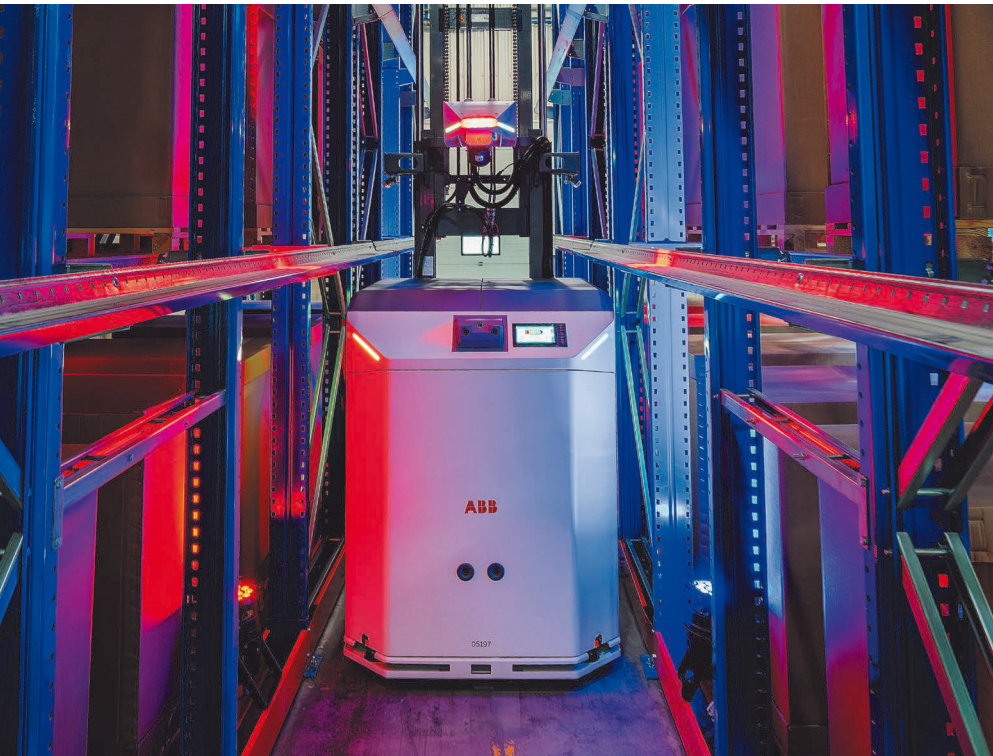


Die wandlungsfähige Fabrik:

Mit intelligenter Vernetzung in eine neue Ära der Produktion



Mit fortschrittlicher Visual-SLAM-Technologie navigieren Autonome Mobile Roboter (AMR) – wie die autonomen Flottenlösungen von ABB Robotics – sicher und kollisionsfrei durch dynamische Produktionsumgebungen. Alle Bilder © ABB Robotics

Die industrielle Produktion steht vor einem Paradigmenwechsel. Angesichts volatiler Lieferketten und strengerer Nachhaltigkeitsvorgaben stoßen traditionelle Automatisierungskonzepte an ihre Grenzen. Die technologische Antwort lautet: Software-defined Robotics gepaart mit Physical AI. Wenn offene Steuerungsarchitekturen und KI-gestützte Automatisierung mit der nahtlosen IT/OT-Konvergenz zusammenkommen, läutet dies die Ära der wandlungsfähigen Smart Factory ein.

Wer in moderne Produktionshallen blickt, erkennt einen Wandel: Der Industrieroboter als mechanische Einheit, die stumpf Koordinaten abfährt, ist ein Relikt der Vergangenheit. Die Wertschöpfung in der Automatisierung verschiebt sich von der Hardware zur Software. Ähnlich wie das „Software-defined Vehicle“ die Automobilindustrie prägt, erleben wir in der Fabrikautomation den Aufstieg der Software-defined Robotics.

