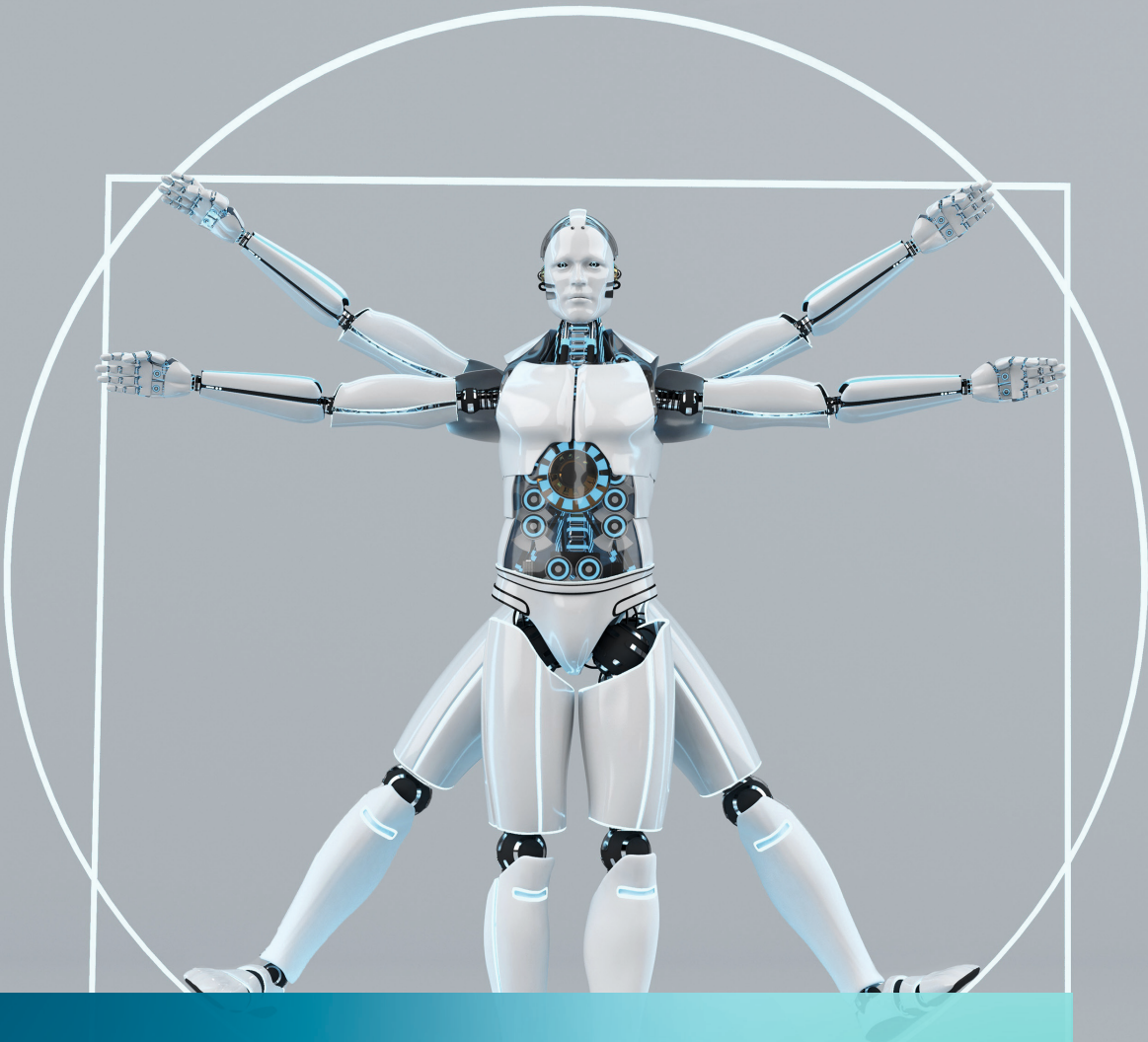




Branchenbefragung, Marktstudie, Handlungsempfehlungen

Automatisierung auf zwei Beinen? Humanoide Roboter in der Logistik

Branchenbefragung, Marktstudie, Handlungsempfehlungen

Automatisierung auf zwei Beinen?
Humanoide Roboter in der Logistik

Vorwort

Die Logistik steht an einem Wendepunkt. Globale Lieferketten, demografischer Wandel, geopolitische Unsicherheiten und ein anhaltender Fachkräftemangel erhöhen den Druck auf Unternehmen, ihre Prozesse zugleich effizienter, resilienter und flexibler zu gestalten. Automatisierung wird dadurch mehr denn je zur strategischen Notwendigkeit.

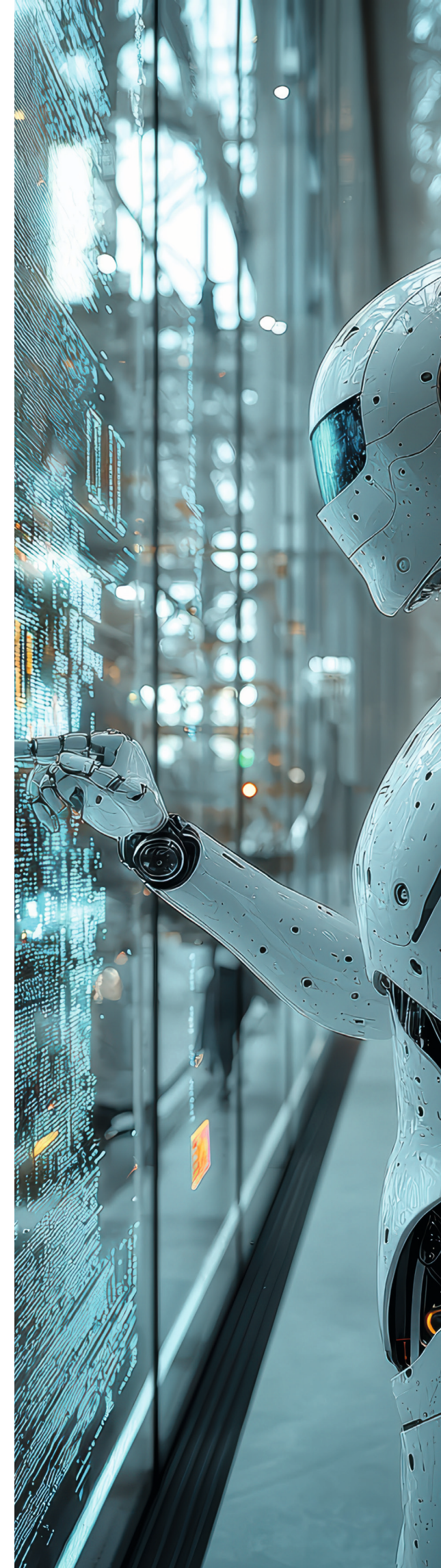
Mit dem rasanten Fortschritt in der Robotik und der Künstlichen Intelligenz rückt eine Technologie in den Fokus, die das Potenzial hat, bestehende Grenzen der Automatisierung zu verschieben: humanoide Roboter. Sie versprechen, dort eingesetzt zu werden, wo klassische Automatisierung an strukturelle, wirtschaftliche oder technische Grenzen stößt – in bestehenden, für den Menschen gestalteten Arbeitsumgebungen.

Die vorliegende Studie des Fraunhofer IML verfolgt das Ziel, den aktuellen Stand der humanoiden Robotik für logistische Anwendungen aus Branchensicht einzuordnen. Sie verbindet technologische Analyse mit einer systematischen Befragung der Logistikbranche und leitet daraus konkrete Handlungsempfehlungen für Industrie, Forschung und Politik ab.

Humanoide Robotik ist kein kurzfristiger Trend, sondern ein langfristiges Transformationsfeld. Diese Studie möchte Orientierung geben, Erwartungen erden und zugleich Perspektiven eröffnen – für eine Logistik, die technologische Innovation und menschliche Arbeit sinnvoll zusammenführt.

Alice Kirchheim

Prof. Dr.-Ing. Alice Kirchheim



Inhalt

Management Summary	8
Einführung und Motivation	12
Automatisierung als Imperativ logistischer Entwicklung?	14
Zielbild humanoider Robotik in der Logistik	16
Branchenbefragung	20
Chancen und Risiken aus Sicht der Unternehmen	21
Identifizierte Anwendungsfälle und Anforderungen	23
Fazit der Branchenbefragung	27
Marktstudie	30
Suchmodus	31
Auswertung und Systemübersicht	32
Fazit der Marktstudie	38
Handlungsempfehlungen	40
Anhang	42
Impressum	46

Einführung und Motivation

Automatisierung neu gedacht: Zwischen Fachkräftemangel, Effizienzdruck und Innovationsbedarf

ab Seite 12

Branchenbefragung

Zwischen Hype und Realität: Was die Logistikbranche von humanoider Robotik wirklich erwartet

ab Seite 20

Marktstudie

Vielfalt statt Einheitslösung:
Wie weit der Markt für humanoide Roboter wirklich ist

ab Seite 30

Handlungsempfehlungen

Was ist zu tun? Was fehlt für die Anwendung humanoider Roboter?

ab Seite 40



Management Summary

Auf einen Blick: Was humanoide Roboter in der Logistik wirklich verändern können

Ziel der Studie

Ziel dieser Studie ist es, das Potenzial humanoider Roboter für die Logistik systematisch zu bewerten. Im Fokus stehen die Fragen, ob und unter welchen Bedingungen humanoide Robotik einen Mehrwert gegenüber bestehenden Automatisierungslösungen bietet, welche Anforderungen die Logistikbranche an solche Systeme stellt und wie weit der Markt und der Stand der Technik heute tatsächlich sind. Aus den Erkenntnissen ergeben sich Handlungsempfehlungen an Politik, Forschung und Industrie.

Leitfragen

- Wie schätzt die Logistikbranche Potenziale und Risiken humanoider Robotik ein?
- Was ist der Stand der Technik und Marktreife von humanoiden Robotern?
- Ist ein menschenähnlicher Formfaktor für logistische Anwendungen funktional sinnvoll?
- Welche technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Hürden bestehen?
- Welche Schritte sind für eine erfolgreiche Einführung in der Praxis notwendig?

Bild: dnoevnore – stock.adobe.com

Vorgehensweise

Dazu setzt diese Studie auf drei methodische Bausteine:

1. Qualitative und quantitative Branchenbefragung,
2. Strukturierte Marktstudie zu aktuell am Markt verfügbaren humanoiden Robotern,
3. Techno-ökonomische Einordnung mit daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen.

Zentrale Ergebnisse

- Die Logistikbranche zeigt ein hohes Interesse an humanoider Robotik, insbesondere zur Automatisierung bislang schwer automatisierbarer Tätigkeiten.
- Humanoide Roboter werden weniger als menschenähnliche »Alleskönner« verstanden, sondern als flexible Mehrzweckroboter für bestehende Arbeitsumgebungen.
- Der technologische Reifegrad reicht derzeit noch nicht für einen breiten Produktiveinsatz, Pilotprojekte dominieren.
- Die größte Lücke zwischen ambitionierten Erwartungen industrieller Reife besteht hinsichtlich Handhabung, Robustheit, Sicherheit und Integration in bestehende Prozesse.
- Der Markt ist stark fragmentiert und wird aktuell überwiegend von außereuropäischen Anbietern geprägt.

