

BayernLB Research

Industrial Internet of Things: Nervensystem der digitalen Fertigung

Megatrend Digitalisierung

Kurz & klar

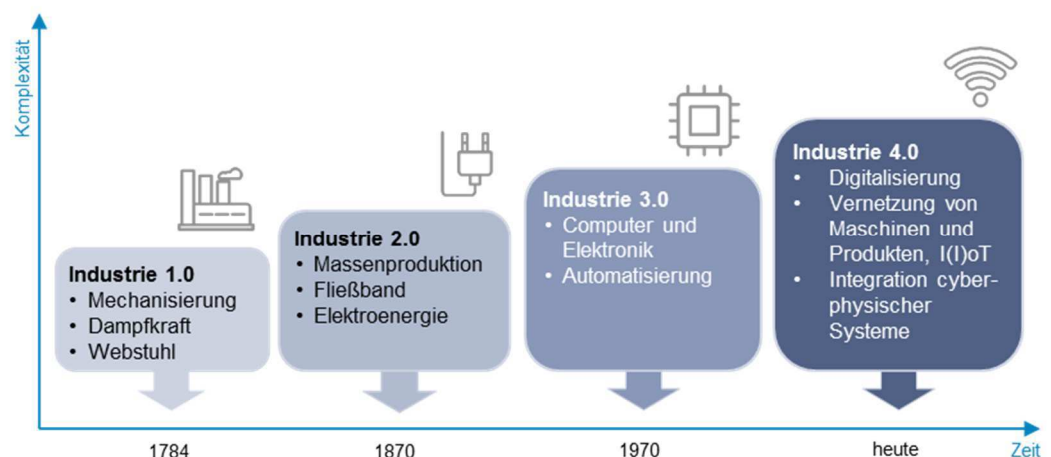
- Die digitale Transformation der Industrie schreitet unaufhaltsam voran. Eine Schlüsselrolle bei der umfassenden Vernetzung von Maschinen, Anlagen und Geräten kommt dabei dem industriellen Internet der Dinge (IIoT) zu.
- Das IIoT bietet der Industrie eine Fülle an Möglichkeiten, ihre Service- und Prozesseffizienz zu steigern und sich strategisch (neu) zu positionieren. Zudem ist es die Basis für neue serviceorientierte Geschäftsmodelle.
- Die Landschaft an IIoT-Plattformen ist noch sehr zerklüftet und das Rennen um die digitalen Dienste in der Industrie offen. Auch wenn Deutschland in der Plattformökonomie bisher eher eine untergeordnete Rolle spielt, stehen die Chancen nicht schlecht, im industriellen Umfeld führend zu bleiben.
- Da IIoT-Plattformen eine Schlüsselrolle bei der Vernetzung von Maschinen, Anlagen und Geräten einnehmen, ist es von entscheidender Bedeutung, wer in Zukunft die Oberhand über diese Technologie und die damit verbundenen Daten gewinnt.

IIoT-Plattformen als zentrales Element zur Vernetzung von Maschinen

- Corona verleiht Digitalisierung kräftigen Schub

Die intelligente und dauerhafte Vernetzung von Maschinen und maschinell betriebenen Abläufen in der Industrie schreitet mit großen Schritten voran, wobei die Corona-Krise der Digitalisierung nochmals einen deutlichen Schub verliehen hat. Einer Umfrage des Digitalverbands Bitkom aus dem Jahr 2021 zufolge hat die Pandemie bei fast zwei Dritteln der deutschen Unternehmen einen Innovationsschub ausgelöst bzw. das Bewusstsein und die Notwendigkeit für den digitalen Wandel geschärft. Eine Schlüsselrolle bei der umfassenden Vernetzung von Maschinen, Anlagen und Geräten spielt das „Industrial Internet of Things“ (IIoT, zu deutsch: industrielles Internet der Dinge) bzw. IIoT-Plattformen. Sie bilden den technologischen Unterbau für die Entwicklung und Bereitstellung intelligenter Anwendungen bzw. vernetzen physische und virtuelle Gegenstände miteinander und eröffnen der industriellen Produktion eine Vielzahl an Möglichkeiten, Arbeitsprozesse deutlich zu vereinfachen, zu beschleunigen oder ressourcenschonender zu gestalten. Richtig eingesetzt bergen sie insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen in Deutschland ein enormes Potenzial.

Von der Dampfmaschine bis zur Vernetzung der realen und virtuellen Welt



Quelle: BayernLB Research

- „Industrie 4.0“ geht auf eine Initiative der Bundesregierung zurück

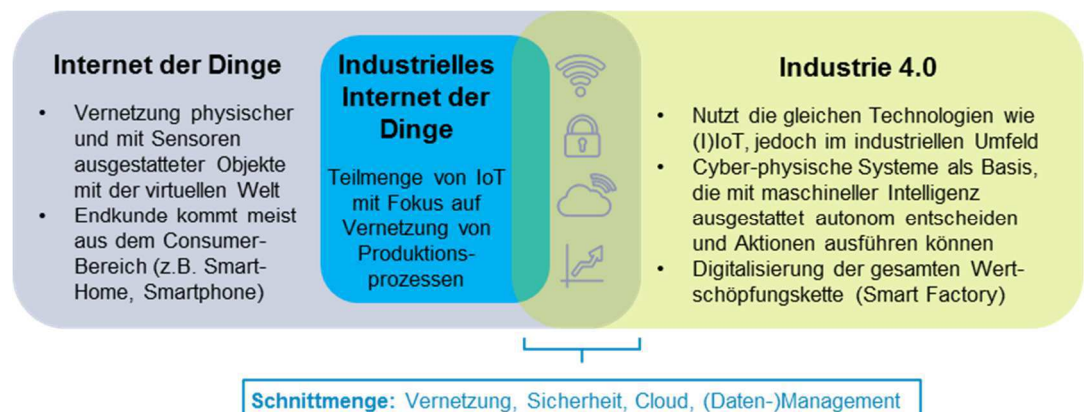
Der Begriff IIoT wird im Kontext digitaler, intelligenter und vernetzter Systeme oftmals synonym mit den Begriffen „Industrie 4.0“ oder „Internet der Dinge“ (Internet of Things, IoT) verwendet, obwohl dies irreführend ist. Der Begriff Industrie 4.0 geht auf eine Initiative der Bundesregierung im Jahr 2011 zurück und wurde mit der Hannover Messe 2013 einem

breiten Publikum bekannt. Auch wenn es für ihn keine allgemein anerkannte Definition gibt, steht er als Überbegriff für die digitale Vernetzung von Menschen, Maschinen und Produkten in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie für eine effizientere Produktion. Die Grundlage hierfür bilden sogenannte Cyber-physische Systeme (CPS), deren Funktionsprinzip auf Sensoren, vernetzter Software und Aktoren basiert. Dabei liefern die Sensoren Messdaten aus der physischen Welt (z.B. von Maschinen) und leiten diese über Netzwerke an eine Software weiter, die die Messdaten verarbeitet. Hieraus ergeben sich Steuerdaten, welche die Software über das Netz an Aktoren (z.B. Roboter) weitergibt. Industrie 4.0 löst herkömmliche Produktionsstrukturen ab, die auf zentralen Entscheidungen basieren, und ersetzt sie durch intelligente, sensorgestützte und miteinander vernetzte Produktionssysteme. Nach der ersten industriellen Revolution im 18. Jahrhundert, die den Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft markierte, der zweiten Ende des 19. Jahrhunderts, die durch das Aufkommen der Massenfertigung geprägt war, sowie der mit dem Einsatz von Computern ab den 1970er Jahren einsetzenden dritten industriellen Revolution ist im Zusammenhang mit dem Begriff Industrie 4.0 auch oft von der vierten industriellen Revolution die Rede (siehe Grafik erste Seite).

