



**Fraunhofer**  
IOSB

**Produktion und Wertschöpfungsketten  
durch Digitalisierung verbessern**

---

**Geschäftsfeld Automatisierung  
und Digitalisierung**

# Droht Deutschland die Deindustrialisierung?

---

Deutschland hat eine starke industrielle Basis. Es verfügt über weltweit anerkannte Kompetenzen bei Anlagenbetreibern, im Maschinen- und Anlagenbau, in der Elektro- und Automatisierungsindustrie, der Mikroelektronik und bei eingebetteten Systemen, in der produktionsnahen IT bis hin zur kompletten Systemintegration. Kaum ein anderes Land der Welt hat dieses breite Spektrum von Know-how und Erfahrung. Über viele Jahre waren die Auftragsbücher voll und die Entwicklungs- und Produktionskapazitäten ausgelastet. Die Frage ist: Wird das auch in der Zukunft so sein und: Wie kann die deutsche Industrie ihre Wettbewerbsfähigkeit erhalten oder sogar noch verbessern? Welche Rolle spielt dabei die Digitalisierung?

Viele Firmen haben in den Jahren seit dem Beginn von »Industrie 4.0« Schritte in die Digitalisierung gemacht, mehr oder weniger erfolgreich; viele proprietäre Lösungen blieben hinter den Erwartungen zurück. Entsprechend zurückhaltend sind die Unternehmen nun. Damit bleiben sie aber hinter den mit der Digitalisierung verbundenen Potenzialen zurück, z. B. für zusätzliche datenbasierte Dienstleistungen rund um Fabriken, Maschinen und Komponenten, und verpassen möglicherweise wichtige Chancen.

Tatsächlich ist Digitalisierung für alle Branchen des produzierenden Gewerbes ein strategisches Muss. Egal ob Fabrikbetreiber, Maschinenbauer, Komponentenlieferant oder Automatisierungsanbieter: Digitale Zwillinge, Künstliche Intelligenz, industrielle Datenräume und Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg sind die Themen der Zukunft.

Das Fraunhofer IOSB entwickelt und liefert seit Jahrzehnten wegweisende Lösungen für die industrielle Automatisierung und Digitalisierung. Zwar haben sich die Schlagworte und Moden über die Jahre verändert, die Aufgabenstellungen sind jedoch ähnlich: heterogene Signale und Daten aus industriellen Prozessen sammeln, kommunizieren, verarbeiten und mit modernen Werkzeugen der Softwareentwicklung in komplexen IT-Komponenten und -Systemen aufbereiten, auswerten und interpretieren.

In der vorliegenden Broschüre stellen wir Ihnen einige der Themen vor, bei denen wir gemeinsam mit vielen Partnern aus Industrie und Forschung praxisnah und anwendungsorientiert unterwegs sind. Deutschland hat beste Ausgangsbedingungen; lassen Sie uns den Standort nicht zerreden, sondern handeln wir gemeinsam!



# Produktions-IT



Das Fraunhofer IOSB spezifiziert, entwickelt und liefert seit vielen Jahren Komponenten und Lösungen produktionsnaher IT-Systeme. Für viele Systeme gilt: »IOSB inside«.

Vor Industrie 4.0 war die Welt noch »in Ordnung«: Produktion und IT waren zwei voneinander getrennte Welten. Die Automatisierungs-Pyramide bildete den Common-Sense ab: Die Feldebene mit den Fertigungs-, Montage- und Materialflussprozessen, Sensoren, Aktoren, Steuerungen und ihre Echtzeitkommunikation waren weitgehend autark von überlagerten IT-Systemen, natürlich auch vom Internet. Auf der ERP- und der MES-Ebene gab es eigenständige Systeme mit abgegrenzten Funktionalitäten. Mit dem Aufkommen Cyberphysischer Systeme, dem Internet der Dinge, der durchgängigen Vernetzung »vom Sensor in die Cloud« und kollaborativer Ansätze beim Datenaustausch haben sich Architektur, das Zusammenspiel und die Verantwortlichkeiten von IT und OT komplett verändert: IT durchdringt Feldgeräte und Maschinen immer stärker. Der Zugriff auf Daten von Feldgeräten und Maschinen innerhalb von Fabriken ist inzwischen Standard, und zwar über alle Ebenen der ehemaligen Automatisierungspyramide. Aus dem Ebenenmodell ist ein Netzwerk geworden, mit Geräten, die wie selbstverständlich mit dem Internet verbunden sind. Viele Unternehmen nutzen Daten aus Maschinen, Anlagen und Sensoren und verbessern so stetig ihre Kennzahlen.

Der nächste Schritt ist, Daten über den kompletten Lebenszyklus von Produkten und Anlagen zu sammeln und auszuwerten, und das im Austausch mit anderen Unternehmen: Zulieferern, Kunden, Ausrüstern. So lassen sich weitere Potenziale heben, beispielsweise

- im Engineering, um Produktionsanlagen und ihre Digitalen Zwillinge zu testen und schnell in Betrieb zu nehmen,
- entlang der Lieferkette, um z. B. lückenlose Rückverfolgbarkeit zu ermöglichen oder
- um Produktionsprozesse zu verbessern, z. B. indem Prozessparameter aufgrund verschiedener Gegebenheiten oder Messwerte schnell angepasst werden.

Asset Management-Systeme verwalten Digitale Zwillinge von Produktionsanlagen über ihren kompletten Lebenszyklus; deren Fähigkeiten, Kapazitäten, Verknüpfungen, Kommunikation etc. Dies nutzen Business-Applikationen, wie MES-Funktionalitäten, um darauf aufbauend die Reihenfolge von Aufträgen oder Arbeitsgängen zu planen, Werkzeug- und Personaleinsatz zu koordinieren und Zulieferteile in der richtigen Menge punktgenau anzuliefern. Und das alles echtzeitnah, so dass Meister und Produktionsleiter direkt auf eventuelle Änderungen oder Engpässe reagieren können.



Künstliche Intelligenz (KI) ermöglicht darüber hinaus Prädiktionen, so dass Fertigung und Montage vom Reagieren zum Agieren kommen.

