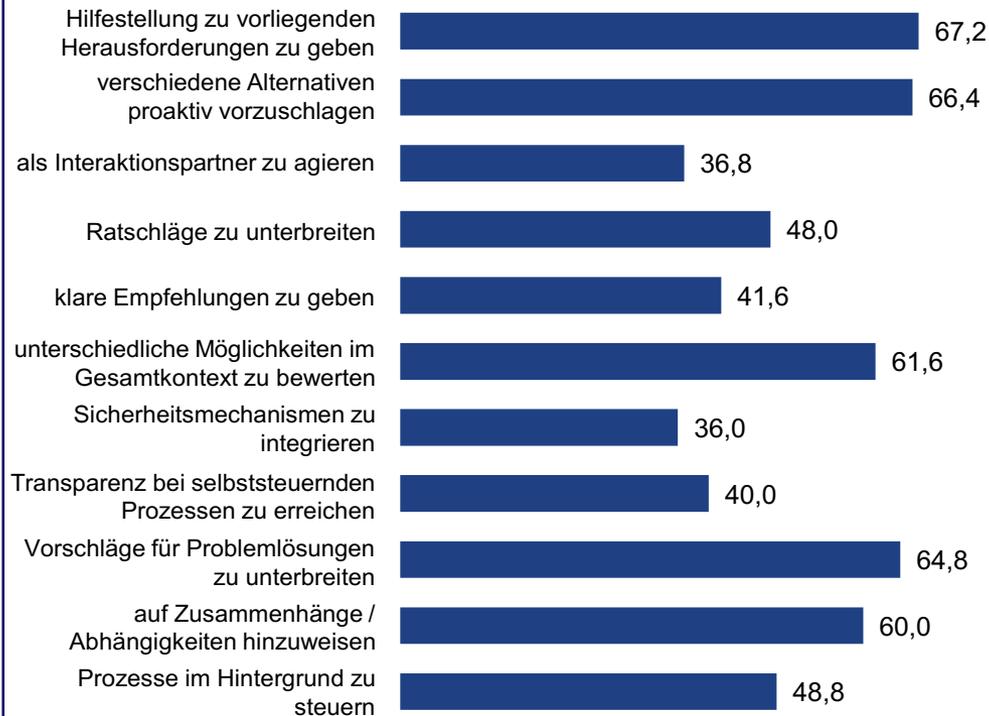
Aussagen

- In der Kategorie „Sonstiges“ konnten nicht aufgeführte Schwächen genannt werden.
- Die Datengrundlage und Datenqualität werden als weitere Schwächen aufgeführt.
- Auch negative Einflüsse auf die Beschäftigten hinsichtlich der geistigen Flexibilität, des Nachvollzug von Entscheidungen als auch die durch KI entstehenden Ängste wurden als zusätzliche Schwächen genannt.

VIII. Anforderungen des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung	48
1. Gründe zur Weiterentwicklung der Produktionssteuerung um KI-Anwendungen	49
2. Nutzung der Künstliche Intelligenz zur Erweiterung der Produktionssteuerung	50
3. Einsatz der Künstliche Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung	51
4. Absicht der Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz	52
5. Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz	53
6. Zielgrößenerreichung durch Integration von Künstlicher Intelligenz	54
7. Schwächen der Künstlichen Intelligenz	55
IX. Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion	57
1. Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion um Künstliche Intelligenz	58
2. Ausgestaltung der Künstliche Intelligenz in der Mensch- Maschine-Interaktion	59
3. Präsenz der Künstliche Intelligenz innerhalb der Mensch-Maschine-Interaktion	60
4. Auswirkung der um Künstliche Intelligenz erweiterte Mensch-Maschine-Interaktion	61
5. Nutzen der Verbindung der Mensch-Maschine-Interaktion und Künstlicher Intelligenz	62
6. Herausforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion mit Künstlicher Intelligenz	63
X. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema	64

Ergebnis

Die Mensch-Maschine-Interaktion sollte um Künstliche Intelligenz erweitert werden, um...



Häufigkeit (relativ)

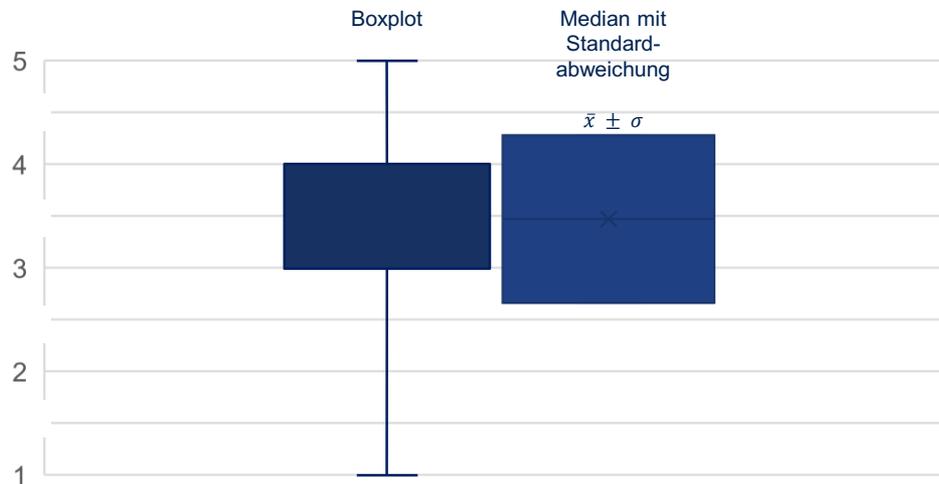
n = 125

Aussagen

- Ungefähr zwei Drittel der Befragten sieht den Nutzen um Hilfestellung bei aktuellen Herausforderungen zu geben (67%), verschiedene Alternativen proaktiv vorzuschlagen (66%) sowie Problemlösungen zu unterbreiten (65%).
- Eine Mehrheit der Befragten schätzt den Wert von KI darin, unterschiedliche Möglichkeiten im Gesamtkontext zu bewerten (62%) sowie auf Zusammenhänge als auch Abhängigkeiten hinzuweisen (60%).

Ergebnis

Welche Ausgestaltung sollte die Künstliche Intelligenz in der Mensch-Maschine-Interaktion aufweisen, um den Nutzer zu unterstützen?



1: Freund *gelegentlich, auf Wunsch des Nutzers*

3: Ratgeber *signalisierend, bei erkannten Abweichungen*

5: Aufpasser *überwachend, auf Fehler hinweisend*

\bar{x} Mittelwert: 3.47

σ Standardabweichung: 0.81

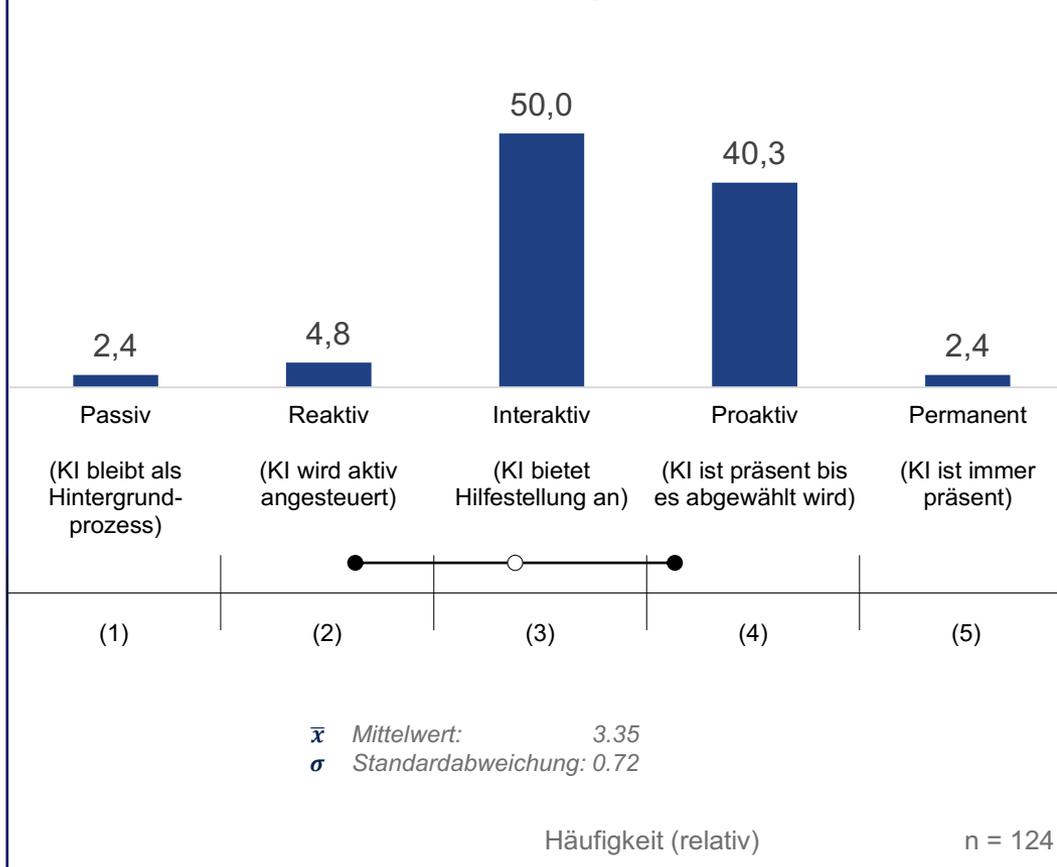
n = 124

Aussagen

- Die Durchschnittsbewertung der Antworten liegt bei 3,47, was auf einen leicht höheren Wert von "Ratgeber" (Bewertung 3) in Richtung „Aufpasser" (Bewertung 5) hinweist.
- Die Mehrheit der Befragten bevorzugt eine KI, die signalisierend und bei erkannten Abweichungen oder möglichen Problemen unterstützt.

Ergebnis

In welchem Maße sollte die Künstliche Intelligenz innerhalb der Mensch-Maschine-Interaktion präsent sein?



Aussagen

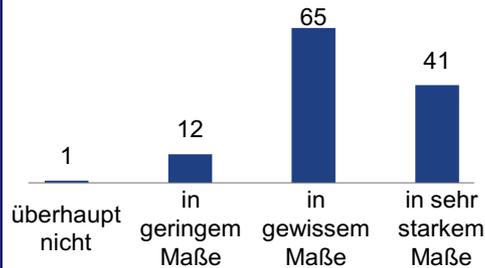
- Die meisten Befragten wünschen eine ausgewogene Präsenz der KI in der Mensch-Maschine-Interaktion.
- Von der Mehrheit der Befragten wird eine interaktive oder proaktive Präsenz der KI innerhalb der Mensch-Maschine-Interaktion bevorzugt.
- Die Hälfte der Befragten (50%) sieht eine interaktive KI, die aktiv Hilfestellung bietet.
- Eine bedeutende Anzahl von 40 Prozent der Befragten bevorzugt eine proaktive KI, die präsent ist, bis sie explizit abgewählt wird.
- Eine sehr kleine Minderheit von 2,4 Prozent der Befragten bevorzugt eine KI, die passiv im Hintergrund bleibt.
- Ebenfalls 2,4 Prozent hätte gerne eine permanente Präsenz der KI, bei der sie immer präsent und aktiv ist.

Ergebnis

Inwieweit wirkt sich eine um Künstliche Intelligenz erweiterte Mensch-Maschine-Interaktion auf die folgenden Fähigkeiten aus?

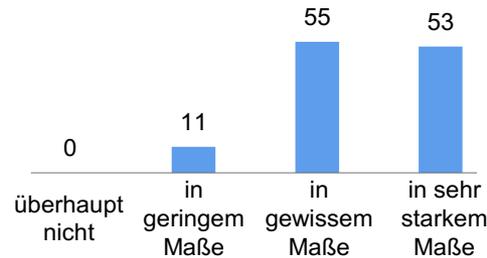
Flexibilität

Fähigkeit, angemessen und effizient auf Auftragsänderungen zu reagieren



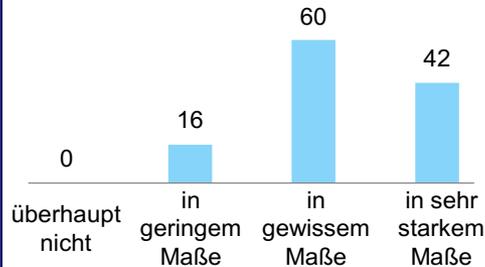
Agilität

Fähigkeit, sehr schnell auf unerwartete Veränderungen des Marktes zu reagieren



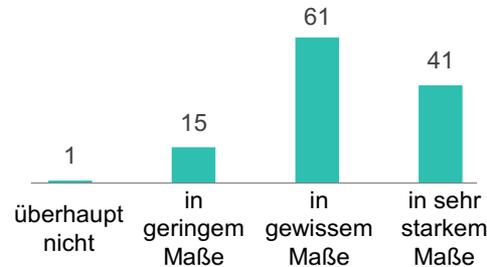
Resistenz

Fähigkeit, Störungen ohne jegliche Abweichung der Performance standzuhalten



Resilienz

Fähigkeit, Störungen rasch zu kompensieren



Häufigkeit (absolut)

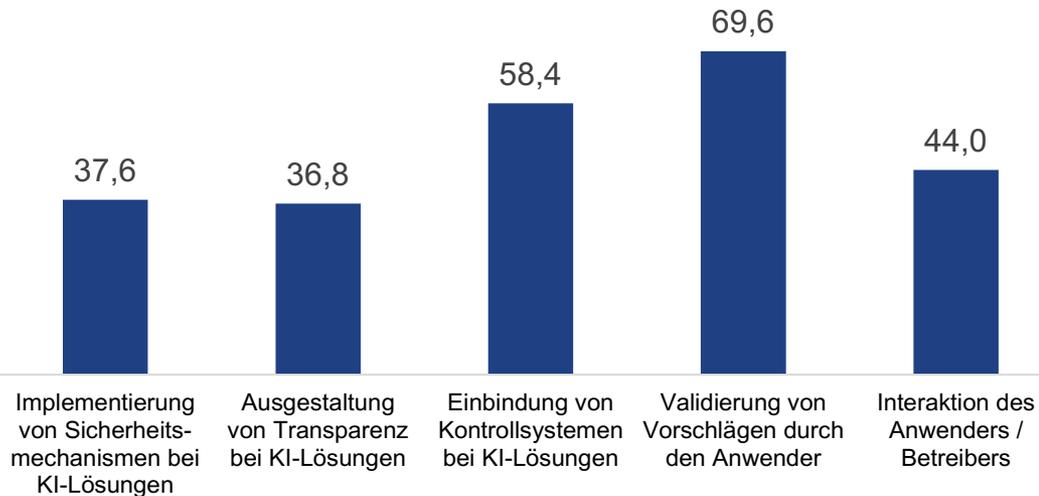
n = 125

Aussagen

- Die Auswirkungen einer um Künstliche Intelligenz (KI) erweiterten Mensch-Maschine-Interaktion auf die Fähigkeiten Flexibilität, Agilität, Resistenz und Resilienz zeigen allesamt ein positives Bild.
- Mindestens 82 Prozent der Befragten gehen bei jeder Fähigkeit davon aus, dass Künstliche Intelligenz in einer Mensch-Maschine-Interaktion sich zumindest in gewissem oder gar in starkem Maße auswirkt.
- Die Mehrheit der Befragten erwartet positive Auswirkungen auf diese Fähigkeiten, während nur ein kleiner Prozentsatz geringe oder keine Auswirkungen sieht.
- Durch die Integration von KI in die Mensch-Maschine-Interaktion wird das Potential gesehen, positive Veränderungen und Verbesserungen bei den genannten Fähigkeiten zu bewirken.

Ergebnis

Aus welchem Grund wäre die Verbindung der Mensch-Maschine-Interaktion und Künstlicher Intelligenz von besonderem Nutzen?



Häufigkeit (relativ)

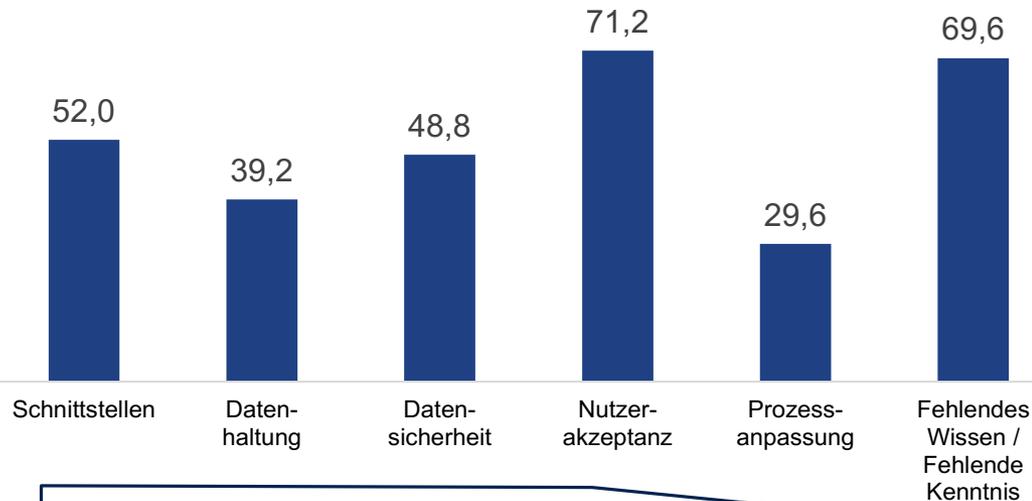
n = 125

Aussagen

- Eine große Mehrheit von 70 Prozent der Befragten sieht den Nutzen der Verbindung von Mensch-Maschine-Interaktion und KI in der Möglichkeit, Vorschläge durch den Anwender validieren zu lassen.
- Am zweit- und dritthäufigsten wurde mit 58 Prozent die Einbindung von Kontrollsystemen bei KI-Lösungen sowie Interaktion des Anwenders bzw. Betreibers (44%) genannt.
- Mit etwas über zwei Drittel liegen Implementierung von Sicherheitsmechanismen bei KI-Lösungen (38%) als auch Ausgestaltung von Transparenz bei KI-Lösungen (37%)

Ergebnis

Was stellen für Sie die Herausforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion mit Integration von Künstlicher Intelligenz dar?



Antwortkategorie: Sonstiges (Anzahl drei | 2,4 Prozent)

Konzernvorgaben	1
Fehlende Experten	1
Datenqualität	1

Häufigkeit (absolut)

Häufigkeit (relativ)

n = 125

Aussagen

- Über zwei Drittel (71%) der Befragten identifiziert die Nutzerakzeptanz als größte Herausforderung, gefolgt von fehlendem Wissen bzw. fehlender Kenntnis (70%).
- Herausforderungen bei den Schnittstellen (52%) und Datensicherheit (49%) wurden von circa der Hälfte der befragten genannt.
- In der Antwortkategorie „Sonstiges“ sind „Konzernvorgaben“, „Fehlende Experten“ und „Datenqualität“ aufgeführt.