- ▶ IoT und IIoT unterscheiden sich im Hinblick auf Datenmenge und Komplexität

Der Unterschied zwischen dem IoT und IIoT liegt in der Definition der Geräte bzw. Objekte, die mit dem Menschen interagieren: Während ersteres vor allem Objekte aus dem Haushalt oder aus der Unterhaltungselektronik einbindet – etwa Smartphones oder Smart Home-Applikationen –, beschränken sich IIoT-Plattformen auf die Überwachung und Steuerung von Funktionen in der Produktion und Fertigung. Somit beschreibt das IIoT lediglich einen Teilbereich des IoT. Hinzu kommt, dass das IIoT grundsätzlich mit deutlich höheren Datenmengen arbeitet als die auf Endverbraucher ausgerichtete Teile des IoT, da viele Sensoren an den unterschiedlichsten Stellen der Maschinen und unter teilweise schwierigen Bedingungen Daten in Echtzeit erfassen und in vielfältiger Weise weiterverarbeiten. Aus den Ergebnissen können dann wertvolle Erkenntnisse über den Produktionsprozess gewonnen werden. Somit unterscheiden sich die Konzepte Industrie 4.0, IIoT und IoT im Wesentlichen in drei Punkten: Während sich das (I)IoT meist auf die nicht näher spezifizierte Vernetzung im Konsumentenbereich bzw. des industriellen Umfelds bezieht, geht das Konzept von Industrie 4.0 noch einen Schritt weiter und ist darauf ausgelegt, die gesamte Wertschöpfungskette eines Industriezweiges zu digitalisieren und sämtliche Produktionsprozesse zu optimieren. Dabei liegt der Fokus hauptsächlich auf dem verarbeitenden Gewerbe, etwa dem Maschinen- und Anlagenbau. Auch ist Industrie 4.0 sehr stark mit staatlichen (insbesondere deutschen) Institutionen (z.B. Plattform Industrie 4.0 der Ministerien für Wirtschaft bzw. Bildung und Forschung) verwoben, was bei (I)IoT nicht der Fall ist. Die gemeinsame Basis aller drei Konzepte bilden hingegen die Vernetzung, Sensoren und Aktoren, (Daten-)Management und Sicherheitskonzepte (siehe Grafik).

Zusammenhang zwischen IoT, IIoT und Industrie 4.0



Quelle: BayernLB Research

Anwendungsbereiche und Zielsetzungen des IIoT sehr mannigfaltig

- ▶ IIoT ist in fast allen industriellen Bereichen zu finden

Das IIoT kommt inzwischen in fast allen industriellen Bereichen zur Anwendung, etwa in der Agrar-, Automobil-, Elektro-, Öl- und Gasindustrie, bei Logistikunternehmen oder bei Energieversorgern. Die dabei angewandten Technologien reichen von der mobilen und kabelgebundenen Vernetzung über Big Data, Cyber-physische Systeme (CPS), Künstliche Intelligenz (KI), Cloud und Edge Computing bis hin zum Maschinellen Lernen (ML). Ziel ist es, durch die Vernetzung und Automatisierung eine höhere Produktivität und Effizienz, schnellere Prozesse sowie erhebliche Kosteneinsparungen zu erzielen. Damit verbunden ist auch eine höhere Sicherheit für Mensch, Maschine und Produktqualität.

- ▶ Breites Spektrum an Anwendungen...

Der praktische Nutzen bzw. die Anwendungsfälle des IIoT sind vielfältig und in den vergangenen Jahren mit zunehmender Anzahl an Branchen, in denen IIoT-Systeme zum Einsatz kommt, gestiegen. Hierzu zählen:

- **Robotik und Automation:** Mithilfe von IIoT-Systemen können Roboter auf neue und innovative Weise überwacht und gesteuert werden. Dadurch wird ihre Produktivität bzw. Lebensdauer erhöht und ihre Wartung optimiert. IIoT ermöglicht zudem die weitere Automatisierung von Prozessen, die andernfalls menschliches Eingreifen oder ineffiziente manuelle Arbeit erfordern würden (z.B. intelligente Bewässerung in der Landwirtschaft mithilfe von vernetzten Bodenfeuchtsensoren).
- **Digitaler Zwilling („Digital Twin“):** Digitalisiertes Abbild realer (Industrie-)Anlagen, Prozesse oder Systeme, das mithilfe von Sensoren Daten in Echtzeit mit dem realen Objekt austauscht. Mit dem Digitalen Zwilling lassen sich für verschiedenen Designalternativen Simulationen und Tests virtuell durchführen, was die Leistungsfähigkeit, Effizienz und Qualität der Produktion erheblich steigert.
- **Fernüberwachung („Remote Monitoring“):** Für Industrieanlagen, bei denen es ineffizient, teuer und oft schwierig oder riskant ist, die Vorgänge an den Anlagen vor Ort zu überwachen (z.B. Tanks an Ölförderquellen). Flankierend können AR (Augmented Reality)- und VR (Virtual Reality)-Produkte zum Einsatz kommen, die die Sicht auf die (reale) Welt um digitale Informationen – z.B. mithilfe von Datenbrillen – ergänzen.
- **Zustandsüberwachung („Condition Monitoring“):** Permanente Erfassung des Maschinenzustands durch Messung und Analyse einzelner Maschinenparameter, etwa Schwingungen oder Temperatur. Einsatz vor allem in der Prozesstechnik, an rotierenden Anlagen, Notsystemen und Maschinen wie Kompressoren, Pumpen, Elektromotoren, Verbrennungsmotoren und Pressen.
- **Vorausschauende Wartung („Predictive Maintenance“):** Bedarfsgerechte Wartung von Maschinen auf Basis der Auswertung von Echtzeit-Prozess- und Maschinendaten. Stillstandszeiten der Maschinen werden verringert bei gleichzeitiger Steigerung von Leistungsfähigkeit und Lebensdauer. Das Ergebnis sind verbesserte Wartungspraktiken, geringere Kosten und eine höhere Kundenzufriedenheit. „Condition Monitoring“ ist eine Vorstufe für „Predictive Maintenance“.
- **Sicherheitsmonitoring („Geo Fencing“):** Mithilfe von Sensoren werden virtuelle Grenzen oder Zäune errichtet, die Benachrichtigungen ausgeben, wenn sich Arbeiter in Bereichen aufhalten, die nicht für sie vorgesehen sind. Dies kann helfen, die Sicherheit von Waren zu gewährleisten, den Standort von Mitarbeitern in unsicheren Umgebungen zu verfolgen oder Arbeitsunfälle zu vermeiden bzw. zu minimieren.
- **„Asset-Tracking“:** IIoT-Systeme helfen Unternehmen bei der genauen Nachverfolgung („Tracking“) von Standort, Status, Position und anderen relevanten Informationen von Assets. Physische Gegenstände, zum Beispiel Maschinen und Werkzeuge, IT-Geräte und Fahrzeuge können als Assets definiert und „getrackt“ werden. Dabei kommen unter

