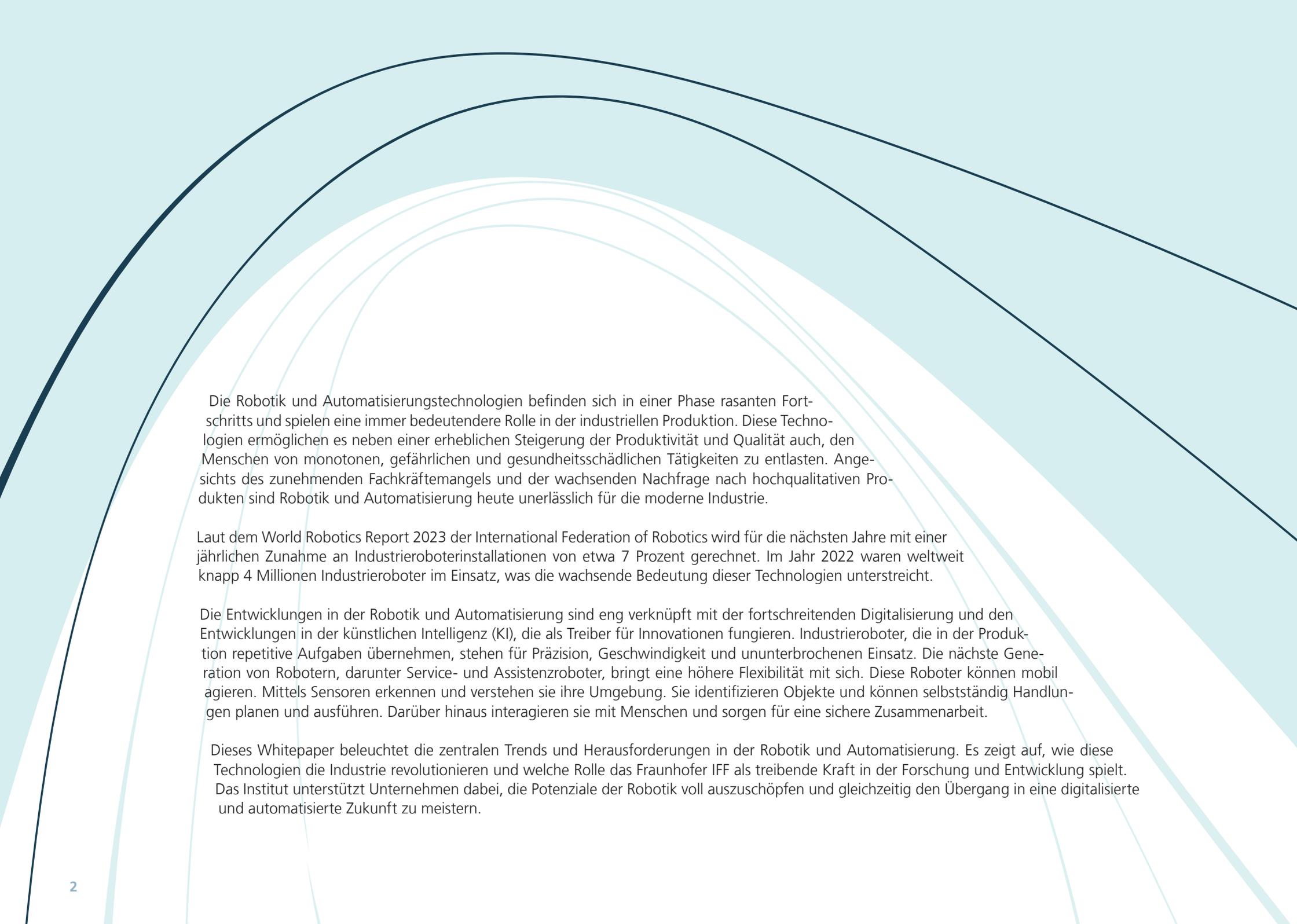




**MIT AUTOMATISIERUNG  
ZU MEHR EFFIZIENZ**



Die Robotik und Automatisierungstechnologien befinden sich in einer Phase rasanten Fortschritts und spielen eine immer bedeutendere Rolle in der industriellen Produktion. Diese Technologien ermöglichen es neben einer erheblichen Steigerung der Produktivität und Qualität auch, den Menschen von monotonen, gefährlichen und gesundheitsschädlichen Tätigkeiten zu entlasten. Angesichts des zunehmenden Fachkräftemangels und der wachsenden Nachfrage nach hochqualitativen Produkten sind Robotik und Automatisierung heute unerlässlich für die moderne Industrie.

