

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR DIE PRODUKTION VON MORGEN





EINFÜHRUNG IN DIE KI

»Made in Germany« steht seit Jahrzehnten für die Qualität deutscher Ingenieurleistungen. Allerdings stehen das produzierende Gewerbe und seine Ingenieure zunehmend im internationalen Wettbewerb – mit dem bekannten Druck auf Kosten bzw. Preis, Zeit und Qualität. Seit 2012 ist »Industrie 4.0« das strategische Programm in Wirtschaft, Politik und Wissenschaft, um die industrielle Produktion und ihre Ausrüster aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automatisierungstechnik und der produktionsnahen IT wettbewerbs- und zukunftsfähig zu erhalten.

Wichtiges Kennzeichen von Industrie 4.0 ist die durchgängige Vernetzung und Durchdringung aller Komponenten der Fabrik sowie kompletter Wertschöpfungsketten mit Sensorik, eingebetteten Systemen und Kommunikationstechnik – sog. Cyber-Physische Systeme. Dadurch fallen von der Planung der zu fertigenden Produkte und Produktionsmittel über ihre Herstellung bis zur Nutzung der Produkte große Mengen an Daten an, die meist maschinell erzeugt werden. Diese Daten sind Grundlage für moderne und mächtige Analyse- und Auswerteverfahren, die heute als »Künstliche Intelligenz« (KI) bezeichnet werden. KI-Verfahren verfügen über »die Fähigkeit, mit neuen Situationen erfolgreich umzugehen, neue Daten oder neue Informationen zu verarbeiten, aus dem verfügbaren Wissen zu schlussfolgern und damit neues

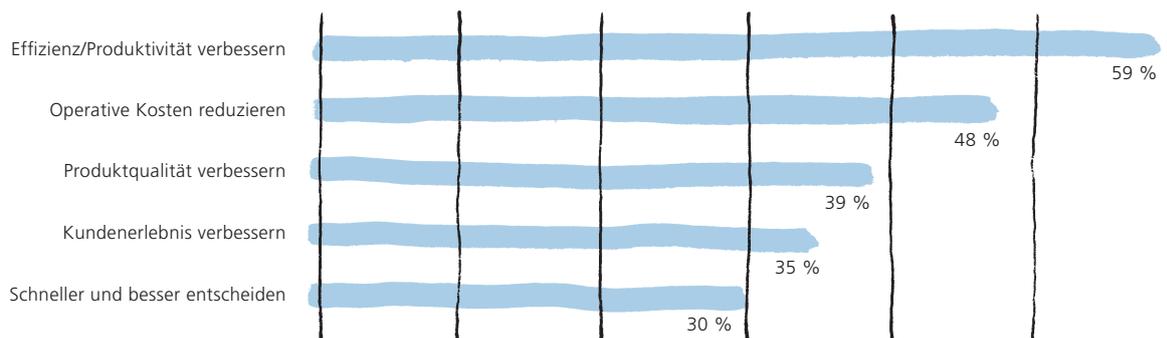
Wissen zu generieren (...) oder auch neue Aufgaben zu lösen¹.« Heute geht man allgemein davon aus, dass KI eine Schlüsseltechnologie ist, mit der Anwender in allen Stufen der Wertschöpfung hohe Verbesserungspotenziale ausschöpfen können.

Aktuelle Studien attestieren Deutschland zwar eine gute Position in der KI-Forschung, den USA aber eine wesentlich höhere Wettbewerbsfähigkeit in den KI-Anwendungen. China investiert massiv in Künstliche Intelligenz – seine Unternehmen werden in wenigen Jahren auf den deutschen Markt für KI-Anwendungen in der Produktion drängen. Darum ist es nur richtig, dass die Bundesregierung in ihrer KI-Strategie das Ziel formuliert, Deutschland und Europa zu einem führenden KI-Standort zu machen². Industrielle Produktion ist dabei eines der wichtigsten Anwendungsfelder. In unseren Demo-Fabriken und anhand konkreter und herausfordernder Anwendungsfälle unserer Kunden aus der industriellen Fertigung arbeiten wir schon heute an innovativen KI-Methoden und -Werkzeugen, die wir Ihnen im Folgenden kurz vorstellen.

