

Humanoide Robotik

Hype oder Diversifikationschance?

SHOTS - Scientific Highlights on Trending Stories, Vol. 3

Bayerisches Foresight-Institut

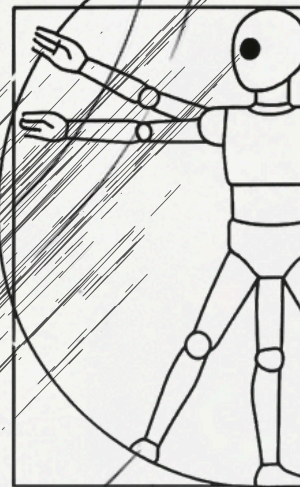
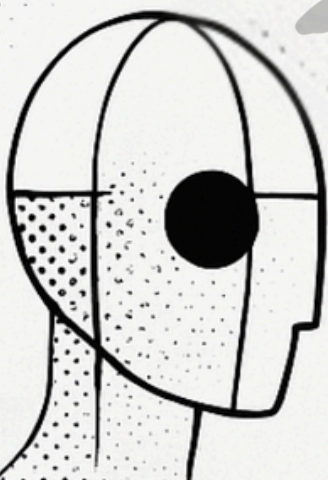


Technische Hochschule
Ingolstadt

Bayerisches
Foresight-Institut

Prof. Dr. Alexander Schönmann
Katharina Kleine

04/2025



01

Einleitung

02

Wer arbeitet an Humanoiden Robotern - und warum?

03

Prognosen der Markt- und Preisentwicklung

04

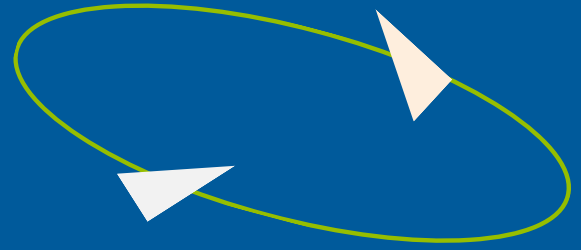
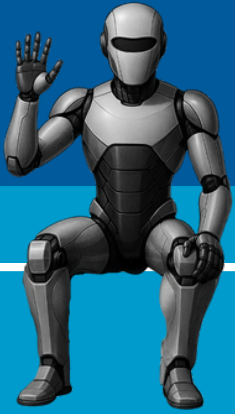
Reifegradanalyse

05

Die Rolle der deutschen Unternehmen



INHALTS- VERZEICHNIS



ÜBER DAS FORMAT

Am Bayerischen Foresight-Institut verfolgen wir strategische Vorausschau als einen umfassenden Ansatz. Dieser kombiniert Wissen und Methoden aus verschiedenen Bereichen, um sein volles Potenzial zu entfalten.

Wir veröffentlichen unsere Erkenntnisse zu verschiedenen Themen über unser Format

