

HESSEN



TECHNOLOGIELAND  
HESSEN



# Digitalisierung? Klar! Aber richtig!

Wie produzierende Unternehmen fit für die digitale Zukunft werden

”

*Der digitale Wandel birgt große Potenziale für produzierende Unternehmen. Er kann Fertigungsprozesse vereinfachen, die Effizienz steigern und neue Geschäftsmodelle ermöglichen – kurz gesagt: die Wettbewerbsfähigkeit steigern. Doch manche, gerade kleine und mittlere Firmen, begegnen der Digitalisierung noch mit Zurückhaltung.*

*Diese Broschüre zeigt Ihnen Wege und Beispiele, wie Sie die digitale Transformation in Ihrem Unternehmen praktisch gestalten können. Ich freue mich, wenn Sie auf dieser Reise durch die Industrie 4.0 Anregungen empfangen.*

*Eine inspirierende Lektüre wünscht*

*Ihr*



**Tarek Al-Wazir**

Hessischer Minister für  
Wirtschaft, Energie, Verkehr  
und Wohnen



Grußwort	S. 02
Digitalisierung ist auch eine Überlebensfrage	S. 06
Erfolgreich digitalisieren	S. 10



01

Reif für Industrie 4.0?

S. 12



02

So rechnet sich Industrie 4.0 für KMU

S. 16



03

Im Feld statt auf der grünen Wiese digitalisieren

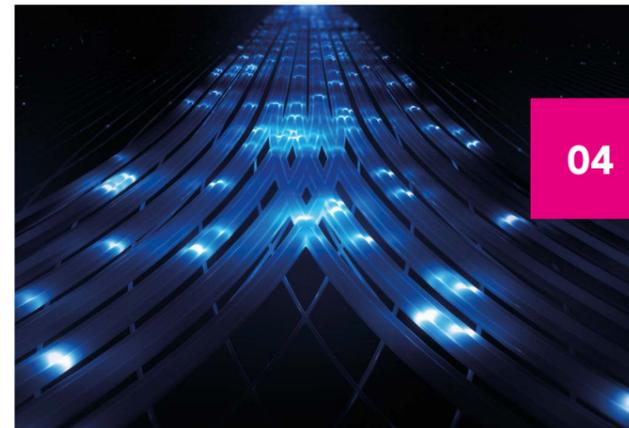
S. 20

Aus alt wird neu:  
Retrofit für Bestandsanlagen

S. 22

Ein Bild sagt mehr als tausend Worte –  
3D-Simulation

S. 25



04

Edge Computing:  
Nukleus für die Automatisierung

S. 28

GAIA-X: Neue Geschäftsmodelle  
mit Daten – aber sicher

S. 32



05

Sicher vernetzt in der  
Fabrik der Zukunft

S. 36



06

Wie entsteht eine intelligente Fabrik?

S. 40

Neue Wege mit jungen Unternehmen

S. 44

Jetzt kann es losgehen

S. 48

Ihre Begleitung auf dem Weg zur digitalen Wirtschaft

S. 50

Glossar

S. 52

Quellen/Impressum

S. 54

# Digitalisierung ist auch eine Überlebensfrage

**Dieter Meuser, erster Vorsitzender, Gerd Ohl, zweiter Vorsitzender, und Maria Christina Bienek, Geschäftsführerin des SEF Smart Electronic Factory e.V., im Gespräch über Digitalisierung, Kreativität und Künstliche Intelligenz (KI)**

*Frau Bienek, warum sollen Unternehmen digitalisieren?*

Maria Christina Bienek: Damit Unternehmen auf unerwartete Herausforderungen und sich ändernde Märkte reagieren können, müssen sie schnell und agil sein. Prozesse und Abläufe müssen transparent sein. Digitale Technologien bieten dafür ein großes Potenzial. Sie einzusetzen ist also auch eine Überlebensfrage. Es gibt keine Branche oder Abteilung, die nicht von digitalen Technologien profitieren könnte. Der Digitalisierungsgrad, der im Einzelnen dann umgesetzt wird, hängt insbesondere auch von der zu erzielenden Rentabilität ab. Denn Digitalisierung ist ein Mittel zum Zweck und kein Selbstzweck.

*Wie starten Unternehmen am besten, wenn sie digitalisieren wollen?*

Bienek: Zuerst ist die Frage zu beantworten, welche Bereiche digitalisiert werden sollen und wofür. Der nächste Schritt ist, die vorhandenen Strukturen auf den Prüfstand zu stellen. Denn bevor vorhandene Abläufe digitalisiert werden, müssen sie oft zuvor verändert oder verbessert werden, damit sie eine gute Ausgangslage für die Digitalisierungsmaßnahmen bilden. Ein schlechter Prozess ist nach der Digitalisierung ein

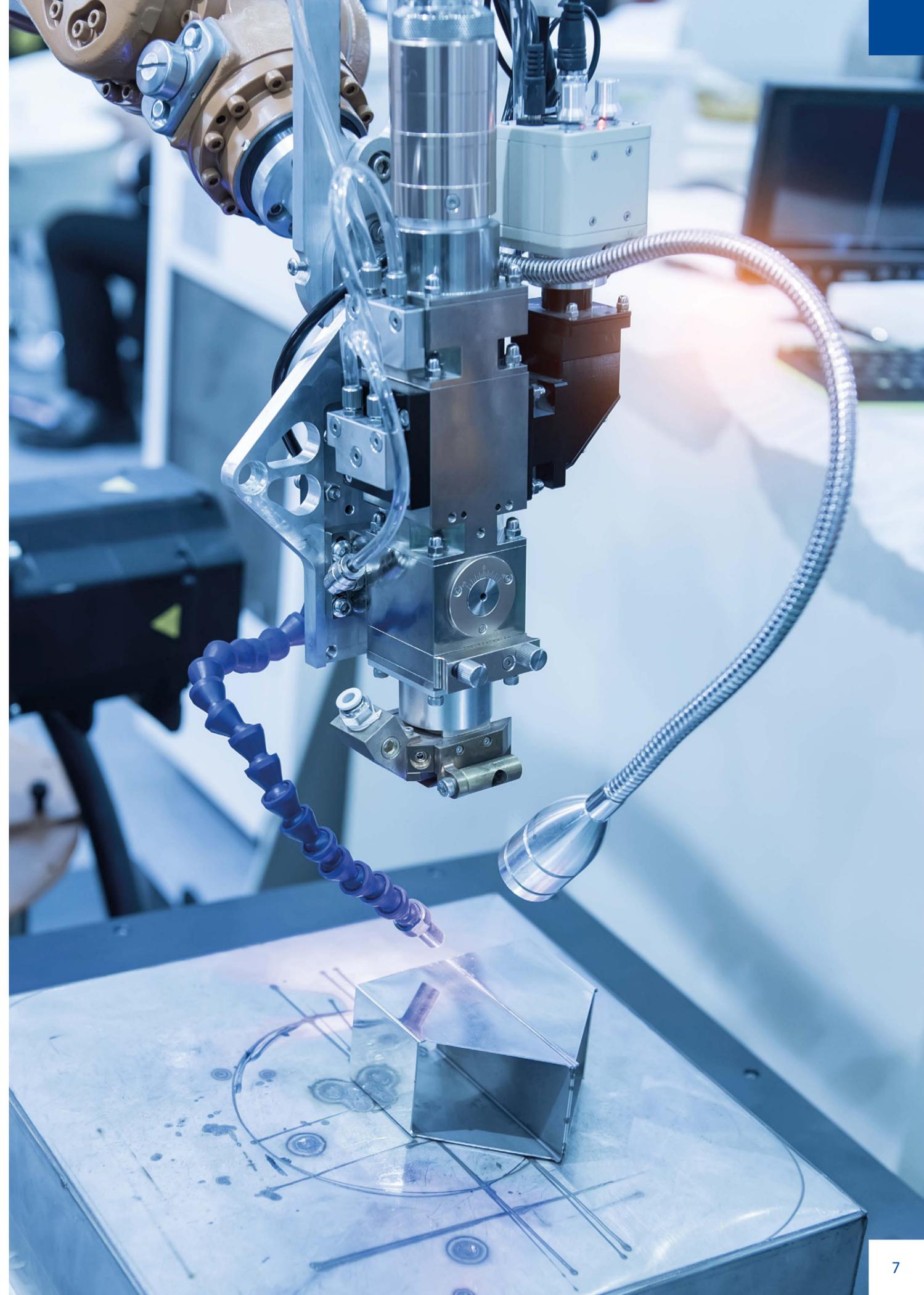
schlecht digitalisierter Prozess. Deshalb kann es erforderlich sein, zunächst historisch gewachsene Strukturen zu verändern und an neue Technologien anzupassen.

*Wie finden Unternehmen Ansatzpunkte für die Digitalisierung?*

Bienek: Inzwischen gibt es verschiedene Reifegradmodelle. Sie können eine gute Grundlage für produzierende Unternehmen sein, um ihren Digitalisierungs-Status generell oder in Bereichen wie Produkt, Prozesse oder IT-Struktur selbst einschätzen und eigene Ziele festlegen zu können. So muss der gesamte zu digitalisierende Bereich im Detail untersucht und abgebildet werden. Dabei werden Medienbrüche und fehlende Schnittstellen deutlich. Derartige Brüche können zum Beispiel entstehen, wenn Produktionsdaten manuell in Excel-Listen eingetragen, anstatt automatisiert erfasst werden. Sind solche Brüche und damit potenzielle Fehlerquellen entdeckt, kann die Frage gestellt werden, wie sie eliminiert werden können. Erst dann geht es darum, passende Software oder IT-Werkzeuge auszusuchen.

*Bei der Digitalisierung läuft sicher nicht alles reibungslos. Wie gehen Sie mit Fehlern um?*

Gerd Ohl: Digitalisierung erfordert Durchhaltevermögen und Lernbereitschaft. Fehler gehören dazu, damit Weiterentwicklung stattfinden kann. Fehler sollten Unternehmen deswegen als Lern-Geschenke betrachten. Damit Risiken gering bleiben, empfiehlt es sich, sich in überschaubaren Projekten schrittweise heranzutasten.





*Also müssen alle ihren eigenen Fehler machen?*

**Ohl:** Es werden Fehler passieren, aber man muss natürlich nicht jeden Fehler machen. Suchen Sie sich Netzwerke, die dabei unterstützen, Möglichkeiten und Potenziale der Digitalisierung kennenzulernen und Erfahrungen zu teilen, um davon zu profitieren. Ein Beispiel: Es gibt viele Unternehmen, wie auch wir, die Cobots einführen wollten oder eingeführt haben. Dabei sind sie an bestimmten Stellen gescheitert, vielleicht immer an den gleichen. Aus diesen Erfahrungswerten lassen sich Ableitungen für die eigene Strategie treffen, um es von vornherein anders bzw. besser zu machen.

*Wie finden Unternehmen Unterstützung bei der Digitalisierung?*

**Bienek:** Beim Thema Digitalisierung sitzen ja alle in einem Boot und es ist Neuland. Daher können wir ideal von Unternehmen lernen, die hier schon erste Schritte unternommen haben. Warum sind andere Wege besser, warum sind andere gescheitert, was sollte man anders machen? All das sind Fragen, die man mit Unterstützung von außen leichter beantworten kann. Deshalb sollten Unternehmen sich Gleichgesinnte und Expertise suchen, die ihnen Impulse für die eigene Digitalisierung geben und sie auf ihrem Weg begleiten. Hessen bietet hier auch verschiedene Möglichkeiten der Unterstützung. Dazu zählen Netzwerke genauso wie wissenschaftliche Einrichtungen und Beratungs- und Förderangebote des Landes Hessen. Hinweise liefert auch die nun vorliegende Broschüre.

*Künstliche Intelligenz mit ihren Algorithmen wird als eine der digitalen Schlüsseltechnologien gesehen. Was bedeutet ihr Einsatz für Unternehmen?*

**Dieter Meuser:** Für den Einsatz von KI ist es eine Grundvoraussetzung, dass eine gut erhobene, gepflegte und aufbereitete Datenbasis existiert. Das ist einfacher gesagt als getan. Dazu müssen nicht nur alle Systeme vernetzt sein. Als entscheidende Vorleistung müssen die Daten sortiert, verifiziert und in den richtigen Kontext gestellt werden. Zudem müssen oft Daten über Unternehmensgrenzen hinweg gesammelt und geteilt werden, damit Mehrwert entsteht. Damit so etwas für die Industrie überhaupt denkbar wird, muss es datensouveräne Infrastrukturen geben, denen sich Unternehmen anschließen können, ohne Gefahr zu laufen, unbewusst firmeninterne Informationen preiszugeben.

Bei all den digitalen Möglichkeiten darf nicht vergessen werden, dass die KI immer mit dem Menschen zusammenarbeiten muss. Auch KI ist nur ein Werkzeug, um zum Beispiel Kundenverhalten zu analysieren oder die Produktentwicklung zu unterstützen. Sie gibt neutrale und fundierte Wertungen ab, statt nach Bauchgefühl zu entscheiden. Aber die Kreativität wird immer bei uns Menschen bleiben. Künstliche Intelligenz kann zum Beispiel dabei unterstützen, eine Fehlerursache besser zuzuordnen, aber sie ersetzt nicht das menschliche Denken.

*Vielen Dank für das Gespräch,  
Frau Bienek, Herr Meuser, Herr Ohl.  
Das Interview führte Martin Brust.*



**Es werden Fehler passieren,  
aber man muss natürlich nicht  
jeden Fehler machen.**

**Zu den Personen**

Maria Christina Bienek ist seit 2018 Geschäftsführerin des Vereins. Die Diplom-Ingenieurin hat Expertise in den Bereichen Maschinenbau sowie Produktions- und Fertigungstechnik und ist seit der Vereinsgründung 2015 in der Initiative engagiert.



Dieter Meuser führt den Verein „SEF Smart Electronic Factory e.V.“ seit der Gründung 2015 als erster Vorsitzender. Der Industrie 4.0- und IoT-Experte ist CEO Cloud & Industrial Solutions der German Edge Cloud GmbH & Co. KG und entwickelt in dieser Position Strategien rund um Edge- und Cloud-Lösungen.



Gerd Ohl hat den Verein als zweiter Vorsitzender 2015 mitgegründet und leitet als Geschäftsführender Gesellschafter das Unternehmen Limtronik GmbH, welches für den Verein die erste Demonstrationsplattform war und kontinuierlich für weitere Projekte das industrielle Umfeld bildet.