VIII. Anforderungen des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung	48
1. Gründe zur Weiterentwicklung der Produktionssteuerung um KI-Anwendungen	49
2. Nutzung der Künstliche Intelligenz zur Erweiterung der Produktionssteuerung	50
3. Einsatz der Künstliche Intelligenz innerhalb der Produktionssteuerung	51
4. Absicht der Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz	52
5. Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz	53
6. Zielgrößenerreichung durch Integration von Künstlicher Intelligenz	54
7. Schwächen der Künstlichen Intelligenz	55
IX. Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion	57
1. Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion um Künstliche Intelligenz	58
2. Ausgestaltung der Künstliche Intelligenz in der Mensch- Maschine-Interaktion	59
3. Präsenz der Künstliche Intelligenz innerhalb der Mensch-Maschine-Interaktion	60
4. Auswirkung der um Künstliche Intelligenz erweiterte Mensch-Maschine-Interaktion	61
5. Nutzen der Verbindung der Mensch-Maschine-Interaktion und Künstlicher Intelligenz	62
6. Herausforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion mit Künstlicher Intelligenz	63
X. Generelles Feedback der Teilnehmer zum Studienthema	64

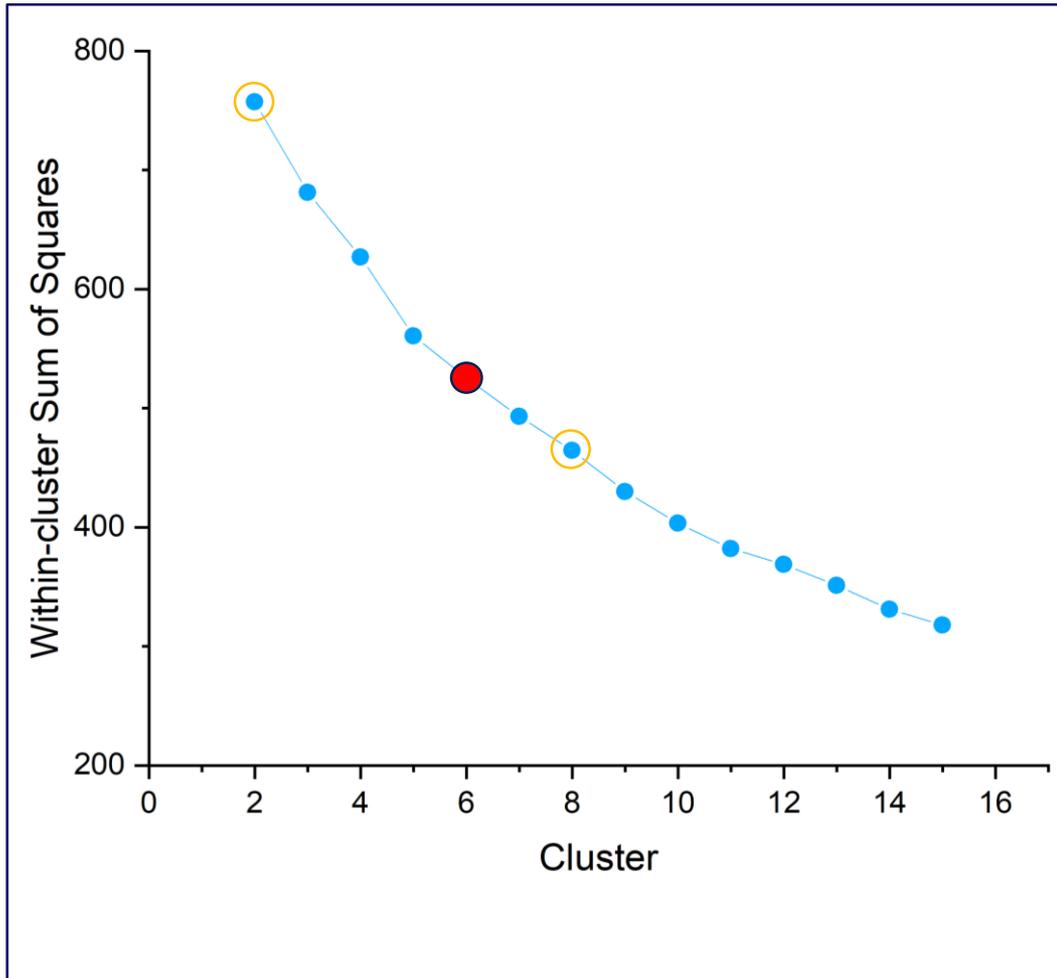
Ausgewählte Anmerkungen der Teilnehmer im abschließenden Freitextfeld der Umfrage

- *KI kann den Fachkräftemangel zum Teil kompensieren. Es ist wichtig KI einzuführen solange noch ausreichend Fachkräfte an Bord sind. Wichtig ist es die Mitarbeiter frühzeitig in diese Prozesse und Vorhaben einzuweißen und such Know-how Träger davon zu überzeugen. Deren Know-how muss mit in die Interaktionen einfließen. Eine KI ist nur so gut wie gute Basisdaten. Und die Basis bildet noch immer das Know-how der Mitarbeiter.*
- *Systeme zur Produktionssteuerung sind je nach Branche, Fertigungstiefe und der Größe des Unternehmens sehr unterschiedlich. In vielen Fällen, wie auch bei meinem Arbeitgeber, gibt es individuelle firmeneigene Lösungen [...].*
- *Die Letztentscheidung sollte immer vom Menschen getroffen werden, da die Erfahrung eine wesentliche Rolle spielt.*

XI. Clusteranalyse zur Entscheidungsunterstützung	66
1. Clusteranalyse Systemfunktionalität	67
a) Aufbau der Clusteranalyse	67
b) Ermittlung der Clusteranzahl	68
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	69
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	70
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	72
f) Verteilungen in den Clustern	74
2. Clusteranalyse Analysefähigkeit	78
a) Aufbau der Clusteranalyse	78
b) Ermittlung der Clusteranzahl	79
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	80
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	81
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	83
f) Verteilungen in den Clustern	85
3. Clusteranalyse Entscheidungsunterstützung	89
a) Aufbau der Clusteranalyse	89
b) Ermittlung der Clusteranzahl	90
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	91
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	92
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	94
f) Verteilungen in den Clustern	96
4. Zusammenfassung der Clusteranalyse	100
XII. Fazit aus den Studienergebnissen	101
XIII. Literaturverzeichnis	105
XIV. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft	108

- Ziel der Clusteranalyse war es zu untersuchen, ob es bezogen auf ausgewählte Funktionen des Systems (Clusteranalyse 1) ähnliche Gruppen gibt, die similäre Bedarfe und Anforderungen haben.
- Bei der Auswertung der Analysen wurden die Strukturdaten des jeweiligen Clusters herangezogen, um ggf. Auffälligkeiten gegenüber der gesamten Stichprobe zu überprüfen.
- Bestehen beim Vergleich der strukturellen Daten keine wesentlichen Abweichungen, so werden erzielte Erkenntnisse als eindeutige Tendenzen eingeordnet.
- Die Analyse erfolgte mit OriginPro (Version 2023b)
- Aufbau Clusteranalyse zur Problemformulierung:
 - Keine korrelierenden Variablen
 - Keine konstanten Variablen
 - 8 Variablen mit 5 Ausprägungen (4 – hoch, 3 – eher hoch, 2 – eher niedrig, 1 – niedrig, 0 – kein) aus den Bereichen Systemfunktionalität (8 Variablen)
 - 122 verwertbare (vollständige) Datensätze
- Die identifizierten Cluster werden im Folgenden mit den dahinter liegenden Bewertungsergebnissen erläutert. Sofern es eindeutige Tendenzen gibt, werden die strukturellen Daten des Clusters angegeben.

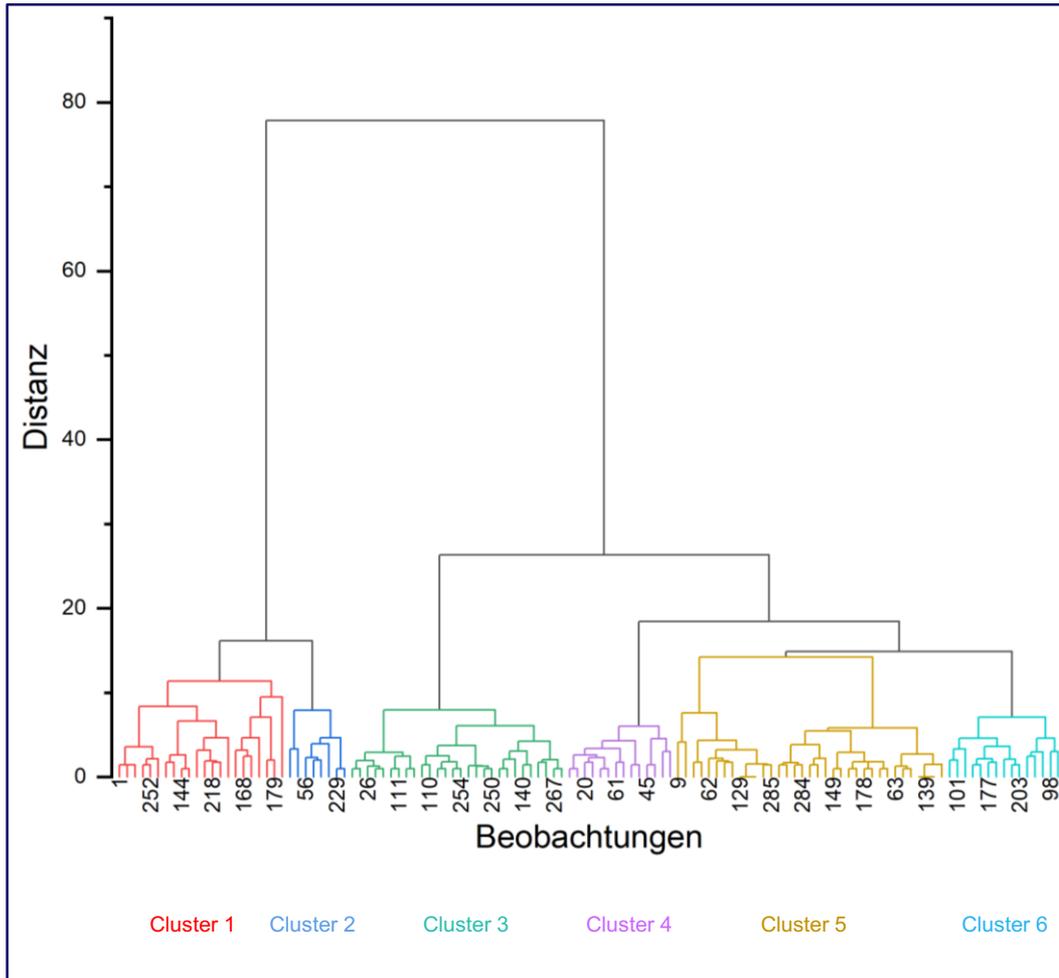
Ergebnis



Aussagen

- Die Analyse der sinnvollen Anzahl an Cluster erfolgte mit einer Hauptkomponentenanalyse (siehe Screeplot links).
- Wird die Stichprobe auf zwei Cluster verteilt, können unabhängige, jedoch stärker streuende Cluster gebildet werden.
- Bei der Bildung von drei bis acht Clustern, reduziert sich die Varianz erneut deutlich, sodass in sich homogenere Gruppen (geringere Varianz innerhalb des Clusters) gebildet werden können.
- Im Folgenden wird mit sechs Clustern weitergearbeitet.

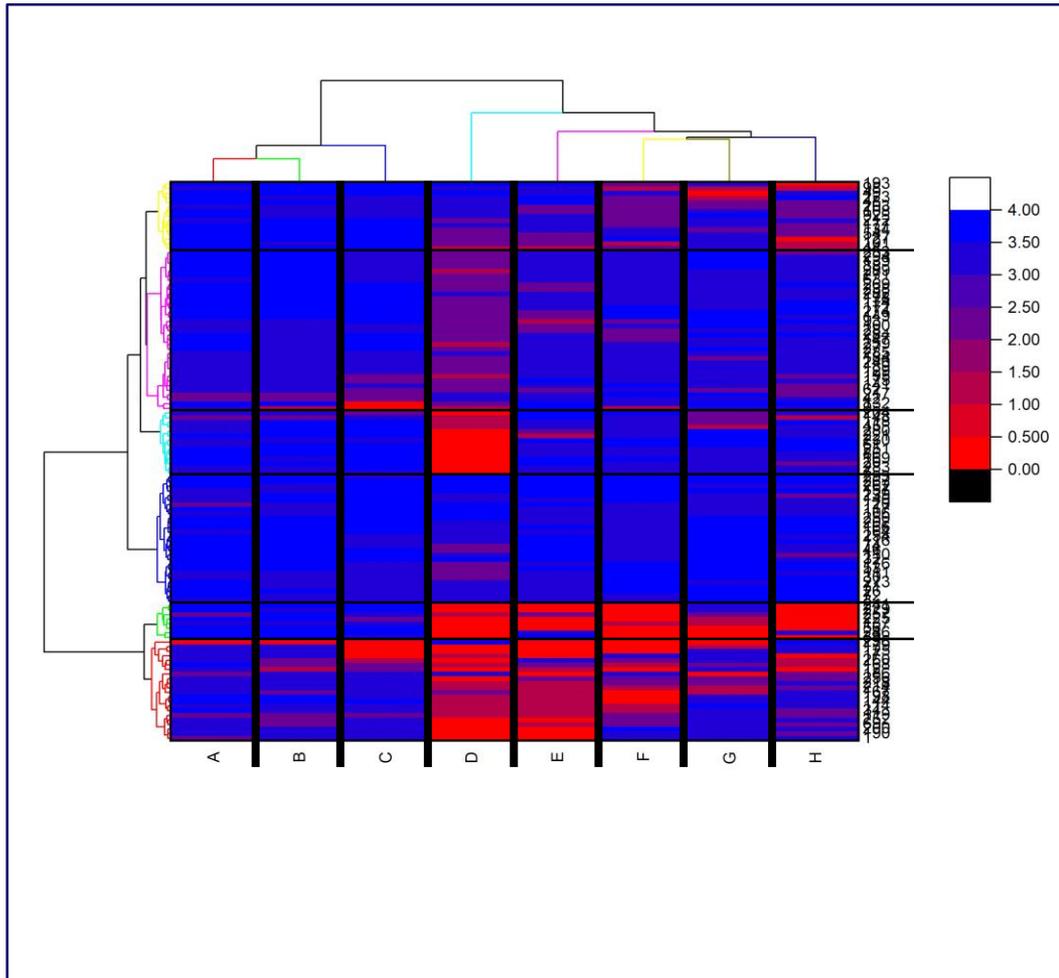
Ergebnis



Aussagen

- Mit dem hierarchischen Verfahren lassen sich die dargestellten sechs Cluster ermitteln.
- Zur Untersuchung wurde das Ward-Verfahren mit euklidischer Distanz verwendet.
- Die Größe der Cluster liegt bei:*
 - Cluster 1: 22 Teilnehmer (18,0%)
 - Cluster 2: 8 Teilnehmer (6,6%)
 - Cluster 3: 28 Teilnehmer (23,0%)
 - Cluster 4: 14 Teilnehmer (11,5%)
 - Cluster 5: 35 Teilnehmer (28,7%)
 - Cluster 6: 15 Teilnehmer (12,3%)
- *von 122 Datensätzen

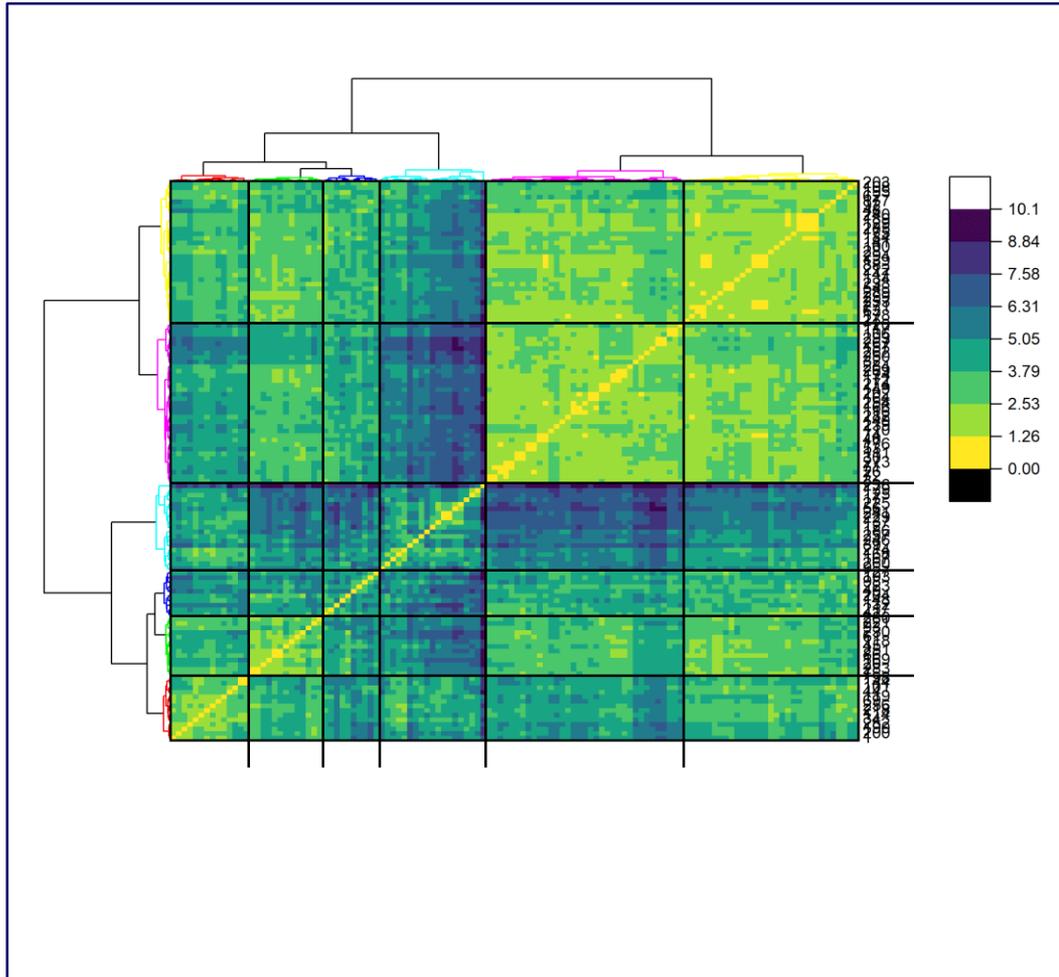
Ergebnis



Aussagen

- Die Heatmap (Matrix) zeigt den Abstand zwischen den Antworten der Cluster und den Funktionen.
- Teilnehmer mit ähnlichen Antworten werden primär in einem Cluster zusammengefasst.
- Besteht Bedarf hinsichtlich der Funktion ist die Ausprägung blau gekennzeichnet.
- Der Bedarf an den Funktionen A, B und C werden von allen Clustern als hoch erachtet.
- Die Cluster 1 & 2 fragen die Funktionen D, E & F wenig nach.
- Cluster 4 hat einen ausgeprägten Bedarf an der überwiegenden Mehrheit aller Funktionen, jedoch nicht an der Funktion D.