anderem Strichcodes, QR-Codes oder RFID-Tags (Senden und Empfangen von Informationen über eine Antenne und einen Mikrochip) zum Einsatz.

► ...neuen Geschäftsmodellen...

Darüber hinaus gewinnen neue digitale Geschäftsmodelle auf Basis des industriellen Internets der Dinge an Bedeutung – mit positiven Auswirkungen auf Wettbewerbsfähigkeit, Wachstum und Zukunftsfähigkeit der Unternehmen. Zu nennen ist hier „**Equipment-as-a-service**“ (**EaaS**), das sich mit Leasing-Verträgen bei Autos vergleichen lässt: Equipment, etwa Maschinen („Machine-as-a-Service“), werden an Produzenten vermietet, vom Hersteller dabei kontinuierlich überwacht, gewartet und repariert, um es in einem besseren Betriebszustand zu halten und die Betriebszeit für den Kunden zu maximieren. Beim „**Pay-per-Use**“ stellt der Maschinenhersteller dem Produzenten ebenfalls Equipment zur Verfügung, allerdings wird hier nicht die Mietperiode der Maschinen abgerechnet, sondern die tatsächliche Nutzung des Equipments. So erfolgt die Abrechnung bei Maschinen beispielsweise pro gefertigtem Teil. Beide serviceorientierten Geschäftsmodelle bieten sowohl den Herstellern des Equipments (Maschinen) als auch den Abnehmern Vorteile. Auf Herstellerseite dürfte dabei die Glättung konjunktureller Schwankungen dominieren. Das Abomodell verschafft Maschinenherstellern zwar nicht mehr die großen Summen, die ein Einzelverkauf bringen würde, es erzeugt aber auch in konjunkturell schlechten Zeiten stabile Umsätze durch regelmäßige Zahlungen – im „Pay-per-Use“-Modell freilich nur, wenn im Vorhinein neben den Kosten für die Nutzung des Equipments auch ein Fixbetrag (z.B. Bereitstellungsgebühr) vereinbart wurde. Zudem können neue Kunden hinzugewonnen werden, die vor größeren, einmaligen Investitionen zurückschrecken. Die Abnehmer profitieren hingegen – neben den geringeren (Anfangs-)Investitionsausgaben – von der größeren Flexibilität (auch im Hinblick auf Updates und Upgrades von Maschinen) und durch die inkludierte Überwachung und Wartung von effizienteren Betriebsabläufen.

► ... und Praxisbeispielen

Praxisbeispiele, bei denen IIoT-Technologien zur Anwendung kommen, finden sich zuhauf und in vielen Bereichen der Industrie. Diese reichen von der Vernetzung großer Industrieanlagen oder einzelner Maschinen bis hin zu (kleinen) Werkzeugen. Aus dem Bereich des Werkzeugmaschinenbaus hat beispielsweise der Drehmomentspezialist Stahlwille gemeinsam mit dem Systemanbieter Brütsch/Rüegger Tools jüngst auf Basis einer IIoT-Plattform einen intelligenten Drehmomentschlüssel entwickelt. Wird ein Schraubprozess gestartet, empfängt das Werkzeug seine Daten von einer digitalen Montageanleitung („Werkerführer“) und das jeweils erforderliche Drehmoment wird automatisch eingestellt. In Echtzeit wird die erfolgte Verschraubung an das vorher einzubindende Werkerführungssystem zurückgemeldet und das Ergebnis auf dem Monitor am Arbeitsplatz visualisiert. Die Kommunikation des Drehmomentschlüssels mit dem Werkerführungssystem erfolgt über ein OpenSource-Interface von Stahlwille. Die Vorteile liegen auf der Hand: Der Anwender kann sich ganz auf den aktuellen Arbeitsschritt konzentrieren und Fehlverschraubungen lassen sich schnell erkennen bzw. korrigieren.

► (I)IoT als Basis für intelligente Stromsysteme

Ein weiteres Beispiel aus dem Bereich der Dienstleistungen ist die Möglichkeit der Paketnachverfolgung: Fast alle gängigen Paketdienstleister bieten heutzutage dem Empfänger die Möglichkeit an, Sendungen unter Zuhilfenahme von IIoT-Technologien im Transportprozess nachzuverfolgen. Dabei wird an den Packstationen über Strichcodes eine eindeutige Identifikation der Sendung vorgenommen und der aktuelle Status wird automatisch an die Zentrale übertragen. Der Paketempfänger kann diesen im Anschluss einer entsprechenden Webseite entnehmen. Das (I)IoT bildet zudem die Basis für intelligente Stromnetze („Smart Grid“), denen eine Schlüsselfunktion für die Energiewende und dem damit verbundenen Kampf gegen den Klimawandel zukommt. Die Energieunternehmen müssen sicherstellen, dass das Stromnetz auch bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien und schwankender, dezentraler Stromspeisungen stabil bleibt und zuverlässig arbeitet. Über das (I)IoT sind alle Komponenten vernetzt und alle Informationen bzw. Daten zu Stromer-

zeugung, -speicherung und -verbrauch werden nahezu in Echtzeit ausgetauscht und ausgewertet. Somit lassen sich alle Bereiche gezielt steuern und so aufeinander abstimmen, dass jederzeit genug Strom – auch aus erneuerbaren Energien – zur Verfügung steht.