- im Engineering, um Produktionsanlagen und ihre Digitalen Zwillinge zu testen und schnell in Betrieb zu nehmen,
- entlang der Lieferkette, um z. B. lückenlose Rückverfolgbarkeit zu ermöglichen oder

## Leittechnik und MES



SCADA-, Bedien- und Beobachtungssysteme, BDE/MDE, Fertigungsfeinplanung: Diese Funktionalitäten und deren (bidirektionale) Kommunikation mit den Steuerungen und anderen Datenquellen sind unsere Wurzeln. Durch Industrie 4.0 hat sich die klassische Hierarchie der produktionsnahen IT aufgelöst: Vernetzte, skalierbare und auf offenen Standards basierende Komponenten setzen sich immer mehr durch. On Premise, Cloud-basiert, als SaaS-Lösungen, mit standortübergreifenden Auswertungen: Jedes Unternehmen muss seinen eigenen Lösungsweg finden.

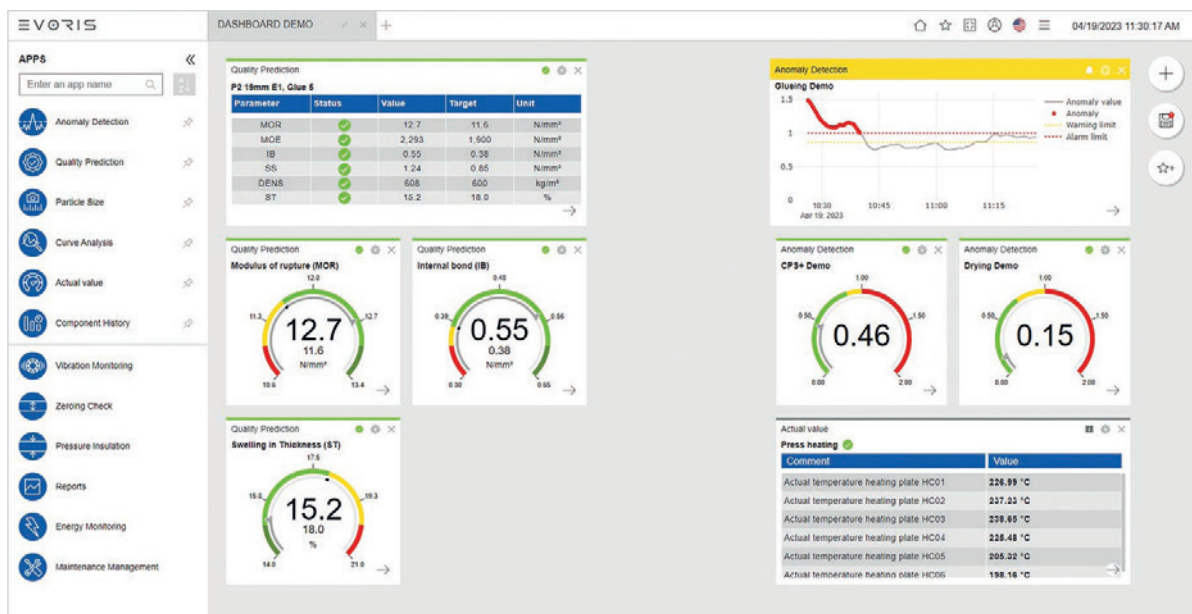
Wir beraten unsere Kunden aus der produzierenden Industrie, Systemintegratoren, Komponentenhersteller und MES-Anbieter dabei, die für ihren spezifischen Anwendungsfall richtige Software-Architektur zu definieren. Wir spezifizieren MES- und Leittechnik-Funktionen, implementieren professionell Software-Komponenten und übernehmen sogar Wartungs- und Service-Leistungen. Bei ausgewählten Kunden haben wir bewiesen, dass die IOSB-Lösungen langjährig und robust den realen Produktionsbetrieb steuern und überwachen.

## Agile Fertigungsablaufsteuerung



Die Steuerung ist das Gehirn von Fertigung und Montage. Obwohl es sehr leistungsstarke und ausgefeilte Methoden und Algorithmen gibt, nutzen nur relativ wenige Firmen diese Möglichkeiten, um mehr aus ihrer Produktion herauszuholen. Extreme Variantenvielfalt, unerwartete Engpässe, Eilaufträge, aber auch universellere Produktionsmittel und intelligente Materialflusssysteme erfordern jedoch eine neue Art der Steuerung.

Flexible und dynamische Produktionsumgebungen sind eine Antwort auf immer kürzere Innovationszyklen und ein hohes Maß an kundenspezifischen Produktausprägungen. Um also das volle Potential einer losen Kopplung der Produktionsressourcen auszunutzen zu können, müssen aktuelle Maschinenzustände in die Produktionssteuerung einfließen. Verfügbare Schnittstellen, wie sie zum Beispiel durch die OPC UA Companion Spezifikationen oder AAS-Modelle bereitgestellt werden, ermöglichen einen einheitlichen Zugriff auf die Zustände der Produktionsressourcen. Die sich daraus ergebende permanent verfügbare digitale Repräsentation des Produktionszustand wird von der reaktiven Produktionssteuerung permanent evaluiert und in eine optimierte Ausführungsreihenfolge überführt. Diese reaktive auftragszentrierte Produktionssteuerung ermöglicht dynamisch mit Ausfällen oder priorisierten Aufträgen zu verfahren und auf unvorhergesehene Ereignisse zu reagieren. Das IOSB entwickelt für diese Art der Steuerung neue Modellierungsmethoden, Algorithmen und Werkzeuge.





## Digitale Zwillingssysteme



Laut dem »Digital Twin Consortium« ist ein Digitaler Zwilling eine virtuelle Repräsentation von realen Assets und Prozessen, die mit einer bestimmten Frequenz und Genauigkeit synchronisiert werden. Digitale Zwillinge können eigenständig als Repräsentationen existieren, werden aber häufig in größere Systeme zur Überwachung, Analyse und Steuerung integriert. Digitale Zwillingssysteme umfassen die gesamte Infrastruktur, Werkzeuge und Prozesse, die zur Erstellung, Verwaltung und Nutzung Digitaler Zwillinge eingesetzt werden. Diese Systeme sind darauf ausgelegt, Echtzeitdaten von physischen Assets zu sammeln, Modelle von Digitalen Zwillingen zu aktualisieren, Analysen, Simulationen, Optimierungen oder andere Berechnungen durchzuführen und Einblicke sowie Steuerung der physischen Assets oder Prozesse anzubieten.

