

Whitepaper

Industrial Internet of Things für Ex-Bereiche:
Potentiale zur Optimierung bestehender Anlagen





KOORDINATION: [MIRKO LAMPE](#)

REDAKTION: [HANS-PETER BAYERL](#)
LAYOUT/ GRAPHICS: [GREGA INKRET](#)

KONTAKT: [DR. JOACHIM KASTNER](#)

MIT INHALTLICHER UNTERSTÜTZUNG DURCH:



Ob Öl und Gas, Chemie, Pharma, Bergbau oder Lebensmittelindustrie – der Aufbau eines Industrial Internet of Things (IIoT) setzt in Verbindung mit Algorithmen und künstlicher Intelligenz ein enormes Optimierungspotential frei – auch und insbesondere für bestehende Anlagen. Neue Geschäftsmodelle verwandeln CAPEX in OPEX und senken das finanzielle Risiko. Dafür muss aber die Informationskette aus einzelnen IIoT-Bausteinen nicht nur stringent, sondern auch sicher, skalierbar und idealerweise im laufenden Betrieb nachrüstbar sein – von der Sensorik über die Kommunikationsinfrastruktur bis hin zur Cloud-Analyse und den User-Apps. Auch organisatorisch gibt es viele Erfolgsfaktoren zu beachten.

HIER EIN WEGWEISER.

Table of contents

Einleitung	6
1. Transformation: Wie das IIoT den Automatisierungsmarkt verändert	8
2. Nutzenpotentiale: Wie profitiert die Prozessindustrie davon?	12
3. Bisherige Herausforderungen und ihre Überwindung	14
4. Neue Architekturmodelle: Freiheit, Flexibilität und Sicherheit	15
5. Allgemeiner Lösungsansatz zur IIoT-Nachrüstung	18
5.1. Sensorik – Beacons, MEMS, Aktuatoren, ...	18
5.2. Kommunikation – Netzwerke und Protokolle	21
5.3. Edge Processing – Datenvorverarbeitung am „Rand“	26
5.4. Gateways – Datensammlung und -weiterleitung	27
5.5. Cloud – lokal oder global?	28
5.6. Analyse – Big Data, Algorithmen und KI	29
5.7. Applikationsebene – User Devices und Apps	36
6. Konkrete Umsetzungsbeispiele	37
6.1. Beacon / RHT-Sensor zur Vereinfachung von O&M	37
6.2. Track & Trace von mobilen Assets unter Ex-Bedingungen (SAVVY)	38
6.3. Ventilstandüberwachung	40
6.4. Korrosionsüberwachung von Pipelines	41
7. Barrieren und Erfolgsfaktoren für die IIoT-Nachrüstung in Ex-Bereichen	42
Checkliste	44
8. Zusammenfassung und Fazit	45

EINLEITUNG

Das Industrial Internet of Things (IIoT) ist das wohl mächtigste Werkzeug innerhalb der Industrie 4.0-Bewegung. Als Weiterentwicklung der bisherigen M2M-Kommunikation (Maschine-zu-Maschine) bilden die einzelnen Bausteine (IoT Building Blocks) ein industrielles Internet, das sich sehr flexibel anwenden, einfach skalieren und durch optionale Verschlüsselung sichern¹ lässt. BARTEC eröffnet das damit verbundene Nutzenpotential in den Ex-Bereichen der Prozessindustrie. Die Basis hierfür bilden jahrzehntelange Erfahrung und ein ganzheitlicher Lösungsansatz einschließlich Ex-zertifizierter Sensoren, Gateways und weiterer IoT Building Blocks, die sich auch zur Nachrüstung bestehender Anlagen eignen. Damit lassen sich wichtige Informationen gewinnen, die es bislang nicht gibt, oder die sich nur mit exorbitantem Aufwand erheben lassen, um Produktionsprozesse auch nachträglich wirtschaftlich transparent zu machen und daraus in Kombination mit maßgeschneiderten Algorithmen, Cloud Computing und künstlicher Intelligenz wettbewerbsrelevante Korrelationen aufzudecken². Das vertiefte bzw. verbreiterte Prozessverständnis lässt sich wiederum dazu nutzen, die Gesamtanlageneffektivität (Overall Equipment Effectiveness, OEE) zu erhöhen, die Sicherheit weiter zu steigern oder noch marktgerechter zu produzieren. Hierfür ermöglicht das IIoT aber auch völlig neue Geschäfts- und Dienstleistungsmodelle, mit denen Produzenten und Zulieferer ihr finanzielles Risiko sowie die Fixkosten reduzieren können.

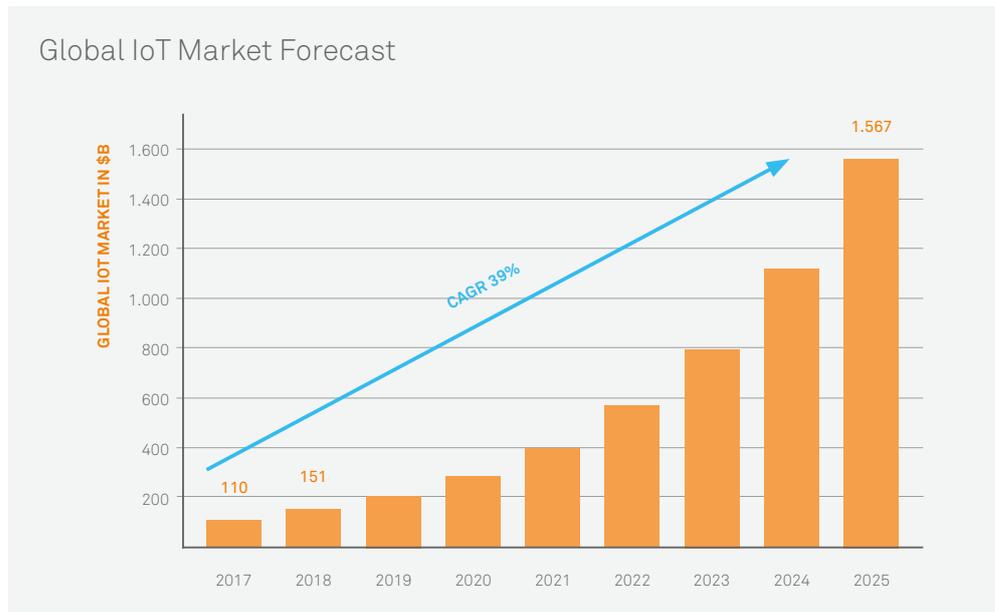
¹ Vgl. Kapitel 4

² Vgl. Kapitel 5.6

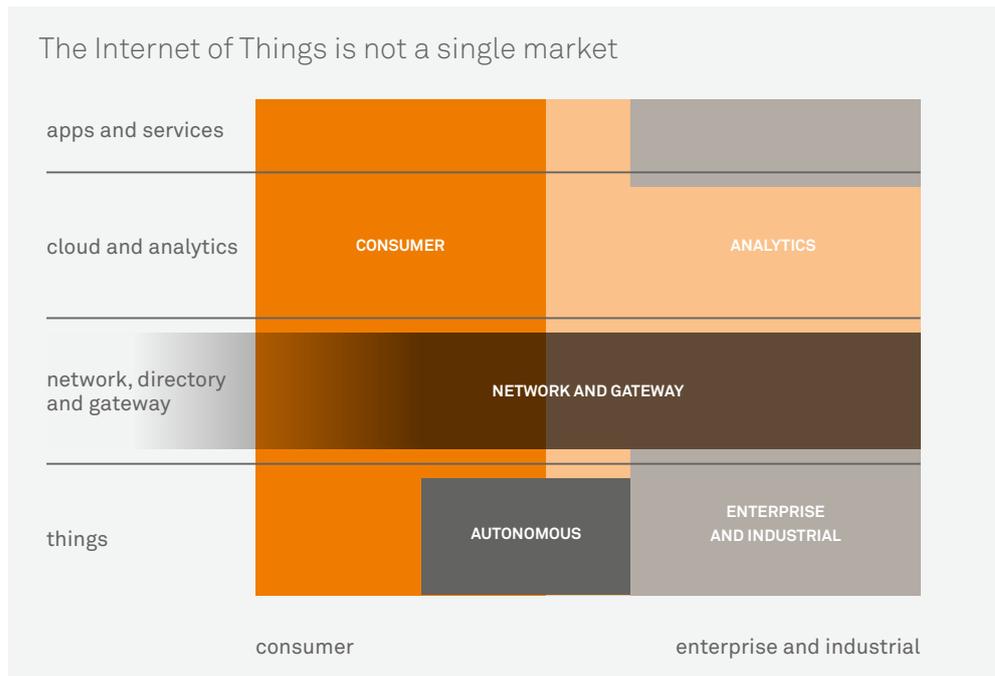


1 Transformation: Wie das IIoT den Automatisierungsmarkt verändert

Als „disruptive“ Technologie ist das IIoT auf bestem Wege, bisherige Geschäftsmodelle in Frage zu stellen und den Automatisierungsmarkt zu verändern. Bereits heute sind über sieben Milliarden IoT-Geräte aktiv. Bis zum Jahr 2025 wird dieser Wert auf 22 Milliarden ansteigen³, wobei die Anzahl der Geräte für das Industrial IoT im Verhältnis zum Consumer-Markt um ein Vielfaches höher liegt⁴. Marktanalyst Bain & Company rechnet für das Jahr mit einer Verdoppelung des Gesamtumsatzes mit Geräten (Things), Netzwerktechnik und Gateways, Cloud und Analytics sowie Apps und Services⁵ gegenüber 2017 auf 520 Milliarden US-Dollar⁶, die Experten von IoT Analytics gehen sogar von 37 Prozent Wachstum auf 1,6 Billionen US-Dollar aus⁷.



Umsatzentwicklung des Gesamtmarktes IoT.
(QUELLE: IOT ANALYTICS).

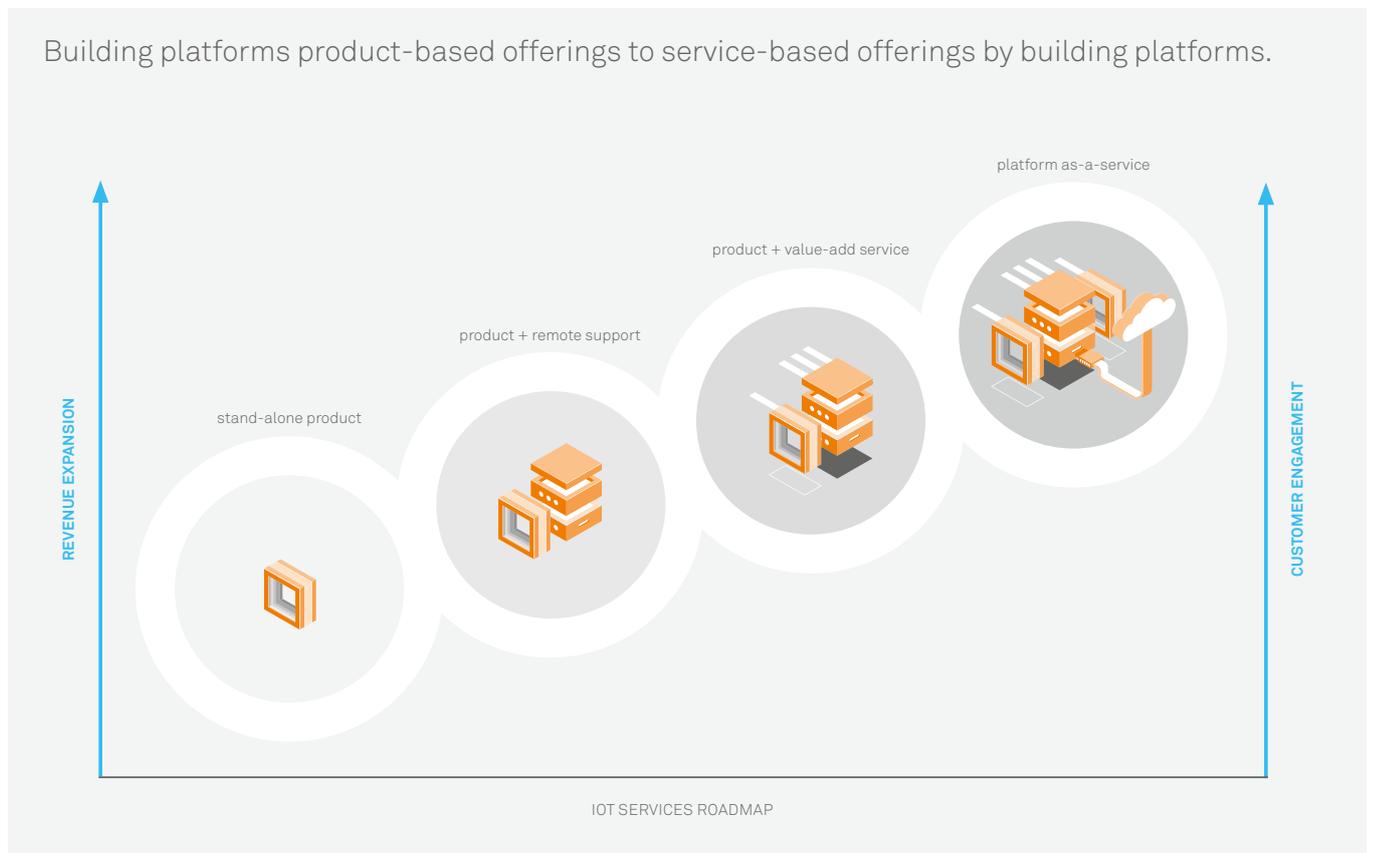


Kein einzelner Markt: Der IIoT-Markt besteht aus mehreren sich überlappenden Eco-Systemen.
(QUELLE: BAIN & COMPANY)

³ State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B – Market accelerating. IoT Analytics 2018
⁴ The Industrial Internet of Things, PwC 2016
⁵ <https://www.bain.com/insights/defining-the-battlegrounds-of-the-internet-of-things/>
⁶ <https://www.bain.com/insights/unlocking-opportunities-in-the-internet-of-things/>
⁷ <https://iot-analytics.com/state-of-the-iiot-update-q1-q2-2018-number-of-iiot-devices-now-7b/>

Neue Geschäfts- und Service-Modelle

Neben den etablierten Cloud- und Service-Anbietern partizipieren auch Hardware-Hersteller an den neuen Umsatzpotentialen. Indem sie ihre Produkte um Remote-Support und weitere softwarebasierte Mehrwertdienste ergänzen (Software „as a Service“, SaaS), transformieren sie sich schrittweise zum Plattformanbieter (PaaS), die ihren Kunden beispielsweise Device-Management, Predictive Maintenance oder IoT-Analysen anbieten. Auch ganzheitliche Lösungsanbieter wie BARTEC nehmen dadurch eine neue Rolle ein: Sie werden für Ihre Kunden zum Mittler und Moderator zwischen den Unternehmensbereichen Automatisierung, IT und Management. Gleichzeitig fungiert BARTEC mit einem erweiterten Eco-System als IIoT-Enabler für den Ex-Bereich, der eine schrittweise Umsetzung mit bestmöglichen Ergebnissen und schnellem ROI ermöglicht.



Neue Geschäftsmodelle: Steigerung von Umsatz und Kundenbindung durch Aufbau von IoT-Services und Plattformen. (QUELLE: PWC)

Die wichtigsten IIoT-Services für die Prozessindustrie:

Mit ihren neuen Services helfen IIoT-Anbieter der Prozessindustrie, vielfältigen Herausforderungen zu begegnen. Hier die wichtigsten Geschäftsmodelle:

1. Prozessoptimierung

Prozesse, Anlagen, Maschinen und Logistik werden durch das IIoT transparent. Durch Analyse der gesammelten Daten lassen sich die physische Sicherheit, die Datensicherheit und die Effizienz verbessern, insbesondere im Hinblick auf Zeit, Energieverbrauch und Materialeinsatz.

4. Asset Tracking

In Verbindung mit Ortungsdiensten lassen sich Fahrzeuge lokalisieren und der Transport von Materialien, Produkten und Equipment überwachen und rückverfolgen. So lassen sich Fehler oder Schäden nachvollziehen, die Arbeitssicherheit oder die Logistik verbessern, bis hin zur Optimierung von Shutdown-Prozeduren.

2. Predictive Maintenance

Durch Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) von Anlagen und Maschinen und anschließenden Analysen mit künstlicher Intelligenz lassen sich drohende Ausfälle rechtzeitig erkennen. Die Wartung kann so vorausschauend erfolgen, statt wie bisher vorbeugend in festen Intervallen. Das steigert die Einsatzdauer und senkt die Kosten.

5. Automatic Fulfillment

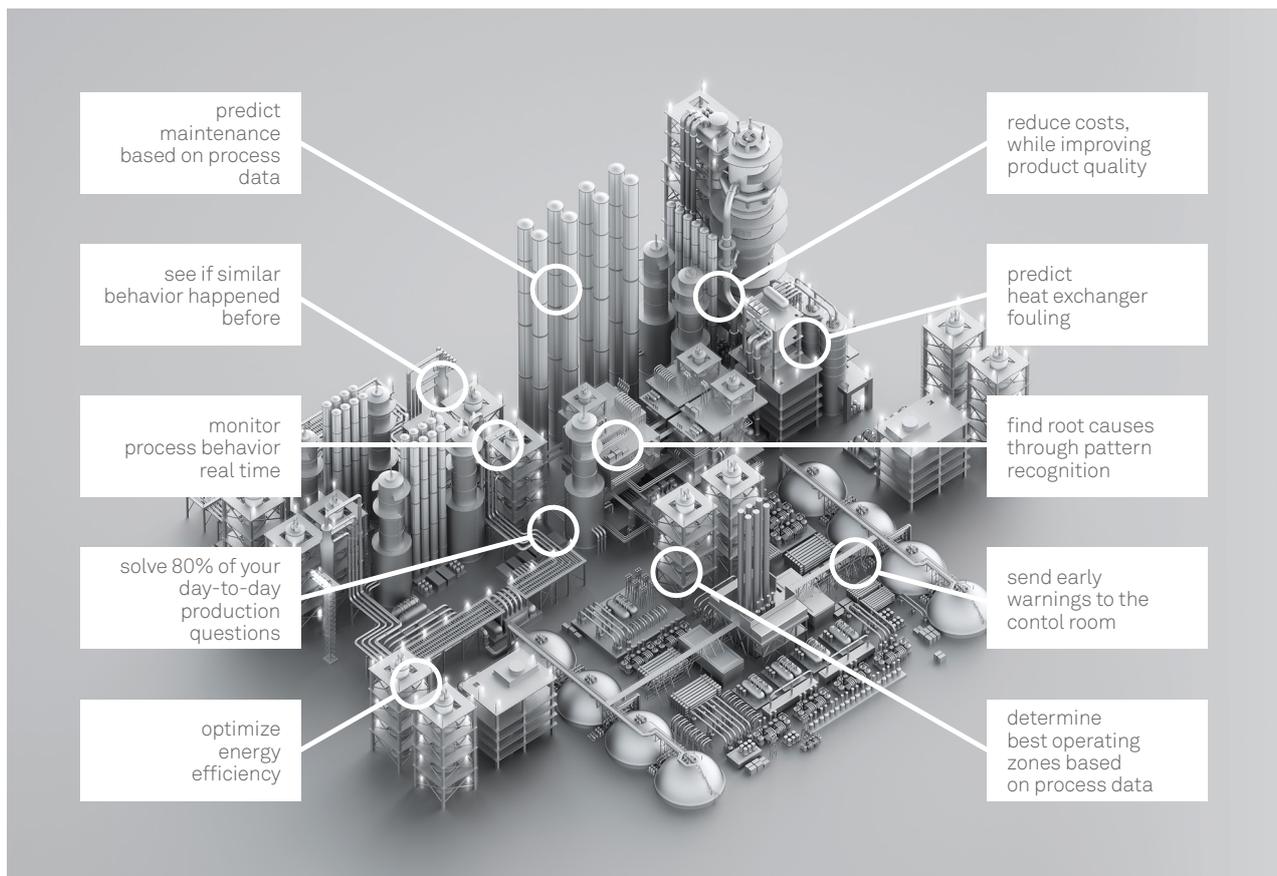
Analog zum "Amazon Dash Button" lassen sich auch im professionellen Umfeld Lagerbestände (Material, Ersatzteile, etc.) durch Identifikation und Lokalisation überwachen und automatisch nachbestellen.

