



4195069805005

infpro thementicker
www.infpro.org

Heft 4
Oktober 2025

4 EURO
FE 210455



infpro THEMENSERVICE



**HUMANOIDE ROBOTER
FÜR DEN DEUTSCHEN
MASCHINENBAU**

DIE WUNDERKINDER DER INDUSTRIE

KI in der Fabrik 2025.

Die industrielle Revolution des 19. Jahrhunderts war ein Aufbruch. Dampfmaschinen, Eisenbahnen, Elektrizität – sie standen für Fortschritt, Wohlstand, Zukunft. Heute, im Sommer 2025, ist die Lage grundverschieden. Die deutsche Industrie steckt im Krisenmodus: hohe Energiepreise, lähmende Bürokratie, Fachkräftemangel. Pilotfabriken von Siemens, Bosch oder Schaeffler beweisen zwar, was Künstliche Intelligenz leisten kann. Doch in den volkswirtschaftlichen Kennzahlen bleibt die Produktivität flach, und die Angst vor Arbeitsplatzverlust überlagert die Chancen.

Ein Beitrag von Pastore Pizzaola, CAIWMI, Center for AI World Model Intelligence

Diese Serie blickt auf die Multi-Agenten-Systeme, die als Herzstück der „Fabrik von morgen“ gelten. Sie untersucht, was die Technik verspricht – und warum sie in Deutschland bislang nicht durchbricht. Sie erzählt von Leuchtturmprojekten, die beeindruckend sind, aber selten in den Alltag überspringen. Sie analysiert, warum hohe Strompreise, Investitionszurückhaltung und Bürokratie die Einführung blockieren. Und sie fragt, wie Vertrauen, Weiterbildung und eine neue Industriepolitik dazu beitragen können, dass KI nicht Angst erzeugt, sondern Zuversicht.

Der Bogen reicht von der Technik im Detail bis zur gesellschaftlichen Stimmung, von globalen Vergleichen zwischen USA, China und Europa bis zur Frage, ob Deutschland auch im 21. Jahrhundert ein Land der Produktion bleibt.

Am Ende entscheidet nicht die Raffinesse neuer Systeme, sondern ob es gelingt, Rahmenbedingungen zu schaffen, die Investitionen erlauben und Akzeptanz fördern. Nur dann kann KI zur Chance werden, industrielle Wertschöpfung in Deutschland zu sichern.

Agenten in der Fabrikhalle – die nächste industrielle Revolution?

Die Geschichte der Industrialisierung kennt Wendungen, die sich mit einem Schlag in Produktivitätsschübe übersetzen ließen. Als im 18. Jahrhundert Dampfmaschinen die Muskelkraft von Mensch und Tier ersetzten, legte dies den Grundstein für eine

neue Epoche: Fabriken schossen aus dem Boden, Städte wuchsen, Transportnetze spannten sich über Kontinente. Später folgte die Arbeitsteilung, die Massenproduktion und Standardisierung ermöglichte. Immer ging es um zwei Prinzipien: neue Formen der Energie und neue Formen der Spezialisierung.

Heute scheint sich die Szene zu wiederholen – nicht mit Dampf, nicht mit Elektrizität, sondern mit Künstlicher Intelligenz. In den Werkshallen von Morgen halten sogenannte Multi-Agenten-Systeme Einzug: kleine, spezialisierte Software-Einheiten, die miteinander kooperieren, Entscheidungen treffen und Abläufe in Echtzeit steuern. Jedes Maschinenteil kann dabei seinen eigenen „Agenten“ besitzen, während übergeordnete Agenten als Supervisoren die Koordination übernehmen. So entsteht ein Geflecht von digitalen Helfern, die nicht bloß reagieren, sondern antizipieren können.

Die Parallelen zur frühen Industrialisierung liegen auf der Hand. Arbeitsteilung wird digital neu erfunden: spezialisierte Agenten übernehmen jeweils klar umrissene Aufgaben. Zugleich verschwindet die Notwendigkeit einer zentralen Steuerung – dezentrale Systeme können einzelne Produktionsinseln verknüpfen, Leerlauf vermeiden und Produktionsziele flexibler erreichen. Der Unterschied zu den Anfängen der Automatisierung besteht darin, dass Agenten nicht mehr nur „Wenn-dann“-Befehle ausführen, sondern Muster erkennen, Prognosen erstellen und Entscheidungen auch gegen den ursprünglichen Plan treffen können, etwa wenn sich Marktbedingungen ändern.

Die industrielle Praxis zeigt, wie greifbar das ist. In der Lebensmittelindustrie könnten Multi-Agenten-Systeme Parameter wie Kartoffelgröße, Feuchtigkeit oder Kochzeit berücksichtigen, um die gleichbleibende Qualität von Chips zu sichern. In der Gummi-Extrusion wiederum hängt das Ergebnis von dutzenden Faktoren ab – von der chemischen Zusammensetzung bis zur Temperatur der Anlage. Während menschliche Fachkräfte hier an Grenzen stoßen, können KI-Agenten Daten in Echtzeit verarbeiten und Korrekturen vornehmen. Der Effekt: weniger Ausschuss, weniger Stillstand, mehr Effizienz. Die Technik verspricht zudem Robustheit. Sensoren liefern nicht immer perfekte Daten, und nicht jede Fabrik verfügt über High-Tech-Infrastruktur.

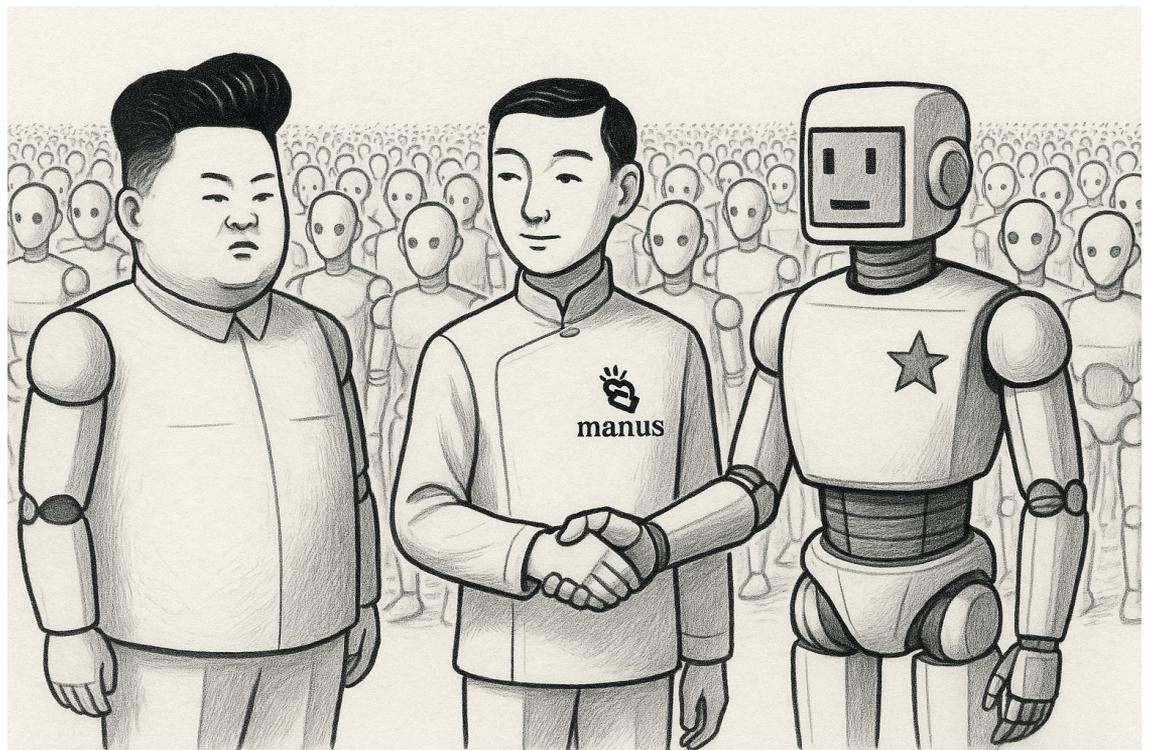
Doch schon die Teilautomatisierung kann Kosten senken und Qualität steigern. Besonders das sogenannte Edge-Computing – also die Verarbeitung direkt an der Maschine statt in der Cloud – eröffnet Vorteile: Reaktionszeiten verkürzen sich, sensible Daten bleiben vor Ort, der Betrieb kann auch offline weiterlaufen.

Trotz dieser Perspektiven ist Vorsicht angebracht. Multi-Agenten-Systeme ersetzen den Menschen nicht, sie verschieben die Grenze zwischen menschlicher und maschineller Verantwortung. Wahrscheinlicher ist ein hybrides Modell, in dem Fachkräfte und KI zusammenarbeiten. Damit der nächste Produktivitätssprung gelingt, muss die Technik Menschen befähigen, nicht verdrängen. Denn nur wenn sie Prozesse verständlicher, flexibler und robuster macht, wird sie tatsächlich jene Wirkung entfalten, die einst Dampf und Elektrizität entfalteten.

Multi-Agenten-Systeme gelten als zentrale Technologie für die industrielle Produktion der Zukunft. Der Text analysiert, was diese Systeme leisten können – und warum sie sich in Deutschland bislang

kaum durchsetzen. Er beleuchtet Leuchtturmprojekte, deren Wirkung selten über den Versuchsbetrieb hinausreicht, und benennt strukturelle Hindernisse: hohe Energiekosten, Investitionshemmnisse und regulatorische Belastungen. Zugleich stellt sich die Frage, ob Vertrauen, Qualifikation und eine moderne Industriepolitik dazu beitragen können, den technologischen Wandel zu ermöglichen, ohne gesellschaftliche Verunsicherung zu verstärken.

Die Analyse reicht von technischen Grundlagen über internationale Vergleiche bis hin zur industriepolitischen Debatte. Am Ende wird nicht die technologische Raffinesse entscheiden, sondern die Fähigkeit, wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen so zu gestalten, dass Investitionen attraktiv werden und gesellschaftliche Akzeptanz entsteht. Nur unter diesen Voraussetzungen kann Künstliche Intelligenz



einen Beitrag zur Sicherung industrieller Wertschöpfung in Deutschland leisten.

Teil 1: Angst frisst Produktion – warum Vertrauen in KI zum Standortfaktor wird

Der technologische Fortschritt galt im 19. Jahrhundert als Motor des wirtschaftlichen Aufstiegs. Dampfmaschinen, Eisenbahnen und Fabriken standen für Modernisierung und Zukunft. Trotz gravierender sozialer und ökologischer Nebenwirkungen überwog die Erwartung, dass Technik mehr Nutzen stifte, als

sie koste. Heute ist das Klima ein anderes. Künstliche Intelligenz, potenziell die Schlüsseltechnologie der nächsten industriellen Epoche, trifft auf eine verunsicherte Gesellschaft. Pandemie, Energiepreisschocks, Inflation und geopolitische Risiken haben Vertrauen in politische und wirtschaftliche Stabilität erodieren lassen. Die industrielle Produktion stagniert, technologische Aufbruchsstimmung bleibt aus.

Hinzu kommt die Sorge um Beschäftigung. Laut IW Köln fehlen im Sommer 2025 fast 400.000 qualifizierte Arbeitskräfte; gleichzeitig fürchtet ein signifikanter Teil der Beschäftigten, durch Automatisierung verdrängt zu werden. Mehr als ein Viertel der Industrieunternehmen plant laut Umfragen einen Stellenabbau infolge des KI-Einsatzes. Der Fachkräftemangel wird so zur doppelten Herausforderung: Es fehlen Arbeitskräfte, und gleichzeitig wächst die Sorge, durch Technologie ersetzt zu werden.

Diese Ambivalenz erschwert den Strukturwandel. Die verbreitete Skepsis gegenüber KI wirkt als Investitionshemmnis. Wer technologische Neuerungen primär als Bedrohung wahrnimmt, bremst deren Einführung – mit Folgen für Produktivität, Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung.

Dabei setzen Unternehmen zunehmend auf KI. Siemens und Schaeffler entwickeln mit dem „Industrial Copilot“ praxistaugliche Anwendungen für Fertigung und Wartung. Klaus Rosenfeld (Schaeffler) betont die Bedeutung KI-gestützter Prozesse für Agilität und Effizienz. Cedrik Neike (Siemens) sieht in der Technologie einen Hebel zur Transformation der industriellen Wertschöpfung. Auch aus der Forschung kommt Rückenwind: Antonio Krüger (DFKI) nennt vertrauenswürdige, nachhaltige und vernetzte KI als Voraussetzung für industrielle Wettbewerbsfähigkeit. Gleichzeitig bleibt der Mittelstand zögerlich. Laut „KI-Index Mittelstand“ nutzen rund ein Drittel der befragten Unternehmen erste KI-Anwendungen, aber knapp 30 Prozent berichten über Rechtsunsicherheit, Qualifikationsdefizite und Umsetzungsprobleme. Ob KI zum Standortfaktor wird, hängt entscheidend von deren Überwindung ab.

Vertrauen ist daher keine Randbedingung, sondern Voraussetzung für den produktiven Einsatz von KI. Vertrauen, dass Technologie nicht ersetzt, sondern unterstützt. Vertrauen, dass Politik und Wirtschaft den Wandel aktiv gestalten. Und Vertrauen, dass KI nicht allein der Effizienz dient, sondern auch Standorte sichert. Nur mit diesem Vertrauen lässt sich

verhindern, dass Deutschland bei der nächsten industriellen Transformation ins Hintertreffen gerät.

Teil 2: Zwischen Labor und Linie – was Pilotfabriken tatsächlich leisten

Die Erwartungen an Multi-Agenten-Systeme sind hoch. Sie sollen dezentrale Steuerung ermöglichen, Prozesse beschleunigen, Qualität verbessern und damit die Produktivität deutlich steigern. Doch jenseits von Pilotprojekten stellt sich die Frage: Welche konkreten Effekte lassen sich im industriellen Alltag nachweisen?

Ein Blick in führende Pilotfabriken zeigt ein ambivalentes Bild: Die Technik ist einsatzfähig – ihr Übergang in die Breite bleibt jedoch begrenzt.

Siemens in Amberg betreibt seit Jahren eine digitalisierte Fertigungsstätte mit über 1.200 vernetzten Maschinen. Viele sind mit KI-Agenten ausgestattet, die Qualitätsprüfungen in Echtzeit durchführen und Prozesse selbstständig anpassen. Interne Angaben sprechen von bis zu 20 Prozent weniger Ausschuss und reduzierten Stillstandzeiten. Rainer Brehm, Leiter des Bereichs Factory Automation, kündigte auf der Messe „Automate 2025“ an, Siemens strebe Systeme an, die vollständige industrielle Workflows autonom ausführen könnten – mit dem Ziel, die Produktivität um bis zu 50 Prozent zu steigern. Ob diese Erwartungen über den Demonstrationsbetrieb hinaus belastbar sind, bleibt jedoch offen.