Gleichzeitig verlässt die KI den rein digitalen Raum und wird mit Physical AI zum aktiven Teil der Wertschöpfung auf dem Shopfloor. Für Anwender bedeutet dies eine einfachere Programmierung, höhere Autonomie und eine signifikante Leistungssteigerung der Automatisierung. Die historischen Trennlinien zwischen PC-basierter Steuerung, klassischer SPS und isolierter Robotersteuerung lösen sich auf. In dieser IT/OT-Konvergenz liegt das Potenzial, um Produktionssysteme an neue Varianten anzupassen, Losgröße 1 wirtschaftlich zu fertigen und Daten für vorausschauende Analysen zu nutzen.

Weg vom starren Eisen, hin zur agilen Intelligenz

Das Fundament bilden Steuerungsplattformen, die als Brücke zwischen dem Shopfloor und der Unternehmens-IT fungieren. Anstatt Robotersysteme als geschlossene Blackboxen zu behandeln, basieren moderne Steuerungen auf offenen, standardisierten Schnittstellen.

Die Anbindung unterschiedlichster Geräte wird durch Kommunikationsprotokolle wie OPC UA und MQTT signifikant vereinfacht.

Industrieroboter werden damit zu vernetzten Teilnehmern des industriellen digitalen Ökosystems und liefern kontinuierlich Zustands- und Prozessdaten an lokale Gateways, MES-Systeme und übergeordnete ERP-Anwendungen. Bevor in der physischen Fabrik montiert wird, lassen sich in virtuellen Umgebungen durch Offline-Programmier- und Simulationssoftware für Industrieroboter komplette Fertigungszellen simulieren. Das reduziert Inbetriebnahmezeiten und das Risiko von Planungsfehlern.

Wenn Algorithmen die physikalischen Gesetze begreifen

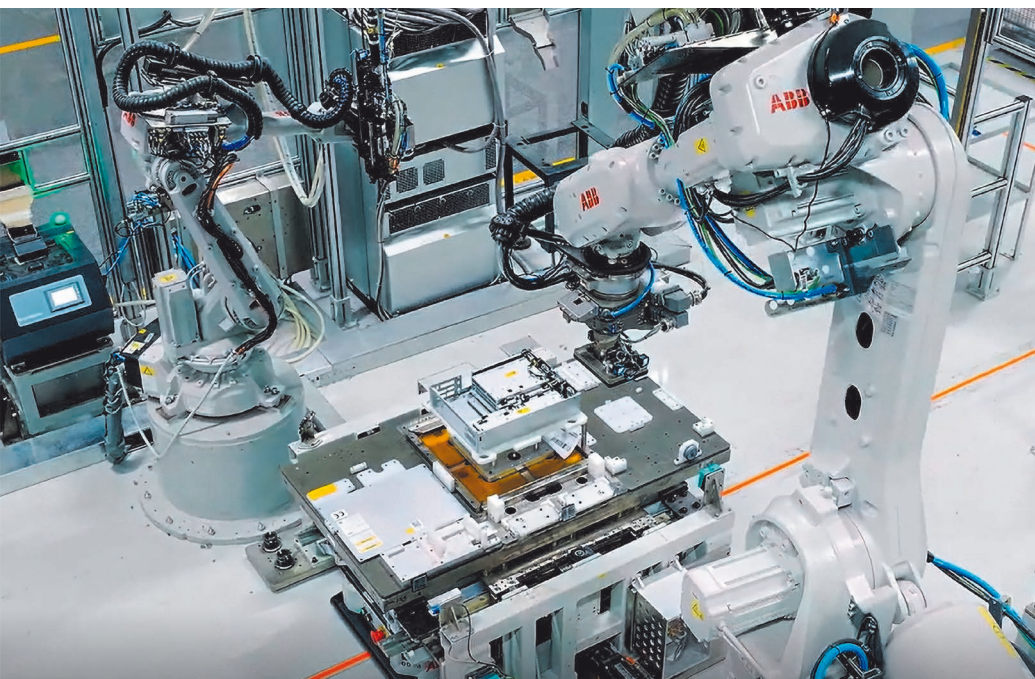
Ein wichtiger Enabler für den Wandel ist Physical AI. Vision-Language-Action-Modelle verleihen damit Maschinen ein tiefgreifendes, semantisches Verständnis ihrer Umgebung. Die Skalierung von Physical AI wird durch strategische Partnerschaften zwischen führenden Roboterherstellern und globalen Technologiekonzernen vorangetrieben. Das gemeinsame Ziel ist es, diese physisch agierende KI schnellstmöglich in den industriellen Maßstab zu überführen. Roboterhersteller entwickeln hierfür Tools, die einen durchgängigen Weg zur Einführung von Physical AI eröffnen. Statt Roboter ausschließlich zu programmieren, werden ihre Fähigkeiten zunehmend durch Trainingsverfahren erweitert, die Simulationsdaten, synthetische Daten und reale Betriebsdaten kombinieren. Dank eines offenen und flexiblen KI-Ökosystems verbinden Kunden das industrielle Know-how des Roboterherstellers mit den jeweils am besten geeigneten Datenquellen und KI-Modellen für ihre spezifischen Anwendungen – bei gleichzeitig hoher Präzision, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit.