3. Remote Diagnostics & Support

Durch internetbasierte Fernwartung lösen Experten auftretende Probleme schnell und kompetent aus der Entfernung, entweder durch direkten Zugriff über eine sichere Verbindung, oder unterstützend für das Personal vor Ort. Unter Verwendung von Datenbrillen oder Tablets lassen sich so kritische Situationen besser beurteilen (z.B. Temperatur, Feuchtigkeit, Maschinen-, Anlagen-, und Prozesszustände).

6. Compliance Monitoring

Last but not least kann das IIoT auch zur Einhaltung von Vorschriften und Richtlinien genutzt werden. Dies betrifft zum einen gesetzliche Bestimmungen von Umwelt- und Arbeitsschutz, aber auch spezifische Sicherheitsbestimmungen wie etwa die Zutrittsüberwachung von Ex-Bereichen.



Beispiele für Prozessoptimierung durch IoT-Datenanalyse. (QUELLE: TRENDMINER)

Neue Finanzierungsmodelle

Für die Produzenten der Prozessindustrie besteht ein weiterer Vorteil der IIoT-Entwicklung darin, durch Nutzung der neuen Service-Modelle CAPEX in OPEX umzuwandeln und gleichzeitig das finanzielle Risiko zu minimieren. Weil die Produktionsleistung von Maschinen und Anlagen transparent wird, kann der Hersteller oder Betreiber sie nutzungsbasiert abrechnen, zum Beispiel für Motoren oder Pumpen nach Minuten. Dieses Pay-per-Use-Modell stellt eine neue Alternative zu den klassischen Finanzierungsmodellen dar. Die Betreiber haben so vergleichsweise geringe oder gar keine Investitionen zu tragen. Das finanzielle Risiko minimiert sich entsprechend. In Zukunft ist sogar denkbar, dass die Anbieter Hard- und Software sogar kostenfrei zur Verfügung stellen, dafür aber an den daraus resultierenden Einsparungen beteiligt werden. IIoT-Projekte könnten so für Anbieter und Betreiber zu einer Win-Win-Situation werden, bei der alle Parteien ein bestmögliches Ergebnis erzielen.

Das IIoT verlängert die Wertschöpfungskette von der Hardware hin zu Mehrwertleistungen. Für den Betreiber wird CAPEX zu OPEX.

2 Nutzenpotentiale: Wie profitiert die Prozessindustrie davon?

Laut einer Studie der ARC Advisory Group kosten ungeplante Stillstandzeiten die Prozessindustrie weltweit jährlich 20 Milliarden US-Dollar⁸. Die Ursache hierfür liegt zu 80% in prozessbedingten Betriebsstörungen. Um diese aufzudecken, mangelte es bislang an effizienten Technologien. Das IIoT stellt nun die Mittel bereit, um auch nachträglich Einblick in die bestehenden Abläufe zu erhalten. Mithilfe modularer IIoT Building Blocks lassen sich neue und bestehende Anlagen mit vertretbarem Invest transparent machen, um die Gesamtanlageneffektivität (OEE, Overall Equipment Effectiveness) zu steigern und verborgene Kapazitätsreserven in allen drei OEE-Disziplinen Verfügbarkeit, Leistung und Qualität freizusetzen⁹.

Übersicht: Nutzenpotentiale für die Prozessindustrie

Nutzenpotential	Erklärung / Beispiele
Anlagenverfügbarkeit steigern	z.B. durch Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) und Analysen zur vorausschauenden Wartung (Predictive Maintenance)
Leistungsgrad steigern	Kontinuierliche Prozessverbesserungen durch Datenerfassung, Analysen und daraus resultierenden Optimierungen
Qualitätsgrad steigern	Konstante / reproduzierbare Produktqualität, z.B. durch Monitoring qualitätskritischer Daten und frühzeitige Benachrichtigung
Produktivität steigern	Optimale Auslastung der Produktionsanlagen und der Logistik (Supply- und Demand-Chain)
Flexibilität steigern	Neue Planungs- und Steuerungsmöglichkeiten für die Produktion durch die Verbindung von Prozess-, ERP- und Umweltdaten bis hin zur Produktion in Losgröße 1 (Modular Type Package, „one of production“)
Prozessverständnis verbessern	Besseres Verstehen der Anlagendynamik sowie der Material und Produktqualität, z.B. Prognose der Rohölgüte
Marktabhängige Produktionsplanung	Planung in Abhängigkeit von der Marktentwicklung, z.B. zur Bestimmung der Fördermenge von Öl und Gas in Abhängigkeit von Produktgüte und Marktpreis
Lernbarkeit der Maschine verbessern	Selbstlernende Systeme und KI zur kontinuierlichen Verbesserung
Investmenteinsatz optimieren	Investitionsausgaben (CAPEX) mithilfe von Service-Providern in Betriebskosten (OPEX) wandeln
Anlagen- und Personensicherheit erhöhen	z.B. durch Überwachung und Alarmierung bei Abweichungen von Normwerten
Know-how-Transfer	Fachkräftemangel ausgleichen, z.B. durch fundierte Remote-Assistenz, Assistenz-Systeme, Befähigung zur Fehlersuche; Überführung des Mitarbeiter-Know-hows in digitale Prozesse
Effizienter Einstieg in die Digitalisierung	Schneller Einstieg über Pilotprojekt mit ROI < 1 Jahr, Grundlage für weitere iterative Digitalisierungsschritte

⁸ <https://www.industry-of-things.de/schluss-mit-stillstandszeiten-a-650427/>

⁹ <https://www.business-wissen.de/artikel/oeef-auf-der-suche-nach-den-verborgenen-kapazitaetsreserven/>

Neue Herangehensweise an das Thema Digitalisierung

Dank seiner hohen Flexibilität und Skalierbarkeit gestattet das IIoT eine neue, agile Herangehensweise zur Digitalisierung in Ex-Bereichen. Denn mit den einfach im laufenden Betrieb nachrüstbaren, ATEX-konformen Modulen einschließlich Sensoren, Netzwerktechnik, Gateways und Edge Computing lassen sich auch in relativ komplexen und unveränderlichen Anlagen mit einfachen Mitteln zusätzliche Daten erheben und auswerten. Erste Pilotprojekte werden sinnvollerweise so definiert, dass sich der ROI in weniger als einem Jahr einstellt. Die dabei gesammelte Erfahrung dient als Grundlage für weitere Projekte. Kleine iterative Schritte treten so an die Stelle der „ganz großen Digitalisierungslösung“, die finanziell, organisatorisch sowie wirtschaftlich unrealistisch ist. Statt also jahrelang darauf hinzuarbeiten, ist es sinnvoller, zunächst mithilfe eines Service-Providers für eine ausgewählte Aufgabe Transparenz herzustellen und danach weitere Opportunitäten zu entwickeln, zum Beispiel für ein größeres Retrofit oder weitere kleinere Teilaufgaben. Auf diese Weise wächst das Digitalisierungs-Know-how laufend, während der zeitliche Aufwand und die ROI-Dauer der nächsten Projekte sinken (vgl. Checkliste im Anhang).

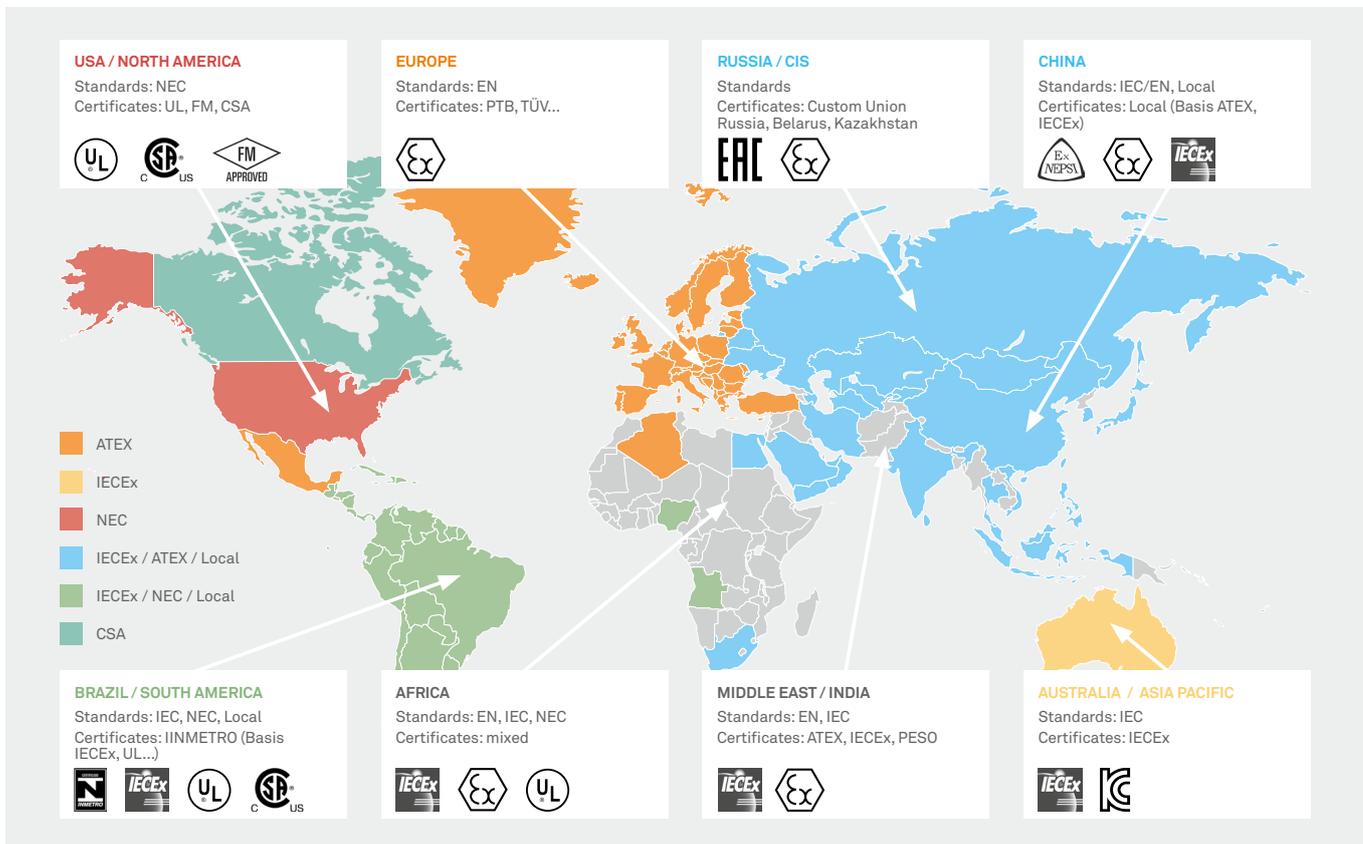
**Die Digitalisierung
ist eine Reise, das
IIoT ihr Fahrzeug.**



3 Bisherige Herausforderungen und ihre Überwindung

Warum ließen sich diese attraktiven Potentiale nicht schon früher ausschöpfen? Das liegt im Wesentlichen am Fehlen der dafür notwendigen Technologiebausteine einschließlich Rechen- und Speicherkapazitäten, Software und effizienter Möglichkeiten zur drahtlosen und kabelgebundenen Datenübertragung¹⁰ sowie leistungsfähiger und zugleich energieeffizienter, mobiler Hardware mit hoher Batteriedichte für einen langen kabellosen Betrieb¹¹. Entsprechend fokussierte die Automatisierung primär die Ziele Prozesskontrolle und Sicherheit. Weil dafür nicht relevante Anlagenteile nicht verkabelt sind oder keine externe Datenübertragung unterstützen, lassen sich die Daten der Regelkreise nicht weiterkommunizieren, analysieren und verknüpfen. Der Großteil der aktuell verwendeten Sensorik ist folglich nicht IIoT-fähig und kommt somit nicht für die Optimierung von Prozessen und Arbeitssicherheit in Frage. Nachträgliche Änderungen, zum Beispiel die Verkabelung, sind entweder sehr kostenintensiv oder gar nicht erst erlaubt, etwa im Fall prozess- oder sicherheitskritischer Steuerungen oder zertifizierter pharmazeutischer Anlagen. Zudem lassen sich in Regelkreisen erhobene Daten nicht weiterkommunizieren, auswerten oder mit anderen Daten verknüpfen. Last but not least ist in Ex-Bereichen nur zertifizierte Hardware zugelassen. Ist für ihren Betrieb ein Feuerschein nötig, darf sie zudem nicht im laufenden Betrieb installiert werden, sondern erst während des nächsten Anlagen-Shutdowns, was wertvolle Zeit kostet. Ein weiteres elementar wichtiges Thema ist die IT-Sicherheit, die natürlich auch bei drahtlosen Lösungen erfüllt sein muss¹².

Das Problem: Die installierte Sensorik ist nicht IIoT-fähig, Daten können den Regelkreis nicht verlassen. Steuerungen dürfen nicht verändert werden. Im Ex-Bereich ist nur zertifizierte Hardware zulässig.



Anwendung und Akzeptanz internationaler Ex-Zulassungen. (QUELLE: BARTEC)

¹⁰ Vgl. Kapitel 5.2
¹¹ Vgl. Kapitel 5.1
¹² Vgl. Kapitel 4

4 Neue Architekturmodelle: Freiheit, Flexibilität und Sicherheit

Dank der neuen Möglichkeit zur energieeffizienten Sammlung und sicheren Verarbeitung von Daten stellt das IIoT eine ideale Ergänzung zur klassischen Automatisierung dar. Drei Architekturansätze bieten der Prozessindustrie eine hohe Freiheit und Flexibilität für die Umsetzung:

1. Neuaufbau der Automation mit bereits integrierter IIoT-Funktionalität (Greenfield)
2. Ergänzend: bestehende Automation und nachgerüstetes IIoT. PLC-Systeme und IIoT speisen eine gemeinsame Datenbasis¹³ (Brownfield)
3. Parallel: IIoT arbeitet als unabhängiges System mit separater Datensammlung und -verarbeitung (Brownfield)

Im Brownfield arbeitet das IIoT ergänzend oder parallel zur Produktions- und Unternehmens-IT.

(QUELLE: BARTEC)



	AUT solution	IIoT solution
Sensor	Corded / 4...20man	Corded/ Wireless / battery powered
Precision capacity of a machine	high	Relatively low*
Connectivity / Protocol	HART COMMUNICATION PROTOCOL Wi-Fi	WIREPAS Bluetooth LoRa GSM 4G-LTE 5G NB-IOT
Gateway	Corded	Corded / Battery powered
Data Flow	bi-directional	one way / just read**
Cloud / ERP direct	realtime / nearly realtime	5 min / threshold***
Sales Modell	Traditional (product)	SaaS / Leasing / Pay per use

* compared to corded in process industry

** bi-directional only for updates / security patches over the air / depends on the IIoT solution

*** only if changes / timestamp

¹³ Datendiener isolieren das IIoT von der Automation, vgl. Namur Open Architecture (NOA)

IIoT-Retrofit ohne Shutdown

Zu den revolutionären Eigenschaften des IIoT zählt somit auch, dass es seine Nutzenpotentiale auch losgelöst von der Automatisierung entfalten und sich ohne Shutdown aufbauen lässt. Dazu eine Analogie aus dem Kfz-Bereich: Hier lassen sich ältere Automobile unabhängig vom Umfang ihrer bestehenden Sensorik mit einem Reifenkontrollsystem nachrüsten. Dazu werden einfach Sensoren auf die Reifenventile aufgeschraubt, die den Reifendruck messen und diese Daten an eine einfache Kontrolleinheit übertragen. Dort werden die Informationen aufbereitet und visualisiert.

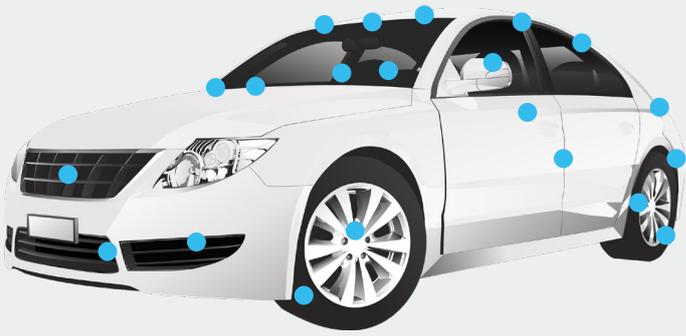
BROWNFIELD



Simplification!

-  **real time monitoring**
-  **beeper**
-  **wireless transmission**
-  **2 min DIY installation**

GREENFIELD



VEHICLE SENSORS ≈ 100 SENSORS TODAY

lane departure system | front object CCD camera | front airbag sensors | ASCD | nighttime pedestrian warning | drowsiness sensors | front object laser radar | nighttime pedestrian IR sensor | active park assist | tire pressure sensor | rear object monitor CCD camera | rear camera | side curtain sensor | blind spot detection | cross traffic alert | central computer | rear object laser radar | wheel speed sensor | tire pressure sensor | collision sensor | side airbag SRS | adaptive cruise control | steering angle sensor | automatic brake activator | etc.