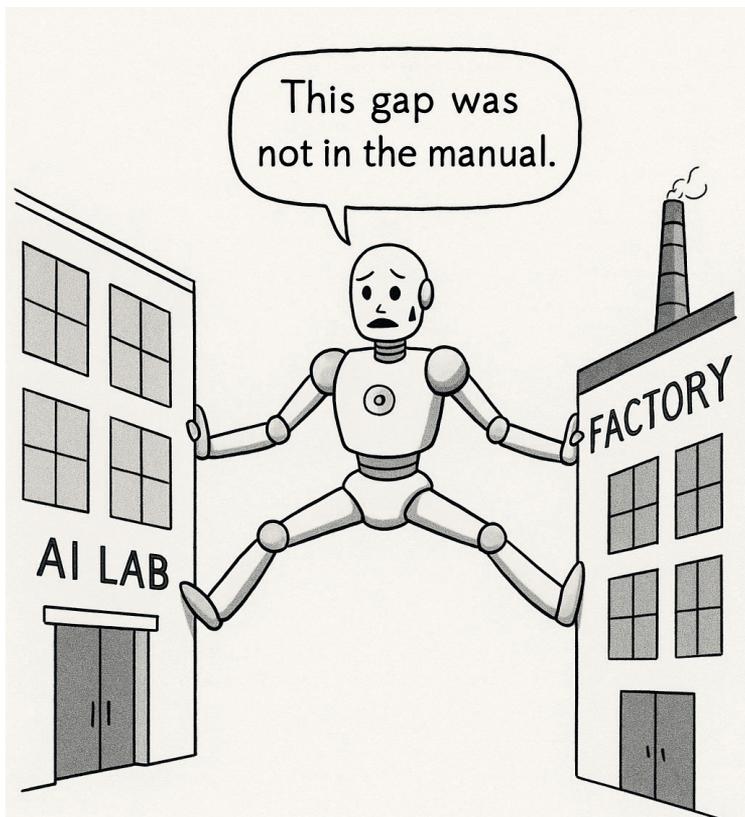
Bosch in Feuerbach verfolgt ein ähnliches Konzept. Dort koordinieren Multi-Agenten-Systeme verschiedene Fertigungsinseln in der Motoren- und Hydraulikproduktion. Der Konzern investiert bis 2027 über 2,5 Milliarden Euro in KI-Anwendungen. Stefan Hartung, Vorsitzender der Geschäftsführung, bezeichnete KI jüngst als festen Bestandteil der Bosch-Strategie. Zugleich verweist das Unternehmen auf hohe Aufwände bei Schulung und Datenintegration – beides bleibt ein zentrales Umsetzungsproblem. Foxconn geht in Shenzhen noch einen Schritt weiter: Dort steuern Agentensysteme nicht nur Maschinen, sondern auch interne Lieferketten. Offiziellen Angaben zufolge steigen die Produktivitätskennzahlen um über 25 Prozent. Unabhängige Bewertungen fehlen bislang. Gleichzeitig wird von hoher Personalfuktuation berichtet – ein Indiz dafür, dass technische Innovation allein keine betriebliche Stabilität garantiert.

Die Beispiele zeigen: Multi-Agenten-Systeme funktionieren, doch sie sind nicht ohne Aufwand zu implementieren. Die größten Hürden liegen in der Datenqualität, in der Qualifikation des Personals und in der Systemintegration. Selbst in Vorzeigewerken bleibt die Umsetzung komplex, teuer und zeitintensiv.

Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen zögern. Laut aktuellem KI-Index nutzen zwar rund ein Drittel erste KI-Anwendungen, doch

KI hingegen ist ein Zusammenspiel aus Software, Infrastruktur und menschlicher Kompetenz. Der Übergang von der Pilotfabrik in den industriellen Alltag ist deshalb deutlich anspruchsvoller – technologisch, organisatorisch und ökonomisch.

Ob Multi-Agenten-Systeme in der Breite ankommen, wird sich nicht an den Vorzeigeprojekten entscheiden, sondern im Mittelstand: Dort, wo keine Ingenieurteams im Schichtbetrieb KI-Systeme betreuen, sondern Effizienzgewinne unter realen Bedingungen erzielt werden müssen.



Closing the Implementation Gap

agentenbasierte Systeme sind die Ausnahme. Ursachen sind fehlendes Know-how, unklare rechtliche Rahmenbedingungen und begrenzte Investitionsmittel.

Die historische Parallele zur ersten Industrialisierung ist trügerisch. Die Dampfmaschine war ein physisches Produkt, das sich standardisieren ließ.

Teil 3: Produktivität im Stau – warum die Industrie trotz KI nicht wächst

Die industrielle Wertschöpfung in Deutschland stagniert. Trotz technologischer Fortschritte gelingt es nicht, die Produktivität spürbar zu steigern. Laut Statistischem Bundesamt blieb die Bruttowertschöpfung im verarbeitenden Gewerbe im zweiten Quartal 2025 auf dem Niveau des Vorjahres. Pilotfabriken in Amberg oder Feuerbach demonstrieren, was technisch möglich wäre – doch die erwarteten Effekte bleiben aus.

Die Ursachen liegen nicht in der Technologie, sondern in den Rahmenbedingungen. Zwar zeigen Modellrechnungen des Instituts der deutschen Wirtschaft, dass Künstliche Intelligenz die jährliche Produktivität um bis zu 3,3 Prozent steigern und bis 2030 fast vier Milliarden Arbeitsstunden einsparen könnte. Doch diese Effekte setzen Investitionen voraus – und genau daran fehlt es.

Die Investitionsdynamik ist schwach. Laut KfW liegt das Investitionsvolumen der Unternehmen weiterhin deutlich unter dem Vorkrisenniveau von 2019. Der Rückgang betrifft nicht nur den Wohnungsbau, sondern auch den Maschinen- und Anlagenbau. Während in den USA Risikokapital den Umbau finanziert und China staatlich fördert, herrscht in Deutschland Zurückhaltung. Investitionen in neue Produktionssysteme bleiben die Ausnahme.

Hinzu kommt ein strukturelles Kostenproblem. Energiepreise sind hoch und treiben die Betriebskosten. Der durchschnittliche Industriestrompreis liegt – selbst unter Einrechnung staatlicher Entlastungen – bei über elf Cent pro Kilowattstunde. Für nicht privilegierte Unternehmen sind es bis zu 18 Cent. Gerade KI-gestützte Fertigung mit Sensorik,

Edge-Computing und Kühlung erhöht den Energiebedarf weiter. Für viele mittelständische Betriebe stellt das eine ökonomische Hürde dar.

Ein drittes Hemmnis ist die Regulierung. Der OECD-Bericht 2025 spricht von einem „hohen Erfüllungsaufwand“ für Unternehmen. Die Umsetzung des EU-AI-Acts führt zu zusätzlichen Prüf- und Dokumentationspflichten, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen. Bürokratie bindet Ressourcen, die an anderer Stelle – etwa bei Schulung oder Systemintegration – dringender benötigt würden.

Dabei ist der Bedarf offensichtlich. KI lässt sich nicht auf bestehende Produktionslinien „aufschalten“. Sie erfordert neue Maschinen, Steuerungen, Sensorik und digitale Infrastruktur. Doch angesichts steigender Kosten, konjunktureller Unsicherheit und Fachkräftemangel fällt es vielen Unternehmen schwer, strategisch zu investieren.

Auch Großunternehmen äußern sich zurückhaltend. Bosch-Chef Stefan Hartung verweist zwar auf die breite Integration von KI im Konzern, nennt aber zugleich Schulung und Datenintegration als kostentreibende Faktoren. Siemens spricht von Produktivitätssteigerungen „bis zu 50 Prozent“ – ein Potenzial, das bislang vor allem auf Modellrechnungen basiert, nicht auf belastbaren Breitenanwendungen.

Die Diskrepanz bleibt deutlich: Die Technologie existiert, die Pilotfabriken liefern Beispiele, Studien versprechen Effekte. Doch ohne günstige Energie, eine investitionsfreundliche Regulierung und tragfähige Finanzierungsbedingungen bleibt KI in Deutschland ein Insellösungsmodell – technisch überzeugend, wirtschaftlich begrenzt.

China setzt auf massive Subventionen, die USA auf dynamisches Risikokapital. Deutschland dagegen zögert. Wenn es nicht gelingt, die strukturellen Hindernisse abzubauen, droht KI nicht zur Lösung, sondern zum nächsten Beispiel einer Technologie zu werden, die im Labor glänzt, aber in der Praxis kaum skaliert.

Teil 4: Der Faktor Mensch – Hybridmodelle statt Vollautomatik

Die öffentliche Debatte über Künstliche Intelligenz in der Industrie ist häufig von der Frage geprägt, ob der Mensch durch Maschinen ersetzt wird. In der Praxis zeigt sich jedoch ein anderes Bild: Multi-Agenten-Systeme automatisieren Teilprozesse, entlasten Beschäftigte und beschleunigen Entscheidungen – sie eliminieren jedoch nicht die Notwendigkeit menschlicher Mitwirkung. Im Gegenteil: Der Mensch bleibt zentraler Bestandteil industrieller Abläufe.

Der erste Engpass liegt in der Systemintegration. KI-Anwendungen lassen sich nicht ohne technisches Verständnis und organisatorische Vorbereitung implementieren. Bestehende Maschinen müssen aufgerüstet, Datenarchitekturen angepasst, Prozesse neu definiert werden. Das erfordert geschultes Personal – sowohl im Betrieb als auch in der IT. Laut IW Köln melden zwei Drittel der Industrieunternehmen im Sommer 2025, dass ihnen qualifizierte Fachkräfte für digitale Systeme fehlen.

Zugleich verschärft sich ein strukturelles Paradox: Der Mangel an Fachkräften wird als Grund für Automatisierung genannt – ist aber zugleich ein Hemmnis für deren Umsetzung. Ohne ausreichend Personal, das KI-Systeme versteht, bedient und optimiert, bleibt der potenzielle Effizienzgewinn unerreichbar. Lebenslanges Lernen ist notwendig, stößt aber häufig auf Überforderung, Skepsis oder geringe Bereitschaft zur beruflichen Neuorientierung.

Auch in den Pilotfabriken ist der Mensch unverzichtbar. Bei Siemens in Amberg begleiten Ingenieurteams die Agentensysteme, überwachen deren Parameter und greifen bei Bedarf ein. Bosch in Feuerbach sieht neue Kompetenzprofile im Vordergrund: Datenanalyse, Prozessverständnis, interdisziplinäres Arbeiten. Die Anforderungen verschieben sich – weg von Bedienung, hin zu Steuerung und Bewertung.

Zugleich wächst die Unsicherheit in der Belegschaft. Umfragen zeigen, dass über ein Drittel der Beschäftigten fürchtet, der eigene Arbeitsplatz könne durch KI entfallen. Dieses Klima bremst die Veränderungsbereitschaft – und fördert politische Radikalisierung. Populistische Narrative gewinnen dort an Zuspruch, wo Wandel nicht als Chance, sondern als Risiko empfunden wird. Die industrielle Realität entwickelt sich hingegen in Richtung hybrider Systeme. KI übernimmt standardisierbare, wiederholbare Aufgaben. Der Mensch bleibt zuständig für Interpretation, Priorisierung und Kontrolle. Mit wachsender Prozesskomplexität steigt der Wert menschlicher Entscheidungskompetenz. Vollautomatik erweist sich in vielen Fällen nicht als Ziel, sondern als Illusion.

Notwendig ist ein neuer Fokus auf Qualifikation und Mitgestaltung. Ohne gezielte Weiterbildungsinitiativen wird KI nicht zur Produktivitätsquelle, sondern zur Quelle von Reibungsverlusten. Unternehmen und Politik sind gefordert, Strukturen zu schaffen, die Weiterbildung erleichtern, steuerlich fördern und regulatorisch absichern. Andernfalls entsteht eine technologische Parallelwelt, die in der Breite nicht funktionsfähig ist.

Der Erfolg der Künstlichen Intelligenz in der Industrie

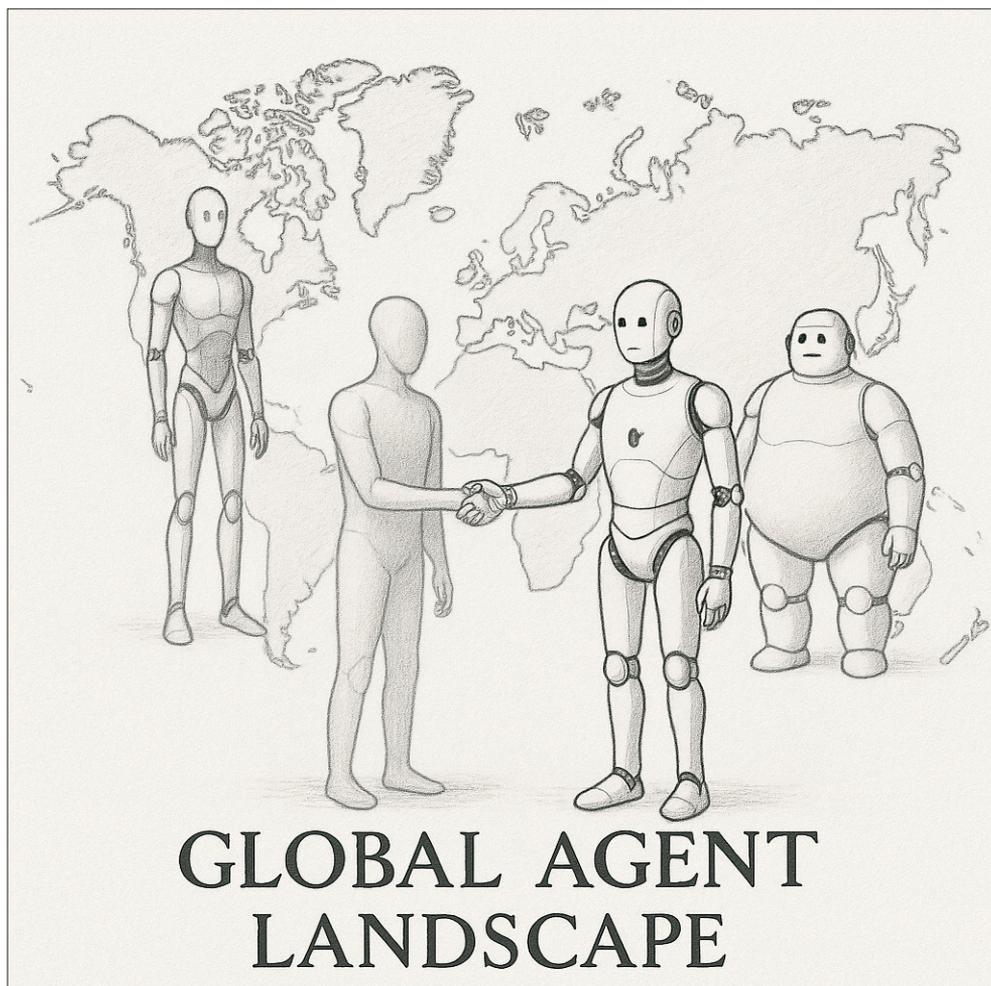
entscheidet sich nicht im Rechenzentrum, sondern in der Interaktion mit den Menschen, die sie anwenden. Wer den Faktor Mensch ignoriert, unterschätzt die Komplexität industrieller Wertschöpfung. Wer ihn ernst nimmt, erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass KI nicht als Bedrohung wahrgenommen wird – sondern als Werkzeug zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit.