Mit FA<sup>3</sup>ST (Fraunhofer Advanced Asset Administration Shell Tools for Digital Twins) hat das Fraunhofer IOSB eine Sammlung von Werkzeugen zur Realisierung der Verwaltungsschalen-konformen Systeme für Digitale Zwillinge entwickelt. Die FA<sup>3</sup>ST-Werkzeuge unterstützen den gesamten Lebenszyklus Digitaler Zwillinge: von der Identifizierung über die Modellierung, Entwicklung, gemeinsame Nutzung, z. B. in Datenräumen, bis hin zur kontinuierlichen Verbesserung. Unsere Werkzeuge bieten flexible Lösungen zur Verwaltung Digitaler Zwillinge: Sie erleichtern es Mitarbeitern aus Planungsabteilungen oder der Produktion, schnell und konsistent Digitale Zwillinge zu erstellen, ohne den zugrunde liegenden Standard im Detail kennen zu müssen.

## Manufacturing-as-a-Service (MaaS)



Inzwischen haben sich am Markt diverse MaaS-Plattformen etabliert, die die Herstellung von Teilen – aktuell meist noch Zerspanung, 3D-Druck oder Herstellung von Blechteilen – als Dienstleistung anbieten. Fertigungsunternehmen werden Teil solcher Plattform, indem sie ihre Kapazitäten zur Verfügung stellen; die Plattform übernimmt alle administrativen Tätigkeiten: Auf Basis der vom Kunden bereitgestellten 3D-Daten kalkuliert die Software automatisch den Preis sowie den Liefertermin und vergibt den Fertigungsauftrag an eine seiner angeschlossenen Fabriken. Die Plattform übernimmt außerdem die komplette Logistik.

MaaS ermöglicht damit einen Paradigmenwechsel in der aktuellen Fertigungslandschaft: von starren, anfälligen Lieferketten bis hin zu einer offenen Produktion und flexiblen, widerstandsfähigen Lieferketten. MaaS erfordert ein »Matchmaking« zwischen den Anforderungen an die Produktion eines Bauteils und den Fähigkeiten, die Hersteller anbieten können.

Das Fraunhofer IOSB hat ein Service-basiertes digitales Ökosystem entwickelt, das dieses komplexe »Matchmaking« mithilfe von KI und einer Microservice-Architektur ermöglicht. Damit werden MaaS-Marktplätze, Kooperationsplattformen und ähnliche Anwendungen befähigt, passende Hersteller oder Teillieferketten zu finden.



## Kollaborative Robotik



In der Welt der kollaborativen Robotik (Cobots) arbeiten Mensch und Maschine zusammen für effizientere und sicherere Produktion. Die neuesten Cobots sind dafür entwickelt, nahtlos und ohne Schutzzaun mit Menschen zu interagieren und sich in voll- oder teilautomatisierte Produktionsprozesse zu integrieren. Ihre integrierten Sensoren und fortschrittlichen Algorithmen ermöglichen nicht nur eine sichere, kooperative Interaktion und Vermeidung von Kollisionen, sondern eröffnen auch neuartige Automatisierungspotentiale, z. B. in der Montage und Demontage.

Trotz des Fortschritts und der Vielfalt der Cobots stehen KMUs bei der Nutzung dieser Technologie in der industriellen Automation und deren Integration in bestehende Systeme vor Herausforderungen: Dazu gehört neben der nahtlosen Zusammenarbeit zwischen Menschen und Robotern die flexible Anpassung des Roboterhaltens an spezifische Aufgaben und Umgebungen. Zudem erfordert die Integration von Cobots in Produktionsprozesse eine effiziente Analyse und Planungsphase sowie die Schulung der Mitarbeitenden. Das Fraunhofer IOSB-INA entwickelt Methoden, Technologien und Lösungskonzepte wie herstellerneutrale Assistenzsysteme zur vereinfachten Programmierung von Cobot-Applikationen; damit lassen sich die Potenziale der nächsten Generation kognitiver Cobots voll ausschöpfen.

## Mensch-Maschine-Interaktion



In der Fabrik der Zukunft ist die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine ein wichtiger Gestaltungsgegenstand. Am Fraunhofer IOSB stehen zwei wegweisende Lösungen im Fokus:

- 1. Cobots mit KI-gestützter Mensch-Maschine-Interaktion zur visionären Zusammenarbeit von Mensch und Maschine in der manuellen Montage**  
Cobots bieten eine persönliche Assistenz durch KI-gesteuerte Interaktion. Mit intelligenten KI-Methoden reagieren die Cobots auf Tätigkeiten der Mitarbeitenden in der Montage, die Interaktion erfolgt intuitiv durch Gesten und Sprache. Die Roboterarme agieren proaktiv und unterstützen in verschiedenen Montagephasen, um eine optimale Symbiose zwischen Mensch und Maschine zu erreichen.
- 2. KI-basierte Anomalieerkennung in der Produktion**  
Unser »Halodome« ergänzt diese Symbiose durch ein KI-System zur automatischen Anomalieerkennung an Bauteilen. Hier unterstützt die KI den Menschen dabei, Abweichungen zwischen fehlerfreien und defekten Bauteilen zu erkennen. Die intuitive Mensch-Maschine-Interaktion ermöglicht Mitarbeitenden die Überprüfung der Ergebnisse auf einem Touch-basierten Monitor oder direkt auf dem Bauteil. Durch interaktive Überprüfung und Anmerkungen können Experten das System nachtrainieren und dessen Erkennungsfähigkeiten verbessern. Eine kostenaufwendige Einlernphase entfällt, da das System bereits mit wenigen Trainingsbeispielen einsatzbereit ist.