Sicherheitslücken und Interoperabilität als größte Herausforderungen des IIoT

- ▶ OPC UA gewinnt zunehmend an Bedeutung als Standard für IIoT-Anwendungen

Neben all diesen positiven Aspekten lauern im industriellen Internet der Dinge auch viele Gefahren. Die größte besteht sicherlich darin, die Sicherheit der transportierten Daten und Datenströme auf allen Ebenen zu gewährleisten. Sicherheitslücken bieten Einfallstore für Cyberangriffe aus den verschiedensten Richtungen. Sind kritische Infrastrukturen davon betroffen, beispielsweise im Falle von „Smart Grid“, kann dies mit erheblichen Auswirkungen verbunden sein. Die Absicherung der Systeme und die Verwaltung vieler verschiedener Geräte und Komponenten kann mit hohem personellen und zeitlichen Aufwand verbunden sein, was eines der Hauptziele der Einführung von IIoT, nämlich die Kostenreduktion, konterkariert. Ein weiterer Punkt ist die Interoperabilität, sprich die Fähigkeit heterogener Systeme (z.B. Maschinen), nahtlos zusammenzuwirken. Von grundlegender Bedeutung ist hier die Standardisierung von Daten, damit Systeme diese korrekt verstehen und für die nachfolgenden Prozesse weiterverarbeiten können. So ist beispielsweise OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) ein Standard für IIoT-Anwendungen, der zunehmend an Bedeutung gewinnt – insbesondere im Maschinenbau. Die gemeinsame Initiative umati („universal machine technology interface“) der (Werkzeug-) Maschinenbauverbände VDW und VDMA stellt beispielsweise eine Schnittstelle für Werkzeugmaschinen und Anlagen bereit, die auf OPC UA basiert. Damit können Maschinen und Anlagen sicher, nahtlos und herstellerunabhängig in kunden- und anwenderspezifische IT-Ökosysteme integriert werden („Plug & Produce“). Zu den Herausforderungen des IIoT zählen auch die teils hohen Investitionskosten (Geräte, Software, Umschulung Personal), die mit der Einführung der neuen Systeme verbunden sind und die Unsicherheit, ob sich die Investitionen auszahlen werden sowie ein sensibles „Change Management“, d.h. den Mitarbeitern, die Angst zu nehmen, dass sie durch Maschinen ersetzt werden.

IIoT-Architektur lässt sich durch ein hierarchisches Schichtenmodell beschreiben

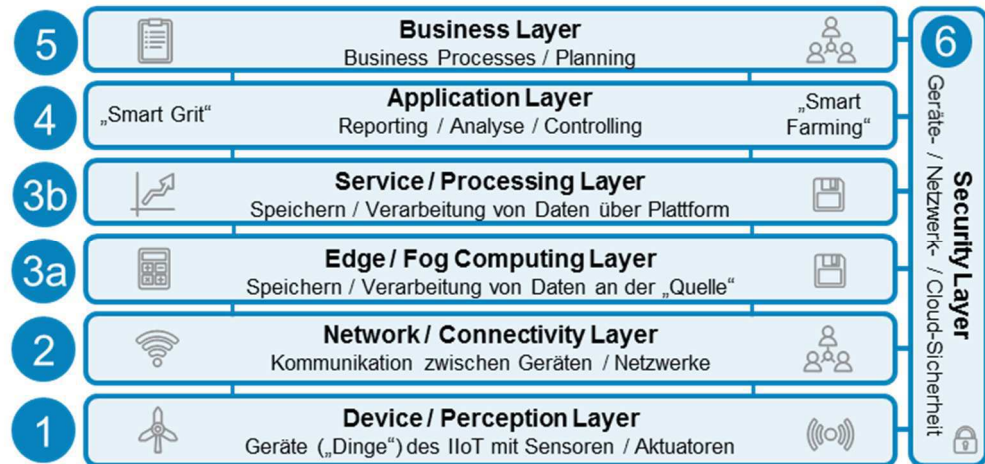
- ▶ Das Basismodell besteht aus vier Ebenen: Geräte, Netzwerk, Service und Anwendung

Die Architektur des industriellen Internet der Dinge lässt sich mit einem modularen, hierarchisch angeordneten Schichtenmodell beschreiben (siehe Grafik nächste Seite), das in der Basisversion im Wesentlichen vier Ebenen („Layer“) umfasst: die Geräteebene („Device oder Perception Layer“), die Netzwerkebene („Network oder Connectivity Layer“), die Serviceebene („Service oder Processing Layer“) und die Anwendungsebene („Application Layer“). Auf der ersten Ebene erfassen die Sensoren an den Geräten (z.B. Maschinen) physikalische Größen wie Temperatur oder Luftfeuchtigkeit, wandeln diese in elektrische Signale um und senden sie anschließend an Aktoren. Diese wiederum übersetzen die elektrischen Signale in physische Aktionen, etwa zur Motorsteuerung, zum Lasern oder zur Bewegung von Roboterarmen. Die zweite Ebene, die Netzwerkschicht, bildet die gesamte IIoT-Infrastruktur ab, d.h. sie ist für die gesamte Kommunikation zwischen den verschiedenen Geräten, Netzwerken und Cloud-Diensten zuständig. Die Vernetzung kann dabei auf unterschiedlichste Art und Weise erfolgen: Drahtlos oder kabelgebunden mit Netzwerktechnologien und Protokollen wie Ethernet, WiFi, NFC („Near Field Communication“), ZigBee, Mobilfunk, Bluetooth oder LoRa („Long Range“).

Auf der dritten Ebene, der Serviceschicht, werden die gelieferten Daten gesammelt, gespeichert und von Anwendungen auf IIoT-Plattformen verarbeitet. In einer ersten Phase werden die gesammelten Daten zunächst danach sortiert, ob sie sofort für Echtzeit-Anwendungen weiterverarbeitet oder ob sie erst später verwendet werden müssen („Data Accumulation Stage“). In der zweiten Phase werden die Daten so aufbereitet, dass sie im nächsten Schritt weiterverarbeitet werden können („Data Abstraction Stage“). Die dritte

Ebene dient auch dazu, die Interoperabilität unterschiedlicher Geräte von unterschiedlichen Herstellern (z.B. bei Maschinen) sicherzustellen. Auf der vierten Ebene werden die aufbereiteten Daten schließlich mithilfe geeigneter Software analysiert und für die Nutzer aufbereitet. Diese Ebene bildet die Schnittstelle zum Anwender und ermöglicht die Interaktion oder den Informationsaustausch. Beispiele hierfür sind Software zur Geräteüberwachung und -steuerung oder mobile Apps.

Architektur des IIoT auf Basis des Schichtenmodells



Anmerkung: Angelehnt an das IoT World Forum Reference Model
 Quelle: BayernLB Research

- Sicherheitsebene als Klammer über alle Schichten

Das Basismodell wird oftmals um drei weitere Ebenen ergänzt. Zu nennen ist hier zunächst die „Edge oder Fog Computing Layer“, die im Prinzip zwischen der Netzwerk- (zweite Ebene) und der Serviceschicht (dritte Ebene) angesiedelt ist. Auch hier werden die Daten gesammelt, gespeichert und verarbeitet, im Unterschied zur Serviceschicht aber nicht zentral oder in der Cloud, sondern so früh und so nah wie möglich an ihrer Quelle (z.B. einer Maschine), d.h. lokal am Rand („Edge“) des Netzwerks. Damit werden Ressourcen gespart und die Entstehung von Engpässen bei der Datenübermittlung (an die Cloud) verhindert (Zur zunehmenden Bedeutung von Edge Computing siehe auch die [Sektoranalyse: „Digitale Infrastruktur – von der Cloud bis zur Edge“](#)). Daneben wird oftmals die Business-Ebene („Business Layer“) genannt, die im Prinzip eine Erweiterung der Anwendungsebene ist. Hier werden die Daten so aufbereitet, dass sie für alle Stakeholder eines Unternehmens (also nicht nur den Geschäftsinhaber) Nutzen stiften und so neue Prozesse initiiert werden, die zu einer Steigerung der Produktivität führen. Schließlich bildet die Sicherheitsebene („Security Layer“) eine Art Klammer um die gesamte Architektur. Angefangen bei den Geräten (z.B. Maschinen) über die Netzwerk- bis hin zur Cloud-Sicherheit geht es hier darum, dass es keine Einfallstore für böswillige (Spionage-)Software, Hacker, etc. gibt.