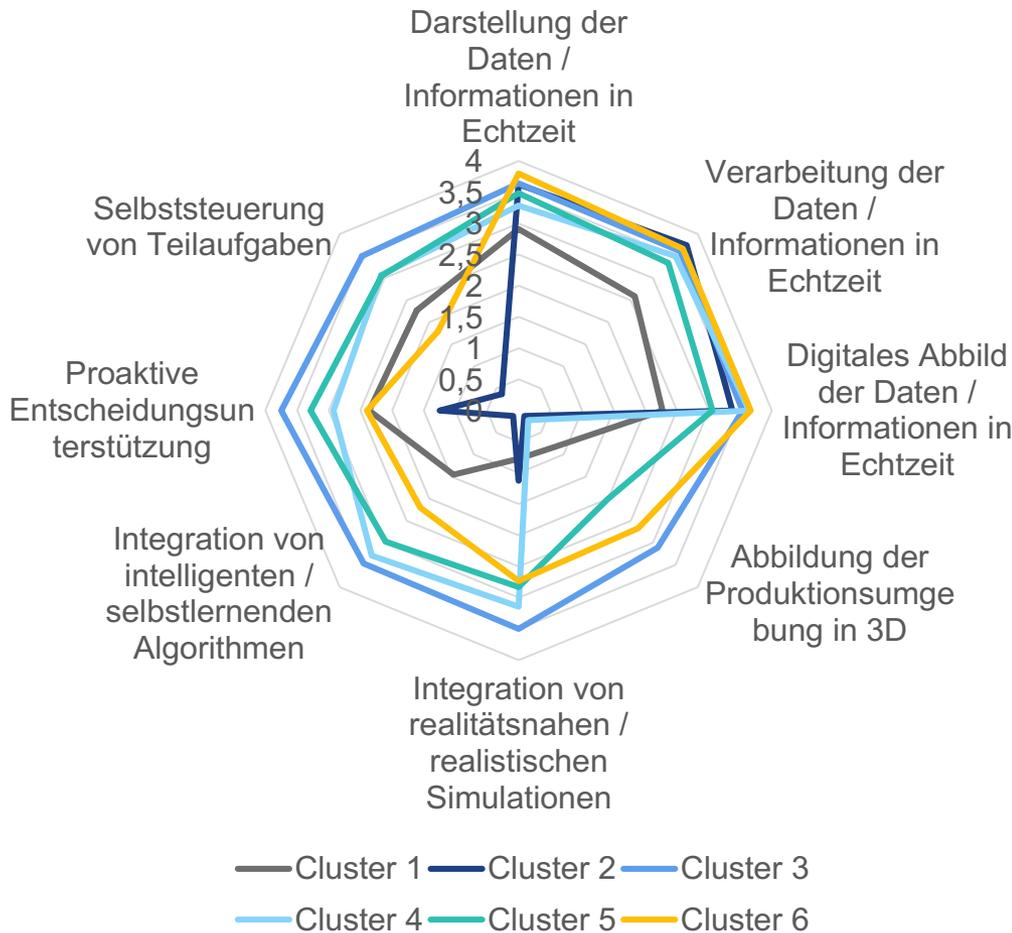
Ergebnis



Aussagen

- Die Heatmap (Matrix) zeigt den Abstand zwischen den Antworten der Teilnehmer.
- Teilnehmer mit ähnlichen Antworten sind gelb gekennzeichnet und werden primär in einem Cluster zusammengefasst.
- Die sechs Cluster sind durch die schwarzen Linien voneinander abgegrenzt.
- Es wird deutlich, dass die Bewertungen der Teilnehmer in Cluster 1 & 2 in sich relativ nahe beieinander liegen und gleichzeitig insbesondere von Cluster 3 & 4 stark abweichen (hoher Abstand).
- Cluster 5 & 6 sind in sich sehr ähnlich, weisen dabei starke inhaltliche Überschneidungen auf.

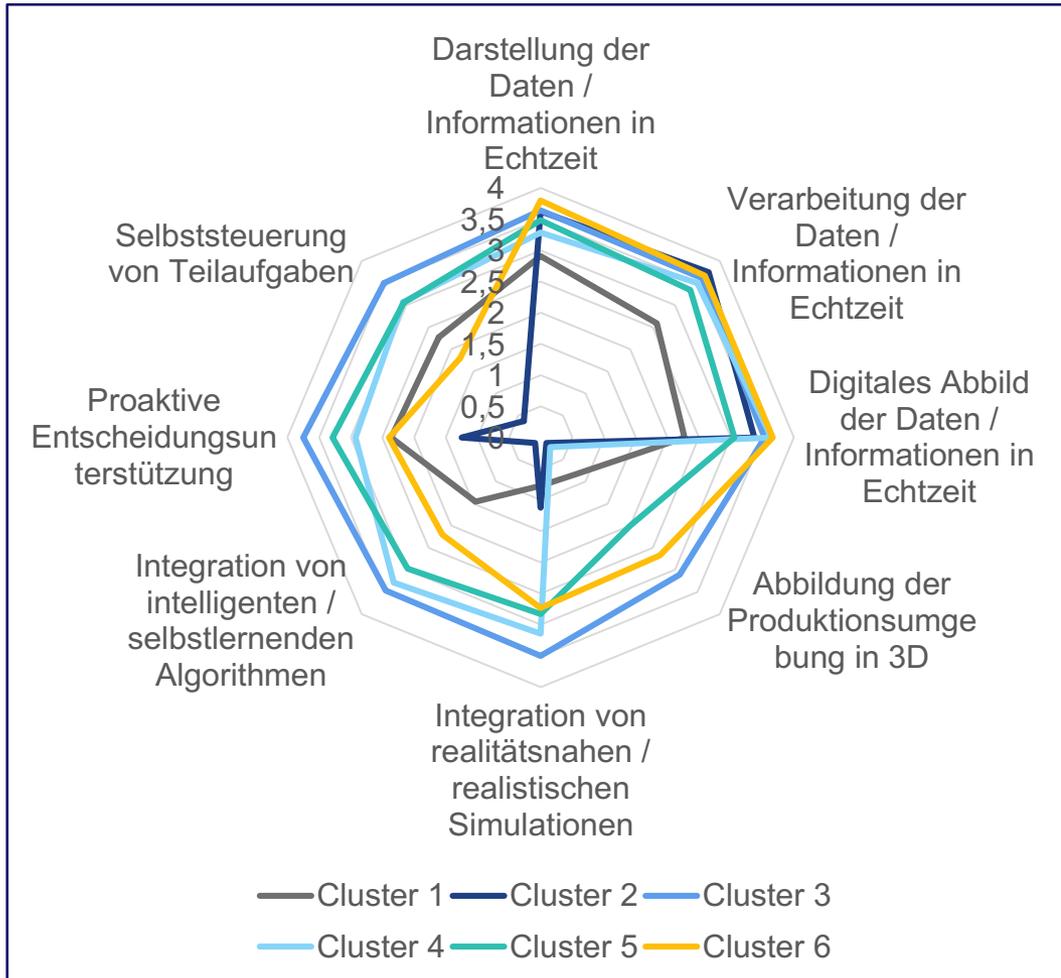
Ergebnis



Aussagen

- 1) Cluster 1 hat neben den Echtzeitfunktionen Darstellung der Daten und Informationen, Verarbeitung der Daten und Informationen sowie einem digitalen Abbild der Daten und Informationen einen Bedarf an proaktiver Entscheidungsunterstützung sowie der Selbststeuerung von Teilaufgaben an.
- 2) Cluster 2 hat vor allem Bedarf an der Echtzeitfunktionen. Neben der Darstellung der Daten und Informationen in Echtzeit und der Verarbeitung der Daten und Informationen in Echtzeit, besteht ein Bedarf an einem digitalen Abbild der Daten und Informationen in Echtzeit.
- 3) Cluster 3 hat einen sehr hohen Bedarf über alle Funktionen hinweg. Am geringsten wird dabei die Abbildung der Produktionsumgebung in 3D eingestuft und am höchsten die proaktive Entscheidungsunterstützung.

Ergebnis

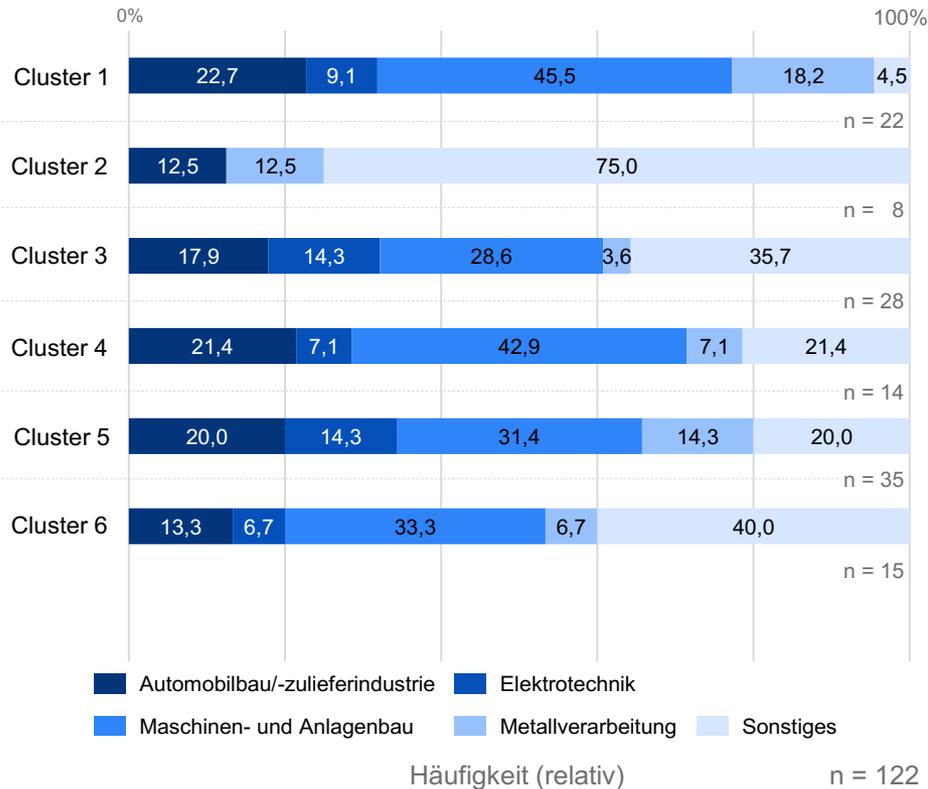


Aussagen

- 4) Cluster 4 hat einen sehr hohen Bedarf über alle Funktionen hinweg, jedoch keinen Bedarf an der Abbildung der Produktionsumgebung in 3D.
- 5) Cluster 5 hat einen hohen Bedarf über alle Funktionen hinweg. Am geringsten wird ebenfalls die Abbildung der Produktionsumgebung in 3D eingestuft. Ein ausgeprägter Bedarf besteht bei den Echtzeitfunktionen, vor allem bei der Darstellung der Daten und Informationen sowie der Verarbeitung der Daten und Informationen.
- 6) Cluster 6 hat einen ausgeprägten Bedarf an den Echtzeitfunktionen Darstellung und Verarbeitung der Daten und Informationen sowie einem digitalen Abbild der Daten und Informationen. Ein erhöhtes Interesse besteht ebenfalls bei intelligenten Funktionen wie einer proaktiven Entscheidungsunterstützung sowie der Integration von intelligenten und selbstlernenden Algorithmen als auch der Integration von Simulationen.

Ergebnis

Branchenverteilung in den Clustern

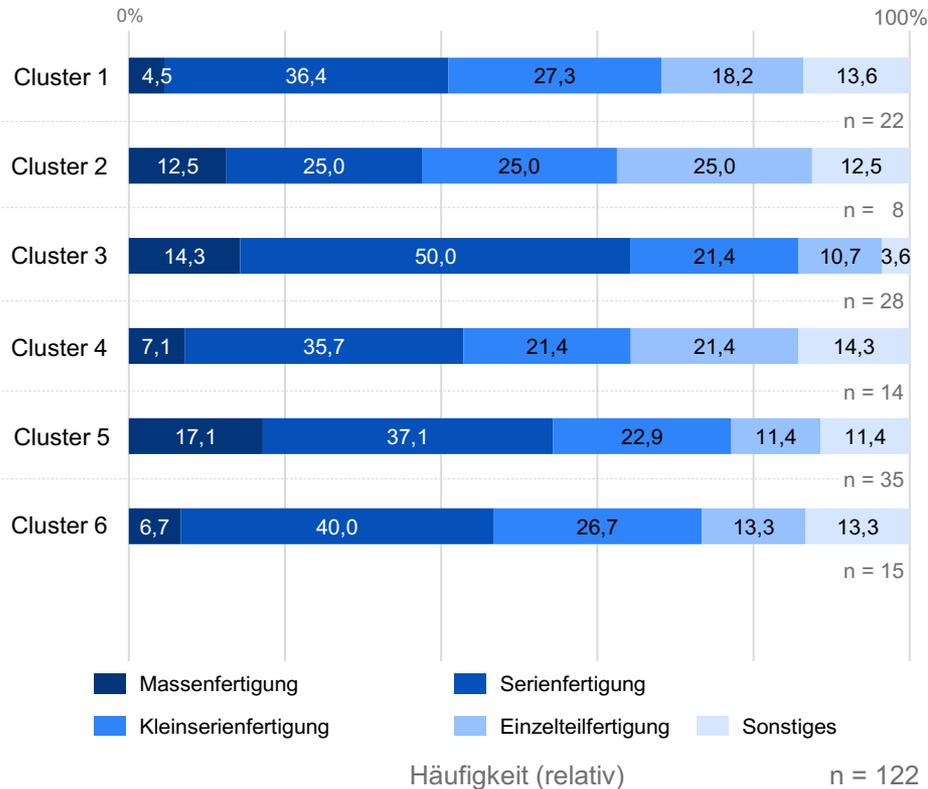


Aussagen

- Branchenverteilung der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Der Maschinen- und Anlagenbau stellt in den Clustern 1, 3, 4, 5 & 6 den größten Anteil dar.
- Cluster zwei stellt das kleinste Cluster dar und beinhaltet vor allem diverse/sonstige Unternehmen.
- Der Automobilbau und die Automobilzulieferindustrie ist wie die Branche der Metallverarbeitung in allen Clustern präsent.

Ergebnis

Fertigungsart der Unternehmen in den Clustern

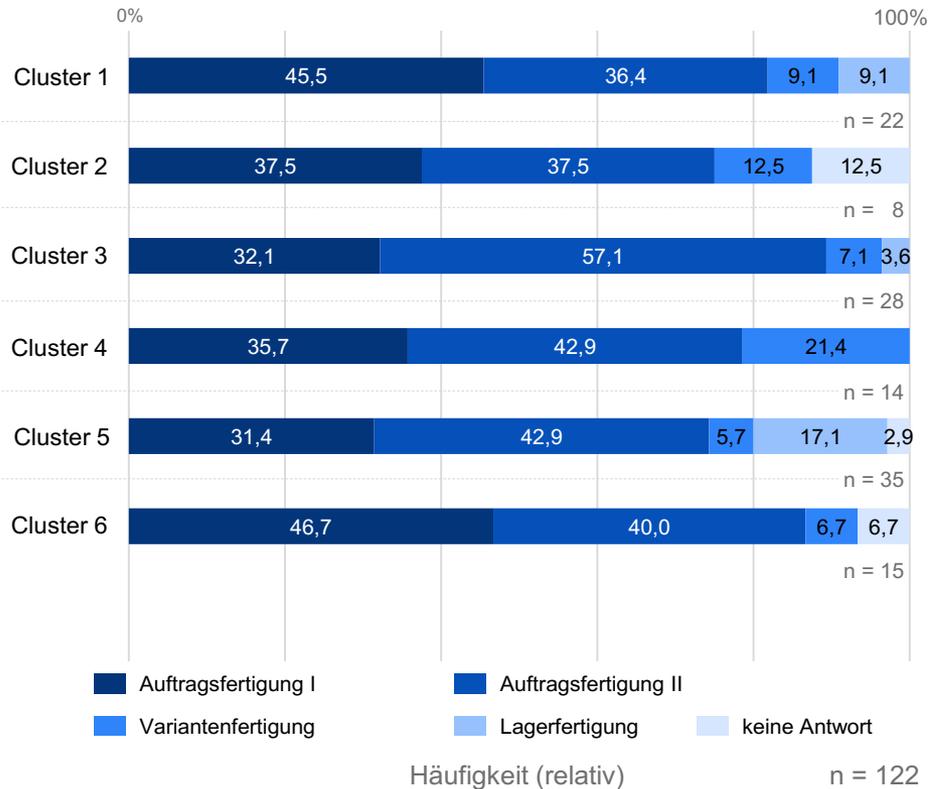


Aussagen

- Fertigungsart der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Innerhalb aller Cluster finden sich alle Unternehmensarten wieder.
- Die Gruppe der Serienfertigung stellt in allen Clustern den größten Anteil dar (in Cluster 2 zusammen mit der Kleinserien- und Einzelteillfertigung).
- In Cluster 3 dominiert die Serienfertigung mit der Hälfte der vertretenden Teilnehmer / Fertigungsarten.

