

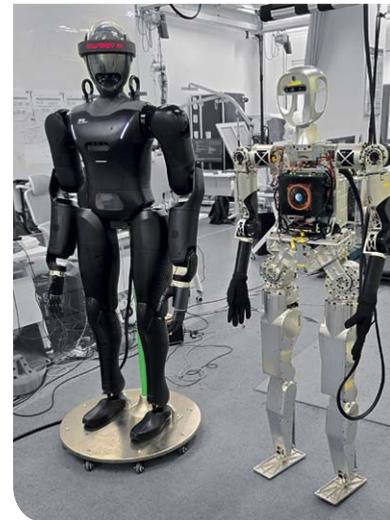


Bilder: Jens Müller

Humanoide im Industrieinsatz

von Jens Müller

Humanoide Roboter stehen an der Schwelle zum produktiven Einsatz in Industrie und Logistik. Länder wie China treiben die Entwicklung mit Nachdruck voran. Gleichzeitig wächst der internationale Handlungsdruck, verlässliche Sicherheitsstandards, gesetzliche Rahmenbedingungen und ethische Leitplanken zu schaffen.



Eindrucksvoll zeigt sich, was unter dem Cover eines Humanoiden steckt: präzise Mechanik und komplexe Elektronik.

Die industrielle Automatisierung steht vor einem Paradigmenwechsel. Während konventionelle Industrie-Roboter seit Jahrzehnten ihren festen Platz in der Serienfertigung haben, treten humanoide Roboter zunehmend aus der Forschung in reale Arbeitsumgebungen. Mit menschenähnlicher Gestalt, zweibeiniger Mobilität und feinfühligere Sensorik sollen sie Aufgaben übernehmen, die bisher dem Menschen vorbehalten waren – beispielsweise im Lager, bei der Wartung, in der Logistik oder der Montage variantenreicher Produkte.

Doch der Weg in die industrielle Praxis ist komplex. Neben den funktionalen Potenzialen rücken insbesondere Fragen der Sicherheit, Normierung und gesellschaftlichen Akzeptanz in den Fokus. Der Einsatz humanoider Roboter im industriellen Umfeld wirft neue Anforderungen auf – technisch, ethisch und regulatorisch.

Humanoide Roboter zeichnen sich durch ihre menschenähnliche Kinematik, aufrechte Fortbewegung, beidarmige Manipulation und bei fortgeschrittenen Modellen durch feinmotorische 5-Finger-Hände aus. Ihre besondere Stärke liegt in

der Fähigkeit, in für Menschen gestalteten Umgebungen zu arbeiten, ohne diese umfassend umbauen zu müssen. Damit bieten sie ein hohes Maß an Flexibilität in dynamischen, wenig standardisierten Arbeitsumgebungen.

Innovative Systeme wie ‚Digit‘ (Agility Robotics), ‚Apollo‘ (Apptronik) oder ‚Walker E‘ (UBTech) zeigen, wie weit die humanoide Robotik bereits vorangeschritten ist. Im April 2025 fand der weltweit erste ‚Humanoid-Halbmarathon‘ in Beijing statt, bei dem sich verschiedene autonome Zwei-Beiner auf einem 21-Kilometer-Parcours maßen. Der Sieg ging an UBTechs Walker E, als ein ‚Meilenstein für Balance, Energieeffizienz und Bewegungsplanung‘.

Neue Sicherheitsanforderungen im Industrieinsatz

Die Integration humanoider Roboter in reale Industrieumgebungen bringt erhebliche neue Sicherheitsanforderungen mit sich, die über bisherige Robotik-Standards hinausgehen:

- **Komplexe Bewegungsfreiheit:** Humanoide Roboter bewegen sich bipedal, dynamisch und in Echtzeit angepasst an

wechselnde Umgebungsbedingungen. Diese Bewegungsmuster sind für Mitarbeitende schwer einschätzbar und erschweren klassische Gefahrenzoneneinteilungen.

- **Hohe Bewegungsenergie und Massenträgheit:** Um Gleichgewicht und Lasten zu halten, müssen humanoide Roboter mit teils erheblichen Kräften arbeiten, was bei Kollisionen oder unerwarteten Reaktionen ein höheres Gefährdungspotenzial bedeutet als bei kollaborativen Leichtbaurobotern.

- **Adaptives Verhalten auf Basis von KI:** Entscheidungsprozesse humanoider Roboter beruhen oft auf KI-Algorithmen, etwa für Navigation, Objektklassifizierung oder Situationsbewertung. Diese sind nicht immer deterministisch nachvollziehbar und erschweren die Risikoanalyse.

- **Fehlende oder unzureichende Normgrundlagen:** Bestehende Normen (wie zum Beispiel ISO 10218-1/-2, ISO/TS 15066) decken stationäre oder kollaborative Roboter ab, nicht jedoch frei bewegliche, autonome humanoide Systeme.

