ZUKUNFTSFIT 2030

GERADE JETZT!

Industrielle Roboter

Technologieübersicht und
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Humanoide Roboter

Stand der Technik, industrielle
Einsatzgebiete und Marktentwicklung

INDUSTRIELLENVEREINIGUNG
OBERÖSTERREICH

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber

Industriellenvereinigung Oberösterreich

Eisenhandstraße 15

4020 Linz

Rechtsform

Verein, ZVR-Zahl: 722338868

Vereinsbehörde: Bundespolizeidirektion Linz, Vereinsreferat

UVR 00160, EU-Transparenzregister NR. 89093924456-06

Für den Inhalt verantwortlich

DI Dr. Joachim Haindl-Grutsch

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

VORWORT

Die Personalkosten sind in Österreich überdurchschnittlich stark gestiegen. Mittelfristig verschärft der demographische Fachkräftemangel zusätzlich die Situation für die Industrie. Automatisierung ist daher eine Antwort auf diese Entwicklungen.

Roboter sind mittlerweile allgegenwärtig in der industriellen Praxis. Nach einer Umfrage von Fraunhofer Austria planen 82 Prozent der österreichischen Unternehmen weitere Investitionen in Roboter, um insbesondere die Wirtschaftlichkeit zu steigern, die Produktivität zu erhöhen und die Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dabei verfügen bereits die 33 Prozent der österreichischen Unternehmen über kollaborationsfähige Industrieroboter, die über fortgeschrittenere Fähigkeiten verfügen als klassische Industrieroboter.

Als nächste Entwicklungsstufe werden humanoide Roboter diskutiert, welche im Gegensatz zu anderen Robotern eine hohe Ähnlichkeit zu Menschen aufweisen und dadurch in der Lage sind, bestimmte Aufgaben zu übernehmen, die bisher von Menschen erledigt wurden. Dies ist möglich, da sie für menschenkonzipierte Arbeitsumgebungen konstruiert sind und sich beispielsweise nahtlos in bestehende Lager- und Infrastruktursysteme integrieren lassen. Darüber hinaus weisen humanoide Roboter eine höhere Flexibilität auf, so dass sie ein breites Aufgabenspektrum abdecken können. Durch die sinkenden Kosten und die fortschreitende technologische Entwicklung in den Bereichen der Hard- und Software sowie der Sensorik und Kontrollsysteme könnten humanoide Roboter in den nächsten Jahren deutlich an Wirtschaftlichkeit und Rentabilität gewinnen, zudem soll ein sicheres gemeinsames Arbeiten von Menschen und Robotern möglich werden.

Da die humanoiden Roboter kurz vor der Serienreife stehen, soll mit dieser Studie ein erster Blick auf die Fähigkeiten, aktuelle Einsatzgebiete und Modelle sowie Marktprognose geworfen werden, um Impulse für die oberösterreichischen Industriebetriebe für die Zukunft der Automatisierung und Robotik zu geben.