Ergebnis

Primäre Auftragsabwicklungstypen in den Clustern

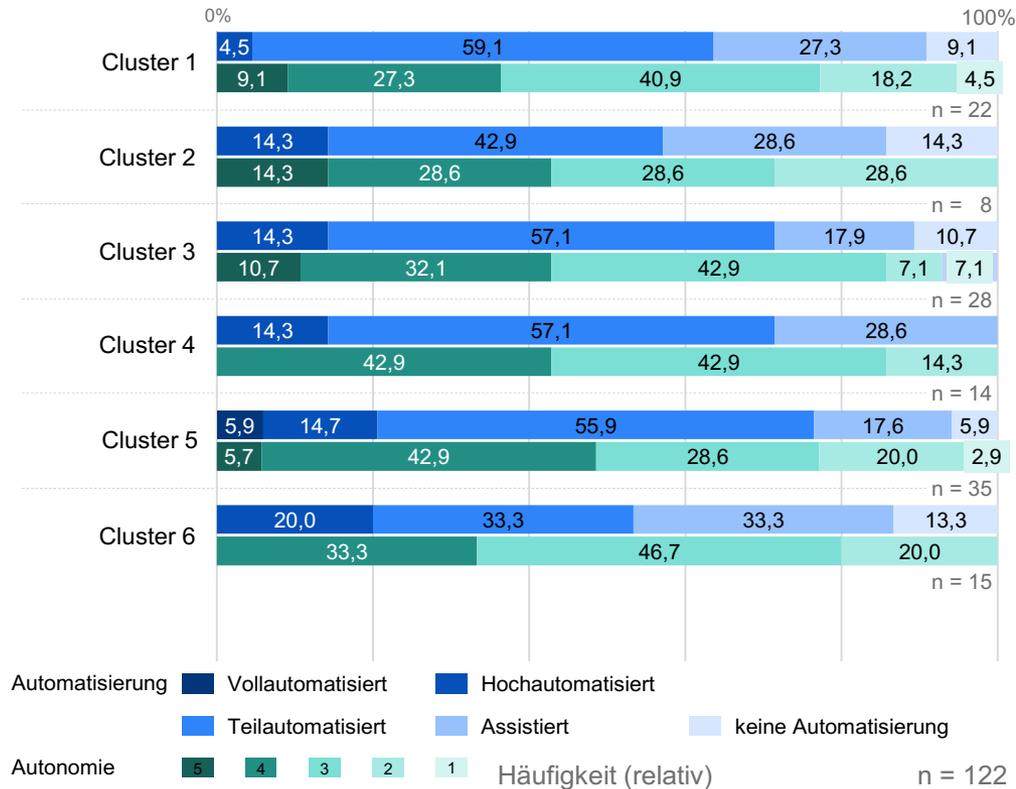


Aussagen

- Primäre Auftragsabwicklungstypen der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Die beiden dominierenden Auftragsabwicklungstypen innerhalb der Cluster stellen Auftragsfertigung I und Auftragsfertigung II dar.
- In den zwei Clustern 1 & 6 überwiegt die Ausprägung der Auftragsfertigung I.
- In den drei Clustern 3, 4 & 5 überwiegt die Ausprägung der Auftragsfertigung II.
- In Cluster 2 sind beide dominanten Ausprägungen (Auftragsfertigung I & Auftragsfertigung II) gleichmäßig vertreten.

Ergebnis

Automatisierungs- und Autonomiegrade in den Clustern

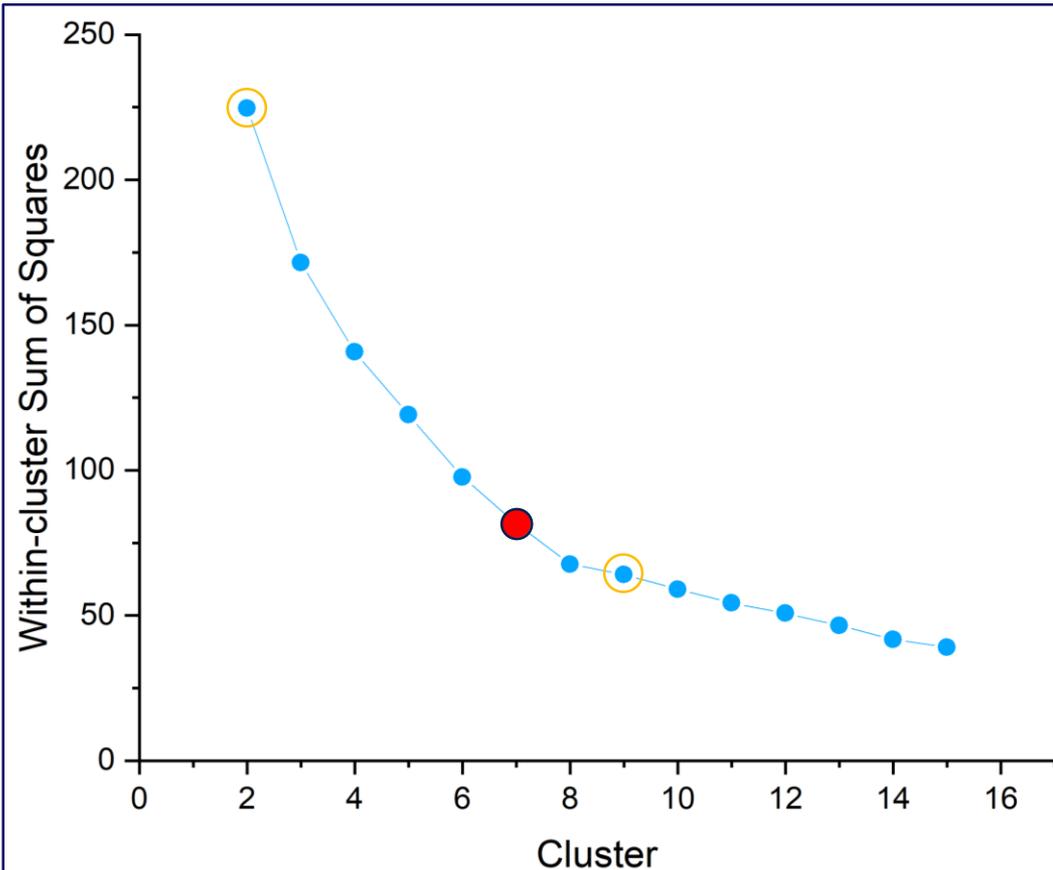


Aussagen

- Automatisierungs- und Autonomiegrade der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- In allen sechs Clustern 1, 2, 3, 4, 5 & 6 (Cluster 1 mit 59 Prozent, Cluster 2 mit 38 Prozent, Cluster 3 mit 57 Prozent, Cluster 4 mit 57 Prozent, Cluster 5 mit 54 Prozent und Cluster 6 mit 33 Prozent) ist die Teilautomatisierung der dominierende Automatisierungsgrad.
- Die Vollautomatisierung ist lediglich in Cluster 5 vertreten.

- Ziel der Clusteranalyse war es zu untersuchen, ob es bezogen auf die Analysefähigkeit (Clusteranalyse 2) ähnliche Gruppen gibt, die similäre Bedarfe und Anforderungen haben.
- Bei der Auswertung der Analysen wurden die Strukturdaten des jeweiligen Clusters herangezogen, um ggf. Auffälligkeiten gegenüber der gesamten Stichprobe zu überprüfen.
- Bestehen beim Vergleich der strukturellen Daten keine wesentlichen Abweichungen, so werden erzielte Erkenntnisse als eindeutige Tendenzen eingeordnet.
- Die Analyse erfolgte mit OriginPro (Version 2023b)
- Aufbau Clusteranalyse zur Problemformulierung:
 - Keine korrelierenden Variablen
 - Keine konstanten Variablen
 - 4 Variablen mit 5 Ausprägungen (4 – hoch, 3 – eher hoch, 2 – eher niedrig, 1 – niedrig, 0 – kein) aus den Bereichen Analysefähigkeit (4 Variablen)
 - 115 verwertbare (vollständige) Datensätze
- Die identifizierten Cluster werden im Folgenden mit den dahinter liegenden Bewertungsergebnissen erläutert. Sofern es eindeutige Tendenzen gibt, werden die strukturellen Daten des Clusters angegeben.

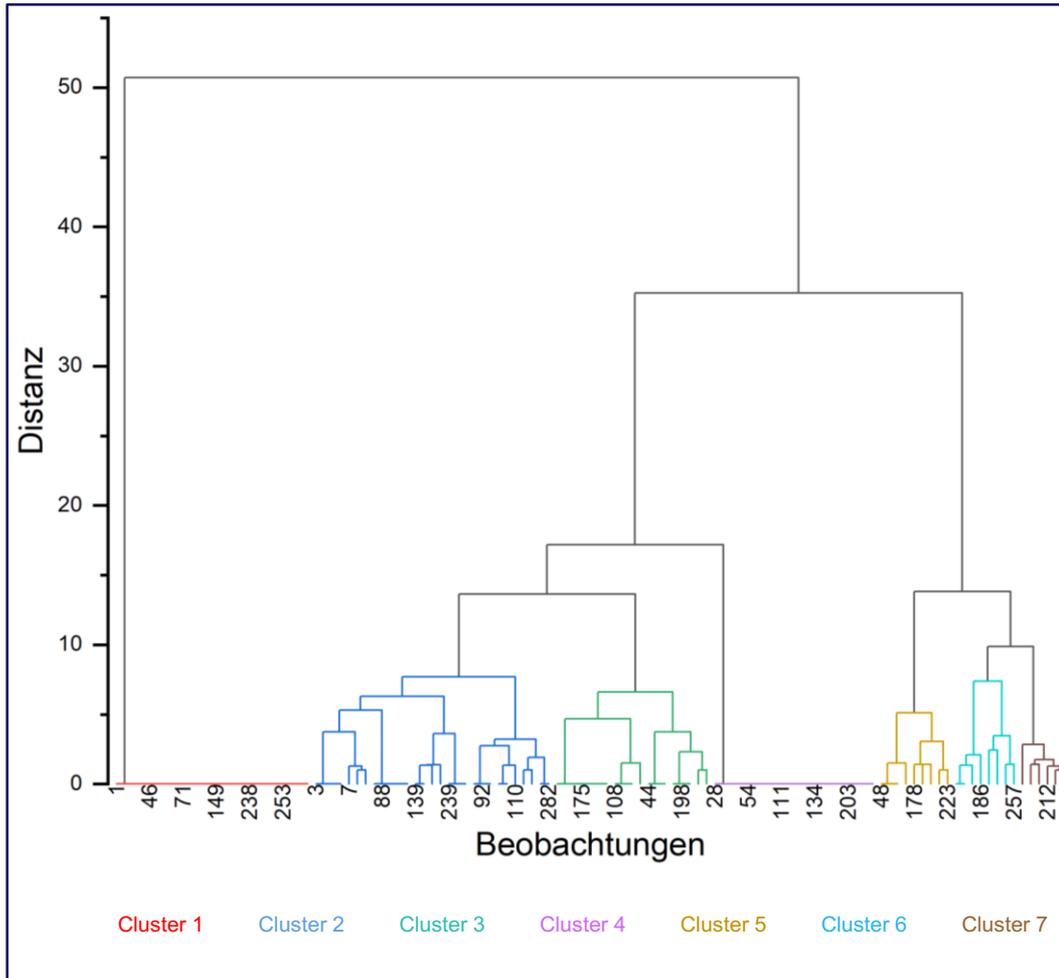
Ergebnis



Aussagen

- Die Analyse der sinnvollen Anzahl an Cluster erfolgte mit einer Hauptkomponentenanalyse (siehe Screeplot links).
- Wird die Stichprobe auf zwei Cluster verteilt, können unabhängige, jedoch stärker streuende Cluster gebildet werden.
- Bei der Bildung von drei bis neun Clustern, reduziert sich die Varianz erneut deutlich, sodass in sich homogenere Gruppen (geringere Varianz innerhalb des Clusters) gebildet werden können.
- Beim Sprung von acht auf neun Cluster, nimmt die Varianz innerhalb der Gruppen nur geringfügig ab.
- Im Folgenden wird mit sieben Clustern weitergearbeitet.

Ergebnis

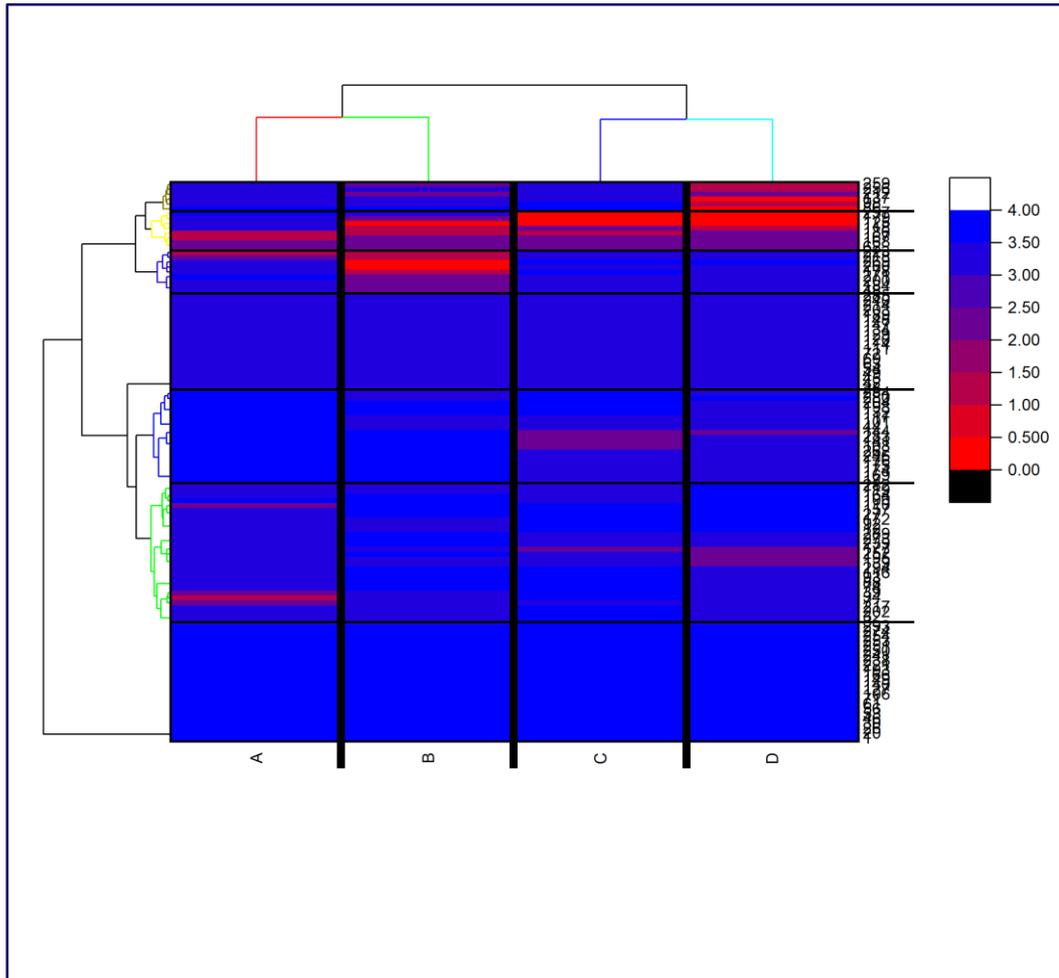


Aussagen

- Mit dem hierarchischen Verfahren lassen sich die dargestellten sieben Cluster ermitteln.
- Zur Untersuchung wurde das Ward-Verfahren mit euklidischer Distanz verwendet.
- Die Größe der Cluster liegt bei:*
 - Cluster 1: 24 Teilnehmer (20,9%)
 - Cluster 2: 29 Teilnehmer (25,2%)
 - Cluster 3: 19 Teilnehmer (16,5%)
 - Cluster 4: 20 Teilnehmer (17,4%)
 - Cluster 5: 9 Teilnehmer (7,8%)
 - Cluster 6: 8 Teilnehmer (7,0%)
 - Cluster 7: 6 Teilnehmer (5,2%)

▪ *von 115 Datensätzen

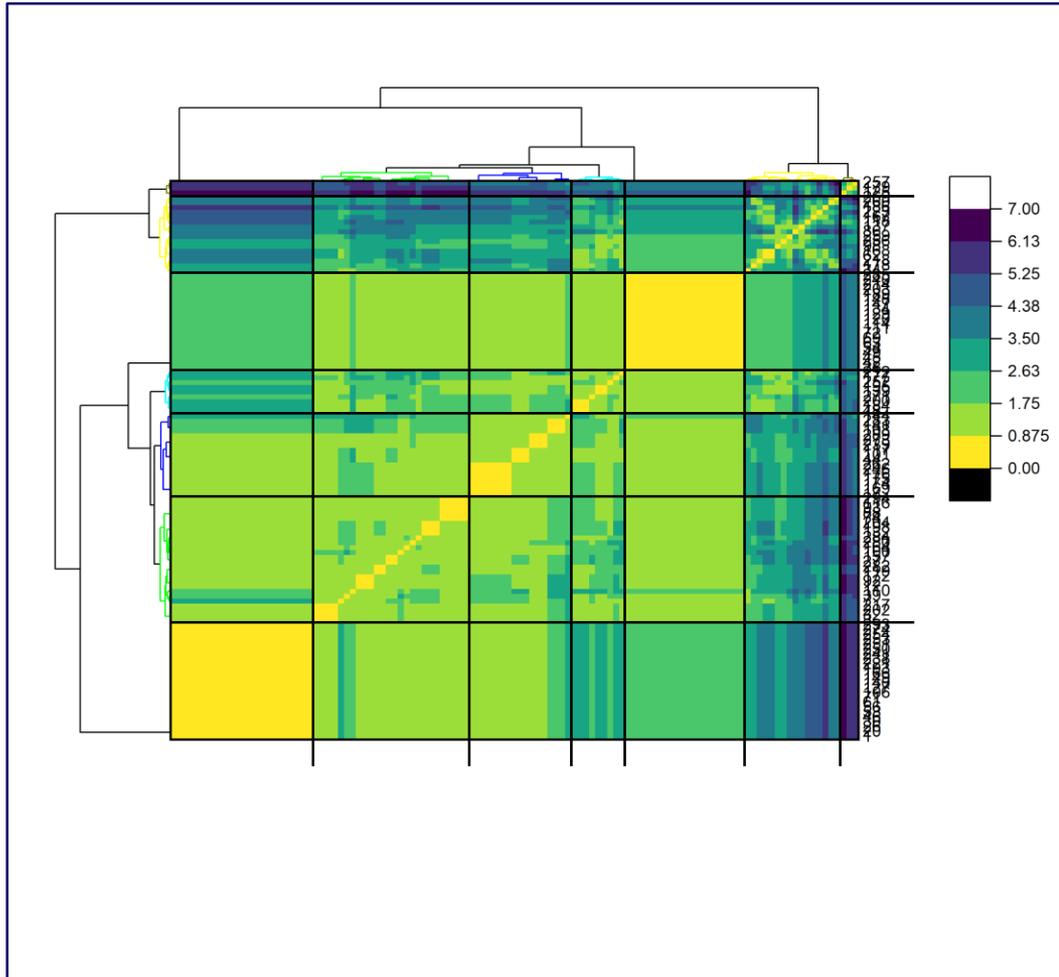
Ergebnis



Aussagen

- Die Heatmap (Matrix) zeigt den Abstand zwischen den Antworten der Cluster und den Funktionen.
- Teilnehmer mit ähnlichen Antworten werden primär in einem Cluster zusammengefasst.
- Besteht Bedarf hinsichtlich der Funktion ist die Ausprägung blau gekennzeichnet.
- Cluster 1 & 4 fordert alle Funktionen, jedoch in unterschiedlich starker Ausprägung.
- In Cluster 3 liegen die vorrangigen Bedarfe bei den Funktionen A & B, gefolgt von einem hohen Bedarf an D.
- Die Funktion B wird vorrangig innerhalb des Cluster 2 gefordert.
- Bei den Clustern 5 & 7 wird die Funktion B (Cluster 5) und Funktion D (Cluster 7) nicht benötigt.
- Bei Cluster 6 werden die Funktionen B, C und D nicht sehr stark nachgefragt.