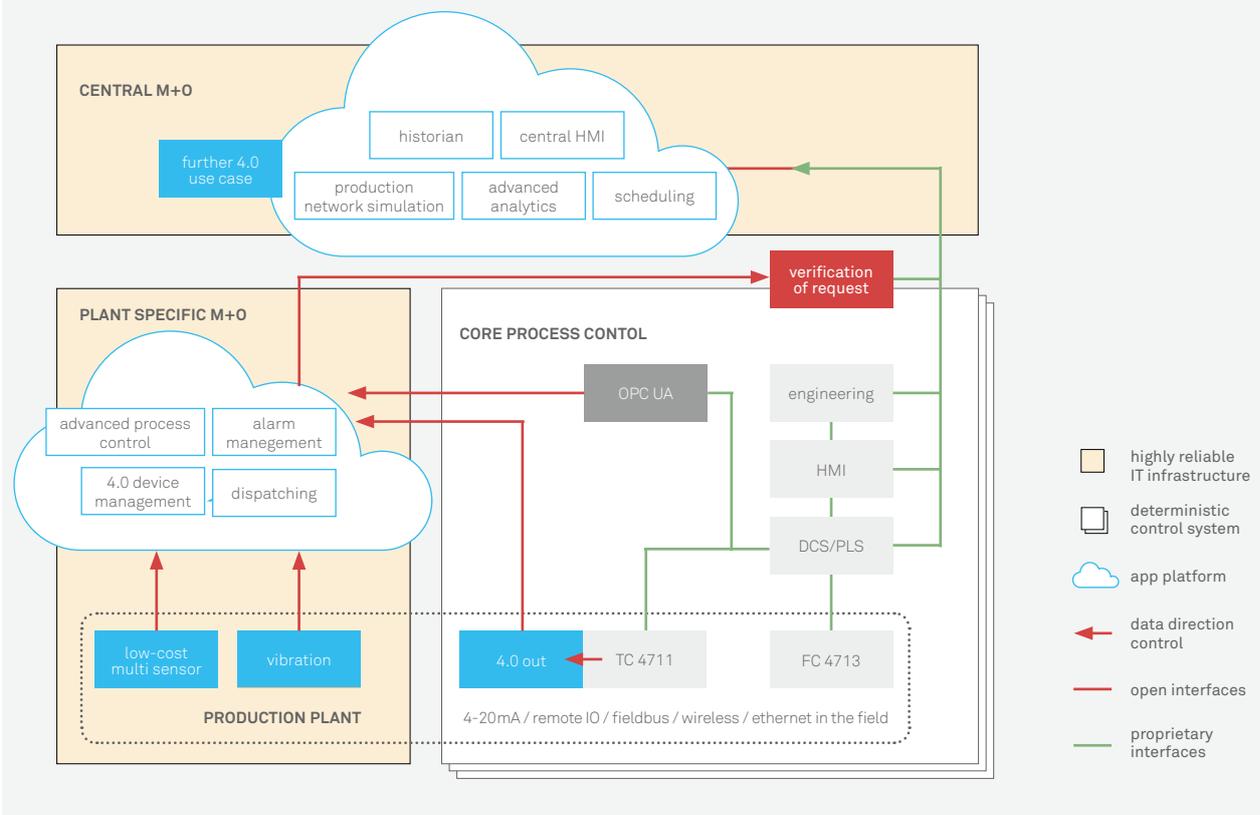
Analogie Kfz: Modernes Automobil mit zahlreichen Sensoren (Greenfield) und im Vergleich die Nachrüstlösung für ältere Fahrzeuge (Brownfield): Einfache Nachrüstbarkeit eines drahtlosen Reifendrucksystems.
(QUELLE: BARTEC)

Datenfunktionen nachrüsten, aber sicher!

Ähnlich lassen sich auch Anlagen der Prozessindustrie mit kabellosen, Ex-zertifizierten Sensoren nachrüsten, um neue IIoT-Funktionen nutzen zu können. Um die hierfür benötigte systemische Offenheit zu erreichen, ohne die elementaren Anforderungen hinsichtlich Verfügbarkeit, Funktion und Sicherheit zu gefährden, wurde die so genannte NAMUR Open Architecture (NOA)¹⁴ entwickelt. Hierin ist unter anderem beschrieben, wie die Daten intelligenter Sensoren und Aktoren von der Feldebene bis in die Cloud ausgelesen und ausgewertet werden sollen. Dabei stellen sogenannte „Datendioden“ als trennende Instanzen zwischen Automatisierung und IIoT sicher, dass diese ausschließlich „von Innen nach Außen“ fließen und die Automatisierungssysteme in keiner Weise beeinflusst werden.

¹⁴ <https://www.namur.net/de/fokusthemen/namur-open-architecture.html>

Companies moving from product-based offerings to service-based offerings by building platforms.



Industrie 4.0-Enabler: Die standardbasierte, adaptive NAMUR Open Architecture (NOA) ist einfach zu integrieren. Datendienden (Data Direction Control) trennen den Bereich Monitoring und Optimierung von den Kernanwendungen. (QUELLE: PROFIBUS NUTZERORGANISATION E.V.)

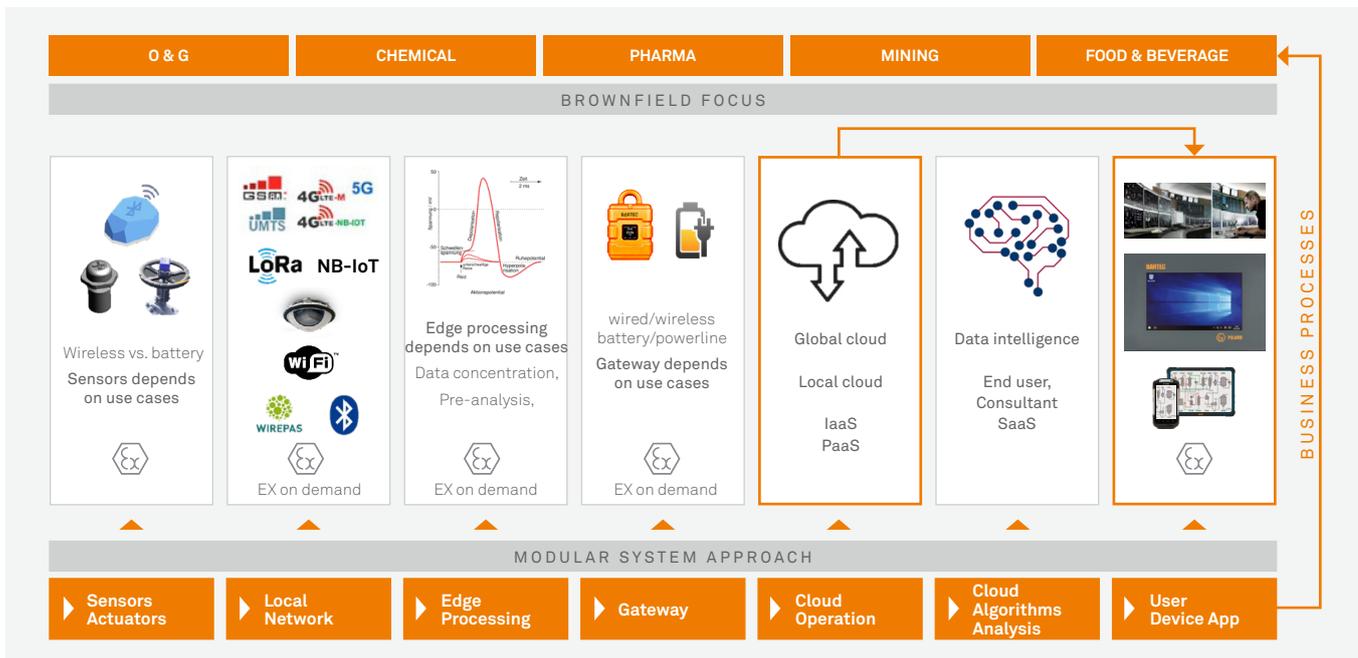
**Datendienden trennen
das IIoT von der
Automation und sichern
den ungestörten
Betrieb.**



5 Allgemeiner Lösungsansatz zur IIoT-Nachrüstung

Wie also sieht ein belastbarer Lösungsansatz für die IIoT-Nachrüstung aus? Er muss sich stringent über alle Ebenen erstrecken – von der Datensammlung (Sensorik) über die Vorverarbeitung (Edge Computing) und Weiterleitung (Gateway) bis hin zur Analyse (Cloud) und die Integration in Business Apps. Gleichzeitig muss das IIoT-Retrofit aber auch möglichst einfach skalierbar, wirtschaftlich und zukunftssicher sein – sei es als ergänzende Datenquelle zur bestehenden Automatisierung oder als völlig separates Parallelsystem. Und natürlich müssen alle verwendeten Hardware-Komponenten für die jeweiligen Ex-Bereiche zertifiziert sein. Darüber hinaus sind aber noch andere Compliance-Vorschriften zu beachten, nicht zuletzt Fragen der IT- und Datensicherheit oder des Betriebsrates¹⁵.

Lösungsebenen zur modularen IIoT-Nachrüstung bestehender Anlagen.
(QUELLE: BARTEC)



5.1. Sensorik – Beacons, MEMS, Aktuatoren, ...

Ein IIoT zu installieren bedeutet nicht zwangsläufig den Einsatz von Funktechnik. So gibt es beispielsweise auch kabelgebundene Drucktransmitter und Temperatursonden für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen (klassische Automation) oder Geräte mit direkter Device-to-Cloud-Kommunikation (D2C). Allerdings erweitern einfache, drahtlose Sensoren das Spektrum der Retrofit-Lösungen enorm. Die meisten von ihnen lassen sich im laufenden Betrieb montieren, also ohne aufwendige Shutdown-Prozedur. Drahtlose Sensorlösungen wie Beacons¹⁶, die in einem definierten Intervall Daten an ein Gateway senden, oder energieeffiziente MEMS-Sensoren¹⁷, die mehrere Werte gleichzeitig messen und übermitteln, können unter Verwendung des Advertise-Modus in der Funkspezifikation Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE) jahrelang ohne Batterietausch arbeiten¹⁸. Das verringert die Investitions- und Wartungskosten im Vergleich zur Verkabelung drastisch. Beispiele hierfür sind die für in Zone 1 zertifizierten Sensorlösungen von BARTEC zur Überwachung von Temperatur, Luft und Ventilstellung. Das für die Datensammlung und -weiterleitung benötigte Gateway ist für Zone 1 und 2 erhältlich und kann so je nach Ex-Anforderung ausgewählt werden.

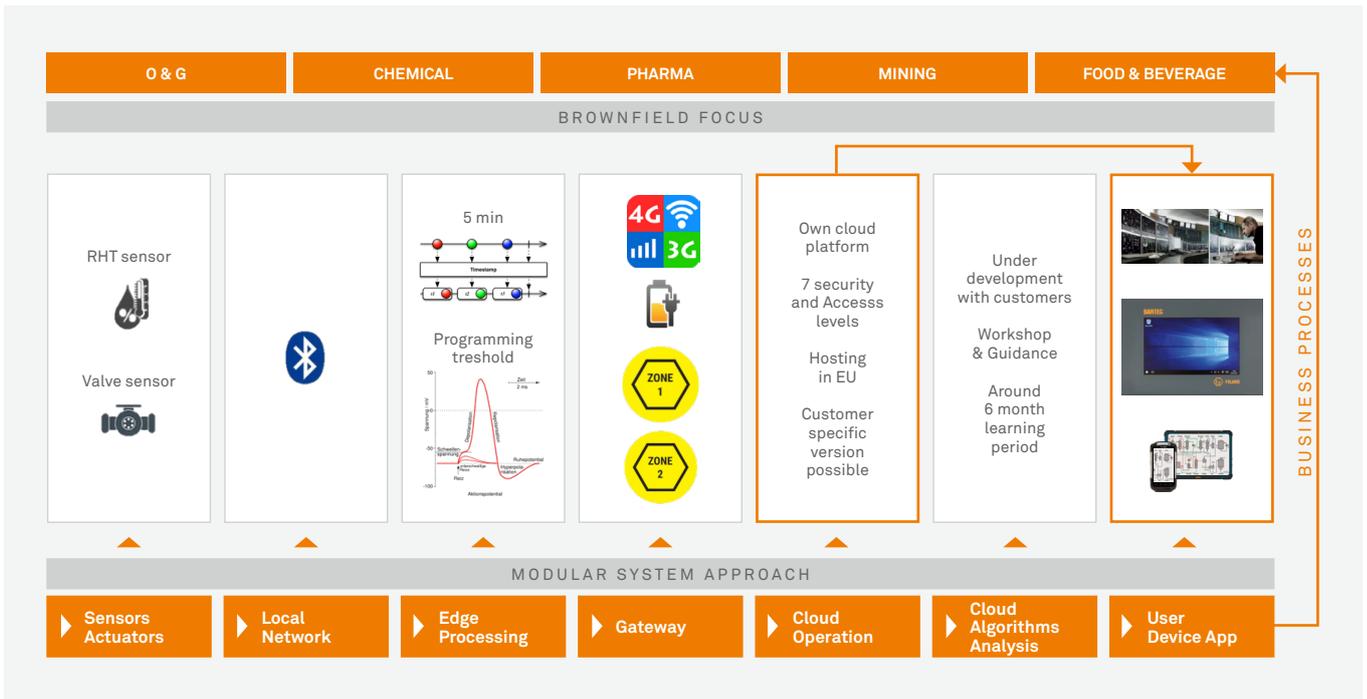
IIoT-Nachrüstungen müssen einfach, skalierbar, wirtschaftlich und zukunftssicher sein, gleichzeitig aber auch Ex-sicher, datensicher und rückwirkungsfrei.

¹⁵ Vgl. Kapitel 6

¹⁶ Vgl. BARTEC Whitepaper „Kleiner Sender, großes Potential – Einsatz von Beacons in Ex-Bereichen“ https://www.bartec.de/de/loesungen/assets/white_paper_beacons_de.pdf

¹⁷ Mikro-elektro-mechanisches System. MEMS-Sensoren konzentrieren auf kleinstem Raum mehrere Messfunktionen und arbeiten u.a. in Fahrzeugen, Fitness-Trackern, Smartphones und Virtual-Reality-Brillen. In Kombination mit einer drahtlosen und energieeffizienten Datenübertragung eignen sie sich auch für das Industrielle Internet der Dinge.

¹⁸ Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_Low_Energy



Leistung und Energieverbrauch

Sensoren zur 3D- und Infrarot-Bildererkennung, die als selbstlernendes System mithilfe von KI durch den Vergleich mit Referenzbildern Hotspots erkennen, sind entsprechend komplexer, werden aber ebenfalls von Spezialisten wie BARTEC für den Einsatz in Ex-Bereichen adaptiert. Um die Batterielebensdauer zu maximieren, kann die Rechenarbeit auch an ein verdrahtetes Gateway ausgelagert werden (vgl. 5.4, Edge Processing). Wichtig für einen langen, wartungsfreien Betrieb ist eine energieeffiziente drahtlose Datenübertragung, zum Beispiel per Bluetooth LE (Low Energy) sowie ausgeklügelte Zyklen von Aufwachen, Messen, Rechnen, Senden und Wiedereinschlafen. Der Lösungsanbieter SAVVY erreicht so auch im Ex-Bereich eine Batterielebensdauer von bis zu 15 Jahren¹⁹. Ein weiterer Erfolgsfaktor: die einfache, Ex-verträgliche Montage am zu überwachenden Objekt im laufenden Betrieb durch Anschrauben, Nieten, Kleben oder Klemmen.

Beispiel modularer IIoT-Nachrüstung bestehender Anlagen mit Sensoren in Zone1 und Gateway wahlweise Zone1 oder Zone 2 sowie Anbindung an Cloud-Plattform.

(QUELLE: BARTEC)



Kabelgebundene Sensoren für Ex-Bereiche: PT100 Widerstandsthermometer von BARTEC.

(QUELLE: BARTEC)



Drahtlose Sensoren lassen sich einfach im laufenden Betrieb nachrüsten.

(IMAGES FROM TRISENS.NO)

¹⁹ Quelle: SAVVY Telematic Systems SAVVY AG

Was kann überwacht werden?

Die Sensorik bildet das kleinste Glied der IIoT-Informationskette, mit ihr steht und fällt das komplette System. Deshalb muss sie genau zur jeweiligen Anwendung passen. Die klassische Sensorik ist kabelgebunden. Besonders einfach und deutlich kosteneffizienter nachzurüsten sind wie zuvor beschrieben drahtlose Lösungen, weshalb diese im Folgenden besonders im Fokus stehen.

