



Humanoide Roboter – Game Changer oder Irrweg?

Februar 2025

Inhaltsverzeichnis

Einführung

ab Seite 4

Ergebnisse

2.1 Technologische Fragestellungen	Seite 8
2.2 Ökonomische Fragestellungen	Seite 11
2.3 Rechtliche Fragestellungen	Seite 13
2.4 Politische Fragestellungen	Seite 14
2.5 Soziale Fragestellungen	Seite 15

ab Seite 7

Fazit

und Handlungsempfehlungen

ab Seite 17

Kontakt

Seite 19

Anhang

Methodik der Studie Seite 21

Literaturverweise Seite 22

Kennzahlen zur Studie



Einführung



Einführung

Humanoide Roboter dominieren in den letzten Monaten die Tech-Nachrichten.

Dies belegen unter anderem die Meldungen verschiedener Großunternehmen, die den Einsatz Humanoider Roboter evaluieren. Auch auf der diesjährigen CES (Consumer Electronics Show) waren Humanoide Roboter und zugehörige Software zur Entwicklung und Integration eines der Hauptthemen. Gleichzeitig wächst die Anzahl an Herstellern Humanoider Roboter gerade im asiatischen Raum rasant.

Beeindruckende, aber teilweise auch manipulierte Videos, wie Humanoide Roboter Transport- und haushaltsnahe Aufgaben ausführen, sowie Herstelleraussagen zu möglichen Stückpreisen von 20-50 T \$ nähren die Erwartung, Humanoide Roboter stünden kurz vor dem Durchbruch. Parallel schätzen einige Stellen ein exponentielles Marktwachstum auf 13,25 Mrd. \$ im Jahr 2029 bzw. 100 Mrd. \$ im Jahr 2035.

[Alle Literaturverweise zu diesem Text finden Sie hier.](#)

Befürworter Humanoider Roboter argumentieren:

Nur ein Allzweck-Roboter, der viele Aufgaben erledigen kann, rechtfertigt die hohen Kosten in Entwicklung und Anschaffung. Unsere Umwelt ist für den menschlichen Körper optimiert bzw. daran angepasst. Hieraus folgt, dass ein Allzweck-Roboter dem menschlichen Körper und seinen Bewegungen angelehnt sein muss.

Kritiker halten dagegen, dass ein Humanoider Roboter in absehbarer Zukunft nicht die Performance eines Menschen erreichen wird. Weiterhin verweisen sie auf »Form follows Function«: Für bestimmte Aufgaben ist der menschliche Körper denkbar ungeeignet. Dies entspricht oftmals den Aufgaben, für die der Einsatz von Robotern erwünscht ist.

Die aktuellen Entwicklungen und Investitionen in den USA und China und die verglichen dazu überschaubaren Mittel europäischer Unternehmen lassen die Frage aufkommen, wie sowohl Industrieunternehmen als auch die deutsche Gesellschaft sich zu den Humanoiden Robotern zukünftig positionieren sollte.

Einsatzpotenzial in Produktion und Logistik für den Standort Deutschland

Aus diesen Gründen ist es das Ziel der Studie, das Einsatzpotenzial von Humanoiden Robotern in der Produktion und Logistik am Standort Deutschland zu evaluieren und ein Meinungsbild der deutschen Industrie einzuholen.

Durch die erarbeiteten Ergebnisse und abgeleiteten Handlungsempfehlungen soll diese Studie dazu beitragen, eine profilierte Strategie für den Standort Deutschland hinsichtlich Humanoider Robotern zu entwickeln.

Eine Übersicht und die Ergebnisse der Studie werden in den folgenden Seiten dargestellt. Darüber hinausgehende Analysen zu unterschiedlichen Branchen, der Unternehmensgröße und weiteren Klassifizierungen oder individuelle Statistiken können beim Fraunhofer IPA angefragt werden.

Ziel der Studie

Evaluierung des Einsatzpotenzial von Humanoiden Robotern in der Produktion und Logistik am Standort Deutschland sowie die Ermittlung eines Meinungsbild der deutschen Industrie.