Einführung und Motivation



Einführung und Motivation

Automatisierung neu gedacht: Zwischen Fachkräftemangel, Effizienzdruck und Innovationsbedarf

»Humanoide Roboter verkörpern das Ideal logistischer Automatisierung.«

Die Logistik bildet das Rückgrat der Industrie, des Handels und der Gesellschaft. Die Leistungsfähigkeit logistischer Systeme prägt die Wettbewerbsfähigkeit, die Versorgungssicherheit und die wirtschaftliche Resilienz. Gleichzeitig steht die Branche unter einem bislang beispiellosen Veränderungsdruck. Globale Lieferketten sind volatiler geworden, Kunden erwarten kürzere Lieferzeiten und höhere Transparenz, während geopolitische Krisen, wirtschaftliche Unsicherheiten und regulatorische Anforderungen die Planbarkeit zunehmend einschränken. Parallel dazu verschärft der demografische Wandel die Verfügbarkeit manueller Arbeitskraft – insbesondere in operativen, körperlich belastenden Tätigkeiten.

Automatisierung ist in diesem Kontext ein strategisches Zukunftsthema, ebenso wie eine operative Notwendigkeit. Seit Jahrzehnten investiert die Logistikbranche in technische Lösungen, um Effizienz, Qualität und Durchsatz zu steigern. Dennoch zeigt sich, dass etablierte Automatisierungskonzepte nicht alle Anforderungen moderner Logistiksysteme erfüllen können. Viele Aufgaben und Prozesse sind variantenreich, räumlich verteilt und stark von bestehenden Infrastrukturen geprägt. Gerade dort bleibt der Mensch bis heute der zentrale Leistungserbringer.

Vor diesem Spannungsfeld gewinnt die

humanoide Robotik als neue Klasse der Automatisierungstechnologie an Aufmerksamkeit. Sie steht für die Vision einer flexiblen Mehrzweck-Robotik, die in bestehenden, für Menschen gestalteten Arbeitsumgebungen agieren kann. Zugleich ist das Thema stark von medialem Hype und teils überzogenen Erwartungen geprägt. Zwischen visionären Darstellungen und industrieller Realität besteht noch eine erhebliche Lücke.

Eine Vielzahl von Studien beschäftigt sich bereits mit humanoider Robotik, insbesondere im Produktionsumfeld. Besonders hervorzuheben ist die Studie des Fraunhofer IPA¹⁾, die Erwartungen und Herausforderungen systematisch aus Sicht der Industrie analysiert. Unsere Untersuchung richtet den Fokus erstmals auf die Logistik und verbindet eine Branchenbefragung, Marktstudie und Handlungsempfehlungen, um den aktuellen Entwicklungsstand, die spezifischen Anforderungen und logistische Einsatzpotenziale für humanoide Robotik zu bewerten.

Ziel dieser Studie ist es daher, humanoide Robotik für die Logistik faktenbasiert und praxisnah einzuordnen. Im Mittelpunkt steht der funktionale Mehrwert dieser neuen Technologie: Welche Rolle können humanoide oder humanoid-inspirierte Roboter künftig in der Logistik spielen? Welche Anforderungen stellt die Branche und inwiefern werden Technologie und Markt ihnen tatsächlich gerecht?

¹ <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Publikationen/studien/humanoide-roboter.html>



Automatisierung als Imperativ logistischer Entwicklung?

»Auto-
matisierung
ist zum
wesentlichen
Faktor für
Wettbewerbs-
fähigkeit und
Skalierbarkeit
geworden.«

Logistik verbindet Märkte, Industrien und Gesellschaften. Sie war und ist ein zentraler Treiber des technologischen Fortschritts – von der Mechanisierung über die Massenproduktion bis hin zu hochautomatisierten, cyber-physischen Systemen. Automatisierung hat die Produktivität logistischer Systeme erheblich gesteigert und ist ein wesentlicher Faktor für Wettbewerbsfähigkeit und Skalierbarkeit.

In der Logistikbranche lassen sich scheinbar gegensätzliche Entwicklungen beobachten: Trotz stetig wachsender Automatisierung steigen die Beschäftigungszahlen weiter an^{2) 3)}. Dies verdeutlicht, dass die steigenden Leistungsanforderungen bislang nicht vollständig durch technologische Lösungen kompensiert werden. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass viele logistische Tätigkeiten – insbesondere solche mit hoher Varianz, unstrukturierter Umgebung und komplexer Handhabung – bislang nicht zufriedenstellend automatisierbar sind.

Das Bild moderner Logistikzentren ist heute von spezialisierten Automatisierungslösungen geprägt: Fördertechnik, Shuttle-Systeme, Sortiermaschinen und stationäre Industrieroboter. Diese Systeme sind auf maximale Effizienz bei klar abgegrenzten Aufgaben ausgelegt. Ihre Stärke liegt im hohen Durchsatz, stabilen Prozessbedingungen und reproduzierbarer Qualität. Gleichzeitig sind sie mit hohem Planungs-, Investitions- und Integrationsaufwand verbunden und weisen gegenüber sich wandelnden Anforderungen nur begrenzte Flexibilität auf.

Abbildung 1 verdeutlicht dieses Spannungsfeld anhand einer Gegenüberstellung von Mensch und Maschine als Erbringer logistischer Leistung. Während der Mensch durch hohe Flexibilität, Anpassungsfähigkeit und Lernfähigkeit überzeugt, sind klassische Automatisierungslösungen in diesen Dimensionen stark eingeschränkt, dafür jedoch in standardisierten Prozessen hochleistungsfähig. Mobile Transportroboter stellen zwar einen wichtigen Zwischenschritt dar, da sie Flexibilität und Ortsunabhängigkeit erhöhen, erreichen jedoch bislang nicht die situative Anpassungsfähigkeit des Menschen.

Insbesondere in bestehenden Anlagen – sogenannten Brownfield-Umgebungen – stoßen klassische Automatisierungskonzepte an strukturelle Grenzen. Umbauten sind kostenintensiv, Skalierbarkeit ist eingeschränkt, und Anpassungen an neue Produkte oder Prozesse erfordern häufig erhebliche Eingriffe in die Infrastruktur. Vor dem Hintergrund demografischer Entwicklungen und des anhaltenden Fachkräftemangels ist eine Rückkehr zum Menschen als alleinigem Leistungserbringer keine realistische Option. Automatisierung bleibt damit der Imperativ der logistischen Entwicklung – sie muss jedoch neu gedacht werden.

Der Bedarf an flexiblen und resilienten Automatisierungslösungen zeigt sich im großen Interesse der Logistikbranche an Robotern. Laut der International Federation of Robotics (IFR) erreichte der Gesamtbestand an industriellen Robotern weltweit über 4,6 Millionen Einheiten bis Ende 2024, nach einer Verdoppelung der Installationen

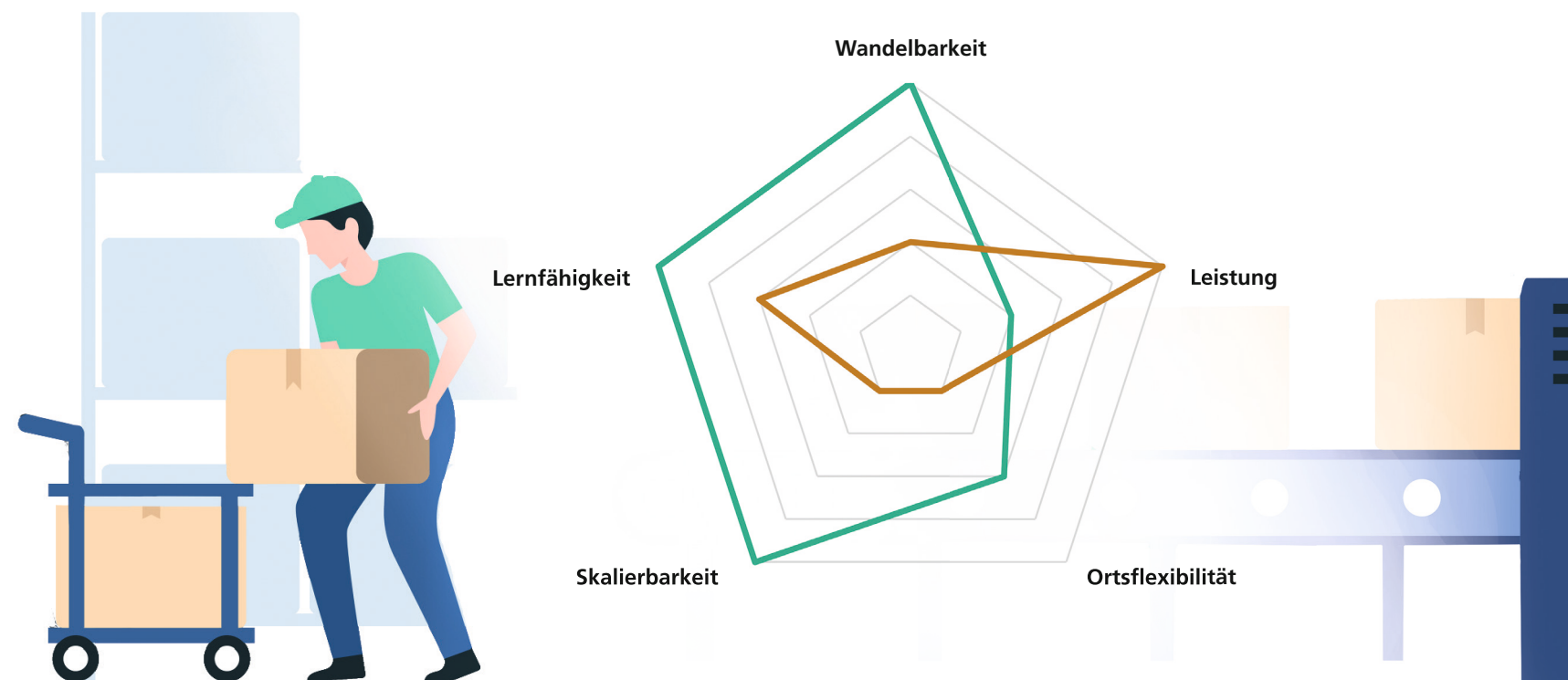


Abbildung 1: Mensch (grün) und Maschine (orange) als Erbringer logistischer Leistung

in einem Jahrzehnt^{4) 5)}. Allein der Einsatz von Transportrobotern entwickelt sich mit jährlichen Wachstumsraten im zweistelligen Prozentbereich. Die meisten Prognosen sind sich einig, dass dieser Trend auf absehbare Zeit anhalten wird und der globale Robotikmarkt bis 2030 mit über 200 Milliarden Euro neue Rekordwerte erreichen werden.

Die Logistikbranche bedarf einer Form der Automatisierung, die die Vorzüge von Menschen und Maschinen vereint, das heißt: hohe Leistung auch bei solchen Tätigkeiten, die Flexibilität, Intuition und Lernfähigkeit erfordern. Dieser Gedankengang führt zur sogenannten Mehrzweck-Robotik, einer neuen Generation von Robotern, die für alle relevanten Aufgaben eingesetzt werden können. Sie würden in *Abbildung 1* alle Kriterien gleichermaßen erfüllen.

Humanoide Roboter verkörpern das Ideal logistischer Automatisierung in besonderem Maße. Ein Roboter, der in denselben Umgebungen wie ein Mensch eingesetzt werden kann und dieselben manuellen Tätigkeiten ausführen kann, löst das Dilemma zwischen Leistungsmaximierung einerseits und Flexibilität andererseits. Solche Roboter können bedarfsgerecht dort eingesetzt werden, wo ihre Leistung aktuell benötigt wird, sodass weniger Investitionen in die Roboter selbst und insbesondere in die Anpassungen der Arbeitsumgebungen notwendig sind. Moderne Künstliche Intelligenz ermöglicht es Robotern, zu lernen und sich ihrer Umgebung anzupassen. Die Folge ist ein gleichermaßen leistungsstarkes wie resilientes Logistiksystem.

2 Logistikweise / Fraunhofer SCS - Top 100 in Logistik & SCM (2024).

3 Fachkräftesicherung, Kompetenzzentrum (2024). Fahrer:innen gesucht – Die Fachkräftesituation in Verkehrs- und Logistikberufen.