Ob drahtlos oder drahtgebunden – mithilfe von Sensorik lassen sich verschiedenste Prozessparameter von Produkten, Anlagen und Lieferketten überwachen. Neben direkten Messungen (Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Licht, etc.) lassen sich auch Informationen ableiten. So können etwa einfache Schalter oder optische Sensoren bestimmte Hebelstellungen erkennen. An ein Trägersystem von Kesselwagen, Behältern oder Rohren geklemmte Dehnungssensoren erlauben Rückschlüsse auf Füllstand (Gewicht), Temperatur und Druck. Lagesensoren liefern Beschleunigungswerte zur Vibrationsanalyse, Magnetfeldmessungen geben Aufschluss über den Stromfluss. Hier ein Überblick über verschiedene Messwerte und ihre Anwendung:

Übersicht: Nutzenpotentiale für die Prozessindustrie

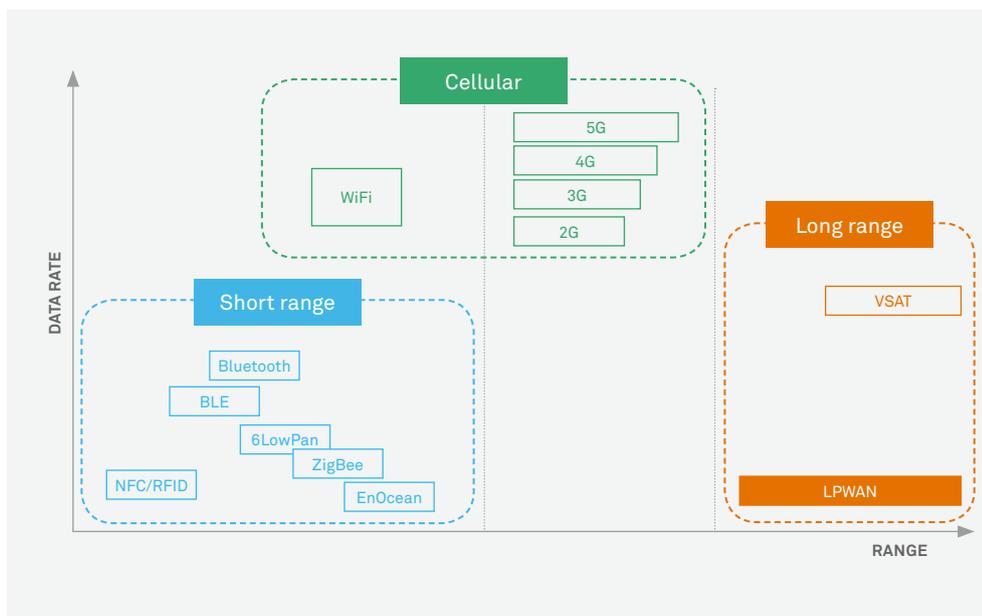
Messwert	Anwendungsbeispiele
Temperatur	Prozessüberwachung, Alarm beim Über- oder Unterschreiten eines Schwellenwerts (Threshold), Überwachung von Überlandleitungen
Luftdruck	Prozess- und Umgebungsüberwachung (Threshold)
Luftfeuchtigkeit	Prozess- und Umgebungsüberwachung (Threshold)
Licht	Automatisches An- / Abschalten, Energiesparen
Magnetismus	Überwachung von Schalterstellungen oder Leistungsaufnahme (Rückschlüsse auf Stromfluss)
Beschleunigung (Neigung)	Anlagenüberwachung durch Vibrationsanalyse. Erkennung von mechanischem Verschleiß für Predictive Maintenance
Lage	Stellung von Schaltern und Hebeln
Lokation (GPS)	Asset Tracking, Sicherheitsüberwachung und Zutrittskontrolle für bestimmte Bereiche oder Ex-Zone 1 / 2; Personenortung
Batteriestand	Wartungsplanung
Identifikation	Identifikation, Lokalisierung von Produkten, Zutaten und Equipment
Distanz	Geofencing, Überwachen von Ex-Zonen
Dehnung	Überwachung von Füllstand (Gewicht), Temperatur (Längenausdehnung) und Druck von Tanks, Rohren, Kesselwagen, etc.
3D- und Infrarot-Bilder	Fehler- / Schadüberwachung und Bewegungsmeldung durch intelligenten Vergleich mit Referenzbildern (Infrarot: Aufspüren von Hotspots; 3D: Position, Freiraum, Geschwindigkeit, etc.)
Ein/Aus-Schalter	Erfassung von Ventilstellungen (Schalter misst mechanisch Hebel oder Schalter)

5.2. Kommunikation – Netzwerke und Protokolle

Auch an die Weiterleitung der Daten stellt die Prozessindustrie spezifische Anforderungen. Sie kann klassisch und nahezu echtzeitfähig kabelgebunden erfolgen, zum Beispiel über Feldbus- oder Ethernet-Protokolle oder drahtlos, falls Echtzeitdaten nicht erforderlich sind. Ihre Stärke liegt dafür in der einfachen und wirtschaftlichen Nachrüstung im laufenden Betrieb. Die Funkkommunikation bietet sich auch aufgrund der teilweise harschen Umgebungsbedingungen an, etwa um bebaute Areale zu durchdringen und ohne Verkabelung hohe Anlagenteile zu erreichen und große Distanzen von bis zu mehreren Kilometern zu überwinden. Entsprechend richtet sich die Auswahl der Funktechnologie typischerweise nach der Reichweite, der Datenrate (Datenmenge pro Zeiteinheit) und der Zuverlässigkeit (Redundanz). Dabei fallen die Anforderungen an die Latenz (50 ms bis einige wenige Sekunden) und Fehlerrate (kleiner 10 bis 5 %) aufgrund der relativ niedrigen Ablaufgeschwindigkeit eher moderat aus. Für eine effiziente und sichere Datenübertragung gibt es inzwischen mehrere Funktechnologien mit unterschiedlichen Eigenschaften, darunter standardisierte (z.B. MIOTY) und proprietäre (z.B. ZigBee).

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) Technologien arbeiten entweder im lizenzkostenfreien Sub-Gigahertz-Bereich (z.B. bei 915 MHz oder 868 MHz) oder im lizenzkostenbehafteten Mobilfunknetz (3G, LTE bis hin zu 5G). Nach der verwendeten Technologie lassen sich folgende fünf Gruppen unterscheiden²⁰.

1. Mobilfunk / professioneller Mobilfunk (z.B. Tetra/DMR)
2. Low Power WAN Technologien (z.B. MIOTY, LoRaWAN / IEEE 802.11ah, SIGFOX, NB-IoT, etc.)
3. Wireless LAN auf Basis von IEEE 802.11
4. Funkvernetzung auf Basis von IEEE 802.15.1 (Bluetooth, WISA)
5. Funkvernetzung auf Basis von IEEE 802.15.4 (z.B. Zigbee, ISA100.11a, WirelessHART)



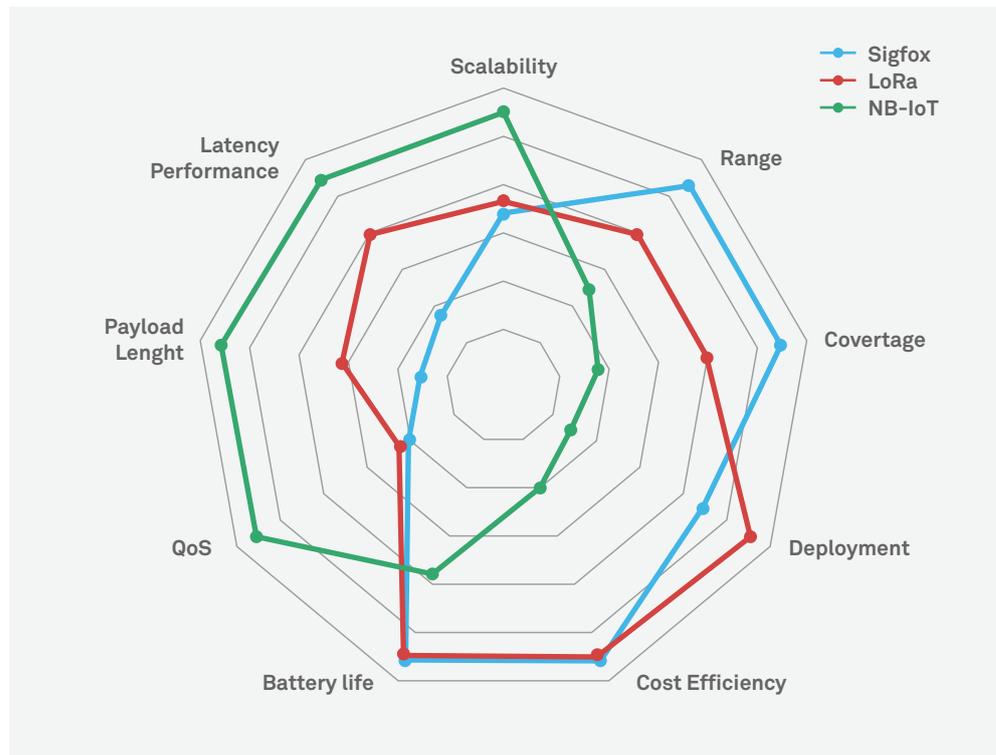
²⁰ www.industrialradio.de/Attachments/Funktechnologien_Industrie_4.0_Web.pdf

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) Technologien

Für typische IIoT-Aufgaben wie Telemetrie oder ein Condition Monitoring über mittlere oder größere Entfernungen eignen sich insbesondere Low Power Wide Area Networks (LPWAN). Da sie kleine Datenmengen mit geringem Energieaufwand auch über größere Entfernungen oder durch dicht bebaute Areale transportieren können, schließen sie die Lücke zwischen Mobilfunk (3G, 4G, 5G) und Nahfeldfunk (Bluetooth, WLAN, Zigbee, etc.). Mittels LPWAN lassen sich sowohl nationale als auch internationale sowie geographische Netze für regional beschränkte Aufgaben errichten. Zu unterscheiden sind dabei zelluläre LPWANs, die im lizenzierten Mobilfunk arbeiten, und solche, die den lizenzfreien Sub-GHz-Bereich verwenden.

Sub-GHz-LPWANs nutzen Protokolle wie MIOTY, LoRa oder Sigfox und können wahlweise von einem Telekommunikationsbetreiber (z.B. Sigfox) gebucht oder vom Unternehmen selbst mit eigenen Basisstationen oder Gateways betrieben werden. Auf diese Weise lassen sich die Netzwerkdaten ohne Verbindung zu einem Service-Provider auf die physische Installation beschränken. Allerdings liegt die Datenrate niedriger als bei zellulären LPWANs, die Protokolle wie LTE Cat M1 (eMTC) oder LTE Cat NB1 (NB-IoT) nutzen.

Unter wirtschaftlichen Aspekten sind vor allem softwaredefinierte Standardprotokolle interessant (z.B. MIOTY, aber auch NB-IoT), die mit Standard-Hardware-Komponenten arbeiten. Im Fall von MIOTY oder LoRa kann beispielsweise ein gewöhnlicher Industrie-PC mit Funkempfänger als Basisstation dienen. Als Sender genügt ein Transmitter mit Sub-Gigahertz-Transceiver-Chip. Der ebenfalls softwaredefinierte Standard NB-IoT setzt auf dem Mobilfunkstandard LTE auf und lässt sich ebenfalls per Software-Upgrade in die vorhandene LTE-Infrastruktur integrieren. Bis 2025 sollen weltweit fünf Milliarden IoT-Mobilfunkmodulen IoT-Mobilfunkmodulen ausgeliefert werden, die sich auf 4G, LTE Cat-M oder NB-IoT stützen.²¹

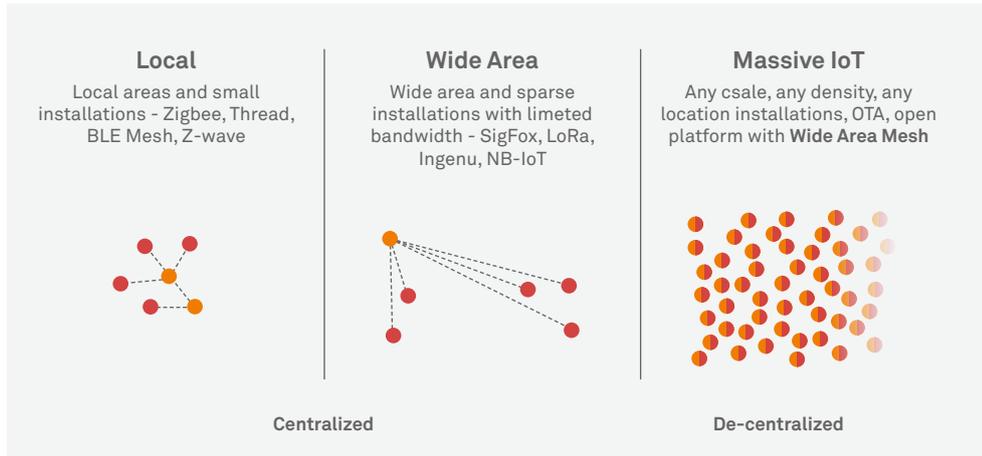


Vergleich von LoRa und NB-IoT bezüglich IoT-Faktoren.
(QUELLE: WWW.SCIENCEDIRECT.COM)

²¹ <https://www.counterpointresearch.com/5-billion-iot-cellular-module-will-ship-globally-2019-2025-4g-lte-cat-m-nb-iot-hyper-growth/>

Hardware sparen mit Mesh-Netzwerken

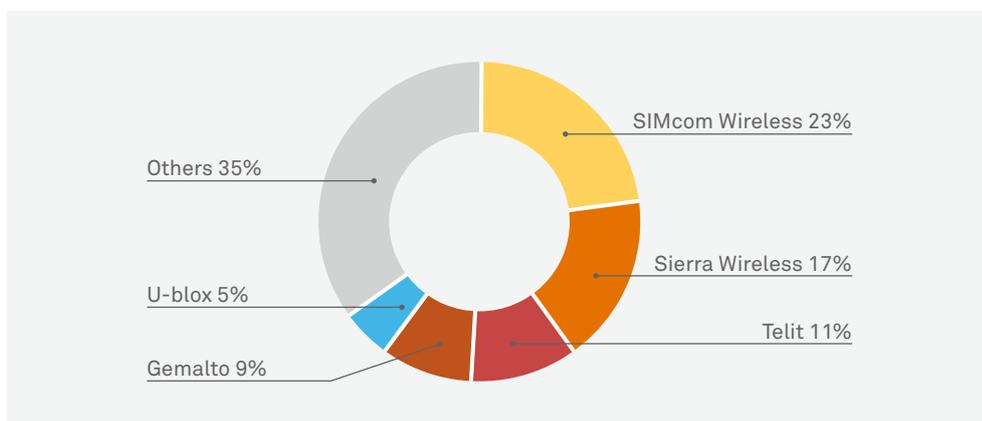
Werden IIoT-Netze größer, dichter und dezentraler, so steigen auch die Infrastrukturkosten. Diesem Effekt wirken Mesh-Netzwerke entgegen. Die einzelnen IIoT-Geräte fungieren darin als Satelliten und reichen die Daten untereinander bis zum letztendlichen Empfänger (z.B. via Gateway) weiter. Aufgrund des geringeren Hardware-Einsatzes bei einer hohen Zahl von Knoten bilden Mesh-Funknetze eine Alternative zur klassischen sternförmigen Architektur von Local oder Wide Area Netzwerken (LAN / WAN). Zum Aufbau von Netzwerken im Sub-GHz-Bereich und 2,4 GHz-Band eignet sich insbesondere das softwarebasierte Konnektivitätsprotokoll Wirepas.



IoT-Konnektivität:
Entwicklung vom lokalen Netzwerk zu beliebig skalierbaren Wide Area Mesh
(QUELLE: LONMARK.ORG)

Mobilfunknetze für weltweite Telemetrie-Anwendungen

Der Vorteil zellulärer LPWANs, zum Beispiel auf Basis von NB-IoT, liegt in der höheren Datenrate und der Kommunikation über große Entfernungen und Landesgrenzen hinweg. Im Vergleich zu Sub-GHz-LPWANs ist die Ausgangsleistung weniger stark limitiert. Der Nachteil liegt in der kostenpflichtigen Nutzung im Rahmen eines entsprechenden Mobilfunkvertrags. Weltweite Telemetrie-Anwendungen erfordern zudem eine internationale Abdeckung. So bietet etwa der Schweizer Service-Provider der SAVVY Telematics Systems²² eine komplette Ende-zu-Ende-Lösung zur weltweiten Überwachung von Tankcontainern und Kesselwagen an. Für internationale Netzabdeckung auf dem Wasser, der Schiene oder im Straßenverkehr bieten die Schweizer ihren Kunden eine internationale Alle-Netze-Subscription zum monatlichen Festpreis. Die technische Grundlage für die weltweite Konnektivität bilden SIM-Chips in den Telematikgeräten. Zu den führenden Anbietern von IoT-Mobilfunkmodulen zählen SIMcom Wireless, Sierra Wireless und Gemalto.²³



Marktanteile am weltweiten Verkauf von IoT-Mobilfunkmodulen nach Stückzahlen im ersten Halbjahr 2017.
(QUELLE: Q2 2017 IOT TRACKER)

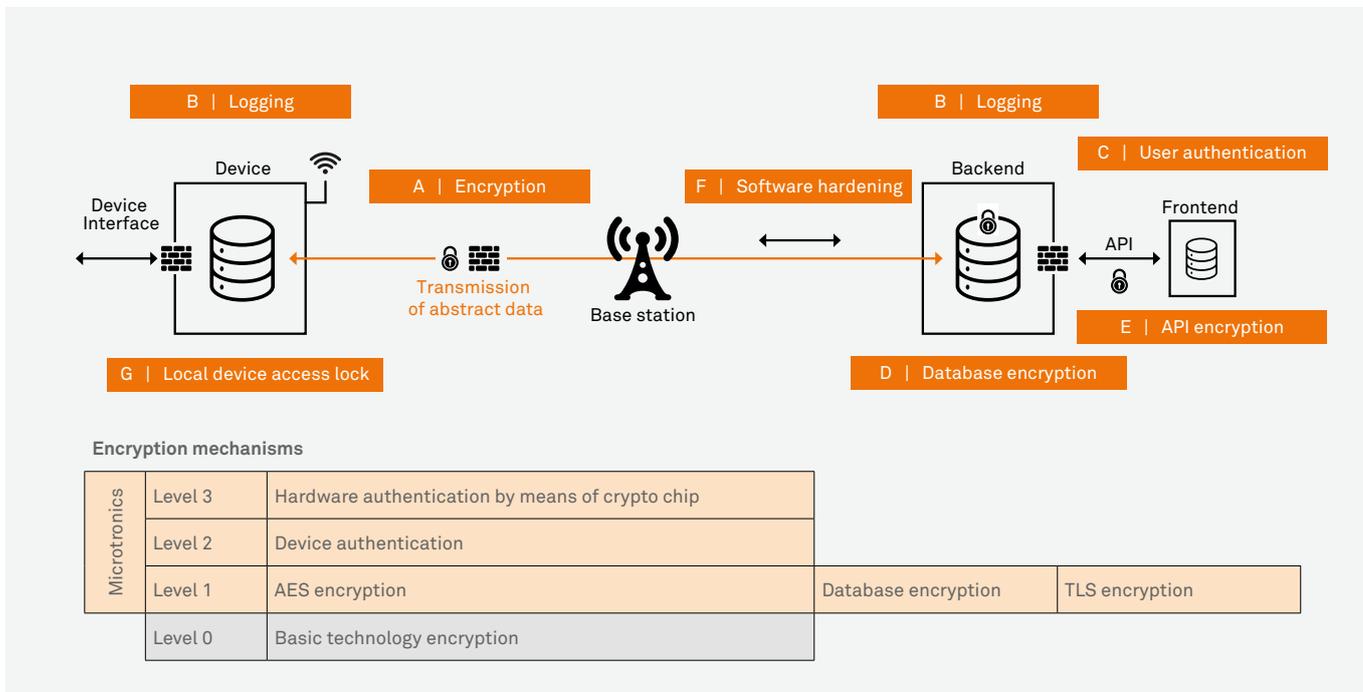
²² www.savvy-telematics.com

²³ www.counterpointresearch.com/sierra-wireless-and-gemalto-lead-the-iiot-cellular-module-market-in-terms-of-revenue/

Sichere Datenübertragung

Das Mittel der Wahl zur Datenübertragung sind die Standardprotokolle OPC UA und MQTT. Um neben standardbasierten Hardware- und Software-Lösungen auch die erfolgskritischen Punkte Skalierbarkeit, Security und Zukunftssicherheit abzubilden arbeitet BARTEC mit erfahrenen Lösungsanbietern wie Microtronics²⁴ zusammen. Der Technologieführer aus Österreich hat ein mehrschichtiges Security-Konzept aus Verschlüsselungsmechanismen entwickelt, welches die komplette Informationskette berücksichtigt und umfassende Automatisierungsmechanismen für die Skalierung beinhaltet. Microtronics nutzt das eigens entwickelte Protokoll UTO (Universal Transfer Object), welches im Vergleich zu MQTT immer mit Rückbestätigung arbeitet und damit sicherer ist, da bei MQTT die Rückbestätigung nicht immer enthalten ist. Denn wenn erst einige hundert oder tausend IoT-Geräte zu verwalten und aktuell zu halten sind, müssen Software- und Sicherheits-Updates und Device-Management zwangsläufig automatisiert erfolgen. Das auf der Microtronics-Technologie basierende IIoT-Framework von BARTEC berücksichtigt diese Anforderungen von Anfang an.