Laut dem World Robotics Report 2023 der International Federation of Robotics wird für die nächsten Jahre mit einer jährlichen Zunahme an Industrieroboterinstallationen von etwa 7 Prozent gerechnet. Im Jahr 2022 waren weltweit knapp 4 Millionen Industrieroboter im Einsatz, was die wachsende Bedeutung dieser Technologien unterstreicht.

Die Entwicklungen in der Robotik und Automatisierung sind eng verknüpft mit der fortschreitenden Digitalisierung und den Entwicklungen in der künstlichen Intelligenz (KI), die als Treiber für Innovationen fungieren. Industrieroboter, die in der Produktion repetitive Aufgaben übernehmen, stehen für Präzision, Geschwindigkeit und ununterbrochenen Einsatz. Die nächste Generation von Robotern, darunter Service- und Assistenzroboter, bringt eine höhere Flexibilität mit sich. Diese Roboter können mobil agieren. Mittels Sensoren erkennen und verstehen sie ihre Umgebung. Sie identifizieren Objekte und können selbstständig Handlungen planen und ausführen. Darüber hinaus interagieren sie mit Menschen und sorgen für eine sichere Zusammenarbeit.

Dieses Whitepaper beleuchtet die zentralen Trends und Herausforderungen in der Robotik und Automatisierung. Es zeigt auf, wie diese Technologien die Industrie revolutionieren und welche Rolle das Fraunhofer IFF als treibende Kraft in der Forschung und Entwicklung spielt. Das Institut unterstützt Unternehmen dabei, die Potenziale der Robotik voll auszuschöpfen und gleichzeitig den Übergang in eine digitalisierte und automatisierte Zukunft zu meistern.

# EFFIZIENZSTEIGERUNG IN DER INDUSTRIE

## ROBOTIK UND AUTOMATISIERUNG NEU DENKEN



Um das volle Potenzial der Robotik und Automatisierung in der modernen Industrie auszuschöpfen, müssen mehrere zentrale Herausforderungen bewältigt werden. Eine der wichtigsten ist die Steigerung der Flexibilität und Anpassungsfähigkeit von Robotersystemen. Während traditionelle Industrieroboter primär für repetitive Aufgaben konzipiert wurden, muss die nächste Generation vielseitiger einsetzbar sein. Diese Roboter sollen in der Lage sein, sich dynamisch an veränderte Umgebungen anzupassen, autonom zu navigieren und komplexe Entscheidungen zu treffen. Damit diese Fähigkeiten realisiert werden können, müssen fortschrittliche Sensorik und künstliche Intelligenz integriert werden.

Ein weiteres zentrales Thema ist die Gewährleistung der Sicherheit in der Mensch-Roboter-Kollaboration. Mit der zunehmenden Verbreitung von kollaborativen Robotern (Cobots) wächst der Bedarf an ausgefeilten Sicherheitslösungen, die eine reibungslose und ungefährliche Interaktion ermöglichen.

Die Entwicklung von Robotersystemen, die sowohl die strengen gesetzlichen Sicherheitsanforderungen erfüllen als auch flexibel einsetzbar sind, stellt eine erhebliche technische und regulatorische Herausforderung dar. Hier ist es entscheidend, dass die Sicherheitsaspekte bereits in der Planungs- und Entwicklungsphase berücksichtigt werden, um Risiken zu minimieren und die Akzeptanz von Robotern in der Industrie zu erhöhen.