4 <https://ifr.org/worldrobotics/>, abgerufen am 09.03.2026.

5 <https://robotikverband.de/world-robotics-report-2025/>, abgerufen am 09.03.2026.

Zielbild humanoider Robotik in der Logistik

Aus dem Spannungsfeld von Flexibilität und Leistungsfähigkeit erwächst das Zielbild einer neuen Generation von Robotik: Es sind nicht länger rein spezialisierte Maschinen gefragt, sondern generalistische, adaptionsfähige Systeme, die sich den logistischen Realitäten anpassen können – insbesondere dort, wo die menschliche Arbeitskraft bislang unverzichtbar ist. Humanoide Robotik verkörpert dieses Zielbild in besonderer Weise.

Es geht weniger um die möglichst perfekte Nachbildung des menschlichen Körpers, als vielmehr um die funktionale Befähigung zur Ausführung logistischer Tätigkeiten in bestehenden Arbeitsumgebungen. Die Logistik ist durch eine Vielzahl manueller Tätigkeiten geprägt, die sich durch hohe Prozessvarianz, unterschiedliche Objekte und wechselnde Anforderungen auszeichnen. Tätigkeiten wie Kommissionieren, Verpacken, Sortieren oder Transportieren erfordern eine Kombination aus Mobilität, sensorischer Wahrnehmung, manipulativer Geschicklichkeit und digitaler Integration. Klassische Automatisierung kann diese Anforderungen häufig nur teilweise erfüllen, da sie auf stabile und standardisierte Prozessbedingungen angewiesen ist.

Das Zielbild humanoider Robotik in der Logistik ist daher von einer funktionalen Perspektive geprägt: Ein humanoider Roboter soll in der Lage sein, sich in komplexen, sich verändernden Umgebungen zu orientieren und Aufgaben mit einer dem Menschen vergleichbaren Flexibilität auszuführen. Die Abfolge typischer logistikrelevanter Tätigkeiten – etwa das Erfassen von Objekten, das Greifen und Platzieren unterschiedlicher Artikel, das Navigieren durch belebte Räume und eine nahtlose Mensch-Maschine-Interaktion – verdeutlicht, dass ein Roboter hierfür ein breites und integriertes Fähigkeitsspektrum benötigt.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch Arbeitsschritte eines manuellen Kommissionierprozesses. Dieser veranschaulicht, warum logistische Tätigkeiten besonders schwer zu automatisieren sind: Die Abfolge aus Fortbewegen, Greifen, Ablegen, Öffnen, Verpacken und Quittieren ist hochvariabel, kontextabhängig und erfordert ständige Anpassung an wechselnde Objekte, Orte und Prozesszustände in einem dynamischen Umfeld. Klassische Automatisierungslösungen stoßen hier häufig an Grenzen, da sie entweder nur einzelne Teilschritte abdecken oder hohe Anforderungen an die Standardisierung stellen.



Abbildung 2: Exemplarische Aktivitäten zur logistischen Leistungserbringung

Anforderungen der Logistik

Technologische Fähigkeiten



Abbildung 3: Zielbild humanoider Robotik aus Branchensicht und technologischen Aspekten

Das Beispiel steht stellvertretend für eine Vielzahl denkbarer Ausprägungen von Kommissioniersystemen⁶, die wiederum nur einen Teil der Logistikprozesse abbilden.

Ein Roboter benötigt ein breites und integriertes Fähigkeitsspektrum, um solche Prozesse ganzheitlich unterstützen zu können. Zu den zentralen technologischen Fähigkeiten zählen:

- **Wahrnehmung mittels Sensorik** zur Erfassung der Umgebung, relevanter Objekte und Menschen,
- **Greifen mit gliedrigen Händen** für eine vielseitige Handhabung heterogener Objekte,
- **Fortbewegung auf zwei Beinen** zur Mobilität in menschenzentrierten Arbeitsumgebungen,
- **Interaktion mit der Umgebung** zur anpassungsfähigen Zusammenarbeit mit dem Menschen.

Abbildung 3 fasst das Zielbild humanoider Robotik in der Logistik systematisch zusammen. Sie verknüpft die zentralen logistischen Tätigkeiten mit den jeweils erforderlichen Fähigkeiten und den möglichen technischen Ausprägungen. Die Darstellung macht deutlich, dass das Spektrum humanoider Robotik weit über das Bild eines menschenähnlichen Roboters hinausgeht. Vielmehr können je nach Anwendungsfall alternative technische Konzepte – beispielsweise mobile Plattformen anstelle von zweibeiniger Fortbewegung oder spezialisierte Greifer anstelle komplexer Hände – eine höhere Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit bieten. Die technische Realisierung humanoider Robotik in der Logistik ist

daher als Kontinuum zu verstehen: Auf der einen Seite stehen Systeme mit menschenähnlicher Anatomie, die maximale Flexibilität und Einsatzvielfalt ermöglichen. Auf der anderen Seite können modular konzipierte Roboter, die gezielt für bestimmte logistische Aufgaben optimiert sind, einen ebenso großen Mehrwert bieten. Die Wahl der technischen Ausprägung hängt maßgeblich von den Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalls, den betrieblichen Rahmenbedingungen und den wirtschaftlichen Zielsetzungen ab.

Das Zielbild humanoider Robotik dient somit nicht als starres Produktversprechen, sondern als funktionale Leitplanke für die Weiterentwicklung und Integration flexibler Automatisierungslösungen in der Logistik. Es bietet Orientierung für Forschung, Industrie und Anwender, indem es die wesentlichen Fähigkeiten beschreibt, die logistische Robotersysteme künftig beherrschen müssen. Gleichzeitig bleibt es offen für unterschiedliche technische Realisierungen, die jeweils spezifisch auf die Anforderungen und Herausforderungen der logistischen Praxis zugeschnitten sind.

Abschließend bildet das Zielbild die Grundlage für die weiteren Kapitel dieser Studie. Es strukturiert die Analyse der Anforderungen aus Sicht der Branche, den Vergleich aktueller Marktangebote und die Ableitung praxisnaher Handlungsempfehlungen. Die humanoide Robotik steht damit exemplarisch für den Übergang von spezialisierten Maschinen hin zu einer neuen Generation generalistischer, adaptiver und integrativer Automatisierung in der Logistik⁷.

⁶ Schlögl, D., & Zsifkovits, H. (2016). Manuelle Kommissioniersysteme und die Rolle des Menschen; in Berg Huettenmaenn Monatshefte (Springer).

⁷ <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/logistik/logistik-fuer-ein-posthumanes-zeitalter>

Branchenbefragung

Branchenbefragung

Zwischen Hype und Realität: Was die Logistikbranche von humanoider Robotik wirklich erwartet

»Ein humanoider Roboter besitzt menschen-ähnliche Fähigkeiten oder sogar menschliches Aussehen.«

Die ersten öffentlichkeitswirksamen Prototypen humanoider Roboter haben weitreichende Erwartungen geweckt. Während mediale Inszenierungen oft die technischen Neuerungen in den Vordergrund rücken, bleibt die entscheidende Frage, inwiefern sie logistische Anforderungen tatsächlich erfüllen können. Um diese Perspektive systematisch zu erfassen, hat das Fraunhofer IML eine umfassende Branchenbefragung durchgeführt. Das Ziel dieser Erhebung ist ein belastbares Bild der aktuellen Stimmungslage, des Reifegrades sowie des Entwicklungsstandes aus Sicht der logistischen Anwender.

Die Untersuchung basiert auf zwei methodischen Säulen: Zum einen wurden qualitative Experteninterviews mit führenden Vertreterinnen und Vertretern aus Industrie und von Systemanbieterseite geführt, zum anderen eine breit angelegte quantitative Umfrage unter Fach- und Führungskräften der Logistikbranche durchgeführt. Diese Kombination erlaubt es, individuelle Einschätzungen zu vertiefen und gleichzeitig eine statistisch belastbare Bewertung über Unternehmens- und Rollengrenzen hinweg zu gewinnen.

Insgesamt elf Experteninterviews wurden durchgeführt, darunter mit sechs Vertretern von Intralogistik-Systemanbietern und fünf potenziellen Betreibern humanoider Robotik. Vier der Anbieter verfügen bereits über autonome mobile Roboter im Portfolio – humanoide Roboter hingegen noch nicht. Auf Betreiberseite sind autonome mobile Roboter

in drei Unternehmen im produktiven Einsatz, humanoide Roboter dagegen werden bislang lediglich vereinzelt in frühen Tests evaluiert.

Die quantitative Umfrage ergab fast 100 vollständige Antworten, vorwiegend von Mitarbeitenden aus Großunternehmen mit unterschiedlichen Rollen – vom operativen Mitarbeitenden bis zur Geschäftsführung. Rund zwei Drittel setzen Robotik bereits produktiv ein, wobei stationäre Industrieroboter und Fahrerlose Transportsysteme dominieren. Humanoide Roboter befinden sich bei den Befragten ausschließlich in Pilotprojekten.

Die Interviews zeigen, dass humanoide Robotik derzeit vor allem in den Innovations- und Strategieabteilungen der Unternehmen beobachtet wird. Ein operativer Einsatz erfolgt, wenn überhaupt, nur im Rahmen von Pilotprojekten. Die aktuelle Marktdurchdringung ist entsprechend gering: 65 % der befragten Unternehmen setzen heute bereits auf Roboterlösungen, doch humanoide Roboter sind bei keinem Befragten vollumfänglich im Produktiveinsatz.

Chancen und Risiken aus Sicht der Unternehmen

Teilnehmerübergreifend wird der humanoide Roboter als System verstanden, das dem Menschen in seinen Fähigkeiten und seiner Flexibilität nachempfunden ist und sich nahtlos in bestehende Arbeitsumgebungen integrieren lässt. Aspekte wie Mimik oder soziale Interaktion spielen im industriellen Kontext eine untergeordnete Rolle. Entscheidend ist die funktionale Eignung zur Ausführung manueller Tätigkeiten. Mobilität wird als zentrale Eigenschaft angesehen, wobei zweibeinige Fortbewegung nicht zwingend als Voraussetzung gilt. Alternative Konzepte mit mobilen Plattformen und manipulativen Fähigkeiten werden als sinnvoll und praxisnah eingeschätzt.

Bei den identifizierten Chancen werden drei Aspekte als besonders relevant bewertet (vgl. Abbildung 4): die Automatisierung bislang manueller Prozessschritte, Effizienzsteigerungen entlang bestehender Abläufe und die Abmilderung des Fachkräftemangels.

»Großes Potenzial, überall wo wir mit konventionellen Automatisierungslösungen nicht weiterkommen.«

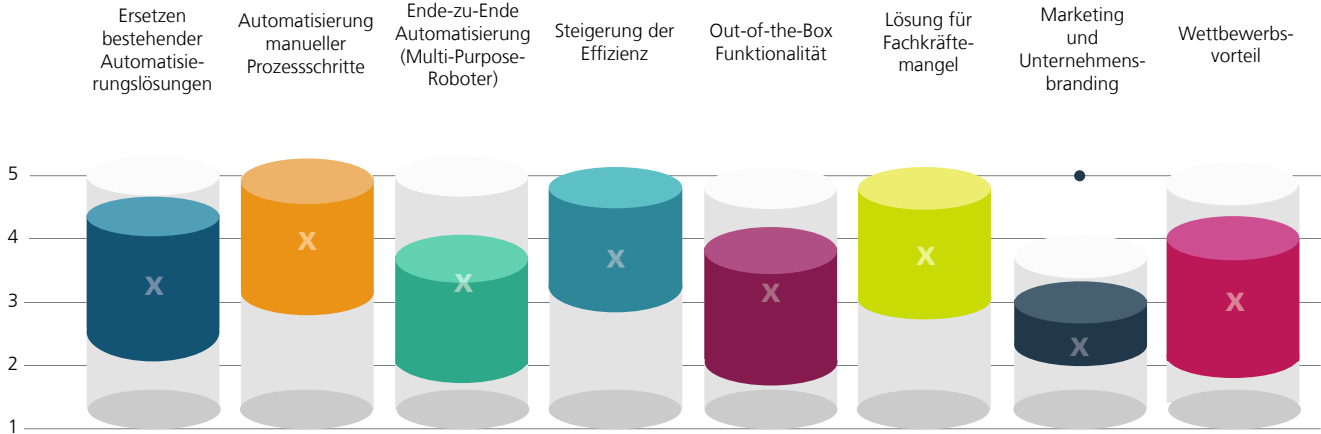


Abbildung 4 : Chancen humanoider Robotik aus Sicht der Befragten



Identifizierte Anwendungsfälle und Anforderungen

Derzeit evaluieren viele Unternehmen geeignete Anwendungsfälle für humanoide Robotik. In den Interviews wurden insgesamt 18 potenzielle Einsatzszenarien identifiziert. *Abbildung 6* zeigt die relevantesten Anwendungsfälle, deren Gewichtung eine zeitliche Priorisierung widerspiegelt.