Teil 5: Europa zwischen Anspruch und Wirklichkeit – Regulierung, Investitionen, Strategie

Mit dem AI Act hat die Europäische Union das erste umfassende Regelwerk für den Umgang mit Künstlicher Intelligenz verabschiedet. Ziel ist es, Innovation mit Rechtsstaatlichkeit zu verbinden, Risiken zu be-

Fonds, Start-ups und Forschungsinstitute treiben Entwicklungen voran, von Pilotfabriken bis zu vollautomatisierten Produktionslinien. Der technologische Fortschritt wird durch unternehmerisches Handeln beschleunigt, nicht durch staatliche Steuerung.

China verfolgt einen zentralistischen Ansatz. Seit 2023 bündelt ein staatliches Förderprogramm Investitionen von über 150 Milliarden Dollar in KI-gestützte Fertigung, Halbleitertechnik und Robotik. Die Regierung forciert Pilotfabriken, testet Agentensysteme unter realen Bedingungen und skaliert erfolgreiche Anwendungen in kurzer Zeit. Der politische Wille zur Industrialisierung neuer Technologien ist klar erkennbar – ebenso wie die strategische Verknüpfung mit nationaler Industriepolitik.



Europa dagegen bleibt uneinheitlich. Zwar verweist die EU-Kommission auf Programme wie „Horizon Europe“ oder den „Digital Europe Fund“. Doch im internationalen Vergleich bleibt das Investitionsvolumen begrenzt. Die Fördermittel erreichen nicht die Größenordnung, die notwendig wäre, um im globalen Wettbewerb technologisch Schritt zu halten. Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) warnte im Juni 2025 vor einem drohenden Bedeutungsverlust des europäischen Produktionsstandorts.

Hinzu kommt ein strukturelles Kostenproblem. Die Energiepreise in Europa – insbesondere in Deutschland – bleiben hoch. Für nicht privilegierte Betriebe liegt der Industriestrompreis bei rund 18 Cent pro Kilowattstunde, mehr als doppelt so viel wie in den USA. Gleichzeitig beklagen Unternehmen zunehmenden bürokratischen

grenzen und Vertrauen zu schaffen. Doch während Europa reguliert, investieren andere. Diese Schieflage verschiebt die globalen Gewichte in der industriellen Entwicklung.

Die Vereinigten Staaten setzen auf Kapital und Geschwindigkeit. Allein im ersten Halbjahr 2025 flossen über 25 Milliarden Dollar privates Risikokapital in industrielle KI-Anwendungen – mehr als doppelt so viel wie im gesamten Jahr 2023. Venture-Capital-

Aufwand. Der OECD-Bericht 2025 spricht von einem „dringenden Reformbedarf bei Regulierungskosten und Genehmigungsverfahren“.

Pilotfabriken zeigen das technische Potenzial. Siemens, Bosch und Schaeffler verfügen über praxiserprobte Anwendungen. Doch ohne stabile Energiepreise, planbare regulatorische Rahmenbedingungen und bessere Förderinstrumente bleibt ihre Wirkung begrenzt. Die Voraussetzung für Skalier-

rung sind nicht Algorithmen, sondern Infrastruktur, Kapital und politische Priorisierung.

Die historische Parallele liegt auf der Hand: Die Dampfmaschine setzte sich nicht wegen ihrer technischen Überlegenheit durch, sondern weil Kapital, Bildung und Infrastruktur sie verbreiten konnten. Heute steht Europa vor einer ähnlichen Herausforderung. Regulierung schafft Vertrauen – aber ohne flankierende Investitionen und industriepolitische Impulse bleibt sie folgenlos.

Will Europa wettbewerbsfähig bleiben, braucht es eine industriepolitische Neujustierung. Dazu gehören: Investitionen in digitale Infrastruktur, steuerliche Anreize für Systemmodernisierung, schnellere Planungsprozesse, realistische Energiepreise und gezielte Förderung von Pilot- in Serienanwendungen. Auch eine stärkere europäische Koordination ist erforderlich, um Fragmentierung zu vermeiden.

Andernfalls droht der Kontinent zwischen regulatorischem Anspruch und wirtschaftlicher Realität aufgerieben zu werden. Der technologische Rückstand wäre dann nicht Ergebnis mangelnder Forschung – sondern Folge politischer Selbstbeschränkung.

So kann die KI die Produktion in Europa halten

Die Euphorie ist schnell erzählt: Multi-Agenten-Systeme, digitale Zwillinge, Edge Computing – die Vokabeln versprechen eine neue industrielle Revolution. Doch wer sich nicht von Schlagworten blenden lassen will, muss die nüchternen Fakten betrachten. Zwischen Potenzial und Realität klafft eine Lücke, die inzwischen einen Namen trägt: Implementation Gap. Und solange diese Kluft nicht geschlossen wird, bleibt KI in Europa Schaufenster, nicht Standortfaktor.

Zunächst die Ausgangslage. Europäische Unternehmen wissen um die Chancen. Laut einer Umfrage des IW Köln sehen mehr als 60 Prozent der Industrieunternehmen KI als Schlüssel, um den Fachkräftemangel abzufedern und die Produktivität zu steigern. Gleichzeitig zeigen die Zahlen der Bundesagentur für Arbeit: Im Sommer 2025 fehlen rund 390.000 Fachkräfte – eine Lücke, die mit klassischen Mitteln kaum zu schließen ist. Der Einsatz von KI könnte hier helfen, indem Maschinen Aufgaben übernehmen, die bislang wertvolles Personal binden. Doch die Realität ist: Nur eine Minderheit der Betriebe setzt Agentensysteme flächendeckend ein, die meisten bleiben bei Pilotprojekten.

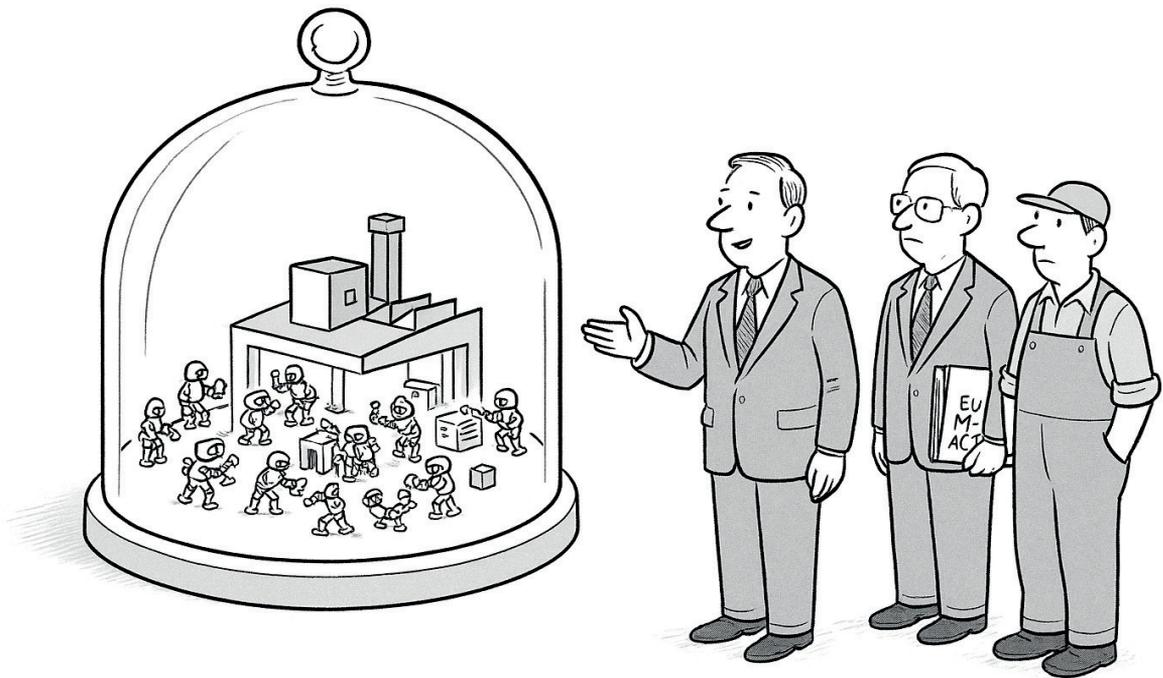
Warum? Erstens die Kosten. KI lässt sich nicht auf alte Produktionslinien aufpfropfen. Sie verlangt In-

vestitionen in neue Maschinen, Sensorik, Dateninfrastruktur und Weiterbildung. Zweitens die Energiepreise. Mit rund 18 Cent pro Kilowattstunde zahlen deutsche Industriebetriebe doppelt so viel wie in den USA – ein Standortnachteil, der jeden zusätzlichen Stromverbrauch durch KI-Technik verteuert. Drittens die Bürokratie. Der EU-AI-Act mag Vertrauen schaffen, doch er erhöht zugleich Dokumentationspflichten und Prüfaufwand. Für Mittelständler, die eigentlich schnell skalieren müssten, sind das zusätzliche Hürden.

Kann KI unter diesen Bedingungen überhaupt zum Instrument werden, um Produktion in Europa zu halten? Ja – wenn der Implementation Gap überwunden wird. Das heißt konkret: Investitionsanreize statt Investitionszurückhaltung, beschleunigte Genehmigungen statt Formularlast, wettbewerbsfähige Energiepreise statt Kostenexplosion. Nur so lässt sich die Technik aus den Schaufenstern der Pilotfabriken in die Breite bringen. Phantasie hilft dabei wenig. Wer nüchtern rechnet, erkennt: Ohne massive Investitionen in Maschinenparks, Netzinfrastruktur und Weiterbildung wird es keine breite Wirkung geben. Ohne pragmatische Industriepolitik, die Bürokratie abbaut und Planungssicherheit schafft, wird kein Mittelständler riskieren, Millionen in KI-Systeme zu stecken. Und ohne gesellschaftliches Vertrauen bleibt jede Einführung blockiert von Ängsten, die das Fortschritts-tempo lähmen.

Die eigentliche Frage lautet also nicht, ob KI die Produktion in Europa halten kann. Technisch kann sie es längst. Die Frage ist, ob Europa willens und in der Lage ist, die Bedingungen für den Rollout zu schaffen. Solange man lieber reguliert als investiert, bleibt die KI ein Laborerfolg.

Wenn Europa aber den Implementation Gap schließt, könnte sie zur stärksten Waffe werden, um industrielle Wertschöpfung auch im 21. Jahrhundert im eigenen Haus zu sichern.



*'Jetzt müssten wir nur noch herausfinden,
wie man das außerhalb der Vitrine hinbekommt.'*

Wunderkinder der Industrie

Humanoide Roboter und KI im deutschen Maschinenbau

Der deutsche Maschinenbau steckt im Dilemma. Auf den Bühnen der Konferenzen wird über KI, humanoide Roboter und die „Wunderkinder der Industrie“ gesprochen. In den Hallen dagegen herrscht Ernüchterung: Auftragseingänge sinken, Kosten steigen, Mitarbeiter werden entlassen. Der Maschinenbau-Gipfel im September 2025 brachte diese Spannung auf den Punkt. Bundeskanzler Friedrich Merz sprach von einem „Epochenumbruch“ und beschwor Deutschland als Land der produzierenden Industrie. VDMA-Präsident Bertram Kawlath hingegen nannte die Lage „bedrohlich“ und forderte einen „Herbst des Handelns“. Gerade deshalb richtet sich der Blick auf Technologien, die mehr versprechen als bloße Effizienzsteigerung. Humanoide Roboter und „Embodied AI“ gelten als Hoffnungsträger. Sie sollen Fachkräftemangel lindern, Ergonomie verbessern, Stillstände verringern und sogar neue Geschäftsmodelle eröffnen. Doch die Fragen sind größer als die Hoffnungen: Was kosten sie? Wo entsteht Wertschöpfung? Wer kontrolliert die Plattformen? Und welche Rolle bleibt für Deutschland in einem globalen Wettlauf, in dem die USA auf Kapital, China auf Serie und Europa auf Integration setzt?

Ein Beitrag von Pastore Pizzaola

Diese Serie beleuchtet die Debatte in zehn Kapiteln. Sie spannt den Bogen von den nüchternen Zahlen der Branche bis zu den Visionen einer kognitiven Robotik, die sich als „Smartphone-Moment“ versteht. Sie zeigt Chancen und Risiken, vergleicht internationale Modelle und fragt, welche politischen, organisatorischen und unternehmerischen Entscheidungen jetzt getroffen werden müssen.

Die zentrale Erkenntnis: Wunderkinder allein sichern keine Wettbewerbsfähigkeit. Erst in der harten Realität von Kosten, Schnittstellen, Normen und Amortisation entscheidet sich, ob humanoide Roboter Werkzeuge oder Schaufenster bleiben.

Kapitel 1 – Ausgangslage: Starker Rücken, schwache Konjunktur

Der Maschinenbau bleibt Schwergewicht und Sorgenkind zugleich. Hinter glänzenden Exportzahlen verbergen sich Produktionsrückgänge und ein wachsender Druck auf Werke und Beschäftigte. In dieser Gemengelage wird die Frage drängender: Welche Rolle kann KI in einer Industrie spielen, die zwischen globalem Wettbewerb und eigener Strukturträchtigkeit steht?

Auf dem 15. Deutschen Maschinenbau-Gipfel am 16. und 17. September 2025 in Berlin war die Stimmung gespalten. Auf den Bühnen sprachen Bundeskanzler Friedrich Merz, Siemens-Vorstand Cedrik Neike, Fraunhofer-Forscher und Vertreter führender Zulieferer. In den Fluren aber dominierte die Frage: Wie lange kann die deutsche Leitbranche den Druck noch aushalten? Die Produktion sinkt, der Auftragszugang bröckelt, die Energiekosten sind hoch. VDMA-Präsident Bertram Kawlath nannte die Lage offen „bedrohlich“ und verlangte einen „Herbst des Handelns“. Merz selbst sprach von einem „Epochenumbruch“ und davon, wir seien „Zeitzeugen einer fundamentalen Veränderung der Machtzentren“ (Bundesregierung.de, 17.09.2025).

