



# Metis

## Studie

### Humanoide Roboter

Nr. 43 | Juli 2025

Metis Studien geben die Meinung der Autor\*innen wieder. Sie stellen nicht den Standpunkt der Bundeswehr, des Bundesministeriums der Verteidigung oder der Universität der Bundeswehr München dar. Metis Studien richten sich an die politische Praxis. Sie werten Fachliteratur, Reports, Presstexte sowie Hintergrundgespräche mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Ministerien und Denkfabriken aus. Auf Referenzen wird verzichtet. Rückfragen zu Quellen können per Email an die Autor\*innen gerichtet werden.

Institut für  
Strategie & Vorausschau

# Zusammenfassung

**Z**wei der zentralen Herausforderungen für die Bundeswehr sind Personalaufwuchs und technische Innovation. Humanoide Roboter sitzen, stehen und laufen in der Schnittmenge dieser beiden Aufgabenfelder. Die Studie

skizziert den technischen Stand, kartographiert die Innovationslandschaft und stellt Überlegungen zum militärischen Gebrauch von humanoiden Robotern samt entsprechender Entwicklungsszenarien an.

## Stand der Technik

Vor 10 Jahren sorgten menschenähnliche Maschinen mit zwei Beinen, zwei Armen und einem Kopf noch bestenfalls für Belustigung. Die Bilder ihres teils spektakulären Scheiterns an einfachsten Aufgaben – etwa dem Öffnen einer Tür – im Rahmen der DARPA Challenge gingen 2015 um die Welt.

In der letzten Dekade hat die Technik beachtenswerte Fortschritte gemacht. Es gilt zwar weiterhin: *Hardware is hard*. Roboter, die in der Komplexität der physischen Welt erfolgreich eigenständig agieren sollen, stellen eine ganz eigene und größere technische Herausforderung dar als die Entwicklung von Software. Nichtsdestotrotz mehren sich die Anzeichen dafür, dass im Feld der humanoiden Robotik eine kambrische Explosion bevorsteht, ähnlich – und verknüpft mit – jener der *large language models* (LLMs) im Feld der Künstlichen Intelligenz (KI). Erschwingliche humanoide Roboter könnten sich so schon bald außerhalb von Labors oder Nischenanwendungen nützlich machen.

## Innovationstreiber

Die Übersicht in Tabelle 1 verdeutlicht, dass bei führenden Herstellern humanoider Roboter aktuell zwei verschiedene Herangehensweisen miteinander konkurrieren. Die meisten Unternehmen setzen im ersten Schritt auf die Anwendung von humanoider Robotik für klar definierte, wiederholte Aufgaben in strukturierten, kontrollierten Umgebungen in der Industrie. Selbst dort kommt es im Zusammenspiel zwischen Menschen und Maschinen bisweilen zu Überraschungen – etwa, weil Menschen die „Körpersprache“ von Robotern nicht gewohnt sind und

deren nächste Bewegung nur schlecht antizipieren können. Die Idee hinter dieser Herangehensweise ist dementsprechend, zuerst wichtige Lernerfahrungen in Umgebungen mit klaren Arbeitsschutzregeln zu sammeln, bevor sich das Unternehmen Haftungsrisiken durch etwaige Schäden in Privathaushalten aussetzt.

NEURA Robotics geht den umgekehrten Weg und strebt gleich im ersten Schritt Anwendungen in Privathaushalten und der Serviceindustrie an. Der Roboter ist dafür mit aufwendiger Sensorik ausgestattet, um auf diese Weise mit Menschen in kollaborativen, Hand-in-Hand-Szenarien sicher zu interagieren. Was ein Exemplar lernt, sollen dann dank vernetzter Infrastruktur fortan auch alle anderen in der „Roboterflotte“ beherrschen. Die Idee ist hier also, durch den direkten Einstieg in den Massenmarkt mit verbraucherfreundlichen Konsumgütern unternehmerisch Erfolg zu haben.

