

—
UPDATE

2026 HUMANOIDE ROBOTIK STUDIE

MARKTENTWICKLUNG, TECHNOLOGISCHE REIFE
UND POTENZIAL FÜR UNTERNEHMEN.



Tobias Bock
München & Berlin, April 2026

// NEXERY.
NexusSphere Advisory

& #CONSULT ING.
DIETEL ENGINEERS

VORWORT

Sehr geehrte Lesers,

mit der vorliegenden Humanoide Robotik Studie 2026 knüpfen wir an die Ergebnisse unserer Studie aus dem Jahr 2025 an. Im Vergleich zum Vorjahr wird noch deutlicher, wie schnell und intensiv sich der Markt für humanoide Robotik entwickelt. Was bis vor Kurzem häufig als Zukunftsvision galt, wird zunehmend zu einem konkreten industriellen und strategischen Handlungsfeld. Fortschritte in der künstlichen Intelligenz, in Simulation, Sensorik, Aktorik und Robotiksoftware haben die Fähigkeiten moderner Systeme deutlich erweitert und die technologische Entwicklung weiter beschleunigt. Gleichzeitig ist die Zahl der Unternehmen, die mit eigenen Lösungen, Plattformen oder marktreifen Konzepten in den Markt eintreten, innerhalb nur eines Jahres erheblich gestiegen. Der Markt wächst somit nicht nur quantitativ, sondern auch in technologischer Breite, strategischer Bedeutung und Wettbewerbsintensität.

Diese Dynamik spiegelt einen klar erkennbaren Reifeprozess wider. Die humanoide Robotik bewegt sich zunehmend über die Phase experimenteller Entwicklung hinaus in Richtung konkreter kommerzieller und industrieller Einsatzszenarien. Aktuelle Systeme zeigen deutliche Fortschritte in Mobilität, Wahrnehmung, Manipulation und Aufgabenausführung. Dadurch wird das Potenzial der Technologie deutlich greifbarer: Es zeigt sich nicht mehr nur in einzelnen Demonstrationen oder visionären Konzepten, sondern lässt sich inzwischen über eine Vielzahl von Anwendungsfällen hinweg belegen. Diese reichen von Industrie und Fertigung über Logistik, Gesundheitswesen, Dienstleistungen, Sicherheit und Bildung bis hin zu Haushalts- und persönlichen Assistenzszenarien. Insbesondere im industriellen Kontext wird deutlich, dass humanoide Robotik zunehmend als Allzwecktechnologie verstanden werden kann,

die eine große Bandbreite manueller Tätigkeiten in für den Menschen ausgelegten Umgebungen unterstützen und perspektivisch auch übernehmen kann.

Trotz dieser Fortschritte bestehen weiterhin erhebliche technologische Herausforderungen. Im Kern steht dabei, dass das für den Alltagseinsatz in unstrukturierten Umgebungen erforderliche Autonomieniveau bislang nicht erreicht ist. Während erste industrielle Einsatzszenarien bereits durch mittlere Autonomiestufen ermöglicht werden – bei denen klar definierte Aufgaben unter menschlicher Aufsicht autonom ausgeführt werden –, erfordert ein breiter Alltagseinsatz deutlich weiterentwickelte Fähigkeiten. Dazu zählen ein robuster Betrieb in wechselnden Umgebungen, situationsabhängige Entscheidungsfindung, zuverlässiges Ausnahmehandling sowie ein durchgängig stabiles Verhalten außerhalb strukturierter Settings. Hier liegt derzeit eine zentrale Reifegrenze der Technologie. Darüber hinaus bestehen weiterhin wesentliche Herausforderungen hinsichtlich Energieeffizienz, robuster Objekterkennung unter realen Bedingungen, sicherer Mensch-Roboter-Interaktion, feinmotorischer Manipulation sowie eines kontinuierlichen und zuverlässigen Betriebs unter industriellen Anforderungen. Mit steigender Rechenleistung, höherer Aktorenperformance und längeren Betriebszeiten gewinnen zudem Wärmemanagement, Kühlung und die Gesamtzuverlässigkeit der Systeme weiter an Bedeutung.

VORWORT

Nicht weniger anspruchsvoll ist die Einführung der Technologie in reale Unternehmensumgebungen. Die Herausforderung liegt nicht mehr allein in der Entwicklung technisch funktionsfähiger Systeme, sondern zunehmend in deren wirtschaftlich tragfähiger, skalierbarer und organisatorisch kompatibler Implementierung. Unternehmen müssen geeignete Anwendungsfälle identifizieren, die Integration in bestehende Prozesse und Systeme sicherstellen, technologische Kompetenzen aufbauen, Partner- und Lieferantenmodelle etablieren und zugleich die organisatorischen Voraussetzungen für Pilotierung und Skalierung schaffen.

Genau an der Schnittstelle von technischer Reife, operativer Integration und wirtschaftlicher Skalierbarkeit wird sich entscheiden, ob das technologische Potenzial erfolgreich in produktive Einsatzszenarien überführt werden kann.

Auch die Marktwahrnehmung verändert sich. In den vergangenen Jahren wurde das öffentliche Interesse an humanoider Robotik vor allem durch industrielle Anwendungsfälle geprägt, insbesondere in der Fertigung, der Logistik und anderen strukturierten Einsatzumgebungen. Der Fokus verlagert sich jedoch zunehmend in Richtung Anwendungen im privaten Haushalt und in der persönlichen Assistenz. Die Technologie wird damit nicht mehr ausschließlich als Lösung für industrielle Automatisierung verstanden, sondern zunehmend auch als potenzielles System für alltägliche Anwendungen. Gleichwohl gibt es aus heutiger Sicht klar Hinweise darauf, dass die erste breite Phase wirtschaftlicher Skalierung weiterhin primär in industriellen Umgebungen stattfinden wird, während Anwendungen im privaten Haushalt eher einer mittel- bis langfristigen Entwicklungsperspektive

folgen dürften.

Gleichzeitig wird die globale Technologielandschaft in diesem Bereich neu strukturiert. Die derzeitige Dynamik wird vor allem von Akteuren aus China und den Vereinigten Staaten getragen. Deutschland nimmt in der technologischen Entwicklung der humanoiden Robotik inzwischen keine prägende Rolle mehr ein. Diese Erkenntnis ist strategisch bedeutsam, da sie verdeutlicht, dass Unternehmen in Deutschland ihre Marktposition künftig weniger aus einer nationalen technologischen Führungsrolle ableiten können, sondern stärker auf Partnerschaften, einen schnellen Zugang zu internationalen Ökosystemen sowie die konsequente Entwicklung konkreter Anwendungsfelder angewiesen sein werden.

Die zentrale Botschaft dieser Studie ist daher eindeutig: Humanoide Robotik ist kein fernes Zukunftsthema mehr, sondern ein Markt mit beschleunigter technologischer, wirtschaftlicher und strategischer Entwicklung. Das Potenzial der Technologie ist inzwischen über eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsbereiche hinweg sichtbar geworden. Die entscheidende Aufgabe besteht nun darin, diese Entwicklungen diszipliniert zu bewerten, realistische Einsatzmöglichkeiten frühzeitig zu identifizieren und die Voraussetzungen für Pilotierung, Skalierung und Integration systematisch zu schaffen. Diese Studie leistet hierzu einen fundierten Beitrag.

Tobias Bock



INHALT

00	Vorwort	02
01	Fakten und Zahlen	05
02	Marktvolumen & Marktentwicklung	06
03	Interesse der Industrie	10
04	Technologischer Reifegrad	13
05	Technologiekosten	22
06	Potenziale und Herausforderungen für Unternehmen	24
07	Way-Forward	29

//01 Fakten und Zahlen

Aufbauend auf der starken Dynamik der vergangenen Jahre tritt die humanoide Robotik in eine neue Phase industrieller Relevanz ein. Fortschritte in der künstlichen Intelligenz, bei Wahrnehmungssystemen und in der elektromechanischen Aktorik haben Mobilität, Geschicklichkeit und Aufgabenausführung deutlich verbessert. Aktuelle humanoide Plattformen weisen im Vergleich zu früheren Generationen höhere Bewegungsgeschwindigkeiten, bessere Manipulationsfähigkeiten und eine zunehmend zuverlässige autonome Ausführung in komplexen Umgebungen auf.

Humanoide Roboter entwickeln sich damit von experimentellen Prototypen hin zu ersten kommerziellen Einsätzen. Mehrere Technologieunternehmen und Robotik-Start-ups bereiten die Serienproduktion vor; erste industrielle Einsätze werden ab 2026 erwartet. Zentrale Anwendungsfelder sind Fertigung, Logistik, Lagerhaltung und andere strukturierte Umgebungen, in denen Arbeitskräftemangel und repetitive manuelle Tätigkeiten den Bedarf an Automatisierung erhöhen.

Die Markterwartungen bleiben dynamisch. Aktuelle Prognosen gehen davon aus, dass der globale Markt für humanoide Roboter bis 2030 mehrere Millionen eingesetzte Einheiten erreichen könnte. Treiber dieser Entwicklung sind hohe Kapitalzuflüsse, das Engagement großer Technologieunternehmen sowie schnelle Fortschritte in der KI-gestützten Robotersteuerung.

Aus Anwendungsperspektive eignen sich humanoide Roboter insbesondere für Umgebungen, die ursprünglich für den Menschen ausgelegt wurden. Ihre anthropomorphe Form ermöglicht die Interaktion mit bestehender Infrastruktur, Werkzeugen und Arbeitsabläufen, ohne dass grundlegende Umgestaltungen von Produktionssystemen erforderlich sind. Erste Analysen deuten darauf hin, dass in Branchen wie der Fertigung und der Logistik über 60 % der manuellen operativen Tätigkeiten innerhalb des nächsten Jahrzehnts theoretisch durch humanoide

Systeme unterstützt oder zumindest teilweise automatisiert werden könnten.

Parallel dazu verbessert sich die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Technologie. KI-basierte Steuerung, simulationsgestütztes Training und modulares Hardwaredesign haben Leistungssteigerungen ermöglicht, während die Kosten mit der Reife der Lieferketten und zunehmender Standardisierung sinken.

Mit steigenden Produktionsvolumina werden weitere Kostensenkungen erwartet. Bis zum Ende des Jahrzehnts könnte der durchschnittliche Stückpreis industrieller humanoider Roboter auf rund 55.000 US-Dollar fallen und damit die Markteintrittsbarrieren deutlich senken. In geeigneten Einsatzszenarien könnten so potenziell sehr kurze Amortisationszeiten von unter einem Jahr erreicht werden, insbesondere in arbeitsintensiven Bereichen mit Personalengpässen.

Die Ergebnisse unserer Befragung bestätigen die wachsende strategische Relevanz der Technologie. 73 % der Befragten planen die Einführung von Embodied AI oder humanoider Robotik im kurz- bis mittelfristigen Zeitraum. Gleichzeitig sehen 70 % ein starkes Kostensenkungspotenzial und 72 % deutliche Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung.

Insgesamt entwickeln sich humanoide Roboter zu einer Schlüsseltechnologie der nächsten Automatisierungswelle. Auch wenn der breite Einsatz weiterhin von Fortschritten bei Zuverlässigkeit, Sicherheit und Kosten abhängt, deuten aktuelle Entwicklungen darauf hin, dass humanoide Systeme eine zentrale Rolle bei der Bewältigung von Arbeitskräftemangel und der Ausweitung industrieller Automatisierung spielen können.



//02 Marktvolumen & Marktentwicklung

Die humanoide Robotik entwickelt sich von der experimentellen Forschung zu einem entstehenden industriellen Markt. Fortschritte in KI, Robotikhardware und Recheninfrastruktur treiben das schnelle Wachstum sowohl der Entwicklerlandschaft als auch der verfügbaren Roboterplattformen weltweit voran.

Vom Industrieroboter zum Markt für humanoide Robotik

Die Robotik hat sich in den vergangenen sechs Jahrzehnten in mehreren technologischen Wellen entwickelt. Was als einfache programmierbare Industriemaschinen begann, hat sich schrittweise zu zunehmend anspruchsvollen robotischen Systemen entwickelt, die in komplexen Umgebungen agieren können. Diese langfristige Entwicklung bildete die Grundlage für das neue Feld der humanoiden Robotik. Ein erster großer Meilenstein war 1961 der Einsatz von Unimate, dem weltweit ersten Industrieroboter in der Fertigung. Damit begann die programmierbare Automatisierung und Robotik etablierte sich als zentrale industrielle Technologie. In den folgenden Jahrzehnten begannen Forschungseinrichtungen, robotische Systeme zu erforschen, die sich bewegen und mit Menschen interagieren konnten. Frühere

humanoide Konzepte wie WABOT (1967) verdeutlichten die Vision von Robotern, die in menschlichen Umgebungen agieren. Mit Fortschritten in Rechenleistung, Sensorik und Steuerung entstanden zunehmend leistungsfähige robotische Plattformen. Projekte wie Hondas ASIMO (2000) markierten einen wichtigen Schritt zur stabilen zweibeinigen Fortbewegung. Seit den frühen 2000er-Jahren entwickelte sich die humanoide Robotik von experimentellen Forschungsplattformen zu leistungsfähigeren Systemen. Roboter wie NAO (2006), Robonaut R2 (2010) und Teslas Optimus (2021) zeigten wachsende Fähigkeiten in Wahrnehmung, Mobilität und Interaktion. In den letzten Jahren haben insbesondere Fortschritte in künstlicher Intelligenz und simulationsbasiertem Training die Entwicklung humanoider Roboter für industrielle und kommerzielle Anwendungen beschleunigt.