SHOTS

Scientific Highlights on Trending Stories

METHOD TOOL BOX



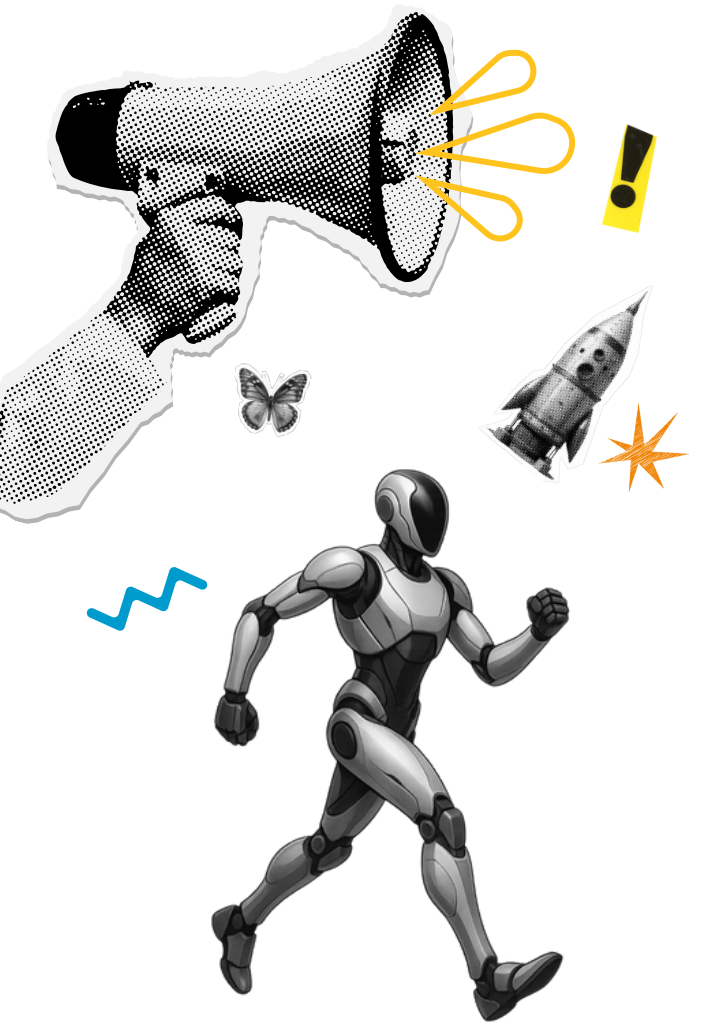
Die Bewertung der in diesem SHOT untersuchten Humanoiden Roboter basiert auf einem kombinierten Reifegradmodell, das zwei etablierte Bewertungsdimensionen integriert: den Produktionsreifegrad (PRL) sowie den Kommerzialisierungsreifegrad (KRL). Während PRL den technologischen Entwicklungsstand der Hardware beschreibt – von der ersten Idee bis zur getesteten, serienreifen Anwendung –, fokussiert das KRL auf die kommerzielle Anschlussfähigkeit einer Technologie. Dazu zählen u.a. in der Regel Marktbedarf, Wertversprechen, Skalierbarkeit, regulatorische Anforderungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Beide Skalen bestehen aus sieben Stufen und ermöglichen in Kombination eine differenzierte Einordnung von Innovationen – sowohl hinsichtlich technischer Machbarkeit als auch in Bezug auf ihre potenzielle Marktdurchdringung. Diese Einordnung basiert auf strukturiertem Desk Research sowie auf einer konzeptionellen Zuordnung technischer und kommerzieller Parameter, ergänzt durch Expertengespräche, Konferenzbesuche, Ergänzung von qualitativen Quellen, Projektinformationen und öffentlich verfügbaren Daten. Die daraus abgeleitete zweidimensionale Matrix dient nicht nur der Visualisierung des Status quo, sondern auch der strategischen Analyse: Wo ist die Technik weit entwickelt, der Markt aber noch zurückhaltend? Wo gibt es Reifepotenzial – und wo schon heute konkrete Skalierungsmöglichkeiten?

Darüber hinaus wurden im Rahmen dieses SHOTs weitere Erhebungen und Auswertungen vorgenommen. Dazu zählen:

- Meta-Analyse von Markt- und Technologiestudien führender Beratungsunternehmen (u.a. Bock, 2024; Bürger, Schulz & Gabriel, 2020; Diamandis, 2025; Du et al., 2024; Jonas et al., 2024; Kirchstein, Siepen & Wagner, 2024; siehe unten)
- systematische Sichtung und Kategorisierung von 33 relevanten kommerziellen Unternehmungen weltweit sowie 20 konkreter Roboterplattformen,
- Reifegradanalyse führender humanoider Systeme im internationalen Vergleich,
- sowie eigene Recherchen zu Marktvolumina, Preisentwicklung und Amortisationsmodellen.