¹ PaiCE (Hrsg.): Studie Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland

² Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, siehe www.ki-strategie-deutschland.de

Gründe für den Einsatz von KI (Quelle: IDC: Künstliche Intelligenz in Deutschland 2018)





DATEN GEWINNEN UND NUTZEN

In der Produktion sind Daten immer im Kontext des Produkts oder der Prozesse zu interpretieren – dann sind sie wertvolle Ressourcen, um den Wertschöpfungsprozess zu verbessern oder neue Geschäftsmodelle zu entwickeln³. Das heißt auch, dass jeder Anwendungsfall seine spezifischen Daten erfordert. Datengetriebene Modelle können aber nur dann Mehrwert liefern, wenn die relevanten Aspekte von den erhobenen Daten abgedeckt werden. Genau darum ist es so wichtig, die richtigen und qualitativ hochwertige Daten aufzunehmen.

Nach unserer Erfahrung liegt heute noch eine maßgebliche Hürde zum Einsatz von KI darin, hochwertige Datensätze in einem heterogenen Umfeld aus Automatisierungstechnik und Unternehmens-IT zu gewinnen. Wir unterstützen Sie dabei, KI-relevante Daten aus Ihren Maschinen und Anlagen sowie deren Komponenten herauszuholen. Entweder stammen die Daten aus den Maschinensteuerungen, aus der existierenden Sensorik der Maschine und/oder aus nachgerüsteten intelligenten Sensoren⁴, die wir gemeinsam mit Ihnen auswählen und installieren. Wir legen mit Ihnen fest, welche Granularität der Daten für eine bestimmte Aufgabe erforderlich ist, wie Daten aus verschiedenen Quellen passgenau zusammengeführt werden können und in welchem Format die

Daten übertragen und gespeichert werden. Dabei legen wir Wert darauf, die für den Anwendungsfall richtigen Daten auszuwählen, vorhandene Datensätze zu sortieren und sie für eine nachfolgende Modellbildung aufzubereiten.

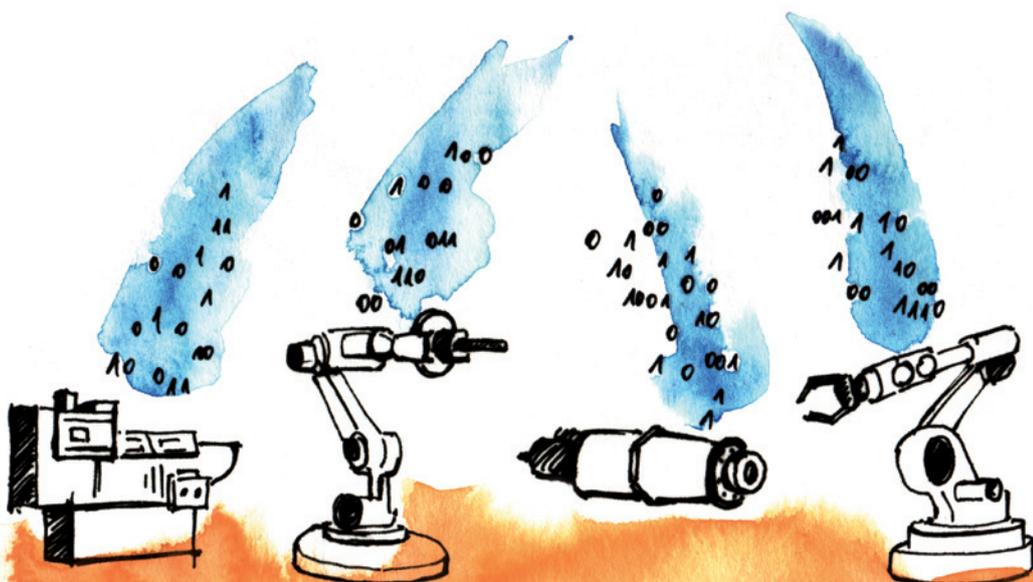
Mit unseren seit langem bewährten PLUGandWORK⁵-Lösungsbausteinen machen wir auch Komponenten und Maschinen zu Datenlieferanten, die heute noch nicht vernetzt sind.