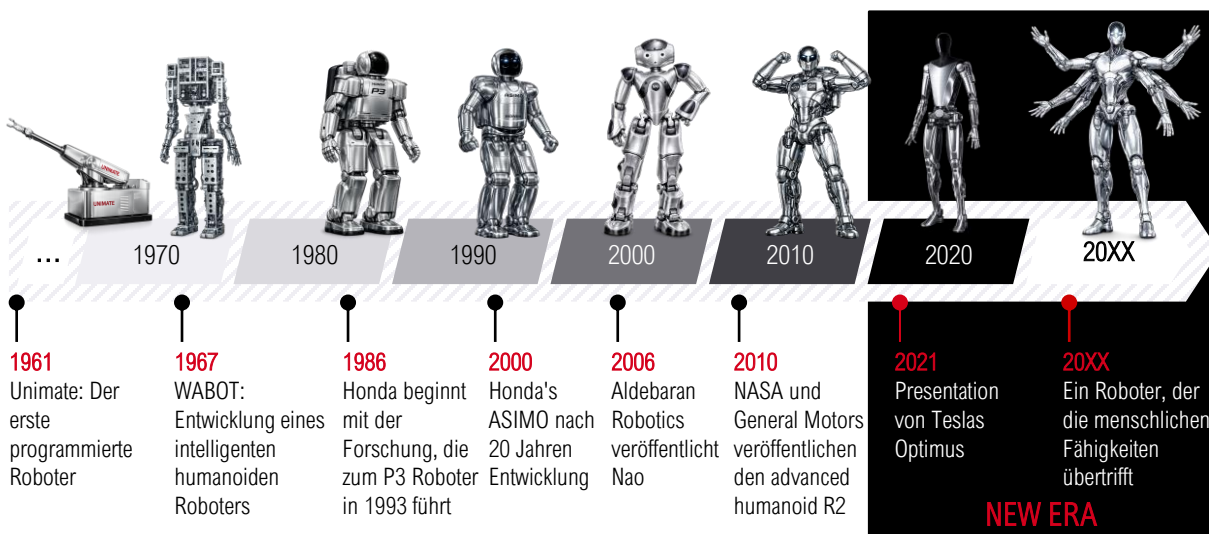


Abb. 1: Evolution der Roboter

Ein wesentlicher Fortschritt in der humanoiden Robotik liegt in der zunehmenden Fähigkeit der Systeme, in natürlicher menschlicher Sprache zu kommunizieren. Während frühere Roboter- generationen überwiegend über vordefinierte Befehle oder spezialisierte Schnittstellen gesteuert wurden, ermöglichen moderne KI-Modelle heute eine wesentlich intuitivere Interaktion zwischen Mensch und Maschine.

Dieser Fortschritt stellt einen technologischen Meilenstein dar, da er die Nutzung humanoider Systeme grundlegend verändert: Roboter sind nicht mehr auf die reine Ausführung vorgegebener Aufgaben beschränkt, sondern können menschliche, kontextbezogene Anweisungen zunehmend verstehen, interpretieren und darauf basierend handeln. Dadurch sinkt die operative Komplexität erheblich, und die Technologie wird auch für nicht-technische Nutzer zugänglicher.

Gerade in dynamischen und unstrukturierten Umgebungen gewinnt diese Form der Interaktion an Bedeutung. Sprachbasierte Kommunikation ermöglicht eine flexiblere Aufgabensteuerung, eine schnellere Anpassung an veränderte Bedingungen und eine effizientere Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter. Natürliche Sprache entwickelt sich damit zu einer zentralen Schnittstelle der humanoiden Robotik und spielt eine entscheidende Rolle beim Übergang von hochspezialisierten Systemen hin zu vielseitig einsetzbaren Robotikanwendungen.

Globale Ausweitung des Anbieterökosystems humanoider Robotik

KOMMERZIELLE ANBIETER

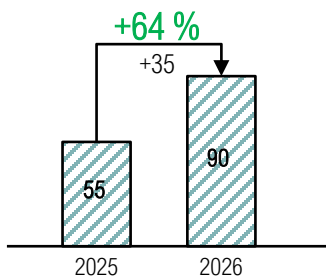


Abb. 2: Kommerzielle Anbieter, die von 2025 bis 2026 zweibeinige humanoide Roboter entwickeln

Auf dieser technologischen Grundlage ist die Zahl der Unternehmen, die humanoide Roboter entwickeln, in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Im Jahr 2026 arbeiten weltweit rund 90 kommerzielle Anbieter aktiv an zweibeinigen humanoiden Robotern, gegenüber etwa 55 Unternehmen im Jahr 2025. Dieser deutliche Anstieg unterstreicht die wachsende strategische Bedeutung humanoider Robotik als zukünftige Automatisierungstechnologie und spiegelt steigende Investitionen im gesamten Sektor wider.

HERKUNFTSLÄNDER

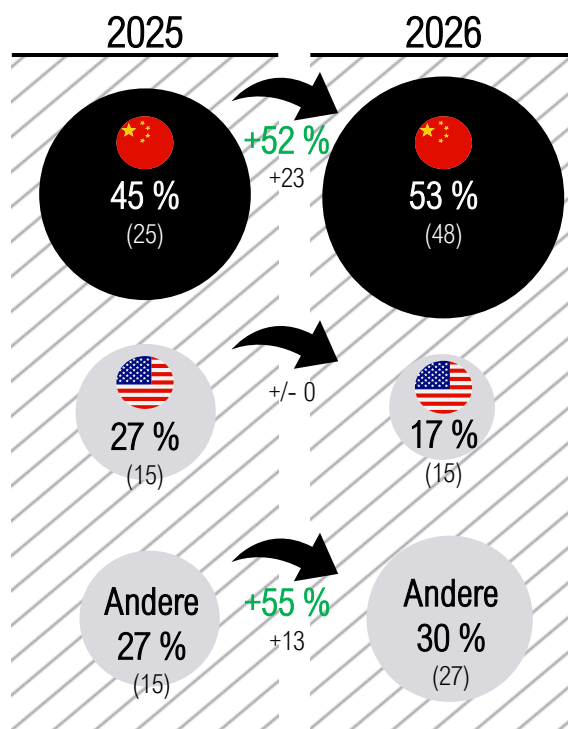


Abb. 3: Entwicklung der Herkunftsländer der Anbieter von 2025 bis 2026 | n = 90 kommerzielle Anbieter

Die geografische Verteilung der Anbieter zeigt eine starke Konzentration in wenigen Technologieökosystemen. China stellt aktuell den größten Anteil kommerzieller Entwickler humanoider Roboter und umfasst etwa 53% der weltweiten Anbieterlandschaft. Absolut betrachtet stieg die Zahl chinesischer Anbieter von 25 Unternehmen im Jahr 2025 auf 48 Unternehmen im Jahr 2026 deutlich an.

Trotz dieses deutlichen Wachstums stieg Chinas Anteil am globalen Anbieterökosystem um rund acht Prozentpunkte und unterstreicht damit die starke Expansion des Landes im schnell wachsenden Ökosystem humanoider Robotik.

Die Vereinigten Staaten bleiben weiterhin das zweitwichtigste Entwicklungszentrum. Obwohl die Zahl der US-Anbieter zwischen 2025 und 2026 mit rund 15 Unternehmen stabil blieb, sank der relative Anteil am globalen Ökosystem von 27 % auf etwa 17 %, da der Gesamtmarkt rasch expandierte und neue Anbieter hinzukamen.

Gleichzeitig erhöhte sich der Anteil der Anbieter in der Kategorie ‚andere Regionen‘ von 27 % auf rund 30 %, was auf neue Unternehmen aus Europa, Asien und weiteren aufstrebenden Robotikökosystemen verweist.

Wachsende Vielfalt humanoider Robotikplattformen

Das schnelle Wachstum der Anbieterlandschaft zeigt sich direkt in der steigenden Zahl verfügbarer Roboterplattformen. Mit zunehmenden Investitionen in humanoide Robotik hat sich die Anzahl der Modelle in den vergangenen Jahren deutlich erhöht.

Während 2025 weltweit rund 140 humanoide Robotermodelle identifiziert wurden, liegt die Zahl im Jahr 2026 bereits bei etwa 284 Modellen und verdeutlicht damit die rasche Ausweitung der Entwicklungsaktivitäten.

Neben der geografischen Verteilung hat sich auch die Mobilitätsarchitektur humanoider Roboter weiterentwickelt. Frühere Robotergenerationen setzten häufig auf radbasierte Konzepte, die in frühen Entwicklungsphasen mehr Stabilität und geringere mechanische Komplexität boten. Solche Plattformen lassen sich als Zwischenschritt im technologischen Entwicklungsprozess verstehen, da sie es Entwicklern ermöglichten, Wahrnehmung, Manipulation und Autonomie zu testen, bevor die deutlich anspruchsvollere zweibeinige Fortbewegung beherrscht wurde.

Mit verbesserten Hardwarekomponenten, leistungsfähigeren Aktoren und KI-basierter Bewegungssteuerung vollzieht sich jedoch zunehmend der Übergang zur bipedalen Lokomotion. Dies zeigt sich in der Verteilung der Mobilitätskonzepte: 2025 nutzten etwa 73 % der humanoiden Roboter beinbasierte Fortbewegung, während 27 % auf rad- oder hybride Systeme zurückgriffen.

In 2026 verfügen insgesamt 249 humanoide Robotermodelle über bein- oder radbasierte Mobilitätsarchitekturen. Davon sind rund 65 % beinbasierte Systeme, während etwa 35 % radbasierte Konzepte nutzen.

ROBOTERMOBILITÄT

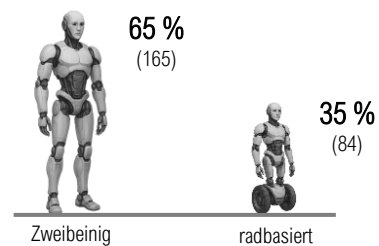


Abb. 4: Entwicklung von zweibeinigen und radbasierten Robotern | n = 249 Roboter

Obwohl vollständig beinbasierte humanoide Roboter oft als langfristiges Entwicklungsziel gelten, erweisen sich Systeme ohne menschenähnliche Beine – etwa radbasierte oder hybride Plattformen – bereits heute als hochgradig geeignet für industrielle Anwendungen. In vielen Einsatzumgebungen überwiegen die Vorteile radbasierter Mobilität, wie höhere Stabilität, geringere mechanische Komplexität und bessere Energieeffizienz.

Gerade in strukturierten industriellen Umgebungen wie Fertigungsanlagen, Lagerhäusern oder Logistikzentren sind die Mobilitätsanforderungen typischerweise vorhersehbar und auf ebene Flächen ausgelegt. In diesen Kontexten können radbasierte humanoide Systeme zuverlässige und effiziente Leistung bieten und zugleich technische Risiken sowie Systemkosten reduzieren.

Humanoide Roboter eignen sich besonders gut für Brownfield-Umgebungen, in denen bestehende Produktionssysteme, Infrastrukturen und Arbeitsabläufe bereits für menschliche Arbeitskräfte ausgelegt sind. Anstatt umfangreiche Umgestaltungen von Anlagen oder Produktionslinien zu erfordern, können humanoide Systeme in bestehenden Layouts arbeiten, mit Standardwerkzeugen interagieren und Aufgaben in Umgebungen ausführen, die ursprünglich für menschliche Arbeit optimiert wurden. Diese Fähigkeit senkt die Hürden für Automatisierung erheblich – insbesondere in Industriebereichen, in denen traditionelle Automatisierungslösungen kostenintensive Prozess- oder Infrastrukturänderungen notwendig machen würden.

Vor diesem Hintergrund sollten nicht-bipede humanoide Roboter nicht als Übergangskompromiss betrachtet werden, sondern als pragmatische und wirtschaftlich sinnvolle Option für frühe Einsatzszenarien. Sie ermöglichen es Unternehmen, bereits bei geringerer Implementierungskomplexität einen Nutzen aus humanoider Robotik zu ziehen, während sich die technologische Reife vollständig beinbasierter Systeme weiterentwickelt.

Kurz- bis mittelfristig werden radbasierte und hybride humanoide Plattformen daher voraussichtlich eine zentrale Rolle bei der industriellen Einführung humanoider Robotik spielen – insbesondere in Anwendungen, in denen Robustheit, Effizienz und Skalierbarkeit wichtiger sind als vollständig menschenähnliche Mobilität.



//03 Interesse der Industrie

Das Interesse an Embodied AI nimmt in Industrieunternehmen rapide zu. Um besser zu verstehen, wie Organisationen diese aufkommende Technologie bewerten und wann sie deren Einsatz erwarten, haben wir 152 Industrievertreter befragt. Die Ergebnisse geben Einblicke in Adoptionsabsichten, erwartete Zeitpläne, zentrale Anwendungsfelder und den organisatorischen Reifegrad, der für eine erfolgreiche Implementierung erforderlich ist.

Brancheninteresse an Embodied-AI-Systemen

Die Umfrage zeigt ein starkes und weiter wachsendes Interesse an Embodied-AI-Systemen in Industrieorganisationen.