Quellen:

- 1) Bock, T. (2024). Humanoide Roboter in Operations: Humanoide Roboter als Beschleuniger der Operations Transformation. Horváth & Partners Management Consultants, März 2024.
- 2) Jonas, A., Haigian, D.M., Tackett, W.J., Corley, S.K. et al. (2024). Humanoids: Investment Implications of Embodied AI. Morgan Stanley BluePaper, Morgan Stanley Research, 26 June 2024.
- 3) Diamandis, P.H. (2025). Humanoid Robots: 2025–2035 Metatrend Report. Abundance360 / PHD Ventures, Inc., 2025.
- 4) Bürger, M., Schulz, J. & Gabriel, P. (2020). Massenmarkt Servicerobotik: Herausforderungen und Potenziale für Hersteller und Zulieferer in Deutschland, Begleitforschung PAiCE, Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE-IT, Dezember 2020.
- 5) Du, J., Isayama, Y., Costa, D., Delaney, M., Zheng, N. et al. (2024). Global Automation: Humanoid Robot – The AI Accelerant. Goldman Sachs Research, 8 January 2024.
- 6) Kirchstein, F., Siepen, M. & Wagner, K. (2024). Humanoid Robots on the Rise: From Science Fiction to Reality – How to Participate in the Potential Revolution. Roland Berger GmbH, April 2024.



01. EINLEITUNG

HUMANOIDE ROBOTER – HYPE, HOFFNUNG ODER HANDFESTE INDUSTRIECHANCE?

Humanoide Roboter waren lange Zeit vor allem Projektionsfläche für Zukunftsvisionen – von popkulturellen Utopien bis zu experimentellen Forschungsplattformen. Doch diese Zeiten ändern sich rapide. Innerhalb weniger Jahre ist humanoide Robotik zu einem ernstzunehmenden Technologiefeld avanciert, das weltweit strategisch erschlossen wird: durch Investitionen globaler Automobil-OEMs, durch skalierbare Hardwareentwicklung und durch eine wachsende Zahl industrieller Anwendungsfälle.

Dabei geht es längst nicht nur um Assistenzsysteme für Haushalte. Vielmehr formiert sich ein neues Segment an der Schnittstelle von industrieller Automatisierung, Logistik, Servicearbeit und KI-gestützter Mensch-Maschine-Interaktion. Erste Serienmodelle sind am Markt, Pilotprojekte laufen, und die internationale Unternehmenslandschaft wächst rasant – mit klarer Dominanz asiatischer und nordamerikanischer Akteure. Auch in Europa, insbesondere in Deutschland, formieren sich Ansätze, das Thema technologie- und industriepolitisch stärker zu verankern. Gleichzeitig zeigen aktuelle Marktdaten: Der Business Case ist durchaus plausibel – zumindest unter bestimmten Bedingungen. Sinkende Hardwarepreise, wachsende Lohnkosten und Fortschritte in der Antriebstechnik und Sensorik könnten Humanoide Roboter in den kommenden Jahren wirtschaftlich attraktiv machen. Noch allerdings überwiegt die Notwendigkeit zur Konzept-Iteration um mittelfristig die Serienreife zu erlangen: Technisch sind viele Systeme bereits weit fortgeschritten, doch auf kommerzieller Ebene sind Sicherheitsstandards, Skalierbarkeit und flexible Einsatzmodelle noch als Hürden zu nehmen.

Mit diesem SHOT werfen wir einen kompakten, analytischen Blick auf den Status quo:

- **Welche Länder und Branchen treiben die Entwicklung voran?**
- **Wie bewerten Analystinnen und Analysten das Marktpotenzial?**
- **Wie wirtschaftlich sind humanoide Roboter wirklich – und wie reif ist die Technologie?**
- **Welche Rolle kann und sollte Deutschland in diesem entstehenden Markt einnehmen?**