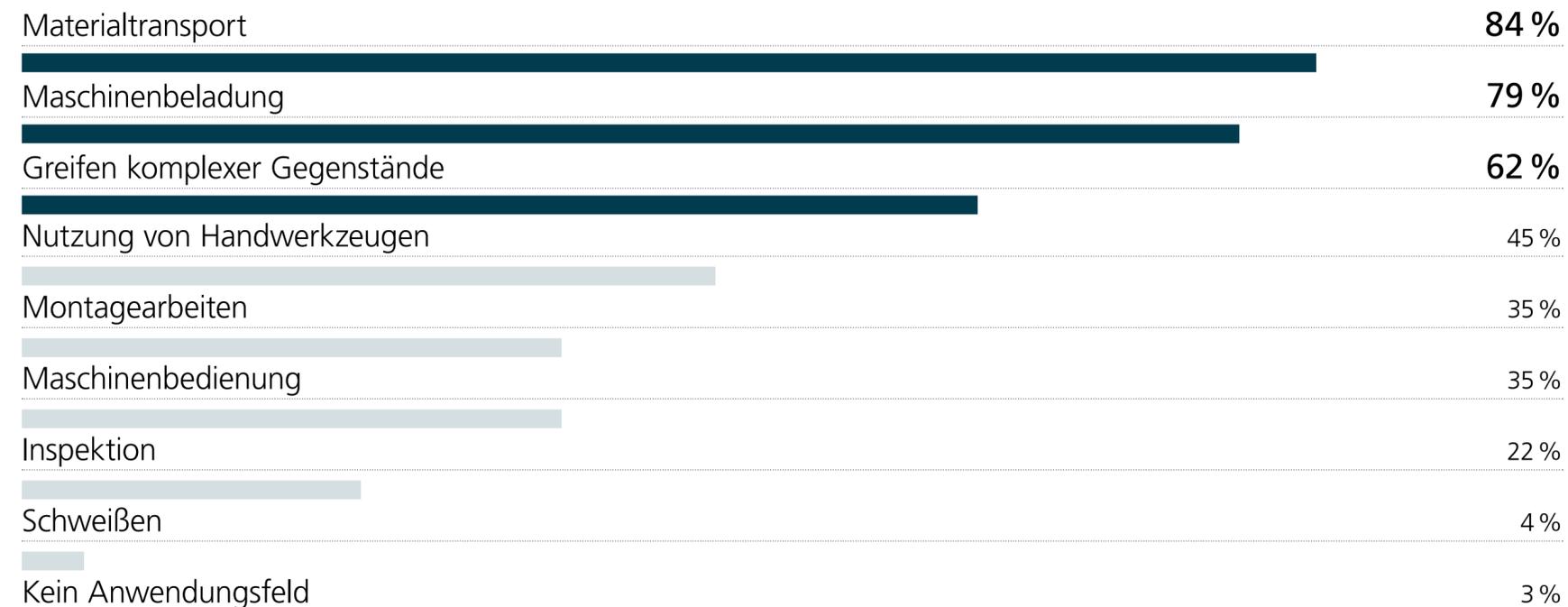
Ergebnisse

2.1 Technologische Fragestellungen	8
2.2 Ökonomische Fragestellungen	11
2.3 Rechtliche Fragestellungen	13
2.4 Politische Fragestellungen	14
2.5 Soziale Fragestellungen	15



2.1 Ergebnis

Technologische Fragestellungen 1/3

Einsatzszenarien für Humanoide Roboter
in der Produktion und Logistik

(n=113), Anwendungsfelder für Humanoide Roboter, Mehrfachauswahl möglich

Vielseitige Aufgaben in Logistik und Produktion

- Als Einsatzszenarien werden vor allem einfache Aufgaben genannt: Materialtransport in der Logistik und Bereitstellung in der Produktion, Kommissionieren und Maschinenbeladung.
- Humanoide Roboter sollen als Springer vielfältige Aufgaben übernehmen können.

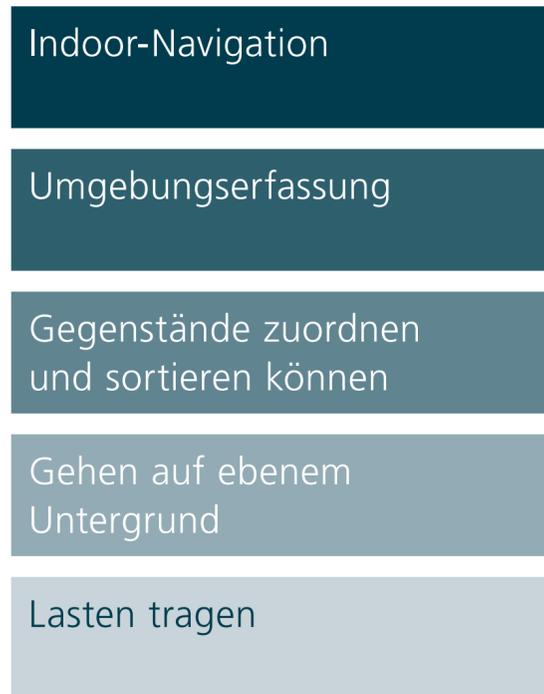


Humanoide Roboter müssen sich für einen gewinnbringenden Einsatz maßgeblich durch ihre Flexibilität von anderen Automatisierungslösungen abheben.«

2.1 Ergebnis

Technologische Fragestellungen 2/3

Top 5 der gefragten Fähigkeiten



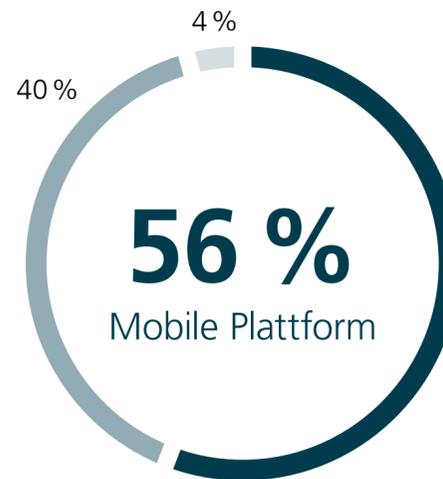
Nachgefragte Endeffektoren



■ Modulare Greifer	42 %
■ Hände	42 %
■ Spezifischer Greifer	16 %

(n=113)

Nachgefragte Fortbewegungsart



■ Mobile Plattform	56 %
■ Beine	40 %
■ Stationär	4 %

(n=113)

Diskrepanzen bei Feinfühligkeit

- Nachgefragte Fähigkeiten stimmen mit den meistbenannten Anwendungsfeldern überein: Materialtransport, Maschinenbeladung, Greifen komplexer Gegenstände (Kommissionieren, Bereitstellung von Material).
- Ein Abgleich der gefragten Fähigkeiten mit derzeitigen Fähigkeiten Humanoider Roboter zeigt unter anderem hinsichtlich der Feinfühligkeit und Genauigkeit der Endeffektoren sowie der Zusammenarbeitsmöglichkeiten mit Menschen große Diskrepanzen auf.