DI Dr. Joachim Haindl-Grutsch
Geschäftsführer

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 3

Inhaltsverzeichnis 5

Executive Summary 7

1 Einleitung 15

2 Industrielle Roboter: Technologieüberblick und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 17

2.1 Technologieüberblick 17

2.2 Einsatz industrieller Roboter im internationalen Vergleich 21

2.3 Nutzen und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes industrieller Roboter 26

2.4 Exkurs: Erfolgsfaktoren für die produktive Zusammenarbeit von Menschen und Robotern 32

3 Humanoide Roboter: Charakterisierung, aktuelle Modelle und Einsatzgebiete 35

3.1 Charakterisierung der Eigenschaften und Fähigkeiten 36

3.2 Überblick über aktuelle Modelle von humanoiden Robotern 42

3.3 Einsatzgebiete von humanoiden Robotern in der betrieblichen Praxis 57

4 Internationale Prognosen zum Einsatz humanoider Roboter 71

4.1 Technologische Entwicklungen 71

4.2 Kostenentwicklung von humanoiden Robotern 73

4.3 Relevante Nachfragetreiber und Marktprognosen 75

Literatur- und Quellenverzeichnis 79

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis 81

EXECUTIVE SUMMARY

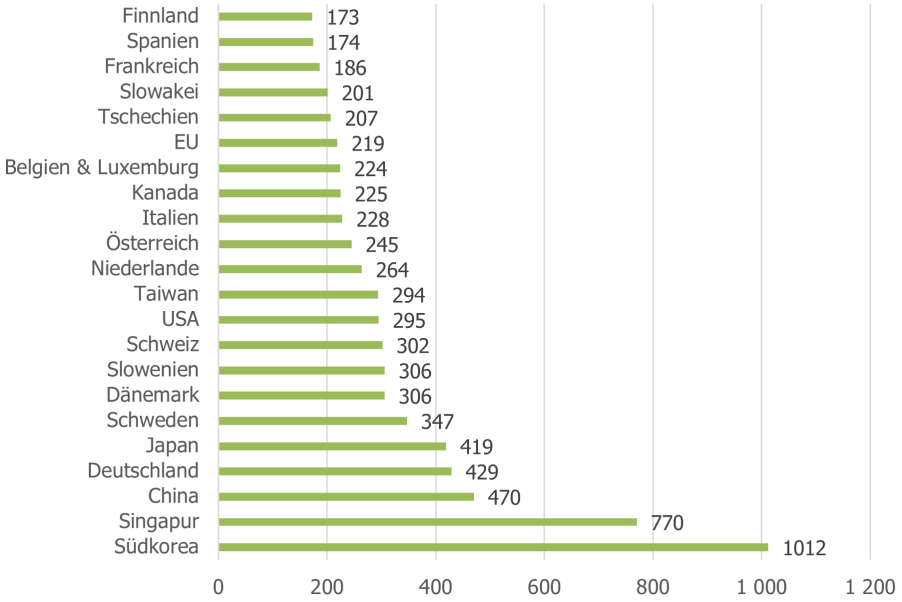
Roboter sind aus der modernen industriellen Produktion nicht mehr wegzudenken und werden bereits in vielen Branchen im großen Umfang eingesetzt, um die Wirtschaftlichkeit zu steigern, die Produktivität zu erhöhen und die Arbeitsbedingungen zu verbessern. Humanoide Roboter, die eine menschenähnliche Gestalt aufweisen, werden als nächste Entwicklungsstufe der Robotik gesehen.

Industrielle Roboter: Technologieüberblick und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Industrieroboter lassen sich in vier Typen unterteilen: 1) Industrieroboter mit serieller Kinematik, wie Knickarm-, Scara- oder Palletierroboter, die sich am biologischen Arm orientieren, aber vielfältiger gestalt- und einsetzbar sind, 2) industrielle Roboter mit paralleler Kinematik, wie Deltaroboter, die sich sehr schnell in alle Richtungen bewegen können, 3) mobile Roboter, die sich mehr oder weniger autonom bewegen können und 4) kollaborative Roboter (Cobots), die speziell für die direkte Zusammenarbeit mit Menschen entwickelt wurden.

Der Einsatz von Industrierobotern hat in den letzten zehn Jahren einen starken Aufschwung erlebt, so dass die Zahl der Roboter weltweit von 1,24 auf 3,9 Millionen gestiegen ist. Im weltweiten Vergleich liegt Österreich beim Robotereinsatz im Mittelfeld.

Abbildung 1: Roboter pro 10.000 Beschäftigte in der internationalen Fertigungsindustrie 2023



Quelle: (https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robot-density-in-factories-doubled-in-seven-years/), P-IC

Industrieroboter werden vor allem in der Elektro- und Elektronikindustrie genutzt, in der sie empfindliche Bauteile handhaben und präzise Arbeitsschritte ausführen. Führend ist weiters die Automobilindustrie, wo sie vorrangig für das Schweißen der Karosserie verwendet werden. In der metallverarbeitenden Industrie werden Roboter zum Schneiden und Bearbeiten von Metallen genutzt. Zur Kontrolle sicherheitsrelevanter Bereiche oder zur Herstellung von Arzneimitteln finden sie in der chemischen Industrie Verwendung. Außerdem werden sie in der Kunststoffverarbeitung bei der Herstellung von Kunststoffteilen oder in der Lebensmittelproduktion zum Schneiden und Verpacken von Waren eingesetzt.