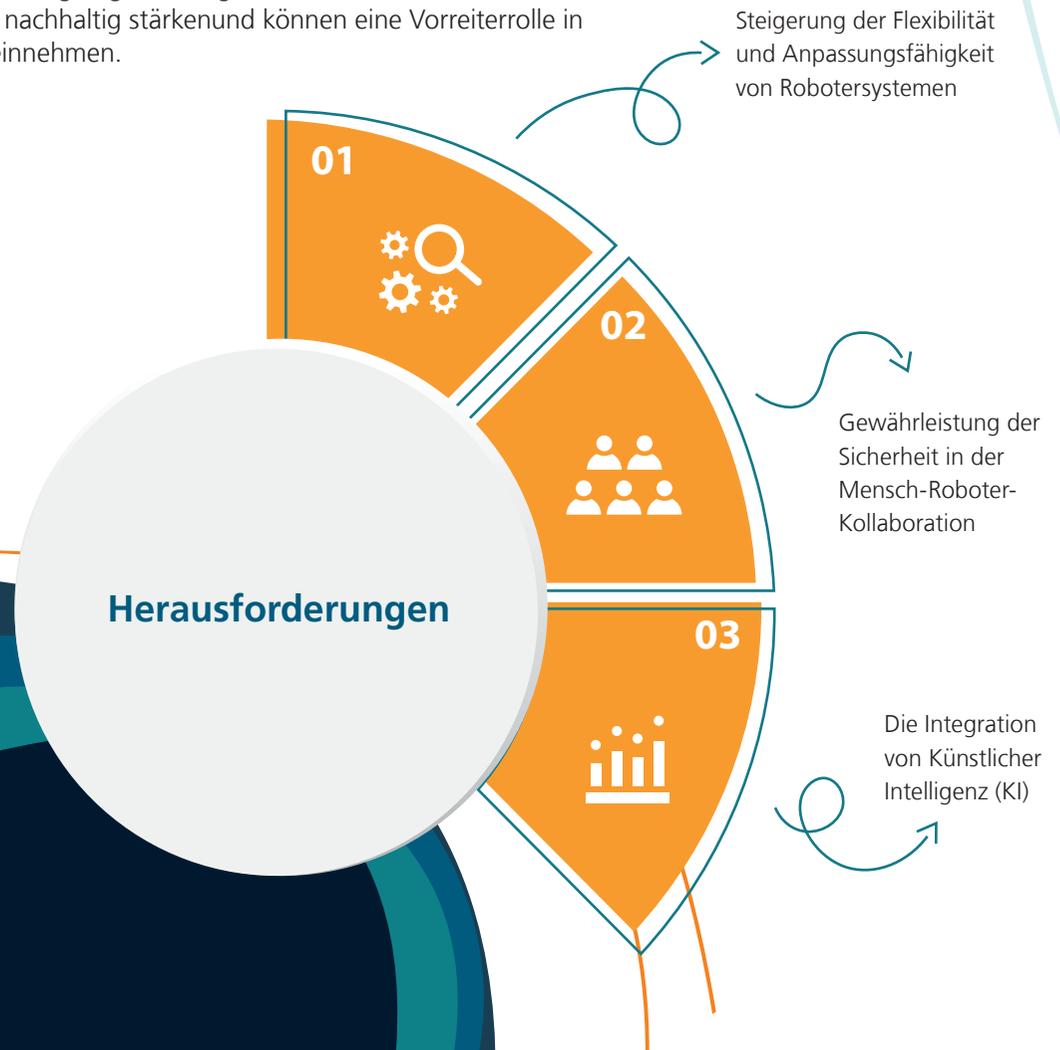


**Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) beschreibt die direkte Zusammenarbeit zwischen Menschen und Robotern in einem gemeinsamen Arbeitsraum, wobei beide Partner ihr spezifischen Stärken optimal einbringen. Der Roboter verfügt dabei über Sicherheitssensoren, die das Verletzungsrisiko durch Kollisionen minimieren.**

Die erfolgreiche Implementierung von Cobots bietet enormes Potenzial für die Effizienzsteigerung in der Produktion. Durch die Auflösung starrer Verkettungen und den Wegfall massiver Schutzvorrichtungen ermöglichen Cobots eine flexiblere Gestaltung von Arbeitsräumen und dynamischere Produktionsprozesse. Um diese Symbiose aus Sicherheit und Effizienz zu verwirklichen, sind innovative Lösungsansätze und eine ganzheitliche Betrachtung des Produktionsumfelds erforderlich.