## KI-/ML-basierte Datenanalyse



Methoden der künstlichen Intelligenz (KI), z. B. maschinelle Lernverfahren (ML), revolutionieren bereits jetzt die Analyse von Produktionsdaten: Fortschrittliche

Algorithmen ermöglichen die Interpretation von großen und komplexen Datenmengen, so dass daraus Erkenntnisse gewonnen und Mehrwerte generiert werden können. Beispiele sind eine verbesserte Qualität und minimierter Ausschuss durch Qualitätsprognosen sowie optimierte Maschinenparametrierung, minimierte Ausfallzeiten durch Echtzeitüberwachung und Wartungsprognosen oder eine gesteigerte Gesamtleistung durch automatisierte Entscheidungsprozesse.

Durch den Einsatz von KI in der Produktion können Unternehmen somit ihren Ressourceneinsatz optimieren, Abfall oder Ausschuss reduzieren und ökologische Nachhaltigkeit fördern. Das Fraunhofer IOSB entwickelt innovative Algorithmen speziell für die besonderen Herausforderungen der Produktion, fördert ökonomische und ökologische Ziele und schafft nachhaltige Wettbewerbsvorteile.

## Kreislaufwirtschaft



Eine große Herausforderung unserer Zeit ist die notwendige Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Ressourcenverbrauch, u. a. Energie und Material, die nur durch eine immer effizientere Nutzung der natürlichen Ressourcen in den Unternehmen erreicht werden kann.

Das Modell der Kreislaufwirtschaft ist dafür unumgänglich. Es umfasst die Zugänglichkeit und das Management von Produktinformationen über deren kompletten Lebenszyklus, die u. a. das Wiederaufbereiten, das Zerlegen und Weiterverwerten oder das Recycling von Produkten und/oder deren Komponenten ermöglichen. Beispielsweise sind die stoffliche Zusammensetzung einer Autobatterie für deren Zerlegung und ihre Betriebsdaten zur Einschätzung ihrer Wiederverwendbarkeit essenziell. Das Fraunhofer IOSB unterstützt das dafür essenzielle Informationsmanagement durch Lösungen für digitale Produktpässe sowie deren digitale Infrastruktur auf der Basis Industrie 4.0 Asset Administration Shell (AAS) und deren Implementierung mittels der Open Source Software FA³ST. So können Unternehmen standardisiert und interoperabel dem jeweiligen Zweck angepasste Informationssichten über Produkte nutzen, pflegen und teilen.



**Künstliche Intelligenz wird Teil jedes produktionsnahen IT-Systems. Bewerten und entscheiden werden aber immer noch Menschen.«**

## Industrielle Kommunikation



Das Industrial Internet of Things (IIoT) ist die IKT-Architektur jedes datengetriebenen und KI-integrierten Produktionsökosystems. Zur reibungslosen Integration des Internets und der IT mit dem Shop Floor und dessen Maschinen und Anlagen (IT-/OT-Integration) sind neue Vernetzungstechnologien erforderlich, die zugleich hohe Dynamik, Sicherheit, Robustheit, Echtzeitfähigkeit und Bandbreite ermöglichen.

Das Fraunhofer IOSB-INA mit seinen Kommunikationslaboren »5G Anwendungszentrum« ([www.5g-anwendungszentrum.de](http://www.5g-anwendungszentrum.de)) und »TSN Test Labor« ([www.tsn-testlabor.de](http://www.tsn-testlabor.de)) geht diese Herausforderungen in F&E-Projekten gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung systematisch und zielgerichtet an. Wir unterstützen Partner und Kunden bei Aufgaben rund um 5G, 6G, Wireless Local Area Networks (WLAN), OPC UA, Profinet, APL, Security oder Time Sensitive Networking (TSN). Interoperabilitätstests mit Geräten von Drittanbietern, Leistungsbewertungen von Implementierungen oder Implementierungen neuer Protokollstandards können in den Testlaboren und der SmartFactoryOWL durchgeführt werden. Für entsprechende Plugfests und Hackathons bieten unsere Testumgebungen optimale Bedingungen.

## Smart Safety



Für eine anpassungsfähige modulare Produktion sind ebenso anpassungsfähige Sicherheitskonzepte und technische Lösungen erforderlich. Im it's OWL-Innovationsprojekt AutoS<sup>2</sup> wurden entsprechende Handlungsfelder identifiziert und eine digitale Lösung zur Gefahrenanalyse entwickelt. Ein anderer Lösungsbaustein für Sicherheitskonzepte, die in dynamischen Umgebungen eingesetzt werden können, sind komplexe bildgebende Sicherheitssensoren, die in einem dynamisch konfigurierbaren Raum Personen von anderen Objekten sicher und zuverlässig unterscheiden und Bewegungstrajektorien vorausberechnen.

Unsere Experten am Standort Lemgo behalten die Entwicklungen in der Normung und Regulierung für Sie im Blick und setzen sich für Veränderungen ein, die es braucht, um neue Technologien nutzbar zu machen. Dies umfasst Safety-Produkte sowie organisatorische und regulatorische Aspekte. Für intelligente funktionale Sicherheit in der intelligenten Automation von FTSen, CoBots, Digitaler Zwillinge, Kommunikation bis Zertifizierung sind wir Ihr Ansprechpartner. Gemeinsam mit Ihnen bringen wir neue Technologien sicher in die Anwendung.







# Unternehmens-IT

Die produktionsnahe IT ist untrennbar mit der gesamten IT-Architektur verbunden. Das Fraunhofer IOSB erarbeitet und löst genau diese Durchgängigkeit.



## IoT-Plattformen und -Technologien



Das Industrial Internet of Things (IIoT) vernetzt Sensoren, Maschinen und IT-Systeme über das Internet. Es kombiniert die beiden Welten

- Cyberphysischer Systeme in Produktion und Logistik, z. B. Sensoren, Eingebettete Systeme in Maschinen und deren Komponenten, die über industrielle Kommunikationskanäle, z. B. Feldbusse, Mobilfunk oder OPC UA, Daten für den Betrieb empfangen oder aus dem Betrieb liefern,
- IT-Systeme und -Plattformen, z. B. zum Management der Verbindungen bzw. zum Sammeln und Auswerten der Daten aus den o. g. Geräten, mit dem Ziel der Ressourcenplanung, kurzfristigen Entscheidungsunterstützung, Weiterleitung verdichteter Daten in die Cloud etc.