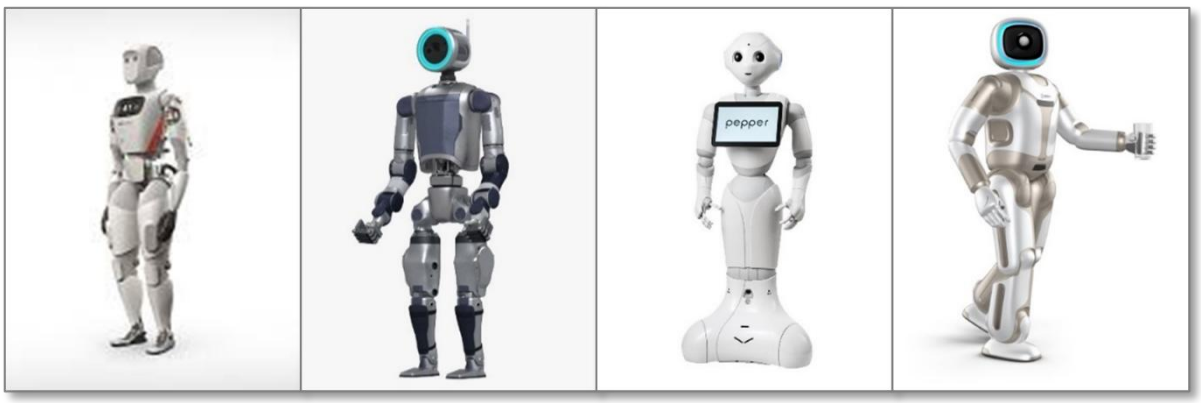
Die Vorteile des Einsatzes von Industrierobotern liegen in der Steigerung der Produktivität, der Verbesserung der Qualität, der Erhöhung der Flexibilität und Sicherheit sowie in der Reduktion von Kosten, sodass zur Wirtschaftlichkeit des Unternehmens beigetragen wird.

Eine generelle Aussage über die Wirtschaftlichkeit von Industrierobotern kann nicht getroffen werden, da die Kosten stark vom spezifischen Typ und Modell abhängen. Zu den Anschaffungskosten (Spanne von € 5.000 bis € 250.000) kommen die Kosten für die Anpassung der Anlagen, die Programmierung und Installation der Systeme sowie das Projektmanagement hinzu. Für die Beurteilung, inwieweit Industrieroboter wirtschaftlich eingesetzt werden können, ist vor allem der quantitative und qualitative Vergleich zwischen einer konventionellen Fertigungsanlage und einem Robotersystem von zentraler Bedeutung.

Humanoide Roboter: Charakterisierung, aktuelle Modelle und Einsatzgebiete

Humanoide Roboter stellen ein spezielles und zukunftsorientiertes Entwicklungsfeld der Robotik dar. Sie sind so konstruiert, dass sie eine menschenähnliche Gestalt haben, weshalb sie über Beine, Arme, Hände und einen Kopf verfügen. Außerdem können sie menschliche Bewegungsabläufe nachahmen. Auch die Sensorik orientiert sich am biologischen Vorbild, so dass sowohl optische als auch akustische Sensoren in den Kopf integriert sind.