Die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in Robotersysteme stellt eine weitere bedeutende Herausforderung dar. Die Fähigkeit von Robotern, komplexe Aufgaben eigenständig zu planen und auszuführen, erfordert eine hohe Rechenleistung und ausgeklügelte Algorithmen. Darüber hinaus wirft sie auch ethische und rechtliche Fragen auf. Insbesondere Aspekte wie Sicherheit, Verantwortlichkeit und Normenkonformität müssen sorgfältig adressiert werden. Die Entwicklung von KI-Systemen, die ebenso effizient wie vertrauenswürdig sind, ist entscheidend für die breite Akzeptanz und den erfolgreichen Einsatz intelligenter Robotersysteme in der Industrie.

Trotz dieser Herausforderungen eröffnen die Fortschritte in der Robotik und Automatisierung enorme Chancen für die Industrie. Sie ermöglichen eine signifikante Effizienzsteigerung und schaffen darüber hinaus die Grundlage für innovative Geschäftsmodelle und neue Anwendungsbereiche. Unternehmen, die proaktiv in diese Zukunftstechnologien investieren und die damit verbundenen Herausforderungen gezielt angehen, werden ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig stärken und können eine Vorreiterrolle in ihrer Branche einnehmen.



# FORSCHUNGSPARTNERSCHAFT

## NEUE MASSSTÄBE FÜR INDUSTRIELLE PROZESSE

Das Fraunhofer IFF nimmt eine Schlüsselrolle bei der Förderung von Wachstum und Innovation in der Robotik und Automatisierung ein. Als führendes Forschungsinstitut verfolgt es das Ziel, industrielle Prozesse durch den Einsatz fortschrittlicher Technologien zu optimieren und neue Maßstäbe in Effizienz und Flexibilität zu setzen. Die Forschungsaktivitäten des Instituts konzentrieren sich auf die nahtlose Integration von Digitalisierung, künstlicher Intelligenz und Automatisierung, um Unternehmen dabei zu unterstützen, wettbewerbsfähig zu bleiben und ihre Produktionsprozesse zukunftssicher zu gestalten.