Gerade deshalb rückte ein Thema ins Zentrum, das sonst auf Fachmessen und Zukunftskongressen verhandelt wird: Künstliche Intelligenz als Wunderkind der Industrie. Cedrik Neike, Mitglied des Siemens-Vorstands und CEO Digital Industries, stellte die Frage, warum der nächste „DeepSeek-Moment“ nicht aus Europa kommen sollte. Er verwies auf Industriedaten, Fachwissen und Talente – und ergänzte, dass es nun Mut, Kreativität und Schnelligkeit brauche,

um das Datenrennen zu gewinnen. Für viele Zuhörer war klar: Wenn KI tatsächlich zum Hebel der industriellen Wettbewerbsfähigkeit werden kann, dann muss dieser Hebel jetzt angesetzt werden. Die nüchternen Zahlen lassen kaum Zweifel an der Dringlichkeit. Laut VDMA summierten sich die Umsätze der Branche in der EU 2024 auf 867 Milliarden Euro, der Außenhandelsüberschuss lag bei 165 Milliarden Euro. Doch die Prognose für 2025 lautet auf ein Minus von fünf Prozent – nach einem Rückgang von fast sieben Prozent im Jahr zuvor. Ingenieur.de brachte die Stimmung auf den Punkt: Die Branche sei „mit der Geduld am Ende“ (Ingenieur.de, 17.09.2025). Dass ausgerechnet die viel diskutierten humanoiden Roboter – Walker S2 aus China, Apollo von Aptronik, die Projekte von Figure AI – in Berlin als Hoffnungsträger präsentiert wurden, zeigt, wie tief die Suche nach neuen Perspektiven reicht.

te jüngst, dass der ROI stark streut – zwischen zwei Jahren in einfachen Logistikprozessen und mehr als fünf Jahren in komplexen Fertigungen (McKinsey Global Institute, 10.2025). In einem Marktumfeld, das schon ohne diese Last mit schrumpfenden Aufträgen kämpft, sind solche Horizonte eine Herausforderung.

Mehrwert durch Systemintegration

Gleichzeitig darf man den Nutzen nicht unterschätzen – allerdings nicht isoliert. Humanoide Roboter allein sind kein Heilsbringer. Sie entfalten ihre Wirkung erst im Zusammenspiel mit bestehenden Automatisierungslösungen: Cobots, klassischen Industrierobotern, fahrerlosen Transportsystemen, digitalen Zwillingen. Fraunhofer-Forscher sprechen deshalb von „systemischer Produktivität“: Einzelne Roboter schaffen Effizienzgewinne, doch erst die Integration mehrerer Ebenen erlaubt Sprünge im zweistelligen Prozentbereich. Mercedes-Benz etwa erprobt mit Aptronik humanoide Systeme für Teilelogistik und Qualitätsinspektionen – vorerst teleoperativ, später autonom. „Wir wollen herausfinden, an welcher Stelle es sinnvoll ist – und wo nicht“, sagt Tabea Drees, Senior Manager Future Systems of Manufacturing bei Mercedes (Reuters, 18.03.2025).

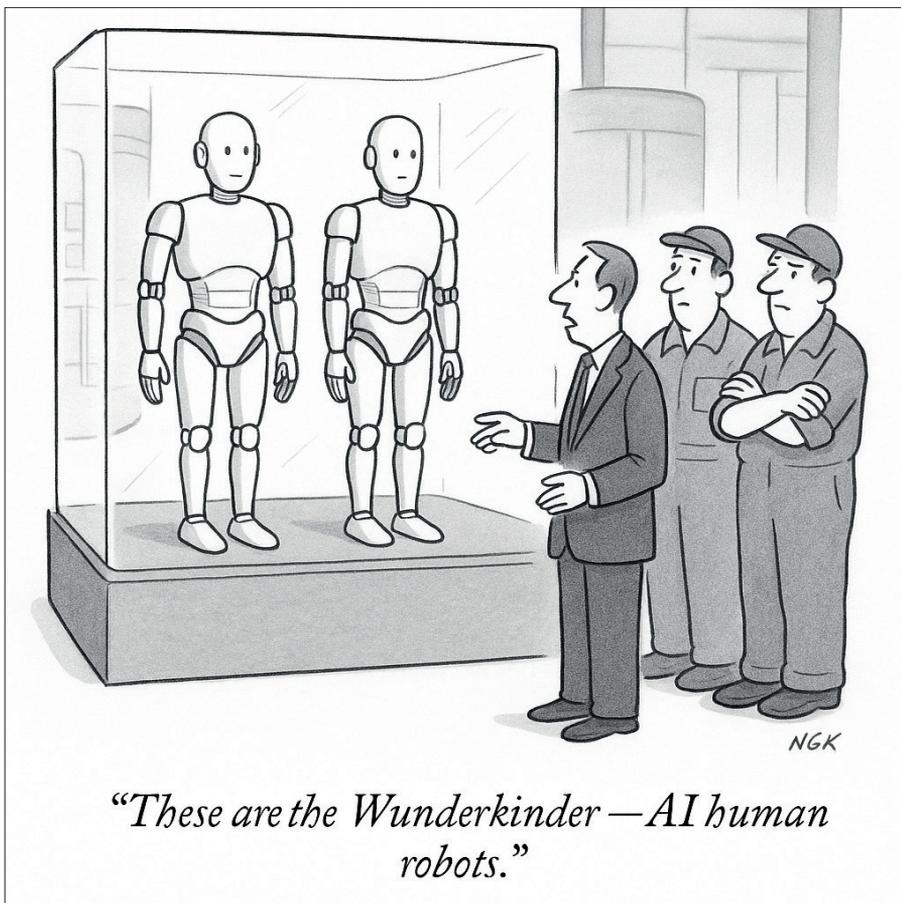
Internationale Differenzen

Der Blick ins Ausland verstärkt den Druck. In den USA fließen Milliarden in die Skalierung. Aptronik sammelte 350 Millionen Dollar ein, Figure AI über eine Milliarde, bewertet wird das Unternehmen inzwischen mit 39 Milliarden Dollar (Reuters, 13.02.2025; TechCrunch, 25.02.2025). Die Logik: erst Finanzierung, dann aggressive Pilotierung. In China wiederum zählt die Serie. UBTEchs Walker S2 läuft in Vorproduktion, staatliche Förderung sorgt für Tempo, Normen sind zweitrangig. In

Deutschland dagegen gilt die Stärke der Integration: Schnittstellen, Normen, CE-Zertifikate. Das ist seriös, aber langsam. Patrick Schwarzkopf, Geschäftsführer VDMA Robotik + Automation, brachte es auf den Punkt: „Startups brauchen wesentlich mehr geduldiges Kapital für Skalierung ... Ohne das bleibt es bei Prototypen“ (Produktion.de, 17.09.2025).

Wertschöpfung neu gedacht

Wert entsteht dort, wo Roboter nicht nur Arbeit



Kostenblock und Risiko

Die Einführung solcher Systeme ist alles andere als ein schneller Befreiungsschlag. Fraunhofer IPA beziffert die Einstiegskosten für humanoide Roboter in Produktionsumgebungen auf ein bis drei Prozent des Maschinenwerts (Fraunhofer IPA, 09.2025). Dahinter verbirgt sich weit mehr als die Hardware: Sensorik, Rechenleistung, Datenintegration, Sicherheitsabnahmen, Schulungen. McKinsey berechne-

ersetzen, sondern Daten erzeugen. Vibrationen, Kraftkurven, Bilddaten: all das sind Assets, wenn sie in Predictive-Modelle einfließen und Ausfälle verhindern. Der VDMA sieht in humanoiden Robotern daher nicht nur neue Produkte, sondern auch neue Geschäftsmodelle. Pay-per-Use, Verfügbarkeitsgarantien, Serviceerlöse über Lebenszyklen – statt einmaliger Verkäufe entstehen laufende Einnahmen. Allein das Segment Robotics & Automation soll 2025 Umsätze von 13,8 Milliarden Euro erreichen (VDMA, 2025).

So ist das Paradox des Gipfels umrissen: Eine Branche in der Krise setzt ihre Hoffnungen auf Technologien, die teuer, riskant und noch nicht serienreif sind – und feiert sie doch als Wunderkinder. Die nüchterne Wahrheit ist: Wunder geschehen nicht allein. Sie entstehen erst im Zusammenspiel – humanoide Roboter, klassische Automatisierung, digitale Zwillinge, Datennetze. Deutschlands Chance liegt weniger im lautesten Prototypen als in der schnellsten Integration. Merz' Satz, Deutschland müsse Land der produzierenden Industrie bleiben, ist richtig. Ob daraus ein industriepolitisches Programm wird, das die Krise überwindet, hängt von Kapital, Standards und Mut ab.

Kapitel 2 – Kosten: Was der KI-Umbau wirklich frisst

Von Visionen allein wird keine Fabrik umgebaut. Wer humanoide Roboter einsetzen will, muss rechnen: Sensorik, Schnittstellen, Hardware, Organisation. Die Frage ist nicht, ob KI teuer wird, sondern wie sich Investitionen und Amortisation in Einklang bringen lassen.

Die Branche diskutiert fünf Kostenblöcke: Sensorik, Rechenleistung, Datenintegration, Hardware, Organisation. Gerade weil die Auftragsbücher dünner, die Energiekosten hoch und die Genehmigungsverfahren langwierig sind, wird Künstliche Intelligenz zum Rettungsanker stilisiert. Humanoide Roboter, die Treppen steigen, Kisten tragen oder Maschinen bestücken, avancieren zu Symbolen eines möglichen Aufbruchs.

In China läuft mit UBTechs Walker S2 das erste Serienmodell vom Band. In den Vereinigten Staaten sichern Start-ups wie Appttronik oder Figure AI Milliardenbeträge für die Serienproduktion. In Deutschland dagegen wird beobachtet, diskutiert – und vorsichtig getestet. Bundeskanzler Friedrich Merz mahnte beim Deutschen Maschinenbau-Gipfel im Oktober, Deutschland müsse „Land der produzierenden Industrie bleiben“. Er sprach von einem

„Epochenumbruch“ und davon, dass wir „Zeitzeugen einer fundamentalen Veränderung der Machtzentren“ seien (Bundesregierung.de, 15.10.2025). Doch die nüchterne Frage lautet: Was kosten diese Wunderkinder, welchen Mehrwert bringen sie – und welche Rolle kann Deutschland im internationalen Wettbewerb spielen?

Der Maschinenbau bleibt Schwergewicht, ist aber angeschlagen. Laut VDMA summieren sich die Umsätze der EU-Branche 2024 auf 867 Milliarden Euro, davon rund ein Drittel außerhalb des Binnenmarkts. Der Außenhandelsüberschuss lag bei 165 Milliarden Euro. Für 2025 rechnet der Verband mit einem Minus von fünf Prozent, nach knapp sieben Prozent Rückgang im Jahr zuvor (VDMA, 2025). Präsident Kawlath sprach von einem „Herbst des Handelns“ – gemeint waren nicht KI-Experimente, sondern Energiepreise, Genehmigungsstau und Steuerlast. Ingenieur.de kommentierte trocken: „Die Branche ist mit der Geduld am Ende“ (15.10.2025).

Die Kosten der KI-Integration sind erheblich. Fraunhofer IPA schätzt, dass humanoide Systeme in Fabriken Investitionen von ein bis drei Prozent des Maschinenwerts erfordern – zusätzlich zur Anschaffung (Fraunhofer IPA, 09.2025). Dazu zählen Sensorik, Datenintegration, Edge- und Cloud-Rechenleistung, Sicherheitsabnahmen und Schulungen. Für einen Mittelständler mit 100 Millionen Euro Umsatz bedeutet das Ausgaben in Millionenhöhe. McKinsey errechnete, dass sich der ROI je nach Einsatzszenario zwischen zwei und fünf Jahren bewegt: rasch in Logistik und Inspektion, deutlich länger in komplexer Fertigung (McKinsey Global Institute, 10.2025). Die Internationale Föderation für Robotik mahnt in ihrem Papier „Humanoids – Vision and Reality“ (09.2025), dass Vision und Serienreife weit auseinanderliegen.

Auch der Energieverbrauch ist kein Randthema. Walker S2 zeigt, wie Batteriewechsel und Energiemanagement den Betrieb verlängern können – ein Vorteil für Kennzahlen wie Overall Equipment Effectiveness. Doch neue Systeme erfordern Ladeinfrastruktur, Sicherheitsprüfungen und Wartung. Appttronik sicherte sich 350 Millionen Dollar, um den Schritt in die Serie zu gehen (Reuters, 13.02.2025). Figure AI erreichte mit einer Milliarde Dollar eine Bewertung von 39 Milliarden (TechCrunch, 25.02.2025). In Deutschland dagegen agieren Firmen eigenfinanziert und vorsichtig – ein struktureller Nachteil in einer Branche, in der Skalierung entscheidet.

Roboterdichte und bestehende Systeme

Die Diskussion muss sich auch an den Fakten messen lassen. Deutschland zählt laut International Federation of Robotics rund 415 Industrieroboter pro 10.000 Beschäftigte im verarbeitenden Gewerbe – weltweit Rang drei hinter Südkorea und Singapur. In absoluten Zahlen stehen hierzulande rund 260.000 Systeme in den Hallen. Es handelt sich überwiegend um klassische Knickarmroboter, Schweiß- und Handhabungsanlagen, Pick-and-Place-Systeme oder Portalroboter. Sie sind fest in Produktionszellen integriert, mit klar programmierten Abläufen und Schnittstellen zu CNC-Steuerungen und MES-Systemen.

Diese Infrastruktur ist die Ausgangsbasis, auf der sich neue humanoide Systeme behaupten müssen. Denn Wert entsteht nicht durch Solisten, sondern durch Ensembles. Humanoide Roboter können Lücken schließen, die klassische Automatisierung bislang offenlässt: mobile Transporte zwischen Zellen, flexible Maschinenbestückung, visuelle Inspektionen in schwer zugänglichen Bereichen. Ihre besondere Stärke liegt darin, zugleich Sensorträger und Arbeitskraft zu sein – Daten generieren, wo bislang Blindstellen herrschten, und zugleich Arbeit übernehmen, die ergonomisch oder wirtschaftlich schwer an Menschen oder klassische Roboter zu delegieren ist.

Im Verbund mit digitalen Zwillingen entsteht daraus ein neues Niveau der Transparenz. Humanoide Systeme liefern Echtzeitdaten in Simulationen, die damit präzisere Vorhersagen ermöglichen, Ausfälle verhindern und Prozesse optimieren. Auf dem Shopfloor können sie als Assistenzsysteme für Menschen wirken, Material nachführen, Werkbänke bedienen oder sich über Imitation Learning an neue Varianten anpassen. In Verbindung mit klassischen Industrierobotern, fahrerlosen Transportsystemen und KI-basierten Analyseplattformen entsteht ein Orchester, das über die Summe seiner Teile hinausgeht.