## Schlüsselfaktoren

Die berühmten Tanzeinlagen, Spaziergänge, Parkour-Läufe und Saltos von Boston Dynamics' Atlas-Roboter (siehe Tabelle 1) folgen fest vorprogrammierten Abläufen und sind somit ein nur begrenzt aussagekräftiger Indikator für den Stand der Technik.

Entscheidend für den Fortschritt im Feld ist, ob humanoide Roboter Objekte und Alltagsgegenstände handhaben und Aufgaben lösen können, und zwar in unstrukturierten und zuvor unbekanntem Umgebungen. Dies ist die wesentliche Voraussetzung, um den ultimativen Lackmestest der humanoiden Robotik zu bestehen: das Zubereiten einer Tasse Kaffee in einer fremden Küche auf Zuruf.

Unternehmen	Land	Modell	Ziel	Besonderheiten	Status 2025 → ...
Boston Dynamics	USA	Atlas	Grundlagenforschung	Traditionell der Goldstandard für Mobilität	Primär Forschung; beeinflusst Technologieentwicklung und andere Hersteller stark; begrenzte Anwendung im industriellen Bereich
Tesla	USA	Optimus	Arbeitsroboter / Universalassistent	Nutzt Sensorik und KI aus dem Bereich der Automobilindustrie; angekündigter Zielpreis < 30 000 USD (Zeitlinie unklar)	Prototypen; bisher häufig noch ferngesteuert; sortiert Objekte; meistert einfache Tätigkeiten; zunächst Anwendung in Industrie; später Haushalte
Figure AI	USA	Figure 02	Arbeitsroboter / Universalassistent	35 Freiheitsgrade; Sprachinterface von OpenAI	Seit 2024 industrielle Testanwendungen bei BMW; bis zu 12 000 Stück / Jahr ab 2025 (zunächst für Eigenbedarf und Forschung)
Unitree	China	G1, H1, R1	Preiskampf	Der im Juli 2025 präsentierte, simple R1 – 25 kg leicht, 26 Freiheitsgrade, keine Hände – soll unter 6 000 USD kosten	Erschwinglich zu Forschungs- und Entwicklungszwecken; Massenmarkt erst in 5–10 Jahren
NEURA Robotics	Deutschland	4NE1	Haushalts- und Service-roboter	Sicher in Menschnähe, entwickelt für Nutzung in privaten Umgebungen und im Servicebereich	Geplant: 5 Millionen Roboter bis 2030

Tabelle 1 Auswahl einiger relevanter Unternehmen und Modelle im Feld der humanoiden Robotik

### Aktuatorik

Aktuelle Robotermodelle verzichten auf hydraulische Antriebe und nutzen stattdessen kompaktere, leisere elektrische Motoren-Getriebe-Einheiten. Fortbewegung auf menschlichem Niveau, inklusive Treppensteigen und dem Umgehen oder Überwinden einfacher Hindernisse, gelingt inzwischen deutlich besser als noch zu Zeiten der DARPA Challenge 2015. Die Aktuatorik gehören zu den teuersten Komponenten eines humanoiden Roboters. Weltweit läuft ein Rennen um Kostensenkung und Massenproduktion, um Skaleneffekte zu ermöglichen. Forschungsbedarf besteht in diesem Zusammenhang noch bei haptischer Geschicklichkeit, um verschiedenste Objekte sicher zu greifen und adäquat zu handhaben.

### Sensorik

Ereblicher Leistungszuwachs und Kostensenkungen sind auch im Bereich von Kameras und LIDAR-Systemen zur Abstands- und Raumwahrnehmung zu verzeichnen. Die

Sensorik im Feld profitiert von Spill-over-Effekten aus dem Feld des autonomen Fahrens. Herausforderungen liegen in der Entwicklung von Sensorsystemen, die die Berührungsempfindlichkeit menschlicher Haut nachahmen.