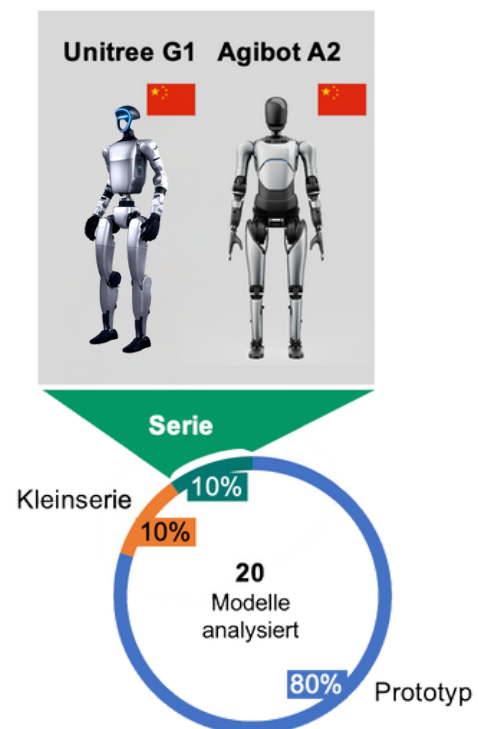
02.

WER ARBEITET AN HUMANOIDEN ROBOTERN – UND WARUM?



Ein detaillierter Blick auf kommerzielle Marktakteure im Bereich humanoider Robotik zeigt ein deutliches Bild: **China dominiert** die Entwicklung mit 39% der untersuchten Unternehmen, gefolgt von den USA (24%), während Europa, Japan und weitere Regionen jeweils rund 12% des Feldes ausmachen. Von insgesamt 33 analysierten Unternehmen sind 45% bereits seit über zehn Jahren am Markt aktiv und verfügen über entsprechende Finanzstärke. Ein klarer Hinweis darauf, dass das Thema auf etablierten industriellen Strukturen aufbaut und ernst genommen werden muss. Gleichzeitig aber signalisiert der Anteil jüngerer Unternehmen (1–10 Jahre: 54%), dass neue technologische Impulse und Gründungsdynamik hinzukommen.

Besonders auffällig ist die Branchenstruktur der aktiven kommerziellen Akteure: Ein Großteil der Unternehmen weist einen klaren Bezug zur Automobilindustrie auf. Hersteller wie Toyota, Hyundai, Honda und XPENG entwickeln humanoide Roboter in eigenen Einheiten. Auch technologiegetriebene Unternehmen wie Xiaomi (mittlerweile ebenfalls in der Auto-Industrie fest verankert) sind aktiv im Feld der Humanoiden involviert. BYD tritt als strategischer Investor auf, während Stellantis eine aktive Rolle bei der Humanoiden Robotik konkret vorbereitet. Ergänzt wird diese Landschaft durch ein Netzwerk von Kooperations- und Pilotpartnern wie BMW, Mercedes-Benz, Volkswagen, Zeekr, NIO sowie Amazon.



Quelle: Herstellerangaben,
Bilder: Unitree / Agibot

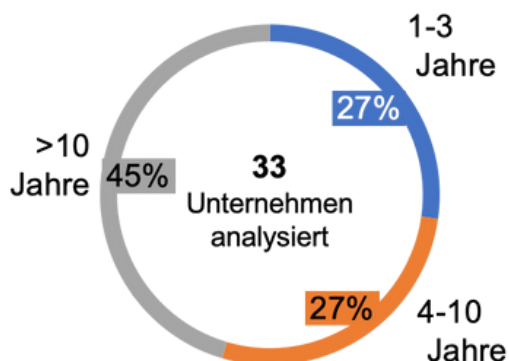
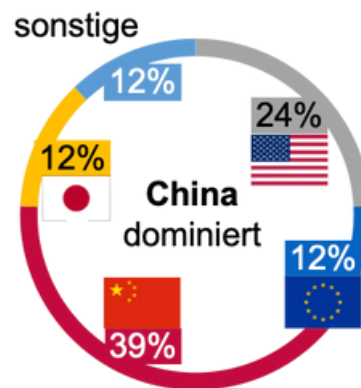
02.

WER ARBEITET AN HUMANOIDEN ROBOTERN - UND WARUM?