[www.SmartElectronicFactory.de](http://www.SmartElectronicFactory.de)



# Erfolgreich digitalisieren

– auf die Strategie kommt es an

**Neue Wertschöpfungsmöglichkeiten, Prozessoptimierung und innovative Geschäftsmodelle – Industrie 4.0 eröffnet mittelständischen Unternehmen große Chancen. Doch welche Stellschrauben müssen dafür gedreht werden und wie kann dabei eine Digitalisierungsstrategie aussehen? Wie können erste einfache Schritte erfolgen?**

Diese Fragen stellte sich auch die KEBA Industrial Automation Germany GmbH mit Sitz im hessischen Lahnu. Seit Mitte 2017 beschäftigt sich der Spezialist für Gesamtlösungen in den Bereichen Steuerungs- und Sicherheitstechnik sowie Servo-Antriebstechnik intensiv mit der Umsetzung einer internen Digitalisierungsstrategie. Alles begann mit der Einführung eines kollaborativen Roboters, mit dem eine Pick-and-Place-Anwendung realisiert wurde. Damit war der erste Schritt in Richtung automatisierter Fabrik gemacht. Mittlerweile lebt KEBA Digitalisierung in zahlreichen Bereichen des Unternehmens.

Was einfach klingt, erfordert Ausdauer und Mut, um neue Wege zu gehen, Ideen zu entwickeln, sie auch mal zu verwerfen und aus Fehlern zu lernen. KEBA stand gleich vor mehreren – für den Mittelstand typischen – Herausforderungen: Woher das Digitalisierungs-Know-how und die erforderlichen Ressourcen nehmen? Hinzu gesellte sich eine veraltete IT-Infrastruktur. Da Digitalisierungsprojekte üblicherweise mit sich kontinuierlich verändernden Anforderungen, anfangs oft unklaren Zielen und einem hohen Maß an Unsicherheit einhergehen, erforderte dies große Flexibilität und regelmäßige Reflexion der angestrebten Ziele.

Besonders das Projektmanagement stellte daher eine umfangreiche Aufgabe dar. Denn Projektprozesse sind unter diesen Umständen nicht mehr im herkömmlichen Sinne planbar. Das Projektmanagement muss flexibel und anpassungsfähig gestaltet werden. Bei KEBA hat sich die Anwendung eines agilen Projektmanagementansatzes bewährt. Dabei war es essenziell, alle betroffenen Abteilungen und Personen, die in irgendeiner Weise eine Schnittstelle zum Prozess haben, zu involvieren und zu informieren.

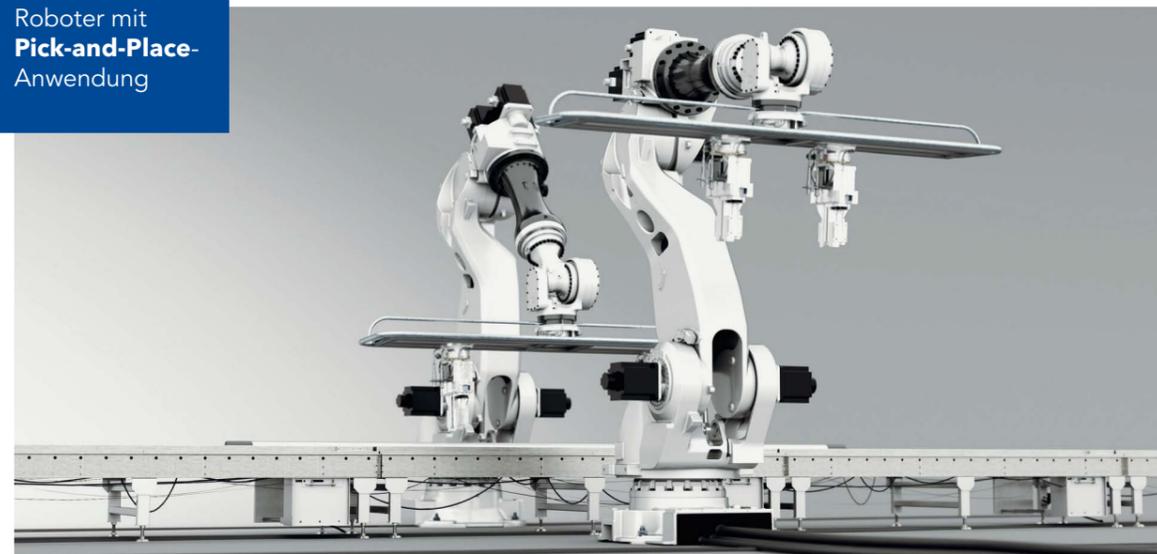
Das Beispiel KEBA zeigt: Zu Beginn eines Digitalisierungsprojektes ist es elementar, zunächst den Status quo im Unternehmen zu kennen und eng mit allen verantwortlichen Abteilungen zusammen zu arbeiten, um Ziele zu definieren und diese gemeinsam optimal umzusetzen. Hier kann ein Digitalisierungs-Reifegradmodell unterstützen. Es ist ein mehrstufig aufgebautes Modell, das verschiedene Bereiche im Unternehmen beleuchtet und Handlungsempfehlungen gibt.

Dabei gilt es, sich bewusst zu machen, dass Industrie 4.0 kein einmaliges Projekt ist, sondern ein kontinuierlicher Prozess. Hier empfiehlt es sich, erst nach den „Low hanging fruits“ zu greifen. Das bedeutet, zunächst die naheliegenden Bereiche zu digitalisieren, wie zum Beispiel Bestandsmaschinen mit moderner Kommunikationstechnik zu versehen. Und dies also schrittweise – in Einzellösungen – umzusetzen. So kann ein schneller Mehrwert erzielt und die Basis für die smarte Fabrik geschaffen werden.

Doch wie genau können mittelständische Unternehmen dabei mit angemessenem Aufwand und Budget ihre bestehenden Systeme fit für Industrie 4.0 machen? Denn Fabriken sind über Jahre gewachsen und die Herausforderung besteht darin, die vorhandenen Strukturen zu optimieren und nicht die komplette Fabrik zu erneuern. So können Unternehmen auf dem Weg in Richtung Industrie 4.0 unter anderem mit Retrofit-Lösungen ihre Bestandssysteme aufrüsten. Dabei steht die Modernisierung oder der Ausbau bestehender Anlagen und Betriebsmittel im Fokus.

Sind die ersten Projekte definiert, die Wertschöpfungspotenziale berechnet und die Ziele gesteckt, kann es an die Umsetzung gehen. Für die Praxis lassen sich Risiken beispielsweise durch den Einsatz von 3D-Simulationslösungen und digitalen Zwillingen minimieren. Mit der Simu-

Roboter mit Pick-and-Place-Anwendung



lation von Maschinen, Anlagen oder Prozessen – außerhalb des Betriebs – gehen Unternehmen auf „Nummer sicher“, denn sie können Prozesse zunächst virtuell testen. Dadurch werden diese transparent und kalkulierbar. Denn was würde passieren, wenn die Maschine in der Praxis anders reagiert als zuvor in der Theorie angenommen? Indem die Prozesse der Roboter, Anlagen, Produktionslinien, Systeme und Materialflüsse simuliert werden, kann das Verhalten vorhergesagt werden – dies spart Arbeitsschritte und Kosten, vermeidet Fehler und gibt Sicherheit.

Es gilt, im Gesamtsystem zu denken, in Modulen im Brownfield – also in der bestehenden Fertigung – umzusetzen und die Prozesse dann sukzessive standardisiert miteinander zu verknüpfen. So erreichen Verantwortliche Schritt für Schritt eine stabile moderne Produktion. Durch die zunehmende Vernetzung der operativen Technologie (OT) mit der IT und somit die Öffnung für das Internet ergeben sich jedoch neue Einfallstore für Cyberangriffe. Hier ist die Einführung entsprechender IT-Sicherheitsmechanismen und spezieller Lösungen ebenso wichtig wie die Sensibilisierung der Mitarbeitenden.

Jetzt ist die Zeit zu handeln, um die Chancen, die sich durch die Digitalisierung ergeben, zu nutzen. Wer hier früher als die Mitbewerber an den Start geht, verschafft sich durch den Digitalisierungsvorsprung einen wichtigen Wettbewerbsvorteil. Mit entsprechender Strategie sowie gemeinschaftlicher Umsetzung im Team entsteht die Basis für die Zukunft: Eine intelligente, transparente, nachhaltige und effiziente Fabrik.

Der Begriff **Smarte Fabrik (Smart Factory)** wurde im Rahmen der High-tech-Strategie der deutschen Bundesregierung geprägt. Er bezeichnet eine Produktionsumgebung, in der sich Fertigungsanlagen und Logistiksysteme weitgehend selbst organisieren.

Ein **Digitaler Zwilling (Digital Twin)** ist ein virtuelles Abbild eines realen Prozesses, eines Produkts oder einer Dienstleistung. Diese materiellen oder immateriellen Objekte werden anhand digitaler Werkzeuge einschließlich sämtlicher Geometrie-, Kinematik- und Logikdaten modelliert. So lassen sich zum Beispiel neue Maschinen, Anlagen, Prozesse oder Verhaltensweisen zunächst virtuell testen, bevor sie real zum Einsatz kommen.

Bei der Vernetzung von IT und OT sind **IT-Sicherheitsmechanismen** wie beispielsweise Hardware-basierte Sicherheit, Überwachung von Protokollen, Security-Management und weiteres erforderlich. Mehr dazu unter:



[www.sit.fraunhofer.de/industrie-40/](http://www.sit.fraunhofer.de/industrie-40/)

# Reif für Industrie 4.0?

Mit Reifegradmodellen den Status quo im Unternehmen bestimmen und aktiv werden

**Einige Konzerne – beispielsweise im Automotive-Bereich – vernetzen und digitalisieren bereits auf Hochtouren. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) müssen nachziehen, um im Industrie 4.0-Wettbewerb zu bestehen. Aber wie? Und womit beginnen? Ein wichtiger erster Schritt ist, über ein Reifegradmodell die IST-Situation zu ermitteln. Damit können Unternehmen ihre Produkte, Prozesse und IT-Strukturen besser einordnen, erforderliche Maßnahmen ableiten und ihre Organisation entsprechend aufstellen.**

Digitalisierung ist kein Projekt, das einmal realisiert und dann abgeschlossen wird. Es besteht aus zahlreichen Bausteinen, die es sukzessive umzusetzen und miteinander zu verbinden gilt. Mittelständische Unternehmen können auch mit kleinen Budgets und Ressourcen schrittweise digitalisieren und zunächst nach den „Low hanging fruits“ greifen. Jede Digitalisierungsstrategie ist dabei so individuell wie das jeweilige Unternehmen [1].

Die Digitalisierung eröffnet mittelständischen Unternehmen neue Geschäftspotenziale. Wo ehemals ausschließlich produziert bzw. gefertigt wurde, sind heute zunehmend Erweiterungen der Geschäftsmodelle durch Zusatzservices sowie Optimierungen der Geschäftsprozesse möglich. Das hat insbesondere auf die IT-Strukturen Auswirkungen. Im klassischen Mittelstand sind die IT-Strukturen jedoch über viele Jahre gewachsen und genügen den zukünftigen Herausforderungen nur noch bedingt. Daher gilt es, die Strukturen auf die Zukunft auszurichten.

Aber woher wissen Verantwortliche, was nahe liegt und womit sie starten sollten? Dafür ist es essenziell, erst einmal den Status quo zu kennen, ein Gefühl für die Themen der Digitalisierung sowie Ideen zu erhalten. So können Unternehmen sich herantasten, idealerweise einen SOLL-Zustand definieren und ermitteln, an welchen Stellen angesetzt werden kann und was die Ziele sind.

## Reifegradmodelle bringen Licht ins Dunkel und machen handlungsfähig

Unterstützung bieten hier so genannte Reifegradmodelle. Diese sind mehrstufig aufgebaute Modelle, die verschiedene Bereiche im Unternehmen beleuchten und Handlungsempfehlungen geben. Damit verfügen Unternehmen über ein Instrument zur systematischen Überprüfung sowie schrittweisen Verbesserung von Fähigkeiten, Abläufen, Strukturen oder Rahmenbedingungen. Der Einsatz eines Reifegradmodells erleichtert die objektive Beurteilung.

Die regelmäßige Reifegradbestimmung unterstützt Verantwortliche dabei, kontinuierlich zu beobachten, wie sich die einzelnen Prozesse entwickeln [2].

## VDMA-Leitfaden für mittelständische Maschinen- und Anlagenbauer

Als Orientierungshilfe für Unternehmen hat der VDMA in Zusammenarbeit mit weiteren Instituten den „Leitfaden Industrie 4.0“ für den Mittelstand erstellt. Mit ihm erhalten Maschinen- und Anlagenbauer ein Instrument, das sie bei der Entwicklung eigener Industrie 4.0-Umsetzungen und -Geschäftsmodelle unterstützt. Dabei werden Vorgehensweisen für die individuelle Weiterentwicklung der eigenen Stärken und Kompetenzen aufgezeigt sowie Konzepte und Lösungen für einen gangbaren Weg in Richtung Industrie 4.0 dargelegt.

**Weitere Informationen unter:**  
[hessenlink.de/dHSgqSGmz7](https://hessenlink.de/dHSgqSGmz7)



**Einige Industrie 4.0-Kompetenzzentren haben Reifegrad-Checks und -modelle für Unternehmen entwickelt. Ausgewählte Beispiele im Überblick:**

**DIGI-Check: In 30 Minuten zum individuellen Digitalisierungs-Reifegrad**

Einen einfach durchzuführenden Online-Test sowie darauf basierende Handlungsempfehlungen stellt das Land Hessen zur Verfügung. Dies dient als Einstieg und zur ersten Orientierung, wohin die Reise bei der Digitalisierung gehen kann. Beim DIGI-Check füllen Anwender einen Fragebogen aus und wissen gleich, wo ihr Unternehmen beim Thema Digitalisierung steht. Sie erhalten nach 30 Minuten einen kostenfreien ausführlichen Report, der die Ergebnisse in den wichtigsten Bereichen eines Unternehmens zeigt: Von Ausstattung und Vertrieb über Einkauf und Personal bis hin zum Geschäftsmodell. Außerdem beinhaltet der Report konkrete Empfehlungen, wie bereits mit moderatem Aufwand viel für die Digitalisierung des Unternehmens erreicht werden kann. Dazu gibt er einen Überblick zu passenden Förderprogrammen und Anlaufstellen.

**MEHR ERFAHREN:**

Zum DIGI-Check geht's unter:

[digi-check.technologieland-hessen.de](https://digi-check.technologieland-hessen.de)



**Industrie 4.0-ready? Online-Selbst-Check für Unternehmen**

Einen Online-Test bietet auch der „Industrie 4.0-Readiness – Online-Selbst-Check“. Die Grundlage für das Readiness-Modell bilden die sechs wesentlichen Säulen der Industrie 4.0: Smart Factory, Smart Operations, Strategie und Organisation, Smart Products, Data-driven Services und Belegschaft.

Die dabei zugrundeliegende Studie „Industrie 4.0-Readiness“ wurde von der IMPULS-Stiftung des VDMA beauftragt und von der „Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH“ (IW Consult) sowie dem Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen durchgeführt. Experten aus dem VDMA und einige Unternehmensvertreter haben zudem beratend bei der Studiererstellung mitgewirkt.

**MEHR ERFAHREN:**

Mehr über das Modell unter:

[www.industrie40-readiness.de](https://www.industrie40-readiness.de)



**IT-Reifegradmodell von SEF und THM**

Das „Reifegradmodell zur Digitalisierung und Industrie 4.0“ richtet sich insbesondere an den Mittelstand. Mit diesem Instrument lässt sich eine Einschätzung vornehmen und eine Empfehlung zur Harmonisierung der IT-Infrastruktur im Sinne von Industrie 4.0 ableiten. Es umfasst die Kategorien „Maschinen, Daten, IT“.