Unterschiedliche Archetypen von IIoT-Plattformangeboten

- Dominanz der großen Tech-Unternehmen

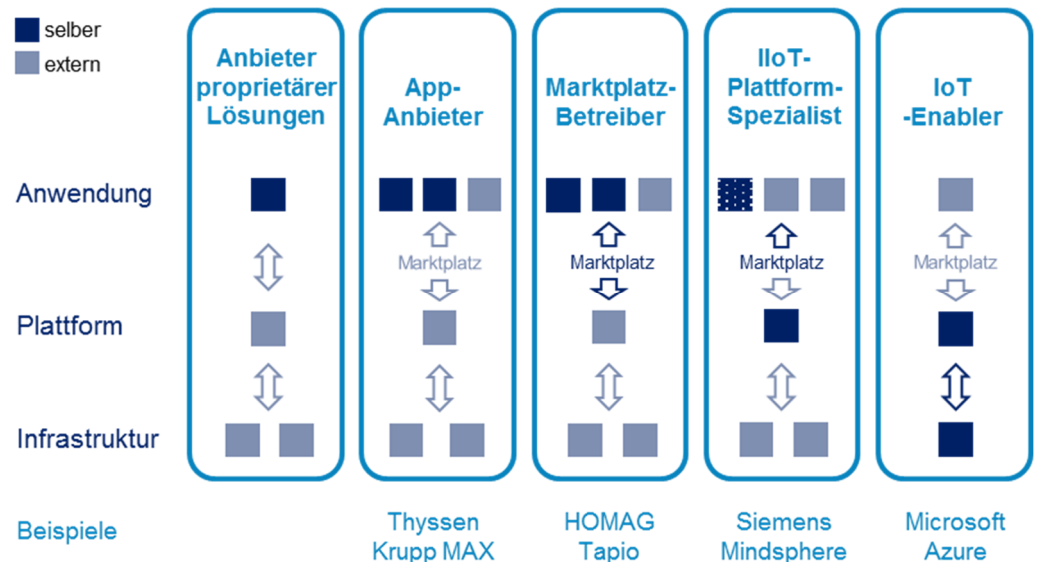
Das IIoT bietet der Industrie eine Fülle an Möglichkeiten, ihre Service- und Prozesseffizienz zu steigern und sich strategisch (neu) zu positionieren. Je nach Zielsetzung müssen die Unternehmen entscheiden, wie tief und an welcher Stelle sie die Technologie am besten einsetzen können. Das Schichtenmodell zeigt auf, dass die Einstiegsmöglichkeiten an den unterschiedlichsten Stellen möglich sind. Die Unternehmensberatung Oliver Wyman unterscheidet anhand der drei Ebenen Infrastruktur, Plattform und Anwendungen fünf Archetypen von IIoT-Plattformangeboten (siehe hierzu auch Grafik nächste Seite):

- **Anbieter proprietärer Lösungen:** Liefert eine exklusive, maßgeschneiderte Lösung für den Kunden oder die eigene interne Produktionsoptimierung.

- **App-Anbieter:** Bietet IIoT-basierte Anwendungen über bestehende IIoT-Plattformen und Marktplätze, um einen größeren Kundenstamm zu erreichen. Im Konsumentenbereich ist dies mit den App-Stores von Apple oder Google vergleichbar.
- **Marktplatz-Betreiber:** Einrichtung eines „Marktplatzes“ auf einer bestehenden IIoT-Plattform, auf dem eigene und Fremdanwendungen angeboten werden. Im Konsumentenbereich ist dies mit Amazon Marketplace vergleichbar.
- **IIoT-Plattform-Spezialist:** erstellt eine eigene IIoT-Plattform sowie einen eigenen Marktplatz, um eigene und andere Anwendungen im industriellen Kontext zu vermarkten (z.B. Siemens MindSphere oder Predix).
- **IoT-Enabler:** Einrichtung und Nutzung einer eigenen Infrastruktur in Kombination mit einem Plattformangebot (z.B. Microsoft Azure).

Angesichts der Dominanz von Microsoft, Amazon Web Services, Alibaba Cloud etc. auf der Infrastrukturebene macht es für das Gros der Unternehmen (z.B. Maschinenbauer) sicherlich keinen Sinn, sich das Know-how eines IIoT-Plattformspezialisten“ oder gar eines „IoT-Enablers“ anzueignen. Stattdessen dürften sie eher auf den bestehenden Angeboten der Infrastruktur aufbauen und so zu Marktplatz-Betreibern, App-Anbietern oder Anbietern proprietärer Lösungen werden. Die Motivation beispielsweise eines Maschinenbauers, dennoch eine eigene IIoT-Plattform anzubieten, liegt auf der Hand: Vermeidung der (einseitigen) Abhängigkeit von den großen Tech-Firmen bzw. die Degradierung zu reinen Herstellern von Produktions-Hardware – das beste (abschreckende) Beispiel aus dem Konsumentenbereich ist hier wohl Amazon mit seinem Marketplace. Die dauerhafte Etablierung einer eigenen IIoT-Plattform wird neben den großen Tech-Firmen höchstwahrscheinlich nur wenigen größeren Industrieunternehmen der jeweiligen Branche gelingen, da die Kunden offene und flexible Systeme fordern.