IMPLEMENTATIONSPLANUNG

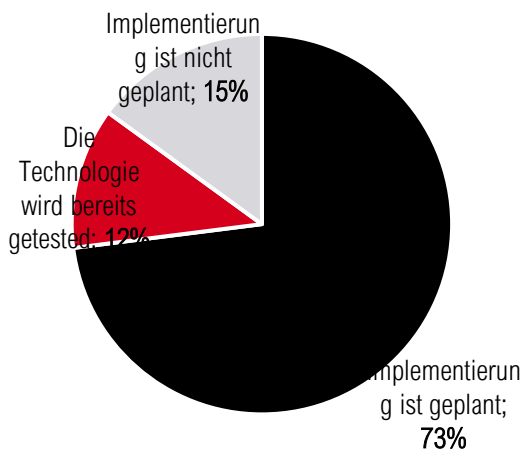


Abb. 5: Umfrageergebnisse zu den Plänen für den Einsatz von Embodied AI (Humanoiden) in Industrieunternehmen | n = 152 Befragte

73 % der Befragten geben an, Embodied-AI-Technologien einführen zu wollen, während 15 % derzeit keine entsprechenden Pläne haben. Zudem berichten 12 %, dass solche Systeme bereits in Pilotanwendungen im Einsatz sind.

Dieses hohe Interesse spiegelt das steigende Bewusstsein für humanoide Roboter und KI-gestützte Automatisierung als potenzielle Lösungen für

strukturelle Herausforderungen wider – darunter Arbeitskräftemangel, steigende Betriebskosten und wachsende Effizianz Anforderungen. Während viele Unternehmen noch Einsatzszenarien prüfen, wird Embodied AI zunehmend Teil strategischer Technologieplanungen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass sich humanoide Robotik allmählich von einem rein experimentellen Thema zu einer relevanten technologischen Option für zukünftige industrielle Abläufe entwickelt.

Erwarteter Einführungszeitplan

Die Umfrage untersuchte zudem, wann Unternehmen mit dem Einsatz KI-gestützter physischer Systeme rechnen. Die Ergebnisse weisen auf einen vergleichsweise kurzen Einführungszeitraum hin: 42 % der Befragten erwarten eine Implementierung innerhalb der nächsten ein bis zwei Jahre, während 29 % eine Einführung innerhalb von drei bis fünf Jahren anvisieren.

ERWARTETE IMPLEMENTIERUNG

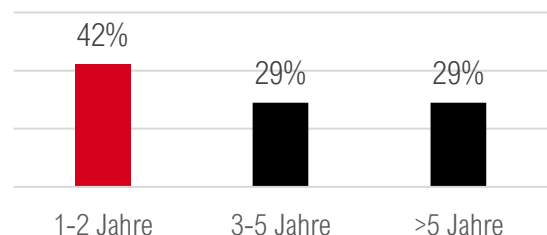


Abb. 6: Umfrageergebnisse zum geplanten Zeitrahmen für die Einführung von Embodied AI (Humanoiden) in Industrieunternehmen | n = 111 Befragte

Im Gegensatz dazu erwarten 29 % der Befragten eine Einführung erst in mehr als fünf Jahren.

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Einführung schrittweise zunehmen wird, sobald Unternehmen durch Pilotprojekte und erste Anwendungen praktische Erfahrungen sammeln. Zudem wird humanoide Robotik überwiegend als kurz- bis mittelfristige Technologie betrachtet und nicht mehr als fernes Zukunftsthema.

Anwendungsbereiche

Die Befragten identifizierten klar die operativen Kernprozesse als die vielversprechendsten Einsatzfelder für Embodied-AI-Systeme. Das größte Potenzial wird in der Logistik gesehen, die von 96 % der Teilnehmenden genannt wurde, gefolgt von der Fertigung mit 81 %. Diese Umgebungen umfassen häufig repetitive und strukturierte Tätigkeiten, die sich gut für robotische Automatisierung eignen.

VORAUSSICHTLICHE ANWENDUNGEN DER EMBODIED AI

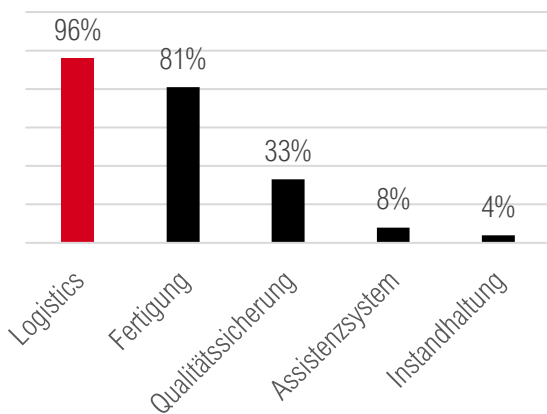


Abb. 7: Erwartete Umsetzung von Embodied AI | n = 152 Befragte

Andere Einsatzfelder wurden deutlich seltener genannt: 33 % sehen Potenzial in der Qualitätssicherung, während Assistenzsysteme und wartungsbezogene Aufgaben jeweils von weniger als 10 % der Befragten genannt wurden.

Erwarteter geschäftlicher Mehrwert

Der erwartete Nutzen ist vor allem wirtschaftlicher Natur. Effizienzsteigerungen wurden von 72 % der Befragten genannt, gefolgt von Kostensenkungen mit 70 %. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Unternehmen Embodied AI in erster Linie als Instrument zur Produktivitätssteigerung und Reduktion operativer Kosten betrachten.

Erwarteter geschäftlicher Mehrwert

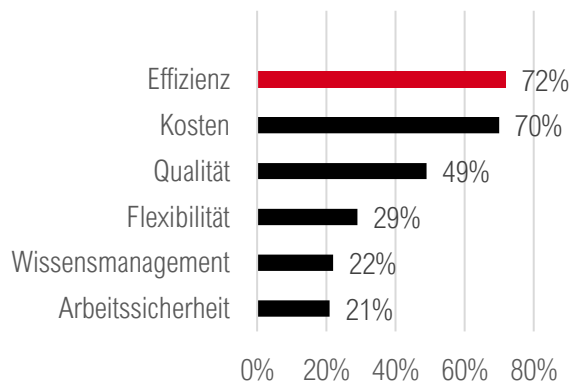


Abb. 8: Erwartete Umsetzung von Embodied AI | n = 152 Befragte

Darüber hinaus verbinden viele Befragte die Einführung humanoide Robotik mit der Bewältigung struktureller Herausforderungen im Personalbereich und erwarten gleichzeitig Verbesserungen in Prozessqualität und Konsistenz.

Organisatorische Bereitschaft und Einführungsbarrieren

Trotz des großen strategischen Interesses zeigt die Umfrage, dass die organisatorische Bereitschaft innerhalb der Unternehmen noch uneinheitlich ist. Viele Befragte berichten von einer nur moderaten Vorbereitung, interne Prozesse und Systeme für die Integration humanoide Robotik anzupassen. Dies spiegelt sich in den wahrgenommenen Barrieren wider: 64 % nennen die Datenqualität als eine der zentralen Herausforderungen, gefolgt von der Integration in bestehende Systeme und Prozesse mit 61 %. Auch Kosten spielen eine wichtige Rolle, da 60 % finanzielle Einschränkungen als Hürde identifizieren.

Darüber hinaus zeigt sich die Akzeptanz der Mitarbeitenden als kritischer Faktor. 36 % der Befragten erwarten Sorgen über Arbeitsplatzverluste, 32 % erwarten Vorbehalte hinsichtlich Bedienbarkeit und Vertrauen. Haftungsfragen werden von 29 % genannt, 25 % sehen Risiken durch den Verlust von Autonomie über Prozesse, und 16 % äußern Bedenken bezüglich begrenzter Transparenz KI-gestützter Entscheidungen.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass eine breite Einführung nicht nur von technologischem Fortschritt, sondern auch von der Anpassungsfähigkeit organisatorischer Strukturen, Prozesse und Belegschaft abhängt.

Potenzial nach Branchen

Das Branchenbild zeigt ein heterogenes Reife- und Nutzenverständnis. Besonders positiv bewertet wird das Potenzial in der Elektronik, wo 52 % hohes Potenzial angeben, sowie in Chemie und Lebensmittel, beide über dem Gesamtdurchschnitt. Diese Branchen sind stark durch standardisierte, repetitive und qualitätskritische Aufgaben geprägt, bei denen humanoide Robotik als flexibler Automatisierungsbaustein fungiert und Arbeitskräftemangel sowie Fehlerquoten adressiert.

Der Maschinenbau liegt nahe am Durchschnitt, was auf Abhängigkeiten von Produktvarianz, Losgrößen

und Anlagenheterogenität hinweist – Faktoren, die Integrationsaufwand und wirtschaftliche Attraktivität beeinflussen.

Die Automobilindustrie stellt den deutlichsten Ausreißer dar: Nur 16 % sehen hohes Potenzial, 51 % ein geringes. Dies reflektiert weniger einen geringen Nutzen, sondern vielmehr einen anderen Bezugsrahmen: Die Branche ist bereits stark automatisiert und nutzt etablierte Robotiklösungen. Humanoide Systeme müssen hier klaren Zusatznutzen bei Sicherheit, Compliance, Integrationskomplexität und Taktzeit bieten.

Ein zentraler Befund ist, dass das Potenzial stets im Verhältnis zum bestehenden Automatisierungsgrad zu bewerten ist. Humanoide Roboter sollen klassische Industrieroboter nicht ersetzen, sondern vor allem bisher manuelle Prozesse automatisieren, die aufgrund von Kostenrestriktionen oder hoher operativer Komplexität bislang nicht automatisierbar waren.

Diese Einschätzungen sind subjektiv und hängen stark vom Verständnis der Befragten, ihrem Wissensstand und der Reife ihrer Produktions- und Logistikumgebungen ab. Unterschiede in den Stichprobengrößen erhöhen die Sensitivität einzelner Werte. Insgesamt zeigt sich, dass die Marktdurchdringung weniger von allgemeinen Narrativen abhängt, sondern von branchen-individuellen Nutznachweisen, die den Mehrwert klar belegen.

VORAUSSICHTLICHES POTENZIAL NACH BRANCHE

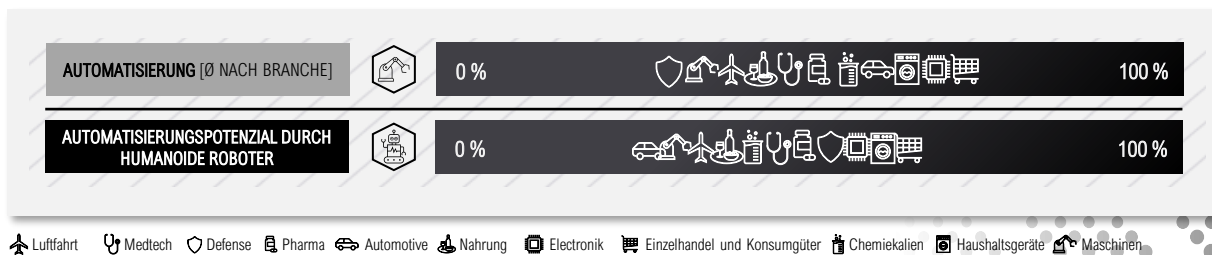


Abb. 9: Darstellung des aktuellen Stands der industriellen Automatisierung und des erwarteten zusätzlichen Potenzials durch humanoide Roboter | n = 152 Befragte

//04 Technologischer Reifegrad

Humanoide Robotik tritt in eine neue Phase technologischer Reife ein. Fortschritte in künstlicher Intelligenz, Simulation, Sensorik und elektromechanischer Aktorik haben die Fähigkeiten moderner humanoider Systeme deutlich verbessert. Gleichzeitig bewegt sich der Markt zunehmend über experimentelle Prototypen hinaus, da führende Anbieter erste Piloteinsätze und industrielle Partnerschaften etablieren.

Industrialisierungsgrad der Anbieter humanoider Robotik

Obwohl die Zahl der Entwickler stark gestiegen ist, befindet sich die Branche insgesamt noch in einer frühen Kommerzialisierungsphase. Viele Anbieter verfügen inzwischen über funktionale Prototypen und erste Pilotsysteme, doch nur wenige nähern sich einer wiederholbaren, skalierbaren Produktion. Diese Lücke zwischen technischer Machbarkeit und industrieller Skalierbarkeit bleibt ein prägendes Merkmal des Marktes.

Die Herausforderung besteht nicht nur darin, funktionsfähige Roboter zu bauen, sondern solche, die in großen Stückzahlen gefertigt, zuverlässig gewartet und in bestehende industrielle Abläufe integriert werden können. Dafür sind robuste Lieferketten, stabile Hard-Software-Integration, reproduzierbare Qualitätssicherung und wirtschaftlich tragfähige Einsatzmodelle erforderlich.

Gleichzeitig werden Anzeichen zunehmender Industrialisierung sichtbar. Mehrere Anbieter richten eigene Fertigungsstätten ein und veröffentlichen Produktionspläne, die auf Jahresvolumina im vierstelligen Bereich abzielen. Erste Einsätze entstehen in Logistik-, Produktions- und Lagerumgebungen, in denen Roboter repetitive Tätigkeiten unter strukturierten Bedingungen übernehmen können.