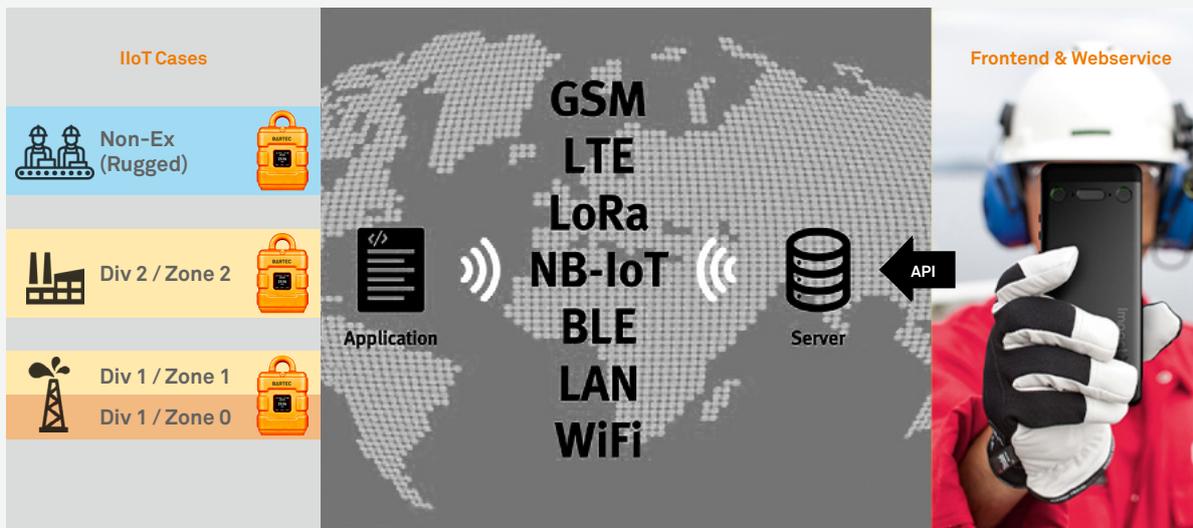
Erfolgsfaktor IT-Security: Das mehrschichtige Konzept aus Verschlüsselungsmechanismen deckt die komplette Informationskette ab.
(QUELLE: MICROTRONICS)



²⁴ www.microtronics.com

Low-Power Framework von BARTEC

Für IIoT-Retrofits in der Prozessindustrie bietet BARTEC basierend auf der führenden Technologie von Microtronics ein skalierbares und protokollunabhängiges Framework zur nahtlosen Interaktion von Endgeräten und IT-Systemen an. Die einzelnen Komponenten reichen von der drahtlosen Embedded-Technologie, über Ex-zertifizierte Hardware und Software bis hin zur einfach integrierbaren M2M-Plattform mit internationaler Datenübertragung zum Einheitstarif. (BILDQUELLE: MICROTRONICS)



Zusammenfassung: Erfolgsfaktoren der Datenübertragung

Ein Kommunikationsansatz für ein nahtloses Interagieren von IIoT-Geräten mit übergeordneten IT-Systemen muss in vielfacher Hinsicht überzeugen:

- 1. Effizienz** – schlankes Übertragungsprotokoll, geringes Datenvolumen, hohe Reichweiten, energieeffiziente Hardware, Mesh-Netzwerke
- 2. Sicherheit** – mehrstufiges Sicherheitskonzept (Datenverschlüsselung, Geräte- und Hardware-Authentifizierung, vgl. 5.5), mehrschichtige „Ende-zu-Ende“-Verschlüsselung, Gerätevirtualisierung, zertifizierte Sicherheit durch Standardprotokolle
- 3. Stabilität** – optimierte und zertifizierte Hardware-Komponenten, hohe Verfügbarkeit: Spiegelung von Daten und Software: vollständige und richtige Datenübertragung und -synchronisierung, etc.
- 4. Internationalität** – internationale Netzabdeckung, weltweites Device-Management mit europäischem oder globalem Footprint, direkte Kostenkontrolle der Geräte, voll automatische und konfigurationsfreie Datenübertragung (Plug & Play), globale und lokale Zertifikate
- 5. Zukunftssicherheit** – Standardprotokolle, Standard-Hardware, Verfügbarkeit der Bauteile (große, etablierte Hersteller)

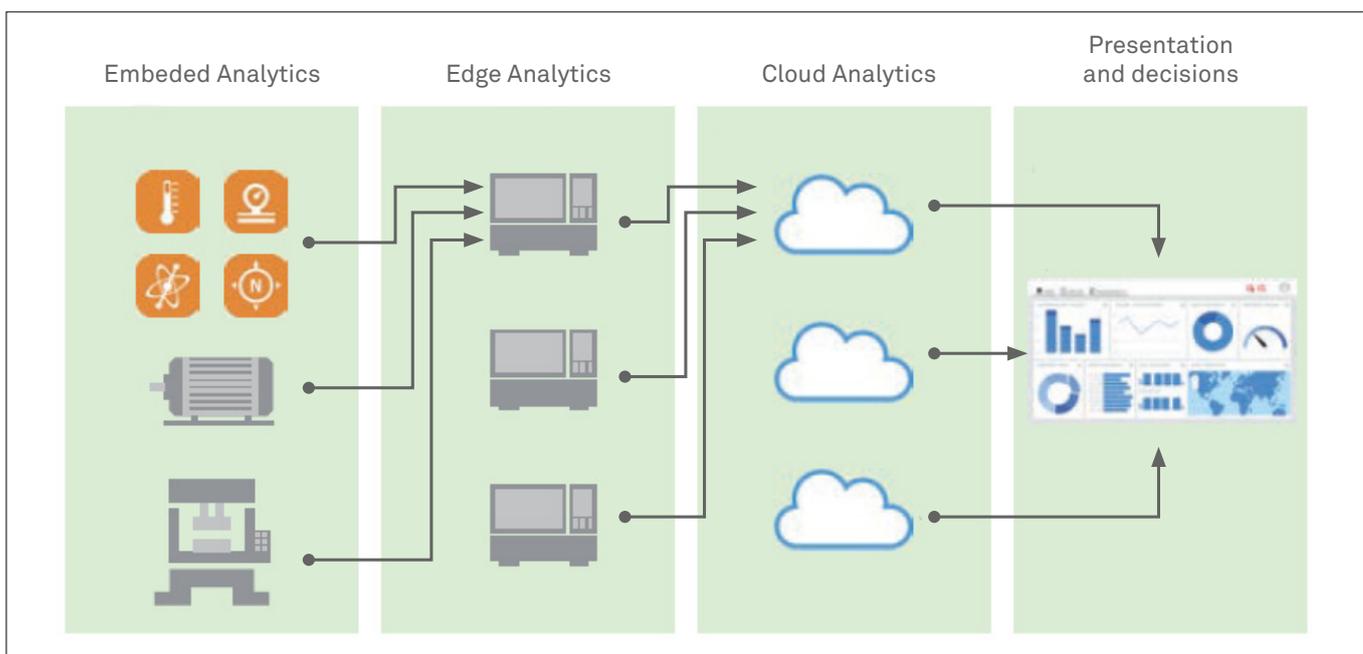
5.3. Edge Processing – Datenvorverarbeitung am „Rand“

Je mehr Arbeit ein IIoT-Gerät leisten kann, desto weniger Ressourcen sind später in der Cloud aufzuwenden. Im Rahmen des sogenannten Edge Processings werden gesammelte Daten noch im Feld oder an dessen „Rand“ (evtl. im sicheren Bereich) gefiltert oder vorverarbeitet. Durch die entsprechende Datenreduktion lassen sich Bandbreiten und der Energieverbrauch batteriebetriebener Sensoren und Geräte schonen, vor allem aber kurze und schnelle Rückkopplungsschleifen im Prozess realisieren. Im Zuge des Edge Processings lässt sich mithilfe eines MQTT Brokers auch die Datenrate regulieren, so dass eine Übertragung beispielsweise in einem definierten Intervall (z.B. Every „x“ minute) oder nur nach dem Über- oder Unterschreiten eines Schwellenwertes (Threshold) erfolgt. Dies ist insbesondere bei Bildsensoren wichtig, die 3D- und IR-Kamerabilder mit Referenzbildern vergleichen (Visual Threshold) oder bei der Vibrationsanalyse. Hier kann das Edge Processing sogar zu einem selbstlernenden System führen, das über einen längeren Zeitraum die Grundcharakteristik der noch „gesunden“ Pumpe „gelernt“ hat und anhand der aktuellen Werte signifikante Abweichungen erkennt. Erst dann werden die Daten in die Cloud für weitere Analysen eskaliert. Der Anbieter SAVVY setzt ein solches Verfahren zur weltweiten Erkennung von Bremsschäden an Kesselwagenrädern ein.

Lokale oder globale Datenverarbeitung?

Der Grad des Edge Processings leitet sich von dem geforderten Grad an Genauigkeit und Aktualität der Daten ab jenseits von Echtzeit-Anforderungen. Ziel ist es, das gewünschte Ergebnis mit einem unter wirtschaftlichen und qualitativen Kriterien optimalen Verhältnis von lokaler und globaler Datenverarbeitung zu erreichen. So ist beispielsweise bei der Bilderkennung Edge Processing der beste Weg, da nur im Fall von Abweichungen von den Referenzbildern eine Datenübertragung angestoßen wird. Das spart Bandbreite und Energie, im Falle batteriebetriebener Gateways²⁵. Im Ex-Bereich ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass lokale Rechenleistung stets mit einer Wärmeentwicklung verbunden ist, was die Möglichkeiten des Edge Processings gegebenenfalls im Vergleich zum sicheren Bereich einschränkt. Falls möglich sollten häufige oder größere Rechenaufgaben außerhalb von Ex-Zonen stattfinden. Dabei können auch Gateways einfache Edge Processing Funktionen mitübernehmen. MQTT Broker wie Mosquitto laufen hierfür unter Linux auf verschiedenen Plattformen wie PC, Raspberry Pi oder Arduino.

Verteilte Rechenpower für einen optimalen Datenfluss: von der lokalen Ebene über Edge Processing bis zur Cloud-Analyse.
(QUELLE: KNOWTION)



²⁵ Vgl. Kapitel 5.4

5.4. Gateways – Datensammlung und -weiterleitung

Sind die Messdaten erhoben, müssen sie gesammelt und zur Auswertung übertragen werden, zum Beispiel in eine Cloud oder an einen lokalen Server. Diese Aufgabe setzen sogenannte Gateways physikalisch und logisch um. Gateways können eigene Hardware-Komponenten darstellen oder softwarebasiert auf einer Standard-Hardware Standard-Hardware laufen, z.B. einem Industrie-PC. Damit dieses Schlüsselement für den IIoT-Aufbau letztendlich aber überall einsetzbar ist, muss die jeweilige Hardware stets auch für den jeweiligen Bereich zertifiziert sein. Hier gibt es Lösungen bis ATEX Zone 1. Die Datenweiterleitung kann nach Anforderung kabelgebunden oder drahtlos erfolgen²⁶. Der Vorteil einer drahtlosen Anbindung besteht in der einfachen und zeitnahen Nachrüstung, einer tendenziell kürzeren Projektlaufzeit und es ist ggf. im laufenden Betrieb, also ohne Shutdown, möglich. Zu berücksichtigen ist hierbei allerdings der turnusmäßige Batterietausch, der sich ggf. im Rahmen der neuen IIoT-Service-Modelle abbilden lässt²⁷.

Erfolgskriterien für Ex-Gateways

Mit entsprechender Rechenleistung ausgestattet, kann das Gateway auch Daten vor- oder weiterverarbeiten (vgl. 5.3). Dabei kann die Hardware flexibel verortet sein: Während Geräte mit viel Rechenkapazität typischerweise im Schaltschrank untergebracht sind, werden in unmittelbarer Nähe zur Datenquelle eher kompaktere, batteriegetriebene Einheiten montiert. Selbst Beleuchtungskomponenten bieten dank vorhandener Spannungsversorgung eine einfache und kosteneffiziente Möglichkeit zur Unterbringung von Gateways und können ggf. sogar Teil eines LPWAN-Mesh-Netzwerks werden²⁸. Zur drahtlosen Verbindung mit Drahtlos-Sensorik nutzen viele Gateways den energieeffizienten Funkstandard Bluetooth LE (Low Energy). Über diesen Standard können sich auch Smartphones mit dem Netzwerk verbinden, um beispielsweise einfache Parametrierungen vorzunehmen. Bei Bedarf können mehrere Gateways auch ein Kurzstreckenfunk-Mesh-Netzwerk nach dem weltweiten Standard IEEE 802.15.4 bilden und so Daten über mehrere hundert Meter bis zur nächsten Basisstation weiterreichen²⁹. Ein weiteres Erfolgskriterium bilden die Protokolle für den Datentransport zum Cloud-Server. Diese müssen leistungsfähig („rich“) genug für die jeweiligen Anwendungen sein³⁰. Dies ist sowohl bei den meisten Industrieprotokollen der Fall, als auch bei den höherwertigen Industrie 4.0-Protokollen wie OPC UA oder MQTT.

Robust und nachrüstbar: BARTEC Gateway-Lösung

Das batteriebetriebene, einfach nachrüstbare Gateway von BARTEC ist für ATEX Zone 1 und 2 verfügbar. Die von Microtronics entwickelte Lösung erfasst Daten von industriellen Sensoren über eine analoge 4-20mA Normschnittstelle sowie Bluetooth LE. Die Datenübertragung an die zentrale Weboberfläche erfolgt mittels 3G / 4G. Das IP68 Gehäuse bietet Chemikalienbeständigkeit und hohe Robustheit für den industriellen Einsatz. Die Batterielaufzeit beträgt 24 Monate bei einem 5-Sekunden-Messintervall. Die Messstellen lassen sich standortunabhängig über das Internet verwalten, konfiguriert wird das Gateway per Smartphone-App oder Webschnittstelle. Ein mehrstufiger Sicherheitsmechanismus stellt die Richtigkeit der Daten sicher und schützt sie vor unautorisiertem Zugriff.



BARTEC Ex-Gateway

²⁶ Vgl. Kapitel 5.2

²⁷ Vgl. Kapitel 1

²⁸ Vgl. Kapitel 5.2

²⁹ Vgl. Kapitel 5.2

³⁰ Vgl. Kapitel 5.2

5.5. Cloud – lokal oder global?

Die eigentliche Datenverarbeitung erfolgt typischerweise in einer Cloud. Dies kann je nach Policy eine gehostete, private Cloud sein, zum Beispiel im Rahmen von Microsoft Azure, AWS IoT, IBM Watson, etc., oder eine lokale Cloud innerhalb des Unternehmensnetzwerkes (On Premises). Für Big-Data-Anwendungen mit künstlicher Intelligenz (KI)³¹ führt meist kein Weg an den großen Plattformen vorbei. Hier können Rechenkapazitäten bedarfsgerecht skaliert und nutzungsbasiert gemietet werden (Pay per Use)³². Die wesentlichen Erfolgsfaktoren für die Cloud-Strategie bilden Compliance (IT-Security, Datenzugriff, Datenschutz, etc.) sowie die Wirtschaftlichkeit, die sich insbesondere von der Integrierbarkeit in bestehende Unternehmensanwendungen wie Leitzentrale oder Wartungssysteme ableitet.

Sicherheitskonzept und Kundenbedürfnisse entscheiden über die Lösung.

Cloudbasierte Lösungen sind einfacher skalierbar und können die Rechenpower der Cloud nutzen, wenn benötigt. Viele Kunden benötigen Hybrid-Lösungen mit lokaler Speicherung und anschließender Übergabe in die Cloud. Hier kommt es auf die vom Kunden gewünschte Plattform an. IIoT-Lösungen bestehen aber tendenziell aus Hybrid-Lösungen.



Cloud oder Local Storage. Je nach Kunden- und Applikationsbedürfnis sowie Security-Konzept wird die Lösung kundenspezifisch ausgearbeitet.