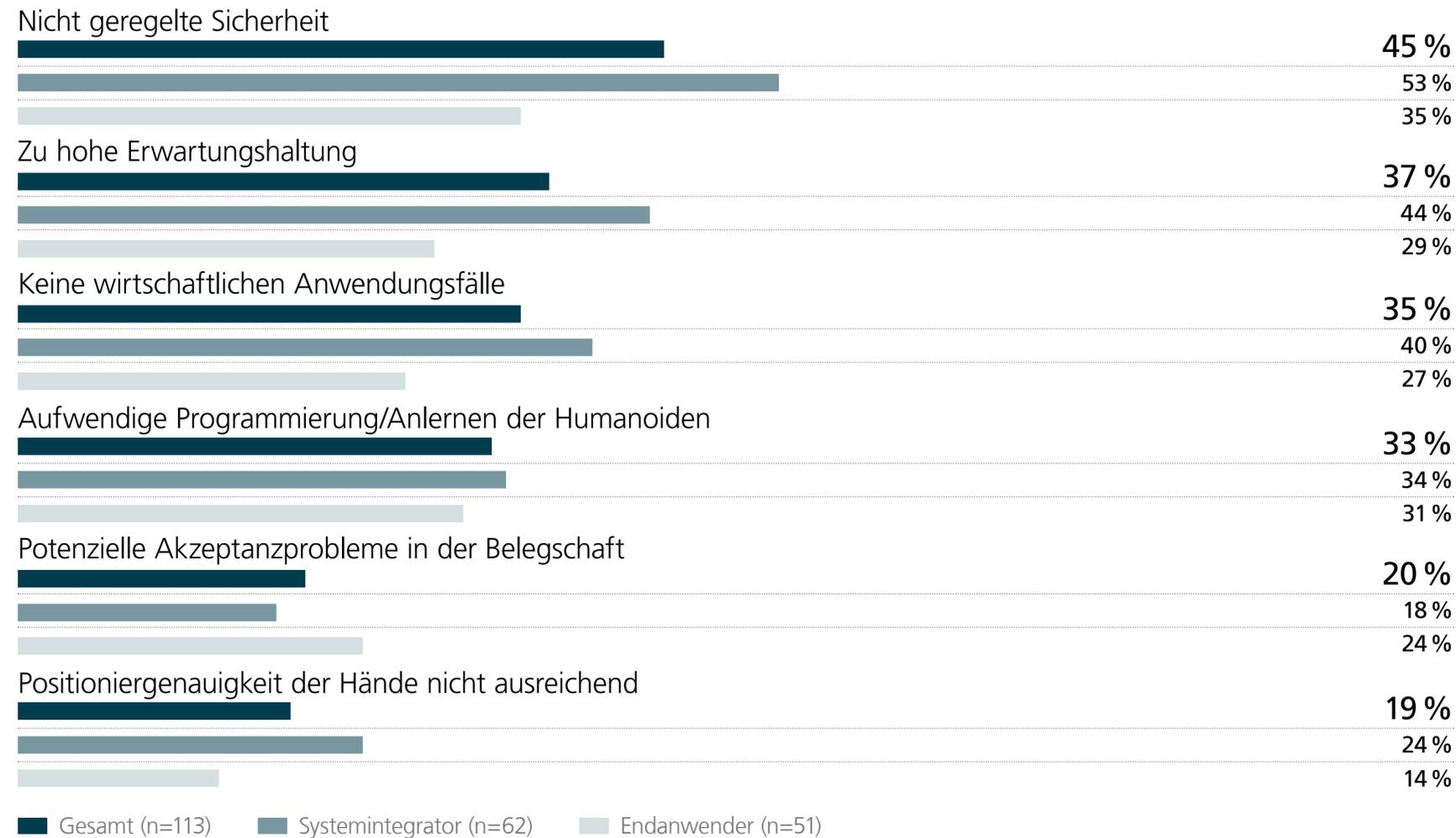


Beine und dem Menschen nachempfundene Hände werden nur von ca. 40 Prozent der Befragten als notwendig angesehen.«

2.1 Ergebnis

Technologische Fragestellungen 3/3

Größte Hindernisse für Humanoide Roboter



Sicherheitsfragen und Akzeptanzprobleme

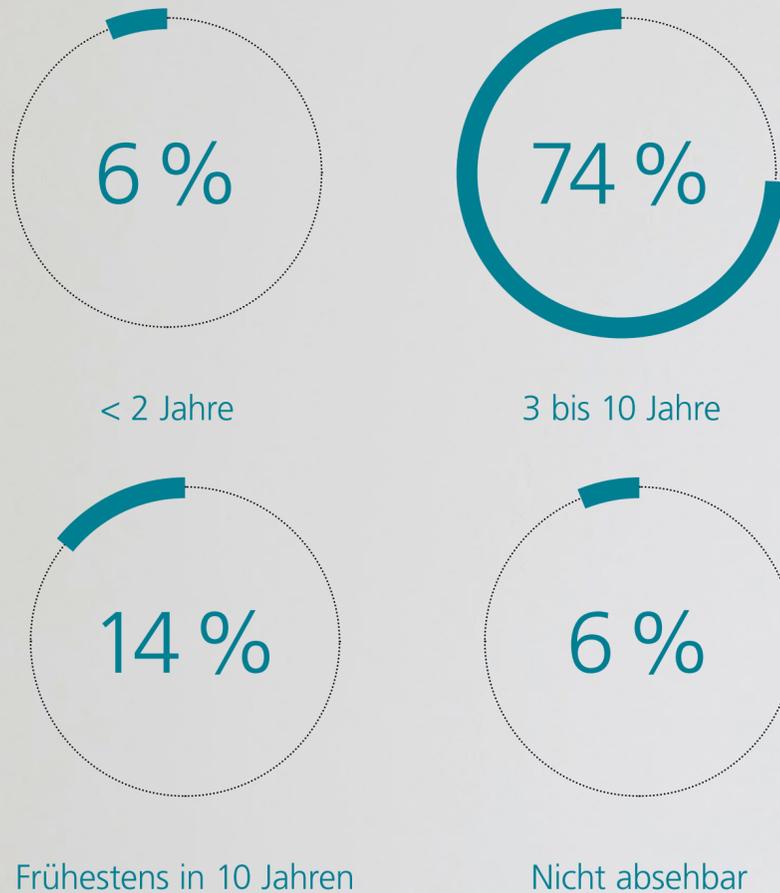
- Fehlende Regelung der Sicherheit bei Humanoiden Robotern im Einsatz wird als größtes Hindernis gesehen.
- Systemintegratoren sehen zum aktuellen Zeitpunkt eine größere Zahl an Hindernissen im Vergleich zu den Endanwendern.
- Endanwender haben größere Bedenken in Bezug auf die Akzeptanz Humanoider Roboter.