Beim IT-Reifegradmodell wird die bisherige IT-Landschaft in spezifische Dimensionen aufgeschlüsselt und in ihren Ausprägungen einem Reifegrad zugeordnet. Nach der Eruiierung des IST-Zustands erfolgen die Definition des SOLL-Zustands und die Festlegung von Handlungsfeldern. Auf dieser Basis kann eine konkrete Umsetzungsstrategie entstehen.

Dieses IT-Reifegradmodell wurde vom „SEF Smart Electronic Factory e.V.“ – eine in Limburg an der Lahn ansässige Industrie 4.0-Initiative für den Mittelstand – und der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM) entwickelt.

**MEHR ERFAHREN:**

Die umfassende Broschüre „Reifegradmodell zur Digitalisierung und Industrie 4.0“ – unter anderem mit einer detaillierten Ausführung der Bestimmungsmerkmale – steht zum Download bereit unter:

[hessenlink.de/6MVhF8EtF8](https://hessenlink.de/6MVhF8EtF8)





# So rechnet sich Industrie 4.0 für KMU

**Investitionen in Industrie 4.0-Lösungen haben unter dem Strich nur einen tatsächlichen Nutzen, wenn sie sich rentieren. Das liegt auf der Hand. Gerade kleine und mittelständische Unternehmen können es sich nicht leisten, sich hier zu verkalkulieren. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass sich Industrie 4.0-Investitionen für KMU oft innerhalb von einem Jahr amortisieren.**

Industrie 4.0 kommt sukzessive in den Fabrikhallen an. Aber lohnen sich Konzepte und Lösungen zur Digitalisierung in der Fertigung auch? Eine derartige Betrachtung muss immer individuell vorgenommen werden, jedoch gibt es Unternehmen, die bereits erfolgreich digitalisieren und von denen sich lernen lässt. Diese können Gradmesser sein, eine Richtung zeigen und somit Entscheidungen erleichtern.

Der „SEF Smart Electronic Factory e.V.“ ist dieser Thematik mit einer Wirtschaftlichkeitsberechnung, die gemeinsam mit der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM) in der Fabrik eines Elektronikfertigers in Hessen durchgeführt wurde, auf den Grund gegangen. Diese Erhebung steht exemplarisch für typische Digitalisierungsanforderungen und -lösungen fertiger Unternehmen [3].

Die Studie beleuchtet den Return on Invest (RoI) der finanziellen Aufwände, die für die Digitalisierung der Elektronikfabrik getätigt wurden. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse hat dabei die folgenden Projekte exemplarisch unter die Lupe genommen: Bauteile per Barcode identifizieren, Anlage kommuniziert mit Produkt, Selektive Wellenlötanlage, Nutzentrenner zum Trennen von Leiterplatten und Track and Trace. In allen analysierten Bereichen zeigte sich, dass sich die Digitalisierung rentiert. Der Kapitalrückfluss lag meist bei unter einem Jahr.

**i** **Track and Trace** ist eine typische Anwendung in der Fertigung. Tracking bedeutet das Erfassen und Archivieren von Informationen über ein Produkt oder einen Prozess, z. B. aus der Fertigung. Tracing ist die Rückverfolgbarkeit und nutzt dazu die zuvor gewonnenen Daten. Das bedeutet: Während das Tracking Daten im Prozess erfasst, dient das Tracing dazu, Abläufe und dessen Informationen im Nachhinein zurückzuverfolgen.



**Eine Studie des SEF und der THM zeigt:  
Investitionen in Digitalisierung amortisieren  
sich oft schon im ersten Jahr**

### Anwendbarkeit und Wirtschaftlichkeit verschiedener Industrie-Lösungen belegt

Ein typischer Prozess in der Elektronikfabrik, in der die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt wurde, ist die Erfassung und Kennzeichnung von Bauteilen. Alle Zulieferteile werden dabei im Wareneingang erfasst und mit einem eindeutigen Code versehen. Auf diese Weise gelangen die notwendigen Produktdaten in das Materialwirtschaftsmodul des ERP-Systems und dann automatisch in das Produktionsmanagementsystem (auch MES). Pro Verpackungseinheit wird eine eindeutige Nummer erzeugt, die neben anderen Informationen auf einem Etikett steht. Das Etikett wird auf das Gebinde des Bauteils geklebt.

Im Zuge der Digitalisierung wurden die Bauteile mittels Bilddatenanalyse elektronisch automatisch erfasst und ein eindeutiger Code wurde erzeugt.

Die vorhandenen Barcodes auf einem Produkt werden von einer Kamera aufgezeichnet, mittels Bilddatenanalyse identifiziert und das Produkt wird dann direkt im Warenwirtschaftssystem erfasst, anstatt wie zuvor per Hand eingepflegt. Mit dieser Umstellung ergaben sich Kostenersparnisse von knapp 53 %. Durch die elektronische Identifikation der Barcodes der Bauteile erzielte die Elektronikfabrik zudem eine Verkürzung des bisherigen Vorgangs auf 25 % der ursprünglichen Zeit, wodurch unter anderem die Fixkosten der Fertigung, die sich im Wesentlichen auf die Personalkosten beziehen, um knapp 50 % sinken. Die Fehlerwahrscheinlichkeit, die durch die händische Erfassung entstand, ist hier nicht mitbetrachtet worden. Eine weitere Untersuchung beschäftigte sich mit einem Nachverfolgungssystem (Track-and-Trace-System). Elektronische Bauteile haben typischerweise eine Fehlerquote von 20 ppm. Es gilt, diese im Produktionsprozess über Tests möglichst herauszufiltern. Das gelingt nicht vollständig, man spricht von Schlupf. Durch den Einsatz eines Track-and-Trace-Systems wird die Wahrscheinlichkeit, dass ein fehlerhaftes Bauteil eingebaut und im Prozess nicht erkannt

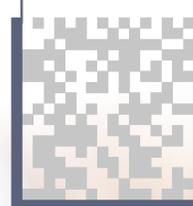
wird, reduziert. Der Schlupf konnte von 5 % auf 0,5 % reduziert werden. Die Gesamtkosten fallen damit um knapp 38 % geringer aus, als wenn das Track-and-Trace-System nicht zum Einsatz käme.

Auch beleuchtet die Untersuchung die mit verschiedenen Digitalisierungsmaßnahmen eingeführte Vernetzung einer Anlage mit einem Produkt. Die per Data-Matrix-Code (einer der bekanntesten 2D-Codes) gekennzeichnete Leiterplatte kommuniziert dazu mit den Bestückungsmaschinen. Das führt dazu, dass die Richtigkeit des Bestückungsprogramms verifiziert und fehlerhafte Leiterplatten in der Weiterbearbeitung ausgespart werden können. Hierdurch reduzieren sich die Personalkosten in der Nachkontrolle um 40 %, und bei den Kosten pro Stück erzielte man eine Steigerung der Anlagenproduktivität (OEE) um 43 %. Die variablen Stückkosten konnten um 2,3 % gesenkt werden, die Gesamtkosten pro Stück um 1,7 %. Durch die Anbindung aller Maschinen einer Produktionslinie an ein MES und die damit gewonnene durchgängige Kommunikation über die Produktqualität über alle Produktionsschritte hinweg, ließ sich der Gewinn bei dem betrachteten Produkt kurzfristig um 38 % steigern. Jetzt wurde ein fehlerhaftes Produkt automatisch nicht weiterbearbeitet, was zu Zeit- und Materialeinsparung führte. Es ergab sich durch die Kommunikation der Anlage mit dem Produkt und die durchgängige Informationskette während der Produktion eine Rentabilität von ca. 225 % bei einer Amortisationszeit von 0,73 Jahren.

„Mittelständische Unternehmen investieren oft noch zögerlich in Digitalisierungslösungen, da dies Neuland für sie ist und damit schwer zu berechnen. Diese und die weiteren Anwendungsfälle, die wir dahingehend untersucht haben, stehen beispielhaft dafür, dass sich Lösungen für die Industrie 4.0 bereits innerhalb kürzester Zeit lohnen können. Wir empfehlen Verantwortlichen, sich an positiven Beispielen zu orientieren und Schritt für Schritt im Rahmen ihrer Möglichkeiten zu digitalisieren“, erklärt Maria Christina Bienek, Geschäftsführerin des SEF Smart Electronic Factory e.V.

### Data-Matrix-Code

Finder



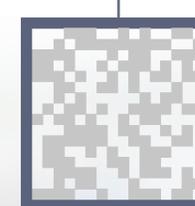
Taktzellen



Speicherbereich



Ruhezone



### Sie wünschen sich Unterstützung?

Das Land Hessen fördert Beratungen zur Optimierung und Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen in Unternehmen. Dazu zählen digitale Geschäftsmodelle, die Digitalisierung der Prozesslandschaft, Digitalisierung des Marketings und die Gewährleistung der IT-Sicherheit. Weitere Informationen unter:



[technologieland-hessen.de/  
DIGI-Beratung](https://www.technologieland-hessen.de/DIGI-Beratung)

### DIGI-Zuschuss für Ihre Digitalisierungsprojekte

Das Land Hessen unterstützt kleine und mittlere Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft und freie Berufe auf ihrem Weg in die Digitalisierung. Mit dem DIGI-Zuschuss werden die konkrete Einführung neuer digitaler Systeme zur Optimierung betrieblicher Abläufe und Produkte sowie die Verbesserung der IT-Sicherheit gefördert.



[technologieland-hessen.de/  
DIGI-Zuschuss](https://www.technologieland-hessen.de/DIGI-Zuschuss)

### Distr@l - Förderung von digitalen Innovationen

Das Förderprogramm bietet kleinen und mittleren Unternehmen mit den Förderlinien 2A „Digitale Produktinnovationen“ und 2B „Digitale Prozessinnovationen“ die Möglichkeit, ihre Digitalisierung voranzutreiben. Es können u. a. neue Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen erprobt bzw. geschaffen oder es kann auch die Wertschöpfungskette optimiert werden.



[digitales.hessen.de/  
Foerderprogramme/Distr@l](https://www.digitales.hessen.de/Foerderprogramme/Distr@l)

# Im Feld statt auf der grünen Wiese digitalisieren

Roadmap mit pragmatischen Ansätzen bringt KMU nach vorn

**Wenn es um die Umsetzung der smarten Fabrik geht, galt zunächst der Greenfield-Ansatz – also eine digitale Produktion auf der „grünen Wiese“ von Grund auf neu zu konzipieren – als naheliegend. Jedoch zeigt sich in der Praxis: Es ist gerade für KMU sinnvoller, die Schätze direkt in der laufenden Fertigung zu heben. Dabei unterstützen kann eine Digitalisierungs-Roadmap.**

Der Idealzustand einer digitalisierten und vernetzten Produktion entsteht dann, wenn auf der „grünen Wiese“ eine zeitgemäße moderne Fertigungsfabrik neu gebaut wird. Eine neue Fabrik zu bauen, ist jedoch für die wenigsten Unternehmen realistisch und umsetzbar. Darüber hinaus dauern Entwicklungen im so genannten Greenfield teils mehrere Jahre und sind aus Industrie 4.0-Gesichtspunkten längst überholt, wenn sie in den laufenden Betrieb eingeführt werden. Daher sind Greenfield-Projekte eher eine Seltenheit.

Insbesondere im Mittelstand wird die Digitalisierung der Anlagen vorwiegend im Brownfield – also in der bestehenden Fertigung – durchgeführt.

Um direkt in der Fertigung neue Digitalisierungsprojekte umzusetzen, empfiehlt es sich, Einzellösungen

einzuführen, die sich – sinnvoll eingesetzt – schnell rentieren können. Gleichzeitig sollte in Gesamtabläufen und Zusammenhängen gedacht werden.

## Einzelprojekte entwickeln – im Gesamten denken

Die ersten Digitalisierungsprojekte wurden häufig noch in einzelnen Abteilungen auf eigene Initiative umgesetzt. Mit der Zeit zeigte sich, dass es einer Verbindung verschiedener Bereiche bedarf, damit alles sinnvoll ineinandergreift. Als Basis sollten Verantwortliche daher eine übergreifende Digitalisierungs-Roadmap oder eine -Strategie für entsprechende Projekte im Brownfield erstellen. Dabei gilt es, methodisch vorzugehen und den Prozess zur Entwicklung der Strategie übergeordnet zu steuern und zu gestalten.

Das Ziel ist es, das eigene Unternehmen aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten, um die Prozesse und die Handlungsfelder der Digitalisierung zu verstehen und gestalten zu können. Dies ist wichtig, da unter Digitalisierung oftmals nur die interne Prozessverbesserung verstanden wird.

Doch die Handlungsfelder umfassen insgesamt wesentlich mehr:

- Die Gestaltung effizienter Prozesse
- Die Gestaltung effizienter Kundenschnittstellen
- Die Entwicklung neuer (IoT-)Produkte, Services oder Plattformen
- Die Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen in Bezug zum digitalen Wandel der gesamten Geschäftsumgebung
- Die Qualifikation von Mitarbeitenden und Unterstützung durch digitale Lösungen
- Die zielgerichtete Auswahl von IT-Infrastruktur, um die o.g. Themen umsetzen zu können

Ausgangspunkt für Aktivitäten und zu entwickelnde Lösungen zur Digitalisierung im Brownfield ist zunächst immer eine grundlegende Analyse des Status quo, die Definition geeigneter Zwischenschritte und eine Langfrist-Perspektive.

## WICHTIGE TIPPS

zur Erstellung einer Digitalisierungs-Roadmap [4]:

### 1. Ziele und Leistungsindikatoren definieren

Definieren Sie in einem Dokument, was Sie mit der Digitalisierung erreichen möchten. Stellen Sie dabei die Kundschaft und den tatsächlichen Nutzen in den Mittelpunkt Ihrer Überlegungen.

### 2. Beziehen Sie alle Beteiligten ein

Digitale Transformation bedeutet Veränderungen in vielen Bereichen. Beziehen Sie daher Ihre Geschäftskundschaft, Belegschaft, Partnerunternehmen und andere entscheidende Personengruppen Ihrer Organisation mit in die Planungen – zum Beispiel in Form von Workshops – ein.

### 3. Dynamischer Prozess

Lassen Sie Raum für Veränderungen. Die Roadmap muss mögliche sich ändernde Geschäftsanforderungen, äußere Einflussfaktoren etc. zulassen. Die Roadmap sollte also regelmäßig geprüft und aktualisiert werden.

### 4. Unterstützung durch Tools oder Beratungsunternehmen

Strategiewerkzeuge und Methoden zum Selbst-Check wie die „Reifegradmodelle“ oder spezialisierte Beratende können bei der Erstellung der Roadmap und der späteren Umsetzung unterstützen.