(QUELLE: I-TECHGEEKS - CLOUD STORAGE VS. LOCAL STORAGE, [HTTPS://WWW.I-TECHGEEKS.COM/2016/01/CLOUD-STORAGE-VS-LOCAL-STORAGE.HTML](https://www.i-techgeeks.com/2016/01/cloud-storage-vs-local-storage.html))

³¹ Vgl. Kapitel 5.6

³² Vgl. Kapitel 1

³³ Vgl. Kapitel 2

5.6. Analyse – Big Data, Algorithmen und KI

Der Zweck der IIoT-Nachrüstung besteht darin, Informationen zu erhalten, die bislang nicht transparent waren und mit deren Hilfe sich die vielfältigen Nutzenpotentiale für die Prozessindustrie erschließen lassen³³. Die wertvolle Informationsgewinnung aus den gesammelten und ggf. vorverarbeiteten Daten kann sich über die drei Ebenen Lokal, Edge und Cloud verteilen und unterscheidet zwei grundsätzliche Vorgehensweisen:

a) Automatische Datenanalyse

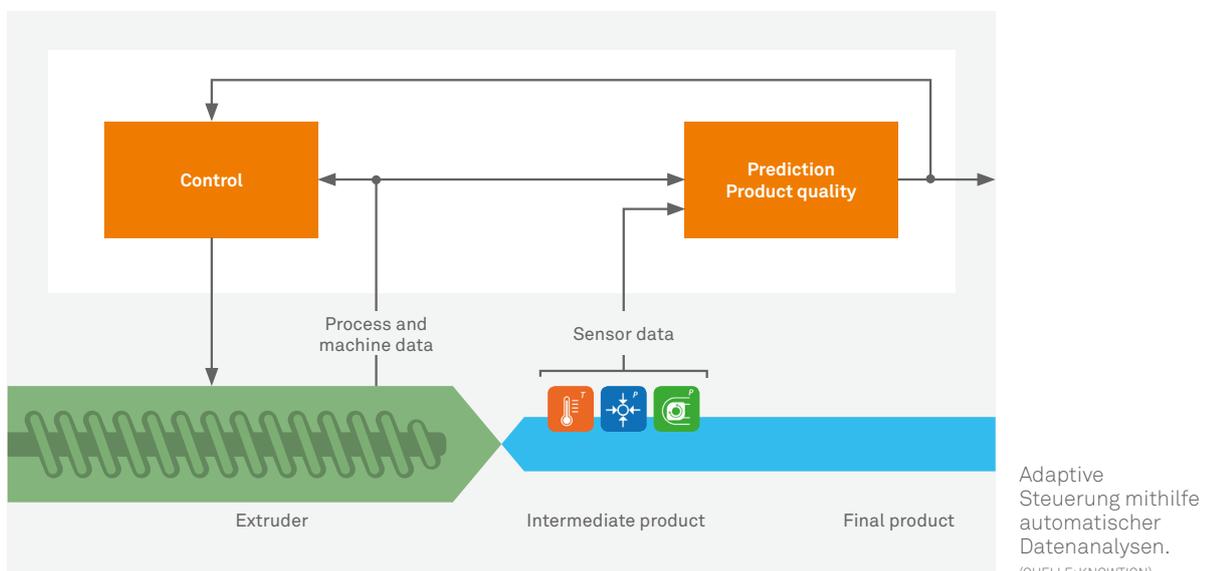
Bei der automatischen Datenanalyse werden Sensordaten automatisch überwacht und mithilfe mathematischer Algorithmen Abweichungen erkannt. Diese Algorithmen extrahieren die gewünschte Information direkt aus den Daten. Hierzu zählen das gesamte Spektrum an Methoden aus dem maschinellen Lernen, wie beispielsweise Lineare Regression, Neuronale Netze, Random Forest oder Hidden Markov Modelle. Eine typische Algorithmen-Pipeline für datengetriebene Ansätze, die auf embedded Sensor-Plattformen umgesetzt werden kann, besteht aus vier Komponenten:

1. Datenvorverarbeitung
2. Merkmalsextrahierung
3. Merkmalsreduktion
4. eigentliche maschinelle Lernalgorithmen

Dazu werden meist große Mengen an Messdaten kontinuierlich bewertet und interpretiert (Big Data), Muster und Abweichungen identifiziert und gegebenenfalls automatisch korrigiert. Die Vorteile dieses Verfahrens:

- Verifizierung der Daten in Echtzeit
- Frühzeitige Erkennung von Ausreißern und Störungen
- Interpretation von Daten, z.B. Prozess läuft wie erwartet / ist abgeschlossen / weicht vom planmäßigen Ablauf ab, etc.

Das typische Anwendungsfeld für automatische Datenanalysen bildet die Überwachung oder die adaptive Steuerung von Prozessen. So lassen sich beispielsweise „intelligente Destillen“ realisieren, die das Prozessende automatisch erkennen. In einem weiteren Beispiel hat der Anbieter Knowtion eine automatische Überwachung der Herstellung von extrudiertem Polystyrol-Hartschaum (XPS) entwickelt. Dabei werden Produktionsprozess und Extruderzustand zur Vorhersage der finalen Qualität und Eigenschaften des Produkts ausgewertet und die Herstellung entsprechend optimiert und geregelt.



b) Sensor Fusion

Der Begriff Sensor Fusion bezeichnet die Kombination und Aggregation von Messungen mit mehreren Sensoren zu einem stimmigen Gesamtbild. Diese Ansätze gehen davon aus, dass physikalisches Hintergrundwissen in Form einer mathematischen Beschreibung vorhanden ist. Diese sogenannten modellbasierten Ansätze kombinieren nun die Sensordaten mit diesem Hintergrundwissen, um dadurch ein genaueres Ergebnis der gewünschten Information zu bekommen. Als bekannteste Vertreter seien hier beispielhaft das Kalman Filter (KF) für lineare Systeme und Unscented Kalman Filter (UKF), Extended Kalman Filter (EKF) oder Partikelfilter (PF) für nichtlineare Systeme genannt. Die Wahl des Filters hängt sehr stark von der jeweiligen Anwendung ab. Eine typische Algorithmen-Pipeline für modellbasierte Ansätze, die auf embedded Sensor-Plattformen umgesetzt werden kann, besteht aus drei Komponenten:

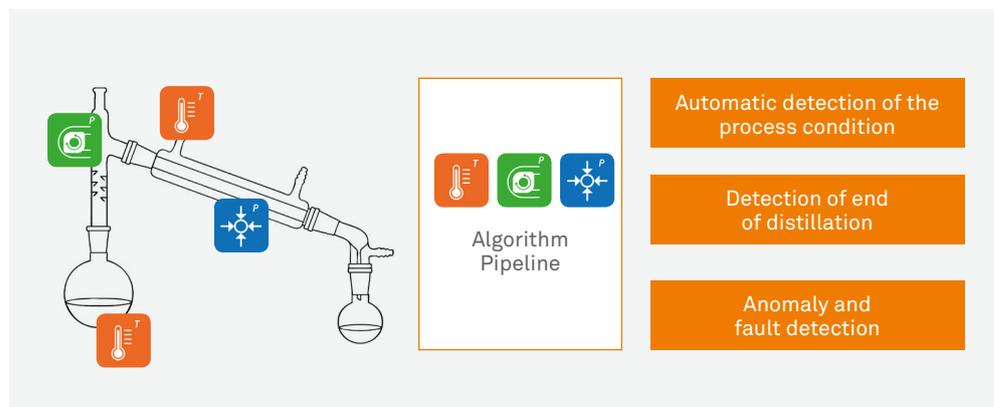
1. Ausreißerererkennung
2. Prädiktionsschritt
3. Filterschritt

Indem verschiedene Sensorarten zu einem neuen virtuellen Sensor verschmelzen, lassen sich real nicht erhobene Daten berechnen. Die Verknüpfung durch mathematische Modelle schafft so einen Mehrwert durch zusätzliches Wissen aufgrund von Zusammenhängen und Korrelationen³⁴. Dabei können auch Investitionskosten Vorteile entstehen, da das konsolidierte Gesamtergebnis mehrerer kostengünstigerer Sensoren gleichwertig oder besser sein kann, als die Auswertung weniger, dafür aber hochpräziser oder teurer Spezialsensoren. Die weiteren Vorteile:

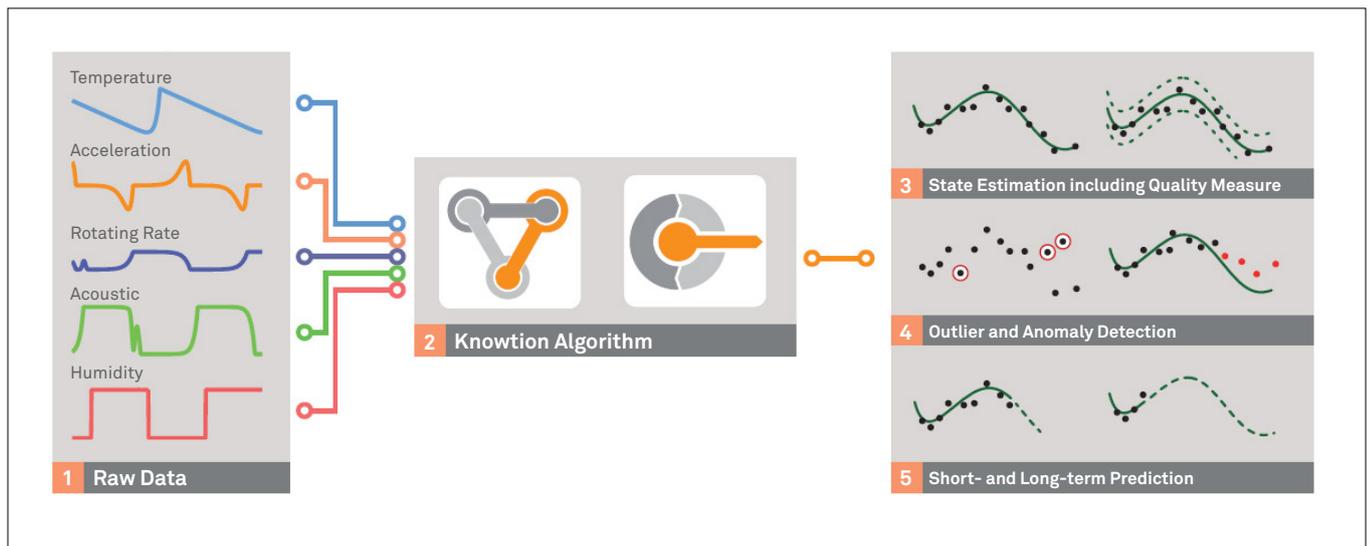
- Größere Informationsmenge
- Geringere Investitionskosten bei vergleichbarer Genauigkeit
- Verbesserte Sensorabdeckung und Zuverlässigkeit durch Kombination verschiedener Sensoren

Einen wichtigen Anwendungsbereich von Sensor Fusion bilden Softsensoren. Diese werden beispielsweise zur automatischen Störungs- und Fehlererkennung eingesetzt. So zum Beispiel im Laststufenschalter von Leistungstransformatoren, wobei bislang unsichtbare Ursachen wie Gaskonzentrationen im Transformatoröl sichtbar werden. Weitere typische Use-Cases bilden die Überwachung, Erkennung und Prognose von Prozess- und Anlagenzuständen.

Intelligente Destille:
Automatische Regelung
der Destillation bei
unbekannter Menge und
Art der Flüssigkeit.
(QUELLE: KNOWTION).



³⁴ Vgl. folgendes Kapitel



Maßgeschneiderte Analysen

Für die automatische Datenanalyse entwickeln und programmieren Anbieter wie Knowtion³⁵ unter Zuhilfenahme von KI gezielt Software nach bestimmten Standards bezüglich Qualität und Sicherheit. Die Sensor Fusion hingegen basiert auf mathematischen Algorithmen und Modellen, die mithilfe von KI und Machine Learning aus Rohdaten höherwertige Informationen gewinnen. Hierfür erstellen die Experten im Rahmen eines agilen Prozesses verschiedene Lösungsansätze und evaluieren diese mithilfe von Simulation (z.B. in Matlab). Damit lassen sich folgende Typen von Use-Cases umsetzen:

1. Selbstüberwachung von Sensorsystemen
2. Fehler erkennen
3. Größen ermitteln / vorhersagen
4. Ausfälle / Fehler vorhersagen
5. Sensoren tracken und verfolgen (Track & Trace)
6. Prozesse adaptiv regeln (anhand von Korrelationen mit Randbedingungen)

Datenauswertung mithilfe von Modellen und Algorithmen.

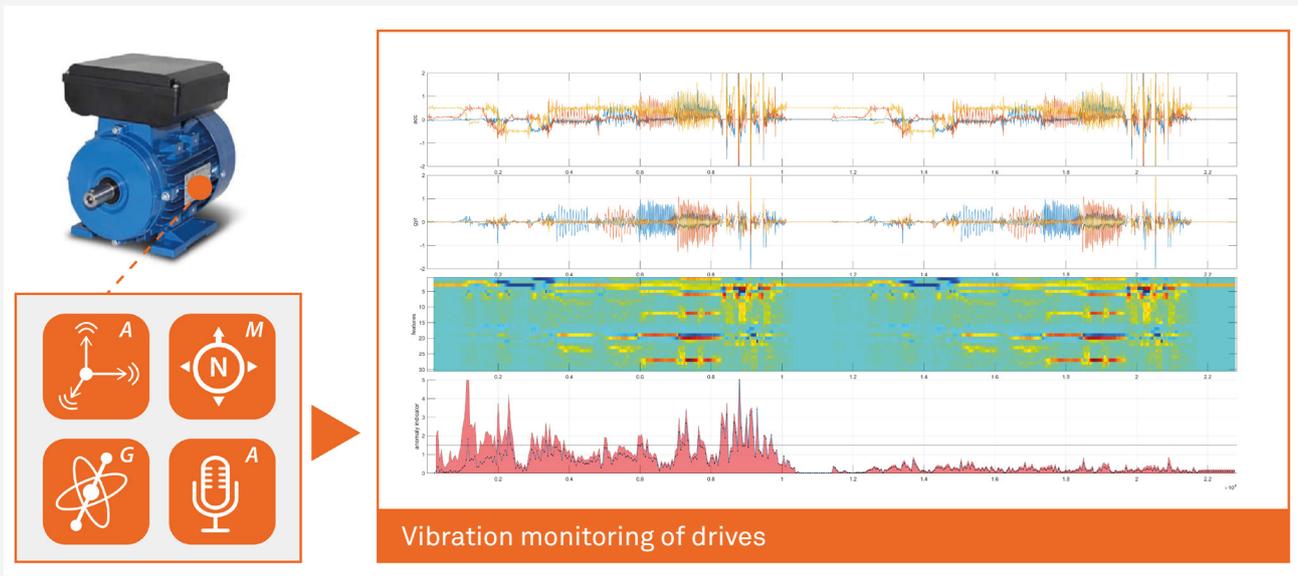
(QUELLE: KNOWTION).

³⁵ www.knowtion.de

Beispiel: Lokale Anomalieerkennung auf IIoT-Geräten

Die oben genannten Algorithmen der modellbasierten und datengetriebenen Ansätze können sogar soweit optimiert werden, dass diese auch auf IIoT-Geräten implementiert werden können. Dies soll an dieser Stelle beispielhaft für die Anomalieerkennung in zwei unterschiedlichen Anwendungen gezeigt werden; einmal der Vibrations-Überwachung eines Gleichstrommotors und der Trajektorienüberwachung von Industrierobotern. Die Algorithmen für beide Anwendungen sind identisch, lediglich die Parametrierung ist unterschiedlich, d.h., bei der Vibrationsüberwachung ist das berücksichtigte Zeitintervall kurz und bei der Trajektorienüberwachung eher länger. Durch die Begrenzung der Hardware leiten sich dann auch für die restlichen Algorithmen-Parameter unterschiedliche Werte ab. Als Eingangsdaten wurden die Beschleunigungs- und Gyroskopdaten mit einer Abtastung von jeweils 1 kHz benutzt. Bei der Vibrations-Überwachung wurden zusätzlich noch die Mikrofon- und Magnetfelddaten als Eingangsdaten benutzt, um auch andere Auffälligkeiten wie beispielsweise akustische Veränderungen zu berücksichtigen. Durch diese Kombination der Sensoren über intelligente Algorithmen wurde die Detektionsgenauigkeit drastisch erhöht.

Die Ergebnisse der lokalen Berechnung auf der Sensor-Plattform sind in den oberen Abbildungen beispielhaft dargestellt. In beiden Beispielen sind die Beschleunigungs- und Gyroskopdaten, die lokal abgeleiteten Merkmale und der lokal berechnete Anomalieindikator dargestellt. Es ist zu erkennen, dass dieser Indikator bei neuen Signalverhalten stark ansteigt und bei nochmaligem Auftreten sehr viel niedriger ist, d.h., das neu erkannte Signal wurde durch den Lernalgorithmus in dem Modell berücksichtigt und aktualisiert. In der praktischen Anwendung würde, nachdem der Algorithmus alle „Gut-Daten“ gesehen hat, ein Benutzer das Training beenden, um ein stabiles Verhalten zu erreichen.“



Vision: Die selbstlernende Anlage

IIoT und künstliche Intelligenz (KI) ergänzen sich perfekt. Denn das IIoT liefert mit seiner verbundenen Sensorik und den darüber erhobenen Daten den nötigen Rohstoff für die KI. Die KI wiederum kann das IIoT verbessern, indem sie große Mengen an Sensordaten mithilfe von Machine Learning auswertet, Messfehler glättet und strukturierte Daten liefert und somit den Datenaustausch robuster macht. Die Fähigkeit, Kontext zu bilden, eingehende Informationen zu interpretieren und entsprechende Aktionen auszulösen, kann letztlich auch zur intelligenten Steuerung und Optimierung des Gesamtsystems beitragen³⁶. Das gemeinsame Potential von KI und IIoT erscheint dementsprechend im industriellen Umfeld noch um ein Vielfaches größer als im Consumer Markt³⁷. Zur Verdeutlichung ein Beispiel aus der Automobilindustrie: Die Technologie hinter dem Tesla-Service Autonomes Fahren beinhaltet ein selbstlernendes System, das Daten ständig erfasst und auswertet, um davon zu lernen und sich selbst zu verbessern³⁸. Die Grundlage hierfür bilden maschinelle Lernalgorithmen, die drahtlose Verbindung des Fahrzeugs und detaillierte Karten- und Sensordaten, die Tesla sammelt. Die gesamte Tesla-Flotte ist immer online und arbeitet im Verbund. Wenn ein Auto etwas lernt, lernen sie es alle. Denn die Software wird „over the air“ aktualisiert. In der Zukunft könnten so auch Anlagen auf diese Weise lernen, um ihren Betrieb zu optimieren, und ihr Wissen darüber im Unternehmensverbund teilen.

In Zukunft könnten selbstlernende Anlagen den Betrieb optimieren und das bestehende Wissen im Unternehmensverbund teilen.