Dynamische Arbeitsraumüberwachung

Ein zentraler Baustein für eine sichere Mensch-Roboter-Kooperation ist die Arbeitsraumüberwachung in Echtzeit. Inzwischen gibt es mehrere marktfähige Lösungsansätze, die kombinierte Sensorik (LIDAR, Stereokamera, Radar) mit KI-basierter Umfeldanalyse koppeln. Diese Systeme können nicht nur erkennen, dass sich ein Objekt bewegt, sondern auch, wer oder was es ist, ob Mensch, Gabelstapler, Palettenwagen oder Maschine.

Mittels semantischer Segmentierung, 3D-Objekterkennung und Bewegungsprädiktion lässt sich die Reaktionsstrategie des Roboters dynamisch anpassen, sei es durch Drosselung der Geschwindigkeit, Änderung der Route oder kontrollierten Stopp. Diese Technologie wird aktuell in mehreren Testumgebungen für humanoide Systeme validiert und gilt als Schlüssel zur Integration in belebte Produktionsareale.

Internationale Normung in Bewegung

Auf ISO-Ebene wurde eine spezielle Arbeitsgruppe für industrielle mobile Robotik eingerichtet, die sich explizit mit den Sicherheitsanforderungen an humanoide Systeme befasst. Diese Normungsinitiativen zielen darauf ab, praxisnahe Kriterien für Bewegungsfreiheit, Sensorik, Interaktion, Not-Halt-Strategien, Funktionssicherheit und Cybersecurity zu definieren. Auch deutsche Robotik-Sicherheitsexperten sind aktiv in diese Prozesse eingebunden und bringen dort ihr Praxis-Know-how mit ein.

Rolle von Herstellern, Betreibern und Gesetzgebern

Damit humanoide Robotik sicher in die Industrie einziehen kann, müssen alle Akteure Verantwortung übernehmen:

- Hersteller müssen durch Design-for-Safety, erklärbare KI und Redundanzmechanismen die technische Basis für verlässliche Systeme schaffen.

- Betreiber müssen die Integration sorgfältig planen: Dazu zählen Gefährdungsbeurteilungen, Mitarbeiterschulungen, neue Instandhaltungskonzepte und laufende Risikoüberprüfungen.

Chinas Aufstieg als Robotik-Nation

China hat sich in kürzester Zeit zu einem internationalen Vorreiter im Bereich humanoider Robotik entwickelt. Inzwischen gibt es dort über 100 Unternehmen, die humanoide Roboter entwickeln, produzieren oder Komponenten zuliefern. Der Staat unterstützt diese Entwicklung durch gezielte Förderprogramme und Infrastrukturmaßnahmen, etwa das in Beijing etablierte ‚Humanoid Robot Innovation Center‘, das Forschung, Industrie und Normungsarbeit zusammenbringt.

Zu den aufstrebenden chinesischen Herstellern zählen unter anderem:

- Casbot – spezialisiert auf robuste humanoide Industriepattformen für Fertigungs- und Logistikanwendungen;
- RobotEra – entwickelt modulare humanoide Robotersysteme mit Fokus auf Service- und Intralogistik;
- Linkerbot – bekannt für hochentwickelte 5-Finger-Robotikhände, die sich dank taktiler Sensorik und fein abgestimmter Aktuatorik für anspruchsvolle Greif- und Manipulationsaufgaben eignen;
- LimX Dynamics – konzentriert sich auf Echtzeitregelung und fortschrittliche Gangalgorithmen;
- UBTech – hat sich mit dem ‚Walker‘-Programm international positioniert, insbesondere durch die Teilnahme an realweltlichen Mobilitätstests.

Diese Unternehmen investieren massiv in Künstliche Intelligenz, Sensorik, Autonomie und Mensch-Roboter-Interaktion – mit dem klaren Ziel, humanoide Systeme in produktive, wirtschaftlich relevante Anwendungen zu überführen.

- Gesetzgeber und Behörden stehen vor der Aufgabe, bestehende sowie zukünftige Regelwerke wie zum Beispiel die Maschinenverordnung (EU 2023/1230) mit klaren Vorgaben für intelligente, autonome Systeme abzugleichen, insbesondere in Bezug auf Verantwortung, Zertifizierung und Interoperabilität.

Ethische Aspekte und gesellschaftliche Akzeptanz

Auch ethische Fragestellungen rücken zunehmend in den Vordergrund: Muss ein Industrie-Roboter/Humanoid ein menschliches Gesicht haben? Oder ist eine funktionale, technikahe Gestaltung besser geeignet, um Missverständnisse zu vermeiden? Wie transparent und erklärbar sind Roboterentscheidungen für Mitarbeitende? Welche Daten sammeln humanoide Systeme – und wer darf diese nutzen?

Antworten darauf sind nicht nur technisch, sondern auch gesellschaftlich zu finden. Der Erfolg humanoider Robotik wird sich daran messen lassen, wie gut sie sich sicher, nachvollziehbar und verantwortungsvoll in bestehende Arbeitswelten integrieren lässt. Industrie 5.0 beginnt nicht mit neuen Maschinen, sondern mit neuem Vertrauen in ihre sichere Zusammenarbeit mit dem Menschen. ik



Jens Müller, CMSE

ist ISO/IEC 17024 zertifizierter Sachverständiger für Maschinensicherheit, Roboter und Handhabungssysteme und BDSF-geprüfter Sachverständiger für Arbeitssicherheit.