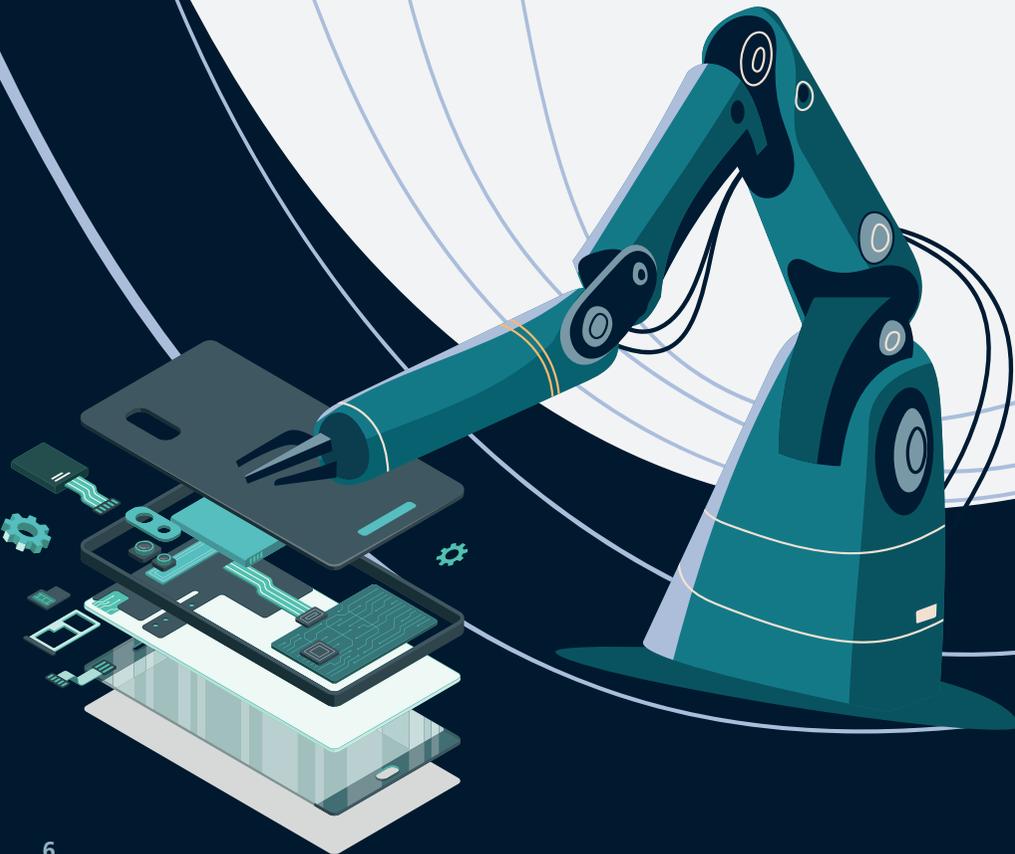
Ein besonderer Fokus liegt auf der Entwicklung KI-gestützter Roboterlösungen, die komplexe Aufgaben eigenständig planen und ausführen können. Parallel dazu arbeitet das Fraunhofer IFF intensiv an Technologien zur sicheren Mensch-Roboter-Kollaboration, die höchste Sicherheitsstandards erfüllen. Dies ist besonders relevant in Industrien, in denen Menschen und Roboter eng zusammenarbeiten müssen, um Aufgaben effizient und sicher zu bewältigen.

Durch die enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern stellt das Fraunhofer IFF sicher, dass seine Forschung praxisnah und anwendungsorientiert bleibt. Diese Partnerschaft ermöglicht es, Lösungen zu entwickeln, die direkt auf die Bedürfnisse und Herausforderungen der Industrie zugeschnitten sind. Solche Innovationen tragen unmittelbar zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Industrie bei.

Damit wird der Weg in eine neue Ära der Automatisierung geebnet, die zur Lösung gesellschaftlicher und industrieller Herausforderungen beiträgt. Der Brückenschlag zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung hilft Unternehmen dabei, die Potenziale der Robotik voll auszuschöpfen und den Übergang in eine digitalisierte und automatisierte Zukunft erfolgreich zu meistern.

# PIONIERLEISTUNG

## ERFOLGSGESCHICHTEN DER TRANSFORMATION IN DER INDUSTRIE



Drei Beispiele verdeutlichen den Erfolg innovativer Robotertechnologien und ihren Einfluss auf die industrielle Praxis.

# 1

## Automatisierte Demontage von Elektronikgeräten

In einem wegweisenden Projekt hat das Fraunhofer IFF eine Lösung entwickelt, bei der Roboter die automatisierte Demontage von Elektronikgeräten übernehmen. In künftigen zirkulären Wertschöpfungsketten wird die automatisierte Demontage für das Recycling, die Reparatur oder das Remanufacturing eine ähnliche Bedeutung erlangen wie die automatisierte Montage in aktuellen industriellen Prozessen.

Die automatisierte Demontage stellt eine besondere Herausforderung dar. Oft liegen keine präzisen Daten über den inneren Aufbau der Geräte vor und die Produkte sind in ganz unterschiedlichen Zuständen. Mithilfe von fortschrittlichen Sensoren und KI-basierter Analyse können die Roboter jedoch die Demontage selbstständig planen und durchführen. Dabei identifizieren und befunden sie die Produkte und Komponenten, bewerten deren Zustand und erstellen Demontagesequenzen, die mittels analytischer und KI-basierter Roboter-Skills abgearbeitet werden. Durch gleichzeitige Dokumentation der Roboterhandlungen werden »maschinelle Erfahrungen« als Demontagewissen gesichert und sind auf die Demontage anderer Produkte übertragbar.