Fotorealistische, synthetische Daten

Dabei wird die sogenannten „Sim-to-Real“-Lücke fast vollständig geschlossen. Durch integrierte, leistungsstarke, KI-basierte Simulationsbibliotheken in bewährte Programmierumgebungen werden fotorealistische, synthetische Daten generiert, mit denen KI-Modelle am digitalen Zwilling trainiert werden. Diese virtuelle Vorab-Ausbildung der Roboter erreicht mittlerweile eine Präzision von bis zu 99 Prozent im Vergleich zur physischen Realität. Produktionszellen lassen sich rein virtuell entwerfen, testen und optimieren, was die Einrichtungs- und Inbetriebnahmezeiten um bis zu 80 Prozent verkürzt, während der Verzicht auf Prototypen die Kosten um bis zu 40 Prozent senkt.

ABB Robotics

www.abb.com/global/en/areas/robotics



Durch multimodale KI-Modelle und intelligente Vision-Systeme erfassen Roboter von ABB Robotics ihre physikalische Umgebung. Dies ermöglicht ein adaptives Greifen unsortierter Bauteile (Bin-Picking) in Millisekunden und ganz ohne aufwendiges manuelles Einlernen.

Fortschrittliche Robotik-Vision-Systeme spielen bei dieser Entwicklung eine Schlüsselrolle, da sie den Maschinen das notwendige räumliche Bewusstsein verleihen, um das virtuell Erlernte sofort fehlerfrei in hochpräzise reale Fertigungsprozesse umzusetzen.

Intuitive Interaktion

Zudem wandelt sich die Programmierung vom komplexen Code-Schreiben hin zu einer intuitiven Interaktion. Mitarbeitende ohne tiefergehende Robotik- oder Programmiererfahrung erstellen mit No-Code-Tools in kürzester Zeit Anwendungen. Statt komplexe Programmierbefehle einzugeben, arbeiten sie mit grafischen Bausteinen und Drag-and-Drop-Funktionen. Die (Um)Programmierung typischer Aufgaben gelingt damit deutlich schneller. Früher waren für solche Anpassungen oft Wochen an Schulung und Entwicklungszeit nötig. In Kombination mit der handgeführten Programmierung („Lead Through“) gelingt das Anlernen von Cobots besonders einfach: Dabei lässt er sich durch das Führen mit der Hand und durch Abspeichern der Bewegung nur wenige Minuten nach der Installation vollumfänglich nutzen – ohne spezielle Schulung oder Programmierkenntnisse.

Echtzeitfähigkeit und robuste Cyber-Resilienz im Netzwerk

Mit dem Einzug von Time-Sensitive Networking und privaten 5G-Campusnetzen wird eine hochzuverlässige Echtzeitkommunikation zwischen Sensoren, Edge-Systemen und Cloud-Plattformen Realität. Steuerungsaufgaben, die früher zwingend auf der Hardware neben dem Roboter verdrahtet sein mussten,

werden zunehmend virtualisiert und auf zentrale Hochleistungsserver im Werksnetzwerk ausgelagert.

Für die Industrie bedeutet diese Vernetzung einen großen Schritt nach vorn. Zugleich verändert sie aber den Blick auf Sicherheit: Was früher vor allem mechanisch gedacht wurde, muss heute als Zusammenspiel aus Hardware, Software, Daten, Zugriffen und Bedienkonzepten verstanden werden. Genau an dieser Stelle verschiebt sich auch der regulatorische Rahmen.