»»

Für einen Einsatz Humanoider Roboter in Deutschland müssen Hersteller deren Sicherheit sowie belastbare Fähigkeiten für Kunden beweisen.«

2.2 Ergebnis

Ökonomische Fragestellungen 1/2

Erwartete Zeit bis zur Marktreife
Humanoider Roboter

(n=89)



Erwartete Marktreife nach Branchen

- Mittelfristig wird übergreifend davon ausgegangen, dass Humanoide Roboter Einzug in die Produktion erhalten.
- Die Logistik, Lebensmittel- und die Textilindustrie sind hinsichtlich der Marktreife Humanoider Roboter optimistischer als andere Branchen.

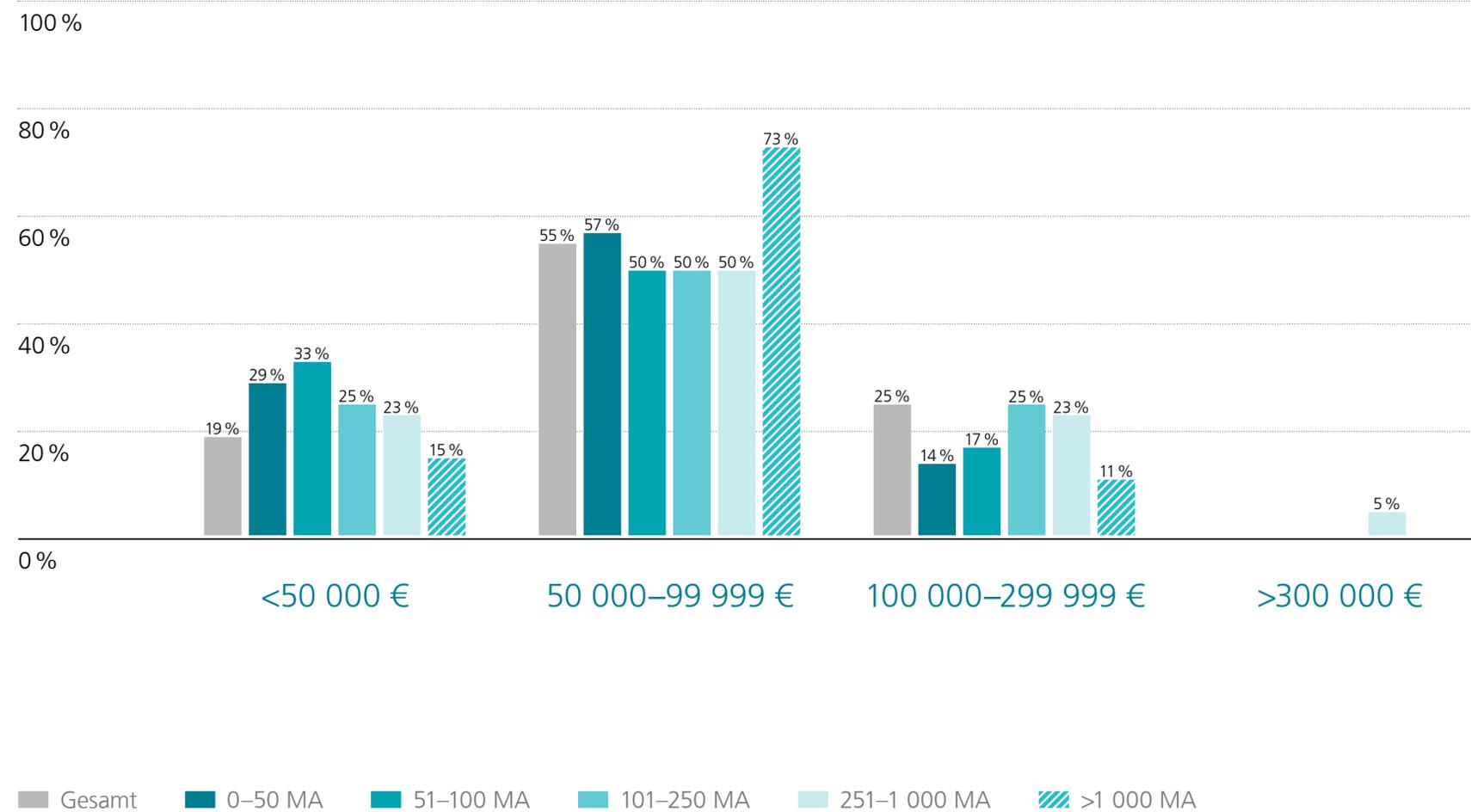


Circa 80 Prozent der Befragten schätzen den Einsatz Humanoider Roboter in Produktion und Logistik innerhalb der nächsten 10 Jahre als realistisch ein.«

2.2 Ergebnis

Ökonomische Fragestellungen 2/2

Zahlungsbereitschaft für Humanoide Roboter



(n=93), Aufteilung nach Anzahl Mitarbeitende (MA), Antwortmöglichkeiten vorgegeben, Annahme: Arbeitsleistung des Humanoiden entspricht der eines halben Menschen über mindestens fünf Jahre Laufzeit

Unterschiedliche Zahlungsbereitschaft

- Große Unternehmen sind durchschnittlich eher bereit, mehr Geld für einen Humanoiden Roboter auszugeben als KMU.
- Ein Großteil der Unternehmen besitzt eine Zahlungsbereitschaft von unter 100 000 €.