Das System kann bereits komplexe Demontageaufgaben wie das Öffnen von Gehäusen, das Lösen von Schraubenverbindungen und die Entnahme von Komponenten automatisch durchführen. Verschiedene Produkte können mit geringem Engineeringaufwand demontiert werden, was angesichts der wachsenden Menge an Elektroschrott von großer Bedeutung ist. Damit trägt das Projekt wesentlich zur Etablierung einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft bei und setzt neue Maßstäbe in der nachhaltigen Ressourcennutzung.

# 2

## Entwicklung von Servicerobotern für extreme Umgebungen

Ein weiteres Beispiel ist die Entwicklung von Servicerobotern, die speziell für den Einsatz in extremen und gefährlichen Umgebungen konzipiert wurden. Diese Roboter sind in der Lage, Aufgaben in Bereichen zu übernehmen, in denen der Mensch nur unter besonderen Bedingungen arbeiten kann, wie etwa in Abwasserkanälen, in hochgefährlichen industriellen Umgebungen oder unter extremen Temperaturen. Die Roboter sind mit fortschrittlichen Sensoren ausgestattet, die es ihnen ermöglichen, ihre Umgebung genau zu erfassen und sicher zu navigieren. Sie übernehmen Inspektions- und Reinigungsaufgaben, die bisher nur mit großem menschlichem Aufwand und unter hohen Risiken durchgeführt werden konnten.

Ein herausragendes Beispiel für den erfolgreichen Einsatz solcher Serviceroboter ist das Projekt im Abwasserkanal Emscher, eines der größten Infrastrukturprojekte Europas. In Zusammenarbeit mit der Emschergenossenschaft entwickelte das Fraunhofer IFF eine Systemlösung aus drei spezialisierten Robotern. Diese Innovation ermöglicht die Inspektion und Wartung im laufenden Betrieb, ohne dass Menschen die gefährlichen Abwasserkanäle betreten müssen.

Das System besteht aus einem schwimmenden Kanalroboter zur Schadenserkenkung, einem radgeführten Inspektions- und Reinigungssystem sowie einem automatisierten Erstinspektionssystem für trockengelegte Großraumprofile. Die Ergebnisse sind beeindruckend: 61 Kilometer Kanaltrasse wurden erfolgreich inspiziert, wobei 29 Millionen Bilder und 18 Terabyte an Datensätzen aufgenommen wurden. Die Inspektionsgeschwindigkeit konnte auf bis zu 500 Meter pro Stunde gesteigert werden.

Besonders bemerkenswert war die Optimierung der Kanalplanung durch den Einsatz der Robotersysteme. Noch in der Planungsphase konnten die Schachtabstände auf maximal 1200 Meter vergrößert werden. Dies führte dazu, dass zahlreiche Schachtbauwerke entlang der Trasse entfallen konnten, was Einsparungen in dreistelliger Millionenhöhe zur Folge hatte.

Diese Robotertechnologien haben die Arbeitssicherheit in diesen extremen Umgebungen erheblich verbessert und die Effizienz der durchgeführten Arbeiten gesteigert. Unternehmen, die auf diese Technologien setzen, können ihre Betriebskosten senken und gleichzeitig die Sicherheit ihrer Mitarbeitenden erhöhen.

# 3

## Intuitive Programmierung von robotergestütztem Mehrlagenschweißen

Für die Automatisierung des komplexen Prozesses des Mehrlagenschweißens hat das Fraunhofer IFF eine innovative Lösung entwickelt. Diese Aufgabe wurde bisher von hochqualifizierten Fachkräften durchgeführt. Dies stellt aufgrund des zunehmenden Fachkräftemangels und der erheblichen physischen Belastung eine wachsende Herausforderung für die metallverarbeitende Industrie dar.

Die Komplexität der Roboterprogrammierung ist ein wesentliches Hindernis für den breiteren Einsatz von Schweißrobotern, insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen. Als Antwort darauf entwickelten die Forschenden am Fraunhofer IFF einen Assistenzroboter, der den Prozess des Mehrlagenschweißens automatisiert und gleichzeitig einfach zu programmieren ist.