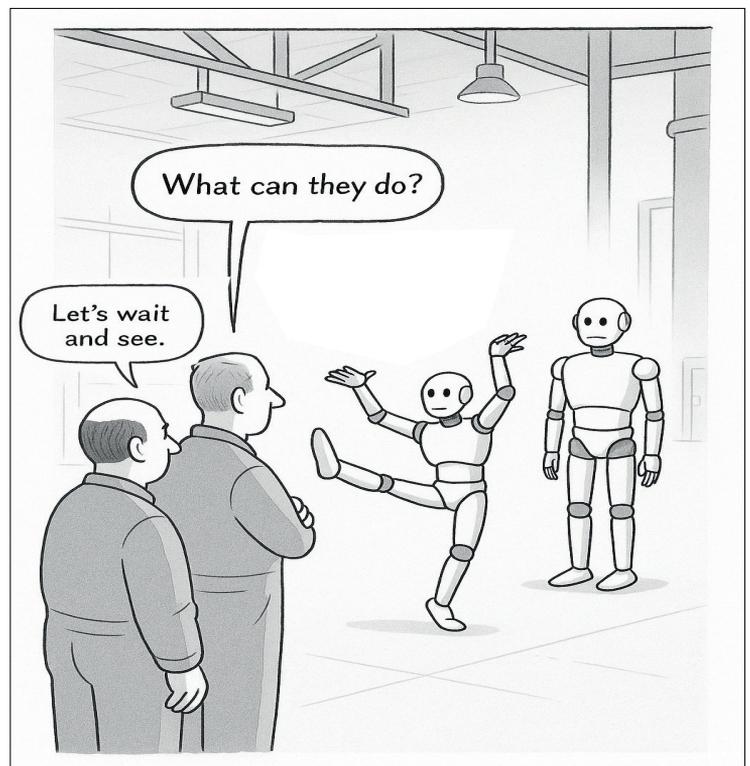
Mehrwert entsteht dort, wo Roboter nicht isoliert arbeiten. Fraunhofer-Forscher sprechen deshalb von „systemischer Produktivität“. Ein Humanoider, der Bauteile transportiert, wird erst dann wertvoll, wenn er sie an eine automatisierte Zelle übergibt, die von Cobots bestückt und von einem Leitsystem überwacht wird. McKinsey spricht von zweistelligen Effizienzgewinnen, wenn diese Ebenen zusammengeführt werden.

Walker S2 aus China, Apollo von Appttronik in Texas, und Figure 01, das kalifornische Vorzeigeprojekt gelten als „Wunderkinder“ einer neuen Generation von

Robotik. Doch so unterschiedlich ihre Herkunft und ihre Stärken sind, so klar ist auch: Für den deutschen Maschinenbau sind sie weder eins zu eins einsetzbar noch ein unmittelbarer Rettungsanker.

Walker S2 – Serie schlägt Standard

China demonstriert mit Walker S2, was staatlich geförderte Skalierung bedeutet. UBTEch bringt das humanoide System mit automatischem Batteriewechsel in eine erste Serienproduktion. Der Roboter kann Treppen steigen, Türen öffnen, Bauteile tragen – und zeigt in Messehallen eine erstaunliche Autonomie. Doch die glänzende Oberfläche täuscht über eine entscheidende Lücke hinweg: Schnittstellen. Ein Walker spricht kein OPC-UA, kennt kein Profinet, versteht weder SAP- noch Siemens-Steuerungen. Für deutsche Brownfield-Fabriken ist er



damit zunächst ein Fremdkörper. Ein VDMA-Vertreter brachte es beim Maschinenbau-Gipfel auf den Punkt: „Solange ein System unsere Schnittstellen nicht versteht, bleibt es ein Schauspiel, kein Werkzeug“ (VDMA, 17.09.2025).

Apollo – pragmatisch, aber begrenzt

Appttronik aus Texas verfolgt mit Apollo einen anderen Ansatz. Das Unternehmen, das sich zuletzt 350 Millionen Dollar Wachstumskapital sicherte (Reuters, 13.02.2025), entwickelt humanoide Roboter für einfache Logistik- und Fertigungsaufgaben. Mercedes-Benz testet Apollo derzeit in Teilen der Produktion. Der Einstieg erfolgt teleoperativ, Autonomie

soll folgen. „Wir wollen herausfinden, an welcher Stelle es sinnvoll ist – und wo nicht“, erklärte Tabea Drees, Senior Manager Future Systems of Manufacturing bei Mercedes (Reuters, 18.03.2025). Der Charme von Apollo liegt im Pragmatismus: keine spektakulären Fähigkeiten, dafür aber ein Fokus auf Integration in industrielle Umgebungen. Für deutsche Werke ist er damit näher an der Realität als Walker – doch auch hier fehlen Standards, Sicherheit und Kostenstruktur.

Figure – Kapital als Treibstoff

Noch ambitionierter ist Figure AI. Das Unternehmen sammelte über eine Milliarde Dollar in einer Finanzierungsrunde, wird inzwischen mit 39 Milliarden bewertet und gilt als heißester Kandidat auf einen „Tesla-Moment“ der Robotik (TechCrunch, 25.02.2025). Figure 01 soll als universeller humanoider Arbeiter in Fabriken und Logistikzentren eingesetzt werden. Die Präsentationen erinnern an Tech-Ikonen, die Serie ist dagegen weit entfernt. McKinsey weist darauf hin, dass zwischen Demonstration und industrieller Robustheit ein Zeitraum von mindestens fünf Jahren liegt (McKinsey Global Institute, 10.2025). Für deutsche Maschinenbauer bedeutet das: Beeindruckende Bilder, aber keine sofort einsetzbare Lösung.

Deutschland – Integrationsland, kein Showroom

Der Vergleich zeigt, warum die deutsche Debatte so anders verläuft. In den USA dominiert das Kapital: erst Finanzierung, dann Pilotierung. In China zählt die Serie: Stückzahlen zuerst, Normen später. In Deutschland dagegen gilt die Stärke der Integration. OPC-UA, TIA-Portal, DGUV-Sicherheit, CE-Zertifikate – das ist die DNA deutscher Werke. Wer hier Erfolg haben will, muss weniger glänzen als funktionieren. Der erste humanoide Roboter, der nativ in diese Logik passt, hätte Chancen auf eine europäische Skalierung. Doch noch gibt es ihn nicht.

Hinzu kommt: Humanoide Roboter allein sind kein Heilsbringer. Fraunhofer IPA betont, dass sie erst im Zusammenspiel mit Cobots, fahrerlosen Transportsystemen und digitalen Zwillingen ihr Potenzial entfalten (Fraunhofer IPA, 09.2025). Ein Walker, der Bauteile bringt, bleibt ineffizient, wenn er sie nicht an eine automatisierte Zelle übergeben kann. Ein Apollo, der inspiziert, bringt wenig, wenn seine Daten nicht ins MES-System fließen. Ein Roboter Figure, das Türen öffnet, bleibt eine Schau, solange es nicht in Standards eingebettet ist. Der Maschinenbau braucht kein Wunderkind, sondern ein Orchester.

ROI und die Kosten

Auch die Kosten sprechen gegen einfache Lösungen. Fraunhofer berechnet, dass der Einsatz humanoider Systeme im industriellen Umfeld Investitionen von ein bis drei Prozent des Maschinenwerts erfordert

(Fraunhofer IPA, 09.2025). McKinsey sieht die Amortisation nur dann, wenn humanoide Roboter mit anderen Automatisierungslösungen verbunden werden (McKinsey, 10.2025).

Das gilt umso mehr in einer Branche, die laut VDMA 2025 einen Produktionsrückgang von fünf Prozent verkraften muss. Investitionen in teure Pilotprojekte sind in dieser Lage riskant. So erklärt sich, warum KI beim Gipfel in Berlin zum dominanten Thema wurde. Walker, Apollo und Figure sind die neuen Ikonen. Doch sie sind weder auf deutsche Fabriken zugeschnitten noch kurzfristig serienreif. Die deutschen Werke brauchen keine Show, sondern Lösungen, die in bestehende Systeme passen. Die Wunderkinder mögen die Fantasie beflügeln – die Realität des Maschinenbaus entscheidet sich aber an Schnittstellen, Normen und Rechnungen. Wer das Wunderkind in ein Ensemble integriert, kann Wertschöpfung schaffen. Wer auf den Solisten setzt, wird am Ende nur Zuschauer sein.

Entscheidend ist, ob Roboter in der dritten Schicht zuverlässig arbeiten, Ersatzteile verfügbar sind und Datenflüsse in ERP-Systeme integriert werden. Deutschlands Chance liegt nicht im lautesten Auftritt, sondern in der schnellsten Integration – humanoide Systeme, Cobots, fahrerlose Transportsysteme und digitale Zwillinge in einem abgestimmten Orchester. „Ohne Serie kein Wunder – ohne Standards keine Serie“, formulierte ein VDMA-Vertreter in Berlin. Merz' Satz, Deutschland müsse Land der produzierenden Industrie bleiben, ist richtig. Doch nur wenn Politik, Kapital und Ingenieure gemeinsam handeln, wird aus den Wunderkindern der Robotik ein Industrieprodukt, das nicht nur bestaunt, sondern genutzt wird.

Kapitel 3 - Zwischen Kosten und Wertschöpfung – eine nüchterne Bilanz

Die Euphorie ist groß, die Zahlen sind ernüchternd. Humanoide Roboter, Predictive Maintenance, digitale Zwillinge – sie alle gelten als Bausteine für die industrielle Zukunft. Doch die entscheidende Frage lautet nicht, was auf Messen glänzt, sondern was sich in Bilanzen rechnet. Kosten und Wertschöpfung bilden die harte Währung, in der sich entscheidet, ob der deutsche Maschinenbau im KI-Zeitalter bestehen kann.

Während Siemens-Vorstand Cedrik Neike über Europas „DeepSeek-Moment“ sprach und VDMA-Präsident Bertram Kawlath die Lage als „bedrohlich“ bezeichnete, ging es in den Fluren des Maschinenbau-Gipfels um pragmatischere Fragen: Wer soll das bezahlen? Wie lange dauert es, bis Investitionen tra-

gen? Und wer trägt das Risiko, wenn Piloten scheitern?

Die nackten Zahlen geben die Richtung vor. Fraunhofer IPA veranschlagt Investitionen von ein bis drei Prozent des Maschinenwerts für die Einführung humanoider Systeme (Fraunhofer IPA, 09.2025). Für eine Anlage im Wert von 20 Millionen Euro sind das bis zu 600.000 Euro. McKinsey errechnete Amortisationszeiten zwischen zwei und fünf Jahren – je nach Einsatzszenario (McKinsey Global Institute, 10.2025). In Logistik oder Inspektion kann sich ein System nach zwei Jahren rechnen, in komplexer Montage dauert es deutlich länger.

Hinzu kommt die Unsicherheit. Die Internationale Föderation für Robotik warnt, dass Serienreife, Sicherheit und Standardisierung noch fehlen. Prototypen beeindruckt in Showrooms, doch sie ersetzen keine robusten Produktionssysteme. Ein Manager fasste es nüchtern zusammen: „Niemand kann es sich leisten, für ein Versprechen Millionen zu verbrennen.“

Wertschöpfungspotenziale

Dennoch wäre es verkürzt, die Technologien auf ihre Kosten zu reduzieren. Der eigentliche Hebel liegt in der Wertschöpfung. Humanoide Roboter sind mobile Sensorträger, die Daten generieren, wo bislang Blindstellen herrschten: Vibrationsprofile, Kraftmessungen, visuelle Inspektionen. Diese Daten füttern Predictive-Maintenance-Modelle, senken Stillstände und verlängern Lebenszyklen. Fraunhofer spricht von Einsparungen von 15 bis 30 Prozent in der Instandhaltung, McKinsey von einem ROI von drei bis fünf Euro pro investiertem Euro.

Darüber hinaus entstehen neue Geschäftsmodelle. Wer nicht nur Maschinen verkauft, sondern Verfügbarkeit garantiert, sichert laufende Einnahmen. „Availability-as-a-Service“ ersetzt den einmaligen Verkauf durch dauerhafte Verträge. Schon heute prognostiziert der VDMA für Robotics & Automation Umsätze von 13,8 Milliarden Euro im Jahr 2025 – Tendenz steigend.

Internationale Vergleiche

Ein Blick über die Grenzen verdeutlicht den Druck. In den USA fließen Milliarden in Start-ups wie Appttronik oder Figure. Kapital sichert Geschwindigkeit, auch wenn die Systeme technisch unreif sind. In China wird Skalierung staatlich orchestriert: UBTEchs Walker S2 geht in Serie, Normen werden später bedacht. Deutschland dagegen agiert vorsichtig. Integration, Standards, Sicherheit – das ist verlässlich, kostet aber Zeit. Und Zeit ist im globalen Wettbewerb ein knappes Gut. McKinsey warnt, dass Europa bis 2030 bis

zu 15 Prozent industrieller Wertschöpfung verlieren könnte, wenn Investitionen stocken.

Politische Rahmenbedingungen

Die Politik kennt die Diagnose. Friedrich Merz versprach Bürokratieabbau, steuerliche Entlastungen und eine stärkere europäische Führungsrolle. Doch in der Praxis verzögern Genehmigungszeiten Projekte um Monate, Investitionsprämien greifen oft zu spät, und die Steuerpolitik belohnt eher Forschung als Serienfertigung. Der Ruf nach einem „Herbst des Handelns“ ist deshalb mehr als ein Schlagwort.

Deutsche Stärke – und ihre Grenzen

Deutschlands Vorteil liegt nicht im lautesten Roboter, sondern in der Integration. OPC-UA, CE-Zertifikate, DGUV-Sicherheit – diese Standards schaffen Vertrauen. Der erste humanoide Roboter, der nativ in diese Logik passt, hätte Chancen auf europäische Skalierung. Doch solange Schnittstellen fehlen, bleibt es bei Prototypen. Patrick Schwarzkopf vom VDMA bringt es auf die Formel: Ohne „geduldiges Kapital“ und eine Strategie zur Serienproduktion bleibt es bei Pilotprojekten.

Die Kosten sind hoch, der Nutzen noch unsicher, der Wettbewerbsdruck enorm. Doch die Alternative wäre schlimmer: Abwarten hieße, den Anschluss an USA und China zu verlieren. Die nüchterne Wahrheit lautet: Der deutsche Maschinenbau braucht die Wunderkinder der KI nicht als Solisten, sondern als Teil eines Ensembles. Erst wenn humanoide Roboter mit Cobots, fahrerlosen Transportsystemen und digitalen Zwillingen zusammenspielen, entsteht Wertschöpfung.