Mit den Stimmen aus der Industrie wird der von Herstellern anvisierte Preis für Humanoide Roboter von unter 50 000 € getroffen.«

2.3 Ergebnis

Rechtliche Fragestellungen

Sicherheitstechnische Herausforderungen bei Humanoiden Robotern/
X % der Befragten nannten folgende Punkte:

Mensch-Roboter-Kollaboration mit Humanoiden (rechtlich) schwierig umsetzbar	35 %
Überarbeitung der Maschinenrichtlinie notwendig	15 %
Allgemeine Gefahrenabwendung für Menschen	15 %
Cyber Security/Datenschutz	13 %
Sicherheitsabschaltung (Sturzgefahr, sicheres Implodieren)	13 %
Umgang mit Fehlfunktionen	10 %
Potenziell aufwendige Risikobeurteilung	8 %
Kollisionsvermeidung/Navigation	6 %
Versicherungsschutz/Rechtliche Fragen	5 %
Gestaltung von Schnittstellen zur Peripherie	5 %
Interaktion mit Humanoiden über Sprache	4 %
Nicht absehbare Herausforderungen	3 %

(n=80), Freitextantworten, Multiple Antworten möglich

Herausforderungen und Notwendigkeiten

- Die aktuellen rechtlichen Vorgaben reichen für Humanoide Roboter nicht aus und müssen entsprechend angepasst werden.
- Humanoide Roboter sind aufgrund ihrer physischen Gestalt inhärent instabil.



Die physische Sicherheit von Menschen im Umgang mit Humanoiden Robotern wird als die größte sicherheitstechnische Herausforderung betrachtet.«

2.4 Ergebnis

Politische Fragestellungen

Notwendige Initiativen seitens der Politik zur Stärkung des Standorts Deutschland bei der Entwicklung und dem Einsatz von Humanoider Robotertechnologie



(n=48), Freitextantworten, geclustert

Bedarfe auf Unternehmensseite

- Unternehmen wünschen sich Fördermittel, um neue Technologien erproben zu können.
- Politik soll klare Rahmenbedingungen durch eindeutige Richtlinien schaffen und Unternehmen möglichst freie Hand bei der Erprobung lassen.

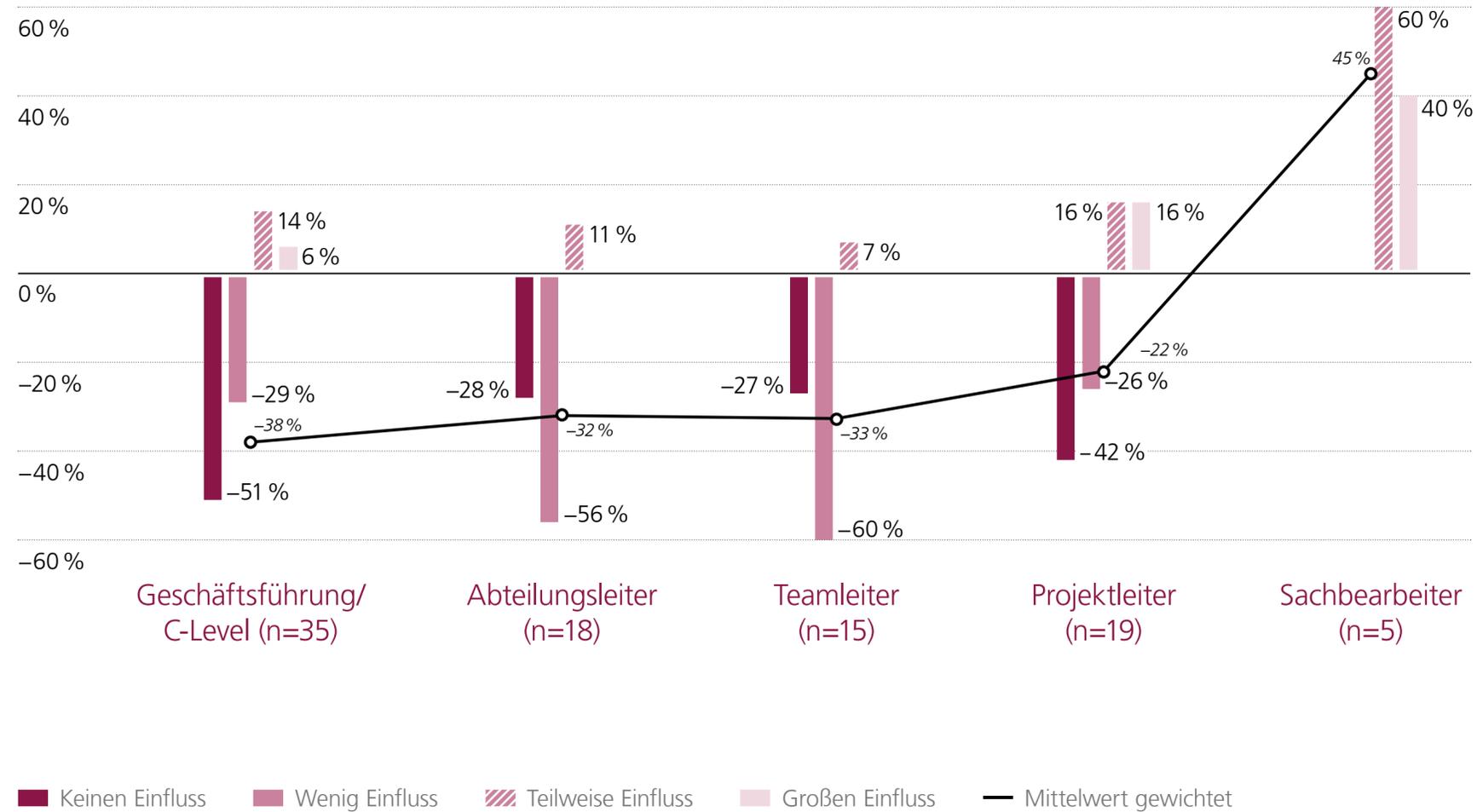


Unternehmen wünschen sich mehr Förderung von Humanoider Robotik, um Potenziale zu ermitteln und den Einsatz in der Industrie voranzutreiben.«