Außerdem bieten wir Ihnen Know-how zu den Themen Datensicherheit und Datenschutz, denn mehr Vernetzung bedeutet höhere Anfälligkeit gegen Cyberangriffe. Heute sind jedoch viele Technologien bereits verfügbar, deren richtiger Einsatz dafür sorgt, dass Sie die Hoheit über Ihre Daten behalten. Entscheidend ist eine passgenaue und sichere IT-Architektur für das Sammeln, Speichern und Auswerten der Daten.

³ World Manufacturing Forum: The 2018 World Manufacturing Forum Report – Recommendations for the Future of Manufacturing.

⁴ Werthschützky, R. (Hrsg.): Sensor Technologien 2022. AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V., 2018

⁵ siehe www.plugandwork.fraunhofer.de

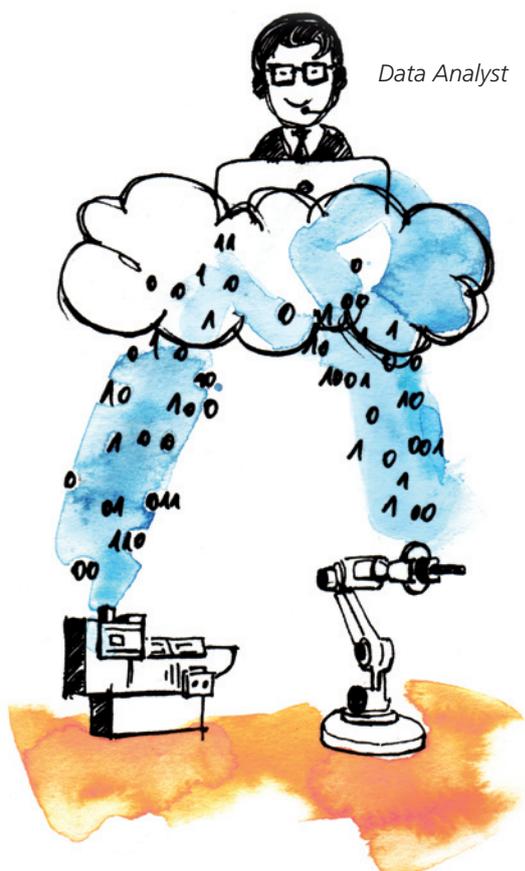




0110
1101
0001
1101
0011

HÖHERE QUALITÄT DURCH MASCHINELLES LERNEN

In Produktionsprozessen setzen wir Maschinelles Lernen ein, um ganz allgemein »Wissen« aus »Erfahrung« zu erzeugen – Lernalgorithmen entwickeln aus möglichst repräsentativen Beispieldaten ein komplexes Modell. Dieses Modell kann anschließend auf neue und unbekannte Daten derselben Art angewendet werden. Immer wenn Prozesse zu kompliziert sind, um sie analytisch zu beschreiben, aber genügend viele Beispieldaten verfügbar sind, z. B. Sensordaten oder Bilder, bietet sich Maschinelles Lernen an⁶. Die Modelle werden mit dem Datenstrom aus dem laufenden Betrieb abgeglichen und erlauben letztlich Vorhersagen oder Empfehlungen und Entscheidungen.



Data Analyst

Beispiele, um mit Hilfe Maschinellen Lernens Qualität, Zeit oder Kosten zu verbessern, sind:

- Anomalien im Verhalten von Maschinen oder Komponenten entdecken, weil die Verfahren zuverlässig Abweichungen vom »Normalverhalten« eines Prozesses aufdecken und damit letztlich prädiktive Instandhaltung ermöglichen.
- Bessere Entscheidungen in komplexen Situationen treffen, weil die Modelle die kompletten Zusammenhänge auch über mehrere Fertigungsstufen hinweg erkennen und damit zu Assistenzsystemen ausgebaut werden können.
- Fertigungs- und Montageprozesse schnell an aktuelle Situationen anpassen, weil klare Korrelationen zwischen Messergebnissen und Prozessparametern eine automatische Regelung ermöglichen.

Weitere Anwendungsgebiete Maschinellen Lernens, die wir bearbeiten, sind Mensch-Roboter-Kooperation, autonome Intralogistik und Selbstorganisation in der Fertigung.