### KI

Der Fortschritt im Feld erlaubt es heute bereits, mit humanoiden Robotern in natürlicher Sprache zu kommunizieren. Sie können zudem Objekte erkennen und simple Aktionen auf Zuruf oder via Imitation durchführen. Herausforderungen liegen im *edge compute*, um humanoide Roboter responsiver zu machen, sowie bei Weltmodellen und multimodalen *vision language action*-Modellen. Mittels dieser Modelle sollen Roboter zukünftig also nicht mehr nur per LLM kommunizieren und begrenzt „räsonieren“, sondern dank einer internen Repräsentation der Umwelt räumliche, kausale und physikalische Zusammenhänge verstehen und generalisieren, kontextbewusst planen und ebenso situativ angemessen wie rasch und zielgerichtet handeln können.



### Energieversorgung

Die Laufzeiten aktueller humanoider Roboter sind noch auf einige Stunden begrenzt. Auch hier sind Spill-over-Effekte aus der Elektromobilität und dem allgemeinen Trend hin zu Elektrifizierung zu erwarten.

Aktuell bewegt sich das Feld der humanoiden Robotik noch überwiegend im Bereich von Prototypen. Die Fertigung erfolgt in Manufakturarbeit, bestenfalls in Kleinserien. Kein Hersteller hat bislang massentaugliche Produkte auf dem Markt (siehe Tabelle 1).

Aus technischer Sicht lassen die weltweit aufgewendeten Summen an Kapital und der Automatisierungsbedarf aufgrund wachsenden demographischen Drucks in Kombination mit dem raschen Fortschritte bei KI (Software) und Aktuatoren, Batterien und Sensorik (Hardware) aber erwarten, dass humanoide Roboter in den nächsten 5 bis 10 Jahren den Schritt von Demonstratoren und Prototypen hin zu erschwinglichen und massenhaft nützlichen Helfern in einigen realen Umgebungen schaffen können. Skaleneffekte und bessere (primär in China hergestellte) Komponenten sollen Stückpreise um 15 000 USD oder weniger ermöglichen (siehe Tabelle 1).

Offen bleibt, ob Service- und Industriearbeitsplätze für Menschen nahezu komplett wegfallen, weil humanoide Roboter massenhaft und flexibel in nahezu allen Arbeitskontexten 24 Stunden am Tag und 7 Tage die Woche billiger als Menschen eingesetzt werden können. Wenn ja, dann könnte sich dies negativ auf die gesellschaftliche Akzeptanz der Maschinen auswirken. Angesichts des demographischen Wandels und des zunehmenden Fachkräftemangels in vielen Ländern könnte die Massenverfügbarkeit zuverlässiger humanoider Roboter allerdings umgekehrt auch dazu führen, dass enormer Produktionsgewinn und, aus europäischer Perspektive interessant, ein Re- und Friendshoring von arbeitsintensiven Industrien möglich wird.

Kurz, weitere Schlüsselfaktoren wie soziale Akzeptanz (Arbeitsmarkt), (IT-)Sicherheit und Regulatorik (Haftung) sowie der gesellschaftliche Umgang mit den neuen Maschinen insgesamt, sobald diese in verschiedenste Lebensbereiche außerhalb von Industrie und Servicekontexten vordringen, angefangen bei Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen (Roboterethik) bis hin zu Haushalten (Privatsphäre), beeinflussen die Entwicklung ebenfalls und sind schwerer abzuschätzen als technologische Trends.

### Implikationen und Szenarien für militärische Nutzung

Für die Bundeswehr halten Robotik und KI bereits bei der Anwendung von unbemannten Systemen (UxS) neue Chancen bereit, begleitet von Risiken, die es mittels geeigneter Defensivmaßnahmen sowie Konzepten zur verantwortungsbewussten Nutzung – wie etwa *meaningful human control* – einzuhegen gilt.<sup>1</sup>

Humanoide Roboter sind fehl am Platz in Anwendungskontexten, für die spezialisierte Formfaktoren besser geeignet sind. Das wird auch zukünftig so bleiben. Zu Aufklärungszwecken über ein Waldstück fliegende Quadcopter-UAVs oder zu Transportzwecken auf Ketten ein Feld durchquerende UGVs werden diese Aufgaben stets jeweils effektiver und effizienter erfüllen als ein humanoid geformter Roboter.