2.5 Ergebnis

Soziale Fragestellungen 1/2

Humanoide als mögliche Ursache von drohendem Jobverlust in Abhängigkeit von der Position der Befragten



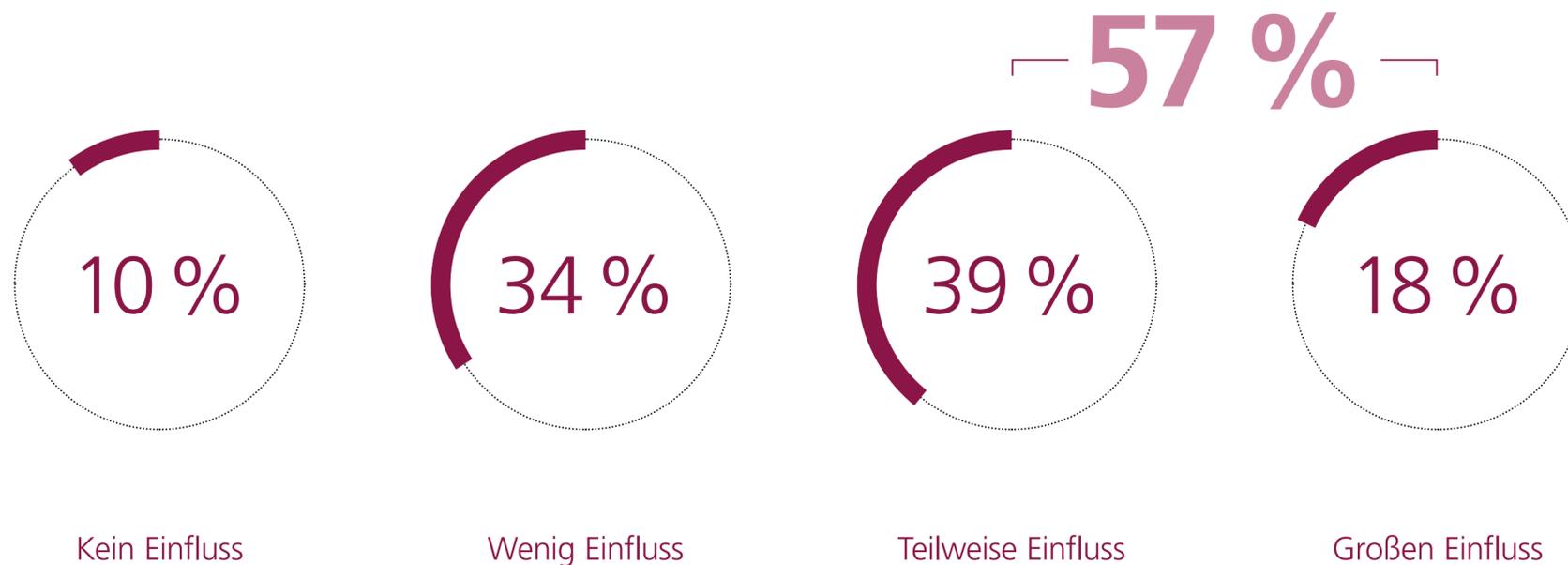
Hinweis: Negative Prozentzahlen bedeuten keinen/wenig Einfluss. Positive Prozentzahlen stehen für teilweisen/großen Einfluss. Der Mittelwert wurde gewichtet mit 0,75 (Keinen/großen Einfluss) und 0,25 (wenig/teilweisen Einfluss). Umso größer der Mittelwert, desto größer ist der Einfluss des Faktors.



2.5 Ergebnis

Soziale Fragestellungen 2/2

Einfluss einer mangelnden Akzeptanz von Mitarbeitenden
beim Kauf Humanoider Roboter



(n=113)

Akzeptanz in der Belegschaft

- 57 Prozent erklären, dass Akzeptanzprobleme unter den Mitarbeitenden einen Einfluss auf die Kaufentscheidung eines Humanoiden Roboters hätten.
- Jeder dritte Endanwender sieht in einer mangelnden Akzeptanz unter den Mitarbeitenden eines der größten Hindernisse für den Einsatz Humanoider Roboter.
- Bei Großunternehmen mit mehr als 1 000 Mitarbeitenden hätte eine mangelnde Akzeptanz der Mitarbeitenden einen größeren Einfluss auf die Entscheidung, Humanoide Roboter nicht einzusetzen als bei kleineren Unternehmen.



**Humanoide Roboter werden nicht als ›Jobkiller‹
gesehen, jedoch beeinflusst ihre Akzeptanz innerhalb
der Belegschaft Kaufentscheidungen.«**

Fazit und Handlungsempfehlungen

Humanoide Roboter als Mehrzweck-Roboter mit Ihren vielseitigen Einsatzmöglichkeiten und flexibler Greiftechnik haben das Potenzial, ein Game Changer in bestehenden Fabriken zu werden.

Mit dem heutigen Technologiereifegrad ist ein Einsatz Humanoider Roboter in Produktion und Logistik aufgrund der aufgezeigten Herausforderungen gerade im Zusammenspiel mit dem Menschen sowie den häufig benötigten Prozessgeschwindigkeiten und -qualitäten noch als Irrweg einzuschätzen.



Fazit und Handlungsempfehlungen

Entwicklung software-
seitiger Sicherheitsfunktionen
und -features

1

Entwicklung und Optimie-
rung genauer Handhabung
und Feinfühligkeit von
Endeffektoren

2

Einfaches Programmieren
und Optimieren Humanoider
Roboter für deren Einsatz

3

Technologien zur Wahrneh-
mung der Umgebung und ent-
sprechender Reaktion

4

Erstellen einer Norm/
Technischen Spezifikation
vergleichbar mit der für die
Mensch-Roboter-Kollabo-
ration (ISO TS 15066)

5

Rechtliche Evaluierungs-
möglichkeiten für Unter-
nehmen schaffen

6

Förderung kritischer und
differenzierender Technologien,
insbesondere die Wachstums-
finanzierung von Start-ups.