Dennoch ist ein breiter industrieller Rollout bisher nicht erfolgt. Die meisten Systeme werden weiterhin in kontrollierten Pilotumgebungen getestet und weiterentwickelt. Erfolgreich werden jene Anbieter sein, die nicht nur fortschrittliche Plattformen entwickeln, sondern auch skalierbare Produktionskapazitäten, verlässliche Lieferketten und tragfähige Einsatzmodelle aufbauen.

Schlüsseltechnologien des humanoiden Robotikökosystems

Der schnelle Fortschritt humanoider Robotik wird zunehmend durch ein breiteres Technologieökosystem getragen und nicht nur durch die Roboterhersteller selbst. Moderne humanoide Systeme basieren auf einem integrierten Technologiestack aus künstlicher Intelligenz, Hochleistungsrechnen, fortschrittlicher Sensorik, Simulationsumgebungen und komplexen elektromechanischen Komponenten.

Hochleistungsfähige KI-Computing-Plattformen spielen dabei eine zentrale Rolle, da sie es Robotern ermöglichen, sensorische Daten zu verarbeiten, Bewegungen zu planen und komplexe Aufgaben in Echtzeit auszuführen. Unternehmen wie NVIDIA sind zu zentralen Infrastrukturanbietern im humanoiden Robotikökosystem geworden und bieten mit Jetson, Isaac und Omniverse Hard- und Softwareplattformen für großangelegte Simulation, KI-Training und Echtzeit-Robotersteuerung an.*

Diese Plattformen ermöglichen es Entwicklern, Roboterverhalten zunächst in virtuellen Umgebungen zu trainieren und anschließend auf reale Systeme zu übertragen, was Entwicklungszyklen deutlich verkürzt.

Neben der Recheninfrastruktur sind humanoide Roboter auf ein breites Netzwerk spezialisierter Komponentenlieferanten angewiesen. Fortschritte in Sensorik, Aktorik und Präzision-Robotik Komponenten sind entscheidend, um stabile Fortbewegung und geschickte Manipulation zu ermöglichen. Führende Industrietechnologieanbieter wie Bosch, Intel und NXP bringen zunehmend Technologien in Bereichen wie Embedded Computing, Sensorsysteme und Robotik Hardware ein.

Darüber hinaus engagieren sich mehrere etablierte Industrieunternehmen aktiv im entstehenden humanoiden Robotik Ökosystem. Unternehmen wie Schaeffler, BMW und Hyundai prüfen Anwendungsmöglichkeiten humanoider Roboter in der Fertigung. Gleichzeitig entwickeln Technologie- und Robotik Firmen wie GXO Logistics, Agility Robotics, Tesla und Sanctuary AI Einsatzszenarien und Integrationsstrategien für humanoide Roboter in Logistik- und Industrieumgebungen.

Parallel dazu wächst das Ökosystem über klassische Automatisierungsanbieter hinaus. In den vergangenen zwei Jahren haben weitere Technologieunternehmen an Bedeutung gewonnen – darunter Halbleiter- und Computing-Anbieter, die Hochleistungs-KI-Chips und Robotik Architekturen vorantreiben, sowie Robotik fokussierte Entwickler wie Unitree Robotics, Fourier Intelligence, Aptronik und Figure AI, die nächste Generation humanoider Roboterplattformen entwickeln. Dadurch entsteht eine vielschichtige Technologielandschaft, in der Roboterhersteller, KI-Infrastrukturprovider, Halbleiterunternehmen und industrielle Systemintegratoren gemeinsam Innovation vorantreiben.

Auch die Partnerschaftsstrukturen entwickeln sich weiter. Frühere Kooperationen konzentrierten sich vor allem auf industrielle Pilotanwendungen, insbesondere in Automobil- und Fertigungsumgebungen. Inzwischen prüfen Anbieter zunehmend breitere

kommerzielle Einsatzfelder, einschließlich Logistik, Einzelhandel und potenziell auch verbraucherorientierter Märkte. Dies zeigt, dass sich humanoide Robotik allmählich von experimentellen Pilotprojekten hin zu skalierbaren kommerziellen Ökosystemen entwickelt.

Rascher technologischer Fortschritt in humanoiden Roboterfähigkeiten

Der wichtigste Treiber der wachsenden Bedeutung humanoider Robotik ist die sichtbare Verbesserung der Roboterfähigkeiten. Moderne humanoide Systeme zeigen im Vergleich zu früheren Generationen deutliche Fortschritte in Mobilität, Manipulation, Wahrnehmung und Aufgabenausführung.

Ein zentrales Fortschrittsfeld ist die Lokomotion: Neue Systeme erreichen stabiles zweibeiniges Gehen, bessere Gleichgewichtsreaktionen und dynamischere Bewegungssteuerung. Während sie in stark unstrukturierten Umgebungen weiterhin hinter menschlicher Mobilität zurückbleiben, hat sich der Abstand in strukturierten industriellen Kontexten deutlich verringert.

Ebenso stark verbessert haben sich die Manipulationsfähigkeiten. Moderne humanoide Roboter können zunehmend Objekte handhaben, Materialien transportieren, Montageprozesse unterstützen und Prüf- bzw. Inspektionsaufgaben durchführen. Verbesserungen in Armkoordination, Wahrnehmung und Sensorintegration ermöglichen eine zuverlässigere Interaktion mit realen Umgebungen.

Wesentliche Fortschritte gibt es auch in Wahrnehmungs- und Entscheidungssystemen. Die Integration von Machine-Learning-Modellen, Multisensorfusion und fortgeschrittener Computer Vision erlaubt es Robotern, ihre Umgebung besser zu verstehen und sich dynamischen Bedingungen anzupassen.

Simulationbasiertes Training und Reinforcement Learning beschleunigen die Entwicklung robotischer Fähigkeiten, da Systeme komplexe Verhaltensweisen zunächst virtuell erlernen können, bevor sie im realen Einsatz angewendet werden.

Zudem verfolgen viele Entwickler das Ziel, menschliche Leistungsfähigkeit nicht nur zu erreichen, sondern zu übertreffen – sowohl hinsichtlich Leistung als auch Ausführungsgeschwindigkeit. Damit verschiebt sich der Fokus von der reinen Nachbildung menschlicher Fähigkeiten hin zu deren technischer Optimierung.

Humanoide Roboter besitzen dabei strukturelle

Vorteile: Sie ermüden nicht, verlieren keine Konzentration und unterliegen keinen menschlichen Einschränkungen. Dadurch lassen sich typische Fehlerquellen wie Unachtsamkeit oder körperliche Erschöpfung deutlich reduzieren, was zu einer konsistenteren und zuverlässigeren Ausführung führt.

Diese technologischen Fortschritte verkleinern den Abstand zwischen humanoiden Robotern und menschlichen Arbeitskräften in bestimmten strukturierten Aufgaben. Zwar erreichen humanoide Systeme noch nicht die menschliche Vielseitigkeit, doch sie können repetitive physische Tätigkeiten in kontrollierten Umgebungen zunehmend zuverlässig übernehmen.

DERZEITIGE FÄHIGKEITEN UND GESCHWINDIGKEIT HUMANOIDER ROBOTER

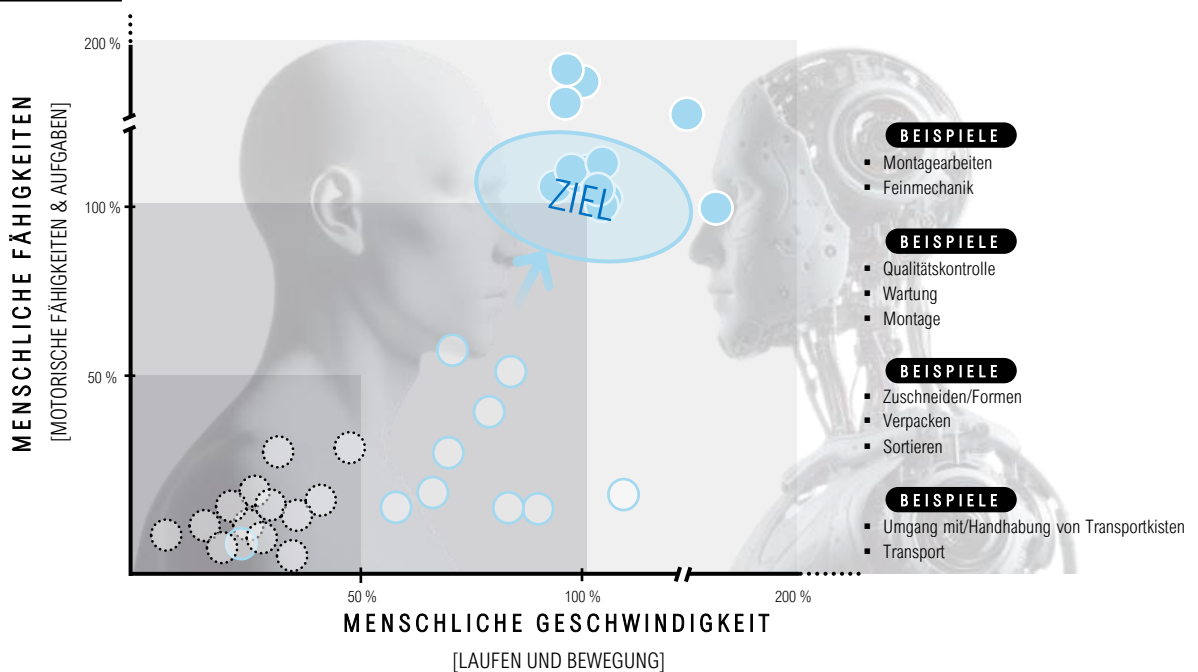


Abb. 10: Auszug aus einer Untersuchung zur Entwicklung humanoider Roboter hinsichtlich menschlicher Fähigkeiten und Geschwindigkeit auf der Grundlage einer Analyse von 90 kommerziellen Anbietern

Gleichzeitig nähern sich viele humanoide Roboter in mehreren Leistungsdimensionen zunehmend menschlichen Fähigkeiten an. Ein wichtiger Trend der jüngsten Generationen ist jedoch weniger eine höhere Geschwindigkeit, sondern eine stärkere Autonomie und funktionale Vielseitigkeit.

Im Unterschied zu früheren Systemen – die häufig auf

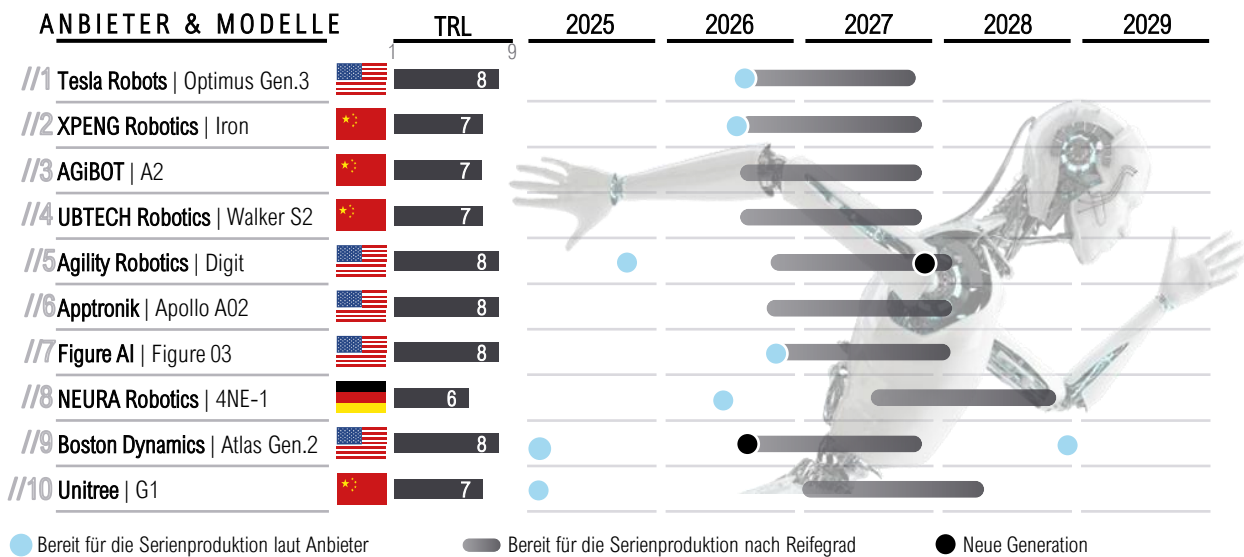
Teleoperation oder vorprogrammierten Abläufen basierten – können neue humanoide Plattformen Aufgaben immer häufiger selbstständig innerhalb definierter Umgebungen ausführen. Dieser Übergang zu mehr Autonomie geht teilweise mit bewusst reduzierter Bewegungsgeschwindigkeit einher, um Stabilität, Präzision und Zuverlässigkeit im realen Einsatz zu erhöhen.

Die aktuellen Entwicklungstrends deuten daher darauf hin, dass sich der Schwerpunkt zunehmend von der Maximierung reiner Leistungskennzahlen hin zur Ermöglichung einer robusten, autonomen Aufgabenausführung verlagert. Dieser Wandel ist für den industriellen Einsatz von entscheidender

Bedeutung, da die Fähigkeit, ein breiteres Spektrum an Aufgaben selbstständig auszuführen, oft einen größeren Mehrwert schafft als eine höhere Ausführungsgeschwindigkeit unter kontrollierten Bedingungen.