Merz hat recht: Deutschland muss Land der produzierenden Industrie bleiben. Aber dieser Anspruch erfordert mehr als Appelle. Er verlangt Investitionen, Standards und Mut zur Serie. Nur dann wird aus der Hoffnung auf Wunder eine tragfähige Bilanz.

Kapitel 4 – Stimmen der Praxis: Realität hinter den Kulissen

Die Bundesregierung weiß um die Bedeutung der Branche. Kanzler Merz versprach Bürokratieabbau, steuerliche Entlastungen und eine stärkere europäische Führungsrolle. Seine Rede war getragen von der Einsicht, dass sich die „Machtzentren“ der Weltwirtschaft verschieben. Doch die Realität bleibt widersprüchlich.

Unternehmen klagen über Genehmigungszeiten von bis zu 18 Monaten für neue Fertigungslinien. Steuerliche Anreize fördern Forschung, nicht aber

die riskante Serienfertigung. Und die Energiepreise sind trotz Entlastungspaketen im internationalen Vergleich hoch.

Damit steckt die Politik in einem klassischen Dilemma: Sie muss kurzfristig Stabilität sichern und zugleich langfristige Investitionen ermöglichen. Doch solange Entscheidungen vertagt und Maßnahmen verwässert werden, geht wertvolle Zeit verloren. Genau diese Zeit nutzen die USA und China, um Kapital und Skalierung nach vorn zu bringen.

Der VDMA versteht sich als Stimme des Maschinenbaus – und warnt seit Monaten vor dem Verlust an Wettbewerbsfähigkeit. Präsident Kawlath forderte in Berlin einen „Herbst des Handelns“. Patrick Schwarzkopf, Geschäftsführer Robotik + Automation, mahnte, Start-ups hätten in Deutschland zu wenig Kapital und zu lange Genehmigungswege. Sein zugespitzter Appell „Scale, baby, scale“ bringt die Lage auf den Punkt: Ohne geduldiges Kapital und politische Flankierung bleibt es bei Prototypen.

Gleichzeitig versucht der Verband, selbst Akzente zu setzen. Eine Studie zu humanoiden Robotern, die im Januar 2026 erscheinen soll, will Szenarien aufzeigen, in denen humanoide Systeme nicht nur Zulieferprodukte sind, sondern auch in der eigenen Fertigung eingesetzt werden. Das Signal ist klar: Der Maschinenbau sieht humanoide Robotik als Teil seines Portfolios – nicht bloß als importierte Technologie.

Unternehmen: Zwischen Geduld und Druck

Für die Unternehmen selbst bleibt die Lage ambivalent. Großkonzerne wie Mercedes-Benz experimentieren mit Apollo von Aptronik – zunächst teleoperativ, später autonom. „Wir wollen herausfinden, an welcher Stelle es sinnvoll ist – und wo nicht“, sagt Tabea Drees, verantwortlich für Future Systems of Manufacturing (Reuters, 18.03.2025). Der Mittelstand hingegen bleibt zurückhaltend. Viele Firmen kämpfen mit sinkenden Aufträgen und hohen Kosten; Pilotprojekte erscheinen in dieser Lage riskant. Fraunhofer IPA spricht von einer „Kluft zwischen Vision und Alltag“, die nur mit standardisierten Zellen, klaren Schnittstellen und realistischen Payback-Erwartungen überbrückt werden könne.

Internationale Kontraste

Die Unterschiede im globalen Handeln sind markant. In den USA dominieren Investoren: Figure AI sammelte über eine Milliarde Dollar ein, Aptronik 350 Millionen. Kapital sichert Tempo, auch wenn die Technik unreif ist. In China dominiert der Staat: UB-Techs Walker S2 geht in Serie, auch wenn Schnittstellen und Sicherheitsnormen europäischem Standard

nicht entsprechen. In Deutschland dominiert die Vorsicht: Integration, Sicherheit, CE-Zertifikate – das schafft Vertrauen, kostet aber Zeit.

Diese Unterschiede sind mehr als Fragen des Tempos, sie spiegeln unterschiedliche Kulturen. Während die USA Geschwindigkeit und China Masse priorisieren, setzt Deutschland auf Verlässlichkeit. Doch in Märkten mit kürzeren Produktzyklen kann Verlässlichkeit schnell als Langsamkeit erscheinen.

Strategische Flanke

Die Bilanz des Gipfels fällt entsprechend ambivalent aus: Auf der einen Seite ein Kanzler, der die Bedeutung des produzierenden Kerns betont. Auf der anderen eine Branche, die unter sinkender Produktion und wachsender Ungeduld leidet. Dazwischen die Frage, wie KI, humanoide Roboter und neue Geschäftsmodelle tatsächlich auf den Shopfloor gebracht werden.

Die Handlungsfelder liegen klar vor Augen:

Politik: Genehmigungen vereinfachen, steuerliche Anreize für Serienfertigung setzen, Investitionen in Energie- und Datennetze beschleunigen.

Verbände: Standards und Templates entwickeln, Einkaufsallianzen für kritische Komponenten bilden, Qualifizierungsprogramme aufsetzen.

Unternehmen: Pilotieren, aber mit Fokus auf Integration und klar definierten ROI.

Was fehlt, ist eine gemeinsame Strategie. Politik, Verbände und Unternehmen müssen sich auf eine Achse verständigen, die Integration beschleunigt und Kapital mobilisiert. Denn die Wunderkinder der Industrie – humanoide Roboter, embodied AI, Smart Maintenance – sind nur dann mehr als Schlagworte, wenn sie in Wertschöpfung übersetzt werden. Wunderkinder faszinieren, Werkzeuge tragen. Zwischen diesen Polen balanciert der Maschinenbau. Chancen liegen in Ergonomie, Flexibilität, Qualität und neuen Geschäftsmodellen. Risiken entstehen aus Kosten, Komplexität, Sicherheit und dem drohenden Hype-Zerfall.

Die Potenziale sind greifbar. In der Ergonomie etwa können humanoide Roboter monotone oder körperlich belastende Tätigkeiten übernehmen, die bislang zu Verschleiß oder Ausfällen führen. Fraunhofer IPA beziffert die Einsparungen durch weniger Arbeitsunfälle und Krankheitsausfälle auf bis zu zehn Prozent in bestimmten Fertigungsbereichen (Fraunhofer IPA,

09.2025). In einer Branche, die unter Fachkräftemangel leidet, ist das mehr als ein Kostenvorteil – es ist ein Standortfaktor.

Auch die Flexibilität spricht für den Einsatz. Während klassische Industrieroboter fest programmiert arbeiten, lernen humanoide Systeme durch Imitation und KI. Variantenwechsel lassen sich schneller bewältigen, Produktzyklen flexibler gestalten. VDMA-Experten sprechen von „intent-basiertem Arbeiten“: Der Roboter kennt das Ziel und sucht den Weg selbst.

Dazu kommen Qualitätseffekte. Mobile Systeme sind zugleich Sensorträger. Vibrationen, Kraftkurven und Bilddaten fließen in Predictive-Maintenance-Modelle, die Ausfälle früher erkennen und Qualität steigern. McKinsey errechnet Effizienzgewinne von bis zu 20 Prozent in Instandhaltung und Qualitätskontrolle (McKinsey Global Institute, 10.2025).

Schließlich eröffnen sich neue Geschäftsmodelle. Pay-per-Use, Verfügbarkeitsgarantien und Serviceerlöse ersetzen den einmaligen Verkauf. Das Segment Robotics & Automation soll 2025 laut VDMA Umsätze von 13,8 Milliarden Euro erreichen – ein Hinweis darauf, dass sich hier ein neues Marktsegment etabliert.

Doch ebenso klar sind die Risiken. Die Investitionen bleiben hoch. Fraunhofer veranschlagt ein bis drei Prozent des Maschinenwerts für die Integration humanoider Systeme. Für ein Werk mit 50 Millionen Euro Volumen bedeutet das Millionenbeträge ohne sichere Amortisation. CFOs warnen vor Fehlinvestitionen in Prototypen, die nie die Serie erreichen.

Hinzu kommt die Integrationshürde. Ein humanoider Roboter, der weder OPC-UA noch SAP-Schnittstellen versteht, ist für eine deutsche Fabrik wertlos. Ohne Standards drohen „Inselprojekte“, die Vertrauen zerstören. Die IFR betont in ihrem Positionspapier: Ohne Normen und Datensouveränität bleiben Investitionen aus. Die Risiken sind erheblich, doch sie sind nicht zu vermeiden. Wer Innovation will, muss investieren, experimentieren und gelegentlich scheitern. Die Frage lautet nicht, ob Risiken eingegangen werden, sondern wie sie gemanagt werden: durch klar definierte Pilotprojekte, Einkaufsallianzen für teure Komponenten, politische Flankierung bei Kapital und Genehmigungen.

Der internationale Vergleich verstärkt den Druck. In den USA werden Risiken durch Kapital abgedeckt, in China durch den Staat. Deutschland verlangt von Unternehmen, sie selbst zu tragen – und das in einer Phase schrumpfender Produktion. Das ist ein Standortnachteil, wenn es nicht gelingt, Kapital und Stan-

dards schneller zu mobilisieren.

Die Bilanz fällt gemischt aus: Die Wunderkinder sind real, doch sie brauchen Regeln. Kosten, Komplexität und Sicherheit sind zu managen, wenn aus Faszination Wertschöpfung werden soll. Deutschland muss einen eigenen Weg finden – weniger Show, mehr Integration; weniger Euphorie, mehr Standards; weniger Abwarten, mehr Kapital.

Kapitel 5 – Roadmap: Von Piloten zur Skalierung

Vom Pilotprojekt zur Serie führt kein gerader Weg. Wer humanoide Roboter in Wertschöpfung überführen will, muss eine disziplinierte Roadmap abarbeiten: Pilotprojekte, begrenzte Produktionsszenarien, mühsame Skalierung.

Phase 1: Pilotierung (0–6 Monate)

Die ersten Schritte sind klein, aber entscheidend. Pilotprojekte müssen klar definiert sein – Kitting, Teiltransport, visuelle Inspektionen. Fraunhofer IPA empfiehlt, die Pilotzelle bewusst eng zu schneiden, um Ergebnisse binnen Monaten messbar zu machen. Typische Investitionskosten: ein bis zwei Prozent des Maschinenwerts. Payback-Zeitraum: offen, da die Lernkurve den Ausschlag gibt. Ein Werkleiter formulierte es am Gipfel so: „Wir müssen erst beweisen, dass der Roboter die dritte Schicht übersteht, bevor wir über 30 Hallen reden.“

Phase 2: Limited Production (6–18 Monate)

In dieser Phase entscheidet sich, ob aus einem Pilot ein Geschäftsmodell wird. Nun geht es um Flottenmanagement, Energiekoordination, OTA-Updates und Service-Level-Agreements. Vor allem aber um Schnittstellen: MES-Integration, ERP-Anbindung, Datenpuffer. Die IFR warnt: Ohne Standardisierung drohen „Inselprojekte“, die teuer bleiben und Vertrauen zerstören. Für Deutschland ist diese Phase kritisch, weil hier die Stärke der Integration gefragt ist. Ein Roboter, der eine Tür öffnen kann, ist kein Asset – einer, der fehlerfrei mit SAP und Profinet spricht, dagegen schon.

Phase 3: Skalierung (18–36 Monate)

Die dritte Phase ist die härteste. Sie erfordert Kapital, Einkaufsmacht und politische Unterstützung: Serienbeschaffung für Aktuatoren, Getriebe und Akkus; Rahmenverträge mit Zulieferern; Standardzellen für Sicherheit und Greiferwechsel. Hier entscheidet sich, ob die Wunderkinder in den Alltag überführt werden oder Insellösungen bleiben. Die USA und China haben Vorteile: Apptronik und Figure sichern Milliarden, UBTECH setzt Walker S2 in Serie. Deutschland muss sich auf Integrationskompetenz und politische

Flankierung verlassen. Ohne Investitionsanreize und schnellere Genehmigungen droht die Skalierung zu scheitern.

McKinsey errechnet für diese Phasen einen ROI zwischen zwei und fünf Jahren. In der Intralogistik rechnet sich ein humanoides System nach zwei bis drei Jahren, in der Montage kann es fünf Jahre dauern. Fraunhofer spricht von Einsparungen von bis zu 30 Prozent in der Instandhaltung. Doch die Kalkulation bleibt riskant. Ein CFO brachte es auf den Punkt: „Es gibt keine Excel-Zelle für Geduld.“

Die deutsche Besonderheit

Deutschland hat keine Milliardenpools wie das Silicon Valley und keine staatlich orchestrierte Skalierung wie China. Dafür verfügt es über eine Kultur der Integration, der Standards und der Normen. Das ist langsamer, aber verlässlicher. Der erste humanoide Roboter, der nativ in deutsche Schnittstellen passt, hätte Chancen auf europäische Skalierung. Bis dahin aber bleibt die Branche im Übergang.

Die Roadmap ist klar, die Frage ist offen: Hat Deutschland Mut, Kapital und Geduld, sie konsequent abzuarbeiten? Ohne diese Tugenden bleibt das Wunder ein Schauspiel.

Kapitel 6 – Risiko- und Chancenbilanz: Eine Bestandsaufnahme

Wunderkinder faszinieren, Werkzeuge tragen. Zwischen diesen Polen balanciert der Maschinenbau. Chancen liegen in Ergonomie, Flexibilität, Qualität und neuen Geschäftsmodellen. Risiken entstehen aus Kosten, Komplexität, Sicherheit und dem drohenden Hype-Zerfall.

Die Potenziale sind greifbar. In der Ergonomie können humanoide Roboter monotone oder körperlich belastende Aufgaben übernehmen, die bislang zu Verschleiß oder Ausfällen führten. Fraunhofer IPA beziffert die Einsparungen durch weniger Arbeitsunfälle und Krankheitsausfälle auf bis zu zehn Prozent in bestimmten Fertigungsbereichen (09.2025). In einer Branche, die unter Fachkräftemangel leidet, ist das ein entscheidender Standortfaktor.

Auch die Flexibilität spricht für die neue Technik. Während klassische Industrieroboter fest programmierte Abläufe ausführen, lernen humanoide Systeme durch Imitation und KI. Variantenwechsel lassen sich damit schneller bewältigen. VDMA-Experten sprechen von „intent-basiertem Arbeiten“: Der Roboter kennt das Ziel und sucht den Weg selbst.

Hinzu kommen Qualitätseffekte. Mobile Systeme sind zugleich Sensorträger. Vibrationen, Kraftkurven

und Bilddaten fließen in Predictive-Maintenance-Modelle, die Ausfälle früher erkennen und Qualität stabilisieren. McKinsey errechnet Effizienzgewinne von bis zu 20 Prozent in Instandhaltung und Qualitätskontrolle (10.2025).