IIoT-Plattformspezialist und IoT-Enabler bleibt wohl nur den großen Anbietern vorbehalten



Quellen: Oliver Wyman, BayernLB Research

IIoT-Plattform-Landschaft noch sehr zerklüftet

- Uneinheitliche Schnittstellen und fehlende Standardisierungen

Die Anzahl von Anbietern von IIoT-Technologien oder -Plattformen ist in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen und reicht derzeit, je nach Quelle und Definition, von 500 bis über 1.200. Insgesamt ist die Plattform-Landschaft (noch) sehr divers, was unter anderem an uneinheitlichen Schnittstellen und Protokollen, fehlenden Standardisierungen oder Be-

denken im Hinblick auf die Datenhoheit und Geheimhaltung liegt. Das im Innovationswettbewerb um Künstliche Intelligenz (KI) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK, vormals Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) geförderte Projekt IIP-Ecosphere hat in einem kürzlich veröffentlichten Whitepaper ausgewählte IIoT-Plattformen ausgewertet und kam dabei zu den folgenden Erkenntnissen:

- Die Einsatzgebiete der Plattformen sind sehr breit gestreut und reichen von Smart Home/Building/City über die (industrielle) Produktion bis hin zur (Intra-)Logistik und Verkehrssystemen.
- Ähnliches gilt für die Anwendungsfelder: Hier wurden die Verwaltung von Geräten/Maschinen und deren Daten, (cloudbasierte) Anwendungsentwicklungen, Condition Monitoring oder Predictive Maintenance genannt.
- Die Plattformen werden überwiegend kommerziell betrieben und decken in der Regel ein großes Spektrum an Protokollen wie MQTT, MODBUS, OPC-UA oder AMQP ab.
- Fast alle Plattformen bieten eine Integration mit Cloud-Technologie an, die auch sehr häufig genutzt wird. Allerdings reicht diese oft nicht aus. Vorverarbeitungen direkt an der Quelle („Edge“) und komplexe Analysen, Mustererkennungen oder KI-Entscheidungen in Echtzeit werden immer wichtiger (85% der Plattformen setzen auf „Edge“-Geräte).
- Knapp 60% der Plattformen bezeichnen sich als „echtzeitfähig“, insbesondere im Hinblick auf Datensammlung und Datenanalyse; ebenfalls fast 60% der Plattformen kennen das Konzept des Digitalen Zwillinges („Digital Twin“).
- Viele der Plattformen zeigen sich in der einen oder anderen Weise offen für Erweiterungen oder sogar für das Zusammenspiel mit anderen Plattformen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich auf dem Markt für IIoT-Plattformen in den vergangenen Jahren einiges getan hat. Eine Vielzahl an Anbietern hat sich hervorgetan, deren Plattformen die Grundfunktionen (Unterstützung verschiedener Kommunikationsprotokolle im industriellen Umfeld, Cloud-Integration) zum größten Teil abdecken. Auch sind bereits neuere Trends, wie etwa KI-Anwendungen, enthalten. Hapern tut es hingegen noch an der Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Plattformen, was u.a. den hohen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen im Produktionsumfeld geschuldet sein dürfte. Die Angst der Unternehmen ist (verständlicherweise) groß, die Hoheit über ihre Betriebsgeheimnisse zu verlieren bzw. Opfer von Cyberangriffen zu werden. Eine Übersicht ausgewählter IIoT-Plattformen bietet folgende Tabelle:

Plattformname/ Plattformanbieter	Land	Plattformnutzer/Einsatzgebiete
ABB Ability platform ABB Ltd	CH	Industrieunternehmen; Einsatzgebiete: Condition Monitoring, Predictive Maintenance, Energiemanagement, Fernsupport, virtuelle Inbetriebnahme
Adamos Adamos GmbH	D	Maschinen-/Anlagenbau; Einsatzgebiete: Erfassung/Auswertung von Maschinendaten, Fernwartung, Qualitätskontrolle, Condition Monitoring, Fehler-Reaktion Instandhaltungsverwaltung, Soll-Ist-Vergleich
AWS IoT Amazon Web Services, Inc.	USA	Unternehmen; Einsatzgebiete; Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Entwicklung/Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT Geschäftsanwendungen; Fokus: Anwendung von KI-Techniken in IoT-Systemen.

Bosch IoT Suite Bosch.IO GmbH	D	Unternehmen; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen; Fokus: Retail, Fertigung, Automotive-Bereich, Agrarwirtschaft, Smart Home, Smart City
Mapp Technology B&R Industrial Automation GmbH	AU	Industrie 4.0-Nutzer; Einsatzgebiete: Hydraulik, Kräne, Plastikverarbeitung, Extrusion oder Thermoforming
Cisco Kinetic Cisco Systems	USA	Unternehmen; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Entwicklung/Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen; Fokus: Management von Netzwerkstrukturen und Datenströmen in IoT-Plattformen
Device Insight Device Insight GmbH	D	Anlagenbau, Entwickler; Einsatzgebiete: Predictive Maintenance, Condition Monitoring
Plantweb Emerson Automation Solutions	USA	Unternehmen; Einsatzgebiete: Produktion, Ausfallsicherheit, Sicherheits- und Energiemanagement
Netilion Endress + Hauser	CH	Maschinen-/Anlagenbau; Einsatzgebiete: Füllstandsüberwachung (Netilion Value), Wasserqualität von Oberflächenwasser/Aquakulturen
Predix General Electrics	USA	Industrieunternehmen; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Entwicklung/Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen; Fokus: Digital Twins, Edge-Computing
Google Cloud IoT Core Google	USA	Industrie 4.0-Nutzer; Einsatzgebiete: Predictive Maintenance, Asset-Tracking in Echtzeit, Logistik- und Lieferkettenmanagement, Smart Home, Smart City
MICA HARTING Technology Group	D	Maschinen-/Anlagenbau, Administration; Einsatzgebiete: Schienenverkehrssysteme, Intralogistik, Condition Monitoring, Energiemanagement, Retrofitting
Lumada Hitachi	J	Unternehmen; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen
Watson IoT Platform IBM	USA	Unternehmen, Endverbraucher; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen; Gerätemanagement
Litmus Industrial IoT Platform Litmus	USA	Industrieunternehmen; Einsatzgebiete: Predictive Maintenance, Asset Condition Monitoring, OEE, Smart Manufacturing, Edge Computing
Microsoft Azure IoT Suite Microsoft	USA	Unternehmen; Angebot von Lösungen für „generelle“ IoT- Plattformen; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen

Oracle Cloud IoT Oracle	USA	Unternehmen mit Schwerpunkt Industrie; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Fleet Management; Fokus: Effektivitätsoptimierung
ThingWorx Parametric Technology GmbH	USA	Industrieunternehmen; Einsatzgebiete: Entwicklung/Anpassung/Betrieb von Software für Edge- und Cloud-basierte IIoT Unternehmensanwendungen
Recogizer Analytics IoT Platform Recogizer Analytics	D	Industrie 4.0-Nutzer, Entwickler; Einsatzgebiete: Produktion, Intelligente Gebäude, KI für Druckluft/Kompression
Robotcloud Robotcloud GmbH	D	Industrieunternehmen; Einsatzgebiete: Software für Robotikanwendungen im Bereich Objekterkennung, Greifen und Ablegen, Qualitätskontrolle
Samsung SDS IoT Platform Samsung	KOR	Unternehmen, Entwickler; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Entwicklung/Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen
SAP Leonardo SAP	D	Unternehmen, Entwickler; Einsatzgebiete: Administrationsumgebung für das Verwalten/Überwachen von Sensordaten von technischen Objekten; Entwicklung/Anpassung/Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen
MindSphere Siemens	D	Unternehmen, Entwickler; Einsatzgebiete: Erstellung/Betrieb von kleinen bis zu sehr großen IoT-Plattformen; Zusammenführung von physischen webbasierten- und Unternehmenssystemen
Cumulocity IoT Platform Software AG	D	Anlagenbau; Einsatzgebiete: Telematik/Treibstoffverbrauch, Condition Monitoring, Echtzeitanalytik, Geräte- und Datenmanagement, Fernkonfiguration
SUSiEtec Kontron Technologies, S&T group	AUT	Industrie 4.0-Personal (Anwender); Einsatzgebiete: Maschinenüberwachung/-bedienung
Industrial Analytics Weidmüller Interface	D	Maschinen-/Anlagenbau; Einsatzgebiete: Condition Monitoring, Predictive Maintenance, Qualitätskontrolle