VORAUSSICHTLICHE VERFÜGBARKEIT

[ROBOTER, DIE AUFGABEN IM OPERATIVEN BEREICH TEILWEISE AUTOMATISIEREN KÖNNEN]



Hinweis: Das Technology Readiness Level (TRL) beschreibt den technologischen Reifegrad – von Konzept (1) bis zum nachgewiesenen Einsatz in realer Produktion (9).

Abb. 11: Auszug aus der Bewertung der technologischen Reifegrade von 10 Anbietern auf Basis einer Analyse von 90 kommerziellen Anbietern

Technologischer Reifegrad vs. Hype

Der technologische Reifegrad humanoider Roboter lässt sich aus einer Kombination von Fähigkeitsentwicklung, Industrialisierungsfortschritt und erwarteten Start-of-Production-Zeitplänen ableiten. Obwohl viele Anbieter beeindruckende Prototypen vorweisen, erscheint derzeit nur eine begrenzte Zahl tatsächlich bereit für eine frühe kommerzielle Produktion.

Gleichzeitig hat die Reife des Ökosystems insgesamt sichtbar zugenommen. Im vergangenen Jahr konnten nahezu alle großen Anbieter mindestens ein Level im Technology Readiness Level (TRL) aufsteigen – ein Hinweis auf schnelle Entwicklungszyklen und zunehmende Systemintegrationsfähigkeit in der gesamten Branche.

Die technologisch führenden Anbieter kombinieren fortschrittliche Hardwarefähigkeiten mit leistungsfähigen Software-Stacks, Pilotanwendungen mit Industriepartnern und glaubwürdigen Fertigungsfahrplänen. Sie werden voraussichtlich die ersten wirtschaftlich einsetzbaren humanoiden Systeme auf den Markt bringen.

Allerdings bleibt der Reifegrad der Anbieter heterogen. Einige konzentrieren sich klar auf industrielle Anwendungen, während andere verbraucherorientierte Einsatzfelder oder Allzweckplattformen verfolgen. Daher wird sich der Markt eher in mehreren Wellen kommerzialisieren als durch einen einzelnen, dominanten Durchbruch.

Die erste Einführungswelle wird voraussichtlich aus begrenzten Produktionseinsätzen in strukturierten Industrieumgebungen bestehen. Eine breitere Nutzung wird folgen, sobald Zuverlässigkeit steigt, Kosten sinken und Einsatzmodelle stärker standardisiert sind.

Verbleibende technologische und organisatorische Herausforderungen

Trotz des Fortschritts gibt es weiterhin Hürden, die eine Skalierung humanoider Roboter begrenzen. Diese umfassen sowohl technologische Barrieren als auch organisatorische und industrielle Rahmenbedingungen, die sich mit zunehmender Reife der Systeme weiterentwickeln.

Da technische Einschränkungen schrittweise gelöst werden, treten neue Herausforderungen auf, sobald Systeme komplexer werden und näher an reale Einsatzszenarien rücken. Dies zeigt den Übergang von Prototypen zu industriellen Systemen.

Wesentliche technische Herausforderungen betreffen zuverlässige Motorsteuerung, Energieeffizienz und Batterielaufzeit, robuste Objekterkennung unter realen Bedingungen sowie sichere Interaktion mit Menschen. Auch ein stabiler Dauerbetrieb unter industriellen Bedingungen bleibt anspruchsvoll. Zudem gewinnen Wärmemanagement und Überhitzung an Bedeutung, da höhere Rechenleistung und starke Aktoren steigende Anforderungen an Energie und Kühlung stellen.

Neben den technischen Fragen beeinflussen auch organisatorische Faktoren die Einführungsgeschwindigkeit – etwa Produktionskosten, Lieferkettenaufbau, regulatorische Vorgaben, Sicherheitsstandards und die Identifikation wirtschaftlich sinnvoller Anwendungen. Nicht alle technischen Herausforderungen sind jedoch für die frühe Markteinführung gleichermaßen relevant.

HERAUSFORDERUNGEN FÜR ANBIETER

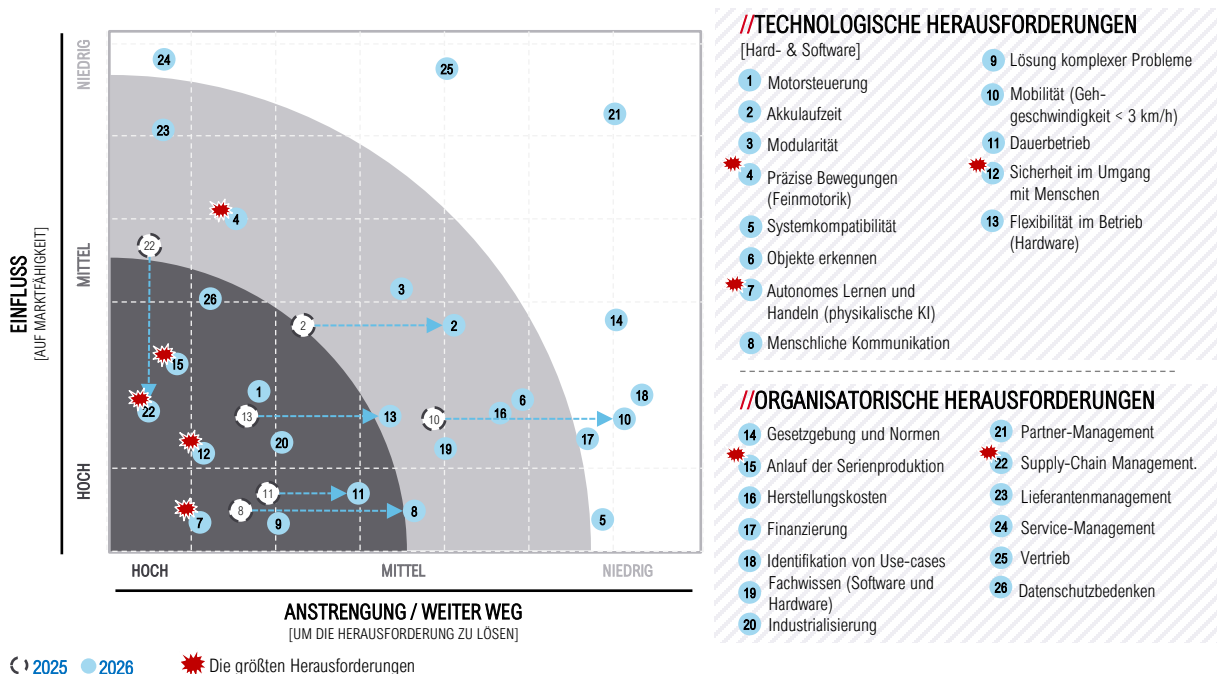


Abb. 12: Überblick über die technischen und organisatorischen Herausforderungen bei der Entwicklung und Herstellung humanoider Roboter auf der Grundlage einer Analyse von 90 kommerziellen Anbietern

Viele industrielle Anwendungen erfordern weder vollständig autonome Roboter noch hochgradig feinmotorische Manipulationsfähigkeiten. In vielen Fällen reicht die zuverlässige Ausführung klar definierter Aufgaben in strukturierten Umgebungen aus, um wirtschaftlichen Nutzen zu schaffen. Erfolgreiche Anbieter werden daher zunächst jene technologischen und operativen Herausforderungen lösen, die den größten kommerziellen Einfluss haben – statt sofort vollständige menschenähnliche Fähigkeiten anzustreben.

Neben den in den folgenden Abschnitten vertieft dargestellten Kernherausforderungen beeinflussen weitere technologische und organisatorische Rahmenbedingungen die Entwicklung humanoider Robotik. Dazu zählen Systemkompatibilität und Integration in bestehende Infrastrukturen, regulatorische Vorgaben und Standardisierung, Fertigungsskalierbarkeit sowie organisatorische Fähigkeiten wie Partner- und Lieferkettenmanagement oder Service-Operationen.

Zudem unterscheiden sich Relevanz und Intensität dieser Herausforderungen je nach Anbieter deutlich. Unterschiede in technologischer Ausrichtung, Zielmärkten, Systemarchitektur und Reifegrad führen zu heterogenen Problemprofilen innerhalb des Ökosystems. Was für einen Anbieter ein kritischer Engpass ist, kann für einen anderen teilweise bereits gelöst sein.

Um diese Dynamiken zu bewältigen, setzen viele Hersteller zunehmend auf strategische Partnerschaften im Ökosystem. Kooperationen mit Technologieanbietern, Komponentenlieferanten und Industriepartnern ermöglichen es, zentrale Herausforderungen auszulagern oder schneller zu lösen – insbesondere in den Bereichen KI-Entwicklung, Hardwarekomponenten, Systemintegration und industrieller Implementierung. Solche partnerschaftsgetriebenen Ansätze werden zu einem zentralen Mittel, um Entwicklungsrisiken zu reduzieren und die Markteinführungszeit in einem zunehmend kompetitiven Umfeld zu verkürzen.

STATUS-QUO DER AUTONOMIE IN BERUF UND BILDUNG

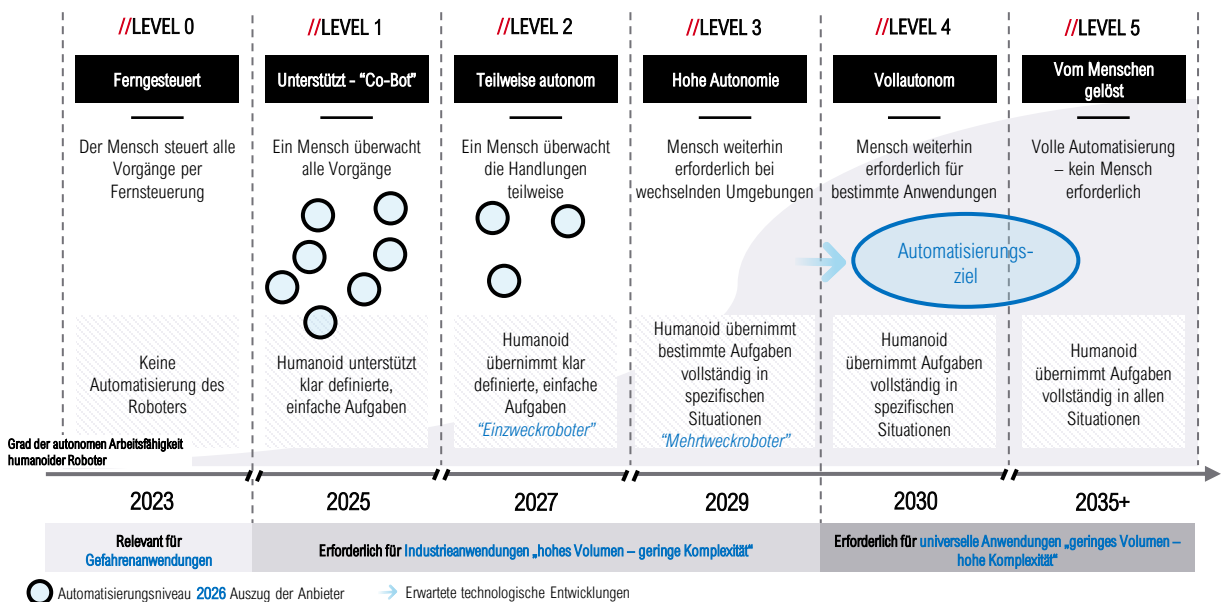


Abb. 13: Erwartete Entwicklung des Autonomiestands humanoider Roboter auf der Grundlage einer Analyse von 90 kommerziellen Anbietern

Herausforderungen der Autonomie beim Arbeiten und Lernen

Autonomie gehört zu den meistdiskutierten Aspekten humanoider Robotik. Allerdings ist vollständige Autonomie in allen Situationen für die meisten Industrieanwendungen nicht erforderlich.

In der Praxis arbeiten humanoide Roboter auf unterschiedlichen Autonomiestufen. Niedrige Stufen basieren stark auf Fernsteuerung oder vordefiniertem Verhalten, während mittlere Stufen eigenständige Aufgabenausführung in strukturierten Umgebungen unter menschlicher Aufsicht ermöglichen. Die höchsten Stufen entsprechen vollständig autonomem Betrieb in unvorhersehbaren Umgebungen.

Für Anwendungen wie Logistik, Montage oder Lagerbetrieb reichen mittlere Autonomiestufen häufig aus: Roboter übernehmen klar abgegrenzte Aufgaben selbstständig, während Menschen Ausnahmen oder

Systemüberwachung verantworten.

Dieses gestufte Autonomiemodell ermöglicht es humanoiden Robotern, bereits lange vor Erreichen vollständiger menschenähnlicher Autonomie wirtschaftlichen Nutzen zu liefern. Daher wird sich der kommerzielle Einsatz voraussichtlich schrittweise ausweiten – beginnend in strukturierten Industrieumgebungen mit überschaubaren Anforderungen an Autonomie.

Herausforderungen in der sicheren Mensch-Roboter-Interaktion

Die sichere Interaktion zwischen Mensch und Roboter ist ein weiterer wichtiger Aspekt beim Einsatz humanoider Systeme. Entgegen verbreiteter Annahmen lassen sich viele Sicherheitsanforderungen jedoch mit Konzepten adressieren, die aus der klassischen Industrierobotik bereits bekannt und etabliert sind.