Auch auf Produktebene zeigt sich eine wachsende Reife: Von 20 analysierten kommerziellen Robotermodellen befinden sich 80 % derzeit im Prototypenstatus, 10 % in der Kleinserie. Zwei Modelle – Unitree G1 und Agibot A2 – haben bereits den Sprung in die Serienfertigung geschafft (nach Angaben der Unternehmen) und können käuflich erworben werden. Beide stammen aus China und unterstreichen damit nicht nur die technologische Vorreiterrolle des Landes, sondern auch die Umsetzungsstärke im industriellen Maßstab.

33 analysierte Unternehmen



Altersstruktur der Unternehmen

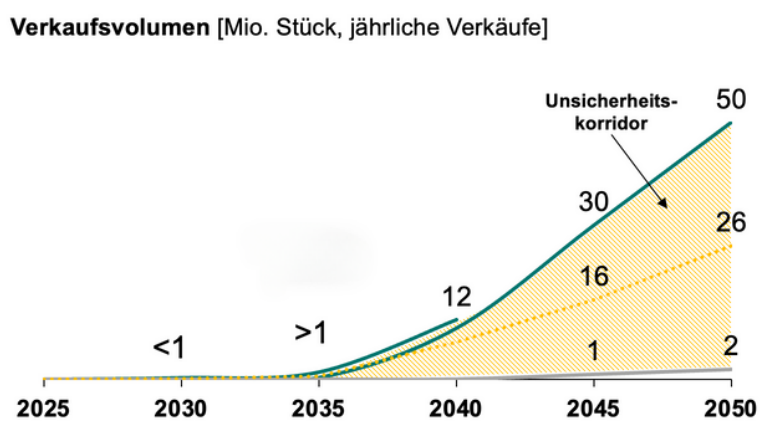
03.

PROGNOSEN DER MARKT- UND PREISENTWICKLUNG



Bereits in den kommenden 10 bis 20 Jahren könnten die jährlichen Verkäufe von Humanoiden Robotern auf die **magischen 1 Millionen** Stück steigen - basierend auf einer Meta-Analyse führender Studien (u. a. Roland Berger, Morgan Stanley, Goldman Sachs und Horváth, siehe Seite 4 Quellen 1 bis 6) sowie eigenen Berechnungen.

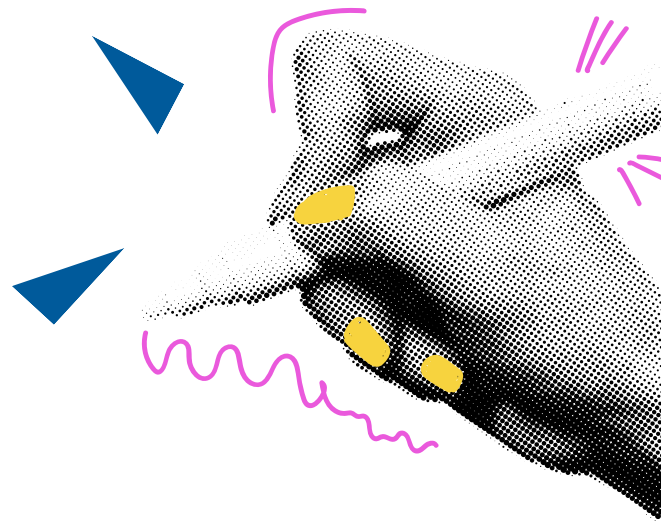
Entsprechend werden (im Mittel der analysierten Studien) Umsätze von 28 Mrd. USD (2035) bis zu 900 Mrd. USD. (2050) prognostiziert. Die tatsächliche Entwicklung bleibt aber mit hohen Unsicherheiten behaftet:



Die Meta-Analyse der Studien zeigt einen Unsicherheitskorridor von möglichen 2 bis 50 Mio. jährlich verkauften Einheiten im Jahr 2050 – abhängig von Faktoren wie Technologieakzeptanz, politischer Regulierung und Serienfähigkeit.