Gegenüber dem Internet der Dinge aus der Welt der Konsumgüter haben Fertigung, Montage und Materialfluss weitergehende Anforderungen an IIoT-Systeme, wie hohe Bandbreite, niedrige Latenzzeiten, Nutzung offener Standards, IT-Sicherheit und hohe Verfügbarkeit von Services. Außerdem nutzt das IIoT weitere Datenquellen, z. B. Sensoren, die Umgebungsparameter erfassen, Wetterdaten liefern oder Verkehrsinformationen verarbeiten. Damit lassen sich weitere Aussagen über den Kontext von Geräten, Maschinen und Fertigungsprozessen ableiten, die klassische produktionsnahe IT-Systeme so nicht hergeben. Das Fraunhofer IOSB unterstützt Kunden aus der produzierenden Industrie, der Energiewirtschaft und dem Maschinenbau dabei, passgenaue und zukunftsfähige IT-Architekturen zu konzipieren und aufzubauen, die für das IIoT vorbereitet und ausgelegt sind.

## Cybersicherheit



Industrielle Steuerungs- und Automatisierungslösungen finden sich in vielen Anwendungsfeldern und Branchen wieder: Typische Beispiele sind die industrielle

Produktion von Stückgütern, die Prozessindustrie, kritische Infrastrukturen wie Energie- und Wasserwirtschaft, aber auch Anwendungen in der Gebäudeautomatisierung und in medizinischen Geräten. Schwachstellen und Angriffe speziell auf Steuerungs- und Automatisierungsanlagen lassen sich nicht erst seit Stuxnet quasi wöchentlich beobachten. Der Schutz von industriellen Steuerungssystemen gewinnt daher seit Jahren an Bedeutung.

Für industrielle Automatisierungs- und Steuerungsanlagen gelten im Vergleich zu klassischen IT-Systemen andere Randbedingungen und Anforderungen: Vor allem haben das Schutzziel Verfügbarkeit und die Aufrechterhaltung der funktionalen Sicherheit (engl. safety) einen deutlich höheren Stellenwert. Aus diesem Grund müssen die herkömmlichen Ansätze der Cybersicherheit speziell auf industrielle Steuerungssysteme angepasst werden.

Das Fraunhofer IOSB bietet hierfür vielfältige Lösungsansätze zu den relevanten Themen der Cybersicherheit für industrielle Steuerungssysteme: von Schulungen im Lernlabor Cybersicherheit über Beratung, Assessments und Unterstützung bei der Umsetzung von Regulierungen und Standards bis hin zu Technologieentwicklungen, z. B. der sicheren Umsetzung von OPC UA.

## Hybrid Industrial Metaverse



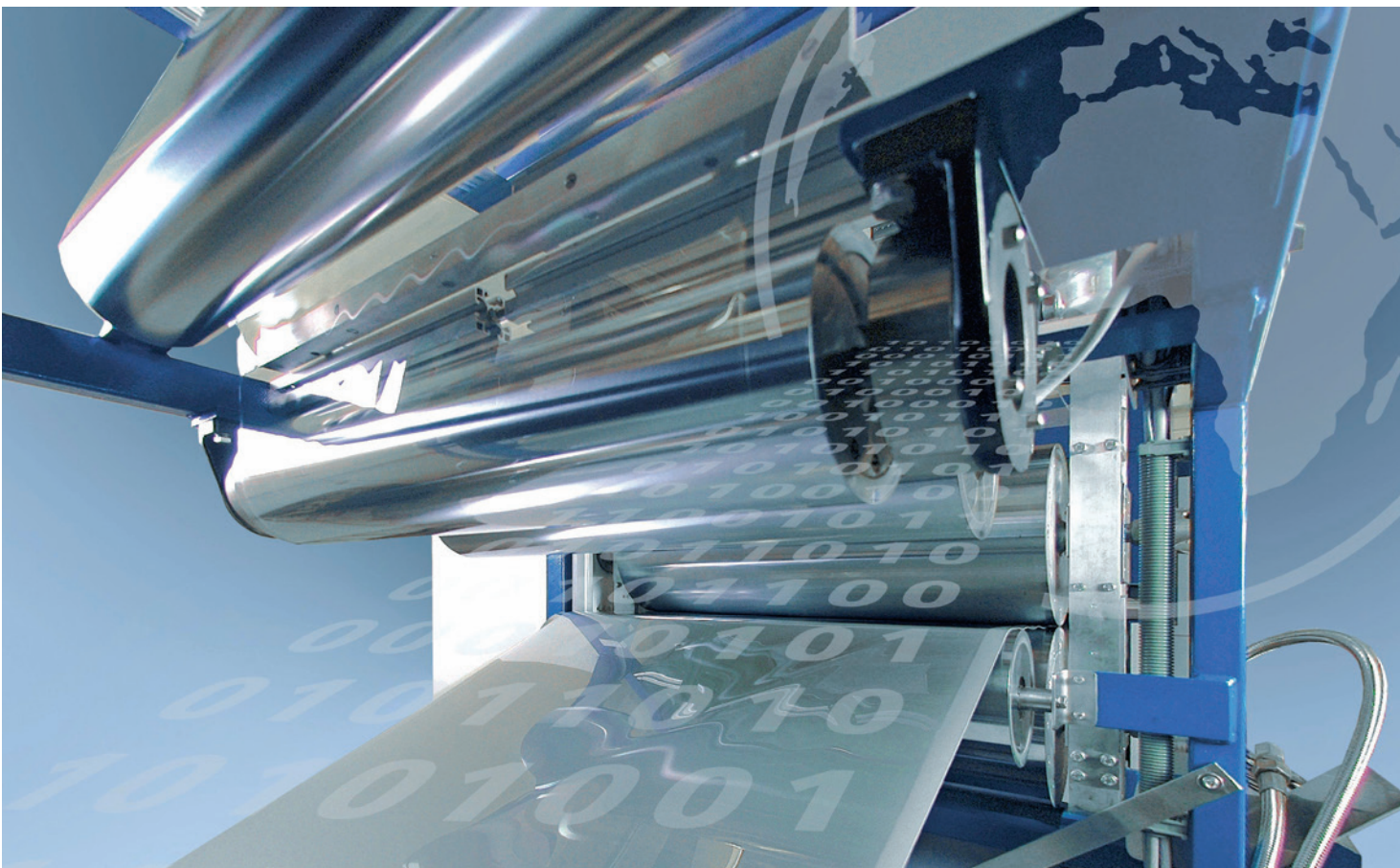
Neue Werkstoffe sowie individualisierte und schnelllebigere Produkte bedingen kurze Innovationszyklen. Dies erfordert effiziente Forschung und Entwicklung intelligenter Automatisierungskonzepte. Das Industrial Metaverse bietet dafür innovative Möglichkeiten auf Basis Digitaler Zwillinge, die den gesamten Produkt- und Anlagen-Lebenszyklus unterstützen. An unserem Standort in Lemgo entwickeln wir gemeinsam mit Partnern neuartige Konzepte für industrielle Automation und KI-basierte Robotik in aktuellen Metaverse-Infrastrukturen. Durch präzise Simulationen und die Integration von Echtzeitdaten aus der physischen Welt ermöglicht das Metaverse beispielsweise die Konzeption und Optimierung von KI-basierten Robotiksystemen. Entwickler und KI-Experten arbeiten gemeinsam in virtuellen Umgebungen und passen existierende Systeme an oder trainieren sie. Dies erlaubt schnelle Iterationen und Verbesserungen von Produktions- und Automatisierungssystemen, bevor sie in der physischen Welt umgesetzt werden. Das Fraunhofer IOSB-INA treibt das Industrial Metaverse voran und ebnet Unternehmen damit den Weg in eine effiziente, flexible und sichere Zukunft der intelligenten Automation.