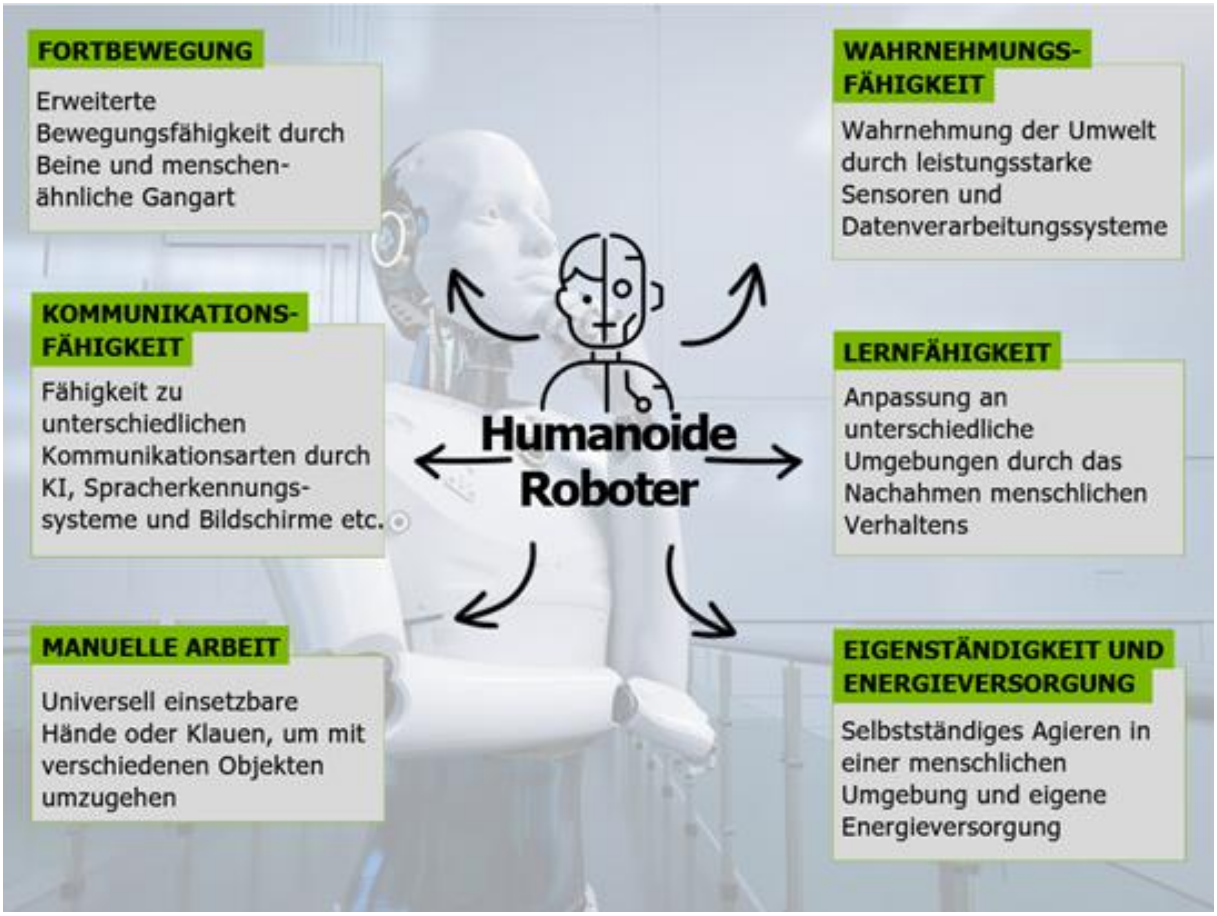
Abbildung 2: Beispiele von humanoiden Robotern



Quelle: P-IC

Ziel der Konstruktion humanoider Roboter ist die Anpassungsfähigkeit an menschliche Umgebungen, die soziale Akzeptanz und die Ermöglichung komplexer Mensch-Maschine-Interaktionen. Dadurch haben sie den Vorteil, dass sie sich nahtlos in bestehende Umgebungen integrieren lassen und deutlich flexibler als Industrieroboter sind, so dass sie ein breites Aufgabenspektrum abdecken können. Abbildung 3 zeigt die sechs Kernfähigkeiten von Robotern, die je nach Modell unterschiedlich ausgeprägt sind.

Abbildung 3: Kernfähigkeiten humanoider Roboter



Quelle: P-IC

Es gibt mittlerweile eine Reihe von verschiedenen Modellen humanoider Roboter, die entweder bereits im industriellen Einsatz sind oder in Forschungs- und Pilotprojekten erprobt werden. In der Studie werden 14 Beispiele von humanoiden Robotern vorgestellt, die die Vielfalt der technologischen Entwicklung verdeutlichen sollen. Weiters wird dabei ein Überblick über die verschiedenen Hersteller gegeben, die meist Firmen aus den USA, China, Japan, Norwegen, Deutschland, Großbritannien und Kanada sind. Anzumerken ist, dass die Beschreibung der Robotermodelle weitgehend auf Basis der Darstellungen der Hersteller sowie der Bewertungen in einschlägigen Fachzeitschriften oder Internetforen vorgenommen wurde.