³⁶ <https://digitaleweltmagazin.de/2018/02/20/iiot-und-ai-eine-co-evolution/>

³⁷ <https://aibusines.com/ai-nothing-without-iiot/>

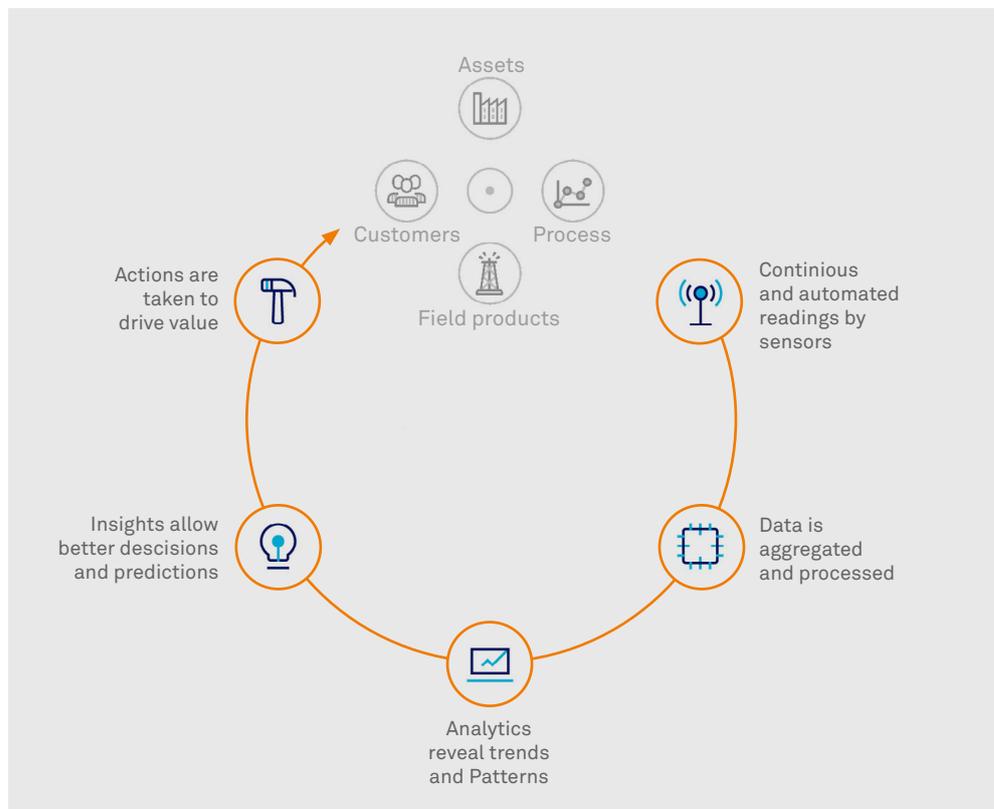
³⁸ <http://fortune.com/2015/10/16/how-tesla-autopilot-learns/>

Mitarbeiterbefähigung durch Self-Service Analytics

Das wachsende Angebot an Analytics-Diensten lässt sich grob in drei Gruppen mit unterschiedlichen Bedürfnisse einteilen:

1. Generische Angebote großer IoT-Plattformen wie Microsoft Azure IoT³⁹ oder AWS IoT Analytics⁴⁰ mit adaptierbaren Default-Funktionen
2. Maßgeschneiderte Lösungen von Expertenfirmen, die Algorithmen und Modelle entwickeln und evaluieren
3. Self-Service Analytics, die Mitarbeiter zu Analysen aus den vorhandenen Daten und Zeitlinien befähigen

Die großen Plattformanbieter punkten insbesondere mit beliebig skalierbarer Rechenpower und vorgefertigten, leicht anpassbaren Analysen und Dashboards. Darüber hinaus ermöglichen leistungsfähige Skript-Sprachen auch maßgeschneiderte Analysen. Die Stärke der auf IIoT-Analysen spezialisierten Software-Firmen liegt in ihrer hohen Entwicklungs- und Anwendungskompetenz. In beiden Fällen ist aber ein mehr oder weniger hohes Maß an internem oder externem Know-how nötig, um die passenden Analysen zu entwickeln. An dieser Stelle setzt ein innovatives Self-Service Angebot des Anbieters Trendminer⁴¹ an. Mit einfach zu erlernenden Tools können Prozess- und Asset-Verantwortliche selbst einfache Analysen durchführen, Maßnahmen ergreifen, Abläufe kontinuierlich verbessern und das erworbene Wissen im Unternehmen teilen. So geben beispielsweise Zeitlinienvergleiche Aufschluss über die Ursache von Prozessstörungen.

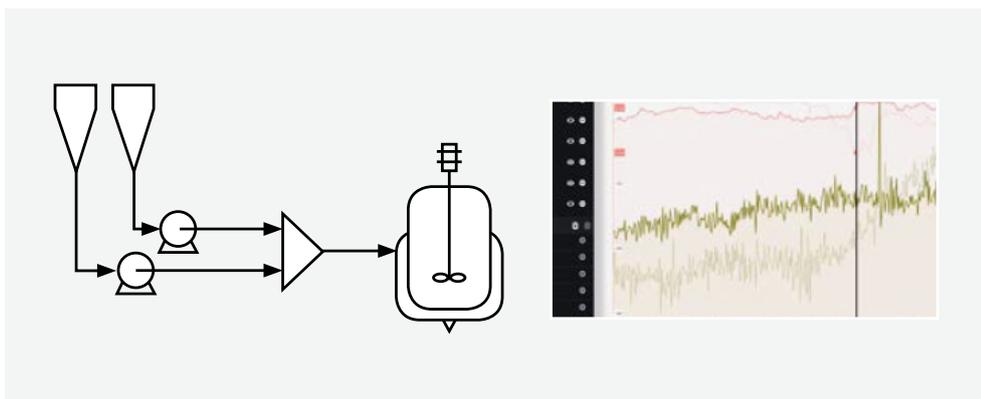


Self-Service Analytics befähigen Prozess- und Asset-Verantwortliche dazu, Abläufe kontinuierlich zu verbessern.
(QUELLE: TRENDMINER.)

³⁹ <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/iot/industry/process-manufacturing/>

⁴⁰ <https://aws.amazon.com/de/iot-analytics/>

⁴¹ <https://www.trendminer.com/>



Self-Service Analyse bei der Polymerproduktion: In diesem Fall erkennt der Prozessverantwortliche die Ursache eines wiederkehrenden Problems durch Überlagerung mehrerer Messkurven.

(QUELLE: TRENDMINER).

Zusammenfassung IIoT-Analytics – Erfolgsfaktoren

In der Analytics-Schicht werden die gesammelten und ggf. vorverarbeiteten Messdaten in verwertbare Informationen umgewandelt. Sie bestimmt folglich maßgeblich den Return of Invest, ist aber auch direkt von der Qualität und Zuverlässigkeit der Datenerhebung abhängig. Der wesentliche Erfolgsfaktor besteht folglich in einer gut verzahnten Informationskette und der perfekten Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Lösungen und Partnern – spätestens ab der Cloud-Ebene. Wesentliche Voraussetzungen für eine lückenlose Informationskette sind:

- Hardware-Kompatibilität (Partner- und Kundensysteme)
- Nahtlose Zusammenarbeit von Gerätelieferanten mit Beratungsunternehmen und Systemintegratoren
- Intensiver, kontinuierlicher Austausch

Als ganzheitlicher Lösungsanbieter steht BARTEC im intensiven Austausch mit den wirtschaftlich bzw. technologisch führenden Playern im IIoT-Markt. Hierzu zählen Gerätelieferanten wie Samson, Beratungsunternehmen wie die CGI Group⁴², Systemintegratoren wie Augmentsys⁴³ und Service-Anbieter wie Sitech Services⁴⁴, Bilfinger Digital Next, SAVVY oder Trendminer – die Grundlage für nachhaltig erfolgreiche Projekte und gemeinsames Wachstum.

⁴² www.de.cgi.com/de

⁴³ www.augmented-industries.com/

⁴⁴ www.sitech.nl/

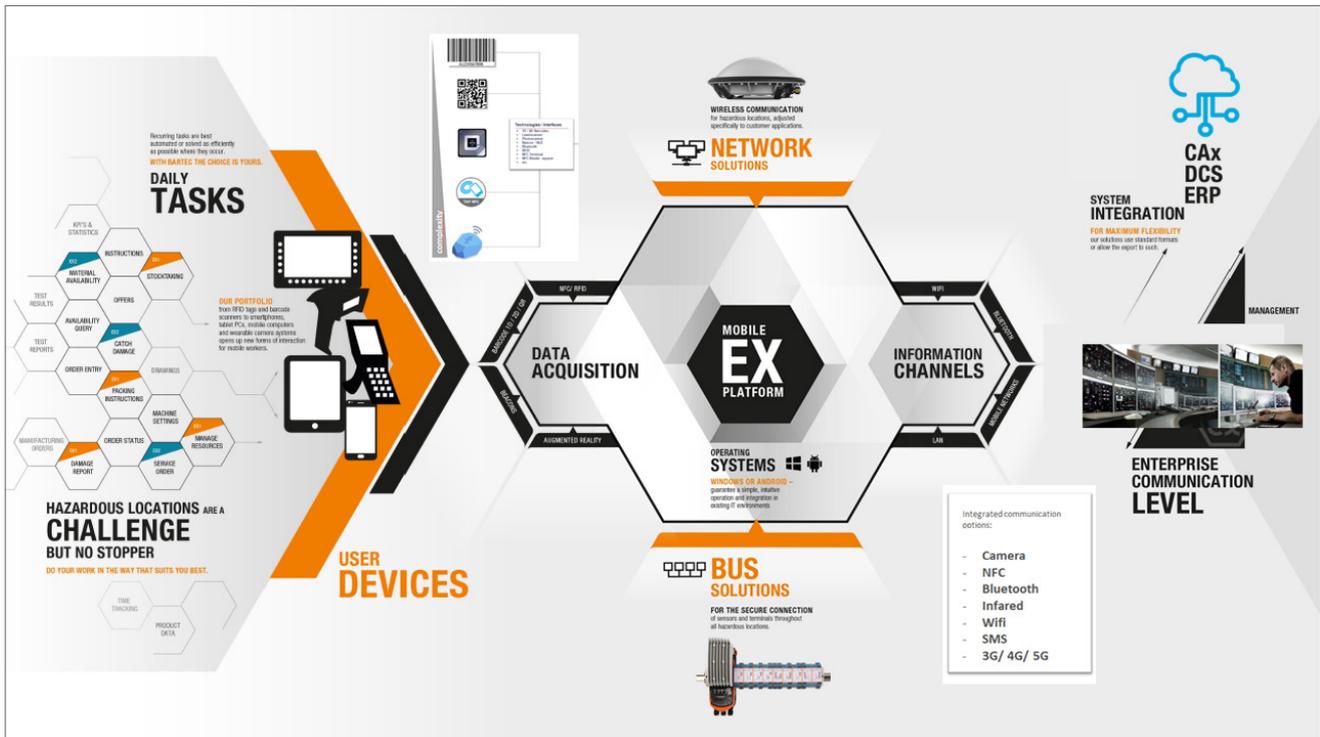
5.7. Applikationsebene – User Devices und Apps

Auch für das letzte Glied der IIoT-Informationskette ist die Zusammenarbeit mit erfahrenen Partnern unerlässlich für den Projekterfolg. Neben den notwendigen Schnittstellen (APIs) zur Integration in die Unternehmens-IT erfordert auch die Visualisierung auf unterschiedlichen HMIs im Ex- und Non-Ex-Bereich entsprechendes Know-how. Die Erfolgsfaktoren sind hier:

- Hohe Anwenderakzeptanz
- Minimale IT-Kosten
- Plattformunabhängige Darstellung (Apps)

Als erfahrener Lösungsanbieter überzeugt BARTEC mit einem durchdachten, modularen und skalierbaren Lösungskonzept zur Visualisierung und Interaktion in Ex-Bereichen – von stationären PC- und Thin Client-basierten HMIs bis hin zu mobilen Endgeräten wie Tablet-PCs und Smartphones mit entsprechend zertifiziertem Zubehör. Wichtig für die Akzeptanz durch die IT-Abteilung sind neben einer Plattform zum Mobile Device Management (MDM) auch standardisierte Lösungen wie die Agile Tablet-PC-Serie, die als einheitliche Plattform für Ex- und Non-Ex-Bereiche Projekt- und IT-Managementkosten minimiert. Für umfassende Digitalisierungsprojekte liefert BARTEC aus einer Hand auch zertifizierte Automatisierungstechnik, darunter HMIs, Remote-I/O- und Bus-Systeme sowie Schalt- und Steuerungskomponenten⁴⁵. Diese Gesamtplattform wird laufend in Zusammenarbeit mit weiteren führenden Anbietern erweitert.

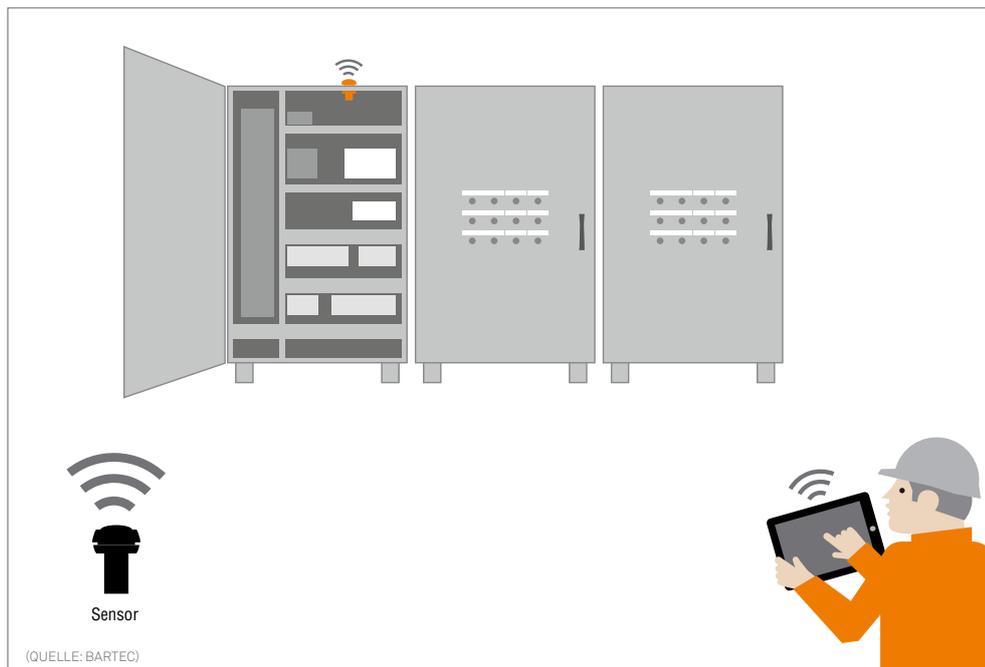
BARTEC Portfolio & Durchgängigkeit der digitalen Plattform.
(QUELLE: BARTEC)



⁴⁵ www.bartec.de/de/produkte/automation-enterprise-mobility/

6 Konkrete Umsetzungsbeispiele

6.1. Beacon / RHT-Sensor zur Vereinfachung von O&M



Sensoren schicken ihre Messdaten via Bluetooth oder verkabelt an ein Gateway. So lassen sich bislang nicht vorhandene Daten sammeln und zur Verfügung stellen, um sie beispielsweise für digitale Prozesse zu verwenden.

Vorteile:

- Erhöhte Anlagenverfügbarkeit: kein Öffnen der Schaltschranktür oder des Ex d Gehäuses nötig (Anlagenabschaltung)
- Einfache und schnelle Installation / Retrofit
- Erhöhung der Transparenz: Zeitstempel für Inspektionen / Wartung (Datum / Uhrzeit / Person der Inspektion)
- Hinterlegen von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsdaten (Schwellwerte bei Unter- / Überschreiten) und damit eine Kontrolle zum Einsatzbereich im Fall von Fehlern
- Komfortable Überwachung direkt im Leitsystem des Kunden (integriert über standardisierte Schnittstellen)
- Komfortable Überwachung direkt im optional verfügbaren Leitsystem
- Zuverlässige Datenübertragung

6.2. Track & Trace von mobilen Assets unter Ex-Bedingungen (SAVVY)

In der Öl-, Gas- und Chemieindustrie werden weltweit riesige Mengen an wertvollen, aber auch gefährlichen Gütern produziert und transportiert. Heute fehlt den Unternehmen die Transparenz in der Supply-Chain, um festzustellen wo die Güter sind bzw. wo sich ihr Kapital befindet, und ob es Störungen im Transport gibt oder gefährliche Situationen entstehen können. Um diese Transparenz herzustellen, hat SAVVY eine Standardlösung entwickelt für folgende Anwendungsfälle:

Der Anwender überwacht die Prozessparameter vom Produkt, von der Anlage sowie der Lieferkette in Echtzeit, und dies in stationären und speziell dezentralen Anlagen sowie in weltweit mobilen Behältern (Bahngüterwagen, Tankcontainern und Containern), unter rauesten und explosionsgefährdeten Bedingungen, um die Sicherheit und Verfügbarkeit von Produkt und Anlage jederzeit zu gewährleisten.

Der Anwender wird über eine Abweichung der Prozessparameter vom erwarteten Zustand automatisch informiert. Aktuelle sowie historische Werte sind weltweit über das SAVVY Synergy Enterprise Portal einsehbar bzw. können in das ERP-System des Anwenders integriert oder mit externen Beteiligten geteilt werden.

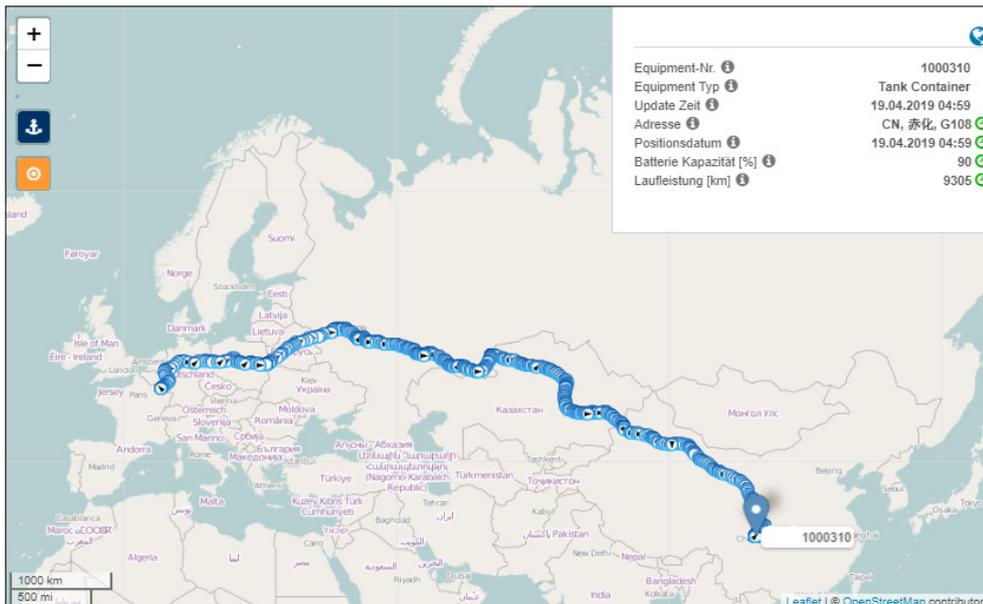
Der Betrieb der bestehenden Anlage oder der mobilen Behälter wird durch die Installation der Überwachungslösung nicht beeinflusst. Die Lösung ist nachrüstbar, mit minimalem Eingriff an der bestehenden Anlage, um die Installationskosten und Ausfallzeiten gering und die Prüfaufwände minimal zu halten.