Als wichtigster Anwendungsfall wird die Kommissionierung genannt, da sie sehr zeitintensiv ist. Auch Belade- und Sortiertätigkeiten werden hoch priorisiert. Diese Tätigkeiten eint, dass sie eine flexible Handhabung heterogener Artikel sowie eine hohe Adaptionsfähigkeit erfordern – Bereiche, in denen heutige Automatisierungslösungen häufig an Grenzen stoßen.

Niedriger priorisierte Anwendungsfälle werden von den Befragten eher als Teil einer langfristigen Vision oder als Endausbaustufe beschrieben, die über mehrere technologische Zwischenschritte zu erreichen sei. Die Priorisierung spiegelt somit weniger eine grundsätzliche Ablehnung wider, sondern vielmehr eine Einschätzung technologischer Entwicklungspfade.

Besonders relevant erscheint der Mehrzweck-Einsatz: Nicht

die Lösung einer einzelnen, komplexen Aufgabe steht im Fokus, sondern die Fähigkeit, unterschiedliche Tätigkeiten flexibel zu übernehmen.

Ein Interviewpartner fasst diese Erwartung zusammen: »Es geht nicht darum, die eine besonders schwierige Aufgabe zu automatisieren, sondern einen Roboter zu haben, der verschiedene Tätigkeiten flexibel übernehmen kann – gerade in Zeiten von Personalausfällen oder saisonalen Spitzen.«

Für die breite Anwendung in der Logistik müssen humanoide Roboter eine Vielzahl von Anforderungen erfüllen. Aufgrund ihrer inhaltlichen Bandbreite sind sie in drei Kategorien eingeordnet: Fähigkeiten, technische Eigenschaften und Rahmenbedingungen.

Bei den Fähigkeiten (*vgl. Abbildung 7*) wird der Handhabung eine zentrale Bedeutung zugemessen. Die Logistik zeichnet sich durch ein breites und heterogenes Artikelspektrum aus. Ein Roboter muss in der Lage sein, sowohl empfindliche als auch schwere Objekte sicher zu greifen und zu bewegen. Die befragten Expertinnen und Experten schätzen die erforderliche Tragkraft überwiegend auf mindestens 5 kg (32 %)

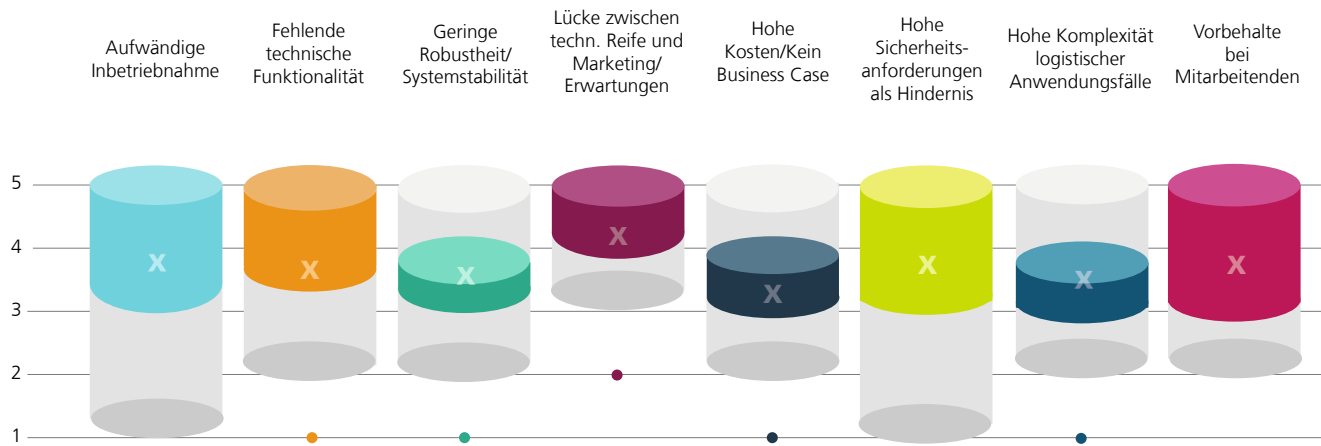


Abbildung 5 : Potenzielle Risiken im Zusammenhang mit humanoider Robotik aus Sicht der Befragten

Besonders hervorgehoben wird das Potenzial in Umgebungen, die auf den Menschen ausgelegt sind oder eine hohe Varianz aufweisen. Ein Interviewpartner bringt es prägnant auf den Punkt: »Humanoide Robotik besitzt großes Potenzial, überall wo wir mit konventionellen Lösungen nicht weiterkommen, weil die räumlichen Gegebenheiten vor Ort auf den Menschen ausgerichtet sind«.

Als zentrales Risiko wird die Diskrepanz zwischen technologischer Reife und öffentlicher Wahrnehmung gesehen (*vgl. Abbildung 5*). Mehrere Expertinnen und Experten weisen auf den Unterschied zwischen Marketingversprechen und

tatsächlicher Leistungsfähigkeit im betrieblichen Alltag hin. In diesem Zusammenhang wird auf das »Tal der Tränen« im Hype-Zyklus nach Fenn[®] (1995) verwiesen, das droht, wenn Erwartungen und Realität auseinanderklaffen. Ein Teilnehmer formuliert es so: »Die Gefahr ist groß, dass wir die Technologie überhören und später enttäuscht werden, weil die Systeme im Alltag noch nicht das leisten, was in Werbevideos versprochen wird.«

Bild: Fraunhofer IML/Vinzenz Neugebauer

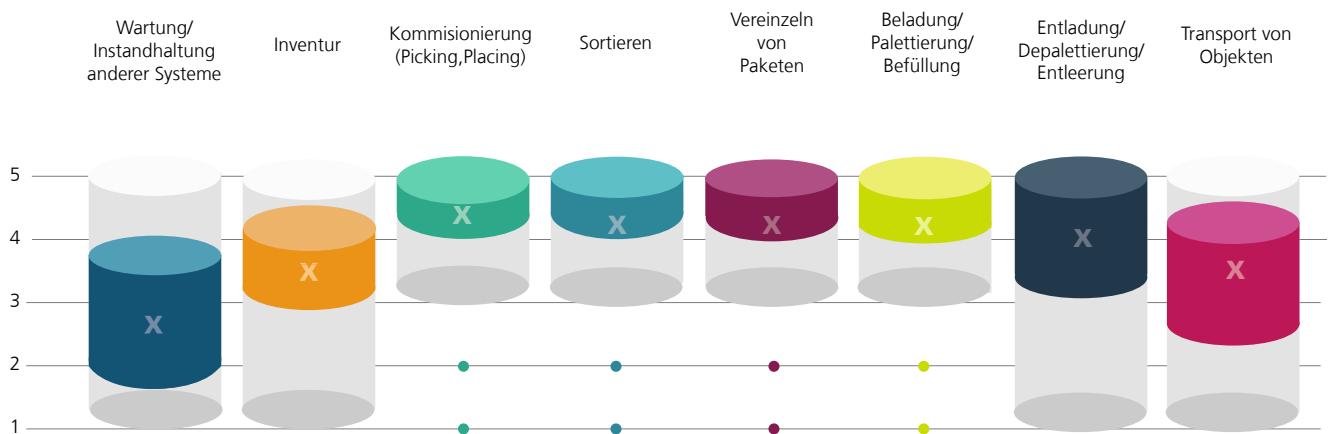


Abbildung 6: Relevante Anwendungsfälle humanoider Roboter in der Logistik aus Sicht der Befragten