Tabelle 1: Überblick über 14 Modelle von humanoiden Robotern

Roboter-Modell	Hersteller	Einsatzgebiet
Ameca	Engineered Arts	Forschung, Messen, Unterhaltung
ARMAR-6	KIT	Automobilproduktion, industrielle Montage, Logistik
Apollo	Apptronik	Logistik, Fertigung, Montage, Dienstleistungen
Atlas	Boston Dynamics	Katastrophenhilfe, Forschung, industrielle Aufgaben
Digit	Agility Robotics	Logistik, Materialhandhabung, Lagerverwaltung
EVE	1X Technologies	Industrie, Wartung & Instandhaltung, Logistik, Sozialbereich
Figure 02	Figure AI	Automobilproduktion, industrielle Montage, Logistik
Kaleido	Kawasaki	Katastrophenhilfe, Rettungseinsätze, Forschung, Produktion, Logistik
Neo	1X Technologies	Handel, Hausarbeit, Sozialbereich
Optimus	Tesla	Automatisierung repetitiver und gefährlicher Aufgaben, vorrangig in Fabriken
Pepper	Soft Bank Robotics	Kundenservice, soziale Interaktion, Einzelhandel, Pflege
Phoenix	Sanctuary AI	Industrie, Wartung & Instandhaltung, Rettungseinsätze
Unitree H1	Unitree Robotics	Industrie, Wartung & Instandhaltung, Rettungseinsätze
Walker	Ubtech Robotics	Lagerverwaltung, Assistenz, Logistik

In der Automobilindustrie werden humanoide Roboter bereits von BMW (Roboter Figure 02), von Mercedes Benz (Apollo), von NIO (Walker S1) und Zeekr (Walker S Lite) eingesetzt. Diese Anwendungsbeispiele aus der Automobilindustrie zeigen, dass sich humanoide Roboter besonders für den Einsatz in der Produktion eignen, da manuelle Tätigkeiten ohne größere Anlagenanpassungen oder zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen automatisiert werden können, was die Investitionskosten deutlich senkt und die Flexibilität erhöht. Potenziell können sie in diesem Bereich bis zu 60 % der manuellen Arbeitsschritte übernehmen.

Der Einsatz von humanoiden Robotern in der industriellen Logistik hat den Vorteil, dass sie sich nahtlos in die menschliche Umgebung integrieren lassen, verschiedene Arbeitsschritte wie Kommissionieren, Sortieren, Einlagern und Verpacken in Warenlagern übernehmen oder die Zustellung von Gütern im Bereich der letzten Meile abdecken können. Dies macht sie für verschiedene Anwendungsbereiche interessant, in denen automatisierte Lösungen aufgrund des anspruchsvollen Umfelds bisher kaum zum Einsatz kommen. In diesem Sektor nutzen bereits GXO Logistics und Amazon den humanoiden Roboter Digit.

Auch in der Bauindustrie zeigen erste Forschungsprojekte, wie der HRP-5P vom AIST, dass humanoide Roboter eine Vielzahl von Bauprozessen übernehmen können. Darüber hinaus sind sie in der arbeitsmedizinischen Versorgung und Notfallhilfe sowie im Handels- und Dienstleistungssektor einsetzbar. In diesen Bereichen wird vor allem der Roboter Pepper verwendet, welcher bereits in diversen Krankenhäusern oder auch in der Bank HSBC zum Einsatz kommt. Außerdem zeigt der Gastronomieroboter KIME, dass humanoide Roboter auch in den Betriebskantinen Verwendung finden können. Weiters gibt es bereits erste Anwendungsbeispiele von humanoiden Robotern, die anstatt von Menschen in gefährlichen und sehr anspruchsvollen Arbeitssituationen eingesetzt werden, zB in Unfallumgebungen. Dazu setzt die japanische Eisenbahngesellschaft bereits humanoide Roboter ein bzw. bedient sich die NASA des Roboters Valkyrie.