Die Lösung ist einfach erweiterbar und anpassbar, um flexible mit dem Projekt oder dem Betrieb der Anlage zu wachsen.

Die Überwachungslösung kombiniert Sensoren mit weltweit zugelassener, standardisiert IEEE 802.15.4 Funktechnologie und LTE Cat M1 mit NB-IoT sowie 2G Backup Mobilfunknetzwerken. Somit ist die Lösung nicht mehr durch kabelgebundene

Folgendes Beispiel zeigt die Montage des Ex-Telematikgerätes SAVVY® CargoTrac-Ex an einem Containertragwagen von WASCOSA.





Folgendes Beispiel zeigt die Überwachung eines Containers auf der neuen Seidenstraße zwischen Europa und China. Dabei werden Stöße, Stillstandszeiten und Fahrplanabweichungen überwacht.

(QUELLE: SAVVY)

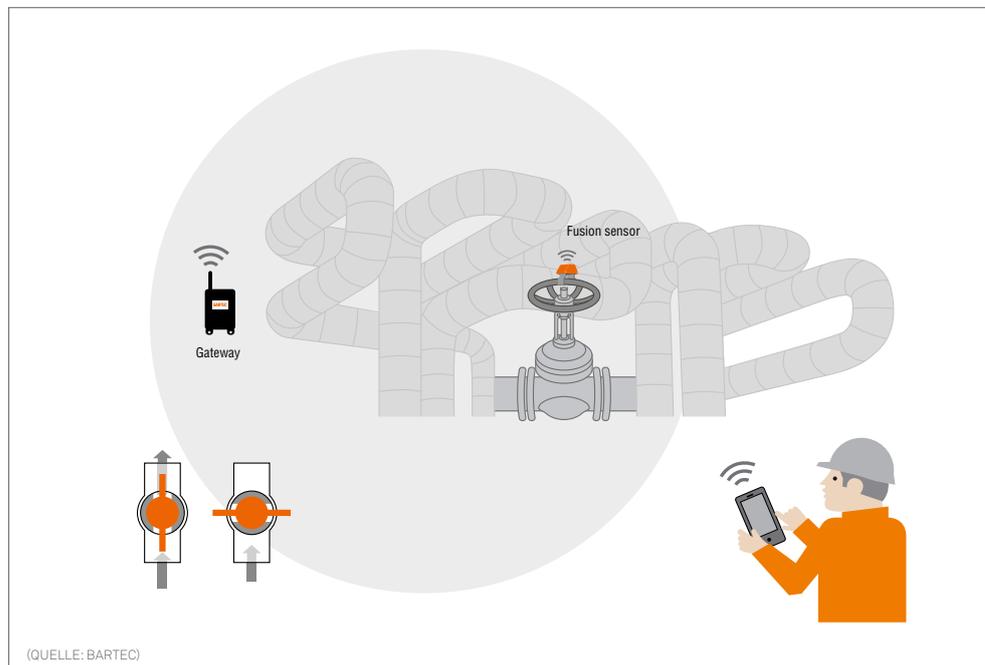
Installationen limitiert und ermöglicht gleichzeitig eine erhöhte Zuverlässigkeit bei geringen Lebenszykluskosten. Kritische Daten sind mittels 128-Bit-AES-Sicherheitsschlüsseln geschützt.

Das SAVVY® CargoTrac-ExR-M1 Telematikgerät darf Gefahrenzonen mit potentiell explosiven Atmosphären befahren, denn das Telematikgerät ist gemäß der Richtlinie 2014/34/EU für explosionsgefährdete Bereiche der Zonen 1 (Gasgruppe IIC) und 21 (Staubgruppe IIIC) zugelassen und darüber hinaus noch IECEx-zertifiziert. Die Überwachungslösung ist dank hocheffizienter Batterieversorgung komplett autark und wartungsfrei mit Ausnahme von Batteriewechsel nach z.B. 10 bis 15 Jahren.

Vorteile:

- Transparenz in der Supply-Chain für den Versender und den Empfänger sowie für alle am Transport beteiligten Dienstleistern
- Estimate-of-Arrival (ETA) Bestimmung
- Gefahrenerkennung dank Sensorik
- Predictive Maintenance dank On-Board Vibrationsanalyse
- Lokalisierung von Beschädigungen an Produkt oder Behälter
- Erhöhte Anlagen- und Behälterverfügbarkeit
- Reduzierung von Ausfällen dank unmittelbarer Eingriffsmöglichkeiten
- Komfortable Überwachung direkt im Leitsystem des Kunden (integriert über standardisierte Schnittstellen)
- Komfortable Überwachung direkt im SAVVY Synergy Enterprise Webportal
- Zuverlässige und sichere weltweite Datenübertragung
- Einfache und schnelle Installation / Retrofit auch im laufenden Betrieb

6.3. Ventilstandüberwachung



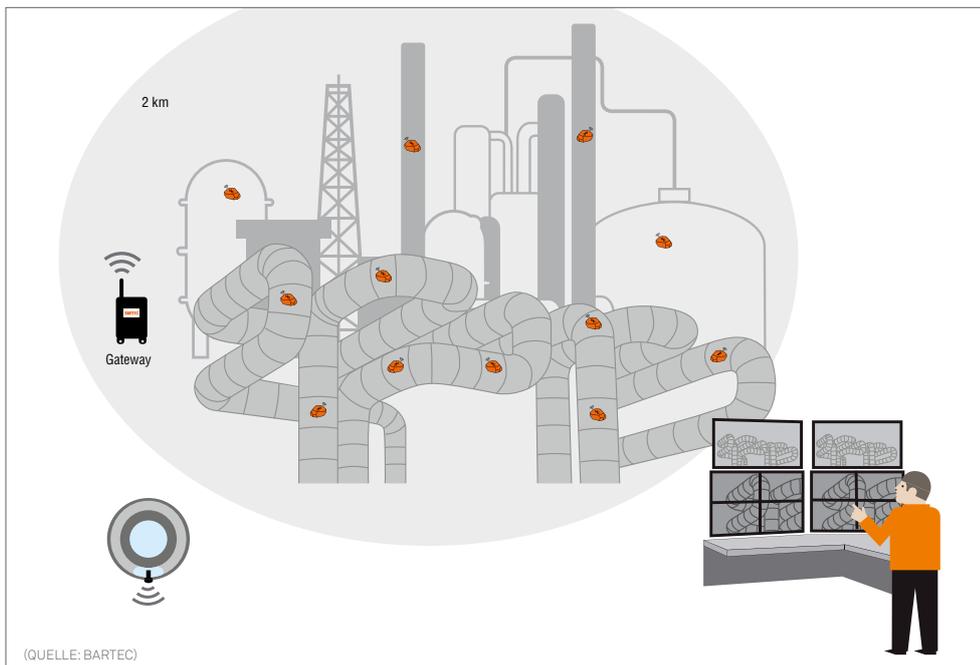
In Prozessanlagen gibt es eine hohe Anzahl von Handventilen, viele Bestandsanlagen arbeiten damit seit langer Zeit erfolgreich und effektiv. Um den Prozessbetrieb zu optimieren und Fehlbedienungen zu verhindern, werden Ventilstellungen zunehmend überwacht. Hierfür wird ein Ventilstandsensoren am Ventil angebracht. Im Fall einer Positionsänderung sendet dieser ein Signal an ein Gateway. Dieses übermittelt die Information in den Kontrollraum, wo das Personal die Ventilstellungen überblicken kann.

Vorteile:

- Erhöhte Anlagenverfügbarkeit durch kontinuierliche Ventilstellungsüberwachung
- Reduzierung von Ausfällen dank unmittelbarer Eingriffsmöglichkeiten
- Komfortable Überwachung manueller Anlagenteile direkt im Leitsystem
- Zuverlässige Datenübertragung
- Einfache und schnelle Installation / Retrofit



6.4. Korrosionsüberwachung von Pipelines



Die Korrosionsüberwachung von Rohrleitungen auf einwandfreie Funktion ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verfügbarkeit, Leistung und Sicherheit von Anlagen. Das Qualitätsmanagement dieser Rohrleitungssysteme umfasst eine gründliche Ist-Zustandsanalyse. Diese findet heute durch Sichtprüfung und hauptsächlich beim Anlagenstillstand (Shutdown) statt. Eine digitale Überwachung birgt große Potentiale für Service-Unternehmen und letztendlich für den Betreiber / Eigentümer.

Hierfür werden Sensoren zwischen Isolation und Rohrleitung angebracht. Diese senden die Position / Temperatur und Luftfeuchtigkeit via Bluetooth an ein Gateway. Hier werden die Daten gesammelt zum Kontrollraum bzw. in ein Auswertungssystem in die Cloud gesendet. Über geeignete Algorithmen lässt sich die Korrosion nun in Abhängigkeit von Umgebungstemperatur und Prozess betrachten.

Vorteile:

- Erhöhte Anlagenverfügbarkeit durch kontinuierliche Überwachung
- Reduzierung von Ausfällen dank unmittelbarer Eingriffsmöglichkeiten (Transparenz)
- Einsparung manueller, teurer Tests durch automatische Messungen
- Komfortable Überwachung von Leitungsteilen direkt im Leitsystem
- Zuverlässige Datenübertragung
- Einfache und schnelle Installation / Retrofit

7 Barrieren und Erfolgsfaktoren für die IIoT-Nachrüstung in Ex-Bereichen

Sicherheit, IT/OT-Integration und unklarer ROI: Diese drei Punkte nennen die Unternehmenskunden von Bain & Company als größte Hindernisse für die IoT-Einführung⁴⁶. Das spiegelt die hohe Priorität wider, die der Markt der Sicherung und Integration von IoT-Netzwerken beimisst. Gegenüber der vorherigen Umfrage hat zudem die Bedeutung von Interoperabilität, Datenübertragbarkeit, Anbieterisiko und Netzwerkbeschränkungen weiter zugenommen.



Den Anbietern empfiehlt die Unternehmensberatung deshalb ihren Fokus auf wenige Zielgruppen zu verengen. Mit seinem auf die Prozessindustrie ausgerichteten Eco-System an Lösungen und Partnern erfüllt BARTEC diese wichtige Voraussetzung schon heute. Hier die wichtigsten Erfolgsfaktoren, um das komplexe Unterfangen des IIoT-Aufbaus maßgeblich zu vereinfachen:

⁴⁶ www.bain.com/insights/unlocking-opportunities-in-the-internet-of-things/

Technische Erfolgsfaktoren	
Prozesssicherheit	Endgeräte und IT-Systeme interagieren nahtlos
IT-Security	Stringentes, mehrschichtiges IT-Security-Konzept: Verschlüsselung, Datenschutz (Informationen in Containern), rollenbasierter Datenzugriff, etc.
Wirtschaftlichkeit	Energieeffiziente Auslegung aller Teillösungen (lange Batteriezeiten, wartungsarm), effiziente Netzinfrastruktur (minimaler Hardware-Einsatz, z.B. durch Mesh-Netzwerke), sinnvoller Einsatz von Edge Processing (Übertragung nur bei Abweichungen), kontinuierliche Verbesserung durch selbstlernende Systeme, etc. ⁴⁷
Einfachheit	Komplexität mindern durch einfache nachrüstbare Sensoren, effiziente Netzwerke, Device-Management, automatische Software-Updates, effiziente Entwicklung von Analysen, benutzer- und IT-freundliches, modulares Lösungsdesign zur Visualisierung und Interaktion mit dem Nutzer
Integration	Schnittstellen zu bestehenden IT-Systemen und Partnern (z.B. Warnungen tracken und an Wartungspartner weiterleiten), Business Intelligence Tools zum Aufbau kundenspezifischer Dashboards, mobile Apps zur Störungsdokumentation, etc.
Zukunftssicherheit	Gesamtlösung muss kompletten Produktlebenszyklus aller Einzelkomponenten berücksichtigen. Unabhängigkeit der Gesamtlösung von Kommunikationsprotokollen (vgl. 5.2), Größe des Produzenten, Lieferbarkeit von Komponenten, Zukunftsaussicht der Durchsetzung von Protokollen
Skalierbarkeit	Bei der Lösungsauswahl auf Skalierbarkeit achten, z.B. Device-Management mit automatisiertem SIM-Management und Software-Updates
Organisatorische Erfolgsfaktoren	
Faktor Mensch: Know-how-Transfer und Empowerment	Übertragung des Mitarbeiter-Know-hows in digitale Prozesse, Konstruktiver Umgang mit Skepsis gegenüber Neuerungen, Chance, simple Tätigkeiten durch Wissensarbeit zu ersetzen, Befähigung der Mitarbeiter zur aktiven Prozessverbesserung: z.B. durch Self-Service Analytics, dadurch auch Know-how-Sharing im Unternehmen bzw. standortübergreifend, direkte monetäre Beteiligung der Mitarbeiter an Verbesserungsprozessen, Transparenz im Feld durch Enterprise-Mobility
Zugang zu Ex-Know-how	Wahl eines erfahrenen Partners mit ganzheitlichem Lösungsansatz: <ul style="list-style-type: none"> - Mobile Ex-Plattform mit Option zur Datenerfassung und Integration bestehender Informationskanäle - Umfassendes Spektrum an ATEX-zertifizierten Endgeräten und Zubehör
Start small, improve quickly	In angemessenen Schritten von der kleinen zur großen Lösung. Erste kleine Use-Cases mit schnellen Ergebnissen (ROI < 1 Jahr), darauf aufbauend weitere Use-Cases erschließen. End-zu-Ende-zu-Ende-Lösungen mit konkretem Nutzen
Projektbegleitung	Erfahrener Partner als Begleiter und Moderator zwischen Abteilungen und Lösungspartnern

⁴⁷ Vgl. Kapitel 4

Checkliste:

Wie bringe ich IIoT ins Unternehmen?

- Gemeinsam mit einem erfahrenen Partner die richtige Strategie finden (Workshop)
- Passend zur Gesamtstrategie einen ersten Use-Case identifizieren und Pilotprojekt planen. ROI < 1 Jahr
- Richtige Partner finden: Fokus auf gute Projektbegleitung und langfristige Zusammenarbeit
- Akzeptanz im Unternehmen herstellen. C-Level und betroffene Abteilungen frühzeitig miteinbeziehen (IT, Service, Vertrieb der Partner, etc. BARTEC als Moderator)
- Preis- bzw. Abrechnungsmodell klären (CAPEX -> OPEX)
- Bei der Entwicklung des Technikkonzeptes auf Compliance, Umsetzbarkeit (ggf. im laufenden Betrieb) und Zukunftssicherheit achten (Energieversorgung, Kommunikationslösung, Edge Computing, Automatisierung, Cloud-Plattform, IT-Security, Datenschutz, etc.)
- Umsetzung des Pilotprojekts (ggf. im laufenden Betrieb)
- Recap und Planung der weiteren Schritte und Projekte

8 Zusammenfassung und Fazit

Das Industrial Internet of Things steht nun auch in der Prozessindustrie vor dem Durchbruch. In Kombination mit verschiedenen Analysemöglichkeiten setzen nachrüstbaren Lösungen ein enormes Optimierungspotential frei und eröffnen völlig neue Service- und Geschäftsmodelle mit sich, um CAPEX zu reduzieren. Dabei steigt die Bedeutung von Software signifikant, ehemalige Hardwareanbieter werden zu Vermittlern und Serviceanbietern. Mit der Verfügbarkeit der Infrastruktur für Ex-Bereiche und neuen Technologien zur energieeffizienten Datensammlung, -verarbeitung und -übertragung fallen die letzten Hürden zur wirtschaftlichen Nachrüstung. In Kombination mit dem „Game Changer“ KI wird die IIoT langfristig zur Schlüsseltechnologie für die kontinuierliche und wirtschaftliche Prozessverbesserung.

Den größten Nutzen versprechen dabei ganzheitliche Lösungsansätze, die gemeinsam mit erfahrenen Lösungspartnern entwickelt werden. Als Enabler für die IIoT-Einführung im Ex-Umfeld entwickelt BARTEC ein komplettes und skalierbares „ECO-System“ – mit maßgeschneiderter Hardware, führenden Lösungspartnern, jahrzehntelangem Integrations-Know-how und weltweiter Präsenz.

Wer die Möglichkeiten des IIoT voll auszuschöpfen möchte, muss ganzheitlich und strategisch denken, aber auch erste kleine Schritte gehen. Wer den Start verpasst, wird es schwer haben, den Wissensvorsprung des Wettbewerbs aufzuholen.

Möchten Sie ganz vorne dabei sein? Erfahren wie sie Effizienz, Transparenz und damit eingehend die Sicherheit in Ihrem Unternehmen erhöhen können?

Starten Sie jetzt gemeinsam mit BARTEC Ihr erstes IIoT-Projekt im Ex-Bereich! Unsere Experten unterstützen Sie. Mit Sicherheit!

**Digitalisierung ist ein Chance,
keine Bedrohung. Ex-Bereiche
sind keine Show-Stopper mehr.
Jetzt gemeinsam mit BARTEC
erste Schritte gehen!**

Points of contact:

BARTEC

Dr. Joachim F. Kastner

Director Global R&D BARTEC GmbH, Max-Eyth-Str. 16, 97980 Bad
Mergentheim, Germany
Tel: +49 7931 597 386
Mobile: +49 1520 9221 278
joachim.kastner@bartec.com



Vesa Klumpp

Geschäftsführer
Knowtion UG, An der RaumFabrik 33c, 76227 Karlsruhe, Germany
Tel: +49 721 486 995-12
vesa.klumpp@knowtion.de



Hermann Gittmaier

Sales Manager DACH
Microtronics Engineering GmbH, Hauptstrasse 7,
3244 Ruprechtshofen, Austria
Tel: +43 2756 77180
hermann.gittmaier@microtronics.com



Felix Schwarz

Head of Business Development
SAVVY® Telematic Systems AG, Grabenstrasse 9,
8200 Schaffhausen, Switzerland
Tel: +41 52 633 46 05
felix.schwarz@savvy-telematics.com



Thomas Dhollander

CTO and Co-founder
TrendMiner NV, Kempische Steenweg 309/5,
Corda Building 2, 3500 Hasselt, Belgium
Tel: +32 484 778001
thomas.dhollander@trendminer.com