Regulatorischer Rahmen

Die neue EU-Maschinenverordnung ist ab dem 20. Januar 2027 verpflichtend anzuwenden. Mit dem Cyber Resilience Act rückt zudem ein weiteres Regelwerk in den Fokus, das Cybersicherheit für Produkte mit digitalen Elementen verbindlich adressiert. Für Maschinenbauer, Integratoren und Betreiber entsteht damit ein Umfeld, in dem funktionale Sicherheit, Cybersecurity, Software-Updates und Dokumentation enger zusammengehören. In der Robotik ist dabei vor allem die überarbeitete ISO 10218-1:2025 entscheidend. Sie beschreibt Anforderungen an die Sicherheitsfunktionen von Industrierobotern, die sich auf Bedienung, Inbetriebnahme und Integration auswirken.

Security-by-Design

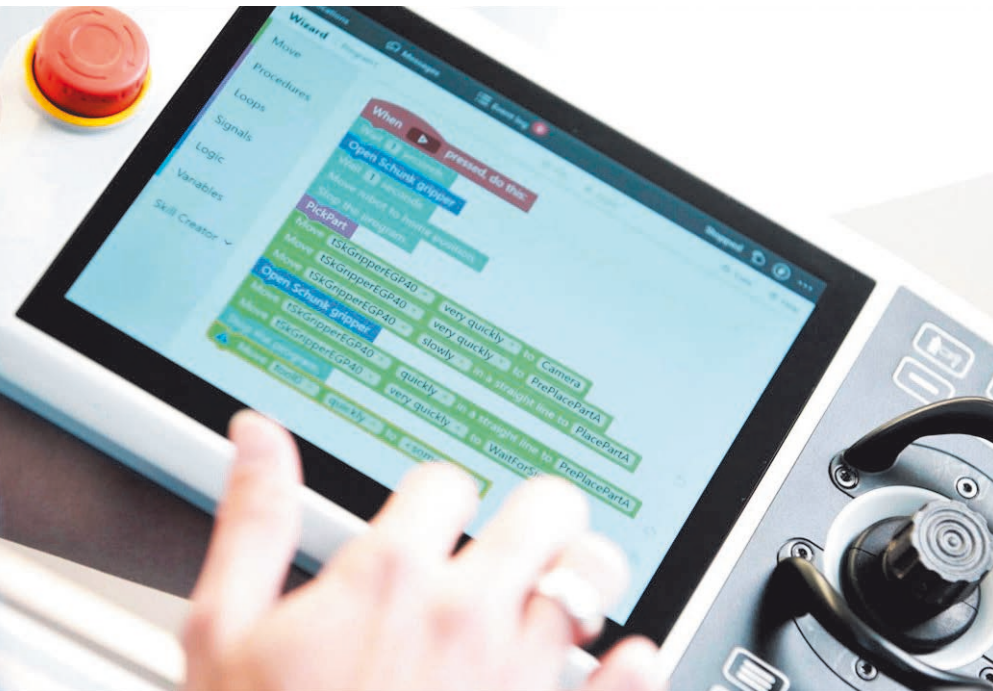
Moderne Robotikplattformen integrieren Sicherheitsstandards direkt in ihre Systemarchitektur (Security-by-Design). Zero-Trust-Architekturen sorgen dafür, dass Benutzer, Steuerungen, Endgeräte und Kommunikationsverbindungen kontinuierlich authentifiziert und autorisiert werden. Nur so lässt sich gewährleisten, dass Flexibilitätsgewinne nicht mit Sicherheitsrisiken erkauft werden.

Grenzenlose Automatisierung und das Neudenken der Intralogistik

Die räumliche Intelligenz geht weit über den stationären Arbeitsplatz hinaus und revolutioniert die Intralogistik. Klassische Fördertechnik schränkt die Flexibilität einer Produktionsstätte stark ein. Die zukunftsfähige Lösung für dynamische Layouts ist die nahtlose Verschmelzung von stationären Cobots mit Autonomen Mobilen Robotern (AMRs).



Dank No-Code-Programmiertools und haptischem Führen („Lead Through“) lassen sich kollaborative Roboter (Cobots) von ABB Robotics in kürzester Zeit für neue Fertigungsaufgaben umrüsten.