7



Kontakt

Kontakt

Fraunhofer IPA
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
www.ipa.fraunhofer.de



Simon Schmidt

Geschäftsbereichsleiter Automatisierte Intralogistik-,
Fertigungs- und Montagesysteme

simon.schmidt@ipa.fraunhofer.de



Joshua Beck

Forschungsbereich Automatisierung und Robotik

joshua.beck@ipa.fraunhofer.de



Lasse Höltge

Forschungsbereich Automatisierung und Robotik

lasse.hoeltge@ipa.fraunhofer.de



Alexandra Huber

Forschungsbereich Automatisierung und Robotik

alexandra.huber@ipa.fraunhofer.de



Ramez Awad

Forschungsbereich Automatisierung und Robotik

ramez.awad@ipa.fraunhofer.de

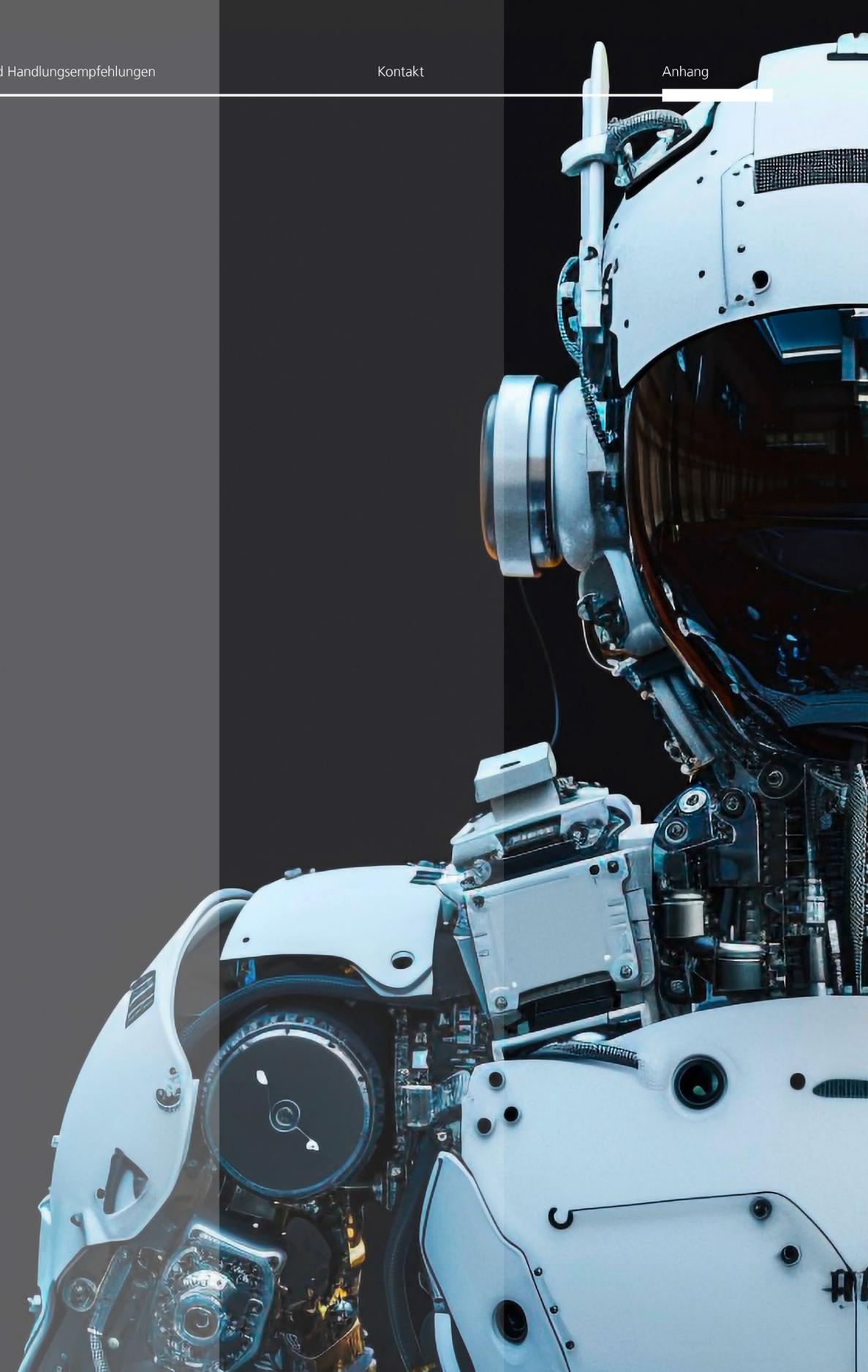
Wir produzieren Zukunft

Nachhaltig. Personalisiert. Smart.

Anhang

Methodik der Studie 21

Literaturverweise 22



Methodik der Studie

1. LITERATUR- RECHERCHE

Als Basis der Studie wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, die wissenschaftliche Publikationen, technische Artikel und veröffentlichte Videos von Herstellern Humanoider Roboter sowie Wirtschaftsnachrichten aus den letzten drei Jahren beinhaltet.

Ziel war es, ein Verständnis für die Entwicklungen der letzten Jahre von Humanoiden Robotern zu erhalten, deren aktuelle und zur Marktreife potenzielle Fähigkeiten zu definieren und somit die Basis für die Marktrecherche zu generieren.

2. EXPERTEN- INTERVIEWS

Auf der Literaturrecherche aufbauend wurden potenzielle Anwendungen, technische und wirtschaftliche Anforderungen sowie Hindernisse und Rahmenbedingungen in strukturierten Experteninterviews diskutiert und evaluiert.

Hierbei wurden gezielt Systemintegratoren und potenzielle Endanwender von Humanoiden Robotern in Deutschland befragt. Fokus der Interviews war das Sammeln qualitativer Daten, die Aufschluss über den aktuellen Stand der Technik, bestehende Herausforderungen sowie zukünftige Entwicklungen geben.