STATUS-QUO BEI DER SICHEREN MENSCH-ROBOTER-INTERAKTION

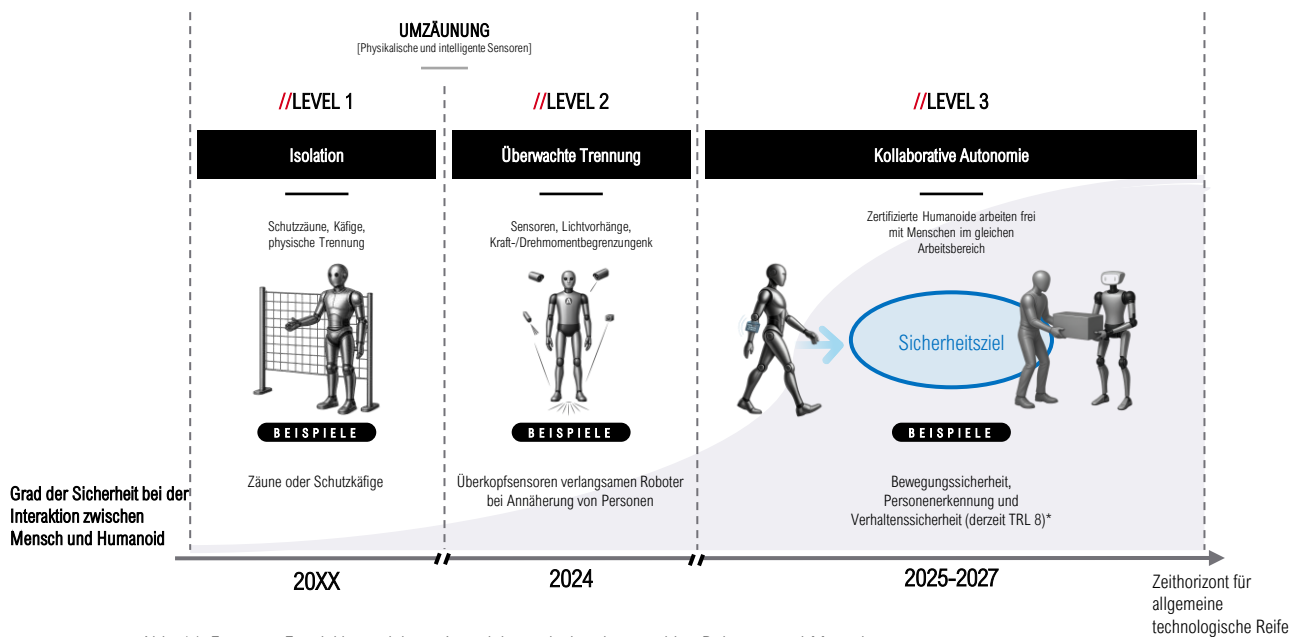


Abb. 14: Erwartete Entwicklung sicherer Interaktion zwischen humanoiden Robotern und Menschen

Viele frühe humanoide Anwendungen werden in kontrollierten Umgebungen stattfinden, in denen Roboter innerhalb klar definierter Sicherheitszonen arbeiten. Verfahren wie Schutzumzäunung, überwachte Trennung und Geschwindigkeitsbegrenzungen bieten bereits etablierte Methoden für eine sichere Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter.

Mit zunehmender technologischer Reife werden fortgeschrittene Interaktionsmodelle möglich, die ein freieres Arbeiten von Robotern in der Nähe von Menschen erlauben. Dennoch lassen sich viele industrielle Anwendungsfälle bereits heute mit bestehenden Sicherheitsmechanismen umsetzen – ganz ohne grundlegende technologische Durchbrüche.

Sicherheit ist daher weniger eine grundsätzliche Hürde, sondern vor allem eine Ingenieur- und Integrationsaufgabe, die sich durch geeignetes Design und Risikomanagement adressieren lässt.

Herausforderungen bei Motorik und feinmotorischer Manipulation

Motorik und Manipulationsfähigkeiten zählen zu den zentralen technologischen Herausforderungen humanoider Robotik. Zwar hat sich die Fortbewegung stark verbessert, doch die objektbezogene Manipulation mit menschenähnlicher Feinmotorik bleibt anspruchsvoll.

Aktuelle humanoide Systeme nutzen unterschiedliche Handkomplexitäten: einfache Greifer für größere Objekte oder Behälter, multifingerfähige Hände für flexibleres Greifen und vollständig fünffingerige Hände zur Nachbildung menschlicher Handfunktionen. Letztere erfordern hochentwickelte Steueralgorithmen und präzises Sensorfeedback.

Die Komplexität der feinmotorischen Manipulation ergibt sich nicht nur aus dem mechanischen Aufbau, sondern vor allem aus der präzisen Koordination von Wahrnehmung, Kraftregelung und Fingerbewegung. Zuverlässige Manipulation setzt daher gleichermaßen fortgeschrittene Software wie leistungsfähige Hardware voraus.

STATUS-QUO DER MOTORISCHEN FÄHIGKEITEN UND DER FEINMOTORIK

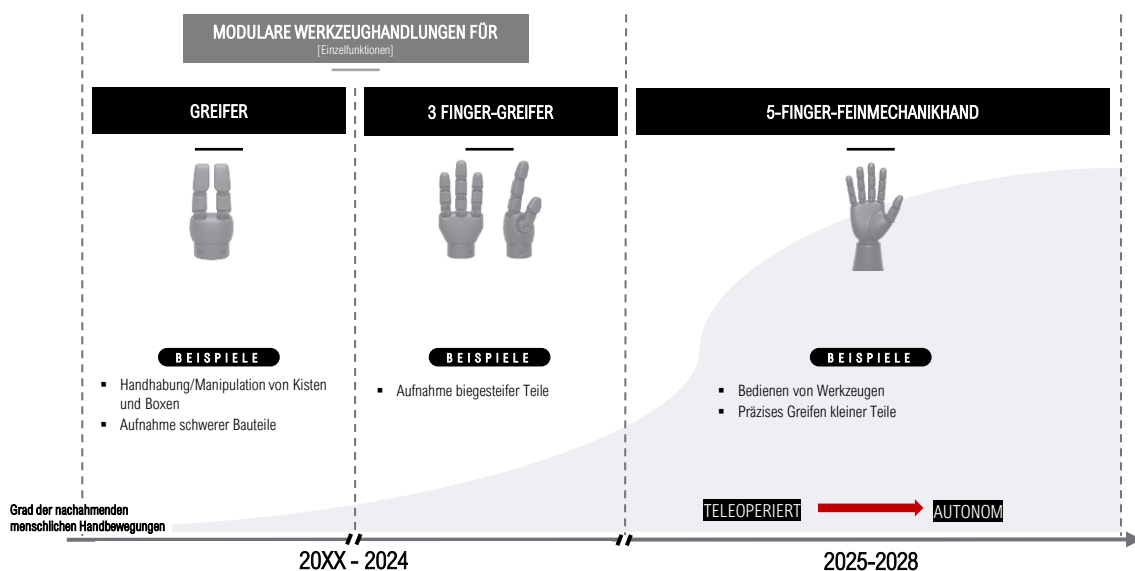


Abb. 15: Erwartete Entwicklung der Motorik humanoider Roboter

Während humanoide Roboter zunehmend komplexere industrielle Aufgaben übernehmen, gewinnen Fortschritte in der Motorik weiter an Bedeutung. Anbieter, denen es gelingt, mechanische Geschicklichkeit mit intelligenter Steuerung zu verbinden, werden sich einen klaren Wettbewerbsvorteil sichern.

Eine verbreitete Annahme ist, dass humanoide Roboter die menschliche Anatomie – insbesondere die Hand – möglichst exakt nachbilden sollten. Für industrielle Anwendungen ist eine vollständig menschenähnliche Hand jedoch nicht zwingend die beste Lösung. Stattdessen bieten aufgabenspezifische und modulare Endeffektoren häufig höhere Effizienz, Zuverlässigkeit und Leistung.

Industrielle Umgebungen erfordern ein breites Spektrum an Manipulationsaufgaben, von der Handhabung standardisierter Komponenten bis hin zu repetitiven Montage- oder Transportprozessen. In solchen Szenarien können spezialisierte Greifer oder austauschbare Werkzeugmodule anthropomorphe Hände übertreffen – insbesondere in Präzision, Robustheit und leichter Steuerbarkeit. Modulare Handsysteme, die je nach Anwendung angepasst oder gewechselt werden können, erhöhen zudem die Flexibilität und reduzieren sowohl Komplexität als auch Wartungsaufwand.

Auch jenseits der Endeffektoren muss das gesamte physische Design humanoider Roboter nicht strikt der menschlichen Form folgen. Abweichungen können sogar zusätzliche Leistungsgewinne ermöglichen: Systeme mit mehreren Armen oder zusätzlichen Manipulationseinheiten können parallele Aufgaben ausführen, den Durchsatz steigern und in räumlich eingeschränkten Umgebungen effizienter arbeiten.

Dies verdeutlicht ein zentrales Prinzip industrieller humanoider Robotik: Funktionalität hat Vorrang vor Anthropomorphismus. Während menschenähnliches Design in bestimmten Interaktionsszenarien Vorteile bringt, entsteht der größte wirtschaftliche Nutzen, wenn die Robotergestaltung konsequent auf Aufgabenerfüllung und Leistungsoptimierung ausgerichtet ist – nicht auf die Nachbildung menschlicher Anatomie.



//05 Technologiekosten

Mit dem Übergang der humanoiden Robotik von Prototypen zu ersten kommerziellen Einsätzen werden die Kosten zu einem zentralen Faktor für eine breite Marktdurchdringung. Ein Verständnis der Kostenstruktur humanoider Systeme sowie der erwarteten Kostenentwicklung ist daher entscheidend für die Bewertung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit sowohl industrieller als auch haushaltsbezogener Roboter.

Kostenstruktur humanoider Roboter

Die Kosten humanoider Roboter werden maßgeblich durch die Kombination aus fortschrittlichen Hardwarekomponenten und den zu ihrem Betrieb erforderlichen Softwaresystemen bestimmt. Zentrale Kostenelemente sind Aktoren und Motoren für die Bewegung, Sensorsysteme für die Wahrnehmung, On-Board-Rechenhardware sowie KI-basierte Steuerungssoftware. Insbesondere die mechanische Architektur – bestehend aus Motoren, Getrieben und präzisen Servosystemen über zahlreiche Freiheitsgrade – stellt einen erheblichen Anteil der Gesamtkosten dar.

Weitere Kostentreiber sind Wahrnehmungstechnologien wie Kameras und Tiefensensoren sowie Hochleistungs-Rechenchips, die Sensordaten verarbeiten und die Roboterbewegung steuern. Software- und KI-Systeme tragen ebenfalls zu den Entwicklungskosten bei, wobei ihre Grenzkosten pro Roboter mit steigenden Produktionsvolumina sinken.

Insgesamt wird das aktuelle Kostenniveau humanoider Roboter noch stark durch das frühe Stadium der Industrialisierung geprägt. Großserienfertigung und standardisierte Lieferketten befinden sich erst im Aufbau, sodass Skaleneffekte bislang begrenzt sind. Mit zunehmenden Produktionsvolumina und reifenden Komponentenökosystemen wird erwartet, dass diese Effekte die Stückkosten deutlich senken. Grundsätzlich gilt: Je breiter der funktionale Leistungsumfang eines humanoiden Roboters ist, desto höher fallen die Systemkosten aus.

Die zukünftige Kostenentwicklung wird sich zwischen industriellen und haushaltsbezogenen humanoiden Robotern unterscheiden, da beide Segmente unterschiedlichen wirtschaftlichen Logiken und funktionalen Anforderungen folgen.

Industrielle humanoide Roboter werden aufgrund höherer Traglasten, robuster industrieller Komponenten sowie erhöhter Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen weiterhin komplexer und damit kostenintensiver bleiben. Mit zunehmender Standardisierung und steigenden Produktionsvolumina könnten die Herstellungskosten jedoch in den kommenden Jahren auf etwa 55.000 US-Dollar pro Einheit sinken und damit eine breitere Nutzung in industriellen Anwendungsfeldern ermöglichen.

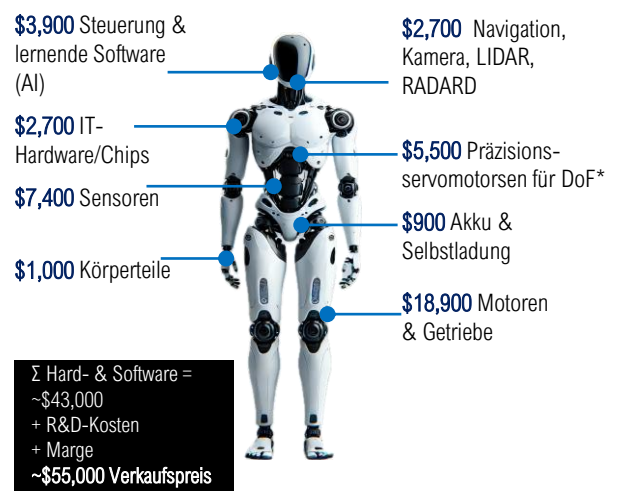


Abb. 16: Geschätzter Verkaufspreis für humanoide Roboter, aufgeschlüsselt nach Hardware- und Softwarekomponenten

Haushaltsnahe humanoide Roboter werden demgegenüber voraussichtlich einer Kostenentwicklung folgen, die der typischen Kostenkurve der Unterhaltungselektronik ähnelt. Diese Systeme erfordern in der Regel geringere Traglasten und weniger anspruchsvolle industrielle Spezifikationen, was einfachere Hardwarearchitekturen und damit niedrigere Preisniveaus ermöglicht. In der Folge ist zu erwarten, dass haushaltsbezogene humanoide Roboter langfristig deutlich günstiger werden als industrielle Systeme – insbesondere mit dem Aufbau von Lieferketten im Maßstab der Unterhaltungselektronik, standardisierter Komponenten und hoher Produktionsvolumina.