Darüber hinaus entstehen neue Geschäftsmodelle. Pay-per-Use, Verfügbarkeitsgarantien und Serviceerlöse ersetzen den einmaligen Verkauf. Das Segment Robotics & Automation soll 2025 laut VDMA bereits 13,8 Milliarden Euro Umsatz erzielen – ein Hinweis, dass sich hier ein neues Marktsegment etabliert.

Doch ebenso klar sind die Risiken. Die Investitionen bleiben hoch. Fraunhofer veranschlagt ein bis drei Prozent des Maschinenwerts für die Integration humanoider Systeme. Für ein Werk mit 50 Millionen Euro Volumen bedeutet das Millionenbeträge ohne sichere Amortisation. CFOs warnen vor Fehlinvestitionen in Prototypen, die nie die Serie erreichen.

Zudem droht die Integrationshürde. Ein humanoider Roboter, der weder OPC-UA noch SAP-Schnittstellen versteht, ist für eine deutsche Fabrik wertlos. Ohne Standards entstehen „Inselprojekte“, die Vertrauen zerstören. Die IFR warnt: Ohne Normen und Datensouveränität bleiben Investitionen aus.

Die Risiken sind erheblich, aber unvermeidlich. Wer Innovation will, muss investieren, experimentieren und gelegentlich scheitern. Entscheidend ist, wie Risiken gemanagt werden: durch klare Pilotprojekte mit ROI-Kriterien, Einkaufsallianzen für kritische Komponenten, politische Flankierung für Kapital und Genehmigungen.

Der internationale Vergleich verstärkt den Druck. In den USA werden Risiken durch Kapital abgedeckt, in China durch den Staat. Deutschland verlangt von Unternehmen, sie selbst zu tragen – in einer Phase schrumpfender Produktion. Das ist ein Standortnachteil, solange Kapital und Standards nicht schneller mobilisiert werden.

Die Bilanz ist gemischt: Die Wunderkinder sind real, doch sie brauchen Regeln. Fortschritt entsteht nicht durch Euphorie, sondern durch Normen, Kapital und Geduld. Oder, wie ein VDMA-Vertreter formulierte: „Ohne Serie kein Wunder – und ohne Standards keine Serie.“

Kapitel 7 – Der Smartphone-Moment: Lektionen aus dem iPhone

Das iPhone veränderte nicht durch Hardware, sondern durch Plattformlogik. Ein ähnlicher Anspruch prägt die Vision kognitiver Robotik. Die Frage ist, ob humanoide

Systeme einen industriellen „Smartphone-Moment“ auslösen können – nicht durch Showeffekte, sondern durch Plattformen, Schnittstellen und Kostenstrukturen.

Als Steve Jobs 2007 das erste iPhone präsentierte, lag die Innovation nicht in Kamera oder Touchscreen, sondern in der Kombination: Telefonie, Internet, Musik, Kamera – dazu ein App-Store, der binnen Monaten ein Ökosystem entstehen ließ. Der „Smartphone-Moment“ stand für den Übergang von Einzel-funktionen zu einer Plattform, die ganze Branchen veränderte.

David Reger, Gründer und CEO von Neura Robotics, knüpft daran an. Seine These: Humanoide Roboter können Partner des Menschen werden – nicht als Einzelmaschinen, sondern als Plattformen. Systeme wie „4NE1“ sollen sehen, hören, greifen und lernen, also viele Fähigkeiten in einem Gerät bündeln. Reger spricht vom Schritt von Automatisierung zu Kollaboration. Die Parallele zum iPhone liegt im Plattformgedanken. Ein Smartphone ersetzte nicht einfach alte Geräte, sondern wurde Schnittstelle für unzählige Anwendungen – Banking, Navigation, Kommunikation. In ähnlicher Weise sollen humanoide Roboter als universelle Schnittstellen dienen: für Logistik, Montage, Inspektion oder Pflege. Der Wert entsteht nicht durch Hardware allein, sondern durch die Möglichkeit, auf einer Plattform Funktionen zu kombinieren und neue Services zu skalieren.

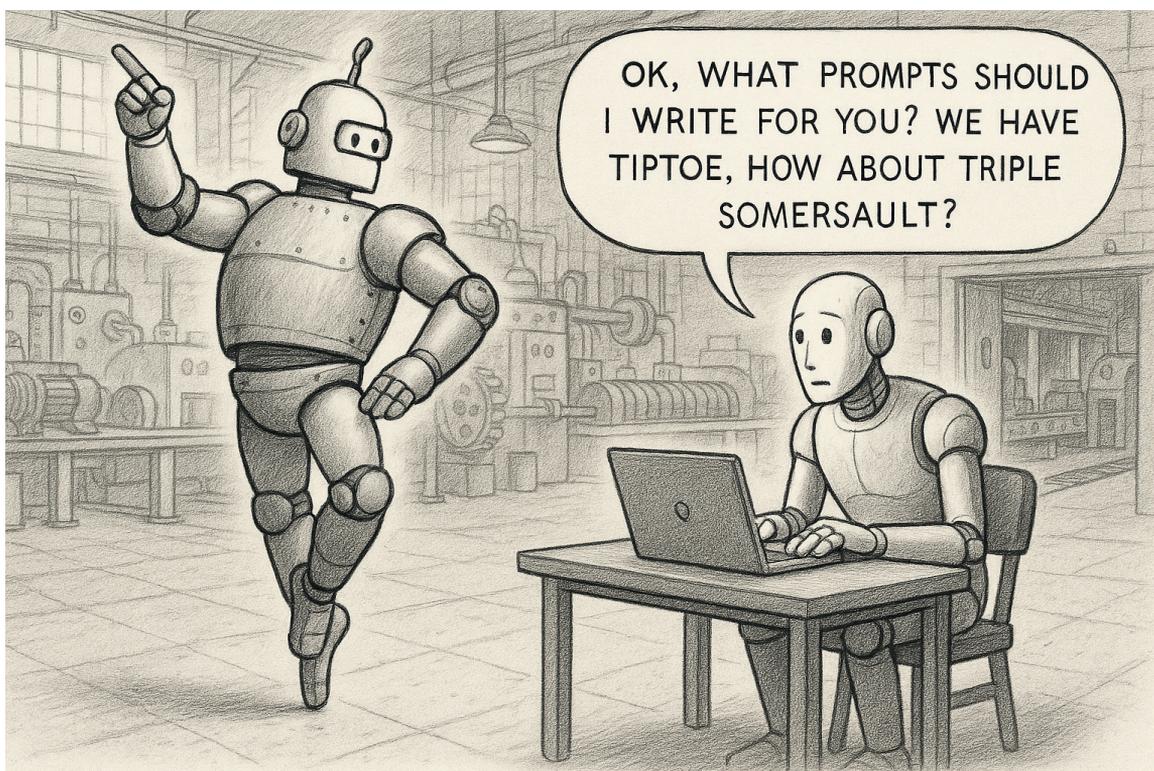
Die Realität ist allerdings ernüchternder. Während das iPhone schon im ersten Jahr Millionen Käufer

fand, kämpfen humanoide Roboter noch mit Serienreife, Kosten und Integration. Fraunhofer veranschlagt ein bis drei Prozent des Maschinenwerts für die Einführung, die Amortisation dauert in komplexen Fertigungen bis zu fünf Jahre. Schnittstellen zu SAP, OPC-UA oder Siemens-Steuerungen fehlen bei vielen internationalen Modellen. Die Folge: Sie bleiben Schauobjekte, keine Werkzeuge.

Und doch ist der Plattformgedanke entscheidend. Denn nur wenn Roboter zu universellen Geräten werden, entsteht Skalierung. So wie das iPhone durch Apps erst zur Massenplattform wurde, könnten kognitive Roboter durch modulare Softwarepakete wachsen – von Predictive Maintenance bis Qualitätskontrolle, von Transport bis Montagehilfe. McKinsey prognostiziert bis 2030 ein Marktvolumen von 50 Milliarden Dollar allein für KI-gestützte Wartung; der VDMA sieht humanoide Systeme als neues Maschinenbauprodukt mit Potenzial bis in den Alltag hinein.

Für Deutschland liegt die Chance weniger im ikonischen Gerät als in der Integration. Der erste humanoide Roboter, der nativ mit deutscher Werkslogik kompatibel ist, hätte Chancen auf europäische Skalierung – unabhängig vom äußeren Auftritt. Denn die Industrie verlangt keine Eleganz, sondern Verlässlichkeit. Der industrielle „Smartphone-Moment“ wird nicht dann erreicht, wenn ein humanoider Roboter auf einer Messe Beifall erhält. Er kommt dann, wenn er als Plattform funktioniert – eingebunden, normenkonform, wiederholbar. Erst wenn Unternehmen auf einer

einheitlichen Basis eigene Anwendungen entwickeln und Services skalieren können, entsteht Wertschöpfung.



Kapitel 9 – Plattformfrage: Wer kontrolliert die Embodied-AI-Ökosysteme?

Die eigentliche Machtfrage lautet nicht, welche Roboter laufen lernen. Sondern: Wer kontrolliert die Plattform? Die USA setzen auf Kapital, China auf Serie, Europa auf Integration. Wer Standards und Datenrechte beherrscht, kontrolliert die Wertschöpfung.

Der Maschinenbau denkt traditionell in Produkten: Fräszentren, Pressen, Werkzeugmaschinen. Doch im Markt für humanoide Roboter entscheidet nicht die Hardware, sondern die Plattform. Wer die Standards setzt, die Datenflüsse kontrolliert und das Ökosystem orchestriert, gewinnt weit mehr als Marktanteile – er bestimmt die Regeln.

Die Lektion des Smartphones

Das iPhone gewann nicht, weil es die beste Hardware war. Andere Telefone boten bessere Kameras oder robustere Gehäuse. Entscheidend war der App-Store, der ein Ökosystem schuf und Millionen Entwickler band. Jede neue App steigerte den Wert des Geräts – nicht für Apple allein, sondern für das gesamte Netzwerk. Wer die Plattform kontrollierte, bestimmte die Spielregeln.

Die neue Plattformfrage

Übertragen auf Embodied AI stellt sich die Frage: Wird der erste humanoide Roboter in deutschen Hallen ein Produkt wie eine CNC-Maschine – oder Teil einer Plattform, die von US- oder chinesischen Konzernen kontrolliert wird? Die Antwort entscheidet, ob Europa Wertschöpfung gewinnt oder verliert.

Die Tendenz ist eindeutig. In den USA sammeln Start-ups wie Figure AI Milliarden, nicht nur für Hardware, sondern für universelle Steuerungs- und KI-Plattformen. In China orchestriert der Staat die Entwicklung von UBTechs Walker S2 und flankiert sie mit ganzen Ökosystemen. Europa steht dazwischen: stark in Schnittstellen, schwach in Kapital und Plattformlogik.

Ein aktueller Beitrag in diese Debatte kommt vom Massachusetts Institute of Technology. Das Projekt NANDA (Networked Agents And Decentralized Architecture) veröffentlichte im Juli 2025 den Bericht „The GenAI Divide: State of AI in Business 2025“. Analysiert wurden rund 300 KI-Initiativen und über 150 Interviews mit Führungskräften. Die Bilanz ist ernüchternd: 95 Prozent der untersuchten Projekte liefern keinen messbaren ROI, nur 5 Prozent schaffen es in den produktiven Einsatz – meist dort, wo Prozesse standardisierbar sind, etwa in Dokumentenbearbeitung, Kundenservice oder Content-Erstellung.

Bemerkenswert ist der Befund, dass Konsumenten-tools wie ChatGPT oder Copilot von Nutzern positiv bewertet werden, während teure, maßgeschneiderte Enterprise-Lösungen häufig als unflexibel und überengineert gelten. Investitionen landen nach der Analyse oft im Marketing – nicht selten mit dem Ergebnis, dass KI vor allem für den Versand automatisierter E-Mails genutzt wird.

Der Bericht trifft damit einen Nerv: Unternehmen erkennen die ROI-Lücke zwischen Pilot und Produktivität. Zugleich positioniert NANDA mit dem Verweis auf agentenbasierte, dezentrale Architekturen einen eigenen Lösungsansatz. Die Studie ist also nüchtern betrachtet Diagnose und Agenda zugleich: Sie benennt Schwächen bestehender Systeme – und schafft Aufmerksamkeit für ein alternatives Modell. Profiteure sind das MIT als Taktgeber, NANDA als Projektmarke, aber auch Investoren, die Argumente für neue Finanzierungsrunden in „Agentic AI“ erhalten.

Die deutsche Position

Der Maschinenbau ist Integrationsweltmeister. OPC-UA, CE-Zertifikate, DGUV-Sicherheit – das schafft Vertrauen. Doch Integration allein reicht nicht, wenn Plattformen modular, skalierbar und serviceorientiert sein müssen. Plattformen benötigen Entwicklergemeinschaften, Software-Bibliotheken und Geschäftsmodelle für Updates. Genau hier hinkt Deutschland hinterher.

Patrick Schwarzkopf vom VDMA bringt es auf den Punkt: „Start-ups brauchen wesentlich mehr geduldiges Kapital für Skalierung. Ohne das bleibt es bei Prototypen“ (Produktion.de, 17.09.2025). Das gilt nicht nur für Hardware, sondern auch für Plattformen. Ein Ökosystem entsteht nicht durch Piloten, sondern durch Skalierung.

Risiken und Chancen

Sollten US- oder chinesische Plattformen dominieren, würden Daten aus deutschen Werken in fremden Clouds verarbeitet. Sicherheits-Patches, Updates und Erweiterungen wären abhängig von Anbietern im Ausland. Die Internationale Föderation für Robotik warnt: „Datenrechte und Ownership sind die Achillesferse jeder industriellen Plattform“ (IFR, 2025).

Gleichzeitig liegt hier eine Chance. Europa hat in der Vergangenheit Standards gesetzt, die weltweit adaptiert wurden. Gelingt es, Embodied AI auf Basis europäischer Normen und Schnittstellen zu etablieren, könnte daraus eine eigenständige Plattform erwachsen – nicht so groß wie das iPhone, aber stark genug, um Wertschöpfung zu sichern.

Der industrielle „Smartphone-Moment“ entscheidet sich also nicht an glänzender Hardware, sondern an unsichtbaren Schichten: Schnittstellen, Datenbanken, Software-Layern. Der Maschinenbau muss wählen, ob er Zuschauer oder Mitgestalter sein will.

Kapitel 10 – Ausblick: Wunderkinder oder Werkzeuge im Jahr 2030?

Die Antwort liegt nicht in der Technik, sondern in der Umsetzung. Drei Szenarien sind denkbar: Best Case – Wunderkinder werden Werkzeuge mit Effizienzgewinnen. Worst Case – Prototypen bleiben Schaufenster, Wertschöpfung wandert ab. Realistic Case – Integration gelingt, ohne globale Ikonen, aber mit stabiler Wettbewerbsfähigkeit.