# Aus alt wird neu: Retrofit für Bestandsanlagen

Mit Modernisierung möglichst einfach die Potenziale digitaler Technik ausschöpfen



**Die Fertigung Industrie 4.0-bereit zu machen, muss nicht immer einhergehen mit der Einführung neuer Maschinen und Systeme. Oft lassen sich bereits durch die Modernisierung bestehender Anlagen, dem so genannten Retrofitting, die Vorteile digitaler Technologien nutzen. Im Vergleich zu einer Neueinführung von Anlagen ist ein Retrofit in der Regel mit wenig Aufwand und Kosten verbunden.**

Retro (rückwärts) und fit (anpassen) – das bringt es auf den Punkt, was für eine zukunftsfähige Fabrik gilt: Komponenten einer Bestandsmaschine durch moderne Bauteile ersetzen oder neue hinzufügen. Das Ziel dabei ist es, aktuelle technische und gesetzliche Anforderungen wie zum Beispiel Sicherheits- oder Emissionsbestimmungen zu erfüllen und im Sinne der Industrie 4.0 die Maschinen kommunikationsfähig zu machen. Die Investitionskosten liegen dabei üblicherweise deutlich unter den Anschaffungskosten einer neuen Maschine.

Durch Retrofit-Maßnahmen lässt sich mit recht einfachen Mitteln die Nutzungsdauer der Maschine verlängern. Gleichzeitig können Ausfallzeiten reduziert und Energieeffizienz, Produktivität und Produktqualität gesteigert werden.

## **Bewährtes Prinzip bereitet den Boden für die digitale Welt**

Retrofit war bereits vor Industrie 4.0 gängige Praxis, erhält aber mit der zunehmenden Digitalisierung einen neuen Stellenwert. Um bestehende Anlagen fit für die digitale Welt zu machen, können Bestandsanlagen mit moderner Sensorik

und Kommunikationstechnik aufgerüstet werden. Dies erfordert meist keine tiefen Eingriffe in die Maschine. Damit sind wichtige Schritte für eine moderne Infrastruktur getan und die Basis für die Vernetzung sowie das Erheben und Analysieren von Produktionsdaten ist geschaffen. Dies alles sind Grundvoraussetzungen für die digitale Fabrik.

Die Bandbreite beim Retrofitting reicht von der intelligenten Überwachung einzelner Maschinen bis zur unternehmensweiten Datensammlung für neue Geschäftsmodelle. Wichtig dabei ist, dass sich die digitale Transformation an Anwendungsfällen bzw. konkreten Anforderungen orientiert. Damit verhindern Verantwortliche, dass die komplette Infrastruktur zuerst digital aufgerüstet und danach erst überlegt wird, welche Mehrwerte dies eigentlich schafft. Zunächst sollte definiert werden, welches Problem gelöst werden soll und welche Informationen dafür von der Maschine benötigt werden. Dann kann die Infrastruktur soweit ausgestattet werden, wie es zur Zielerreichung erforderlich ist. So lassen sich Effizienzsteigerungen und Einsparungen bereits im Transformationsprozess generieren.

Bei der Planung der Lösungen für konkrete Use Cases ist jedoch zu beachten, dass diese keine Insellösungen bleiben, sondern über die nötige Infrastruktur und kompatible Schnittstellen in ein übergeordnetes System integriert werden können. Nur wenn das gewährleistet ist, kann ein Monitoring der Produktionsprozesse erfolgen und damit eine Verbesserung der gesamten Abläufe erzielt werden. Auf dieser Basis lassen sich weitere Potenziale erschließen, wie zum Beispiel durch die Einführung eines autonomen Lastspitzenmanagements für bessere Energieeffizienz.

## **TIPPS FÜR DAS RETROFITTING IHRER BESTANDSANLAGEN:**

Der VDMA hat gemeinsam mit dem Fraunhofer IOSB-INA eine Vorgehenssystematik für ein Retrofit entwickelt. Zu den wichtigsten Schritten gehören [5]:

### **1. Messgrößen definieren**

Je nach Einsatz (Use Case) müssen relevante Werte einer Maschine oder eines Maschinenparks bestimmt werden. Diese reichen von den Umgebungsbedingungen über Vibrations- und Bewegungsdaten bis hin zu prozessspezifischen Messgrößen.

### **2. Vorhandene Datenquellen oder externe Sensorik nutzen**

Je nach Alter und Ausbaustufe kann es sein, dass eine Maschine die erforderliche Sensorik und entsprechende Schnittstellen wie etwa Ethernet enthält oder diese sich leicht nachrüsten lassen. Der Kontakt zum Hersteller erspart oft lästigen Zusatzaufwand. Wenn dies nicht möglich ist, ist der Einsatz von externer Sensorik notwendig. Hier gibt es Lösungen, die die geringen Fertigungskosten der Sensoren in der Consumer-Elektronik oder Automobilbranche mit den hohen Anforderungen im Industriebereich verbinden [6].

### **3. Passende Netzwerkinfrastruktur stellen und Industrie 4.0-Kommunikation ermöglichen**

Zu diesem Themenkomplex gehören etwa die Überprüfung der Netzwerkinfrastruktur inklusive erforderlicher Bandbreiten sowie die Übersetzung der Sensordaten, falls diese nicht bereits in einem Industrie 4.0-Format (OPC UA oder MQTT) vorliegen. In der Regel übernehmen dies Gateways für das Industrial Internet of Things (IIoT).

### **4. Datenanalyse und -aufbereitung sowie daraus abgeleitete Aktionen einrichten**

Hier geht es darum, die Daten so zu nutzen, dass etwa die Maschinen weitgehend automatisiert überwacht und mögliche Störfälle frühzeitig erkannt werden – Stichwort «Predictive Maintenance». Um das Ziel der optimalen Effizienz einer Brownfield-Anlage zu erreichen, kommen zunehmend Technologien wie Künstliche Intelligenz beziehungsweise Machine Learning in Verbindung mit ERP als zentrale Datenplattform und digitales Rückgrat im Produktionsumfeld zum Einsatz.

## **Retrofit für Industrie 4.0 - Ideen und Umsetzungsarten**

Einen Überblick zu Möglichkeiten und Ausprägungsarten eines Retrofits für Industrie 4.0 an einer bestehenden Maschine gibt der „Leitfaden Retrofit für Industrie 4.0“ vom VDMA (2020).



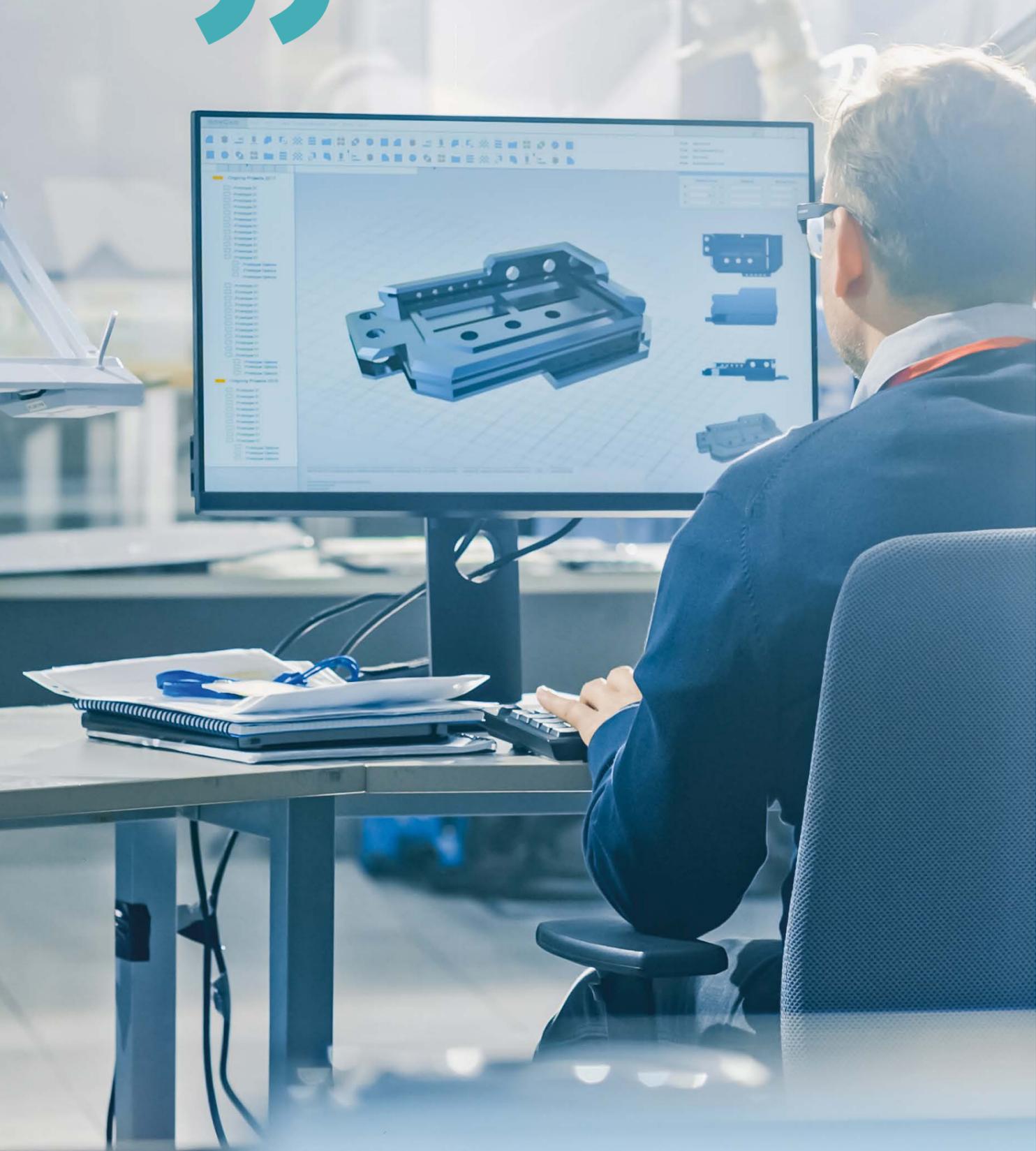
[hessenlink.de/FzRdxnFTWN](https://hessenlink.de/FzRdxnFTWN)

## **Beispiel für ein einfaches, aber effektives Retrofitting**

Eine einfache Signalleuchte in der Fertigung wird durch eine intelligente ersetzt. Das bedeutet, diese neue Leuchte gibt zusätzlich zum visuellen Signal die Information in digitaler Form weiter und ermöglicht so eine Weiterverarbeitung der Information. Wird das rote Signal, das auf einen Maschinenstillstand hinweist, nun als Startpunkt für einen Workflow definiert, wird die entsprechende Fachperson auf dem Gebiet der Servicetechnik umgehend über ihre Workstation, ihr Tablet oder Smartphone über den Stillstand informiert. Wird diese Information mit weiteren Informationen der Maschine verbunden, kann die Fachperson über den Notfall hinaus bereits erste Details zu möglichen Ursachen des Stillstands auslesen und weiß, welche Werkzeuge und Materialien sie vor Ort benötigt. Dies mündet in beschleunigten Prozessen, was sich wiederum positiv auf die Gesamtanlageneffektivität auswirkt.



Die 3D-Simulation dient  
als virtuelles Testsystem



## Ein Bild sagt mehr als tausend Worte

# 3D-Simulation

Vernetzte Prozesse und Anlagen transparent und planbar machen

**Die Industrie 4.0 bringt neuartige Prozesse, Systeme und Maschinen hervor. Damit diese im Brownfield funktionieren und produktiv sind, gilt es, sie akribisch zu planen und zu optimieren. Dafür kommt immer häufiger die 3D-Simulation zum Einsatz, insbesondere auch bei der Automatisierung. Das Sichtbarmachen durch Simulieren schafft Transparenz und die smarte Fabrik wird kalkulierbar.**

Moderne Fertigungsanlagen werden vorwiegend unter dem Aspekt individualisierter Produkte gestaltet. Die Fertigungsautomatisierung nimmt dabei einen stetig wachsenden Anteil ein. Zentrale Aufgaben liegen hier in der Überwachung und Steuerung von Industrierobotern, Werkzeugmaschinen und komplexen Produktionsanlagen.

Die Herausforderungen bei der Planung und Implementierung derartiger Anlagen im Brownfield sowie deren Automatisierung sind vielfältig. Sie reichen von der Anwendung von Mess- und Steuerungstechnik, Auslegung und Programmierung von Industrierobotern bis hin zur Umsetzung der Maschinen- und Anlagensicherheit.

Oftmals reagieren Maschinen oder Prozesse in der Praxis jedoch anders als in der Theorie gedacht. Damit derart komplexe Systeme „greifbar“ werden, kann die 3D-Simulation als virtuelles Testsystem dienen. Sie simuliert zum Beispiel Roboter, Anlagen, Produktionslinien, Systeme und Materialflüsse, so dass deren Verhalten vorhersagbar ist. Dies reduziert Probleme im Praxiseinsatz und führt zu Kosteneinsparungen.

## Neue Anlagen für das Brownfield planen oder bestehende optimieren

Für mittelständische Unternehmen lohnt es sich, eine 3D-Simulationslösung dort einzusetzen, wo sie die größten Wertschöpfungspotenziale verspricht. Dies können einzelne oder mehrere Anwendungsgebiete sein: in der frühen Planungsphase, im Design- oder Konstruktionsprozess oder im Betrieb. So lassen sich zum Beispiel neue Komponenten für Maschinen, die sich bereits im Brownfield befinden, testen.

Ein typisches Anwendungsgebiet der 3D-Simulation ist die Layout-Planung. Diese unterstützt die Erarbeitung einer effektiven Anlagenkonzeption. Sie wird sowohl bei der Planung neuer Projekte als auch für bestehende Systeme angewandt. Denn in historisch gewachsenen Strukturen kann ein neues System oft zu Schwierigkeiten führen. Je nach Fall, Projektumfang und Betriebsgröße ermöglicht die professionelle Layout-Planung hohe Kosteneinsparungen. Die 3D-Simulation zeigt bereits in der frühen Planungsphase mit welchem Anlagen-Layout sich ein optimales Produktionsergebnis erzielen lässt. Ein gut geplantes Layout verhindert spätere Fehler oder Schwierigkeiten, optimiert den Materialfluss in der gesamten Anlage, maximiert den Durchsatz und minimiert Materialumschlagskosten. Der effektive Einsatz von Arbeitskräften, Ausrüstung und Platz wird sichergestellt, Investitionsausgaben und Betriebskosten werden reduziert.

Aus Projektsicht erfolgen nach der konzeptionellen Planung des Anlagen-Designs und der mechanischen Konstruktion die Realisierung und der Betrieb der Anlage. Besonders in der Realisierungsphase von Automatisierungsprojekten ist der Einsatz eines Simulationswerkzeugs durch virtuelle Inbetriebnahme sinnvoll. Die Entwicklung von Steuerungsprogrammen für SPS und Robotik kann bereits beginnen, bevor die reale Hardware zur Verfügung steht. Darüber hinaus können in bestehenden Anlagen fehlerhafte oder nicht voll-funktionsfähige Komponenten im virtuellen Raum ausge bessert und erneut getestet werden, bevor diese wieder in die Anlage eingebaut werden.