Quellen: IIP-Ecosphere, BayernLB Research

IIoT-Plattformen sind längst in der Industrie angekommen

- Nicht-technologische Aspekte rücken stärker in den Vordergrund

Dass das IIoT längst in der Industrie angekommen ist, bestätigen auch die Marktforscher von Gartner. Sie gehen davon aus, dass die Hälfte der Industrieunternehmen bis 2025 IIoT-Plattformen einsetzen werden, um den Betrieb bzw. die Funktionalität in ihren Fabriken zu verbessern (2020 waren es ca. 10%). Dabei wird sich der Fokus tendenziell von den technologischen auf die nicht-technologischen Aspekte bzw. auf die „Aufgaben“, die mit dem IIoT bewältigt werden können verschieben. Gleichwohl bleibt die Technologie von grundlegender Bedeutung, die Käufer der Plattformen werden aber vermehrt daran interessiert sein, ob diese reibungslos funktioniert und dass sich Skalenerträge realisieren lassen. IIoT-Plattformen werden zunehmend an dieser Anforderung gemessen werden, was die Technologieanbieter dazu veranlasst, sich (verstärkt) auf Lösungen zu konzentrieren, die sich gut in bestehende Anlagen integrieren lassen. Da die Geschäftsprozesse an kritische Zeitvorgaben gebunden sind – Daten müssen oftmals mit nur minimaler Zeitverzögerung verarbeitet werden (im Millisekundenbereich) –, betonen die Marktforscher die zunehmende Bedeutung von „Edge-“ bzw. hybriden „Edge-Cloud-basierten Lösungen“. Letztere kommen insbesondere für Unternehmen in Frage, die aus Sicherheitsgründen nicht zu viel

Unternehmensdaten und -wissen in die Cloud verlagern wollen. Die Frage nach dem Eigentum der Daten („data ownership“) wird ebenfalls immer bedeutender. Konkret geht es darum, ob das Unternehmen, das eine IIoT-Lösung einsetzt, die Rechte hat, auf entsprechende Daten zuzugreifen, sie zu analysieren und anderweitig in der gewünschten Weise zu verwenden. Gehören die produzierten Daten dem Industrieunternehmen, dem Plattformbetreiber oder gar dem Plattformbesitzer? Diese nicht-technologischen Aspekte werden derzeit in Verträgen eher vernachlässigt oder komplett ignoriert. Unter diese Kategorie fällt auch der gesamte Bereich Datensicherheit und Schutz vor Cyberangriffen.

- Software AG mit Cumolocity laut Gartner eine der führenden Plattform-Anbieter

Gartner analysiert jährlich ausgewählte IIoT-Plattformen und ordnet diese jeweils im Hinblick auf ihre Marktposition in einen von vier Quadranten („Magic Quadrant for Industrial IoT Platforms“) ein. Dabei werden vier verschiedenen Typen unterschieden:

1. **„Leaders“** sind die führenden Unternehmen, sie investieren in bzw. gestalten die Zukunft des IIoT. Gartner sieht in dieser Kategorie Microsoft, PTC und Hitachi. Auch die deutsche Software AG befindet sich mit ihrer Cumolocity Plattform seit vergangenem Herbst in dieser Kategorie.
2. **„Visionaries“** haben einen guten Überblick über die Anforderungen und Richtungen des Marktes und helfen ihren Kunden, Potenziale auszuschöpfen. Sie haben das Zeug dazu, zu führenden Unternehmen aufzusteigen. Einziger visionärer Vertreter war im vergangenen Jahr Siemens mit seiner Plattform MindSphere.
3. **„Challengers“** verfügen zwar über hervorragende technische Fähigkeiten für IIoT-Plattformen, sie müssen gemäß Gartner ihre Visionen aber noch ausbauen und erweitern. In dieser Position sieht Gartner momentan Amazon Web Services.
4. **„Niche Players“** konzentrieren sich erfolgreich auf eine Reihe von Produkten und Dienstleistungen bzw. auf eine begrenzte Anzahl von Branchenanwendungsfällen; sie können oft nur einen Teil der Verkaufs- und Marketingressourcen für neuere, eigenständige IIoT-Plattformmöglichkeiten einsetzen. In diesem Quadranten tummelt sich das Gros der von Gartner untersuchten Anbieter.

Insgesamt zeigt sich, dass im industriellen Plattform-Bereich (B2B) – anders als im Endkundenbereich (B2C) – noch viel in Bewegung ist. Über die letzten Jahre gab es bei den führenden Unternehmen des Gartner Magic Quadrant für IIoT-Plattformen wenig Konstanz, ein echter, langlebiger Marktführer konnte sich bislang noch nicht etablieren. Dennoch zeigt sich bereits jetzt, dass die großen US-amerikanischen Tech-Unternehmen, die aus dem B2C-Bereich nicht mehr wegzudenken sind, auch in den B2B-Bereich Fuß fassen. Und das mit Erfolg. Microsoft mit seiner Azure-Plattform ist hier ein gutes Beispiel. Deutsche Unternehmen sind aber nach wie vor gut im Rennen, das zeigen die Beispiele der Software AG oder Siemens mit seiner Plattform MindSphere.

Fazit: Das Rennen um die digitalen Dienste in der Industrie ist noch offen

- Deutschland bei Plattformökonomie bisher unbedeutend

Die digitale Transformation der Industrie schreitet unaufhaltsam voran – mit dem industriellen Internet der Dinge als alles vernetzendem Instrument. Deutschland als hochspezialisierter Industriestandort nimmt hier eine besondere Rolle ein. Da IIoT-Plattformen eine Schlüsselrolle bei der Vernetzung von Maschinen, Anlagen und Geräten einnehmen, ist es von entscheidender Bedeutung, wer in Zukunft die Oberhand über diese Technologien und Daten gewinnt. Im Endkundenbereich ist das Rennen um die Vorherrschaft längst entschieden, im industriellen Bereich ist hingegen noch alles offen. Gleichwohl spielt Deutschland in der weltweiten Plattformökonomie bislang keine große Rolle, was der sogenannte Plattform-Index – dieser fasst die 15 wichtigsten und erfolgreichsten Plattform-Aktien zusammen – eindrucksvoll demonstriert: Kein einziges deutsches Unternehmen findet sich

dort wieder. Das könnte sich ändern, wenn es der deutschen Industrie gelingt, eine der führenden Plattformen für das industrielle Internet der Dinge aufzubauen.