Der Vorteil humanoider Roboter liegt darin, sich flexibel in *für Menschen optimierte Umgebungen* einfügen zu können und dort irgendwann womöglich universell handlungsfähig zu sein. Die vielbesagten „schmutzigen, langweiligen und gefährlichen“ (*dirty, dull and dangerous*) Jobs, für die Maschinen bevorzugt herangezogen werden, kann ein humanoides System demzufolge dort übernehmen, wo die Drohne nicht fliegen und das Kettenfahrzeug nicht fahren kann.

Man braucht Arme und Beine, um in den LKW zu klettern und die Kisten auszuladen, die es dann eine enge Treppe hinunterzutragen und im Keller zu stapeln gilt. Eine menschliche Form kann auch nützlich sein, um in einem Gebäude Türen zu öffnen, einen versteckten Sprengsatz zu finden und diesen mit diversen Spezialwerkzeugen zu entschärfen.

Bis auf Weiteres werden humanoide Roboter in Streitkräften wie der Bundeswehr vor allem *mit* und *neben* Menschen Aufgaben übernehmen. Das hat technische Gründe: Die Autonomie der Systeme wird noch länger nicht dergestalt sein, dass man ihnen missionskritische oder gar mit dem Einsatz von Wirkmitteln in Verbindung stehende Aufgaben wird anvertrauen *können*. Hinzu kommt das *Wollen* – also rechtliche und ethische Ausschlussgründe, Kostenabwägungen sowie die streitkräftetypischen Beharrungskräfte beim Anwenden *von* und Vertrauen *in* Technologie.

<sup>1</sup> Siehe „Künstliche Intelligenz in Streitkräften“, Metis Studie Nr. 40 (April 2024).



Über humanoide Roboter gilt es konzeptionell trotzdem in anderen Kategorien nachzudenken als über die Nutzung spezialisierter UxS-Plattformen. Sie passen in letzter Konsequenz *nicht* in das Schema das *Manned-Unmanned-Teaming*, das für die Nutzung von UxS handlungsleitend ist. Denn humanoide Roboter werfen

perspektivisch nicht die Frage auf, wie sie Menschen am besten *ergänzen*, so dass Mensch und Maschine kooperativ ihre jeweilige Stärke ausspielen, sondern in welchen Kontexten sie Menschen – technische Reife, Vertrauen und Kosteneffizienz vorausgesetzt – *ersetzen*.

Es gilt zu bedenken, dass Streitkräfte in autoritär verfassten politischen Systemen, bei denen ein anderes Menschenbild zugrunde liegt als das des mündigen Staatsbürgers in Uniform samt innerer Führung, andere Einsatzmöglichkeiten für humanoide Roboter sehen dürften. Wer seinen Mitmenschen nicht vertraut und sie Maschinen lenken lässt, der baut keine Zentauren, sondern Minotauren, nutzt also die Maschinen, um die Menschen zu kontrollieren.<sup>2</sup> Ergo würden humanoide Roboter in einem solchen System womöglich als automatisierte „Politoffiziere“ genutzt, die das Verhalten von Soldatinnen und Soldaten überwachen und mit Drohungen und Zwangsmitteln vom Regime unerwünschtes Verhalten sanktionieren. Humanoide Roboter können somit auch ein Instrument der Unterdrückung sein, das totalitäre Herrschaft noch über die mit UxS zu Verfügung stehenden Zwangsmittel hinausgehend ermöglicht.

<sup>2</sup> Siehe den Abschnitt „Zentauren vs. Minotauren“ in „Künstliche Intelligenz in Streitkräften“, Metis Studie Nr. 40 (April 2024).

Abbildung 1 bündelt unter systematischem Rückgriff auf die im vorigen Abschnitt diskutierten Schlüsselfaktoren die Überlegungen zur Nutzung humanoider Roboter in der Bundeswehr. Es ordnet vier mögliche Zukünfte bis 2035 von

sehr wahrscheinlich bis sehr unwahrscheinlich. Szenario-Übergänge nach 2035 – in der Logik der Abbildung am ehesten von „Hilfsarbeiter“ nach „Kräfte-multiplikator“ – werden damit natürlich nicht ausgeschlossen.