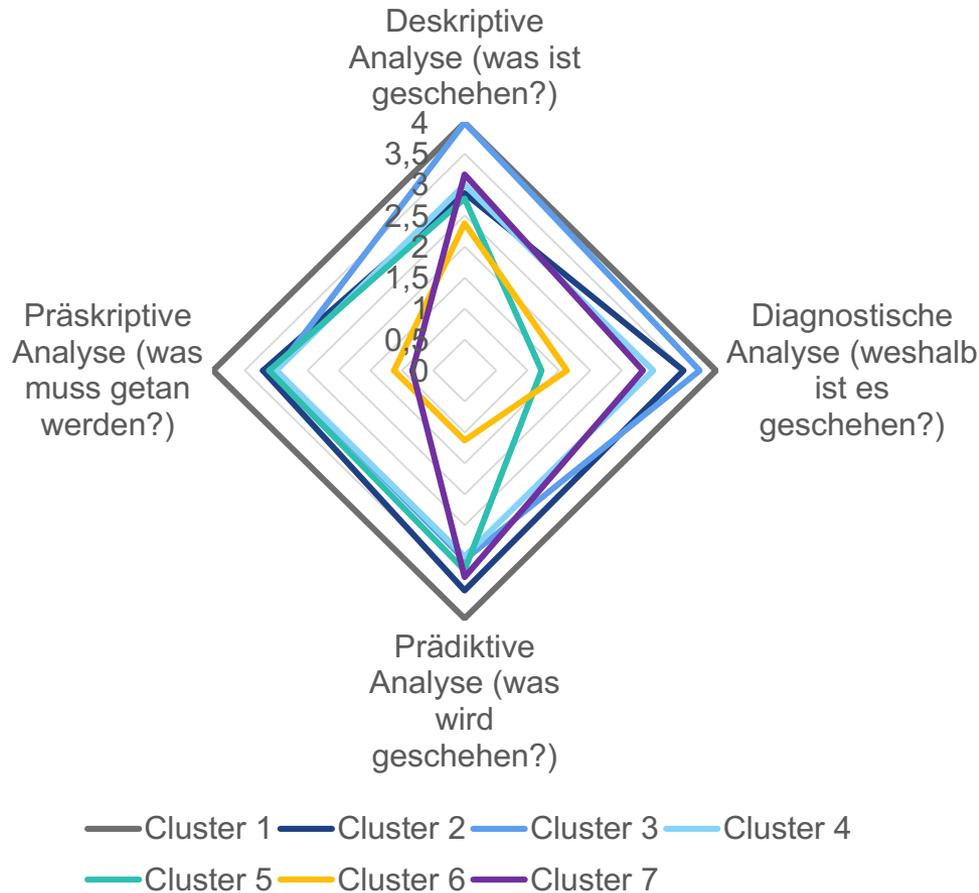
Ergebnis



Aussagen

- Die Heatmap (Matrix) zeigt den Abstand zwischen den Antworten der Teilnehmer.
- Teilnehmer mit ähnlichen Antworten sind gelb gekennzeichnet und werden primär in einem Cluster zusammengefasst.
- Es wird deutlich, dass die Bewertungen der Teilnehmer in Cluster 2 & 3 in sich relativ nahe beieinander liegen und gleichzeitig insbesondere von Cluster 1 & 5 stark abweichen (hoher Abstand).
- Cluster 4 & 6 sind in sich sehr ähnlich, weisen dabei starke inhaltliche Überschneidungen auf.
- Innerhalb des Clustervergleichs stellt Cluster 7 eine Extremposition dar.

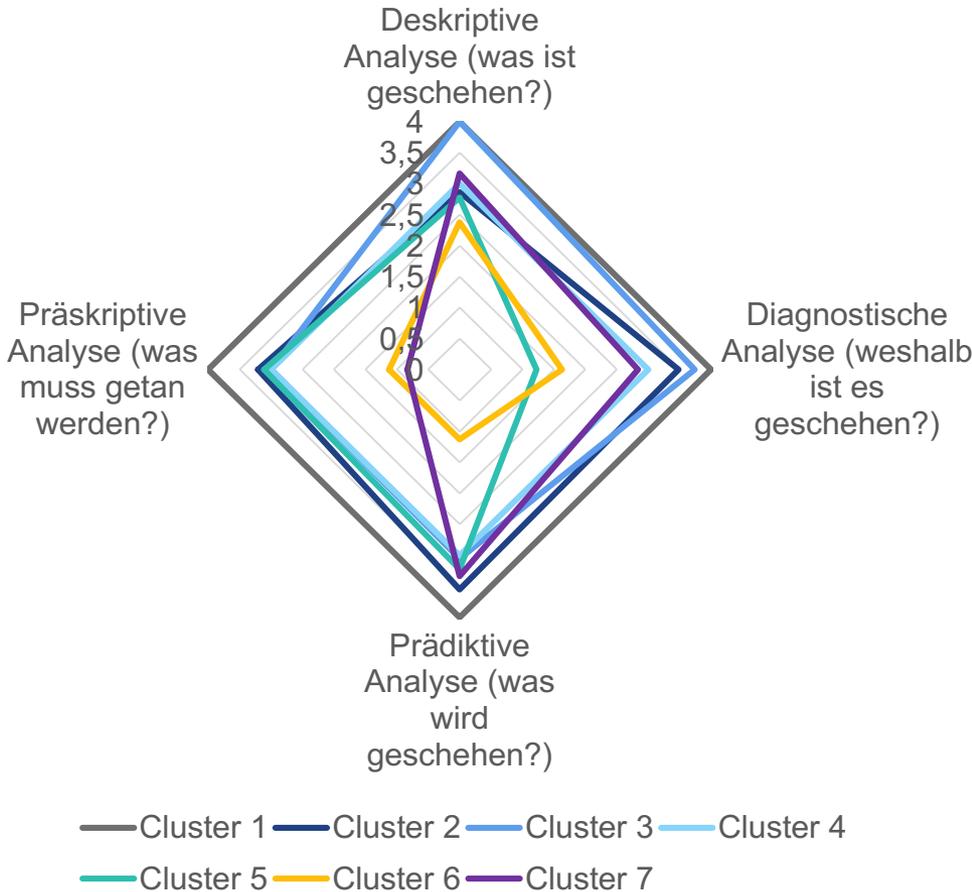
Ergebnis



Aussagen

- 1) Cluster 1 hat im Vergleich den höchsten Bedarf aller Cluster. Dabei liegt über alle Funktionen hinweg ein sehr ausgeprägter und hoher Bedarf vor.
- 2) Cluster 2 weist einen hohen Bedarf an der deskriptiven Analyse auf. Die weiterführenden Funktionen diagnostische Analyse, prädiktive Analyse und präskriptive Analyse weisen einen sehr ausgeprägten Bedarf auf.
- 3) Cluster 3 gibt den höchsten Bedarf bei der deskriptiven Analyse an. Ein sehr ausgeprägter Bedarf findet sich bei der diagnostischen Analyse wieder. Die Ausprägungen der prädiktiven Analyse und präskriptiven Analyse sind mit hoch angegeben.
- 4) Cluster 4 hat einen gleich hohen Bedarf an allen Funktionen. Der vorliegen Bedarf befindet sich auf einem mittleren Niveau.

Ergebnis

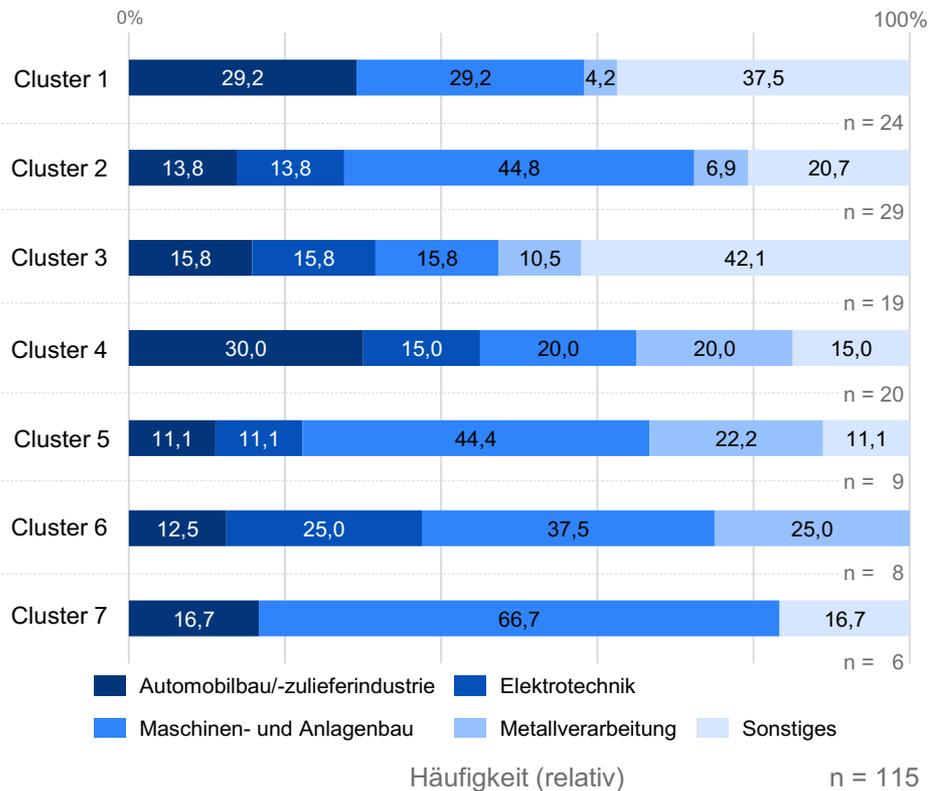


Aussagen

- 5) Cluster 5 hat einen gleich hohen Bedarf an den Funktionen deskriptive Analyse, prädiktive Analyse und präskriptive Analyse. Der Bedarf an diagnostische Analyse wird sehr gering angegeben.
- 6) Cluster 6 weist sehr geringen Bedarf an den Funktionen präskriptive Analyse, prädiktive Analyse und diagnostische Analyse auf. Lediglich ein mittlerer Bedarf liegt bei der deskriptiven Analyse vor.
- 7) Cluster 7 hat einen gleich hohen Bedarf an den Funktionen deskriptive Analyse, diagnostische Analyse und prädiktive Analyse. Die präskriptive Analyse wird nicht verlangt.

Ergebnis

Branchenverteilung in den Clustern

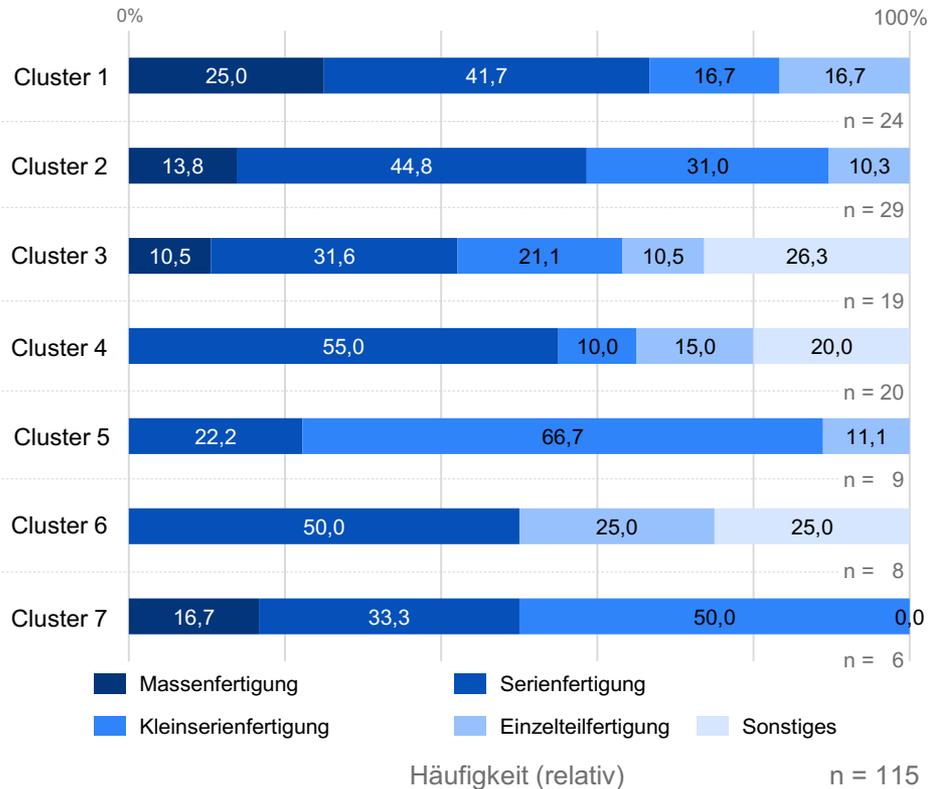


Aussagen

- Branchenverteilung der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Der Maschinen- und Anlagenbau stellt in den sechs Clustern 1, 2, 3, 5, 6 & 7 den größten Anteil dar (teilweise zusammen mit anderen Branchen).
- Lediglich in Cluster 4 überwiegt der Anteil des Automobilbaus und der Automobilzulieferindustrie gegenüber anderen Branchen.
- Der Automobilbau und die Automobilzulieferindustrie ist wie der Maschinen- und Anlagenbau sowie die Branche der Metallverarbeitung in allen Clustern präsent.

Ergebnis

Fertigungsart der Unternehmen in den Clustern

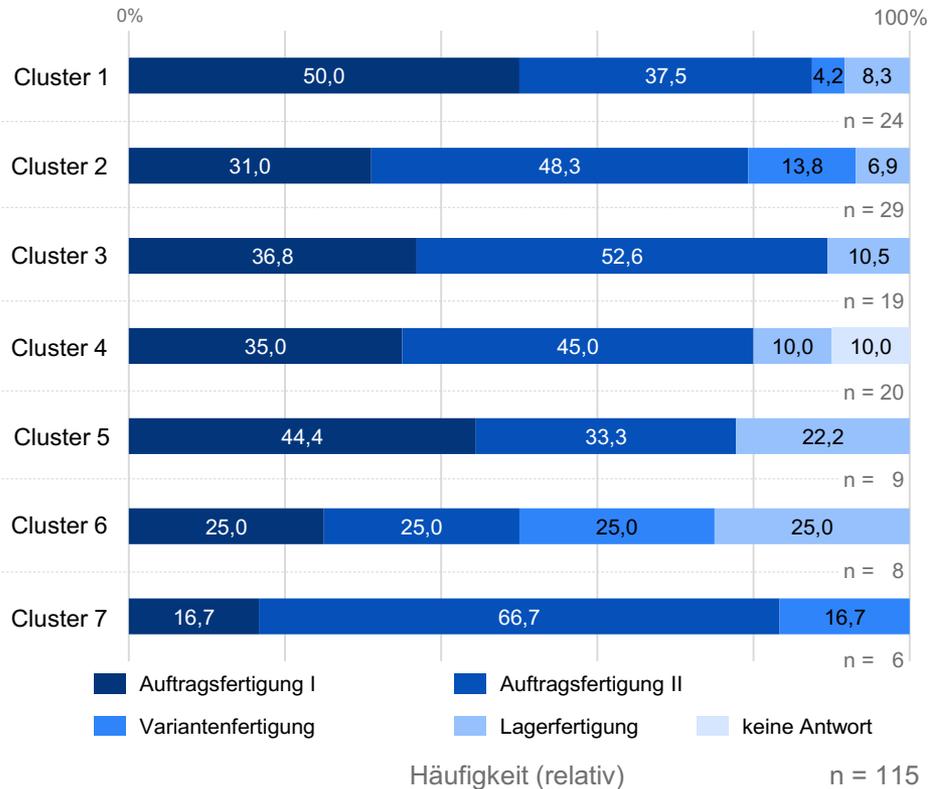


Aussagen

- Fertigungsart der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Die Gruppe der Serienfertigung stellt in fünf Clustern 1, 2, 3, 4 & 6 den größten Anteil dar.
- Die Unternehmen mit der Fertigungsart Massenfertigung sind in den Clustern 4, 5 und 6 nicht präsent.
- Cluster 6 beinhaltet keine Unternehmen der Massenfertigung sowie der Kleinserienfertigung.
- In den Clustern 5 & 7 überwiegt der Anteil der Kleinserienfertigung mit zwei Drittel bzw. der Hälfte.

Ergebnis

Primäre Auftragsabwicklungstypen in den Clustern

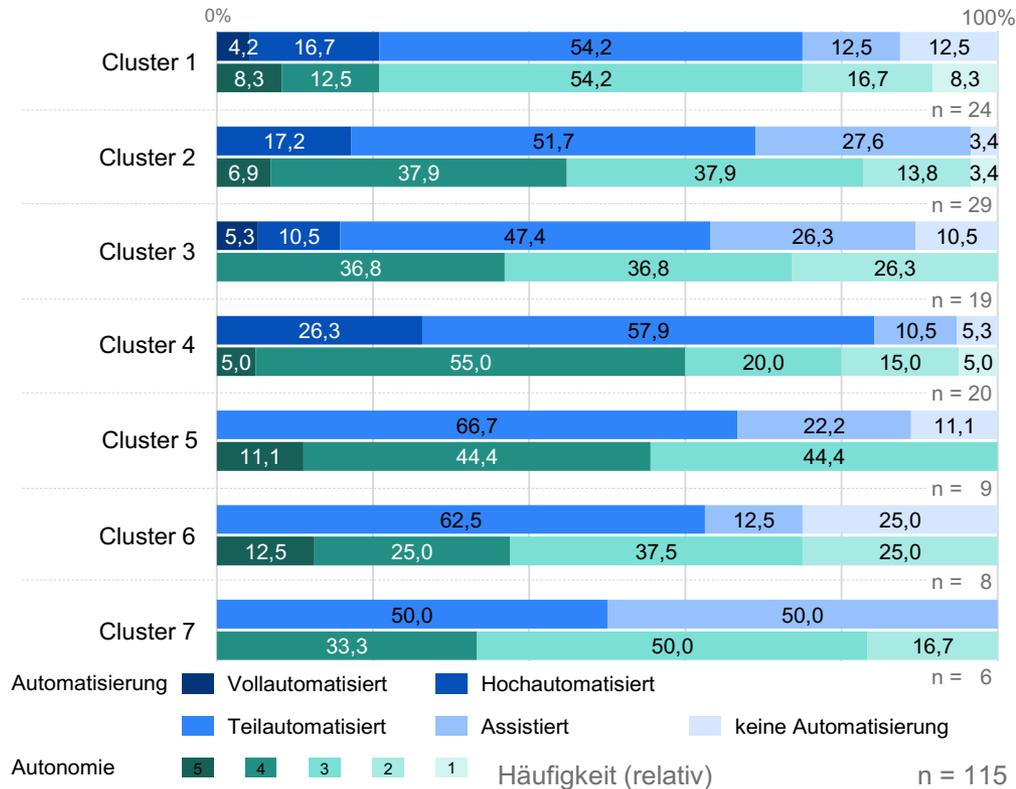


Aussagen

- Primäre Auftragsabwicklungstypen der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Die beiden dominierenden Auftragsabwicklungstypen innerhalb der Cluster stellen Auftragsfertigung I und Auftragsfertigung II dar.
- In den zwei Clustern 1 & 5 überwiegt die Ausprägung der Auftragsfertigung I.
- In den vier Clustern 2, 3, 4 & 7 überwiegt die Ausprägung der Auftragsfertigung II.
- In Cluster 6 sind alle Auftragsabwicklungstypen gleichmäßig vertreten.