8 Fenn, J. (1995). When to leap on the hype cycle. Gartner Group.

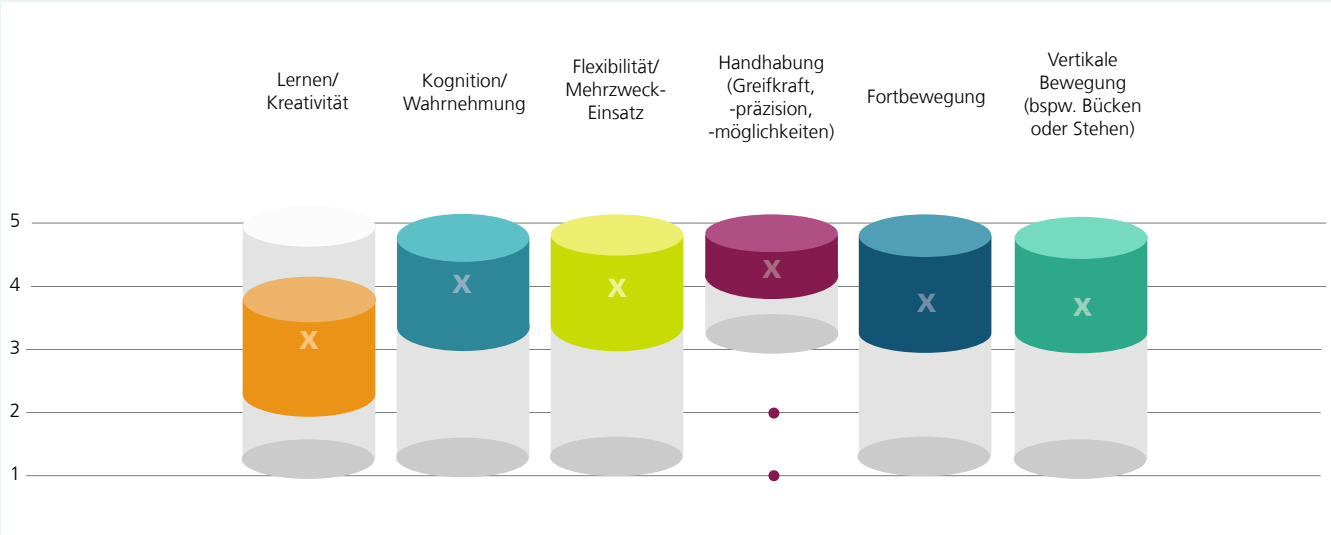


Abbildung 7: Benötigte Fähigkeiten humanoider Roboter aus Sicht der Befragten

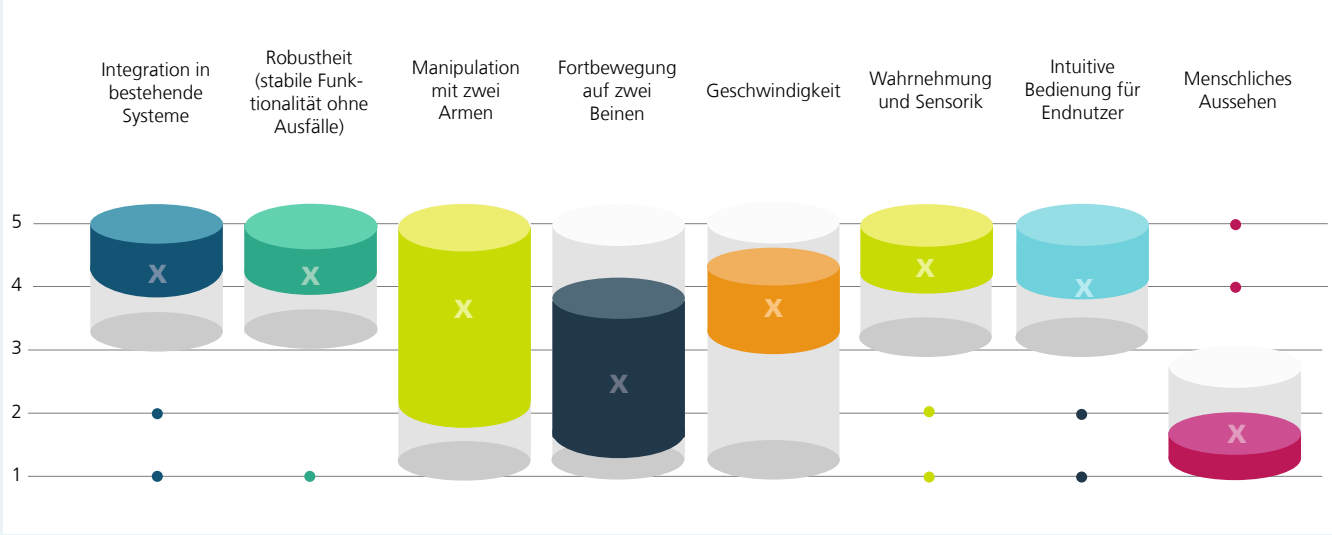


Abbildung 8: Notwendige technische Eigenschaften humanoider Roboter aus Sicht der Befragten

»Für 90 bis 95 % der Use Cases, die wir in der Logistik abbilden wollen, brauchen wir keine Beine.«

beziehungsweise 20 kg (36 %). Langfristig wird das Ziel formuliert, eine dem Menschen vergleichbare Flexibilität zu erreichen. Gleichzeitig besteht Einigkeit darüber, dass dieses Ziel heute noch deutlich außerhalb der aktuellen technologischen Möglichkeiten liegt.

Bei den technischen Eigenschaften (vgl. Abbildung 8) werden insbesondere Robustheit und Integrationsfähigkeit als Grundvoraussetzungen genannt. Logistische Anlagen werden vielfach als kritische Infrastruktur verstanden, bei deren Ausfällen unmittelbare Auswirkungen auf den Betrieb entstehen. Zudem werden humanoide Roboter überwiegend in Bestandsanlagen zum Einsatz kommen, sodass eine reibungslose Integration in bestehende IT- und Prozesslandschaften zwingend erforderlich ist.

Das menschliche Erscheinungsbild wird von den Befragten hingegen als nachrangig oder sogar kritisch bewertet. In industriellen Einsatzfeldern besteht die Sorge, dass eine menschenähnliche Gestaltung als unmittelbare Bedrohung der Arbeitsplätze wahrgenommen werden könne. Entsprechend werden auch alternative Konzepte wie »mobile, kognitive Robotik« oder »Advanced Robotics« als potenziell geeignete Lösungsansätze betrachtet. Die zweibeinige

Fortbewegung findet ebenfalls wenig Beachtung; ein Interviewteilnehmer fasst dies prägnant zusammen: »Das Thema Laufen und Beine wird überschätzt.«

Bei den Rahmenbedingungen (vgl. Abbildung 9) wird dem Thema Sicherheit eine herausragende Bedeutung beigemessen. Sicherheit gilt als Grundvoraussetzung für den Einsatz humanoider Robotik, insbesondere im europäischen Kontext. Da humanoide Roboter perspektivisch ohne physische Schutzmaßnahmen wie Zäune in direkter Zusammenarbeit mit Menschen agieren sollen, müssen entsprechende Sicherheitskonzepte von Beginn an mitgedacht werden.

Als zentrales Handlungsfeld gilt die Industrie-tauglichkeit (vgl. Abbildung 10). Sie bildet die Grundlage für den produktiven Einsatz und steht in direktem Zusammenhang mit der zuvor beschriebenen Lücke zwischen technologischem Fortschritt und Erwartungshaltung. Insbesondere bei den Handhabungsfähigkeiten besteht aus Sicht der Unternehmen erheblicher Entwicklungsbedarf. Ein Interviewpartner bringt die Herausforderung auf den Punkt:

»Was heute fehlt, ist das Feingefühl und die Geschicklichkeit – die Systeme sind noch nicht in der Lage, wirklich flexibel mit unterschiedlichen Objekten umzugehen.«

Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen zeigt sich folgendes Stimmungsbild: Über 80 % der Unternehmen erwarten einen Produktiveinsatz humanoider Robotik innerhalb der nächsten zehn Jahre, etwa 40 % sogar innerhalb der nächsten vier Jahre. Gleichzeitig geben 43 % an, derzeit keine konkreten Einsatzpläne zu verfolgen. Viele Unternehmen beobachten die Entwicklung oder führen erste Tests durch. Eine nüchterne und sachliche Bewertung wird als entscheidend betrachtet, um den Einfluss des Hypes realistisch einzuordnen.

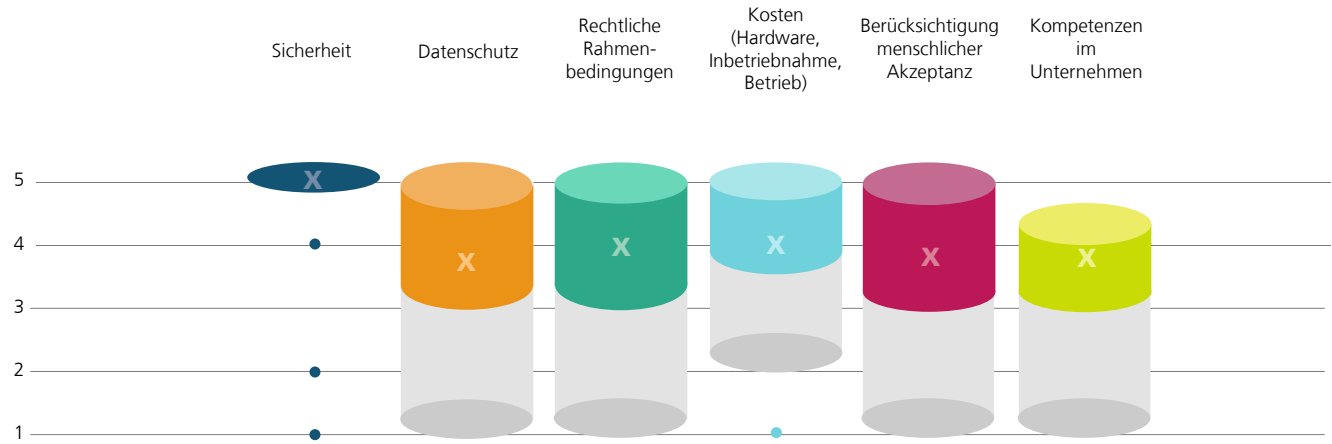


Abbildung 9: Relevante Rahmenbedingungen für den Einsatz humanoider Robotik aus Sicht der Befragten

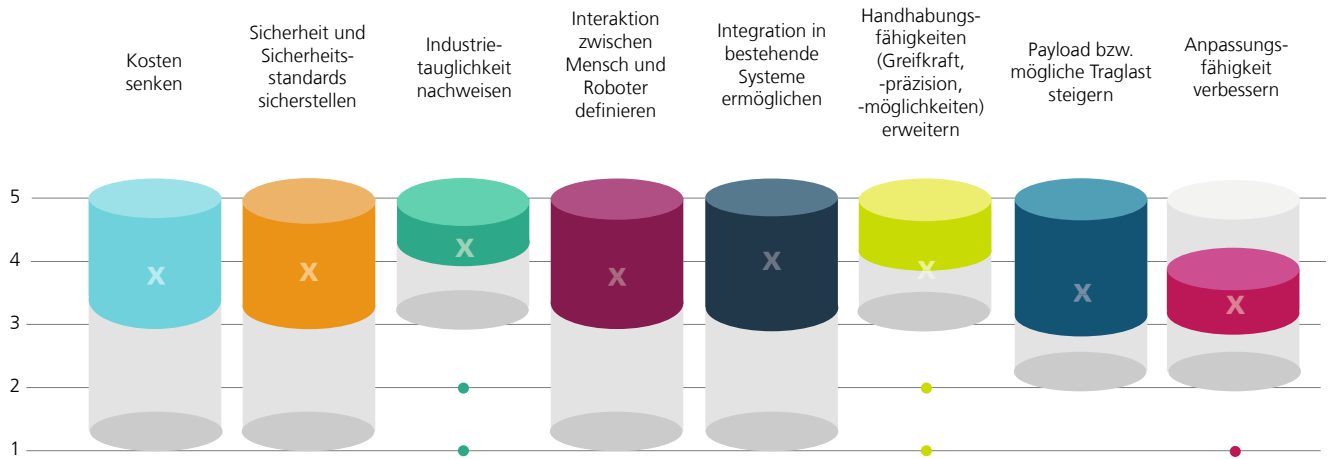


Abbildung 10: Offene Handlungsfelder für den Einsatz humanoider Roboter aus Sicht der Befragten

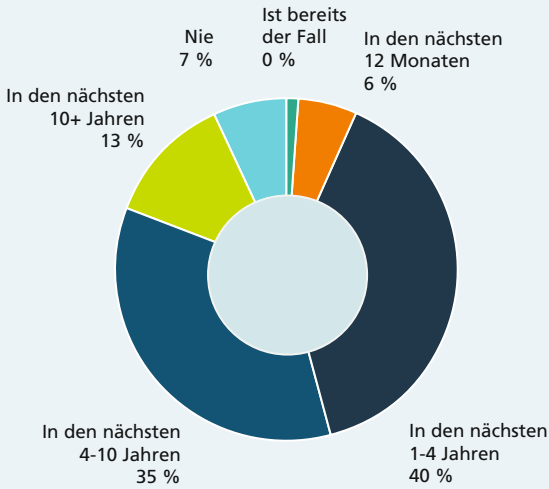
Fazit der Branchenbefragung

Der Einsatz humanoider Roboter in der Logistik steht derzeit noch am Anfang der Entwicklung, trifft jedoch bereits auf ein hohes Maß an Interesse und Offenheit. Unternehmen sehen insbesondere Potenziale in der Automatisierung bislang nicht automatisierbarer Prozessschritte, in der Abmilderung des Fachkräftemangels sowie in Effizienzsteigerungen bestehender Abläufe.

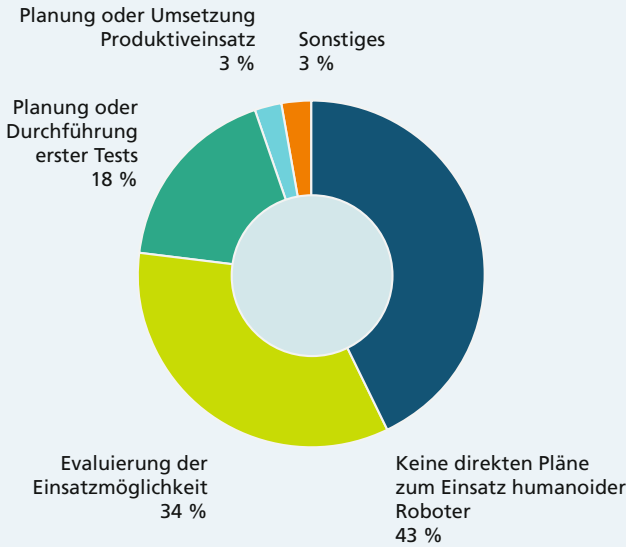
Gleichzeitig zeigen sich deutliche Herausforderungen. Besonders deutlich wird die Lücke zwischen der technologischen Reife und den öffentlichen Erwartungen. Auch zentrale Anforderungen an Handhabung, Flexibilität, Robustheit und Integration sind bislang nicht erfüllt. Die priorisierten Anwendungsfälle – allen voran die Kommissionierung – verdeutlichen jedoch, dass humanoide Robotik dort relevant werden kann, wo klassische Automatisierungslösungen an ihre Grenzen stoßen. Entscheidend wird sein, die identifizierten Handlungsfelder systematisch zu adressieren und den Übergang von Pilotprojekten hin zu belastbaren, produktiven Anwendungen zu gestalten.