Kernstück der Innovation ist ein neuartiges, intuitives Eingabegerät zur Roboterprogrammierung. Dieses ermöglicht es auch Benutzern ohne tiefgreifende Programmierkenntnisse, den Roboter für spezifische Schweißaufgaben zu konfigurieren. Das System wurde durch eine neue Methode zur automatischen Erkennung und geometrischen Erfassung der Schweißnaht sowie einen Algorithmus zur Optimierung der Roboterpfade ergänzt. Um die Sicherheit der Mitarbeitenden zu gewährleisten, integrierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fortschrittliche Sicherheitssysteme, die eine reibungslose Mensch-Roboter-Kollaboration ermöglichen.

Die Ergebnisse des Projekts sind vielversprechend: Die Programmierzeit für Schweißaufgaben konnte signifikant reduziert werden, was die Flexibilität in der Produktion erheblich steigert. Die konstante Präzision des Roboters führte zu einer merklichen Verbesserung der Schweißqualität. Besonders hervorzuheben ist die deutliche Verringerung der körperlichen Belastung für die Schweißer, was das Risiko von berufsbedingten Erkrankungen erheblich senkt. Insgesamt wurde eine beachtliche Steigerung der Produktivität erreicht, bei gleichzeitiger Verbesserung der Arbeitsbedingungen.

Die entwickelte Technologie wurde zum Patent angemeldet und steht kurz vor der Weiterentwicklung zu einem industrietauglichen Produkt. Sie richtet sich vor allem an mittelständische Stahlbauunternehmen, für die eine vollständige Automatisierung des Schweißprozesses bisher wirtschaftlich nicht darstellbar war. Damit eröffnet das Projekt neue Möglichkeiten für die Digitalisierung und Automatisierung in einem traditionellen Industriezweig und zeigt exemplarisch, wie durch innovative Lösungen die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands gestärkt wird.





The illustration depicts a futuristic industrial environment. A large orange robotic arm is suspended from a dark blue overhead track system. A worker in an orange vest and dark pants stands at a workstation with a computer monitor, reaching out to interact with a digital interface. The scene is filled with various icons: a cloud with raindrops, a Wi-Fi symbol, a gear, a shield with a checkmark, and a smaller robotic arm. The background features curved orange lines suggesting motion or data flow.

# DIE NÄCHSTEN SCHRITTE ZUR TRANSFORMATION

Um die Transformation der Industrie voranzutreiben und die Vorteile der Robotik und Automatisierung voll auszuschöpfen, sollten Unternehmen gezielte Maßnahmen ergreifen. Hier sind drei konkrete Empfehlungen, die Ihnen helfen, den Wandel erfolgreich zu gestalten:

## **1** Integration von Künstlicher Intelligenz in bestehende Systeme:

Überprüfen Sie die Möglichkeiten, wie KI in Ihre aktuellen Automatisierungslösungen integriert werden kann. Durch die Nutzung von KI können Roboter komplexere Aufgaben übernehmen, die Flexibilität der Produktion erhöhen und die Effizienz steigern. Beginnen Sie mit einer Bestandsaufnahme Ihrer aktuellen Systeme und identifizieren Sie Bereiche, in denen KI den größten Mehrwert bieten kann. Investieren Sie in entsprechende Schulungen für Ihre Mitarbeitenden und passen Sie Ihre Systeme schrittweise an. Nutzen Sie die Expertise von Forschungseinrichtungen wie dem Fraunhofer IFF, um maßgeschneiderte KI-Lösungen für Ihre spezifischen Anforderungen zu entwickeln.

## **2** Förderung der Mensch-Roboter-Kollaboration:

Setzen Sie auf sichere und effiziente kollaborative Roboter (Cobots), die in direkter Zusammenarbeit mit Ihren Mitarbeitenden arbeiten können. Dies ermöglicht eine flexiblere Gestaltung Ihrer Produktionsprozesse und eine effizientere Nutzung von Arbeitsräumen. Investieren Sie in Technologien, die die Sicherheit dieser Zusammenarbeit gewährleisten, und stellen Sie sicher, dass Ihre Belegschaft entsprechend geschult ist. Beginnen Sie mit Pilotprojekten in ausgewählten Bereichen Ihrer Produktion, um Erfahrungen zu sammeln und die Akzeptanz bei Ihren Mitarbeitenden zu fördern. Arbeiten Sie eng mit Sicherheitsexperten zusammen, um robuste Sicherheitskonzepte zu entwickeln, die den gesetzlichen Anforderungen entsprechen und gleichzeitig die Produktivität steigern.