Ergebnis

Automatisierungs- und Autonomiegrade in den Clustern

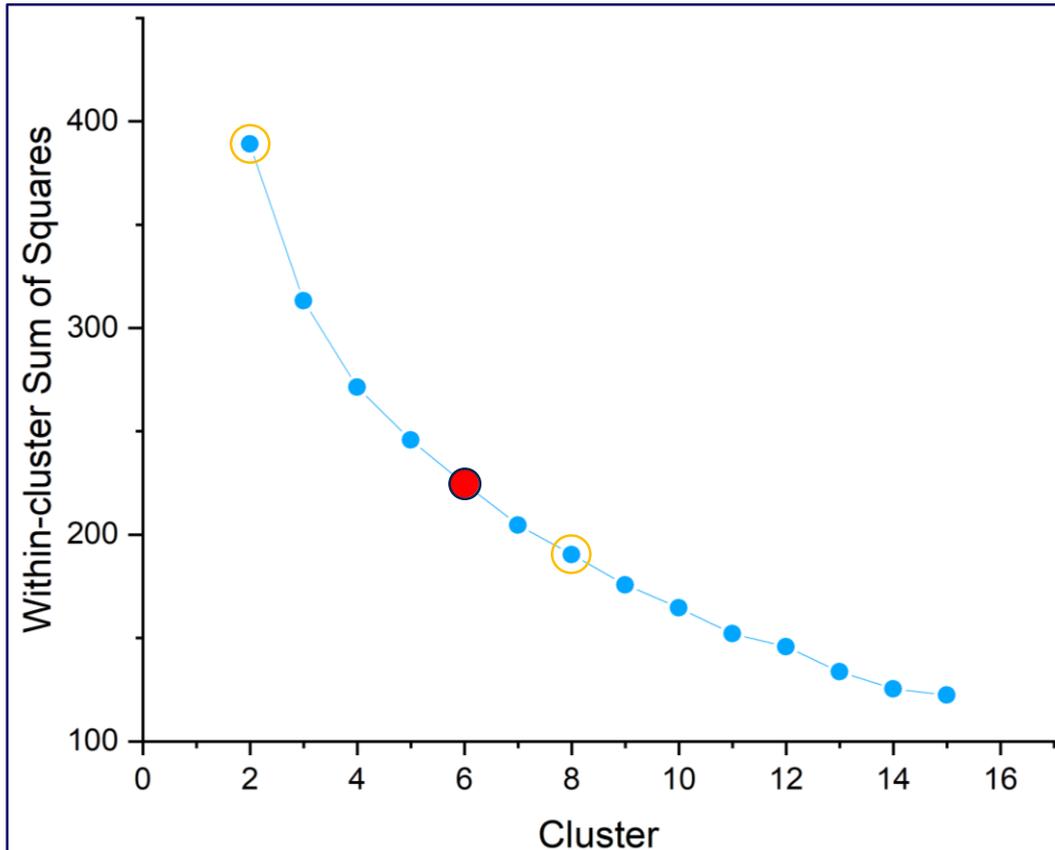


Aussagen

- Automatisierungs- und Autonomiegrade der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- In allen sieben Clustern 1, 2, 3, 4, 5, 6 & 7 (Cluster 1 mit 54 Prozent, Cluster 2 mit 52 Prozent, Cluster 3 mit 47 Prozent, Cluster 4 mit 55 Prozent, Cluster 5 mit 67 Prozent, Cluster 6 mit 63 Prozent und Cluster 7 mit 50 Prozent) ist die Teilautomatisierung der dominierende Automatisierungsgrad.
- Die Vollautomatisierung ist lediglich in Cluster 1 & 3 vertreten.

- Ziel der Clusteranalyse war es zu untersuchen, ob es bezogen auf die Entscheidungsunterstützung (Clusteranalyse 3) ähnliche Gruppen gibt, die similitäre Bedarfe und Anforderungen haben.
- Bei der Auswertung der Analysen wurden die Strukturdaten des jeweiligen Clusters herangezogen, um ggf. Auffälligkeiten gegenüber der gesamten Stichprobe zu überprüfen.
- Bestehen beim Vergleich der strukturellen Daten keine wesentlichen Abweichungen, so werden erzielte Erkenntnisse als eindeutige Tendenzen eingeordnet.
- Die Analyse erfolgte mit OriginPro (Version 2023b)
- Aufbau Clusteranalyse zur Problemformulierung:
 - Keine korrelierenden Variablen
 - Keine konstanten Variablen
 - 6 Variablen mit 5 Ausprägungen (4 – hoch, 3 – eher hoch, 2 – eher niedrig, 1 – niedrig, 0 – kein) aus den Bereichen Entscheidungsunterstützung (6 Variablen)
 - 114 verwertbare (vollständige) Datensätze
- Die identifizierten Cluster werden im Folgenden mit den dahinter liegenden Bewertungsergebnissen erläutert. Sofern es eindeutige Tendenzen gibt, werden die strukturellen Daten des Clusters angegeben.

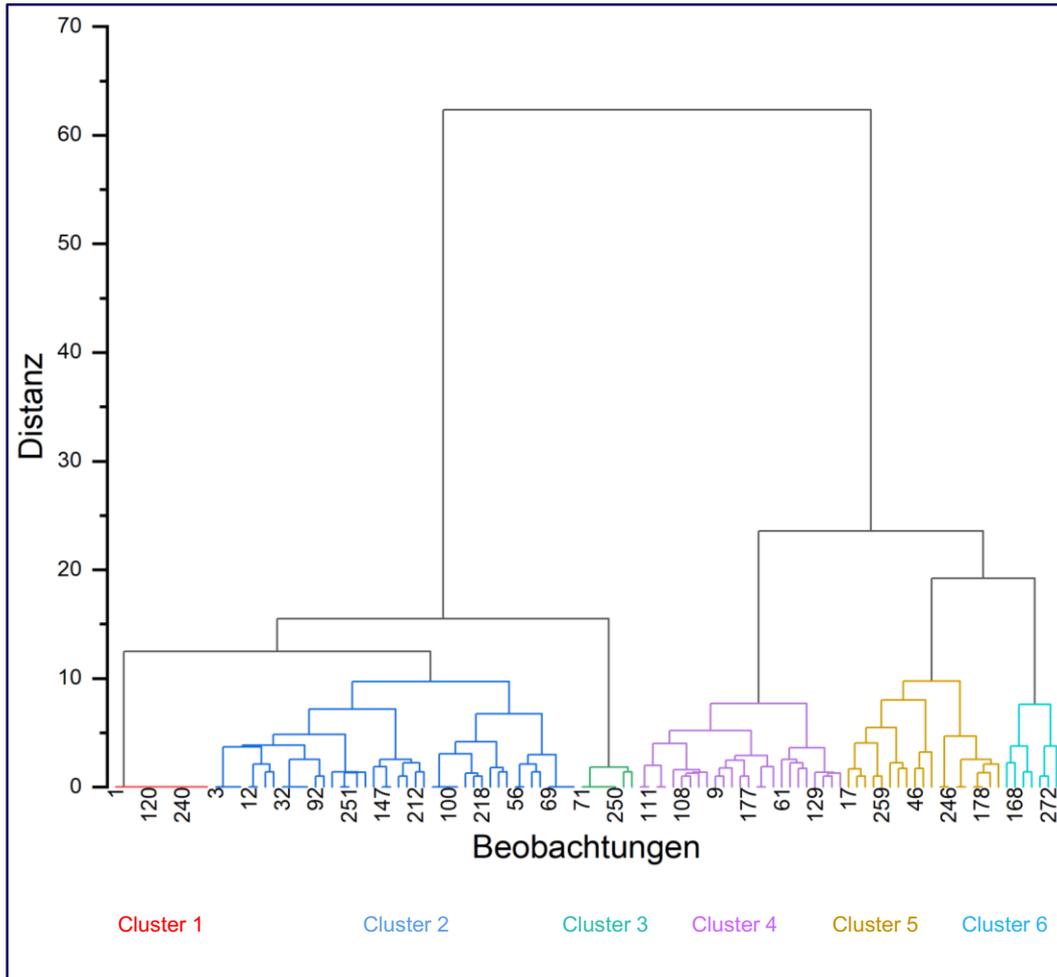
Ergebnis



Aussagen

- Die Analyse der sinnvollen Anzahl an Cluster erfolgte mit einer Hauptkomponentenanalyse (siehe Screeplot links).
- Wird die Stichprobe auf zwei Cluster verteilt, können unabhängige, jedoch stärker streuende Cluster gebildet werden.
- Bei der Bildung von drei bis acht Clustern, reduziert sich die Varianz erneut deutlich, sodass in sich homogenere Gruppen (geringere Varianz innerhalb des Clusters) gebildet werden können.
- Im Folgenden wird mit sechs Clustern weitergearbeitet.

Ergebnis

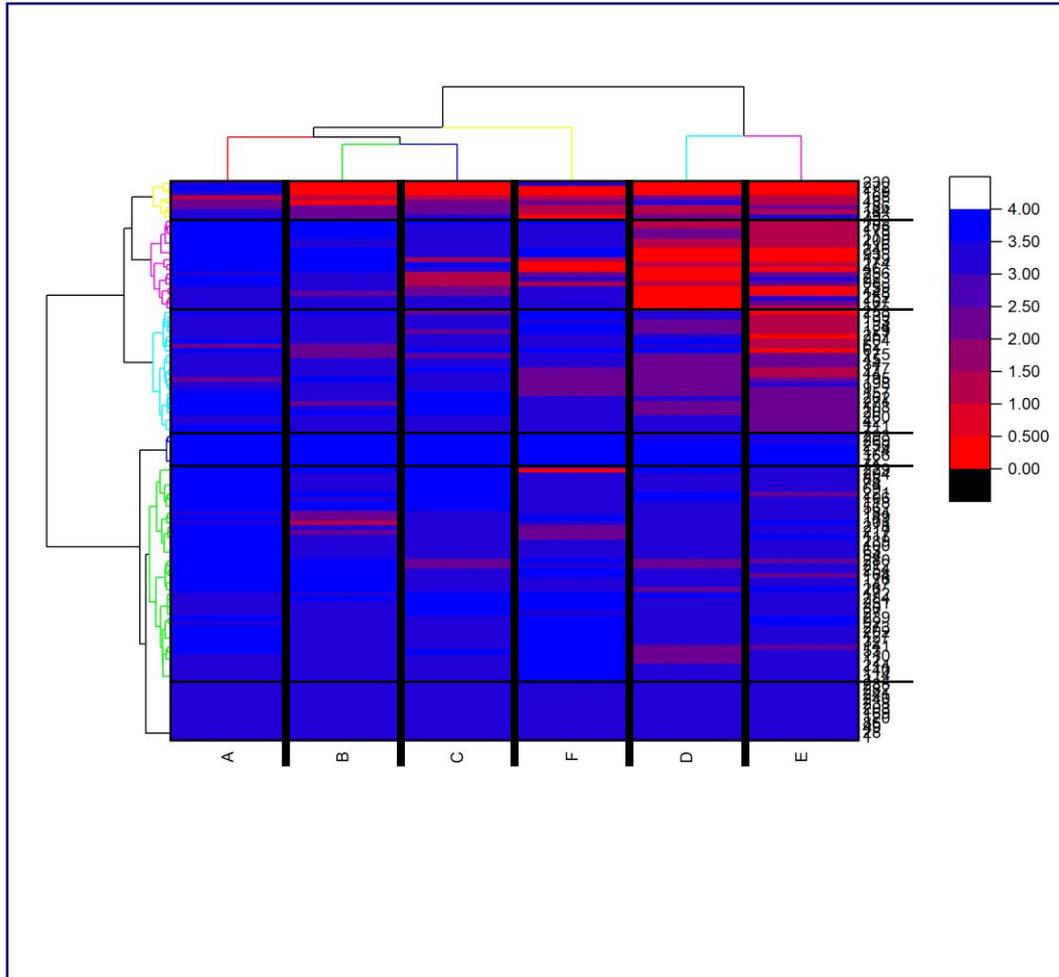


Aussagen

- Mit dem hierarchischen Verfahren lassen sich die dargestellten sechs Cluster ermitteln.
- Zur Untersuchung wurde das Ward-Verfahren mit euklidischer Distanz verwendet.
- Die Größe der Cluster liegt bei:*
 - Cluster 1: 12 Teilnehmer (10,5%)
 - Cluster 2: 44 Teilnehmer (38,6%)
 - Cluster 3: 7 Teilnehmer (6,1%)
 - Cluster 4: 25 Teilnehmer (21,9%)
 - Cluster 5: 19 Teilnehmer (16,7%)
 - Cluster 6: 7 Teilnehmer (6,1%)

- *von 114 Datensätzen

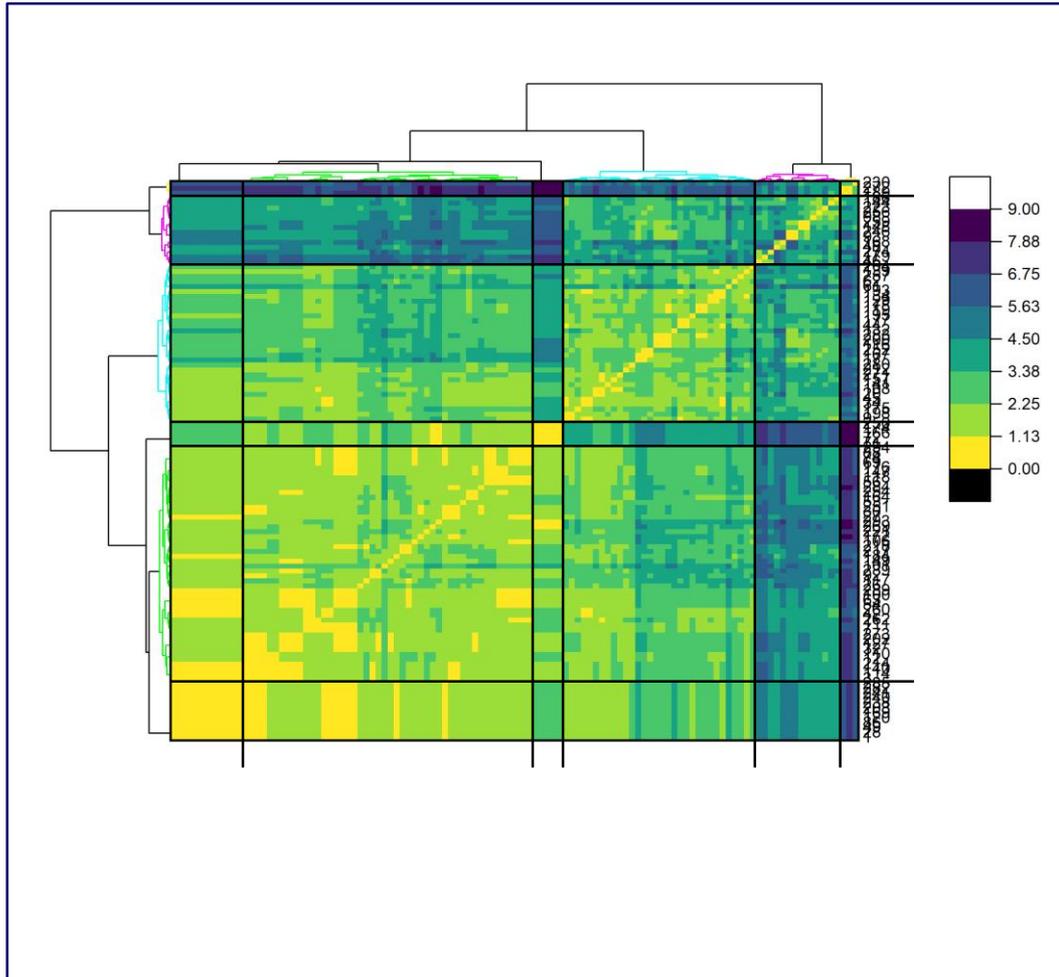
Ergebnis



Aussagen

- Die Heatmap (Matrix) zeigt den Abstand zwischen den Antworten der Cluster und den Funktionen.
- Teilnehmer mit ähnlichen Antworten werden primär in einem Cluster zusammengefasst.
- Besteht Bedarf hinsichtlich der Funktion ist die Ausprägung blau gekennzeichnet.
- In den Cluster 1, 2 & 3 werden alle Funktion gefordert, jedoch mit unterschiedlich starken Ausprägungen.
- Die Cluster 4 & 5 haben gerade bei den Funktionen D & E nachrangigen Bedarf.
- Cluster 6 weist nahezu ausschließlich einen Bedarf an Funktion A aus.

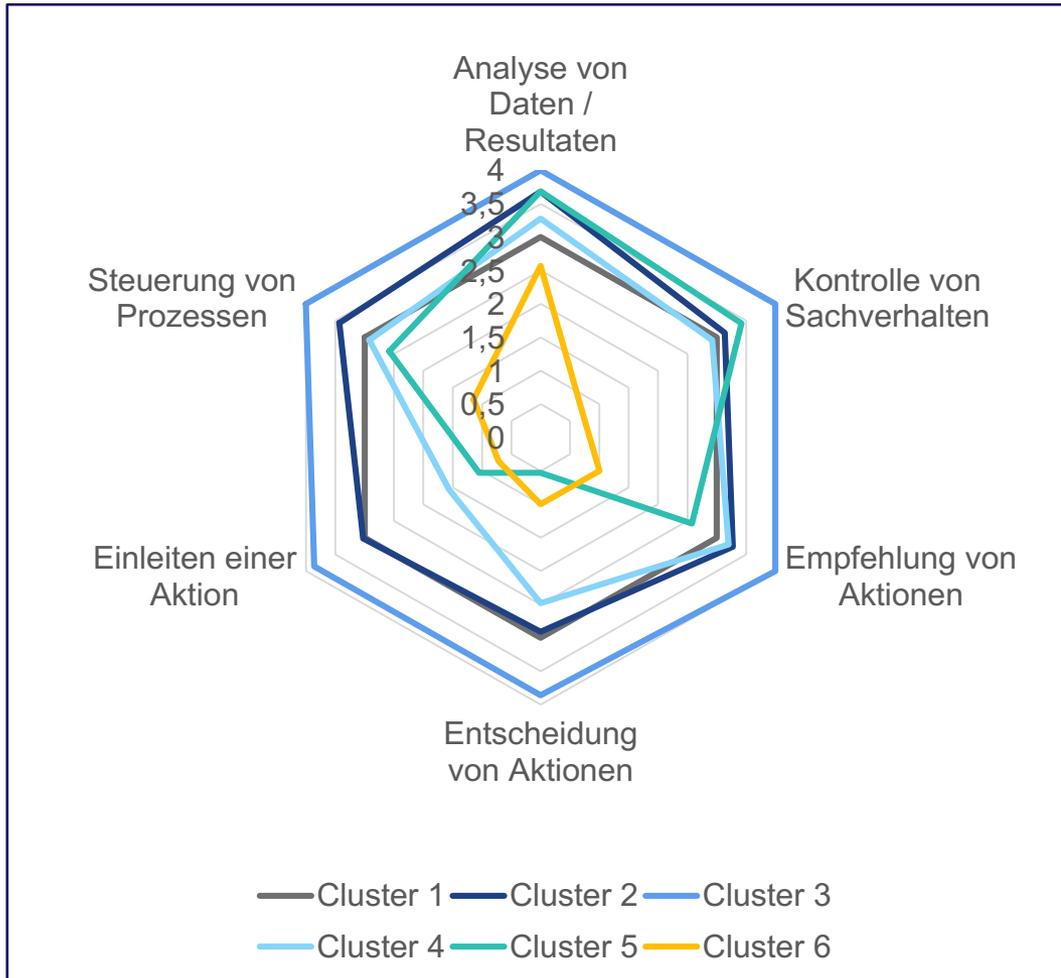
Ergebnis



Aussagen

- Die Heatmap (Matrix) zeigt den Abstand zwischen den Antworten der Teilnehmer.
- Teilnehmer mit ähnlichen Antworten sind gelb gekennzeichnet und werden primär in einem Cluster zusammengefasst.
- Es wird deutlich, dass die Bewertungen der Teilnehmer in Cluster 1 & 2 in sich relativ nahe beieinander liegen und gleichzeitig insbesondere von Cluster 5 & 6 stark abweichen (hoher Abstand).
- Cluster 3 weist inhaltliche Überschneidungen mit Cluster 2 & 5 auf, beinhaltet jedoch partiell starke Abweichungen auf.