## Digitaler Zwilling kombiniert Simulation und Daten zu komplettem Abbild

Neben zahlreichen typischen Anwendungsbereichen der 3D-Simulation entsteht durch Industrie 4.0 ein weiteres Einsatzfeld: der Digital Twin. Der digitale Zwilling – also ein Abbild der Realität – stellt heute eine zentrale Anwendung der 3D-Simulation dar. 3D-Simulationslösungen unterstützen bei der Erstellung, Verwaltung und Nutzung von digitalen Zwillingen. Befindet sich die 3D-Simulation bereits in einer Fertigung im Einsatz, lohnt es sich, den digitalen Zwilling für eine noch tiefere Digitalisierung anzuwenden.

Der Digital Twin geht einen entscheidenden Schritt weiter als die 3D-Simulation: er kombiniert Simulationsmodelle und vorhandene Daten miteinander. So dient er zum einen der visuellen Nachbildung von Maschinen, Gebäuden oder Anlagen, zum anderen lassen sich mit ihm reale Abläufe und Prozesse visuell besser verstehen und optimieren.

Digital Twins sind im gesamten Produktlebens- und Produktionszyklus vielfältig anwendbar. So können sie bereits bei den ersten Planungsschritten für eine Anlage oder eine gesamte Fabrik zum Einsatz kommen, aber auch bei der Konstruktion, Inbetriebnahme und Wartung. Der Vorteil dabei ist, dass zum Beispiel weder ein reales System noch eine reale Roboterzelle in Betrieb genommen werden müssen, sondern das Modell in einer realitätsgetreuen simulierten Umgebung getestet und geprüft wird. So lassen sich Maschinen und Abläufe testen, ohne dass hohe Investitionen wie im Live-Betrieb entstehen. Die 3D-Simulation hilft dabei, die Daten des Digital Twin besser zu veranschaulichen und somit die Abläufe und Zusammenhänge in der Produktion schneller zu verstehen.

Durch Digital Twin-Anwendungen entstehen unter anderem verbesserte Effizienz, bessere Produktqualität, weniger ungeplante Ausfallzeiten und kürzere Anlaufzeiten.

3D-Simulation hat demnach zahlreiche Anwendungsbereiche und ist in der modernen Industrie ein zentrales Werkzeug, um Prozesse vorhersagbar, besser plan- und kalkulierbar zu machen. Unternehmen erhalten mehr Sicherheit durch Transparenz.



### International Digital Twin Association

Erwerben Sie zusätzliches Wissen über die Erstellung und Anwendung des Digital Twin bei Trainings und Schulungen der IDTA.

[www.idtwin.org](http://www.idtwin.org)



# Edge Computing: Nukleus für die Automatisierung

Daten in vernetzten Fabriken schnell und sicher verfügbar machen

**Maschinen und Anlagen generieren in den heutigen Fabriken Unmengen an Daten. Um diese so nutzbar zu machen, dass automatisierte Prozesse in der Fertigung möglich sind, müssen sie mit einer sehr geringen Verzögerungszeit verarbeitet werden. Dies ermöglicht das Edge Computing. Gleichzeitig ist dabei die größtmögliche Datenhoheit gegeben, da sensible Kunden- oder Fertigungsdaten das Haus nicht in entfernte Clouds verlassen.**

In der Industrie 4.0 ist die Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von Daten in Echtzeit eine entscheidende Voraussetzung für die Digitalisierung. In Produktionsbetrieben hat sich Cloud Computing als fester Bestandteil von Industrie 4.0 etabliert. Beim Cloud Computing werden IT-Ressourcen nicht lokal abgelegt, sondern in einer digitalen Datenwolke – der Cloud – vorgehalten. Über das Internet lassen sich dabei Speicher, Server, Datenbanken oder Software als Dienstleistung bereitstellen und nutzen. Diese Methode bringt deutliche Kosten- und Skalierungsvorteile mit sich [7].

Ein Nachteil von in der Cloud ausgelagerter Rechenleistung liegt in den teilweise langen Übertragungszeiten. Industrieanlagen, die z. B. mit

Sensoren für vorausschauende Wartung ausgestattet sind, müssten die aktuellen Zustandsdaten immer wieder in die Cloud senden, was erforderliche Reaktionen dementsprechend verlangsamten würde.

**Für Automatisierung Daten nahezu in Echtzeit vor Ort verarbeiten**

Da die in der digitalisierten Fabrik entstehenden großen Datenmengen für Automatisierungsaufgaben schnell nutzbar gemacht werden müssen,

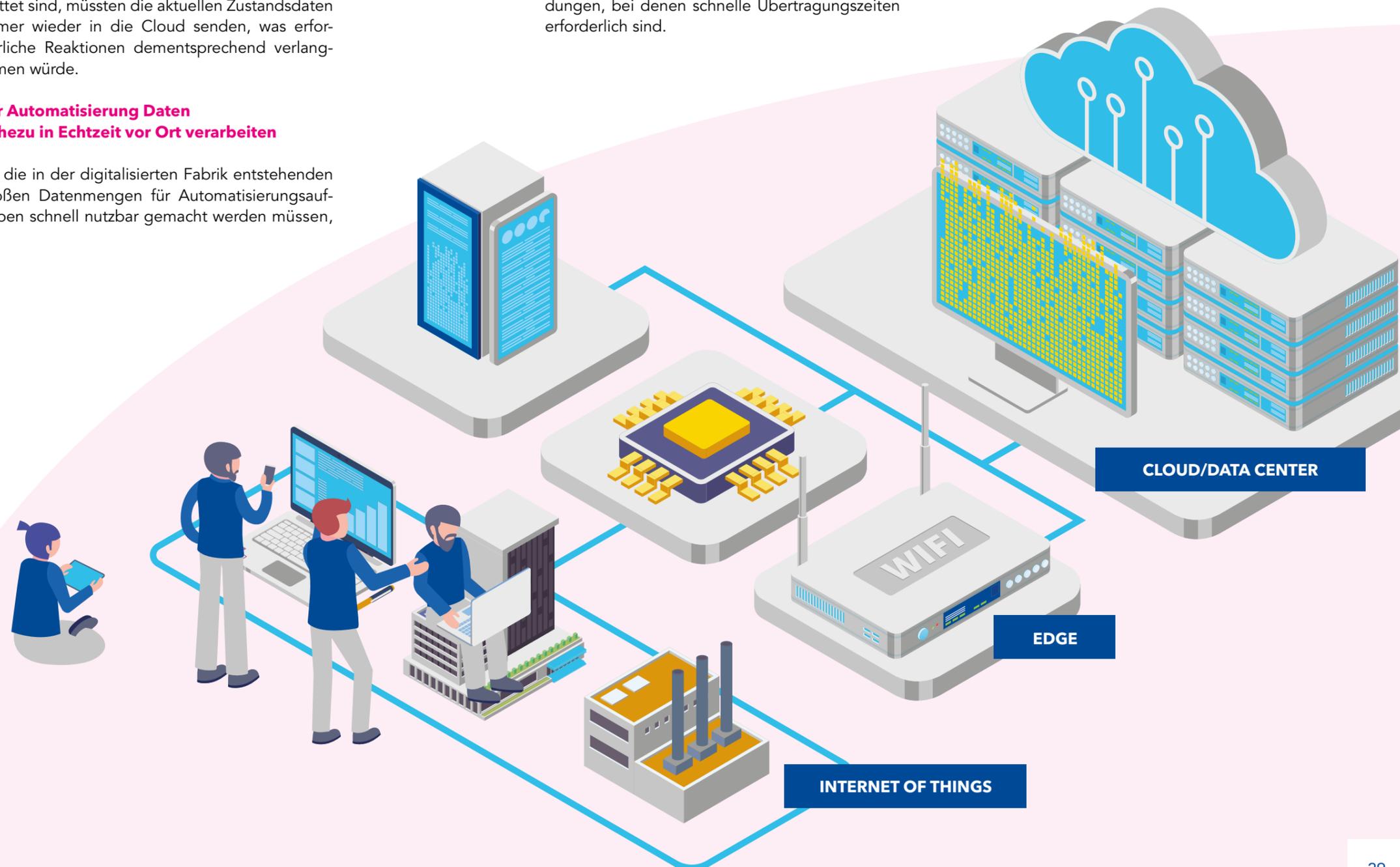
kommt dem Edge Computing eine immer größere Bedeutung zu. Mit dieser Technologie findet die Datenverarbeitung nah an dem Ort statt, an dem sie benötigt wird, nämlich am Rand des Netzwerks („Edge“). Die Daten werden also nicht in einer entfernten Cloud gespeichert und verarbeitet, sondern dort, wo sie generiert werden: im Gerät selbst oder von einem lokalen Computer, Server oder Mini-Rechenzentrum aus. An den lokalen Knotenpunkten kann dann die Sammlung, Analyse und Weiterverarbeitung stattfinden.

Durch die Beschleunigung von Datenströmen kann Datenverarbeitung nahezu in Echtzeit stattfinden. Edge Computing bietet damit die Grundlagen für beispielsweise Virtual Reality-Anwendungen, bei denen schnelle Übertragungszeiten erforderlich sind.

Ein weiterer zentraler Vorteil liegt in der Tatsache, dass der Produzent der Daten jederzeit die Hoheit darüber hat, da diese die Fabrik nicht in entfernte Clouds verlassen. Er bestimmt, wer die Daten wann und wie nutzen darf.

**Im Idealfall arbeiten Edge und Cloud zusammen**

Das Edge Computing sorgt demnach für schnelle Reaktionen, Echtzeitfähigkeit der Datenerhebung und -verarbeitung sowie Datensouveränität, während die klassische Cloud zum Beispiel zur Archivierung unkritischer Daten dienen kann. Die beiden Technologien können sich also ergänzen.



**Datensouveränität** bezeichnet die Kontrolle über die Erhebung, Speicherung und Verarbeitung von eigenen Daten, z. B. aus der Fertigung.



### Und so funktioniert's in der Praxis:

Rittal ist Systemanbieter für Schaltschränke, Stromverteilung, Klimatisierung, IT-Infrastruktur sowie Software und Service. Das Unternehmen hat in Haiger ein neues Werk errichtet, das eine vollständig digital integrierte Produktion zum Ziel hat.

In der Fabrikhalle von Rittal fertigen mehr als 250 vernetzte Hightech-Maschinen auf 24.000 Quadratmetern hochautomatisiert und flexibel bis zu 8.000 Schaltschränke und Gehäuse pro Tag. Dabei kommunizieren die Maschinen und Handling-Systeme untereinander und mit übergeordneten Leitsystemen über Industrie 4.0-konforme Kommunikationsnetzwerke. 20 fahrerlose Transportsysteme übernehmen automatisiert die Transporte im Werk. Bis zu 18 Terabyte Daten entstehen hier pro Tag.

Damit reibungslose Prozesse in derart anspruchsvollen Umgebungen gewährleistet sind, sollte als erste Ausbaustufe in Richtung Smart Factory Transparenz über die gesamte Fertigung geschaffen werden. Dazu werden die Datenmassen mit Hilfe von Edge Cloud Computing im Werk sortiert und harmonisiert, um die Voraussetzung zur wertschöpfenden Nutzung zu schaffen. Zunächst dient dies einer Live-3D-Visualisierung aller Produktionsprozesse. Das war für Rittal das erste große Etappenziel, um die Produktion zu optimieren.

Ein Live-Dashboard-System, basierend auf dem Edge Cloud-Rechenzentrum ONCITE, ermöglicht nun Überwachung und schnelles Eingreifen in der gesamten Produktion. Dazu werden über das System Daten und Analysen zur aktuellen Situation sowie zur Produktionsplanung bereitgestellt und Warnungen bei Problemen angezeigt. Das Ergebnis: Die Mitarbeitenden erhalten bisher nicht mögliche Einsicht in die Prozesse. Sie finden Antworten auf Fragen wie: Was hält uns von höheren Stückzahlen und Takten ab? Wo und warum entstehen die Bottlenecks? So können sie die Effizienz erhöhen.

In späteren Ausbaustufen können Prozessfachleute durch Analysen der Datenbasis Zusammenhänge und Fehlermuster erkennen. Dabei könnte beispielsweise eine Data Analytics-Lösung mit dem Live-Dashboarding zusammenspielen.

Das Dashboard-System liefert Sensorwerte und Daten, unter anderem von der Verpackungslinie. Für die Datenanalyse können beispielsweise Regressionsanalysen angewandt werden.

Durch die Kombination der Werte und Analysen lassen sich Zusammenhänge und Fehlermuster – zum Beispiel von einer bestimmten Temperatur und der daraus resultierenden Störungswahrscheinlichkeit – herstellen. Damit legt Rittal dann die Basis für Predictive Maintenance, ein weiterer fundamentaler Baustein auf dem Weg in die sich selbst steuernde Produktion.

#### KEYFACTS:



Große Datenmengen mit Hilfe von Edge-Cloud-Computing sortieren und harmonisieren, um sie nutzbar zu machen



Mit Live-Dashboard-System - basierend auf Edge-Cloud-Rechenzentrum - Überblick über alle Fertigungsprozesse erhalten



Überwachung und schnelles Eingreifen in der Produktion wird möglich



Datenanalysen und das Herstellen von Zusammenhängen als erster wichtiger Schritt in Richtung Predictive Maintenance

# GAIA-X: Neue Geschäftsmodelle mit Daten – aber sicher

Sichere und datensouveräne europäische Infrastruktur soll Know-how von Unternehmen schützen [7,8]

**Produzierende Unternehmen erzeugen immer mehr Daten. Diese Informationen werden durch Weiterverarbeitung zu wertvollem Wissen. In der zunehmend vernetzten Welt müssen die Unternehmen als Teil einer Wertschöpfungskette diese Daten und damit ihr Know-how teilen, wollen aber gleichzeitig die Hoheit darüber behalten. Das von der Bundesregierung angestoßene Projekt GAIA-X schafft eine vertrauenswürdige Dateninfrastruktur, die den mittelständischen Sicherheitsbedürfnissen gerecht wird und dadurch neue Geschäftsmodelle ermöglicht.**

Endfertiger, wie in der Automobilindustrie, setzen verstärkt auf Plattform-Strategien. Das bedeutet, dort fließen die Daten der Zulieferer zusammen. Was geschieht jedoch mit den eigenen Fertigungsdaten eines Lieferanten, wenn er sie z. B. an die neuen digitalen Produktionsplattformen der Automobilhersteller übertragen muss? Damit Unternehmen – auch aus anderen Branchen – in der

vernetzten Industrie die Hoheit über ihre Daten behalten, müssen übergeordnete sichere und datensouveräne Infrastrukturen geschaffen werden. So entscheidet der Erzeuger der Daten, welche Informationen er wann, wie und mit wem teilt.

Das von der deutschen Bundesregierung angestoßene Projekt GAIA-X hat die Schaffung einer sicheren und vertrauenswürdigen Dateninfrastruktur für Europa zum Ziel. So lassen sich Daten von vernetzten Fabriken zuverlässig, sicher und einfach für verschiedene Wertschöpfungsketten verfügbar machen.