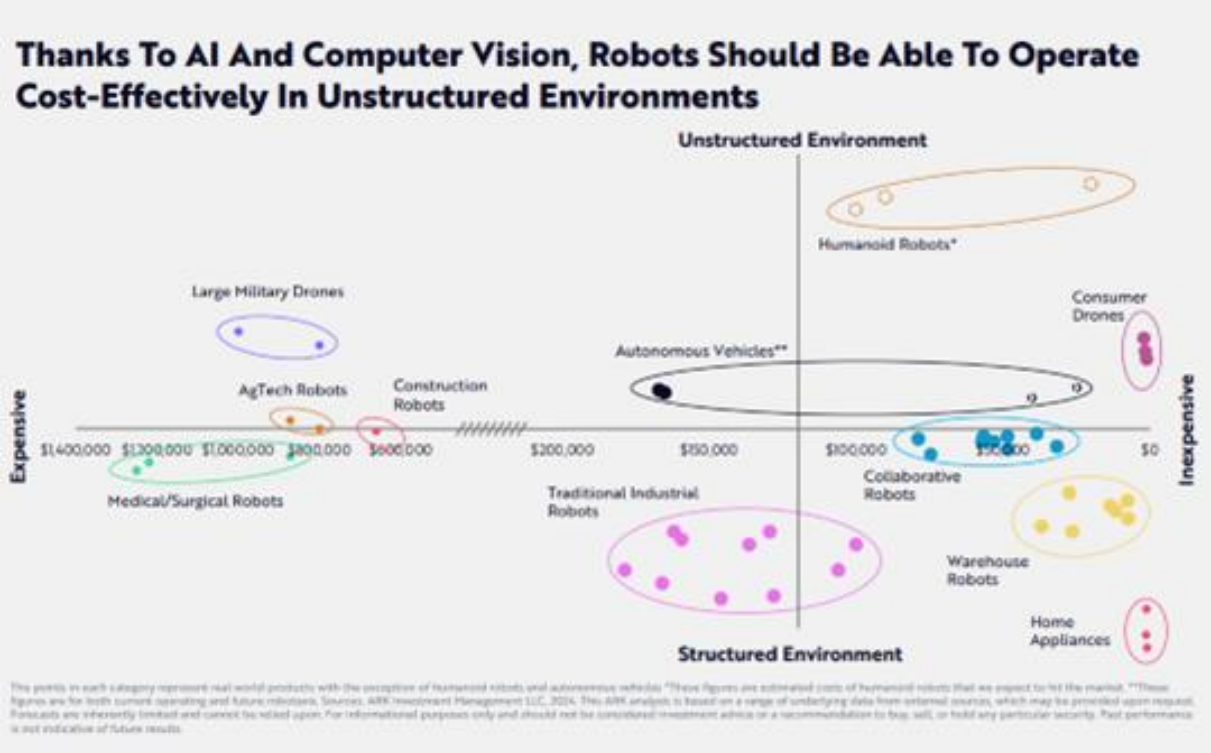
Internationale Prognosen zum Einsatz humanoider Roboter

Die große Herausforderung für die zukünftige Entwicklung humanoider Roboter besteht darin, viele Einzelfähigkeiten in einem kompakten System zu vereinen. Es gibt vier Schlüsselbereiche, nämlich künstliche Intelligenz, Energienutzung, Sensorik und Materialien, in denen technologische Durchbrüche die Entwicklung humanoider Roboter massiv beschleunigen können. Schätzungen zufolge könnten humanoide Roboter bis 2030 die Fähigkeiten des Menschen in Bezug auf Bewegungsgeschwindigkeit, Flexibilität und Feinmotorik übertreffen.

Als zukünftiges Einsatzgebiet bietet sich vor allem die Industrie an, weil das industrielle Umfeld in der Regel nur einer begrenzten Gruppe von Menschen zugänglich ist, die bereits im Umgang mit Maschinen geschult sind und die sich leichter an die Zusammenarbeit mit menschlichen Robotern gewöhnen können.

Abbildung 4 zeigt, dass die Kosten für humanoide Roboter, etwa im Bereich der Cobots und damit unter denen klassischer Industrieroboter liegen werden. Der Preis wird dabei stark vom Funktionsumfang abhängen.