Über beide Segmente hinweg wird der Produktionsmaßstab der wichtigste Treiber für Kostensenkungen sein. Mit zunehmender Reife der Fertigungsprozesse und sinkenden Komponentenpreisen dürften humanoide Roboter für eine breitere Palette industrieller und privater Anwendungen wirtschaftlich tragfähig werden.

Neben klassischen Kaufmodellen gewinnen alternative kommerzielle Ansätze für humanoide Robotik zunehmend an Bedeutung. Anstelle der Anschaffung als Investitionsgut können Unternehmen und

Endnutzer robotische Fähigkeiten über flexiblere Preismodelle nutzen, etwa nutzungsbasierte Abrechnung, aufgabenbezogene Vergütung oder abonnementsbasierte Modelle („Robot-as-a-Service“).

Diese Ansätze senken die Eintrittshürden erheblich und verlagern Kosten von Investitionsausgaben (CapEx) zu Betriebsausgaben (OpEx), wodurch die Einführung erleichtert wird – insbesondere für Unternehmen, welche die Technologie zunächst in Pilotprojekten erproben möchten. Gleichzeitig ermöglichen solche Modelle eine höhere Flexibilität, da die Kosten stärker an tatsächlicher Nutzung und erzielten Leistungsergebnissen ausgerichtet werden können.

Aus Anbietersicht erlauben wiederkehrende Erlösmodelle eine engere Kundenbindung, kontinuierliche Systemaktualisierungen und integrierte Serviceangebote. Dazu zählen Wartung, Software-Updates und Leistungsoptimierung. Mit zunehmender Marktreife dürften diese flexiblen Geschäftsmodelle eine zentrale Rolle bei der Beschleunigung der Einführung und Skalierung humanoider Robotik über verschiedene Branchen hinweg spielen.



//06 Potenziale und Herausforderungen für Unternehmen

Während sich die humanoide Robotik zunehmend von Prototypen hin zu einem praktischen Werkzeug der industriellen Automatisierung entwickelt, stellt sich für Unternehmen nicht mehr die Frage, ob sich die Technologie durchsetzen wird, sondern wo sie konkreten operativen Mehrwert schaffen kann. Der folgende Abschnitt skizziert die wichtigsten Anwendungsfelder sowie die potenziellen Auswirkungen humanoider Roboter in industriellen Umgebungen.

Anwendungslandschaft der humanoiden Robotik

Humanoide Roboter sind als universell einsetzbare Robotersysteme konzipiert, die in Umgebungen arbeiten können, die ursprünglich für menschliche Arbeitskräfte ausgelegt wurden. Entsprechend breit ist das potenzielle Anwendungsspektrum, das Bereiche wie Gesundheitswesen, Bildung, Dienstleistungen, Unterhaltung, Haushaltsunterstützung und Forschung umfasst.

Kurzfristig wird jedoch erwartet, dass der industrielle Sektor das zentrale Einsatzfeld darstellt. Produktionsstätten, Logistik- und Wartungsumgebungen bieten strukturierte Arbeitsabläufe, in denen humanoide Roboter repetitive physische Tätigkeiten übernehmen, menschliche Arbeitskräfte unterstützen und bestehende, für Menschen ausgelegte Betriebsmittel bedienen können.

Innerhalb industrieller Umgebungen eignen sich humanoide Roboter insbesondere für Materialhandling, interne Logistik, Produktionsunterstützung, Inspektionstätigkeiten sowie die Unterstützung manueller Montageprozesse. Aufgrund der Kombination aus Wiederholbarkeit und Flexibilitätsanforderungen können sie klassische Automatisierungstechnologien sinnvoll ergänzen.

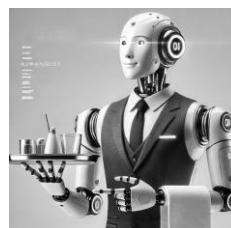
Insgesamt zeigt sich, dass industrielle Umgebungen voraussichtlich den ersten Markt für einen großskaligen Einsatz humanoider Robotik darstellen werden, auch wenn sich das langfristige Anwendungsspektrum über viele Branchen erstreckt.



GESUNDHEITSWESEN



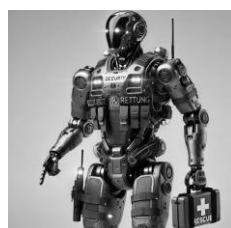
BILDUNG



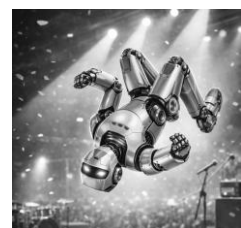
SERVICE



FERTIGUNG



SICHERHEIT & RETTUNG



ENTERTAINMENT



HAUSHALT



R & D

Abb. 17: Überblick über Anwendungsbereiche der humanoiden Robotik

Industrielles Wertpotenzial

Aus Unternehmenssicht liegt das wirtschaftliche Potenzial humanoider Robotik in der Automatisierung physischer Tätigkeiten, die heute noch manuell ausgeführt werden, sich jedoch mit klassischen Industrierobotern nur schwer automatisieren lassen.

Viele industrielle Abläufe sind weiterhin auf menschliche Arbeitskraft angewiesen, etwa beim Materialtransport, Sortieren, bei unterstützenden Montagearbeiten, der Bedienung von Maschinen und Anlagen oder bei visuellen Inspektionen. Diese Tätigkeiten finden häufig in Umgebungen statt, die Flexibilität, Mobilität sowie den Umgang mit für den Menschen ausgelegten Werkzeugen und Infrastrukturen erfordern.

Die Automatisierbarkeit hängt dabei stark vom Grad der Wiederholung und Standardisierung ab. Je strukturierter und repetitiver eine Aufgabe ist, desto einfacher lässt sie sich mit humanoiden Robotern automatisieren. Tätigkeiten wie Materialhandling, interne Logistik oder wiederkehrende Produktionsunterstützung eignen sich daher besonders für frühe Einsatzszenarien.

In mehreren industriellen Anwendungsfällen, insbesondere in der Produktionsunterstützung und Logistik, gelten Automatisierungspotenziale von über 40 % der bislang manuell ausgeführten Tätigkeiten als realistisch. Dabei sollen humanoide Roboter klassische Automatisierung nicht ersetzen, sondern gezielt ergänzen und die Lücke zwischen menschlicher Arbeit und hochspezialisierten Maschinen schließen.

Zur Veranschaulichung dieses Potenzials zeigen verschiedene Industriebeispiele, in welchen Bereichen Unternehmen besonders von der Einführung humanoider Robotik profitieren können.

CASE 1 - Automotive OEM

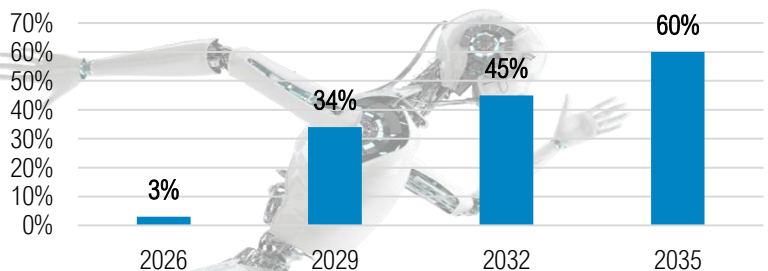


Abb. 18: Projekt-Case 1 – Potenzial für die Übernahme von Aufgaben durch Humanoide bei einem Automobilhersteller in den nächsten 10 Jahren | Zusätzliches Potenzial bei einem Automatisierungsgrad von ca. 49 %

CASE 2 - Halbleiterunternehmen

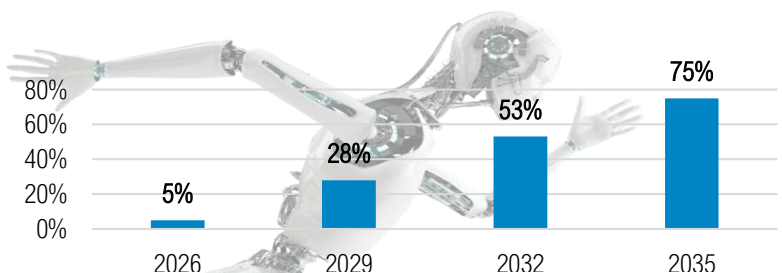


Abb. 19: Projekt-Case 2 – Potenzial für die Übernahme von Aufgaben durch Humanoide in einem Halbleiterunternehmen in den nächsten 10 Jahren | Zusätzliches Potenzial bei einem Automatisierungsgrad von ca. 79 %

CASE 3 - Auftragsfertigungsunternehmen

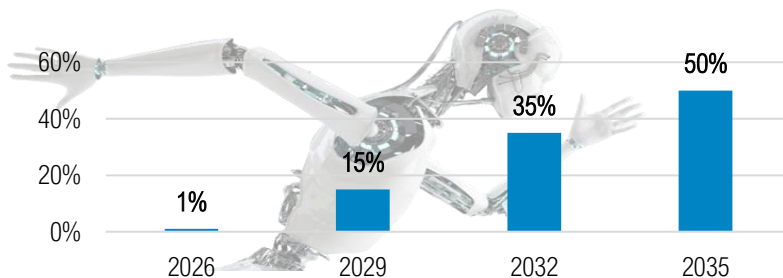


Abb. 20: Projekt-Case 3 – Potenzial für die Übernahme von Aufgaben durch Humanoide in einem Auftragsfertigungsunternehmen in den nächsten 10 Jahren | Zusätzliches Potenzial bei einem Automatisierungsgrad von ca. 8 %

Die dargestellten Industrieszenarien basieren auf konkreten Projekten, die gemeinsam mit Industrieunternehmen entwickelt wurden. Ziel dieser Vorhaben war es, auf Basis realer Prozessumgebungen zu bewerten, welches Automatisierungs- und Wertschöpfungspotenzial humanoide Systeme in den jeweiligen Unternehmen in den kommenden Jahren erschließen können. Die dargestellten Entwicklungspfade sind daher als projektbasierte Potenzialabschätzungen zu verstehen, die aus realen Unternehmens- und Prozesskontexten abgeleitet sind. Gleichzeitig stehen sie unter klar definierten Annahmen, etwa zur Geschwindigkeit der technologischen Reifung, zur Integrationsfähigkeit, zum Hochlauf sowie zur Skalierbarkeit, und stellen keine garantierten Ergebnisse dar.

Ein übergreifendes Ergebnis aller Projekte ist der enge Zusammenhang zwischen Prozessreife und humanoidem Potenzial: Je stärker Prozesse standardisiert, transparent beschrieben und störungsfrei sind, desto höher fällt das identifizierte Automatisierungspotenzial aus. Entlang der „Dimensions of Robot Analysis“ zeigt sich das höchste Potenzial dort, wo Arbeit nach einheitlichen Abläufen erfolgt, reibungslos ohne sichtbare Verzögerungen oder Fehler ausgeführt wird und eine gleichbleibende Ergebnisqualität über Zyklen hinweg erzielt wird. In solchen Umgebungen profitiert humanoide Robotik von geringerer Integrationskomplexität – klarerer Aufgabenlogik, stabileren Sicherheitskonzepten und klarer strukturierten Schnittstellen zu vor- und nachgelagerten Systemen – und erleichtert damit den Übergang zu skalierbaren Betriebsmodellen.

BEWERTUNGSKRITERIEN

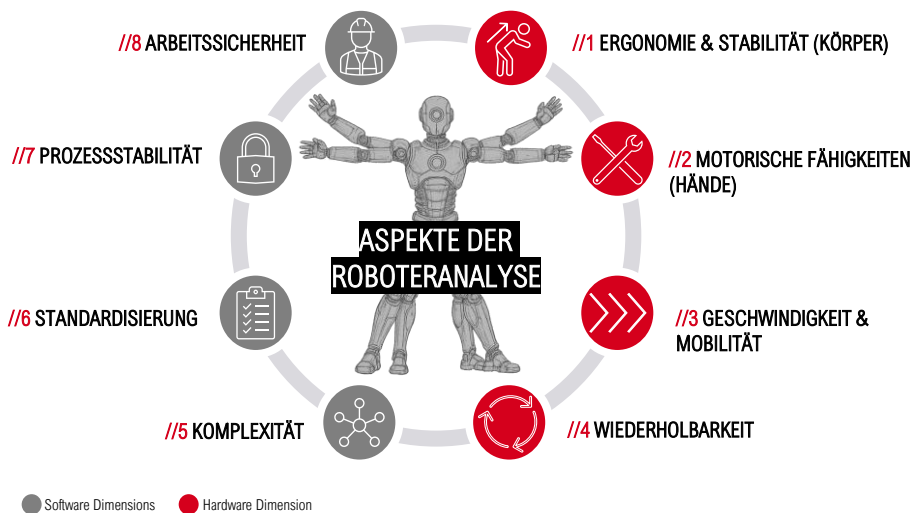


Abb. 21: Dimensionen zur Bewertung humanoider Roboter hinsichtlich ihrer derzeitigen und künftig erwarteten Fähigkeiten.