## Lokalisierung



Um die Vision einer herstellerübergreifenden Indoor-Lokalisierung umzusetzen, wurde der neue Lokalisierungsstandard omlox von der PROFIBUS Nutzerorganisation ins Leben gerufen. Da die Marktdurchdringung aufgrund der Neuheit des Standards bisher nicht vollumfänglich sichergestellt ist und derzeit noch unklar ist, wie gut Tests und Zertifizierungen für diese Technologie funktionieren, ist das Fraunhofer IOSB-INA bestrebt, diese Entwicklung voranzubringen und mit seiner Expertise zur Indoor-Lokalisierung zu begleiten. Angesichts dessen betreibt das Fraunhofer IOSB-INA ein durch die PROFIBUS Nutzerorganisation autorisiertes omlox-Prüflabor mit dem Ziel, zum Erfolg des omlox-Standards beizutragen und die Zukunft der Indoor-Ortung und -Navigation zu gestalten.

Ziel ist, für die Allgemeinheit eine herstellerübergreifende Lokalisierung voranzubringen und neue Lösungen im Themenfeld Lokalisierungstests zu erarbeiten. Im weltweit ersten omlox-Prüflabor untersucht das Fraunhofer IOSB-INA in Lemgo reale Geräte von Unternehmen in deren Auftrag und entwickelt Labor und Tests ständig weiter.





# Datenbasierte Wertschöpfung

In dezentraler und somit loser Kopplung Daten teilen, gemeinschaftlich nutzen und die nächste Stufe der Digitalisierung zünden.

## Datenräume und Datenökosysteme



Deutschlands Standortfaktoren scheinen sich im internationalen Vergleich zu verschlechtern, zumindest wenn man aktuellen Presseberichten glaubt. Auch bei der Innovationsfähigkeit belegt Deutschland mittlerweile nur noch mittlere Plätze. Die Frage ist nur: Wie reagieren wir darauf? Verlagern deutsche Unternehmer ihre Produktion in Länder mit kurzfristig scheinbar besseren Rahmenbedingungen oder arbeiten sie aktiv daran, die Rahmenbedingungen am Standort Deutschland und damit auch ihre eigene Position zu verbessern? Datenrauminitiativen verfolgen das klare Ziel, Fitness-Programme zur Digitalisierung des deutschen produzierenden Mittelstandes zu schaffen und damit den Standort Deutschland insgesamt zu stärken.

Allein hochproduktive und zuverlässige Maschinen, Anlagen oder Komponenten zu liefern oder zu betreiben, wird zukünftig als Differenzierungsmerkmal und Basis des Geschäftserfolgs nicht mehr ausreichen. Es vollzieht sich ein Paradigmenwechsel vom Produktverkauf zum Nutzenverkauf, sog. Produkt-Service-Systemen (PSS), die für neue Wertschöpfung sorgen und zukunfts-sichere Arbeitsplätze für hochqualifizierte Mitarbeiter sichern bzw. schaffen. Zusätzlich zu den traditionellen hardwarenahen Kompetenzen müssen Fabrikbetreiber und deren Ausrüster schnell umfassende Kompetenzen lernen und beherrschen, um neue Methoden und Werkzeuge wie Gaia-X, Plattformen und Datenökosysteme,

Datensicherheit und -souveränität etc. nutzbringend um- und einsetzen zu können. Dies alles wird nicht im Alleingang erfolgreich sein: Der tatsächlich existierende Wissensrückstand kann nur in Kooperation mit gleichgesinnten Partnern aufgeholt werden. Der sichere Austausch von Daten fördert Kooperation und Innovation innerhalb des Ökosystems und ermöglicht es so, neue Geschäftsmodelle wirtschaftlich umzusetzen, die bislang nicht einträglich waren. Basis eines solchen Datenökosystems ist der sichere, für authentifizierte Teilnehmer offene und transparente Zugang zu Daten für alle Ökosystemteilnehmer.

Das IOSB arbeitet in verschiedenen Datenraumprojekten an konkreten Lösungen zum unternehmensübergreifenden Datenaustausch und an Applikationen, um diese Daten in Wertschöpfungsnetzwerken zu nutzen.