Wir unterstützen Sie dabei, die richtigen Lern- und Modellierungsalgorithmen auszuwählen, repräsentative Trainingsdaten zu definieren, aufzubereiten und zu speichern, aus den Trainingsdaten sinnvolle Modelle zu erzeugen und dieses dann mit Laufzeitdaten zu vergleichen. Diese Aufgaben erfordern geeignete Sensorik, Softwarewerkzeuge und -architekturen. Wir unterstützen Sie auch dabei, kommerzielle ML-Werkzeuge zu bewerten und auszuwählen.

Die Forschung zu Maschinellem Lernen geht weiter: relevant sind beispielsweise Fragen zu Maschinellem Lernen mit extrem großen oder sehr kleinen Datenmengen, zur Kombination von maschinellem Lernen mit physikalischem oder Expertenwissen sowie Sicherheit und Transparenz von ML-Modellen.

⁶ Fraunhofer-Gesellschaft (Hrsg.): Maschinelles Lernen – eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung. München, 2018

001101001110
10100101001
01010011100
101000110011
11110010110

SELBSTORGANISATION FÜR DIE FLEXIBLE FERTIGUNG UND LOGISTIK

Einer der Anwendungsfälle von Industrie 4.0 ist die »Selbstorganisierende Produktion«. Schon in den ersten Dokumenten zu Industrie 4.0 findet sich die Vision, dass »intelligente Produkte (...) durch ihre Ad-hoc-Vernetzungsfähigkeit sowie durch Mitführung einer digitalen Produktbeschreibung dazu befähigt (sind), sich eigenständig durch die Produktion zu steuern⁷.«

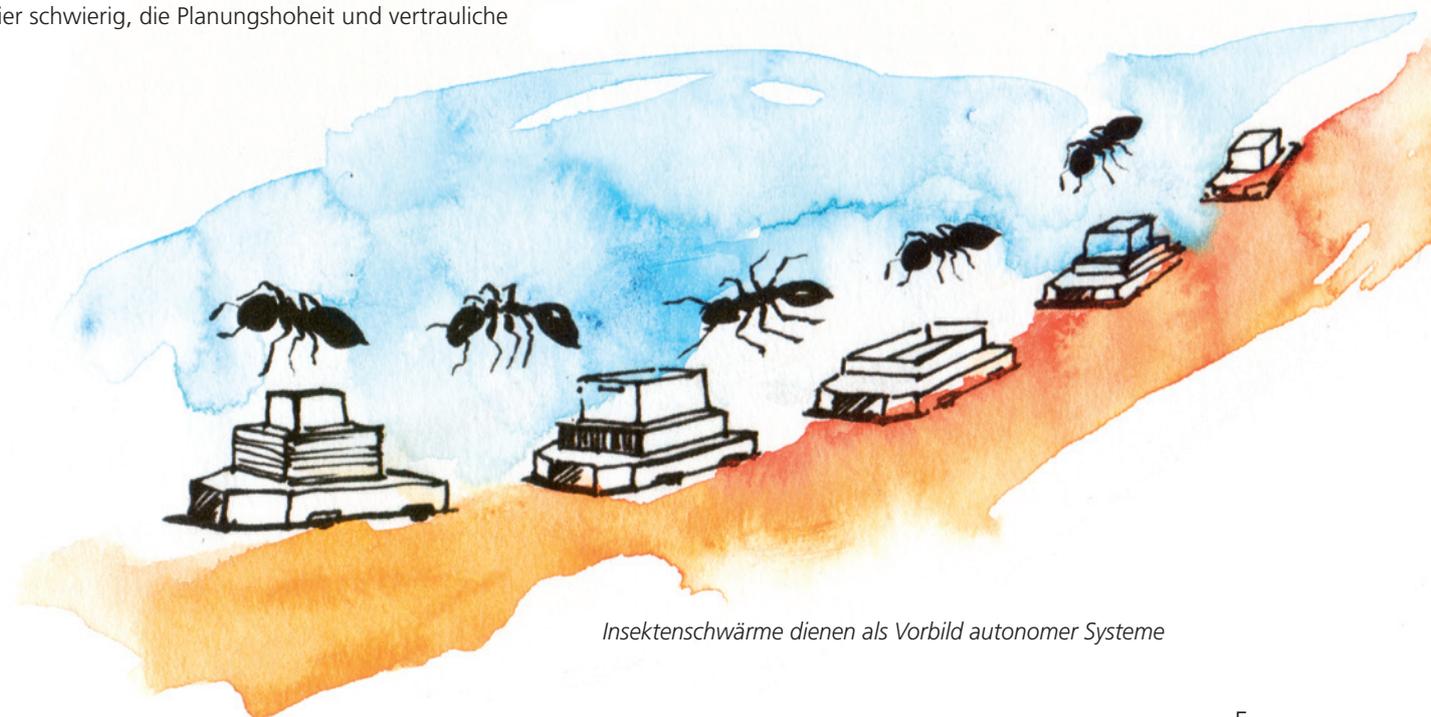
Selbstorganisation in der Fabrik ist meist mit dem Ziel einer flexiblen Fertigungssteuerung verbunden. Agentenbasierte Steuerungsansätze haben den Vorteil, dass unabhängige Agenten lokal schnell auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren können. Die Vorteile zentraler Planung lassen sich angesichts häufiger Verzögerungen und Planumstellungen in der Praxis ohnehin nicht vollständig realisieren.