3. ONLINE- UMFRAGE

Im dritten Schritt erfolgte eine breit angelegte Umfrage, die über den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) verteilt wurde, um eine möglichst große Anzahl an Teilnehmern aus der Industrie zu erreichen.

Durch einen standardisierten Fragebogen wurden quantitative Daten zu den Themen Forschungsbedarf, Einfluss Humanoider Roboter auf Produktionsprozesse sowie Preisbereitschaft der Unternehmen erhoben. Als Basis für den Fragebogen dienen die Erkenntnisse aus den Experteninterviews.

4. AUSWERTUNG DER DATEN

Die abschließende Phase der Studie umfasst die Auswertung der gesammelten Daten. Die qualitativen Ergebnisse aus den Experteninterviews werden mit den quantitativen Daten der Umfrage kombiniert, um ein umfassendes Bild der aktuellen Situation und zukünftiger Entwicklungen zu zeichnen.

Hierbei wurde eine umfassende Analyse der Ergebnisse auf Basis der PESTEL-Struktur durchgeführt.

Literaturverweise

- 1 Agility Robotics, »Opening RoboFab: World's First Factory for Humanoid Robots«. Available: <https://agilityrobotics.com/content/opening-robotfab-worlds-first-factory-for-humanoid-robots> [Zugriff am 17.02.2025].
- 2 <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0444264DE/erfolgreicher-testeinsatz-Humanoid-roboter-im-bmw-group-werk-spartanburg> [Zugriff am 17.02.2025].
- 3 <https://www.heise.de/news/Apptronik-Apollo-Mercedes-Benz-will-Humanoide-Roboter-einsetzen-9658165.html> [Zugriff am 17.02.2025].
- 4 <https://agilityrobotics.com/content/6ei4g0jtsvts5jhcpll598ot85ux4g> [Zugriff am 17.02.2025].
- 5 David Greenfield: Schaeffler Group Invests in Agility Robotics. Available: <https://www.automationworld.com/factory/robotics/news/55251926/schaeffler-group-invests-and-agrees-to-purchase-agility-robotics-humanoids> [Zugriff am 17.02.2025].
- 6 <https://www.globaltimes.cn/page/202501/1326584.shtml> [Zugriff am 17.02.2025].
- 7 Agility Robotics, »Agility Robotics Broadens Relationship with Amazon«. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=q8ldbodRG14> [Zugriff am 17.02.2025].
- 8 The Robot Report, »Introducing the Apollo Humamoid Robot by Apptronik«. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=pymvNott6nw> [Zugriff am 17.02.2025].
- 9 Figure, »Figure Status Update – AI Trained Coffee Demo«. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Q5MKo7ldsok> [Zugriff am 17.02.2025].
- 10 Unitree Robotics, »Unitree H1 Breaking Humanoid robot speed world record [full-size Humanoid] Evolution V3.0«, 01.03.2024 [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=83ShvgtyFAG> [Zugriff am 17.02.2025].
- 11 MOSFET, »2024: The Year of Humanoid Robots? (+ More Tech News)«, 31.12.2023 [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=jV4ZCWk9bo8> [Zugriff am 17.02.2025].
- 12 New Atlas, »Busted: Elon Musk admits new Optimus video isn't what it seems«, 15.01.2024 [Online]. Available: <https://newatlas.com/robotics/tesla-optimus-folds-shirt/> [Zugriff am 17.02.2025].
- 13 DPCcars, »Tesla Optimus Bot Folds Laundry«, 15.01.2024 [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=gyURDZB7imo> [Zugriff am 17.02.2025].
- 14 Nick Godt: Tesla reveals price range for Optimus Gen2, its »robot without wheels«. Available: <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/tesla-optimus-gen-2-price-range/> [Zugriff am 17.02.2025].
- 15 Mark Derho: How Much Does a Robot Cost? Available: <https://resident.com/tech-and-gear/2024/06/02/how-much-does-a-robot-cost> [Zugriff am 17.02.2025].
- 16 Horváth-Studie 2024, »Humanoide Roboter in Operations«, Horváth, 2024. Available: <https://www.horvath-partners.com/de/pressel/detail/horvath-studie-humanoide-roboter-erobern-ihren-platz-am-fliessband> [Zugriff am 17.02.2025].
- 17 MarketsandMarkets: Humanoid Robot Market. Available: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/humanoid-robot-market-99567653.html> [Zugriff am 17.02.2025].
- 18 moomooTechnologies Inc., »Understand the 100 billion dollar market behind Tesla's Humanoid robot in one article«, 13.12.2023 [Online]. Available: https://www.moomoo.com/news/post/31036489?level=1&data_ticket=1712653062451400 [Zugriff am 17.02.2025].

Impressum

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Prof. Dr.-Ing. Marco Huber, Dr.-Ing Werner Kraus

Autorinnen und Autoren

Simon Schmidt, Joshua Beck, Lasse Höltge, Alexandra Huber, Ramez Awad

Fördergeber

Die vorliegende Studie ist aus Fördermitteln des KI-Fortschrittszentrums »Lernende Systeme und Kognitive Robotik« entstanden. Sie ist Teil einer ganzen Studienreihe rund um die Themen KI und Robotik. Alle Informationen sowie die Möglichkeit zum kostenfreien Runterladen der Studien hier: <https://www.ki-fortschrittszentrum.de/de/studien.html>

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kontaktadresse

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-3874
presse@ipa.fraunhofer.de
<https://www.ipa.fraunhofer.de>

DOI:10.24406/publica-4222

Lizenz

Die Studie »Humanoide Roboter – Game Changer oder Irrweg?« steht unter folgender Creative-Commons-Lizenz:

Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen
International 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Details zur Lizenz: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Alle Rechte vorbehalten

© Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Januar 2025

Bildquellenangaben: Adobe Stock

Gefördert
durch



Baden-Württemberg
Ministerium für Wirtschaft,
Arbeit und Tourismus