Ein wesentlicher Treiber des erwarteten Wachstums ist die deutliche Reduktion der Verkaufspreise der Humanoiden Roboter. Der durchschnittliche Verkaufspreis eines humanoiden Roboters liegt laut aktuellen Schätzungen bei rund 100.000 USD (2025) und könnte bis 2050 auf etwa 24.000 USD sinken (vgl. Quellen 1, 2 und 5). Hierbei sind allerdings auch Einstiegs- und High-End-Segmente zu unterscheiden. Möglich wird diese Entwicklung durch Skaleneffekte, technologische Fortschritte in Komponentenfertigung und Standardisierung sowie zunehmenden Wettbewerb am Markt. Unsere Einschätzungen ergeben Durchschnittspreise von ca. 59.500 USD auf absehbare Zeit, wobei Einstiegsangebote auch deutlich darunter liegen können. Entsprechend sind Amortisationszeiten von einem Investment in einen Humanoiden von unter 2 Jahren realistisch darstellbar.

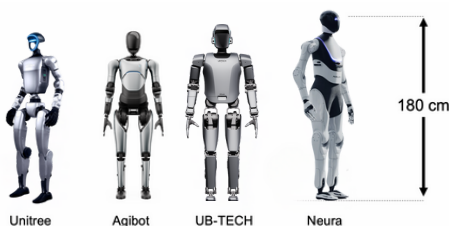
04. REIFEGRAD- ANALYSE



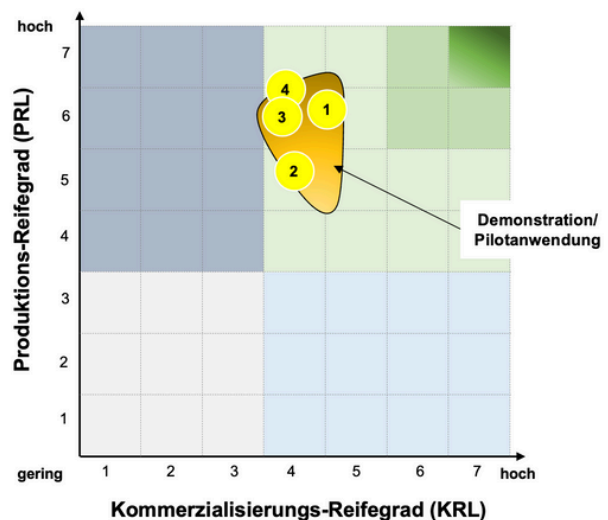
Eine Bewertung von Humanoid-Projekten zeigt: Während der technologische Reifegrad der Hardware (PRL) bereits beachtlich ist, besteht auf der Seite der Kommerzialisierung (KRL) noch Handlungsbedarf. So zeigen sich bereits erste Demonstrationen in realen Produktionsumgebungen als erfolgsversprechend, aber die Themenfelder wie bspw. Sicherheitsstandards, Zertifizierung, Skalierbarkeit der Trainingsumgebungen, Adaption auf neue Einsatzfelder bzw. andere Bodenstrukturen oder wechselnde Lichtverhältnisse und schließlich auch die Akzeptanz, stellen Hürden dar. Im Rahmen der **Reifegradanalyse** werden vier Humanoide Roboter exemplarisch unten in der Reifegrad-Matrix dargestellt. Der technologische Fortschritt (insbesondere auf Seiten der Hardware) ist real – aber für das Erreichen der entsprechenden Kommerzialisierungsreife in den ersten Industrieanwendungen (vorrangig Tätigkeiten wie bspw. Materialtransport oder Maschinenbeladung) in den kommenden 5-7 Jahren, ist wahrscheinlich eine Konzept-Iteration notwendig. Diese Konzeptschleife wird sich vornehmlich damit auseinandersetzen, ob sog. Teil-Humanoide Lösungen (insbes. Verzicht der Bipedie) eine mittelfristige Serienreife ermöglicht.