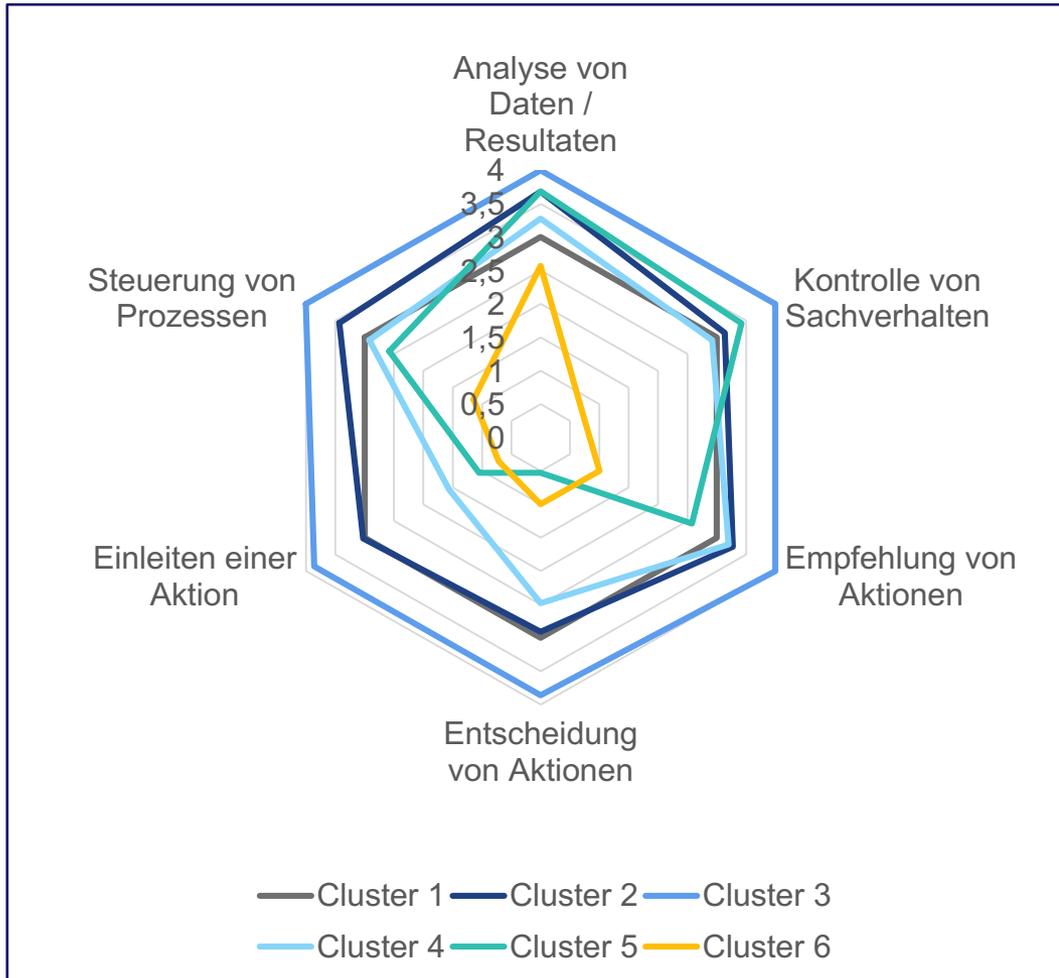
Ergebnis



Aussagen

- 1) Cluster 1 hat einen gleich hohen Bedarf an allen Funktionen. Der vorliegende Bedarf befindet sich auf einem mittleren Niveau.
- 2) Cluster 2 hat einen mittleren Bedarf an den selbststeuernden Funktionen Empfehlung von Aktionen, Entscheidung von Aktionen und Einleiten einer Aktion. Ein ausgeprägter und hoher Bedarf liegt bei den Funktionen Analyse von Daten und Resultaten sowie Steuerung von Prozessen vor.
- 3) Cluster 3 hat im Vergleich den höchsten Bedarf aller Cluster. Dabei liegt über alle Funktionen hinweg ein sehr ausgeprägter und hoher Bedarf vor.

Ergebnis

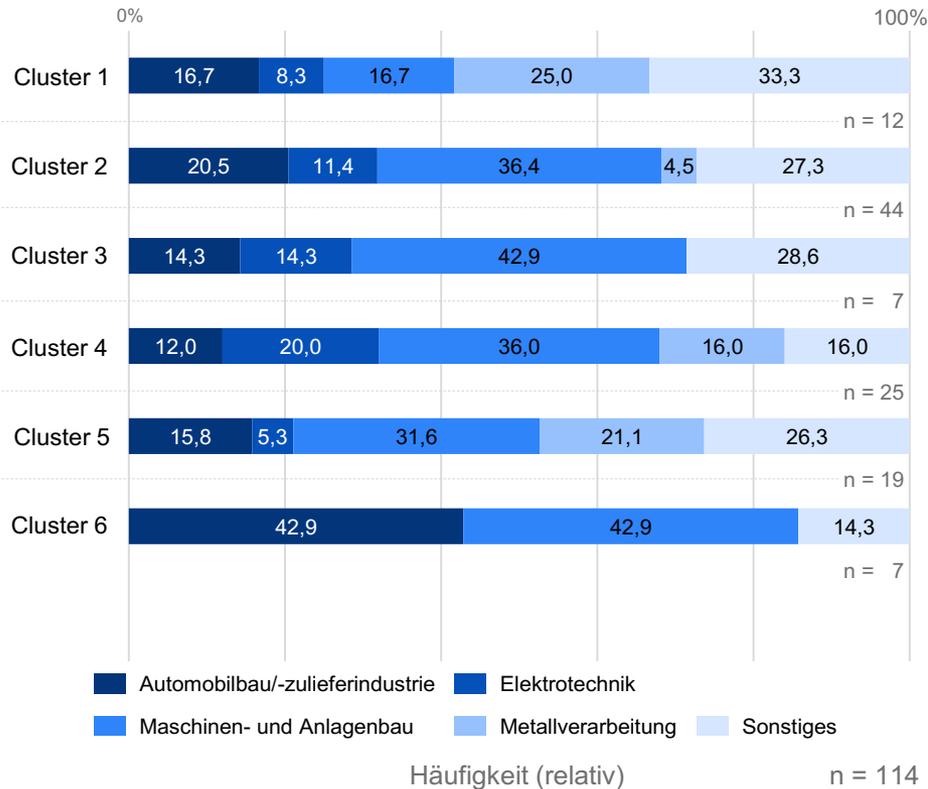


Aussagen

- 4) **Cluster 4** hat einen mittleren Bedarf an den Funktionen Empfehlung von Aktionen und allen Funktionen auf mittlerem Niveau. Ein höherer Bedarf liegt bei den Funktionen Analyse von Daten und Resultaten sowie Empfehlung von Aktionen vor.
- 5) **Cluster 5** hat einen sehr geringen bis keinen Bedarf an den selbststeuernden Funktionen Entscheidung von Aktionen und Einleiten einer Aktion. Der Bedarf für die Funktionen Empfehlung von Aktionen und Steuerung von Prozessen weist einen mittleren Bedarf auf. Ein hoher Bedarf liegt bei den Funktionen Analyse von Daten und Resultaten sowie Kontrolle von Sachverhalten vor.
- 6) **Cluster 6** weist sehr geringen Bedarf an den meisten Funktionen auf. Ein ausgeprägter Bedarf liegt lediglich bei der Funktion Analyse von Daten und Resultaten vor.

Ergebnis

Branchenverteilung in den Clustern

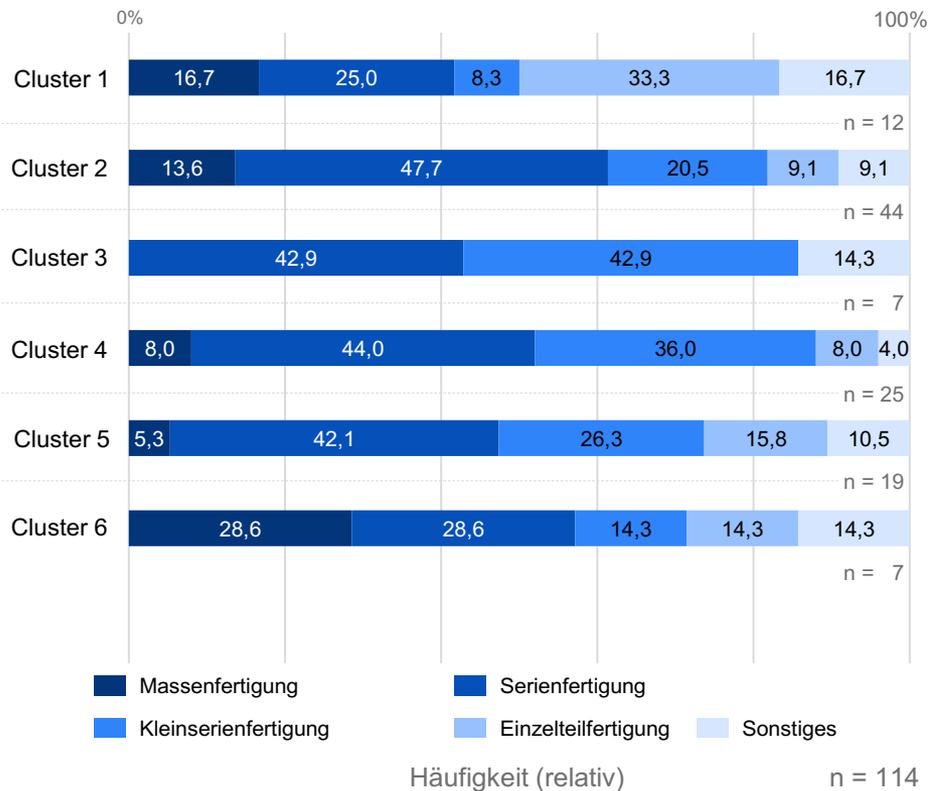


Aussagen

- Branchenverteilung der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Der Maschinen- und Anlagenbau stellt in den Clustern 2, 3, 4, 5 & 6 den größten Anteil dar (in Cluster 6 zusammen mit dem Automobilbau und der Automobilzulieferindustrie).
- In Cluster 1 überwiegt der Anteil der Metallverarbeitung gegenüber den anderen Branchen.
- Der Automobilbau und die Automobilzulieferindustrie ist wie der Maschinen- und Anlagenbau in allen Clustern präsent.

Ergebnis

Fertigungsart der Unternehmen in den Clustern

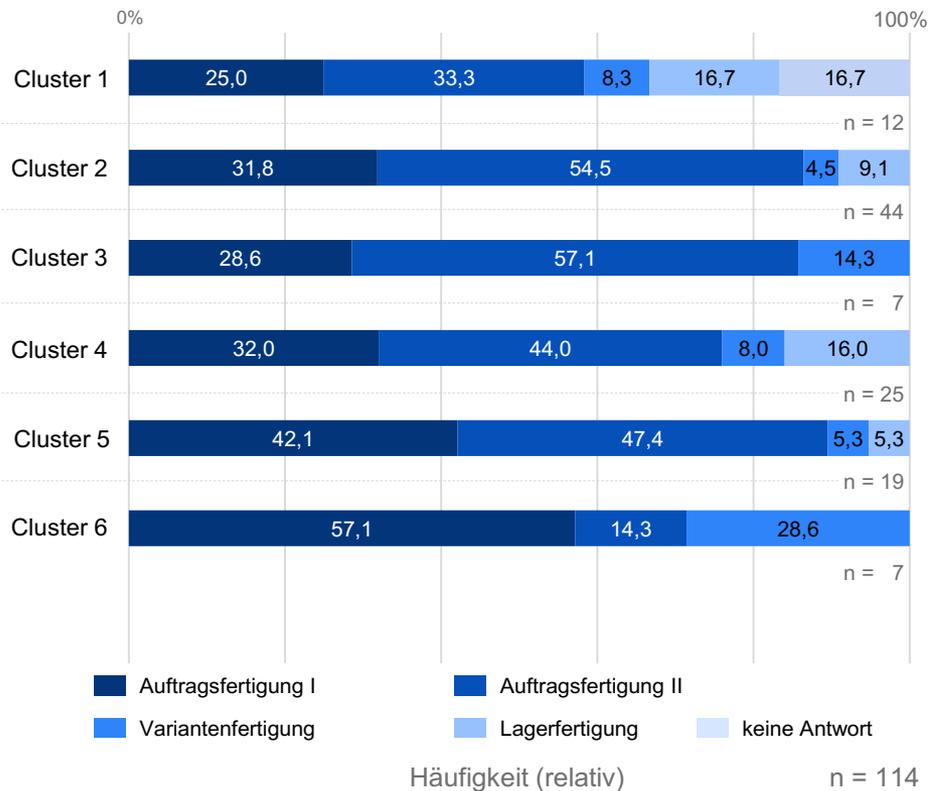


Aussagen

- Fertigungsart der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Die Gruppe der Serienfertigung stellt in den fünf Clustern 2, 3, 4, 5 & 6 den größten Anteil dar (in Cluster 3 zusammen mit der Kleinserienfertigung und in Cluster 6 zusammen mit der Massenfertigung).
- Cluster 3 beinhaltet keine Unternehmen der Massenfertigung sowie der Einzelteilerfertigung.

Ergebnis

Primäre Auftragsabwicklungstypen in den Clustern

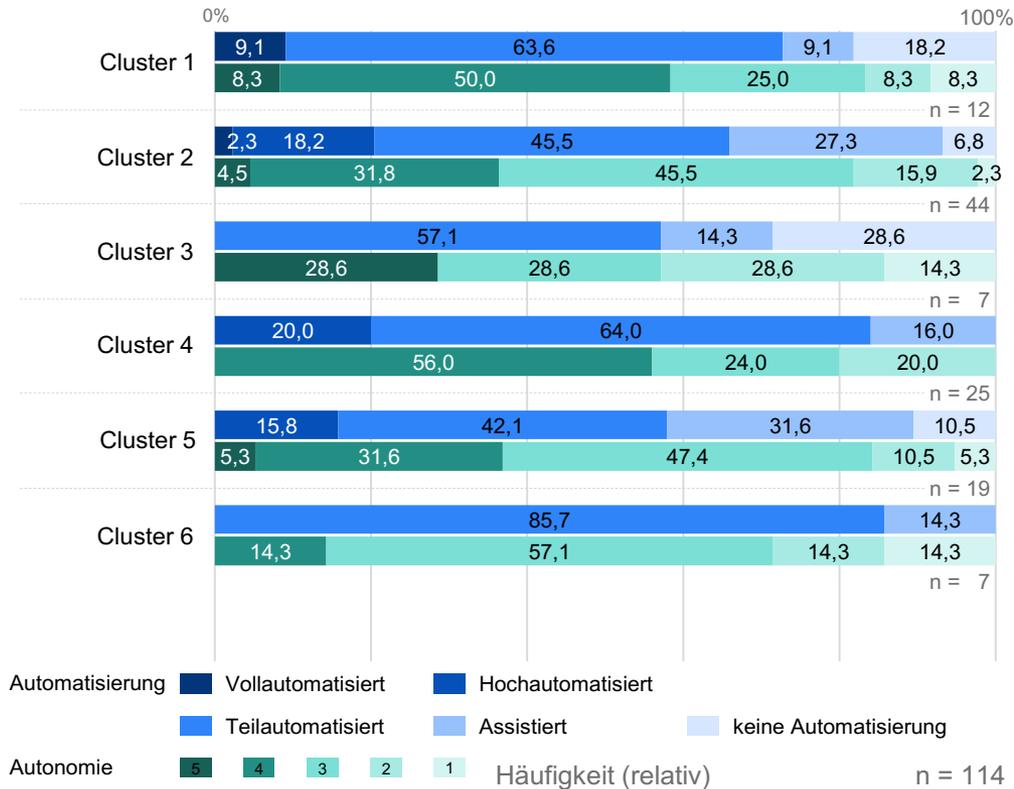


Aussagen

- Primäre Auftragsabwicklungstypen der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- Die beiden dominierenden Auftragsabwicklungstypen innerhalb der Cluster stellen Auftragsfertigung I und Auftragsfertigung II dar.
- In den fünf Clustern 1, 2, 3, 4 & 5 überwiegt die Ausprägung der Auftragsfertigung II.
- Bei den Clustern 2 & 3 stellt die Auftragsfertigung II mit über der Hälfte der Teilnehmer (55% & 57%) den überwiegenden Teil dar.
- In Clustern 6 überwiegt die Ausprägung der Auftragsfertigung I.

Ergebnis

Automatisierungs- und Autonomiegrade in den Clustern



Aussagen

- Automatisierungs- und Autonomiegrade der Unternehmen innerhalb der unterschiedlichen Cluster.
- In allen sechs Clustern 1, 2, 3, 4, 5 & 6 (Cluster 1 mit 59 Prozent, Cluster 2 mit 45 Prozent, Cluster 3 mit 57 Prozent, Cluster 4 mit 64 Prozent, Cluster 5 mit 42 Prozent und Cluster 6 mit 86 Prozent) ist die Teilautomatisierung der dominierende Automatisierungsgrad.
- Die Vollautomatisierung ist lediglich in Cluster 1 & 2 vertreten.