Die entstehende Infrastruktur im GAIA-X-Projekt ist die Wiege eines Ökosystems, in dem Daten und Dienste verfügbar gemacht, zusammengeführt und vertrauensvoll geteilt werden können. Das offene System ermöglicht aber nicht nur den souveränen Datentransfer, sondern fördert auch Kooperationen und Innovationen der beteiligten Unternehmen.

## Digitale Unabhängigkeit für Europa

Ein Ziel von GAIA-X ist es, Cloud- und Edge-Dienste von Anbietern in Europa in einer Dateninfrastruktur mit gemeinsamen Regeln, Standards und Technologien zu vereinen. So soll Sicherheit gewährleistet sein und Unabhängigkeit von internationalen Anbietern – zum Beispiel den amerikanischen Cloud-Monopolisten – geschaffen werden. Das Ziel ist es, dass die Datenhoheit für die EU, ihre Mitgliedstaaten, Regierungen, Unternehmen und die Gesellschaft erhalten bleibt.

Die Initiative GAIA-X wird getragen von Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung, gemeinsam mit verschiedenen europäischen Partnern. Das Projekt startete 2019 mit elf deutschen und elf französischen Partnern. Inzwischen gehören der Dachorganisation bereits mehr als 500 europäische und internationale Organisationen an und das Netzwerk wächst signifikant.

## Werden Sie Mitglied im digitalen Ökosystem GAIA-X

Sie möchten an den nationalen GAIA-X-Hubs mitarbeiten? Es existieren regionale Hubs, die unter anderem die Entwicklung von europäischen Datenräumen, an denen sich Unternehmen beteiligen können, forcieren. Bislang sind die Hub-Mitglieder unter anderem in den folgenden Domänen-Arbeitsgruppen organisiert: Energie, Finanzen, Geoinformation, Gesundheit, Industrie 4.0/KMUs, Landwirtschaft, Mobilität, Öffentlicher Sektor und Smart Living. Beispiele für Use-Cases der Hubs und Kontaktmöglichkeiten finden Sie hier:



[www.bmwi.de/  
Redaktion/DE/Dossier/  
gaia-x.html](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html)

Die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Europa erfordert Investitionen in neue zentrale Digitalisierungslösungen und innovative Geschäftsmodelle. GAIA-X schafft eine sichere Dateninfrastruktur in Europa und fördert als Ökosystem Innovationen. Davon können besonders KMU profitieren, indem sie sich an das System andocken. Dies sichert Wertschöpfung und Beschäftigung.

## Wiege für skalierbare neue Geschäftsmodelle

Die nationalen GAIA-X-Hubs sollen essenziell zur Überführung von GAIA-X in die Praxis beitragen. Als Knotenpunkte repräsentieren sie die Stimmen der Anwendenden auf nationaler Ebene und geben Raum für die Entwicklung konkreter Lösungen und Anwendungsszenarien.

In den GAIA-X-Hubs entstehen unter anderem so genannte „Datenräume“, an deren Entwicklung Unternehmen aktiv beteiligt werden sollen. In diesen geschützten Räumen wird die vertrauensvolle Zusammenarbeit und der Austausch von Informationen der Agierenden ermöglicht. Auf der technischen Grundlage von GAIA-X haben diese dann die Möglichkeit, neue digitale Geschäftsmodelle auszuprägen, beispielsweise in Bereichen wie Energie, Bildung, Manufacturing und vielen weiteren Sparten.

Bei GAIA-X sollen Mitglieder und Nicht-Mitglieder in einem offenen Ökosystem zusammenarbeiten können – sowohl Anwendende als auch Anbietende. So könnte zum Beispiel ein Unternehmen, das Software zur Analyse oder Aufbereitung von Daten anbietet, seine Lösung dort bereitstellen, welche dann von unterschiedlichen Nutzenden verwendet wird. Oder Produktionsdaten einer Lieferkette könnten zu einem Datenbild zusammengefügt werden und mit CO<sub>2</sub>-Werten kombiniert den ökologischen Fußabdruck eines Produktes abbilden. Damit dies gelingt, fördert das Projekt den Open Source-Gedanken und jederzeit nachvollziehbare sichere offene Technologien.

Dazu wurde die GAIA-X Open-Source-Software-Community ins Leben gerufen. Die GAIA-X Community arbeitet auf einer gemeinsamen Plattform an definierten Arbeitspaketen. Sie haben Interesse an einer Mitarbeit? Über diese E-Mail-Adresse können Sie Kontakt aufnehmen: [contact@data-infrastructure.eu](mailto:contact@data-infrastructure.eu)



# Sicher vernetzt in der Fabrik der Zukunft

Informationstechnologie und operative Technologie müssen sinnvoll zusammenspielen

**Ob Losgröße 1 oder individuelle kleinere Serien – Unternehmen entwickeln sich zunehmend von Massenproduzenten zu Herstellern von individualisierten und maßgeschneiderten Kundenlösungen. Ein hoher Grad an Vernetzung intern und extern ist dabei unabdingbar, um effizient produzieren und mit kurzen Lieferzeiten agieren zu können. Aber wie ist es um die Sicherheit bestellt, wenn IT und OT eng verzahnt werden?**

Bisher legten viele Fabrikbetreibende den Fokus darauf, die Komplexität von Produktions- und Logistikstrukturen mit Hilfe von Informationstechnologie (IT) zu beherrschen. Eine durchgängige Digitalisierung von Produktion und Logistik kann aber nur gelingen, wenn eine sichere Kommunikation der OT – also der operativen Technologie – mit der IT stattfindet. Bei operativer Technologie handelt es sich um Hardware und Software, mit der sich die Leistung von Maschinen und Geräten kontrollieren und steuern lässt. Bei der IT steht die Verarbeitung der Informationen aus diesen Quellen im Vordergrund.

## Zwei getrennte Welten wachsen zusammen

In der Vergangenheit erledigten IT und OT in einer unabhängigen Koexistenz voneinander ihre Aufgaben und unterlagen einer eher getrennten Betrachtungsweise. Dies verdeutlichten auch die Verantwortlichkeiten: So war die bzw. der CIO (Chief Information Officer) für die kaufmännischen Applikationen und die zugehörigen IT-Systeme zuständig und Betriebs- oder Produktionsleitende verantworteten Bereiche wie Fertigungssteuerung, Manufacturing-Execution-Systeme (MES) und die Supervisory-Control-and-Data-Acquisition-Systeme (SCADA).

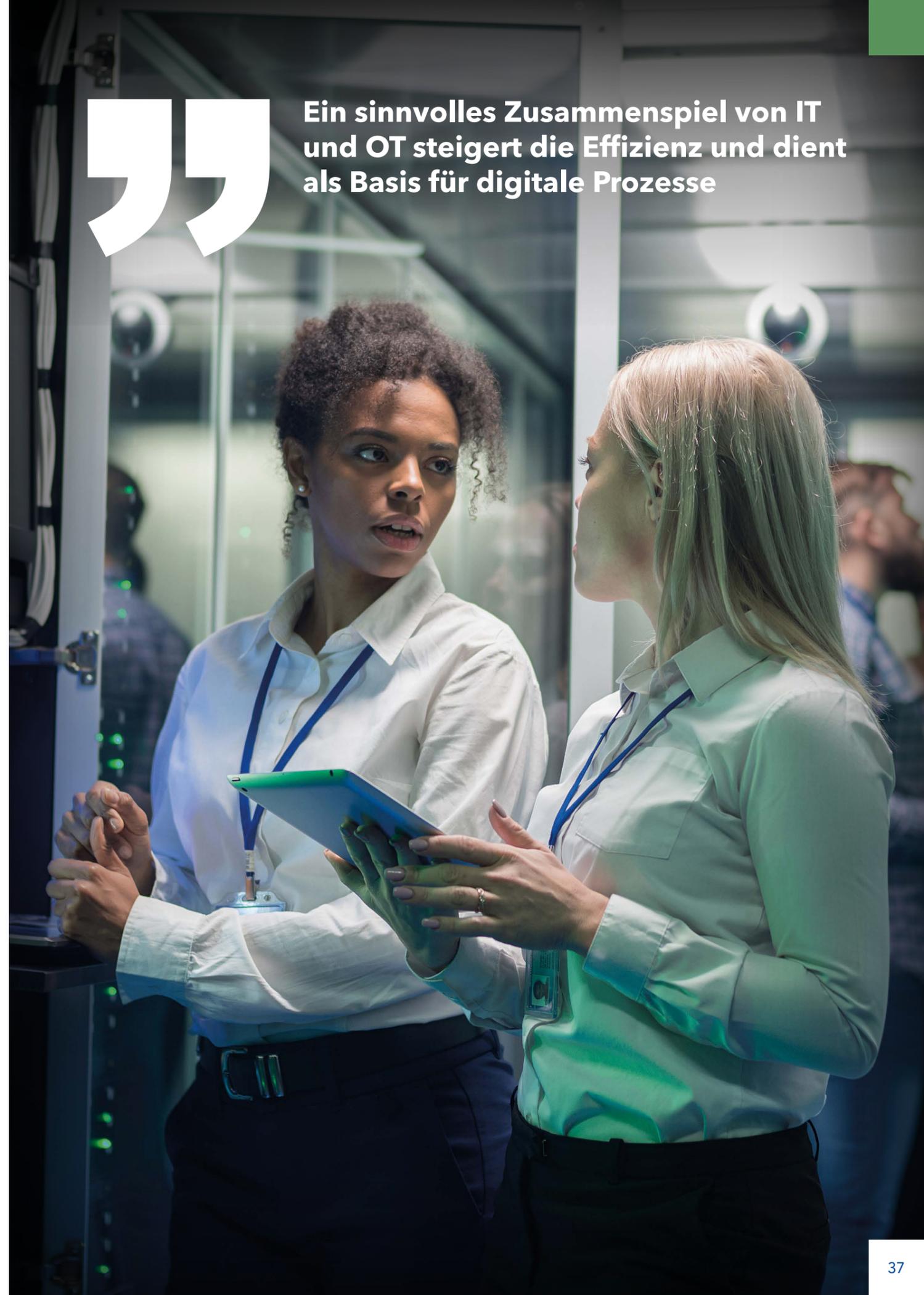
Überschneidungspunkte beider Bereiche waren eher selten. Doch das ändert sich in Zeiten des Industrial Internet of Things (IIoT) radikal. IT und OT müssen nun sinnvoll ineinandergreifen.

Eine durchgängige Vernetzung vom Shopfloor, also der Produktionsebene, bis zu Servern und Cloud-Systemen, ermöglicht zum Beispiel neue Ansätze der Anlagensteuerung. Dies erfordert ein Zusammenspiel der unterschiedlichen Systeme und entsprechende Schnittstellen. Durch die Verbindung von IT und OT lassen sich beispielsweise Effizienzsteigerungen erzielen und es entsteht die Basis für digitalisierte Prozesse. Mit der Erfassung von Prozessdaten mittels leistungsfähiger Sensorik können Industrie 4.0-Anwendungen wie Systemdiagnose, vorausschauende Wartung und Ressourcenoptimierung erfolgen. Die Vernetzung der entsprechenden Datenquellen benötigt allerdings eine Öffnung zum Internet, was ein potenzielles Einfallstor für Cyberkriminelle darstellt.

**SCADA** steht für **Supervisory Control and Data Acquisition**, was das Überwachen und Steuern technischer Prozesse mithilfe von Computersystemen bedeutet. Ein SCADA-System ist also ein industrielles Steuerungssystem. Dieses besteht aus verschiedenen und an die individuellen Anforderungen angepassten Hard- und Software-Komponenten wie Speicherprogrammierbare Steuerungen und Fernbedienungsterminals. SCADA kommt unter anderem in der industriellen Automatisierung zum Einsatz.



Ein sinnvolles Zusammenspiel von IT und OT steigert die Effizienz und dient als Basis für digitale Prozesse





### Sichere Brücke für den Datentransport

Oftmals wird ein sogenanntes Gateway für den sicheren Transport von Daten aus der Feldebene in die Cloud benötigt. Ein Gateway ist eine Komponente (Hard- und/oder Software), die zwischen zwei Systemen eine Verbindung herstellt. Die Technische Hochschule Mittelhessen (THM) hat ein Gateway entwickelt, das Produktions- und Cloud-Systeme miteinander verbindet und gleichzeitig über eine besondere Sicherheitsarchitektur verfügt.

Das Gateway gewährleistet die definierten Schutzziele durch unidirektionale Kommunikation von der Feldebene zur Cloud sowie eine Hardware-seitige Absicherung durch ein so genanntes Trusted Platform Module (TPM). Das TPM kommt zum einen als Schutz gegen Manipulation der Gateway-Anwendung zum Einsatz und zum anderen wurde es zur Absicherung der Kommunikation integriert.

Im Gegensatz zu einem klassischen Gateway, das Daten zwischen zwei Systemen umsetzt, ermöglicht das Konzept die Verbindung der Feld- und Cloud-Ebene. Diese Eigenschaft erlaubt es zum Beispiel, Prozessvariablen aus einer Steuerung auszulesen und abgesichert in zwei unterschiedlichen Formaten an Cloud-Applikationen zu übertragen.

**i Trusted Platform Module (TPM)** ist ein spezieller Chip, mit dem ein Computer oder ähnliche Geräte um grundlegende Sicherheitsfunktionen erweitert werden. Diese Funktionen dienen unter anderem dem Lizenz- und Datenschutz oder der nachrichtendienstlichen Kontrolle. Der Chip agiert ähnlich wie eine fest eingebaute Smartcard. Dabei ist der TPM aber nicht an den einen konkreten Anwendenden, sondern an den lokalen Computer gebunden. TPM-Chips sind mit zahlreichen etablierten Betriebssystemen kompatibel und neben PCs und Notebooks kann das TPM z. B. in Mobiltelefonen und Unterhaltungselektronik integriert werden.

### Gateway bei einem Industrieunternehmen im Feldtest

Seit Herbst 2019 ist das Gateway bei einem hessischen Industriepartner aus dem Bereich der Elektronikfertigung im Einsatz.

Zu Beginn der Evaluation dokumentierte das Unternehmen typische Brownfield-Problestellungen:

- In den Produktionslinien sind diverse Altanlagen vorhanden, die keine (nutzbare) Datenschnittstelle aufweisen.
- Die Daten der Produktion werden als sensibel eingestuft und müssen über einen sicheren Kanal an die verarbeitende Software übertragen werden.
- Intern sind bereits Schwachstellen/Verbesserungsmöglichkeiten der Prozesse bekannt, die mit umfangreicheren und zusätzlichen Maschinendaten behoben bzw. erreicht werden können.
- Alle Erweiterungen dürfen keine Einflussmöglichkeiten auf die Anlagen haben. Die Installation soll nach Möglichkeit nicht-invasiv im laufenden Betrieb erfolgen können.