Selbstorganisation findet in der Werkshalle statt und auf der Ebene weltumspannender Lieferketten. Für viele Zulieferer ist es hier schwierig, die Planungshoheit und vertrauliche

Informationen an einen zentralen Supply-Chain-Orchestrator zu übergeben. So entstehen Aufgaben der Selbstorganisation und der agentenbasierten dezentralen Planung: Mit dem IIC-Testbed »SmartFactoryWeb« hat das IOSB einen Marktplatz zur flexiblen Auslastung weltweit vorhandene Produktionskapazitäten entwickelt. Dieser Marktplatz ist verbunden mit einem detaillierten Beschreibungsmodell für vorhandene Produktionsfähigkeiten. Zudem gibt es die Möglichkeit der Online-Überwachung der Produktion.

Für unsere Kunden führen wir Fallstudien zur Einführung selbstorganisierter Produktion und Logistik durch. Weiterhin werden gezielt Algorithmen zur verteilten Planung entwickelt und in Simulationsumgebungen evaluiert.

⁷ acatech (Hrsg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, April 2013



Insektenschwärme dienen als Vorbild autonomer Systeme



EDGE- UND CLOUD-COMPUTING

Auf den vorangegangenen Seiten ist beschrieben, dass sinnvolle Anwendungen Künstlicher Intelligenz qualitativ hochwertige Daten erfordern, auf deren Basis dann Modelle erzeugt werden können. Wo aber werden zukünftig die anfallenden Daten verarbeitet oder die Modelle gelernt?