Drag-and-Drop statt Programmcode: No-Code-Tools wie Wizard Easy Programming von ABB Robotics senken die Einstiegshürden in die Robotik und ermöglicht eine schnelle Umsetzung typischer Automatisierungsaufgaben in einer Vielzahl von Anwendungen.

AMRs navigieren zum Beispiel mittels optischer Visual-SLAM-Technologie (Visual Simultaneous Localization and Mapping) durch hochdynamische Umgebungen, in denen sich Menschen und Materialströme kreuzen. Sie erkennen Hindernisse, klassifizieren sie präzise und passen ihr Fahrverhalten vorausschauend an.

Über herstellerübergreifende Standards wie VDA 5050 lassen sich gemischte Flotten zentral steuern. Ein AMR bringt Rohteile punktgenau zu einer flexiblen Station. Dort übernimmt ein stationärer Roboter die Montage, bevor der mobile Roboter das fertige Modul aufnimmt. Übergeordnete Software übernimmt dabei das Traffic-Management und synchronisiert den Handshake exakt.

Energieeffizienz: Der softwaregesteuerte Weg zur Green Factory

Neben Flexibilität steht die ökologische Nachhaltigkeit weiter im Fokus. Angesichts steigender Energiekosten und strengerer ESG-Anforderungen zu einem wichtigen Wettbewerbsfaktor geworden. Auch hier spielen smarte Softwarelösungen und datenbasierte Optimierungen eine tragende Rolle.

Intelligente Steuerungen nutzen prädiktive Bewegungsplanung, um den Energiebedarf bei jeder Roboterbewegung deutlich zu minimieren. Durch die softwareseitige Optimierung von Beschleunigungs- und Verzögerungsprofilen lassen sich mechanische Belastungen reduzieren und Strom einsparen.

Ergänzt durch energieeffiziente Antriebstechnik und, je nach Anwendung, Energierück-

gewinnungskonzepte können Unternehmen den Ressourcenverbrauch ihrer Automatisierungslösungen weiter senken. Gleichzeitig sorgt die Transparenz der IT/OT-Konvergenz dafür, dass der Energy Footprint jeder Anlage in Echtzeit in Dashboards visualisiert wird. So lassen sich Lastspitzen kappen und der CO₂-Fußabdruck optimieren.



Die AMRs von ABB Robotics navigieren dank KI-gestützter Visual-SLAM-Technologie selbstständig durch dynamische Lagerumgebungen.

Die Zukunft ist softwaredefiniert und kognitiv

Die Zeiten der starren Automatisierung, in der Maschinen als isolierte Inseln agieren, sind endgültig vorbei. Die Produktionsautomatisierung der Zukunft ist geprägt von ganzheitlichen, vernetzten Systemen, die ihre physische Umgebung tiefgreifend verstehen, kontinuierlich lernen und nahtlos mit der digitalen Infrastruktur Daten austauschen.

Präzise, robuste Hardware bleibt auch in Zukunft eine essenzielle Komponente auf dem Shopfloor. Doch das eigentliche Nervensystem der Fabrik ist softwaredefiniert und wird durch Physical AI orchestriert. Unternehmen, die heute mutig in offene Steuerungsarchitekturen, sichere IT/OT-Netzwerke und Foundation-Modelle investieren, machen ihre Produktion widerstandsfähig gegen unvorhersehbare Marktveränderungen. Software-defined Robotics in Kombination mit Physical AI ist längst keine theoretische Zukunftsvision mehr – es ist das unverzichtbare Betriebssystem der wettbewerbsfähigen Industrie.

Wer schreibt:

ABB Robotics ist ein globaler Anbieter von Industrierobotern, kollaborativen Robotern und autonomen mobilen Robotern (AMR). Das Unternehmen entwickelt softwaregesteuerte und KI-basierte Technologien für Branchen wie Automotive, Elektronik und Logistik. Mit einem Portfolio aus Hardware, Software und Services unterstützt ABB Robotics Unternehmen weltweit dabei, Flexibilität, Effizienz und Nachhaltigkeit in der Fertigung kontinuierlich zu erhöhen. ◀