Im Rahmen von Feldtests wurde eine Gateway-Instanz lokal installiert und mehrere Anlagen wurden mit funkbasierter Sensorik nachgerüstet. Die Erfahrungen im Feldtest waren positiv. Sensoren erfassen dabei Temperatur und Luftfeuchtigkeit, da diese Parameter bei der Elektronikfertigung signifikanten Einfluss auf die Produktqualität bzw. den Ausschuss haben können. Die Gateway-Architektur mit den verschiedenen Importmodulen erlaubt es, diese zusätzlich erhobenen Daten nahtlos mit den aus der Anlage extrahierten Daten zu fusionieren. Auf Basis der gewonnenen Daten im Feldtest konnte unter anderem eine Reduktion der Wartungsintervalle erreicht werden – und dies bei durchgängiger Sicherheit.

Vernetzung in der Produktion ist unabdingbar, um effizient und wettbewerbsfähig zu bleiben. Dabei ist es für alle Projekte erforderlich, diese bereits ab dem ersten Schritt mit einem Sicherheitskonzept zu begleiten. Wird die Sicherheit von Anfang an mit bedacht, entstehen später keine Risikobereiche oder Einfallstore für Hackerangriffe. Der Aufwand für nachträglich implementierte Sicherheit ist weitaus größer, bis unmöglich.

Sollen Daten, und damit Informationen, die Maschinen verlassen, ist es unabdingbar, diese Datenübertragung sicher zu gestalten. Informationen und Hilfestellungen finden Sie bei den Begleitenden auf dem Weg zur digitalen Wirtschaft s. Seite 51/52.

# Wie entsteht eine intelligente Fabrik?

**Industrie 4.0 bei Limtronik:  
Vom Beginn der Digitalisierung 1970 bis zur heutigen Smart Factory**

**In der Limtronik-Zentrale in Limburg an der Lahn treffen das Ende des 20. Jahrhunderts und die Industrie 4.0-Produktion unmittelbar aufeinander. Das unternehmenseigene Museum zeigt die Wurzeln, als die ehemalige „Telefonbau und Normalzeit GmbH“ vor etwa 40 Jahren mit der Fertigung von Produkten für die öffentliche Vermittlungstechnik begann. Heute ist Limtronik ein Leuchtturmbeispiel für eine digitalisierte Elektronikfabrik.**

Es mutet museal an, was Limtronik den Besuchenden im Raum gleich neben dem Empfang demonstriert: die Telefonkabine mit Halterung für Telefonbücher auf Hüfthöhe oder der Feldempfänger mit Drehkurbel. Doch bereits hier wird sichtbar, welche Weichen das Unternehmen seinerzeit für das heutige Digital-Zeitalter stellte.

Die Historie begann in den 70er Jahren, als ein Zulieferbetrieb für Telekommunikationsunternehmen das Geschäft aufnahm. Später entwickelte sich daraus ein Bosch-Leitwerk. 2010 waren es 90 Mitarbeitende, die bei der Gründung der Limtronik GmbH an den Start gingen. Das Hauptaugenmerk liegt jetzt auf der Fertigung elektronischer Baugruppen und maßgeschneiderter Systeme für die Kundschaft.

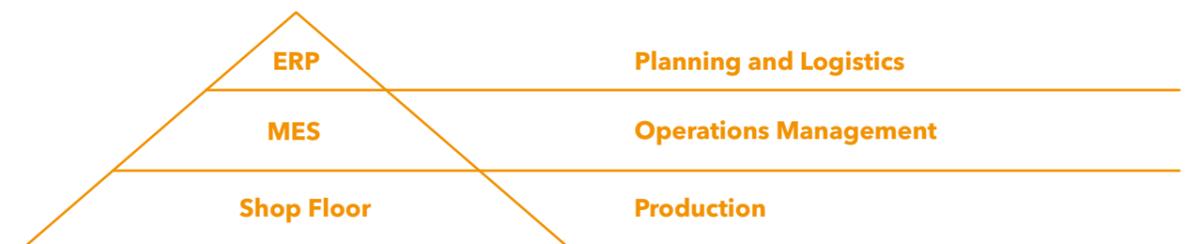
Nahtlose digitale Prozesse wurden schnell zur elementaren Anforderung, die heute Industrie 4.0-gerecht in der hochmodernen Smart Electronic Factory umgesetzt werden.

## **Alles begann mit der Rückverfolgbarkeit**

Gerd Ohl, Geschäftsführer der Limtronik GmbH, beschreibt die ersten Schritte in Richtung digitalisierte Fabrik: „Dadurch, dass wir in den Anfängen vorwiegend für Telekommunikationsunternehmen tätig waren, mussten wir eine hohe Variantenvielfalt managen und rückverfolgbar produzieren. Rückverfolgbarkeit ist für viele unserer Kunden, wie zum Beispiel Automobilzulieferer, unverzichtbar. In dieser Zeit wurden die Grundsteine für die heutige Smart Factory gelegt. Bereits Ende der 80er Jahre war die Datenerhebung zur klassischen Rückverfolgbarkeit signifikant.“

Mittels Rückverfolgbarkeit wird festgestellt, wann, wo und von wem ein Produkt oder eine Handelsware produziert, gewonnen, verarbeitet, transportiert, gelagert, verbraucht oder entsorgt wurde. Dies ermöglicht zum Beispiel die Identifikation der Herkunft und Ursachen des aufgetretenen Fehlers in der Fertigung oder Logistik von mangelhaften Produkten.

Die Grundlage, um Rückverfolgbarkeit umsetzen zu können, bildete seinerzeit die Einführung eines Manufacturing Execution System (MES) im Hause Limtronik. Ein MES ist wesentlicher Bestandteil der Digitalen Transformation. Es verknüpft das ERP-System, eine Software-Lösung für die Ressourcen-Planung, digital mit der Planungs- und Produktionsebene und sammelt fortlaufend Informationen. So entsteht die Grundlage für nachvollziehbare, rückverfolgbare und transparente Prozesse.



### Schnittstellen und Sensoren öffnerten die Tür zur Vernetzung

Mit dem MES und der damit verbundenen möglichen Rückverfolgbarkeit war der Grundstein für einen präzisen Überblick und Fehlervermeidung in der Fabrik gelegt. Ab dem Jahr 2009/2010 modernisierte Limtronik sukzessive den Maschinenpark. Im Fokus standen dabei Schnittstellen, die es den Maschinen ermöglichen, Informationen wie Qualität und Verbrauch an andere Systeme weiterzugeben. Damit unternahm das Unternehmen die ersten Schritte in Richtung intelligenter, vernetzter Prozesse.

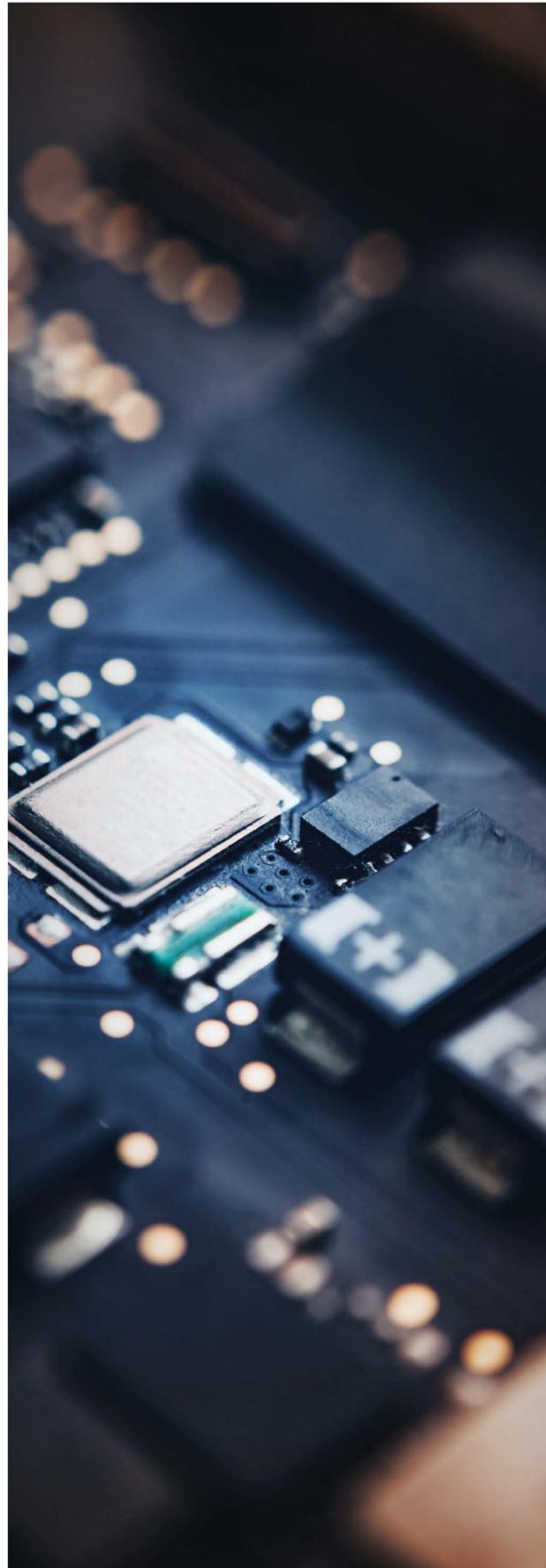
Heute verfügen bei Limtronik viele Maschinen über Sensoren, die zum Beispiel die produzierte Bauteilqualität vermessen oder Informationen über Maschinenzustände aufnehmen. Die von den Sensoren erfassten Daten werden mit Maschinendaten kombiniert, dokumentiert, analysiert und ausgewertet. Gleichzeitig kommunizieren die Maschinen miteinander und tauschen zum Beispiel kontinuierlich Informationen über Produktionsfehler aus. So können durch die gewonnenen Informationen Produktionsabläufe, der Energieverbrauch und Wartungsintervalle der Maschinen optimiert werden. Limtronik nutzt so die Daten, um nachhaltiger produzieren zu können.

### Ressourceneffizienz in der Produktion

Welche Maschine verbraucht den meisten Strom? Welche Transportwege legt ein Bauteil innerhalb der Betriebsstätte zurück? Sind Betriebsmittel und Produktionsprozess zukunftsfähig? Der Leitfaden „Fit für die Zukunft – Ressourceneffizienz“ gibt konkrete Hilfestellungen, Beispiele und wichtige Anstöße.



[hessenlink.de/GEsptVYzrv](https://hessenlink.de/GEsptVYzrv)



### Heute eine der modernsten Elektronikfabriken Deutschlands

„Für die digitale Transformation gab es keine umfassenden Bewertungen in Form von Evaluierungsprozessen, die Lösungen entstanden immer aus dem Bedarf heraus. Unser Antrieb war es stets, hohe Qualität zu produzieren und den Mitbewerbern damit einen Schritt voraus zu sein. Die Erfüllung der Normenforderungen war dabei immer ein wesentlicher Treiber. Damit wurden wir teilweise zur Digitalisierung gezwungen. Die Kostensenkung spielte eine untergeordnete Rolle“, erklärt Gerd Ohl.

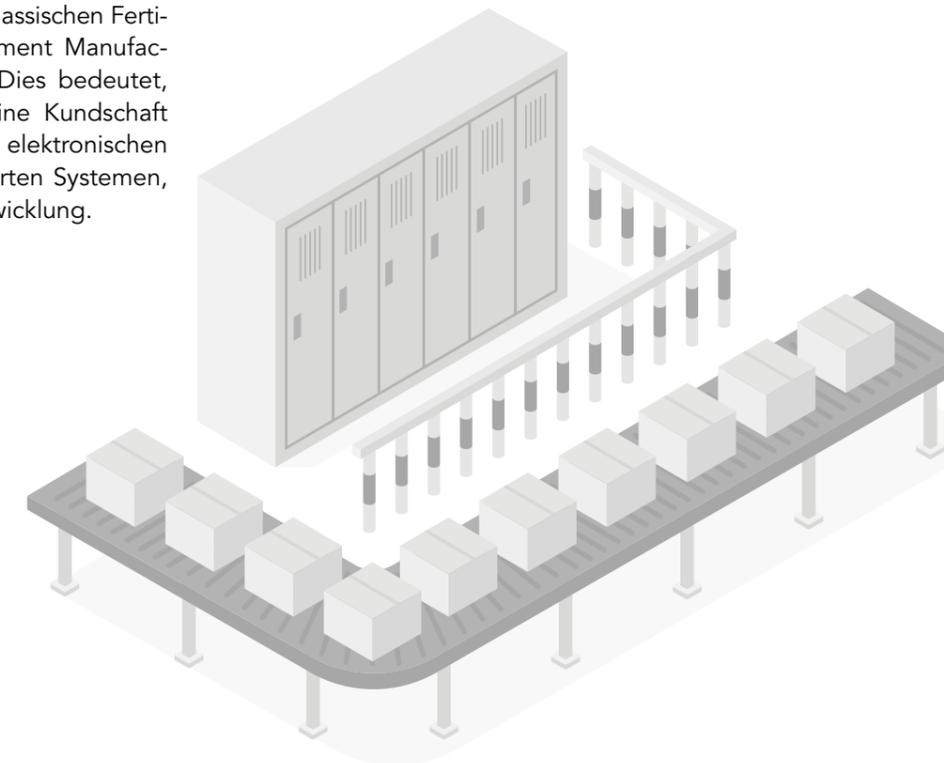
So ergaben sich im Laufe der Jahre einzelne Puzzle-teile, die dazu führten, dass Limtronik im Jahr 2013/2014 erste Initiativen in Richtung Industrie 4.0 mitgründete. Dazu zählt unter anderem der SEF Smart Electronic Factory e.V. – eine Industrie 4.0-Initiative für den deutschen Mittelstand. Die Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplattform des Vereins ist in der Elektronikfabrik in Limburg an der Lahn im laufenden Betrieb integriert. In der Smart Electronic Factory entstehen Lösungen aus der Praxis für die Praxis.

Limtronik wurde damit in puncto Digitalisierung und Industrie 4.0 zum Vorreiter in der Branche EMS (Electronic Manufacturing Services). Das Unternehmen bedient Branchen wie Automotive, Sicherheitstechnik, Medizintechnik, Industriesteuerung sowie erneuerbare Energien. Der EMS-Experte hat sich dabei vom klassischen Fertigungsbetrieb zum Joint Development Manufacturing (JDM)-Partner entwickelt. Dies bedeutet, das Unternehmen unterstützt seine Kundschaft nicht nur bei der Fertigung von elektronischen Baugruppen und maßgeschneiderten Systemen, sondern auch bei der Produktentwicklung.

### Noch lange nicht Schluss: Daten mit Zukunftspotenzial

Was seinerzeit schon der Ursprung im Zuge der Rückverfolgbarkeit war, zieht sich wie ein roter Faden bis in die Zukunft: Daten. Heute kommt es bei Limtronik zum ständigen Datenaustausch der Maschinen. Viele Maschinen sind dabei an ein übergeordnetes System gekoppelt. Somit kann das Unternehmen eine immense Menge an unterschiedlichen Werten erheben, analysieren, zur Verfügung stellen und diese nutzbar machen. Neben den Daten zur Rückverfolgbarkeit sowie zur Prozessoptimierung ermöglichen es diese Informationen der Limtronik-Kundschaft, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln – und das bis hin zum smarten Produkt im Feld.