»80 % der Unternehmen sehen einen Produktiveinsatz in den nächsten 10 Jahren, über 40 % innerhalb der nächsten 4 Jahre.«

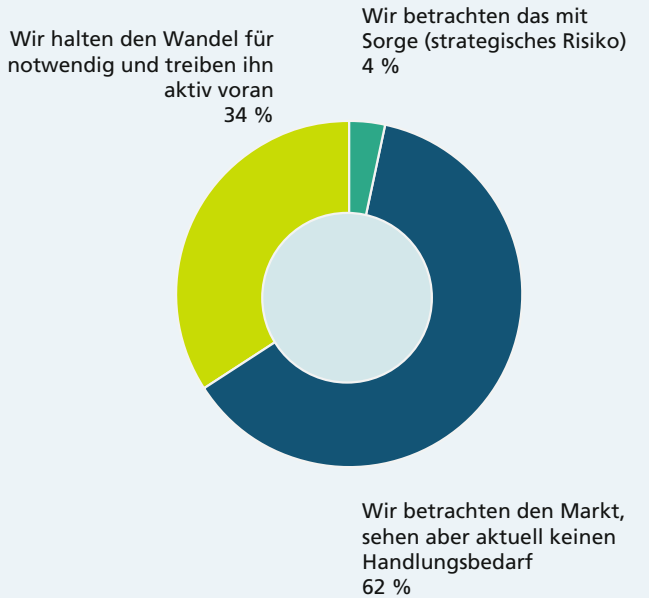
Erwarteter Produktiveinsatz, Einsatzpläne und Unternehmensmeinungen



Erwarteter Produktiveinsatz



Einsatzpläne



Unternehmensmeinungen

Marktstudie





In Summe ist das ein Zukunftsthema, mit dem man sich beschäftigen muss – und das tun wir auch.«



Marktstudie

Vielfalt statt Einheitslösung: Wie weit der Markt für humanoide Roboter wirklich ist

Die Logistikbranche verfolgt die technologische Entwicklung humanoider Robotik mit großem Interesse – und wachsender Erwartungshaltung. Die Hoffnung: Automatisierungspotenziale zu erschließen, die mit klassischen Technologien bislang nicht realisiert werden konnten. Gleichzeitig herrscht Unsicherheit darüber, wie ausgereift die am Markt verfügbaren Systeme tatsächlich sind und ob das Zielbild humanoider Robotik bereits heute eingelöst werden kann. Die vorliegende Marktstudie bietet nun eine systematische Übersicht über den aktuellen Stand der humanoiden Robotik für logistische Anwendungen.

Bild: Fraunhofer IML / Elisabeth Drache

Suchmodus

Der Markt für humanoide Robotik ist weltweit fragmentiert und nicht alle Anbieter treten bereits offensiv mit ihren Produkten auf. Unternehmen fällt es zunehmend schwer, die Vielzahl an Begriffen, technischen Ausprägungen und Anwendungsszenarien zu überblicken und für die eigene Logistik zu bewerten. Vor diesem Hintergrund hat das Fraunhofer IML eine fundierte Marktübersicht erstellt, basierend auf den eingangs definierten Kriterien für humanoide Robotik.

Im Rahmen der systematischen Marktrecherche wurden zunächst alle Roboter identifiziert, die als »humanoide« oder menschenähnliche Systeme für (produktions-)logistische Anwendungen öffentlich angekündigt oder vermarktet werden. Für die Recherche wurden Fachzeitschriften, Veröffentlichungen, Suchmaschinen, Messeportale sowie Experteninterviews herangezogen. Von der Gesamtheit aller gefundenen Roboter erfüllten 80 Systeme die folgenden Kriterien, die für einen möglichen Einsatz in logistischen Systemen notwendig sind:

- **Arbeitsraum:** vergleichbar mit dem menschlichen Bewegungsraum
- **Umweltwahrnehmung und Agilität:** Fähigkeit, Umgebung zu erfassen und flexibel zu agieren
- **Hub- und Tragkraft:** mit menschlichen Anforderungen mindestens vergleichbar
- **Verfügbarkeit:** kurz vor Markteinführung oder bereits verfügbar

Auswertung und Systemübersicht

»Der Markt zeigt eine bemerkenswerte Bandbreite technischer Konzepte und Ausprägungen.«

Die Analyse der 80 identifizierten humanoiden Robotersysteme zeigt eine bemerkenswerte Bandbreite technischer Konzepte und Ausprägungen. Sie reicht von mobilen Plattformen mit einem oder zwei Armen über Roboter mit menschenähnlicher Anatomie bis hin zu Systemen mit Beinen, Armen, Händen und kopfähnlicher Sensorik. Die Systeme unterscheiden sich nicht nur in ihrer äußeren Erscheinung, sondern vor allem in den grundlegenden technischen Eigenschaften, die für den logistischen Einsatz maßgeblich sind (vgl. Abbildung 11).

Mobilität:

Das Mobilitätskonzept bestimmt wesentlich das Einsatzpotenzial eines Roboters. Die Fortbewegung auf zwei Beinen bietet dabei maximale Flexibilität, um z. B. Treppen, Niveauunterschiede und Hindernisse zu überwinden – ein Vorteil in Bestandsanlagen oder wenig standardisierten Arbeitsfeldern. Allerdings sind diese Systeme technisch komplex, wodurch höhere Kosten, Wartungsaufwand und geringere Prozessgeschwindigkeiten ableiten. In strukturierten Logistikumgebungen sind mobile Plattformen mit Rädern oder Ketten oft ausreichend und punkten mit höherer Stabilität, Geschwindigkeit und geringeren Gesamtkosten.

Manipulation:

Die Manipulationsfähigkeit ist entscheidend für den logistischen Mehrwert humanoider Roboter. Systeme mit zwei Armen und menschenähnlichen Proportionen ermöglichen komplexe Handhabungsaufgaben auf begrenztem Raum. Die Ausgestaltung der Endeffektoren ist dabei entscheidend: Menschenähnliche Hände bieten maximale Vielfalt, sind aber technisch komplex und potenziell störanfällig. Spezialisierte Greifer steigern Prozesssicherheit und -geschwindigkeit, reduzieren jedoch die universelle

Einsatzbarkeit. Systeme mit modularen, austauschbaren Greifern bieten hier einen pragmatischen Kompromiss – die optimale Lösung ist jedoch immer anwendungsspezifisch.

Sensorik:

Ein umfangreiches Sensorik-Paket, meist kopfähnlich angeordnet, ist essenziell für Navigation, Objekterkennung und sichere Interaktion. 3D-Kameras, LiDAR und weitere Sensoren ermöglichen eine menschenähnliche Wahrnehmungsgeometrie. Besonders im Mischbetrieb – also im parallelen Arbeiten mit Menschen – sind diese Systeme ein unverzichtbarer Bestandteil zur Erfüllung von Sicherheitsanforderungen.

Energieversorgung:

Die überwiegende Mehrheit der Systeme arbeitet mit leistungsfähigen Akkupacks, die mehrere Stunden Betrieb erlauben. Schnelllade- oder Wechselmechanismen werden häufig implementiert, um Ausfallzeiten zu minimieren. Für einen zuverlässigen Schichtbetrieb bleibt die Optimierung von Energieeffizienz und Ladeinfrastruktur ein zentrales Entwicklungsfeld.

Software/KI:

Neben der Hardware entscheidet vor allem die Leistungsfähigkeit der Software über den praktischen Nutzen humanoider Roboter. Moderne Systeme setzen auf KI-basierte Umfeldanalyse, Planungsalgorithmen und autonome Entscheidungsfindung. Während einige Anbieter auf Ende-zu-Ende Architekturen setzen, die Wahrnehmung, Planung und Steuerung eng verzahnen, verfolgen andere modulare Ansätze, die eine Anpassung an spezifische logistische Prozesse und IT-Landschaften erleichtern. Besonders relevant ist die Fähigkeit, aus Erfahrungen zu lernen (»Learning by Demonstration«), neue Aufgaben eigenständig zu adaptieren und mit digitalen Prozessleitsystemen zu interagieren. Der Grad an Autonomie und Adaptivität

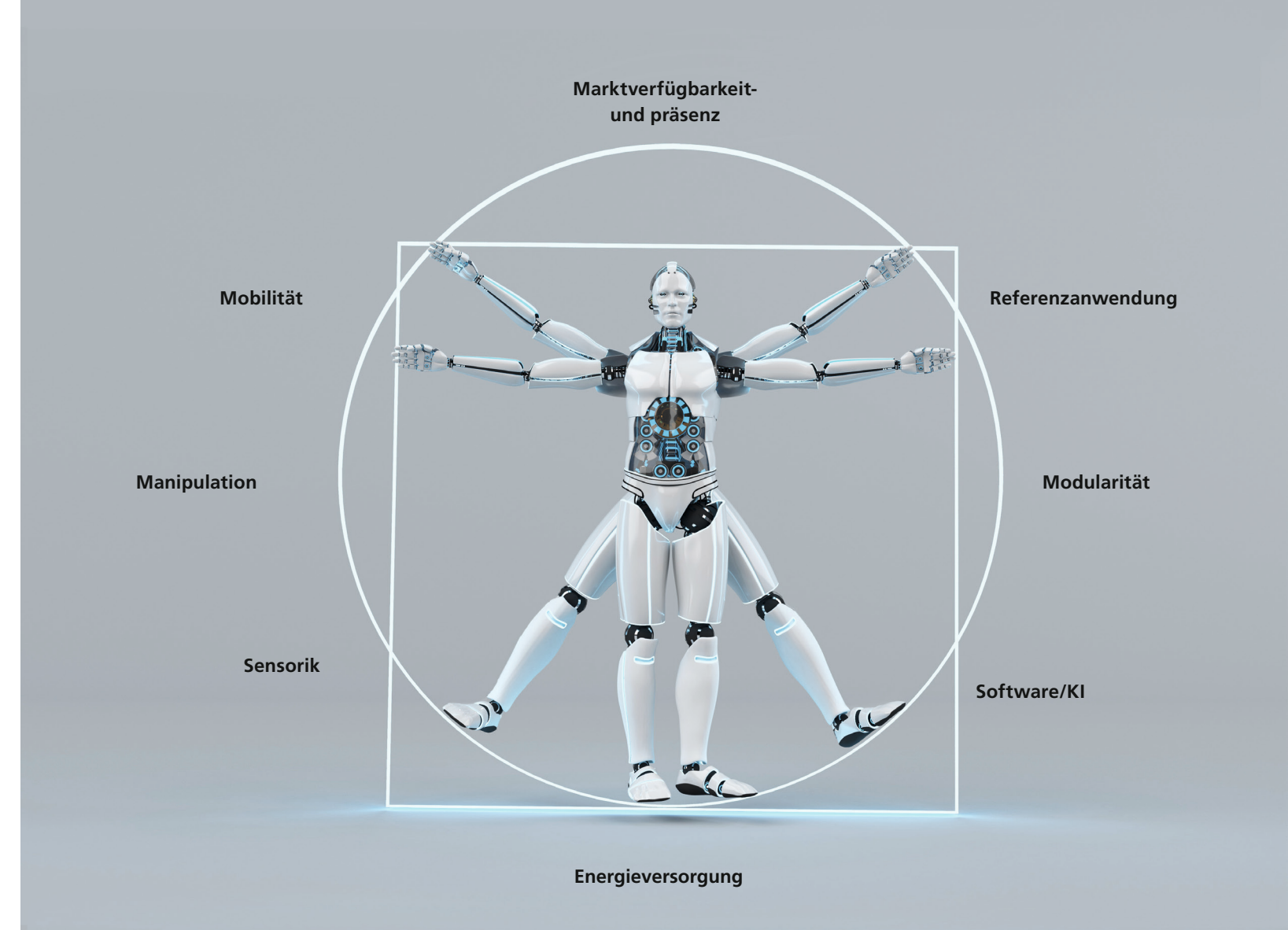


Abbildung 11: Kategorien zum Vergleich humanoider Roboter

unterscheidet sich dabei deutlich zwischen den Systemen und ist ein zentrales Auswahlkriterium für die Branche.