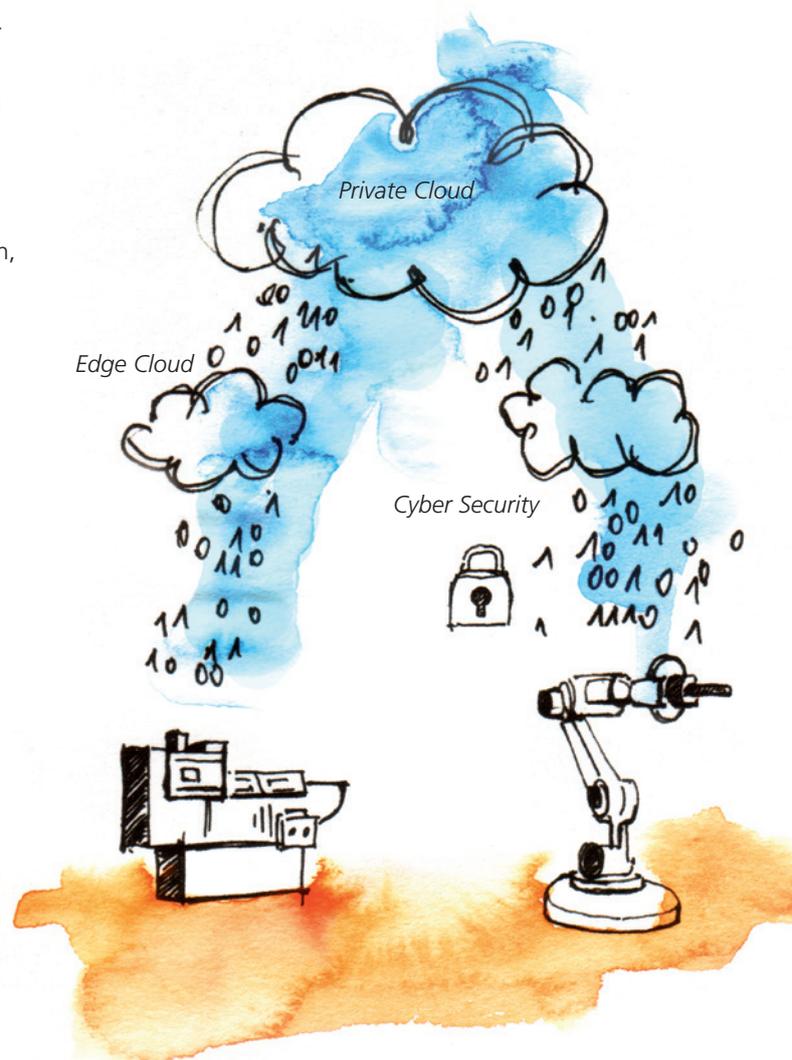
Aktuell zeichnet sich ab, dass schon bald »Edge-Rechenzentren« diese Aufgabe übernehmen. Unter Edge-Computing versteht man, Rechenleistung, Software-Anwendungen, Datenverarbeitung oder Dienste unmittelbar an die logische Randstelle eines Netzwerks zu verlagern, z. B. einer Linie oder einer kompletten Fabrik. Studien prognostizieren, dass Edge-Computing durch die zu erwartende Datenvielfalt, die erforderliche Verarbeitungsgeschwindigkeit und -leistung bis zum Jahr 2025 um rd. 30 % jährlich zunimmt. Edge-Rechenzentren, untereinander verbunden zu einer Cloud-Infrastruktur, sind damit skalierbar und bieten auch mittelständischen Unternehmen die Möglichkeiten, Cloud-Technologien zu nutzen, ohne in eine eigene Infrastruktur investieren zu müssen.

Edge-Rechenzentren übernehmen beispielsweise folgende Aufgaben:

- Sammeln und Interpretieren von Daten aus Sensoren und Maschinensteuerungen,
- Maschinelles Lernen der Modelle,
- Vergleiche zwischen Modellen und Laufzeitdaten,
- Speichern von Messdaten, z. B. Bilddaten aus Qualitätssystemen,
- Berechnen von Maschinenparametern,
- andere maschinennahe, aber nicht echtzeitrelevante Funktionen.

Wir entwerfen die für Sie maßgeschneiderte Architekturen für Ihre KI- und ML-Anwendungen und setzen sie dann gemeinsam mit Ihnen um.

Data Scientisten, Data Analysten und Machine Learning Spezialisten sind aktuell kaum zu finden: In Zusammenarbeit mit der Fraunhofer Academy und der Fraunhofer-Allianz Big Data und KI bieten wir ein zertifiziertes Ausbildungs-Programm sowie methoden- und branchenspezifische Schulungen an.





KOOPERATION IN MODELLFABRIKEN

Studien zeigen, dass gezielte Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen schneller zu neuen Produkten, Dienstleistungen und Prozessen führen. Innerhalb unserer »Enterprise Labs« arbeiten Mitarbeiter aus Ihrem Unternehmen tagtäglich mit Fraunhofer-Wissenschaftlern und -Entwicklern in einem Team zusammen und schaffen so konkrete Produkt- und Prozessinnovationen. Dabei bringen Ihre Mitarbeiter spezifisches Produkt- und Prozess-Know-how sowie die Kenntnisse über Ihre Märkte ein. Ihre Mitarbeiter erhalten einen Arbeitsplatz am IOSB, können aber definierte Projektaufgaben auch an ihrem »Heim-Arbeitsplatz« im Unternehmen bearbeiten. So wirken sie gleichzeitig als Know-how-Multiplikatoren an ihrem Stammsitz. Unsere Wissenschaftler verfügen über umfangreiches Technologie-Know-how und Anwendungswissen aus verschiedenen Branchen. So entstehen in Kooperation zielgerichtete Ergebnisse bis hin zu gemeinsam entwickelten Business Cases mit messbarem Kundennutzen. Durch unsere Nähe zum Karlsruher Institut für Technologie (KIT) binden wir auch Masterstudenten oder Doktoranden in Ihre Aufgaben ein.