Abbildung 4: Darstellung der Kosten verschiedener Roboter



Quelle: (ARK Invest, 2024)

Das Wachstum des Marktes für humanoide Roboter wird von drei wesentlichen Faktoren bestimmt:

1. Der demografische Wandel wird den bestehenden Arbeitskräftemangel verschärfen und zu einer erheblichen Nachfrage nach Arbeitskräften führen.
2. Steigende Lohnkosten machen eine zunehmende Automatisierung auch über die bisherigen Einsatzgebiete hinaus immer wichtiger für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit.
3. Der technologische Wandel wird mittelfristig dazu führen, dass humanoide Roboter dem Menschen in spezifischen Bereichen überlegen sind und bestimmte Tätigkeiten besser und schneller ausführen können.

Die Investmentbank Goldman Sachs erwartet ein Marktvolumen für humanoide Roboter von USD 38 Mrd. im Jahr 2035. Die aktuellen Fortschritte in der KI-Entwicklung und die stark gesunkenen Materialkosten beschleunigen den raschen Einsatz von Robotern in Fabriken und bei Verbrauchern. So könnten bis 2030 mehr als 250.000 humanoide Roboter für den industriellen Einsatz ausgeliefert werden und bis Ende der 2030er Jahre bis zu 1 Million Roboter pro Jahr produziert werden.

In eine ähnliche Größenordnung gehen die Prognosen von Marketsandmarkets, die den Weltmarkt für humanoide Roboter im Jahr 2029 auf USD 13,25 Mrd. beziffern. Ein Schlüsselfaktor wird die Verfügbarkeit von KI sein, Nachfragetreiber werden insbesondere in den Bereichen Dienstleistung, Logistik oder Medizin gesehen. Als aktuelle Herausforderungen werden noch die unzureichende Leistungsfähigkeit der Roboter und das fehlende Bewusstsein für die technischen Möglichkeiten bei relevanten Marktteilnehmern genannt.

Die Investmentbank Morgan Stanley prognostiziert speziell für den US-amerikanischen Markt, dass im Jahr 2040 bis zu 8 Millionen und im Jahr 2050 bis zu 63 Millionen humanoide Roboter arbeiten werden. Entscheidend für die Kommerzialisierung ist, dass Investoren die Chance nutzen und vor allem jene Branchen und Unternehmen unterstützen, die die KI, die Batterien und die mechanischen Teile für die Roboter entwickeln oder herstellen. Die Prognose von Morgan Stanley unterstreicht die optimistischen Erwartungen, dass humanoide Roboter in Zukunft die menschliche Arbeitskraft und Produktivität unterstützen und banale und gefährliche Arbeiten übernehmen werden.

Relevanz für die Industrie in Oberösterreich

Humanoide Roboter eröffnen durch ihre Kommunikations-, Lern- und Bewegungsfähigkeit neue Möglichkeiten der Automatisierung von Prozessen, die bisher von Menschen ausgeführt werden. Aktuelle Modelle humanoider Roboter geben einen Einblick in die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten – etwa in der Automobilindustrie oder in den verschiedenen Stärkefeldern der oberösterreichischen Industrie, wie dem Chemie-, Maschinen- oder Metallsektor. Auch können sie bei industriellen Services oder im industrienahen Dienstleistungsbereich eingesetzt werden, wie etwa bei der Ausstellung auf Messen oder beim Betrieb von Kantinen.

Die Betrachtung der relevanten Nachfragetreiber zeigt, dass Robotik im Allgemeinen, aber auch humanoide Roboter im Speziellen, dem Fachkräftemangel und steigenden Löhnen entgegenwirken und die Wettbewerbsfähigkeit der oberösterreichischen Industrie steigern können. Die Marktprognosen zeigen, dass sich der Markt für humanoide Roboter für industrielle Anwendungen besonders schnell entwickeln wird und dass ihre Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit in den nächsten Jahren durch die fortschreitende technologische Entwicklung in den Bereichen KI, neuronale Netze oder Batterien deutlich zunehmen wird.

Aufgrund des immer breiteren Einsatzspektrums, der sinkenden Kosten und der bevorstehenden Serienreife von humanoiden Robotern lohnt es sich daher für oberösterreichische Industriebetriebe, die Potenziale von Robotern genau im Auge zu behalten und zukünftige Anwendungsfelder frühzeitig zu erkennen.