Durchgeführte Analysen (Auszug, eigene Bewertung Stand Q4/24)

Nr.	Hersteller Produkt	Land	Reifegrad		Marktstart
			PRL	KRL	
1	Figure AI Figure 02	USA	6	5	Plan: 2025 (bis 2028 100k)
2	Neura Robotics 4NE-1	Deutschland	5	4	Plan: 2025
3	UB-TECH Walker S	China	6+	4	Kleinserie 2024 (2025:1000)
4	Agibot A2 Series	China	6+	4	Start: 12/2024 (A2-Servicebot)



Bilder: Unitree / Agibot / UB-TECH / NEURA Robotics



05.

DIE ROLLE DER DEUTSCHEN UNTERNEHMEN



Humanoide Roboter können grundsätzlich auf drei grundlegenden Antriebsarchitekturen aufgebaut werden: Pneumatisch, Hydraulisch oder Elektrisch. Letztgenannte Systemarchitektur dominiert zunehmend die Modelle und es ist ein Trend hin zu elektrischen Antriebssystemen ableitbar. Entsprechend sind die “menschlichen Muskeln” in Linearantriebe bei einem Humanoiden zu überführen und die “Gelenke” als rotatorische Antriebe des Humanoiden zu verstehen. Die Hardware dahinter sind v.a. Elektromotoren, Getriebe, Gewindetribe, Kreuzrollenlager, Kontaktlager, Kraft-, Lage- und Drehmomentsensoren usw. Die Detail-Analyse zeigt: **244 Hardware-Komponenten** eines Humanoiden Roboters entsprechen **deutschen Kernkompetenzen**.

Humanoide Roboter als Wachstumsmotor für die Produktion in Deutschland verstehen

Insbesondere die zunehmende Beweglichkeit der Humanoiden Roboter (aktuell zwischen 16 bis 75 DoF bzw. Freiheitsgrade, mit Tendenz in Richtung mehr als 80) geht einher mit dem zunehmenden Einsatz von Elektromotoren, Lagern, Getrieben usw. Als “Sweet-Spot” aus Ingenieurs- und Maschinenbauperspektive zeigt sich insbesondere die “Hand” des Humanoiden (also der Greifer) mit teils mehr als 20 DoF. Bei den Hardware-Komponenten handelt es sich v.a. um hochrobuste (aufgrund der Traglasten) und hochpräzise (Sicherstellung der Positioniergenauigkeit) High-Tech Hardware. Darüber hinaus wird ein komplexer Kabelbaum benötigt, Leichtbau-Know-How und das Wissen aus der Werkstofftechnik - es zeigt sich ein echter Wachstumsmagnet mit PULL-Effekt für die gesamte Wirtschaft, basierend auf bestehenden Kernkompetenzen in Deutschland.

Über den Hauptautor

ALEXANDER SCHÖNMANN

“244 HARDWARE-
KOMPONENTEN EINES
HUMANOIDEN SIND
KERNKOMPETENZ DES
DEUTSCHEN
MASCHINENBAUS”



Kontaktdetails:

Prof. Dr.-Ing. Alexander Schönmann
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Forschungsprofessor
Technology Design and Application
Automotive Manufacturing Foresight

office: Esplanade 10, D-85049 Ingolstadt
phone: +49 841 / 9348-3509
mail: Alexander.Schoenmann@thi.de
www.thi.de

Mit einem Hintergrund als promovierter Ingenieur und studierter Wirtschaftsingenieur beschäftigt sich Alexander Schönmann seit mehr als 15 Jahren mit Themen der Automobil-Produktion sowie der industriellen Wertschöpfung in Deutschland und Asien, davon mit mehr als 10 Jahren im beruflichen Kontext der Kernbranchen Logistik, Finance, Handel und Automotive. Beruflich hat er sich auf 2 Kontinente, Europa sowie Süd-Ost-Asien, fokussiert, u.a. in der Reifenproduktion, Achsproduktion, Karosserierohbau und der E-Mobility.