Eine ideale Umgebung für produktionsnahe KI-Projekte sind unsere Forschungsfabriken und Labore. Sie sind nach dem neuesten Stand der Technik mit industriellen Komponenten von der Sensorik bis zur Cloudinfrastruktur ausgerüstet, so dass spätere Anwendungen und Produkte realitätsnah erprobt und verbessert werden können.

Wenn Sie darüber hinaus an Ihren eigenen Maschinen und Anlagen arbeiten wollen, bieten wir Ihnen ein weiteres KI-bezogenes Highlight: die **Karlsruher Forschungsfabrik**. Auf rd. 4.500 m² werden wir gemeinsam mit Industriepartnern Fertigungsprozesse instrumentieren, Daten auswerten und neue KI-bezogene Lösungen erarbeiten, z. B. um neue Fertigungs- und Montageprozesse schnell zur Serienreife zu bringen. »Unreife Prozesse« bezeichnen Fertigungsprozesse, die noch nicht vollständig verstanden und beherrscht werden, weil sie entweder neu sind, neue Werkstoffe verarbeiten oder man nicht genau versteht, welche Prozessparameter eigentlich für die Produktqualität verantwortlich sind. In der **Karlsruher Forschungsfabrik** erforschen wir gemeinsam mit Ihnen, an welchen Schrauben im Prozess man »drehen« muss, damit die Qualität der Produkte gleichmäßig hoch ist und bleibt. Basierend auf ML-Verfahren und der Mess- und Regelungstechnik sollen die Maschinen und Anlagen ihre Prozessparameter letztlich selbst einstellen, z. B. wenn die Qualität der Produkte sich schleichend verschlechtert oder sich die Umgebungsbedingungen ändern.





INNOVATIVE TECHNOLOGIEN FÜR IHRE PRODUKTION

Ansprechpartner Karlsruhe

Dr.-Ing. Olaf Sauer
Tel.: +49 721 6091-477
olaf.sauer@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de

Ansprechpartner Lemgo

Prof. Dr. Jürgen Jasperneite
Tel.: +49 5261 94290-22
juergen.jasperneite@iosb-ina.fraunhofer.de
www.fraunhofer-owl.de

Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe

Fraunhofer IOSB-INA – Institutsteil für Industrielle Automation

Langenbruch 6
32657 Lemgo

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. habil.
Jürgen Beyerer

Leistungen des Fraunhofer IOSB

Industrielles Internet der Dinge (IIoT)

MES und Leittechnik

Digitaler Zwilling

IT-Sicherheit
in der Produktion

Industrielle
Kommunikation:
Feldbusse, TSN, OPC UA
u. a.



IOSB Smart Factories
Karlsruhe und Lemgo

Maschinelles Lernen und
Künstliche Intelligenz
für Prozess-Industrie und
diskrete Fertigung

Industrielle
Mensch-Maschine-
Interaktion

PLUGandWORK:
Semantische Interopera-
bilität für Industrie 4.0

Das IOSB verfügt mit seinen Modellfabriken über ein verteiltes Produktionssystem als Kooperations- und Testumgebung für Industrie 4.0-Technologien. Gemeinsam mit internationalen Partnern gestalten wir in der Plattform Industrie 4.0 und im Industrial Internet Consortium (IIC) die Zukunft der Informations- und Kommunikationstechnik für die vernetzte Fabrik.

Die Möglichkeiten, um die Digitalisierung aktiv im eigenen Unternehmen zu gestalten, z. B. datenbasierte Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, bestehende Produkte mit Datenträgern und Kommunikationsmöglichkeiten aufzuwerten, die bestehende Organisation in eine Industrie 4.0-Organisation umzuwandeln oder völlig neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, sind bekannt. Nutzen Sie unser Know-how, um Industrie 4.0 für Ihr Unternehmen, Kunden, Produkte und Kultur individuell auszugestalten. Sprechen Sie uns an – wir lösen Ihre Aufgaben innovativ, effizient und zuverlässig.