### Hilfsarbeiter – sehr wahrscheinlich –

#### UxS dominieren. Humanoide Roboter arbeiten in Nischen.

Sie dienen der Forschung, zu Demonstrationszwecken sowie für begrenzte Unterstützungsaufgaben bei Logistik und Instandsetzung, in gefährlichen Umgebungen und versuchsweise bei Such- und Rettungseinsätzen. Kosten und technische Unzulänglichkeiten stehen einer breiteren Nutzung in militärischen Umgebungen entgegen. Ethische, rechtliche und operative Unsicherheiten und die Beharrungskräfte der Organisation Bundeswehr verlangsamen ihre Integration zusätzlich.

### Kräftemultiplikator – wahrscheinlich –

#### Humanoide Roboter werden zu einer wichtigen militärischen Ressource in verschiedenen Operationsszenarien.

Überraschend schnelle technische Fortschritte in Kombination mit Kostenreduzierungen ermöglichen einen kontextübergreifenden Einsatz humanoider Roboter in verschiedensten militärischen

Anwendungskontexten. Einsätze beschränken sich nicht nur auf Logistik und gefährliche Umgebungen (Such- und Rettungseinsätze), sondern umfassen auch die Unterstützung von spezialisierten Kräften im Orts- und Häuserkampf, wo ihr menschenähnlicher Formfaktor Vorteile bietet. Humanoide Roboter „erarbeiten“ sich Vertrauen aber nur langsam und werden in begrenzter Zahl und als Kräftemultiplikatoren eingesetzt. Menschen behalten sich die Entscheidung über die Anwendung von Wirkmitteln aus rechtlichen, ethischen und operativen Gründen vor.

Wahrscheinlichkeit

### Terminator – unwahrscheinlich –

#### Humanoide Kampfroboter übernehmen die Kriegsführung.

Revolutionäre Durchbrüche bei technologischen Schlüsselfaktoren ermöglichen den massenhaften Einsatz von humanoiden Robotern in allen Lebensbereichen, auch in Streitkräften. Diese stellen weltweit auf roboterzentrierte Doktrinen um und reduzieren die menschliche Präsenz auf dem Gefechtsfeld drastisch. Damit einher gehen ein globales Wettrüsten und der Beginn von tiefgreifenden Veränderungen im humanitären Kriegsvölkerrecht und der militärischen Ethik. Humanoide Roboter werden in großem Umfang in allen Organisationsbereichen, in Kombination mit UxS auch an vorderster Front, eingesetzt. Ihnen werden Wirkmittel und kontextabhängig bisweilen auch die Entscheidung über Leben und Tod auf dem Gefechtsfeld anvertraut. In Deutschland werden das Bild des Soldaten in Uniform und das Konzept der inneren Führung neu diskutiert.

### Paria

#### – sehr unwahrscheinlich –

#### Strenge Regulierung von humanoiden Robotern und weltweites Verbot militärischer Nutzung.

Massive negative Effekte auf Arbeitsmärkten weltweit in Kombination mit öffentlichkeitswirksamen Vorfällen, in denen Menschen zu Schaden kommen,

führen zu zunehmender gesellschaftlicher und politischer Ablehnung von humanoiden Robotern im Allgemeinen. Dies mündet in rechtlich bindenden internationalen Verträgen und streng reglementierenden nationalen Gesetzen, in deren Rahmen die Entwicklung und der Einsatz von humanoiden Robotern für militärische Zwecke gänzlich verboten werden („Stop Killer Robots“). Die Durchsetzung fällt weltweit sehr unterschiedlich aus, aber in einer gegenüber humanoiden Robotern insgesamt skeptischen Welt ist jedwede militärische Nutzung als perverse Entmenschlichung von Gewalt massiv stigmatisiert.



Abb. 1 Vier Szenarien für die Nutzung humanoider Roboter in der Bundeswehr bis 2035



## Empfehlungen

Die Zeitenwende stellt die Bundeswehr unter anderem vor zwei große Herausforderungen: Aufwuchs des Personalkörpers und Aufholen bei technischer Innovation. Humanoide Roboter sitzen, stehen und laufen in der Schnittmenge dieser beiden Aufgabenfelder.