Prof. Dr.-Ing. Alexander Schönmann ist ein erfahrener Ingenieur, Wissenschaftler und Dozent mit einer tiefen Leidenschaft für die Produktion in Deutschland. Er ist bekannt für seine innovativen Ansätze und seine Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge klar und praxisnah zu vermitteln. Als engagierter Forscher und Sparringspartner für interdisziplinäre Projekte ist er immer auf der Suche nach neuen Möglichkeiten, Wissen zu teilen und gemeinsam Herausforderungen anzugehen.

05.

ÜBER DAS BAYERISCHE FORESIGHT-INSTITUT

Das Bayerische Foresight-Institut fokussiert technologieorientierte Zukunftsforschung sowie die damit verbundenen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Interdependenzen. Es sollen Synergien zu den technikorientierten Forschungsinstituten der Technischen Hochschule Ingolstadt (THI) geschaffen werden, insbesondere in den Bereichen Künstliche Intelligenz, Nachhaltigkeit und Mobilität.

Die Forschung erfolgt anwendungsbezogen. Forschungsergebnisse fließen in Beratungsprojekte ein, werden über wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht und über adäquate Austauschforen unter Koordination des Bayerischen Foresight-Instituts den bayerischen HAWs zur Verfügung gestellt sowie in Wirtschaft und Gesellschaft transferiert.

Wissenschaftlichen Nachwuchs qualifiziert das Institut durch die Betreuung von Promotionen von wissenschaftlichen Mitarbeitenden, deren Anstellung in erster Linie durch die Einwerbung drittmittelfinanzierter Projekte fußt.



Get in touch

Mail: foresight@thi.de

Web: <https://www.thi.de/en/research/bavarian-foresight-institute/>

Bayerisches Foresight-Institut
Esplanade 10
85049 Ingolstadt
Germany

DISCLAIMER

Diese Arbeit dient ausschließlich Bildungs- und Informationszwecken und sollte nicht als alleinige Grundlage für wichtige Entscheidungen herangezogen werden. Leserinnen und Leser werden ermutigt, die präsentierten Ergebnisse mit weiteren Quellen zu verifizieren und zu ergänzen, um ein umfassenderes Verständnis des Themas zu erlangen.

Die vorliegende vorrangig qualitative Arbeit basiert auf umfassenden Literatur- und Internetrecherchen und wurde von unabhängigen Personen begutachtet. Trotz aller Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit, die bei der Erstellung dieser Arbeit angewandt wurden, wird betont, dass die Informationen und Erkenntnisse, die in dieser Arbeit präsentiert werden, möglicherweise nicht frei von Fehlern oder Ungenauigkeiten sind.

Internetquellen sind in der Regel öffentlich zugänglich und können von verschiedenen Personen ohne formale Kontrolle veröffentlicht werden. Trotz des Bestrebens, zuverlässige und vertrauenswürdige Quellen zu verwenden, kann nicht für die absolute Richtigkeit und Vollständigkeit der darin enthaltenen Informationen garantiert werden. Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird keine Haftung für die Inhalte, insbesondere externer Links, übernommen. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Die Verfasserinnen und Verfasser übernehmen keinerlei Haftung für etwaige Schäden oder Verluste, die durch die Verwendung oder das Vertrauen in die Informationen dieser Arbeit entstehen könnten. Jegliche Handlungen, die aufgrund der präsentierten Erkenntnisse unternommen werden, liegen in der eigenen Verantwortung der Leserinnen und Leser bzw. des/der Handelnden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Meinungen, Ansichten und Interpretationen, die in dieser Arbeit geäußert werden, diejenigen der Verfasserinnen und Verfasser sind und nicht unbedingt die offizielle Position einer Institution oder Organisation widerspiegeln, zu der sie gehören.

Vielen Dank für Ihr Interesse an dieser Arbeit. Wir hoffen, dass sie Ihnen einen wertvollen Beitrag zu Ihrem Verständnis des Themas bietet.

Bitte beachten: Keine kommerzielle Verwendung zulässig.
Verbreitung bitte erst nach Rücksprache.

Illustrationen der Humanoiden Roboter: KI-generiert mit OpenAI