## **3** Investition in Forschung und Entwicklung:

Bleiben Sie wettbewerbsfähig, indem Sie kontinuierlich in die Forschung und Entwicklung neuer Automatisierungslösungen investieren. Etablieren Sie Partnerschaften mit führenden Forschungsinstituten wie dem Fraunhofer IFF, um frühzeitig von den neuesten Innovationen zu profitieren. Richten Sie ein geeignetes Team ein, das sich mit der Evaluierung und Implementierung neuer Technologien befasst. Partizipieren Sie an Forschungsprojekten und Technologienetzwerken, um Zugang zu Expertenwissen und Fördermöglichkeiten zu erhalten. Entwickeln Sie eine langfristige Innovationsstrategie, die Ihre Unternehmensziele mit den Möglichkeiten der Robotik und Automatisierung in Einklang bringt.

Durch proaktives Gestalten der Transformation können Sie Ihre Produktivität und Effizienz steigern, neue Geschäftsmodelle erschließen und Ihre Marktposition stärken. Der Wandel zu einer digital vernetzten und automatisierten Produktion ist ein kontinuierlicher Prozess, der strategisches Denken, Investitionsbereitschaft und die richtigen Partner erfordert.

## WETTBEWERBSFÄHIG IN DIE ZUKUNFT

Die Robotik und Automatisierung stehen vor einem Paradigmenwechsel, der die Industrie grundlegend verändern wird. Die fortschreitende Integration von KI und die Entwicklung flexibler, sicherer Robotersysteme sind entscheidende Treiber dieser Transformation. Unternehmen, die diese Technologien frühzeitig adaptieren, sichern sich nicht nur einen Wettbewerbsvorteil. Sie tragen auch zur Lösung zentraler Herausforderungen unserer Zeit bei, wie etwa dem Fachkräftemangel und der Notwendigkeit nachhaltiger Produktionsweisen.

Die Zukunft der Industrie liegt in der Fähigkeit effizienter, flexibler und sicherer zu produzieren. Dies erfordert neben technologischen Innovationen auch eine Anpassung der Unternehmensstrategien und -kulturen. Wollen Unternehmen wettbewerbsfähig bleiben, müssen sie in neue Technologien investieren und ihre Belegschaft für den Umgang mit diesen Innovationen befähigen. Forschungspartnerschaften sind eine Möglichkeit, die neuesten Entwicklungen zu nutzen und so die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu sichern.

Die Zukunft der Industrie ist robotisch, intelligent und kollaborativ. Gemeinsam können wir diese Zukunft gestalten – für eine wettbewerbsfähige, nachhaltige und menschenzentrierte Produktion der Zukunft.

## Kontakt

Sandtorstraße 22  
39106 Magdeburg, Deutschland  
Telefon +49 391 4090-0  
Fax +49 391 4090-596  
ideen@iff.fraunhofer.de



## Kontaktperson

Prof. Dr. techn. Norbert Elkmann  
Abteilungsleiter Robotersysteme

Telefon +49 391 4090-222  
norbert.elkmann@iff.fraunhofer.de

## An der Umsetzung dieses Whitepapers wirkten außerdem mit:

M.Sc. Magnus Hanses  
Dr.-Ing. Olaf Poenicke

## Redaktion

Dr.-Ing. Pio Alessandro Lombardi  
Dr. rer. nat. Marina Zempeltzi  
M.Sc. Niels Schmidtke  
Dr. rer. nat. Aida Hajizadeh  
Anita Fricke, M.A.

## Grafik/Layout

Maral Hanna-Luft  
Bettina Rohrschneider



««« KLICK HIER