- ▶ Hyperscaler, Plattformanbieter oder Maschinen- und Anlagenbauer?

Die Chancen hierfür stehen nicht schlecht. Zwar dürfte die cloudbasierte Infrastruktur auf absehbare Zeit weiterhin von den Hyperscalern wie Amazon, Google, Microsoft oder IBM geliefert werden – daran dürfte auch das Cloud-Projekt Gaia X zu einer digitalen Souveränität in der EU so schnell nichts ändern –, diese wird in der Industrie aber ganz anders als im Endkundenbereich genutzt. In der Industrie müssen kleinteiligere und branchenspezifische Probleme gelöst werden, womit die Skalierbarkeit und Übertragbarkeit der Lösungsansätze aus dem Endkundenbereich zunächst nicht so einfach gegeben ist. Letztendlich geht es im Wettbewerb um die Vorherrschaft darum, wer die digitalen Anwendungen auf den Industrieanlagen und Maschinen betreibt und auf den damit basierenden Diensten (Datensammlung, -auswertung, -analyse, etc.) den Mehrwert bietet – die Hyperscaler, die Plattformanbieter oder am Ende doch die einzelnen Maschinen- und Anlagenbauer? Denn derjenige, der diese Mehrwertdienste anbietet, ist am Ende in der entscheidenden strategischen Position, Empfehlungen (z.B. über „Machine Learning“) für einen effizienteren Betrieb weiterzugeben. Sollte dies ein Hyperscaler oder Plattformanbieter sein, ist die Gefahr groß, dass der „kleine“ Maschinen- und Anlagenbauer bzw. ursprüngliche Hersteller der Anlage, die Kontrolle über diesen Mechanismus verliert oder gar von diesem ausgeschlossen und zum reinen „Teilelieferanten“ degradiert wird. Das Ziel der deutschen Industrieunternehmen – insbesondere der Maschinen- und Anlagenbauer – sollte es sein, dies zu verhindern, die Stellschrauben selbst in der Hand und darüber hinaus auch die Wertschöpfung im Land (Stichwort: Fachkräftemangel) zu behalten.

alexander.kalb@bayernlb.de

Ihre Ansprechpartner in der BayernLB

BayernLB Research

Dr. Jürgen Michels, Chefvolkswirt und Leiter Research, -21750

Anna Maria Frank, -21751; Sekretariat

Ingo Bothner, -21787; Medienfachwirt, Business Management

Christoph Gmeinwieser, -27053; CIIA, Business Management

Dr. Ulrich Horstmann, -21873; CEFA, CO2-Zertifikate, Business Management

Länderrisiko- und Branchenanalyse

Hubert Siplý, -21307

Manuel Schimm, -26845

Asien, GUS

Gebhard Stadler, CFA, -28891

Euro-Raum, DE, EZB, Nord-/Osteuropa

Roland Gnan, -26658

USA, Fed, Nord-/Mittelamerika

Verena Strobel, -21320

Südeuropa, Naher und Mittlerer Osten, Afrika

Dr. Alexander Kalb, -22858

Maschinen-/Anlagenbau, Westeuropa, Südamerika

Wolfgang Linder, -21321

Mobilität

Thomas Peiß, -28487

Energie

Asja Hossain, CFA, -27065

Bau und Grundstoffe

Miraji Othman, -25888

Technologie

Dr. Sebastian Schnejdard, -26386

Immobilien

Investment Research

Emanuel Teuber, -27070

Green Finance, Covered Bonds, Banken

Wolfgang Kiener, -27058

FX, Gold, Öl

Manfred Bucher, CFA, -21713

Zins- & Aktienstrategie, Asset Allokation

Dieter Münchow, -23384

Value Investing & Behavioral Finance

Georg Meßner, CFA, -26396

Banken

Pia Ahrens, -25727

Corporate Bonds & SSD, Strategie

Matthias Gmeinwieser, CIIA, -26323

Corporate Bonds & SSD

Christian Strätz, CEFA, CIIA, -27068

Corporate Bonds & SSD, Green Finance

E-mail: vorname.nachname@bayernlb.de

Telefon: 089 2171 + angegebene Durchwahl

Disclaimer

Diese Publikation ist lediglich eine unverbindliche Stellungnahme zu den Marktverhältnissen und den angesprochenen Anlageinstrumenten zum Zeitpunkt der Herausgabe der vorliegenden Information am 01.06.2022. Die vorliegende Publikation beruht unserer Auffassung nach auf als zuverlässig und genau geltenden allgemein zugänglichen Quellen, ohne dass wir jedoch eine Gewähr für die Vollständigkeit und Richtigkeit der herangezogenen Quellen übernehmen können. **Dieser Research-Bericht ist eine rein ökonomische Analyse, und kein Teil davon ist als Wertpapieranalyse oder Empfehlung zu verstehen.** Insbesondere sind die dieser Publikation zugrunde liegenden Informationen weder auf ihre Richtigkeit noch auf ihre Vollständigkeit (und Aktualität) überprüft worden. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit können wir daher nicht übernehmen. Die vorliegende Veröffentlichung dient ferner lediglich einer allgemeinen Information und ersetzt keinesfalls die persönliche anleger- und objektgerechte Beratung. Für weitere zeitnähere Informationen stehen Ihnen die jeweiligen Anlageberater zur Verfügung.

Aufgrund gesetzlicher Vorgaben (Wertpapierhandelsgesetz bzw. MiFID II) dürfen Wertpapierdienstleistungsunternehmen im Zusammenhang mit einer von ihnen erbrachten Finanzportfolioverwaltung oder unabhängigen Honorar-Anlageberatung grundsätzlich keine Zuwendungen von Dritten annehmen oder behalten. **Eine Weitergabe dieser Unterlage an Unternehmen oder Unternehmensteile, die Finanzportfolioverwaltung oder unabhängige Honorar-Anlageberatung erbringen, ist daher nur gestattet, wenn mit der BayernLB hierfür eine Vergütung vereinbart wurde.**

Die im Text genannten Finanzmarktinformationen stammen von Bloomberg und Refinitiv, soweit nicht anders vermerkt.

Impressum

Megatrend Digitalisierung
abgeschlossen am: 1. Juni 2022

BayernLB Research
Bayerische Landesbank
80277 München (Briefadresse)
E-Mail: research@bayernlb.de

Leitung:
Dr. Jürgen Michels, Telefon 089 2171-21750

Redaktion:
Dr. Alexander Kalb, Telefon 089 2171-22858

Layout & Grafik:
Ingo Bothner, Telefon 089 2171-21305



Dr. Alexander Kalb
Senior Economist
Telefon: 089 2171-22858
alexander.kalb@bayernlb.de

Redaktion:
Bayerische Landesbank
Unternehmensbereich 5700
80277 München
(=Briefadresse)
research@bayernlb.de

Geschäftsgebäude:
Bayerische Landesbank
Brienner Straße 18
80333 München
(=Paketadresse)
www.bayernlb.de