Einerseits lässt vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung und der in Summe post-heroischen Verfasstheit der deutschen Gesellschaft das Freiwilligenmodell (für eine ausgeweitete Wehrpflicht existiert gegenwärtig keine parlamentarische Mehrheit) keinen zeitnahen Personalaufwuchs erwarten (davon abgesehen, dass das Schaffen der notwendigen Infrastruktur für diesen gerade erst begonnen hat). Andererseits hat die Zeitenwende bereits erstaunliche Effekte in der Gesellschaft gezeitigt. Die grundsätzliche Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit Sicherheits-, Verteidigungs- und Resilienzfragen ist gestiegen; Zivilklauseln, Dual-Use-Vorgaben und Environmental, Social and Governance (ESG)-Kriterien werden überdacht; Privat- und Wagniskapital fließen in den Rüstungssektor; und ein auf innovative Verteidigungslösungen ausgerichtetes Startup-Ökosystem ist entstanden.

Menschen in Streitkräften mit höherwertigeren Tätigkeiten zu betrauen, macht ihren Dienst nicht nur sicherer, sondern auch attraktiver – und die Streitkräfte in Summe effektiver. Die Bundeswehr sollte sich vor diesem Hintergrund bereits heute die Frage stellen, welche Aufgaben in einem

Zeitraum von 5 bis 10 Jahren womöglich an humanoide Roboter delegiert werden können. An vielen Stellen in der Bundeswehr wird im Zuge der Zeitenwende bereits intensiv mit Blick auf UxS und Automatisierung im Allgemeinen nachgedacht, entwickelt, erprobt – ein neues Zentrum für Innovation ist im Entstehen. Wenn auch in Sachen humanoider Robotik der Weg von der Idee bis zur Anwendung in der Truppe kürzer werden soll, dann lautet die Empfehlung, dieses Zukunftsthema ab sofort in den Blick zu nehmen. Vier konkrete Denkanstöße für Anwendungsversuche, aufsteigend sortiert nach Schwierigkeitsgrad, lauten wie folgt:

### **Logistik**

Transportieren von diversen Lasten in komplexen Umgebungen

### ***Explosive ordnance disposal (EOD)***

Erkennen, Klassifizieren und Entschärfen von Sprengmitteln in schwer zugänglichen Bereichen

### ***Sentry***

Sicherungsaufgaben inklusive autonomer Drohnenabwehr

### ***Casualty evacuation (CASEVAC)***

Unter Feuer oder in Gefahrenzonen, in Kombination mit „Grille“ für Abtransport

## IMPRESSUM

### Herausgeber

---

Metis Institut  
für Strategie und Vorausschau

Universität der Bundeswehr München

Web: [metis.unibw.de](http://metis.unibw.de)

Bluesky: [@metis.unibw.de](https://bsky.app/profile/@metis.unibw.de)

### Autor

---

PD Dr. Frank Sauer \*

[metis@unibw.de](mailto:metis@unibw.de)

\* Bei Recherche und Konzeption wurden OpenAI  
Deep Research, ARC Analysis und 4Strat FSC genutzt.  
Sämtliche Inhalte der Studie sind vom Autor verfasst.

### Creative Director

---

Christoph Ph. Nick, M.A.

Zum Staunen\* | [zum-staunen.de](http://zum-staunen.de)

### Lektorat, Layout, Design

---

Zum Staunen\* — WissKomm Kreativstudio

### Bildnachweis

---

Titel:

„Humanoider Soldatenroboter in Denkerpose“ | C. Nick,  
Motiv mit Hilfe von Midjourney und Photoshop erstellt.

— Midjourney Prompts: „head of futuristic soldier  
robot looking straight to camera, x-ray style on black  
background“ / „Le Penseur in the style of a futuristic  
robot soldier, black background“ / „monochrome, head of  
futuristic soldier robot in thinker pose, x-ray style on black  
background“.

ISSN-2627-0587

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ  
Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen 4.0  
International zugänglich.



[AI]\*