## Energiemanagement



Unternehmen stehen vor enormen Herausforderungen, um die Dekarbonisierungs- und Energieeffizienzziele zu erreichen.

Sie müssen ihre Strukturen und Arbeitsweisen anpassen, um nachhaltiger als bisher mit Energie umzugehen. Dies erfordert ein umfassendes Verständnis der Geschäftsprozesse und eine zielgerichtete Analyse des Energieverbrauchs. Daraus ergeben sich Mehrwerte wie Kostenersparnis, Ressourceneffizienz, Umweltschutz und Verbesserung des eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes und letztlich eine ökologischere Wertschöpfung.

Das Fraunhofer IOSB berät Unternehmen dabei, potentielle Transformationsszenarien zu ermitteln und zu bewerten und entwickelt dafür Werkzeuge und Lösungen. Damit wird der für das Unternehmen optimale Dekarbonisierungspfad aufgezeigt. Dieser führt zu geringeren Energiekosten und trägt so zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit bei.

Ohnehin müssen die Sektoren »Produktion« und »Energie« enger verzahnt werden: Energetische Flexibilität aus den Unternehmen und ihrer Produktion sollte dem Energiesektor zur Sicherstellung der Energieversorgung zur Verfügung gestellt werden. Ein solches sektorübergreifendes Energiemanagement erfordert eine geeignete IT-Infrastruktur und den Zugang zu Daten. Daten schaffen die Basis für fundierte Entscheidungen und eröffnen die Möglichkeit, das Energiemanagement messbar zu verbessern. Offene

und standardisierte Datenraumtechnologien, z. B. Gaia-X, bilden die Basis für Datensouveränität, effizienten und sicheren Datenaustausch, Transparenz sowie Zeit- und Kostenersparnis. Das Fraunhofer IOSB beteiligt sich am Aufbau solcher Ökosysteme für Industrie und Energiewirtschaft und arbeitet an der erforderlichen Interoperabilität. Dabei umfasst unser Angebot konkret:

1. Unsere Experten erfassen den Ist-Stand ihres Energiesystems und bewerten alle im Rahmen der existierenden Potentiale liegenden Optionen bzgl. der Erreichung ökologischer und ökonomischer Ziele und schätzen den Einfluss unsicherer Einflussgrößen ab, wie die Entwicklung von Preisen und Märkten. Wir identifizieren Investitions- und Einsparpotenziale und erläutern, wie Sie Ihren Energieverbrauch optimieren können.
2. Gemeinsam erarbeiten wir ein individuelles Konzept zur Dekarbonisierung. Wir entwickeln Strategien und Maßnahmen, um Ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren und Ihre Energiekosten nachhaltig zu senken.
3. Wir bieten Ihnen Lösungen, um die erarbeiteten Dekarbonisierungsziele im operativen Betrieb umzusetzen. Beispielsweise helfen wir Ihnen, automatisierte Energiemanagementsysteme einzuführen, die Ihren Energieverbrauch nachhaltig reduzieren und die Effizienz steigern.



**Wenn du schnell gehen willst,  
dann gehe alleine. Wenn du weit  
gehen willst, dann musst du  
mit anderen zusammen gehen.«**



# KI-Engineering

Eine neue Disziplin entsteht: Auch KI erfordert ein methodisches, ingenieurmäßiges Vorgehen.

## KI-Engineering



Die Vision von Industrie 4.0 löste eine große Dynamik hin zu vernetzten Maschinen und Anlagen (assets) aus, und zwar innerhalb einzelner Produktionsstandorte sowie zwischen mehreren produzierenden Unternehmen. Schwerpunkt ist dabei bislang die Interoperabilität zwischen einzelnen IT-Systemen. Durch die zunehmende Akzeptanz der Industrie 4.0-Standards kann der Aufwand zur Vernetzung der Assets tatsächlich deutlich reduziert werden. Der eigentliche wirtschaftliche Nutzen und das Wertversprechen der Industrie 4.0 zur Produktionsoptimierung, Produktverbesserung und neuen Geschäftsmodellen lässt sich aber nur erreichen, wenn die Daten der Assets optimal und automatisiert genutzt werden, u.a. mit Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI).

Datenbasierte KI-Anwendungen eignen sich zur Lösung und Optimierung von Fragestellungen, die mit klassischen Methoden, z. B. Simulation, Feinplanung, nur schwer lösbar sind. Doch wie lässt sich die Erwartungshaltung von Ingenieuren an eine prognostizierbare und quantifizierbare Leistungsfähigkeit klassischer Systemlösungen zusammenbringen mit der zwar erstaunlichen, aber nicht sehr verlässlichen datenbasierten Lösungsfindung von KI-Systemen?

Um diese Frage zu beantworten, bedarf es einer ingenieurmäßigen, systematischen Vorgehensweise zur Nutzung von KI-Verfahren als Teil eines System Engineering-Prozesses von der Entwicklung bis hin zum operativen Betrieb. Wir nennen diese ganzheitliche Methodik »KI-Engineering«.

Um KI-Engineering genauer zu erforschen und zu definieren, leitet das Fraunhofer IOSB das Kompetenzzentrum für KI-Engineering CC-KING, gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg. Das dort entstandene Process Model for AI Systems Engineering PAISE® ist das weltweit erste Vorgehensmodell für KI-Engineering. Es betrachtet die Entwicklung und den Betrieb von KI-Systemen und kombiniert eine lineare Vorgehensweise für das Gesamtsystem mit einer agilen Entwicklung und Integration der Subsysteme, die KI-Systeme sein können.

Das Fraunhofer IOSB nutzt KI-Engineering für Vorhaben in der KI-Allianz Baden-Württemberg eG und bietet dafür Software-Werkzeuge, z. B. PAISE® Toolkit, sowie Beratungs- und Entwicklungsleistungen an.