Ergebnis

Funktionen des Systems (Clusteranalyse 1)

Über alle Branchen und Unternehmensgrößen hinweg besteht ein Bedarf an der Echtzeitfunktionen. Die Darstellung der Daten und Informationen in Echtzeit, die Verarbeitung der Daten und Informationen in Echtzeit und ein digitales Abbild der Daten und Informationen in Echtzeit wird mit sehr hoher Ausprägung nachgefragt. Dahingegen ist der Bedarf an der Abbildung der Produktionsumgebung in 3D an geringsten.

Analysefähigkeit (Clusteranalyse 2)

Von allen Clustern wird die Deskriptive Analyse (was ist geschehen?) nachgefragt. Über vier Cluster hinweg werden alle Ausprägungen in unterschiedlich starkem Maße nachgefragt. Bei den drei kleinsten Clustern ist jeweils eine Ausprägung nicht notwendig.

Entscheidungsunterstützung (Clusteranalyse 3)

Im Fokus stehen die Unterstützungsfunktionen Analyse von Daten und Resultaten sowie Kontrolle von Sachverhalten. Ebenfalls sehr nachgefragt sind intelligente Funktionen wie Empfehlung von Aktionen als auch Steuerung von Prozessen.

Aussagen

- Clusteranalyse 1 hat vor allem einen sehr stark ausgeprägten Bedarf an Echtzeitfunktionen.
- Clusteranalyse 2 fragt überwiegend alle Ausprägungen nach, wenn auch in unterschiedlich starkem Maße. Bei allen Branchen und Unternehmen besteht eine Nachfrage nach der deskriptiven Analyse (was ist geschehen?).
- Clusteranalyse 3 sieht einen Bedarf bei der Entscheidungsunterstützung mittels Analysefunktionen als auch intelligenten Methoden.

XI. Clusteranalyse zur Entscheidungsunterstützung	66
1. Clusteranalyse Systemfunktionalität	67
a) Aufbau der Clusteranalyse	67
b) Ermittlung der Clusteranzahl	68
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	69
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	70
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	72
f) Verteilungen in den Clustern	74
2. Clusteranalyse Analysefähigkeit	78
a) Aufbau der Clusteranalyse	78
b) Ermittlung der Clusteranzahl	79
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	80
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	81
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	83
f) Verteilungen in den Clustern	85
3. Clusteranalyse Entscheidungsunterstützung	89
a) Aufbau der Clusteranalyse	89
b) Ermittlung der Clusteranzahl	90
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	91
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	92
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	94
f) Verteilungen in den Clustern	96
4. Zusammenfassung der Clusteranalyse	100
XII. Fazit aus den Studienergebnissen	101
XIII. Literaturverzeichnis	105
XIV. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft	108

- Die Ergebnisse der Umfrage verdeutlichen, dass Unternehmen in der Produktion mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert sind, die eine sorgfältige Planung, den Einsatz moderner Technologien, die Qualifikation der Mitarbeiter und die Fähigkeit zur Anpassung an Veränderungen erfordern. Besondere Auswirkungen auf die Effizienz des Produktionssystems haben Fehlteile bzw. fehlendes Material, Mitarbeitermangel und Auftragsschwankungen. Das Management muss diese Herausforderungen individuell analysieren, bewerten und geeignete Maßnahmen zur Kompensation ergreifen.
- Die derzeit im Einsatz befindlichen Systeme tragen dazu bei, Probleme oder Störungen zu identifizieren und bieten den Entscheidungsträgern hauptsächlich Basisfunktionen wie Kennzahlen zur Unterstützung. In Bezug auf die Systemleistung gibt es vor allem Potenzial in Bereichen, die sich auf die Definition als auch Priorisierung von Maßnahmen und Lösungen beziehen. Mangelnde oder fehlende Leistungsmerkmale der Systeme werden von den Anwendern und Bedienern ausgeglichen, wodurch ein beträchtlicher Teil der Entscheidungsvorbereitung von Menschen erstellt, aufbereitet und interpretiert wird.
- Die größte Nachfrage nach erforderlichen Systemfunktionalitäten liegt im Bereich der Darstellung und Verarbeitung sowie dem digitalen Abbild der Daten und Informationen in Echtzeit. Bezüglich der proaktiven Entscheidungsunterstützung sowie der Einbindung von intelligenten, selbstlernenden Algorithmen zeigt sich die deutlichste Diskrepanz zwischen dem Bedarf und dem aktuellen Umsetzungsstand.
- Beim Thema Analysefähigkeit liegen Potentiale vor allem in Bereichen die über die deskriptive Analyse (was ist geschehen) hinausgehen. Sowohl bei der diagnostischen Analyse (weshalb ist es geschehen) als auch der prädiktiven Analyse (was wird geschehen) entspricht der Erfüllungsgrad nicht den Anforderungen.
- Die Erwartungen der Befragten bezüglich der von dem System bereitzustellenden Entscheidungsunterstützung sind vielfältig. Besonders von Bedeutung ist die Erweiterung der Daten- und Ergebnisanalyse, um unter anderem die Überwachung von Sachverhalten sowie die Empfehlung von Handlungen zu ermöglichen. Diese Funktionalitäten werden als äußerst bedeutsam angesehen. Weniger Gewicht wird den Funktionen zur direkten Entscheidungsfindung und zur Initiierung von Handlungen beigemessen.

- Die Mehrheit der Befragten erachtet die Nutzung von Künstlicher Intelligenz zur Analyse von Daten und Ergebnissen, Empfehlung von Aktionen sowie Kontrolle von Sachverhalten als besonders wichtig. Dies unterstreicht das Potenzial von Künstlicher Intelligenz bei der Verbesserung der Produktionssteuerung durch datenbasierte Erkenntnisse.
- Insgesamt zeigen die Umfrageergebnisse, dass Künstliche Intelligenz in der Produktionssteuerung eine bedeutende Rolle spielen wird. Die meisten Unternehmen würden entweder Künstliche Intelligenz zur Unterstützung menschlicher Arbeit einsetzen oder sehen eine hybride Interaktion zwischen Mensch und Künstlicher Intelligenz. Dies deutet auf ein breites Potenzial von Künstlicher Intelligenz zur Verbesserung der Produktionssteuerung und Effizienzsteigerung hin.
- Die Erweiterung der Produktionssteuerung um Künstliche Intelligenz wird als sinnvoll erachtet, um die Wettbewerbsfähigkeit auch in Zukunft aufrechtzuerhalten. Dies deutet auf das Verständnis und die Akzeptanz von Künstlicher Intelligenz als wertvolles Werkzeug zur Steigerung der Effizienz, Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit in der Produktion hin.
- Die Befragten sehen verschiedene Bedenken und Schwächen in Bezug auf Künstliche Intelligenz, insbesondere in Bezug auf Sicherheit, Entscheidungstransparenz und ethischen Standards. Neben den technischen und organisatorischen Faktoren werden auch etwaige soziale Einflüsse in menschliche Aktivitäten wie Verringerung der Entscheidungskompetenz und Verlust von Arbeitsplätzen gesehen, wenn auch in geringerem Maße. Diese Ergebnisse zeigen die Herausforderungen und Aufgaben, die mit dem verantwortungsvollen Einsatz von Künstlicher Intelligenz verbunden sind und die es zu bewältigen gilt.
- Die Teilnehmer identifizieren verschiedene Herausforderungen bei der Mensch-Maschine-Interaktion mit Integration von Künstlicher Intelligenz. Vor allem Fehlendes Wissen / Fehlende Kenntnis sowie die Nutzerakzeptanz werden vor Schnittstellen / Datenübertragung und Datensicherheit / Datenschutz genannt. Diese Erkenntnisse können dazu beitragen, gezielte Maßnahmen zur Überwindung dieser Herausforderungen zu entwickeln und eine erfolgreiche Integration von Künstlicher Intelligenz in die Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu gewährleisten.

- Der Wert von KI in der Mensch-Maschine-Interaktion wird in der Bereitstellung von Hilfestellung, dem Proaktivem Vorschlagen von Alternativen, dem Geben von Ratschlägen und klaren Empfehlungen sowie der Bewertung von Möglichkeiten im Gesamtkontext gesehen. Darüber hinaus gibt es Nutzen von KI bei der Integration von Sicherheitsmechanismen, der Erreichung von Transparenz und der Bereitstellung von Vorschlägen für Problemlösungen und Hinweisen auf Zusammenhänge und Abhängigkeiten. Die Ergebnisse deuten auf das Potenzial von KI hin, die Mensch-Maschine-Interaktion zu verbessern, indem sie menschliche Entscheidungsfindung unterstützt, neue Perspektiven bietet und komplexe Aufgaben effektiver bewältigt.
- Es besteht ein Interesse an einer Zusammenarbeit zwischen Mensch und KI in der Produktionssteuerung. Die hybride Interaktion und die Unterstützung der menschlichen Arbeit durch KI sind bevorzugte Ansätze, während der Einsatz einer vollständig autonomen KI eher eine Minderheitenposition einnimmt. Die Ergebnisse weisen auf eine zunehmende Akzeptanz und Bereitschaft hin, KI als Hilfsmittel in der Produktionssteuerung einzusetzen, jedoch mit einer menschlichen Kontrollinstanz und Beteiligung.
- Der Nutzen der Verbindung von Mensch-Maschine-Interaktion und KI zeigt sich bei der Implementierung von Sicherheitsmechanismen, die Ausgestaltung von Transparenz, die Einbindung von Kontrollsystemen, die Validierung von Vorschlägen durch den Anwender sowie die Interaktion des Anwenders oder Betreibers. Diese Aspekte zeigen, dass die Verbindung von Mensch-Maschine-Interaktion und Künstlicher Intelligenz dazu beitragen kann, Vertrauen, Sicherheit, Kontrolle und Anpassungsfähigkeit in KI-Lösungen zu gewährleisten.
- Die Herausforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion mit Integration von Künstlicher Intelligenz umfasst verschiedene Aspekte, welche sowohl technische als auch soziale Aspekte betreffen und verdeutlichen die Komplexität der Integration von Künstlicher Intelligenz in die Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Um diese Herausforderungen zu bewältigen, sind geeignete Lösungsansätze erforderlich, wie beispielsweise die Entwicklung sicherer und effizienter Schnittstellen, die Implementierung robuster Datenschutzmaßnahmen, die Förderung der Nutzerakzeptanz durch Aufklärung und Schulung sowie die Berücksichtigung von Prozessanpassungen und Wissensvermittlung im Zusammenhang mit KI.
- Die Integration von Künstlicher Intelligenz in die Mensch-Maschine-Interaktion hat das Potenzial, positive Veränderungen und Verbesserungen zu bewirken. Dies könnte Unternehmen und Organisationen helfen, sich den Herausforderungen einer sich schnell verändernden und komplexen Umgebung anzupassen und erfolgreich zu sein. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die effektive Nutzung von KI auch mit Herausforderungen und Risiken verbunden sein kann, die berücksichtigt werden müssen, um die gewünschten Vorteile zu erzielen.

XI. Clusteranalyse zur Entscheidungsunterstützung	66
1. Clusteranalyse Systemfunktionalität	67
a) Aufbau der Clusteranalyse	67
b) Ermittlung der Clusteranzahl	68
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	69
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	70
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	72
f) Verteilungen in den Clustern	74
2. Clusteranalyse Analysefähigkeit	78
a) Aufbau der Clusteranalyse	78
b) Ermittlung der Clusteranzahl	79
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	80
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	81
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	83
f) Verteilungen in den Clustern	85
3. Clusteranalyse Entscheidungsunterstützung	89
a) Aufbau der Clusteranalyse	89
b) Ermittlung der Clusteranzahl	90
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	91
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	92
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	94
f) Verteilungen in den Clustern	96
4. Zusammenfassung der Clusteranalyse	100
XII. Fazit aus den Studienergebnissen	101
XIII. Literaturverzeichnis	105
XIV. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft	108

- Amann, K./Petzold, J./Westerkamp, M. (2020). Prädiktive Analytik. in: Management und Controlling. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Baker, M.J. (2000). Writing a Literature Review. in: Marketing Review, 1 (2), 219-247.
- Bernardes, E. S./Hanna, M. D. (2009): A theoretical review of flexibility, agility and responsiveness in the operations management literature. in: International Journal of Operations & Production Management, 29 (1), S. 30–53.
- Corsten, H./Gössinger, R. (2001): Einführung in das Supply Chain Management, München: Oldenbourg.
- Denzin, N. K./Lincoln, Y. S. (2013): Collecting and Interpreting Qualitative Materials, 4. Aufl., Los Angeles [u.a.]: Sage.
- Diekmann, A. (2013): Empirische Sozialforschung, 7. Aufl., Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Durach, C. F./Wieland, A./Machuca, J. A. d. (2015): Antecedents and dimensions of supply chain robustness: a systematic literature review. in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 45 (1-2), S. 118–137.
- Dyckhoff, H. (2006): Produktionstheorie - Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft, 5. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer.
- Helfferich C. (2014): Leitfaden- und Experteninterviews. in: Baur, N./Blasius J (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer.
- Jain, A./Jain, P. K./Chan, F. T.S./Singh, S. (2013): A review on manufacturing flexibility. in: International Journal of Production Research, 51 (19), S. 5946–5970.
- Kart, L./Linden, A./Schulte, W. R. (2013): Extend your portfolio of analytics capabilities. Gartner.
<https://www.gartner.com/doc/2594822/extend-portfolio-analytics-capabilities>. Zugegriffen: 16. Feb. 2023.
- Kiener, S./Maier-Scheubeck, N./Obermaier, R./Weiß, M. (2012): Produktions-Management: Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung, 10., verb.erw. Aufl., München: Oldenbourg.
- Loebbecke C. (2006): Digitalisierung -Technologien und Unternehmensstrategien. in: Scholz C. (Hrsg.): Handbuch Medienmanagement, Berlin, Heidelberg: Springer.
- Luft, N./Besenfelder, C. (2014): Flexibility based Assessment of Production System Robustness, in: Procedia CIRP, 19, S. 81–86.

- Obermaier, R. (2019): Industrie 4.0 und Digitale Transformation als unternehmerische Gestaltungsaufgabe, in: Obermaier, R. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation - Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen, Wiesbaden: Springer, S. 3–46.
- Olhager, J. (2003): Strategic Positioning of the Order Penetration Point, in: International Journal of Production Economics, 85 (3), S. 319–329.
- Russell, S./Norvig, P. (2009): Artificial intelligence: A modern approach, 3. Aufl., Essex: Pearson.
- Sanchez, L. M./Nagi, R. (2001): A review of agile manufacturing systems, in: International Journal of Production Research, 39 (16), S. 3561-3600.
- Schmid, S./Winkler, H. (2023): Empirical Findings on the Status Quo of Industrial Production Management Systems in the Context of Advancing Digitalization, in: Tang, L.-C. (Hrsg.): Industrial Engineering and Application, Amsterdam: IOS Press, S. 44-54.
- Schnell, R./Hill, P. B./Esser, E. (2013): Methoden der empirischen Sozialforschung, 10. überarbeitete Auflage, München: Oldenbourg Verlag.
- vom Brocke, J.; Simons, A.; Niehaves, B.; Riemer, K.; Plattfaut, R.; Cleven, A. (2009): Reconstructing the Giant: On the Importance of Rigour in Documenting the Literature Search Process. in: Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems.
- Wolf, T./Strohschen, J.-H. (2018): Digitalisierung: Definition und Reife. Quantitative Bewertung der digitalen Reife. In: Informatik-Spektrum, February 2018, Volume 41, Issue 1, Berlin, Heidelberg: Springer, S. 56-64.
- Wreathall, J. (2006): Properties of Resilient Organizations: An Initial View, in: Woods, D. D./Hollnagel, E./Leveson, N. (Hrsg.): Resilience Engineering - Concepts and Precepts, Hampshire: Ashgate Publishing, S. 275-286.
- Yin, R. (2014): Case Study Research, 5. Aufl., Thousand Oaks: Sage.
- Zhang, W. J./Luttermann, C. A. van (2011): Toward a resilient manufacturing system, in: CIRP Annals, 60 (1), S. 469-472.

XI. Clusteranalyse zur Entscheidungsunterstützung	66
1. Clusteranalyse Systemfunktionalität	67
a) Aufbau der Clusteranalyse	67
b) Ermittlung der Clusteranzahl	68
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	69
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	70
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	72
f) Verteilungen in den Clustern	74
2. Clusteranalyse Analysefähigkeit	78
a) Aufbau der Clusteranalyse	78
b) Ermittlung der Clusteranzahl	79
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	80
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	81
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	83
f) Verteilungen in den Clustern	85
3. Clusteranalyse Entscheidungsunterstützung	89
a) Aufbau der Clusteranalyse	89
b) Ermittlung der Clusteranzahl	90
c) Darstellung der Cluster mittels Dendrogram	91
d) Darstellung der Clusterobjekte als Heatmap	92
e) Beschreibung und Auswertung der Cluster	94
f) Verteilungen in den Clustern	96
4. Zusammenfassung der Clusteranalyse	100
XII. Fazit aus den Studienergebnissen	101
XIII. Literaturverzeichnis	105
XIV. Weitere Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft	108

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

Lugert, A./Winkler, H.: **Die Wertstrommethode im Zeitalter von Industrie 4.0**, Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 1, Cottbus 2017.

Kaucher, Ch./Kunath, M./Winkler, H.: **Zukunft elektrochemischer Speicher für Hybridantriebe - Studienreport am Beispiel von Hybridrangierlokomotiven**, Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 2, Cottbus 2018.

Kunath, M./Winkler, H.: **Untersuchung des Status quo betrieblicher Entscheidungsunterstützungssysteme im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung**, Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 3, Cottbus 2019.

Jeglinsky, V./Winkler, H.: **Untersuchung von Hindernissen zur Digitalisierung in der industriellen Produktion**, Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 4, Cottbus 2020.

Stockmann, C./Winkler, H.: **Robustheit in Produktionssystemen aus Sicht der industriellen Praxis**, Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 5, Cottbus 2020.

König, M./Winkler, H.: **Digitalisierung in der Montage mit dem Schwerpunkt des Einsatzes von Assistenzsystemen**, Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 6, Cottbus 2023.

Berneis, M./Winkler, H.: **Untersuchung von aktuellen Trends und Herausforderungen im Supply Chain Management in Deutschland**, Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 7, Cottbus 2023.

Hoffmann, S./Thomas, K./Winkler, H.: **Technologische Trends und Entwicklungen bei alternativen Energiesystemen**, Studienreport des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft, Band 8, Cottbus 2023.

Wir hatten als Maßnahme zur Incentivierung der Teilnahme an unserer Studie versprochen, zwei Euro für jeden ausgefüllten Fragebogen an eine gemeinnützige Organisation zu spenden. Diesem Versprechen kommen wir gerne nach, danken herzlichst für 125 vollständig ausgefüllte Fragebögen und spenden daher 250,- Euro an „Ärzte ohne Grenzen“.

Die private Hilfsorganisation leistet medizinische Nothilfe in Krisen- und Kriegsgebieten. Hierfür wurde ihr 1999 der Friedensnobelpreis verliehen.