Die Diskussion trägt Züge einer Wiederholung. In den 1980er-Jahren hieß das Schlagwort CIM, später Industrie 4.0. Heute sind es humanoide Roboter, die als Hoffnungsträger gelten. Die Frage ist dieselbe: Werden neue Technologien zum Werkzeug der Wertschöpfung – oder bleiben sie Symbole unerfüllter Versprechen?

Szenario 1: Das Wunderkind wird zum Werkzeug (Best Case)

In diesem Szenario gelingt die Integration. Standards wie OPC-UA werden mit KI-Layern erweitert, humanoide Systeme arbeiten nativ in deutschen Werken. Pilotprojekte werden zu Serienlösungen, Service-Modelle wie „Availability-as-a-Service“ sichern laufende Einnahmen.

Fraunhofer spricht von 15 bis 30 Prozent Effizienzgewinnen in der Instandhaltung, McKinsey von ROI-Zeiten zwischen zwei und vier Jahren. Ergonomiegewinne reduzieren Krankheitsausfälle, Fachkräftemangel wird abgemildert, Qualität steigt. Deutschland bleibt Land der produzierenden Industrie – nicht trotz, sondern wegen KI.

Szenario 2: Das Wunderkind bleibt ein Schauspiel (Worst Case)

Hier setzt sich die Skepsis durch. Humanoide Roboter bleiben Prototypen, Serienreife verzögert sich, Schnittstellen fehlen. Unternehmen scheuen Investitionen, während USA und China Tempo machen. Figure AI wächst dank Milliarden, UBTech produziert in Serie. Deutschland verliert Marktanteile und Abhängigkeit von fremden Plattformen wächst. Die Wunderkinder bleiben Schauspieler, keine Arbeiter.

Szenario 3: Zwischen Wunder und Werkstatt (Realistic Case)

Am wahrscheinlichsten ist ein mittlerer Weg. Humanoide Roboter werden in Pilotprojekten getestet – Logistik, Qualitätsinspektion, einfache Montageschritte. Einige Konzerne integrieren sie erfolgreich, der Mittelstand bleibt vorsichtig. Standards entwickeln sich langsamer als erhofft, doch Ökosysteme entstehen schrittweise.

Deutschland gewinnt nicht das Rennen um die Ikonen, wohl aber um die Integration. Der erste humanoide Roboter, der nativ mit deutscher Werkslogik funktioniert, wird kein globaler Star, aber ein europäischer Industriestandard. Wertschöpfung bleibt erhalten, auch wenn Wachstumsraten hinter den Visionen zurückbleiben.

Politik, Verbände und Unternehmen

Alle Szenarien hängen von politischen Rahmenbedingungen ab. Bürokratieabbau, steuerliche Anreize und Investitionsprämien sind Voraussetzung, um Skalierung zu ermöglichen. Der VDMA kann Standards setzen, Fraunhofer Validierung liefern, doch Kapital ersetzen können sie nicht. Patrick Schwarzkopf brachte es auf die Formel: „Scale, baby, scale.“

Am Ende entscheiden die Werke selbst. Wer heute pilotiert, sammelt Erfahrungswissen, das in zwei Jahren unbezahlbar ist. Wer wartet, wird abhängig von fremden Plattformen. Ein Werkleiter formulierte es am Gipfel so: „Wir müssen beweisen, dass ein Roboter die dritte Schicht übersteht – nicht, dass er eine Bühne erobert.“

Die Wunderkinder der Robotik können Werkzeuge werden. Doch ob sie 2030 in Deutschland Wertschöpfung sichern, hängt weniger von technischen Fähigkeiten ab als von Standards, Kapital und politischem Mut.

Kapitel 11: Der unaufhaltsame Aufstieg des humanoiden Roboters

Die Debatte hat gezeigt: Humanoide Roboter sind mehr als ein technisches Experiment. Sie sind Projektionsfläche, Hoffnungsträger – und für manche das „Wunderkind“ einer Branche, die sich zwischen Konjunkturkrise und globalem Wettbewerb neu erfinden muss.

Ihr Aufstieg wirkt unaufhaltsam. Was heute als Prototyp in Messehallen steht, könnte 2030 zum festen Bestandteil des industriellen Alltags gehören.

Nicht als Ersatz für den Menschen, sondern als Ergänzung zu bestehenden Systemen. In Verbindung mit klassischen Industrierobotern, fahrerlosen Transportsystemen und digitalen Zwillingen entsteht eine Produktionslogik, die flexibel, datenbasiert und resilient ist.

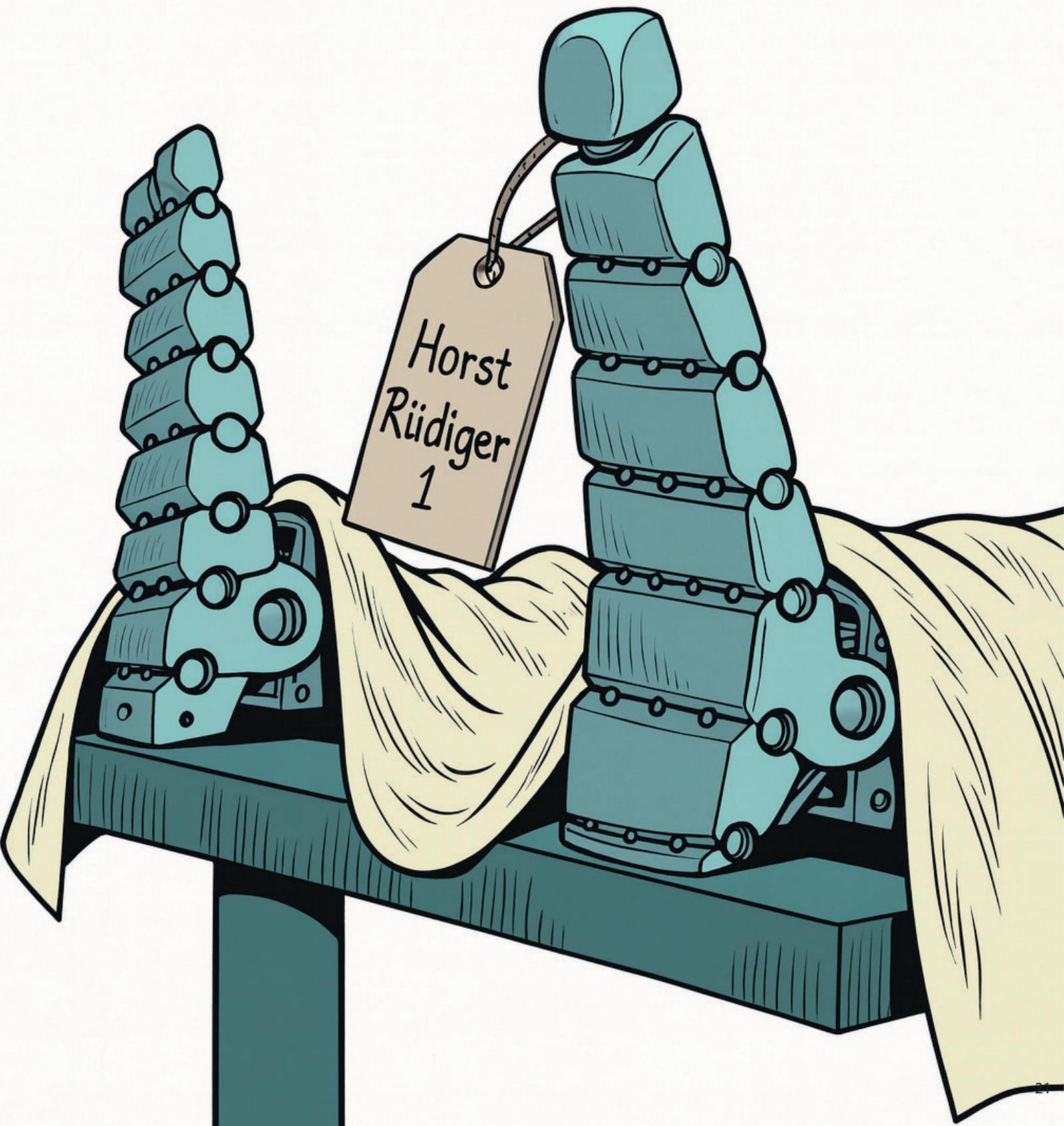
Die Szenarien sind bekannt: USA mit Kapital, China mit Serie, Europa mit Integration. Deutschland wird sich entscheiden müssen, ob es Zuschauer bleibt oder Mitgestalter wird. Denn wer Plattformen kontrolliert, Schnittstellen definiert und Datenrechte sichert, bestimmt die Wertschöpfungsketten von morgen.

Auf dem Maschinenbau-Gipfel in Berlin wurde diese Frage breit diskutiert – und doch blieb eine Leerstelle spürbar. Über Normen, Kapital und Energiepreise wurde gestritten, über digitale Infrastruktur und Plattformhoheit dagegen erstaunlich wenig. Genau hier aber entscheidet sich, ob humanoide Roboter in Europa Wertschöpfung sichern oder Abhängigkeiten vergrößern.

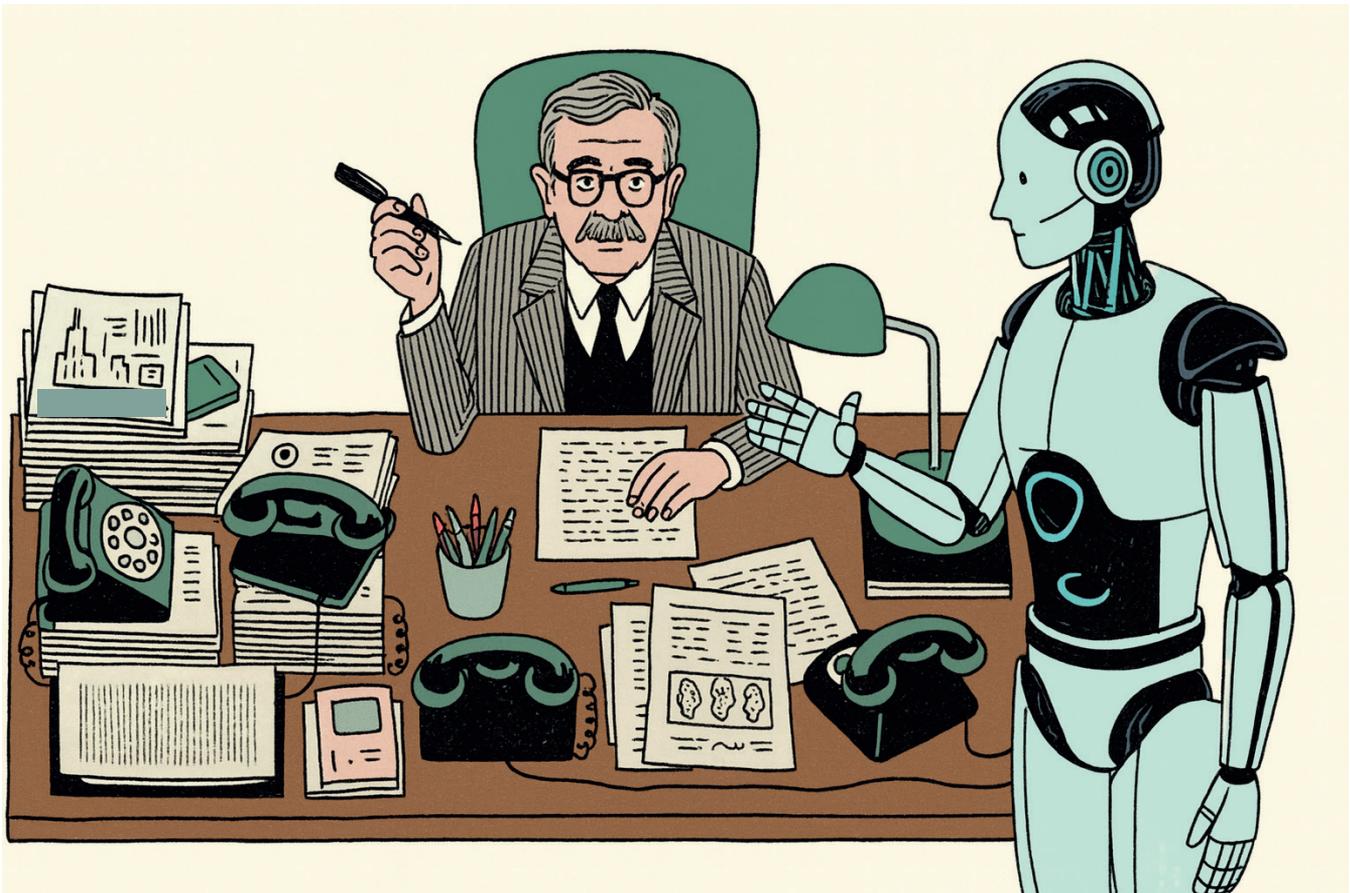
Der Blick nach vorn zeigt: Bis 2030 wird die Industrie nicht fragen, ob humanoide Roboter eingesetzt werden – sondern wie viele, in welchen Szenarien und auf welchen Plattformen. Fraunhofer und McKinsey rechnen mit zweistelligen Effizienzgewinnen, der VDMA mit Milliardenumsätzen in Service und Automation. Die technologische Richtung ist klar. Offen bleibt, ob Deutschland den Anspruch, „Land der produzierenden Industrie“ zu bleiben, auch digitalpolitisch untermauert.

Die Wunderkinder der Robotik sind keine Alleskönner, aber sie sind Katalysatoren. Sie können Daten generieren, Ergonomie verbessern, Variantenwechsel erleichtern und neue Geschäftsmodelle erschließen. Entscheidend ist, ob Politik, Unternehmen und Verbände den Mut haben, sie aus der Schaufensterrolle in die Werkhalle zu holen.

Der Aufstieg ist unaufhaltsam. Ob er in Deutschland zum Hoffnungsträger oder zum Symbol verpasster Chancen wird, entscheidet sich weniger in den Laboren, sondern in den Strategien, Investitionsentscheidungen und Regulierungsdebatten der kommenden Jahre.



Horst
Rüdiger
1



infpro

Institut für Produktionserhaltung e.V.

Impressum:

infpro

Institut für Produktionserhaltung e.V.
Ostergasse 26
D-86577 Sielenbach

Vertreten durch Klaus Weßing, Vorstand infpro

E-Mail: info@infpro.org
www.infpro.org

Verantwortlich für den Inhalt im Sinne des § 18 Abs. 2 MStV:

Klaus Weßing, Vorstand infpro

Design und Bildgestaltung: Susanne O'Leary, alle Bilder wurden mit DALL-E von OpenAI erstellt.

Redaktion: Lothar K. Doerr, Roberto Zongi, Dr. Maximilian Krause, Ian McCallen,
Holger Kleinbaum, KI-Beirat des Instituts

Haftungshinweis:

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehmen wir keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.