# Referenzen



## Anwendungsbeispiele und Projekte

### **Dieffenbacher**

Gemeinsam mit dem Maschinenbauunternehmen Dieffenbacher GmbH Maschinen- und Anlagenbau entwickelt das IOSB KI-basierte Softwarelösungen für die Produktion von Holzwerkstoffplatten. Der Gesamtprozess innerhalb einer Anlage ist durch viele einzelne Schritte gekennzeichnet: von der Zerspanung bis zur Presse. Seine Komplexität erfordert aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren, z. B. Art und Feuchtigkeit des Holzes, und deren Wechselwirkungen hohe Expertise, um ein gewünschtes Endprodukt herzustellen. Stichprobenmessungen im Labor verursachen Verzögerungen von Stunden bis Tagen, was zu Ausschuss führen kann. Die Dieffenbacher EVORIS Plattform integriert gemeinschaftlich mit Fraunhofer entwickelte KI-Lösungen, darunter z. B. eine Anomalieerkennung und Live-Qualitätsvorhersage, um diese Herausforderungen zu bewältigen.

### **omlox**

In der SmartFactoryOWL testet das Fraunhofer IOSB-INA Indoor-Lokalisierungslösungen. Hierfür wurde mit omlox eine neue, interoperable und offene Lokalisierungslösung erfolgreich installiert. omlox ist ein offener Echtzeit-Lokalisierungs-Standard, der die Interoperabilität verschiedener Lokalisierungs-Technologien & -Dienste ermöglicht.

### **Factory-X**

In Factory-X bauen die Projektpartner ein offenes Datenökosystem für weltweit agierende Ausrüster von Fabriken auf – angefangen von Fabrikbetreibern über Maschinenbauer und deren Komponentenlieferanten bis hin zu Anbietern von Automatisierungstechnik und industrieller Software. Dabei nutzt Factory-X Vorarbeiten relevanter Projekte, z. B. Gaia-X und Catena-X.

### **KI-Allianz Baden-Württemberg**

Das Fraunhofer IOSB ist seit 2024 als erste wissenschaftliche Einrichtung Mitglied der KI-Allianz Baden-Württemberg eG ([www.ki-allianzbw.de](http://www.ki-allianzbw.de)) und leitet dort zwei Teilvorhaben:

1. Das Teilvorhaben »Datenplattform« erarbeitet und realisiert auf Basis der Bedarfe der Regionen in Baden-Württemberg einen branchenübergreifenden Datenraum passend zu den Konzepten und Technologien der industriellen Datenrauminitiativen, u. a. Gaia-X, Catena-X, Manufacturing-X.
2. Das Teilvorhaben »KI-Challenge« organisiert KI-Engineering-Workshops mit den jeweiligen Stakeholdern der Regionen, abgestimmt mit deren Branchenausrichtung und Anforderungen, um den Einstieg in KI-Projekte zielgerichtet zu unterstützen.

### **CUNA-Produktion**

In einer Kooperation von zehn Partnern aus Industrie und Forschung werden in der SmartFactoryOWL Mehrwegbecher aus CO<sub>2</sub>-neutralem pflanzlichen Material von der CUNA Products GmbH hergestellt. Die Becher werden in einer vernetzten Kunststoffproduktion aus einem biobasierten Material gefertigt, das auf Öl verzichtet. Darüber hinaus sind sie wiederverwend- und recyclebar. Die Produktion wird in Form eines Reallabors zur Integration von Technologien der Künstlichen Intelligenz, der Nachhaltigkeit und der Energieoptimierung betrieben. Das Fraunhofer IOSB-INA erforscht und entwickelt im Realbetrieb smarte Lösungen und demonstriert diese offen zugänglich an der Kunststoffproduktion. Auch Prozessdaten werden öffentlich verfügbar gemacht. Die Produktion der Zukunft verbindet zunehmend Künstliche Intelligenz mit Nachhaltigkeit.



# Forschungsfabriken

## Einzigartige Entwicklungs- und Testumgebungen

### Karlsruher Forschungsfabrik für KI-integrierte Produktion



Auf rd. 4.500 m<sup>2</sup> arbeiten wir gemeinsam mit Industrie- und Forschungspartnern daran, Fertigungsprozesse zu instrumentieren, Daten auszuwerten und neue KI-bezogene Lösungen zu 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 mit Kunden und Partnern, 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.

### SmartFactoryOWL Reallabor für Industrie 4.0



Die SmartFactoryOWL in Ostwestfalen-Lippe bietet Unternehmen und Forschungseinrichtungen umfangreiche Möglichkeiten zur gemeinsamen Gestaltung der smarten Fabrik. Die gemeinsame Einrichtung des Fraunhofer IOSB-INA und der TH OWL dient als Testbed des Forschungsclusters zur industriellen Automation in Lemgo. Praktische Anwendungen und Demonstratoren für die gesamte Prozesskette der industriellen Automatisierung werden in der SmartFactoryOWL erforscht, entwickelt und erprobt – von der Datenerfassung über die maschinelle Intelligenz bis zur Mensch-Maschine-Interaktion. Mit einer realen Kunststofffertigung bietet die SmartFactoryOWL ideale Bedingungen zur Erzeugung von Laufzeitdaten aus den zugehörigen Prozessen und ihrer Nutzung von KI-Anwendungen. Zugleich entwickelt sich das Reallabor zu einer energetisch optimierten und zirkulären Fabrik im vom BMU geförderten Projekt »Smart-E-Factory« weiter.





## Kontakt



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

Fraunhofer IOSB  
Fraunhoferstraße 1  
76321 Karlsruhe



Nissrin Arbesun Perez, M.A.  
Tel.: +49 5261 9429093  
nissrin.perez@iosb-ina.fraunhofer.de  
www.iosb-ina.fraunhofer.de

Fraunhofer IOSB-INA  
Campusallee 1  
32657 Lemgo

**Gestaltung:**  
Atelier F. Bruns, Karlsruhe

**Fotos:**  
Adobe Stock (S. 1, 16)  
Dieffenbacher GmbH (S. 3, 4)  
Fraunhofer IOSB (S. 5, 6, 8, 16)  
Mercedes-Benz Group AG (S. 10)

**Druck:**  
Späth Media, Baden-Baden  
© Fraunhofer IOSB