Modularität:

Ein Kernelement der Mehrzweck-Robotik ist die Möglichkeit, Manipulatoren und Endeffektoren flexibel zu tauschen. Systeme mit hoher Modularität erlauben die Anpassung an wechselnde Aufgaben und steigern so die Wirtschaftlichkeit und Praxistauglichkeit. Besonders gefragt sind Lösungen, die eine einfache Integration neuer Greifer- oder Werkzeugtechnologien ermöglichen, um verschiedene logistische Prozesse mit demselben Roboter abzudecken.

Referenzanwendung:

Die Übertragbarkeit und Praxiserprobung der Systeme ist ein entscheidendes Kriterium für die Marktbewertung. Viele humanoide Roboter wurden ursprünglich für industrielle Anwendungen wie Montage oder Produktion entwickelt und werden aktuell für logistische Aufgaben weiterentwickelt. Referenzanwendungen in der Logistik sind bislang meist auf Pilotprojekte oder erste Tests beschränkt. Systeme, die bereits in realen logistischen Umgebungen eingesetzt werden, liefern wertvolle Erkenntnisse zur Prozessintegration, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit.

Marktverfügbarkeit und -präsenz:

Die Mehrzahl der humanoiden Roboter befindet sich noch in der Entwicklung, im Pilotstadium oder im Rahmen von Early-Access-Programmen. Keiner der Anbieter kann aktuell auf etablierte, produktive Anwendungen in der Logistik verweisen. Die Marktdynamik ist hoch, und es bleibt abzuwarten, welche Systeme den Sprung von der Pilotierung in den industriellen Einsatz und die Breite der Branche schaffen.

Insgesamt zeigt die Auswertung, dass die optimale Ausprägung humanoider Roboter für logistische Anwendungen hochgradig anwendungsspezifisch ist. Mobilitäts- und Manipulationskonzept müssen jeweils auf die räumlichen, prozessualen und betrieblichen Anforderungen abgestimmt werden. Die Übersicht auf den folgenden Seiten vergleicht exemplarisch ausgewählte Systeme nach den Kategorien Mobilität, Manipulation, Sensorik, Energieversorgung, Softwarekonzept, Modularität, Referenzanwendung, Marktverfügbarkeit und Marktpräsenz. Sie verdeutlicht die Vielfalt der Lösungen und unterstreicht die Notwendigkeit, humanoide Robotik stets im Kontext der logistischen Herausforderungen zu bewerten.

Auswertung und Systemübersicht



Boston Dynamics, Atlas

Anbieter	Modell	Land	Jahr	Link	Fortbewegung	Manipulation	Energieversorgung	Software/KI	Sensorik	Modularität	Referenzanwendung
Agility Robotics	Digit	USA	2019	agilityrobotics.com/solution	Modifizierte Beine (bis 5,4 km/h)	Greifer für Handhabung bis 15,88 kg	Austauschbare Batterie (bis zu 4 h Laufzeit)	KI-basierte Regelung/ Agility Arc Cloud Plattform	Kamera- und Sensorarrays plus LiDAR-System	Hände	Anwendung in Behälterhandhabung
Apptronik	Apollo	USA	2023	apptronik.com/apollo	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 3,4 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 24,95 kg)	Austauschbare Batterie (bis zu 4 h Laufzeit)	Apollo's Software Suite zur Steuerung	Mehrere Kameras (Kopf- und Torsobereich)	Fahrwerke	Anwendung in Lagerumgebung
Boston Dynamics	Atlas	USA	2013	bostondynamics.com/atlas	Modifizierte Beine (Geschwindigkeit nicht bekannt)	Greifer für Handhabung bis 30 kg	Austauschbare Batterie (bis zu 4 h Laufzeit)	KI-basierte Regelung/ Orbit Enterprise Plattform	360° Kamera und taktile Sensoren	Hände	Handhabungsaufgabe
Figure	Figure 03	USA	2023	figure.ai	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 4,3 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 20 kg)	Batterie (bis zu 5 h Laufzeit)	Helix AI System	Verschiedene Kameras und taktile Sensoren	Hände	Handhabungsaufgabe
Hexagon AB (Publ)	AEON	Schweden	2025	robotics.hexagon.com/product	Fahrwerk mit Rollen (Geschwindigkeit bis 8,6 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 15 kg)	Austauschbare Batterie	KI-basierte Regelung	Multimodale Sensoren	Hände	Anwendung im Logistikbereich
Humanoid	HMND 01	UK	2025	thehumanoid.ai	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 5,4 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 15 kg)	Batterie (bis zu 4 h Laufzeit)	KinetIQ System	(Tiefen-) Kameras, Taktile Sensoren	Fahrwerke	Industrielle/ logistische Anwendung

Auflistung ausgewählter humanoider Roboter für den Einsatz in Logistik und Produktion



Apptronik, Apollo



Agility Robotics, Digit



Hexagon AB, AEON



Humanoid, HMNE 01

Figure, Figure 03



Auswertung und Systemübersicht

Sanctuary AI, Phoenix



Xpeng, Iron



Neura Robotics, 4NE1



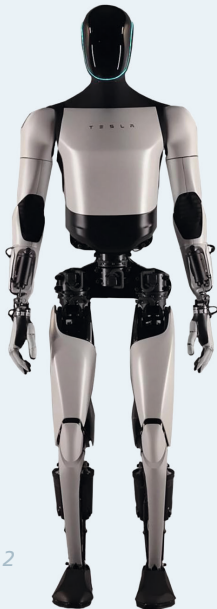
Anbieter	Modell	Land	Jahr	Link	Fortbewegung	Manipulation	Energieversorgung	Software/KI	Sensorik	Modularität	Referenzanwendung
Neura Robotics	4NE1	Deutschland	2022	neura-robotics.com/products/4ne1	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 5 km/h)	Gliedrige Hände (Nutzlast 10-100 kg)	Batterie (bis zu 4 h Laufzeit)	Multimodale KI/ Neuraverse Plattform	NEURA OmniSensor/ SenseKit	Auswechselbare Unterarme und Fahrwerke	Roboter in der Fertigung
Sanctuary AI	Phoenix	Kanada	2023	sanctuary.ai/technology	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 5 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 25 kg)	Batterie (keine Laufzeit bekannt)	Carbon AI System	Multimodale Sensorik	Hände	Industrie- anwendung
Tesla	Optimus Gen 2	USA	2021	tesla.com/en_eu/AI	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 2 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 20 kg)	Batterie (keine Laufzeit bekannt)	Keine näheren Informationen	Multimodale Sensorik	Hände	Anwendung in der Fertigung/Montage
UB TECH	Walker S2	China	2018	ubtrobot.com/en	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 7,2 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 15 kg)	Automatischer Batteriwechsel	UBTECH Co-Agent	Stereo-Kameras/ taktile Sensoren	Hände und Fahrwerke	Handhabung von Kartonagen
Unitree	H1	China	2025	unitree.com/h1	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 11,4 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 7 kg)	Austauschbare Batterie (bis zu 2 h Laufzeit)	Keine näheren Informationen	360° Tiefenkamera, 3D LiDAR	Hände	Anwendung im industriellen Bereich
Xpeng	Iron	China	2024	xpeng.com/news	Menschenähnliche Beine (Geschwindigkeit bis 7 km/h)	Gliedrige Hände (Handhabung bis 20 kg)	Batterie (bis zu 4 h Laufzeit)	Tianji AIOS System	720° KI-Visionssystem	Hände	Einsatz in interner Fertigung und Lagern

Auflistung relevanter humanoider Roboter für den Einsatz in Logistik und Produktion

UB Tech, Walker S2



Tesla, Optimus Gen 2



»Über den praktischen Nutzen entscheidet vor allem die Leistungsfähigkeit der Software.«

Unitree, H1



Fazit der Marktstudie

Das Marktumfeld der humanoiden Roboter ist hochdynamisch und befindet sich in ständiger Weiterentwicklung

Die optimale Ausprägung eines humanoiden Roboters ist anwendungsspezifisch: In strukturierten industriellen Umgebungen sind mobile Plattformen mit einem oder zwei leistungsfähigen Armen und modularen Greifern häufig ausreichend. In sich stetig verändernden Umgebungen kann eine menschenähnliche Ausprägungsform mit Beinen und kopfplatzierter Sensorik zusätzliche Vorteile bieten, erfordert jedoch höhere Investitionen zur Sicherstellung von Komplexität, Regelung und Robustheit.

Die Analyse der aktuellen Marktlandschaft führt zu mehreren übergeordneten Erkenntnissen:

- Erstens existiert eine große Vielfalt konkurrierender Roboterdesigns und Konzepte. Es bleibt offen, welche technischen Ausprägungen sich für die Anforderungen der Logistikbranche langfristig durchsetzen werden. Unterschiedliche Ansätze – von spezialisierten Plattformen bis hin zu humanoid-inspirierten Systemen – werden vermutlich koexistieren und je nach Anwendung spezifische Vorteile bieten.
- Zweitens wird der Markt gegenwärtig von außereuropäischen Anbietern dominiert, insbesondere aus China und den USA. Die technologische Führungsrolle liegt derzeit außerhalb Europas – ein Umstand, der aus Sicht deutscher Technologieanbieter Handlungsdruck erzeugt. Es gilt, eigene technologische Entwicklungen zu stärken, industrielle Anwendungen zu stärken, industrielle Anwendungen gezielt zu forcieren und bei Regulatorik

und Standardisierung mitzugestalten, um technologische Souveränität und Wertschöpfung langfristig zu sichern.

- Drittens bestehen substantielle technologische und regulatorische Lücken. Insbesondere im Bereich der Sicherheit im Mischbetrieb, bei der robusten Integration in heterogene Umgebungen und in der Skalierung von Pilotprojekten zu industriellen Serienanwendungen sind noch zentrale Herausforderungen zu bewältigen. Das Zielbild humanoider Robotik steht damit vor einer doppelten Bewährungsprobe: Neben der technologischen Leistungsfähigkeit sind auch gesellschaftliche Akzeptanz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit entscheidend für den nachhaltigen Markterfolg.
- Viertens zeigt sich, dass die Integration humanoider Robotik in der Logistik als langfristiger Transformationsprozess zu verstehen ist. Kurzfristig werden vor allem spezialisierte und modulare Systeme zum Einsatz kommen, während die Vision des universellen, menschenähnlichen Roboters mittelfristig weiterentwickelt werden muss. Unternehmen sind gut beraten, ihre Aktivitäten auf Pilotprojekte, Testfelder und enge Kooperationen mit Anbietern und Forschungseinrichtungen zu konzentrieren, um Praxiserfahrung zu sammeln und realistische Erwartungshaltungen zu entwickeln.

Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage für die folgenden Handlungsempfehlungen und unterstreichen, dass humanoide Robotik in der Logistik zwar noch am Anfang steht, aber das Potenzial besitzt, die Logistik als nächste Entwicklungsstufe der Automatisierung maßgeblich zu prägen.



Die optimale Ausprägung humanoider Roboter für die Logistik ist hochgradig anwendungsspezifisch.«



Bild: Curoso Photography – stock.adobe.com

Handlungsempfehlungen

Die Erwartungen an humanoide Roboter seitens der Logistikbranche sind hoch. Der Markt ist komplex und volatil.

Die Frage lautet also: Was ist zu tun? Aus den Erkenntnissen dieser Studie leiten wir Handlungsempfehlungen an Systembetreiber- und integratoren, Forschung und Entwicklung, sowie politischen Entscheiderinnen und Entscheidern ab.

Was fehlt für die Anwendung humanoider Roboter?

- Kein humanoider Roboter am Markt erfüllt das Zielbild der Logistikbranche vollständig
- Ein Produktiveinsatz humanoider Roboter in der Logistik findet bisher nicht statt
- Der Mischbetrieb mit Menschen ist noch nicht möglich
- Die Mehrzweck-Fähigkeit, d. h. die Fähigkeit zur Übernahme verschiedener Tätigkeiten, ist nicht mess- und testbar
- Die logistische Leistungsfähigkeit humanoider Roboter sowie Business Cases sind noch nicht identifiziert
- Humanoide Roboter stammen größtenteils nicht aus Europa
- Es existiert noch kein Branchenkonsens über das optimale Roboterdesign

Empfehlungen an Systembetreiber und -integratoren

- Fähigkeiten der Roboter experimentell bewerten und entsprechende Business Cases identifizieren
- Industriestandards für Zertifizierungen zum sicheren Mischbetrieb entwerfen
- Strategische vertikale Partnerschaften von Roboterherstellern über Systemintegratoren bis zu Betreibern vorantreiben
- Prozessdigitalisierung und digitale Infrastruktur als Grundlage für Einführung von Robotern sicherstellen

Befähigung durch Forschung und Entwicklung

- Reallabore für Mehrzweck-Robotik und damit Technologievertrauen schaffen, insbesondere für den Mittelstand
- Werkzeuge für die Planung, Integration und Steuerung humanoider Robotersysteme bereitstellen
- Technische Entwicklungen und ihre Auswirkungen der Gesellschaft erklären und den Dialog moderieren
- Europaweite Synergien identifizieren und Plattformen zur Zusammenarbeit schaffen und nutzen

Regulatorische und politische Rahmenbedingungen

- Technologiescouting und Leuchtturmprojekte öffentlich fördern, insbesondere für den Mittelstand
- Pragmatische Sicherheitsregulatorik schaffen
- Fördermittel für herstellerunabhängige Testfelder bereitstellen
- Europaweite Vernetzung von Unternehmen und Forschungsinstituten fördern

Anhang – Gesamtübersicht relevanter humanoider Roboter

Anbieter	Land	Modell	Link	Anbieter	Land	Modell	Link
AgiBot	China	AgiBot Raise A2	https://www.agibot.com/products	Borg	USA	Borg 01	https://www.borgrobotic.com
AgiBot	China	AgiBot Raise A1	https://www.agibot.com/products	Boston Dynamics	USA	Atlas	https://bostondynamics.com/atlas/
AgiBot	China	AgiBot Raise A2 ultra	https://www.agibot.com/products	Clone Robotics	USA / Polen	Clone Alpha	https://clonerobotics.com/android
Agile Robots	D	Agile One	https://www.agile-robots.com/de	Cyan Robotics	China	Orca	https://www.teams-design.com/en/work/cyan-robotics-the-future-is-curious?utm_source=copilot.com
Agility Robotics	USA	Digit	https://www.agilityrobotics.com/solution	Dataa Robotics/Aldebaran Robotics	China (seit 2025)	Pepper	https://aldebaran.com/en/pepper
Apptronik	USA	Apollo	https://apptro-nik.com/apollo	DEEPRo-botics	China	DR01	https://www.deeprbotics.cn/en/index/humanoid.html
Astribot	China	Astribot S1	https://www.astribot.com/en	DLR	D	Toro	https://www.dlr.de/de/rm/forschung/roboter-systeme/humanoide/toro
Beijing Galaxy General Robot Co. Ltd	China	G1	https://www.galbot.com/g1	Dobot Robotics	China	Atom	https://www.dobot-robots.com/insights/case-studies/dobot-atom.html
Beyond Imagination	USA	Beomni	https://www.beomni.ai	EngineAI	China	PM01	https://en.engineai.com.cn/?utm_source=copilot.com
Boardwalk Robotics	USA	Alex	https://boardwalkrobotics.com	Engineered Arts	Vereinigtes Königreich	Ameca	https://engineeredarts.com/robot/ameca

Anbieter	Land	Modell	Link	Anbieter	Land	Modell	Link
Figure	USA	Figure 01/02/03	https://www.figure.ai	Kepler Exploration Robot Co.	China	Kepler	https://www.goto-kepler.com/apps/mobile/pages/product/index?id=2
Figure	USA	Figure 3	https://www.figure.ai/figure	KIT/Karlsruhe Institute for Technology	D	ARMAR-6	https://h2t.iar.kit.edu/397.php
Foundation	USA	Phantom MK1	https://foundation.bot/phantom	LG	Korea	Kapex	https://robohorizon.de/de/news/2025/10/lg-humanoid-roboter-vorstellung/?utm_source=copilot.com (keine Firmenhomepage)
Fourier	China	GR-2	https://www.fftai.com/products-gr2	Leju Robot	China	XTRON KUAVO-MY	https://www.lejurobot.com/en/application/kuavo-my
Hexagon AB (Publ)	Schweden	AEON	https://robotics.hexagon.com/product	Leju Robot	China	KUAVO 3.0	https://www.lejurobot.com/en/application/kuavo-3
Humanoid (SKL Robotics)	Vereinigtes Königreich	HMND 01 Wheeled	https://the-humanoid.ai/product	Limx Dynamics	China	LimX Oli	https://www.limxdynamics.com/en
Humanoid (SKL Robotics)	Vereinigtes Königreich	HMND 01 BIPE DAL	https://the-humanoid.ai/hmnd-01-alpha-bipedal	Macco Robotics	Spain	Kime	https://www.aparobot.com/robots/kime
Igus	D	Iggy Rob	https://www.igus.de/automation/news/humanoid-roboter	Magic Atom Technology Co., Ltd.	China	MagicBot	https://www.aparobot.com/robots/magic-bot?utm_source=copilot.com (zu beachten: Webseite keine Firmenwebseite)
Kawada Robotics	Japan	HRP-Serie	https://www.kawadarobot.co.jp/en/products/#product3	Matrix	China	MATRIX-1	https://www.matrixrobotics.ai
Kawasaki	Japan	Kaleido	https://kawasakirobotics.com/asia-oceania/blog/story_22	Mentee	Israel	Menteebot	https://www.mentee-bot.com/bot

Anhang – Gesamtübersicht relevanter humanoider Roboter

Anbieter	Land	Modell	Link	Anbieter	Land	Modell	Link
NASA/GM	USA	Valkyrie	https://www.nasa.gov/technology/r5/?utm_source=copilot.com	PNDbotics	China	Adam SP	https://pndbotics.com/humanoid
Neura Robotics	D	MiPA	https://neura-robotics.com/products/mipa	Poppy project	Frankreich	Poppy	https://www.poppy-project.org/en/robots/poppy-humanoid
Neura Robotics	D	4NE1	https://neura-robotics.com/products/4ne1	PUDU	China	D7	https://www.pudu-robotics.com/de/news/917
Noetix Robotics	China	N2	https://en.noetix-robotics.com/products-277.html	PUDU	China	Pudu D9	https://www.pudu-robotics.com/de/products/d9
Noetix Robotics	China	Dora	https://en.noetix-robotics.com/products-278.html	PUDU	China	FlashBot Arm	https://www.pudurobotics.com/de/products/flashbot-arm
PAL Robotics	Spanien	Kangaroo	https://pal-robotics.com/robot/kangaroo	Reflex Robotics	USA	Reflex Robot	https://www.reflexrobotics.com/#product
PAL Robotics	Spanien	ARI	https://pal-robotics.com/robot/ari	Robotera	China	L7	https://www.robotera.com/en
PAL Robotics	Spanien	TALOS	https://pal-robotics.com/robot/talos	RobRos	Korea	IGRIS-C	https://robros.co.kr/igrisC?scrollTo=imageUrlSection
PAL Robotics	Spanien	REEM-C	https://pal-robotics.com/robot/reem-c	Rokae powered by Jaeger Engineering	China / D	HumanX	https://www.rokae.com/en/product/show/597/Humanoid-Robot-Human.X.html
PHYBOT	China	PHYBOT C1	https://www.phybot.tech/en/phybot-c1	Sanctuary AI	Kanada	Phoenix	https://www.sanctuary.ai/technology

Anbieter	Land	Modell	Link	Anbieter	Land	Modell	Link
Supcon	China	Supcon Navigator 2	https://global.supcon.com/robotics	Vinmotion	Vietnam	Motion 2	https://vinmotion.net
Tesla	USA	Optimus Gen 2 (Tesla Bot)	https://www.tesla.com/en_eu/AI	Vizum	China	Xiao Wei	http://www.vizumtech.com/EN/?page_id=175
Ti5 robot	China	T230	https://www.ti5robot.com/en	WR Westwood Robotics	USA	Themis V2	https://www.westwoodrobotics.io/themis
Tokyo Robotics	Japan	Torobo	https://robotics.tokyo/technologies/torobo	XPENG	China	Iron	https://www.xpeng.com/news
Toyota	Japan	T-HR3	https://global.toyota/en/detail/19666346	XPENG	China	XP5	https://kr-asia.com/xpeng-motors-unveils-px5-humanoid-robot-underlining-its-vision-for-the-future
UB TECH	China	Walker S2	https://www.ubtrobot.com/en	Xiaomi	China	CyberOne	https://www.mi.com/global/discover/article?id=2754
UB TECH	China	Cruze S2	https://www.ubtrobot.com/en	X-Humanoid	China	Tien Kung 1.2 MAX	https://x-humanoid.com/yncj.html
Unitree	China	G1	https://www.unitree.com/g1	X-Humanoid	China	Tien Kung 2.0	https://x-humanoid.com/detail/jstg.html
Unitree	China	H2	https://www.unitree.com/h1	1X	USA	Neo Beta / Neo Gamma	https://www.1x.tech/neo
Unix-Group	China	Martian	https://www.unix-group.ai/martian/1822.html	1x	USA	EVE	https://www.1x.tech/eve

Impressum

Autorinnen und Autoren

Dr.-Ing. Julian Eßer
Sven Franke, M.Sc.
Dipl.-Ing. Gerd Kuhlmann
Stella Kolarik, M.Sc.
Dennis Lünsch, M.Sc.
Dr.-Ing. Christopher Reining
Dr.-Ing. Oliver Urbann

Herausgeberin

Prof. Dr.-Ing. Alice Kirchheim

DOI

10.24406/publica-5050

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
44227 Dortmund

Titelbild:

Alexander Limbach – stock.adobe.com

Bild Impressum:

Fraunhofer IML/Christian Huhn

Sie suchen unabhängige Expertise im Bereich humanoide Robotik?

Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML forscht und berät seit Jahren im Bereich der Automatisierung. Es verfügt über umfangreiche Expertise in der Robotik und hat wegweisende Konzepte mit Industriepartnern zur Marktreife gebracht.

Dipl.-Logist. Christian Prasse

Leiter Strategische Entwicklung
christian.prasse@iml.fraunhofer.de



Kontakt

Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund

info@iml.fraunhofer.de
www.iml.fraunhofer.de