Ein zweiter, stark operativer Erkenntnisgewinn aus der Projektarbeit war, dass selbst in als hochstandardisiert wahrgenommenen Umgebungen wesentliche Teile der tatsächlichen Prozessausführung nicht ausreichend dokumentiert oder explizit beschrieben waren. Typische Lücken betrafen den Umgang mit Ausnahmen, informelle Workarounds sowie implizites Expertenwissen, das nie in Standardarbeitsanweisungen festgehalten wurde. In der Folge identifizierten die Analysen zahlreiche Ineffizienzen und wiederkehrende Störungen, die nicht primär humanoide Automatisierung erfordern, sondern häufig mit klassischen Verbesserungsansätzen adressiert werden können. Dazu zählen Ursachenanalysen wie die 5-Why-Methode, die Etablierung von Standardarbeit, die Klärung von Übergabepunkten und Verantwortlichkeiten an Schnittstellen, sowie die Stabilisierung von Materialversorgung und Prozessflüssen.

Dies ist aus strategischer Sicht in zweierlei Hinsicht relevant: Einerseits ermöglicht es kurzfristige Leistungsverbesserungen durch Prozessstabilisierung, andererseits erhöht es die Automatisierungsreife und beschleunigt damit die spätere Skalierung humanoider Systeme.

Eine weitere Erkenntnis aus den Fallstudien ist, dass viele Anwendungsfälle keine zweibeinigen humanoiden Roboter erfordern. In zahlreichen Situationen liegt der entscheidende Werttreiber nicht in „zwei Beinen“, sondern in der Fähigkeit, Objekte und Werkzeuge zu manipulieren, sich in strukturierten Umgebungen zu bewegen und zuverlässig in Shopfloor-Abläufe integriert zu werden. Entsprechend können alternative Ausprägungen – etwa mobile Manipulatoren auf Rädern, AMRs mit Armen oder stationäre kollaborative Roboter – für einen großen Teil der identifizierten Anwendungen praktikabler, sicherer und kosteneffizienter sein. Dies unterstreicht die Bedeutung, den Roboterformfaktor konsequent aus Aufgabenstellung und betrieblichen Randbedingungen abzuleiten und nicht automatisch auf ein bipedales Design zu setzen.

Insgesamt zeigen die Fallstudien ein klares Muster: Humanoide Robotik ist derzeit weniger ein

„Plug-and-Play“-Thema als vielmehr eine Folge von Prozessreife. Organisationen, die ihre Abläufe systematisch entlang zentraler Dimensionen wie Standardisierung, Stabilität, Wiederholbarkeit und beherrschbarer Varianz verbessern, erzielen unmittelbare Leistungsgewinne und schaffen zugleich die strukturellen Voraussetzungen, um humanoide Systeme in den kommenden Jahren wirtschaftlich, sicher und in großem Umfang zu industrialisieren.

Implementierungsherausforderungen in industriellen Umgebungen

Der Einsatz humanoider Roboter in realen Produktionsumgebungen bringt eine Reihe operativer Herausforderungen mit sich. Im Gegensatz zur klassischen Automatisierung müssen humanoide Systeme in bestehende, menschenzentrierte Umgebungen integriert werden, in denen Prozesse, Werkzeuge und Infrastrukturen ursprünglich für manuelle Arbeit ausgelegt sind.

Eine zentrale Herausforderung ist die Identifikation geeigneter Pilotanwendungen. Nicht jede Aufgabe eignet sich gleichermaßen für humanoide Automatisierung. Unternehmen müssen sorgfältig prüfen, wo Roboter tatsächlich Mehrwert schaffen können, etwa unter Berücksichtigung von Wiederholungsgrad, Prozessstabilität, Sicherheitsanforderungen und der Integration in bestehende Abläufe.

Darüber hinaus erfordert die Implementierung eine Abstimmung über mehrere operative Dimensionen hinweg. Prozessstabilität, Systemzuverlässigkeit, Sicherheitsanforderungen sowie die Integration in bestehende IT- und Automatisierungssysteme beeinflussen maßgeblich die Einführungsgeschwindigkeit. Gleichzeitig müssen Organisationen interne Fähigkeiten in Bereichen wie Integration, Betrieb und Wartung humanoider Systeme aufbauen.

Aus diesem Grund konzentrieren sich viele Unternehmen zunächst auf klar abgegrenzte Pilotprojekte, um die Technologie zu erproben, operative Erfahrung aufzubauen und den Einsatz schrittweise auf weitere Anwendungsfälle auszuweiten.

IMPLEMENTATION CHALLENGES

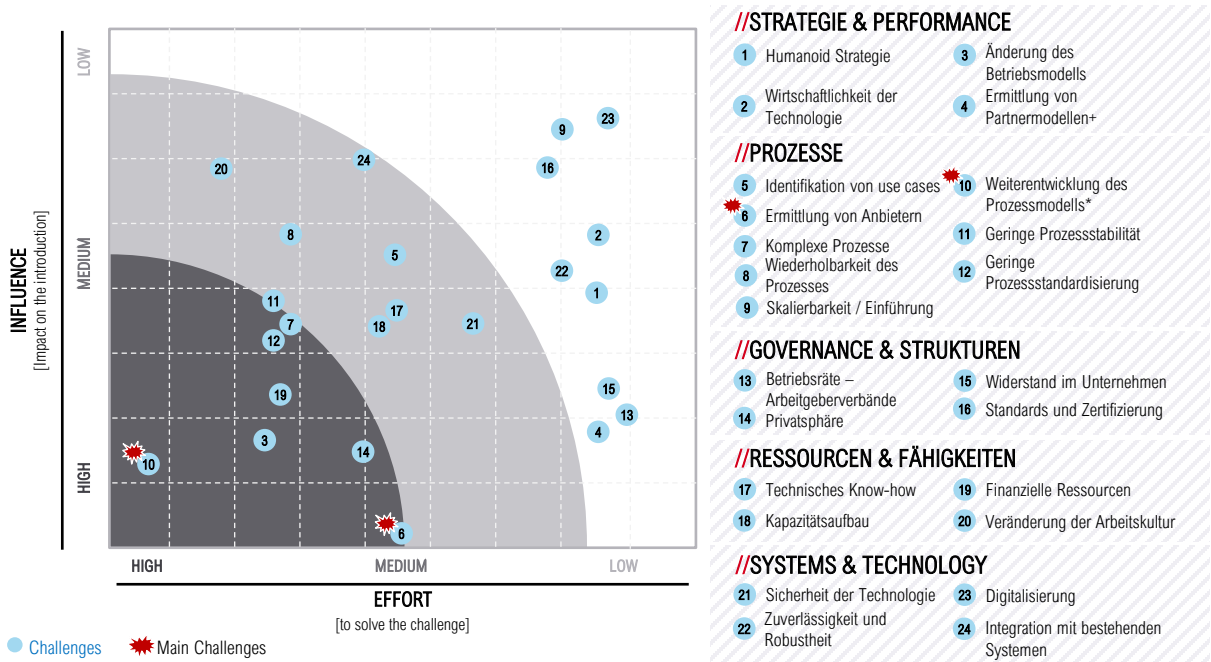


Abb. 22: Überblick über die Herausforderungen bei der Steuerung und Umsetzung humanoider Roboter auf der Grundlage einer Analyse von mehr als 12 Projekten

Anbieter-Partnerschaften

Eine der zentralen Herausforderungen bei der frühen Einführung humanoider Roboter ist die Auswahl geeigneter Technologiepartner. Das Ökosystem der humanoiden Robotik ist weiterhin stark fragmentiert, mit Anbietern auf sehr unterschiedlichen Reifegraden. Da sich die meisten Roboterplattformen noch in der Weiterentwicklung befinden und vollständig standardisierte Lösungen selten sind, reichen klassische Beschaffungsmodelle meist nicht aus. Erfolgreiche Implementierungen erfordern daher eine enge Zusammenarbeit mit Anbietern, häufig in gemeinsamen Pilot- oder Entwicklungsprojekten. Die Partnerauswahl umfasst neben der Roboterplattform auch technologische Roadmaps, Softwarearchitektur, Integrationsfähigkeit und langfristige Skalierbarkeit. In vielen Fällen ist zudem der Aufbau eines erweiterten Partnernetzwerks erforderlich, das Robotikanbieter, Softwareunternehmen und Systemintegratoren einschließt.

Prozessanpassung und -entwicklung

Neben der Anbieterauswahl ist die Anpassung bestehender Prozesse entscheidend für eine erfolgreiche Einführung humanoider Roboter. Viele industrielle Abläufe sind auf menschliche Arbeit oder spezialisierte Automatisierung ausgelegt, während humanoide Systeme andere Stärken und Grenzen aufweisen. Durch eine gezielte Neugestaltung von Aufgaben – etwa durch Vereinfachung oder Umverteilung – lassen sich Prozesse so umbauen, dass robotergerechte Prozessstrukturen entstehen und die Einführung beschleunigt wird. Werden Abläufe von Beginn an robotergerecht gestaltet, können humanoide Systeme schneller und über einen breiteren Bereich operativer Tätigkeiten hinweg eingesetzt werden als bei einer Integration in unveränderte Prozesse. Unternehmen, die ihre Abläufe aktiv weiterentwickeln, erreichen daher in der Regel eine schnellere und skalierbare Einführung humanoider Robotik.



//07 Way-Forward

Nach der Betrachtung des technologischen Fortschritts, der Marktentwicklung und des industriellen Potenzials humanoider Robotik bleibt eine zentrale Frage: *Welche Maßnahmen sollten Unternehmen heute ergreifen?*

Die Technologie befindet sich weiterhin in der Entwicklung – zugleich ist zu erwarten, dass humanoide Roboter eine zunehmend wichtige Rolle in der industriellen Automatisierung einnehmen werden. Auf Basis der Erkenntnisse dieser Studie lassen sich fünf strategische Handlungsfelder für Industrieunternehmen ableiten:

//01 BEOBACHTEN.

Den Markt für humanoide Robotik kontinuierlich beobachten und frühzeitig mit relevanten Technologieanbietern in Austausch treten, um Anforderungen mitzugestalten und Lernvorteile zu sichern.

//03 IDENTIFIZIEREN.

Wertschöpfungsstarke Anwendungsfelder identifizieren, indem operative Abläufe systematisch analysiert und Aufgaben priorisiert werden, bei denen humanoide Robotik messbaren Mehrwert liefern kann.

//05 WEITERENTWICKELN.

Das Betriebsmodell anpassen, indem Verantwortlichkeiten, Governance, Sicherheits- und Change-Management definiert sowie die Organisation für den nachhaltigen Betrieb von Embodied-AI-Systemen qualifiziert wird.

//02 VORBEREITEN.

Die Organisation vorbereiten, indem Prozesse optimiert, stabilisiert, standardisiert und digitalisiert werden sowie die für einen zuverlässigen Robotereinsatz notwendige digitale Infrastruktur aufgebaut wird.

//04 ZUSAMMENARBEITEN.

Mit Herstellern und Integratoren zusammenarbeiten, die zur Zielvision und zu den benötigten technischen und organisatorischen Fähigkeiten passen, um frühzeitig Zugang zur Technologie zu erhalten und operative Erfahrung aufzubauen

// IMPRINT

// AUTHOR & EDITOR



Tobias Bock
Lead Expert

Mobile: +49 152 25664930
Mail: tbock@consult-ing.ag



// KONTAKT

NEXERY.
Wolfratshauser Straße 46
81379 München

NEXERY. ist eine Forschungs- und Beratungsboutique für Industrieunternehmen. Das Unternehmen unterstützt Organisationen dabei, technologische Entwicklungen systematisch zu analysieren, strategisch einzuordnen und die gewonnenen Erkenntnisse in konkrete Entscheidungen zu überführen.

Durch die Kombination aus globaler Technologietrendanalyse, strukturierter Bewertung komplexer Innovationsfelder und datenbasierten Entscheidungsmodellen befähigt NEXERY. Führungskräfte, Chancen frühzeitig zu erkennen, fundierte Investitionsentscheidungen zu treffen und den technologischen Wandel nachhaltig zu steuern.

München, April 2026
© NEXERY.

// KONTAKT

CONSULT ING. Dietel Engineers AG
Landsberger Str. 259
12623 Berlin

CONSULT ING. AG ist eine Prozessberatung mit Schwerpunkt auf produzierenden Unternehmen und begleitet diese bei der Analyse, Gestaltung und Umsetzung anspruchsvoller Transformations- und Optimierungsprogramme. Der Fokus liegt auf der systematischen Verknüpfung strategischer Zielsetzungen, operativer Exzellenz und belastbarer Entscheidungsprozesse.

Das Unternehmen verfügt über umfassende Expertise in der Strukturierung komplexer Fragestellungen, der Entwicklung praxisnaher Konzepte und der Begleitung kritischer Veränderungsprozesse. Dabei werden quantitative Analysen, bewährte Managementmethoden und branchenspezifisches Know-how integriert, um nachhaltige Wirkung zu erzielen.