„Insbesondere in der Wertschöpfung durch Daten sehen wir die Zukunft für unsere Kundschaft. Ein Automobilhersteller zum Beispiel kann durch die gezielten Informationen seine Entwicklungszeiten verkürzen und er weiß, wann er welche Produkte im Servicefall mit welchen Ersatzteilen versorgen muss. Es lassen sich unter anderem Serviceeinsätze vorausschauend planen, Logistikkosten senken oder Rückstellungen für Rückrufaktionen reduzieren. Auch können Unternehmen erfahren, wie, wann, wo und wozu ihre Produkte genutzt werden – so lassen sich diese immer weiter optimieren und auf die Anforderungen der Kundschaft zuschneiden. Das Potenzial ist riesig“, erklärt Gerd Ohl.



# Neue Wege mit jungen Unternehmen

In Hessen gibt es eine Vielzahl an Start-ups, die Sie mit digitalen Lösungen unterstützen können. Der Vorteil: flexible und unkonventionelle Unternehmen gehen mit Ihnen neue Wege. Gemeinsam mit dem StartHub Hessen möchten wir Ihnen eine kleine Auswahl zur Verfügung stellen.



**core sensing GmbH**

[core-sensing.de](http://core-sensing.de)

Smarte Kraft- und Drehmomentsensoren liefern wertvolle Einblicke in Maschinen & Anlagen

Core Sensing entwickelt Kraft- und Drehmomentsensoren, die Maschinenelemente zu smarten Sensoren macht und so Informationen zu Verschleiß und Lebensdauer von Maschinen & Anlagen liefert. Mit modularen Sensoren und drahtlosen Messverstärkern erstellen sie individuelle Lösungen.



**PayperChain GmbH**

[www.payperchain.com](http://www.payperchain.com)

Pay-Per-Use kombiniert mit Blockchain-Technologie. Für sicheres Daten-Handling.

PayperChain entwickelt Software, mit der produzierende Unternehmen Maschinen und Anlagen pro tatsächlich angefallener Nutzung bezahlen, statt diese zu kaufen.



**Sensiotivity UG**

[www.sensiotivity.com](http://www.sensiotivity.com)

Entwicklung unterschiedlicher Sensoren und Sensormodule mit Fokus auf Modularität, Konnektivität und Skalierbarkeit.

Entwicklung von Messtechnik auf optomechanischer Basis zur Erfassung und Auswertung von verschiedenen Messgrößen, um Störanfälligkeit zu reduzieren.



**NUMCAD GmbH**

[www.numcad.com](http://www.numcad.com)

Herstellung und Entwicklung von Automations-Software im Maschinen- und Roboterbereich.

Das Unternehmen entwickelt Software, die aus einem normalen PC eine Kontrolleinheit einer CNC-Maschine macht.



**Der Schlüssel für wirtschaftliche Dynamik sind Start-ups: Junge Gründerinnen und Gründer mit innovativen Geschäftsideen.**



Tarek Al-Wazir

Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen





**Tvarit GmbH**

[www.tvarit.com](http://www.tvarit.com)



Plattform für die Analyse von Produktionsdaten in der Industrie.

Das Unternehmen entwickelt eine Software-Plattform im Bereich Künstliche Intelligenz (KI) für die Analyse von Produktionsdaten in der Industrie und hilft so bei der Planung und Optimierung der Produktionsprozesse und Energieverbräuche.



**mi Solutions & Consulting GmbH**

[www.mi-solutions.eu](http://www.mi-solutions.eu)



KI-basierte Software & Beratung.

Beratung, Entwicklung und Programmierung von Algorithmen sowie Erbringung mathematischer Beratungsdienstleistungen. Entwicklung individueller KI-basierter Software für Industrie-Kundschaft mit Fokus auf vorausschauende Wartung, Supply-Chain und Lagerbestandsoptimierung.



**wetransform GmbH**

[www.wetransform.to](http://www.wetransform.to)



Wetransform macht den Entwurf und die Umsetzung offener Standards agil.

Komplexe Transformationen werden beherrschbar und erfordern geringeren Zeitbedarf. Dadurch reduzieren sich Aufwand und Kosten. Mit den offenen Plattformen hale»connect und hale»studio werden die INSPIRE-Direktive für Geo- und Umweltdaten sowie XPlanung bereits für Planwerke umgesetzt.

Spin-Off des Fraunhofer IGD aus Darmstadt.



**Visometry GmbH**

[visometry.com](http://visometry.com)



Visometry entwickelt Augmented-Reality- und Computer-Vision-Lösungen und unterstützt Unternehmen bei der Digitalisierung industrieller Prozesse.

Das Fraunhofer Spin-Off stellt mit seinem VisionLib SDK ein leistungsstarkes und präzises Objekt-Tracking für AR-Anwendungen bereit. Mit dem AR-System Twyn bietet das Start-up zudem eine schlüsselfertige Lösung für die visuelle Qualitätsinspektion etwa im Maschinen- und Automobilbau an.



**Sie möchten Teil des Start-up-Netzwerks werden und Partner finden?**

In Hessen gibt es rund 1.200 innovative Jungunternehmen. Der StartHub Hessen ist die zentrale Anlaufstelle für die hessische Start-up-Community und vernetzt Sie mit innovativen Gründerinnen und Gründern.

Weitere Informationen:



[www.starthub-hessen.de](http://www.starthub-hessen.de)

# Jetzt kann es losgehen!

**Wir hoffen, diese Broschüre ist ein wertvoller Beitrag für Sie, um die ersten Schritte in Richtung Digitalisierung unternehmen zu können.**

Abschließend möchten wir Ihnen gern ein paar Tipps an die Hand geben, die Ihnen den Weg in die Digitalisierung vereinfachen können.

## 1 Fangen Sie klein an

Greifen Sie nach den „Low hanging fruits“. Das heißt, digitalisieren Sie zunächst die naheliegenden Bereiche mit einfach und schnell umsetzbaren Maßnahmen! Diese lassen sich zum Beispiel durch ein Reifegradmodell ermitteln.

## 2 Digitalisierung ist kein einmaliges Projekt, sondern ein fortlaufendes

Digitalisieren Sie schrittweise und kontinuierlich. Wenn der Anfang gemacht ist und die Grundlagen – wie Reifegrad ist bestimmt und Digitalisierungs-Roadmap ist erstellt – geschaffen sind, dann weiten Sie die Maßnahmen sukzessive aus. Die Strategie sollte regelmäßig überprüft und auf neue Anforderungen angepasst werden.

## 3 Suchen Sie sich Unterstützung durch fachliche Expertise

Sie haben kein Digitalisierungs-Know-how im Haus und können es zum Beispiel aus Ressourcen-Gründen nicht aufbauen? Dann wenden Sie sich an Fachleute. Diese sind darauf spezialisiert, Ihnen den Weg in die Digitalisierung zu zeigen und Sie bei der Umsetzung zu unterstützen.



# Ihre Begleitung auf dem Weg zur digitalen Wirtschaft

Das Technologieland Hessen informiert, berät und vernetzt hessische Unternehmen, die zukunftsweisende Innovationen entwickeln. Umgesetzt wird das Technologieland Hessen von der Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums.

Das Innovationsfeld Smart Production unterstützt vor allem kleine und mittlere Unternehmen dabei, sich mit Industrie 4.0 zukunftsfähig aufzustellen. Das tun wir als Vernetzer, Impulsgeber und als Kooperationspartner bei Veranstaltungen. Außerdem beraten wir Sie zu Förderthemen im Umfeld der Digitalisierung.

## Ihr Kontakt zum Technologieland Hessen



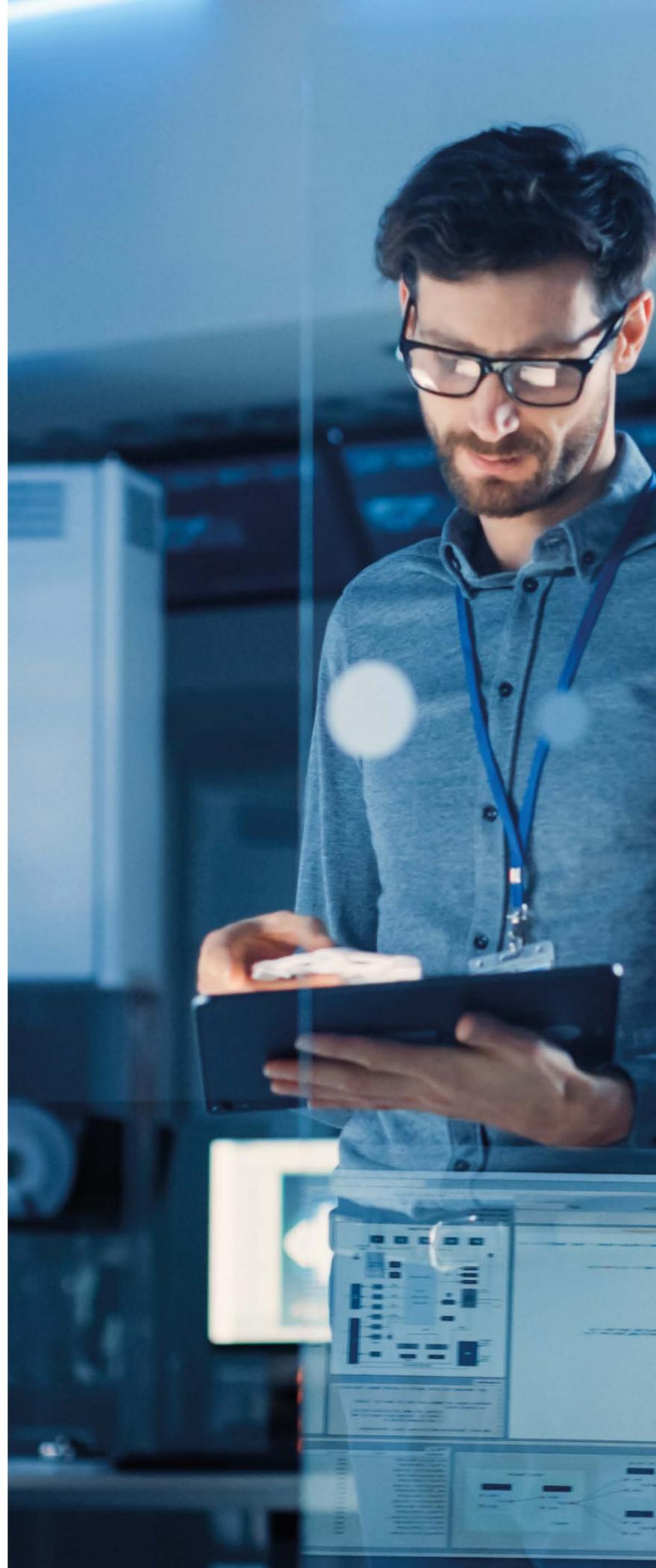
### Dr. Svantje Hüwel

Projektleiterin Smart Production/Digitalisierung  
Tel.: +49 611 95017-8231  
E-Mail: svantje.huewel@htai.de



### Nicole Holderbaum

Projektmanagerin Smart Production/Digitalisierung  
Tel.: +49 611 95017-8624  
E-Mail: nicole.holderbaum@htai.de



Gehen Sie die entsprechenden Schritte nicht alleine, sondern setzen Sie auf eine starke Gemeinschaft! **Diese Anlaufstellen** unterstützen Sie bei der digitalen Transformation – von der Beratung über Fördermittel bis zu einem konstruktiven Erfahrungsaustausch:



Fraunhofer SIT zum  
Thema Sicherheit



IHK Hessen innovativ



Mittelstand Digital

### Netzwerke in Hessen



Vernetzung mit Gleichgesinnten  
und Experten



Plattform Industrie 4.0



RKW Hessen DIGI-Beratung



SEF Smart Electronic Factory e.V.

# Glossar



**3D-Simulation** ist das dreidimensionale Nachbilden eines Prozesses oder Systems, um u. a. die Auswirkungen von Veränderungen zu analysieren. Mit 3D-Simulationen können zum Beispiel Verhaltensweisen von Anlagen simuliert werden, bevor diese in die Realität übertragen werden.

**Brownfield** steht für ein schon bebautes Feld. Im Zusammenhang mit der Fertigung handelt es sich dabei also zum Beispiel um eine bestehende Produktionsumgebung mit entsprechenden Anlagen. Im Gegensatz dazu steht das Greenfield: eine vollständig neue Fabrik, die auf der „grünen Wiese“ entsteht.

**Cloud-Applikationen** sind Software-Programme, auf die Nutzende primär über das Internet zugreifen. Sie werden daher nicht auf den lokalen Rechnern der Nutzenden verwaltet, sondern komplett oder teilweise auf einem ortsfernen Server. Server für Cloud-Applikationen befinden sich in der Regel in einem externen Rechenzentrum, das von einem Cloud-Service-Provider betrieben wird.

Beim **Dashboarding** werden Informationen in einer aussagekräftigen Übersicht angezeigt. Ein Dashboard ist eine grafische Benutzeroberfläche, die der Visualisierung von Daten oder der Verwaltung von Systemen dient. Ein Live-Dashboard-System kann z.B. zur Überwachung und Unterstützung von Maschinen und Anlagen in einem Produktionssystem eingesetzt werden.

**Data Analytics** dient dazu, mit Hilfe von Technologie und statistischen Methoden Daten zu analysieren, um damit zum Beispiel Trends zu ermitteln und Probleme zu lösen. Ziel ist es, aus Daten Erkenntnisse zu extrahieren. Data Analytics beinhaltet auch das Sammeln, Organisieren und Speichern von Daten.

**Datenerhebung** bezeichnet die Ermittlung, das Sammeln sowie das Auswerten von Daten und Informationen. Dieser systematische Ansatz bindet verschiedene Quellen ein, um ein vollständiges und genaues Bild eines Bereichs zu erhalten bzw. bestimmte Ausprägungen von Merkmalen durch statistische Darstellungen abzubilden.

**EMS (Electronic Manufacturing Services)** sind Dienstleistungen für die Auftragsfertigung in der Elektronikindustrie. Sie decken dort von der Entwicklung, Fertigung und Endmontage bis hin zur Auslieferung eine Vielzahl an Leistungen ab. Gängige Dienstleistungen sind z. B. die Leiterplattenbestückung und die Fertigung von elektronischen Baugruppen oder Geräten.

Ein **Enterprise Resource Planning (ERP)-System** ist eine modular aufgebaute Software-Lösung zur Ressourcen-Planung, -Verwaltung und -Steuerung. Eine Kernfunktion dieser Software bei Einsatz in der Fertigung ist die Materialbedarfsplanung.

**Fahrerlose Transportsysteme (FTS)** sind computergesteuerte Fördereinrichtungen, die automatisch Güter durch Produktionshallen bewegen. Dabei werden die Transportwege per Rechner überwacht. Ein fahrerloses Transportsystem optimiert die innerbetriebliche Beförderung durch Automatisierung und Schaffung von Transparenz.

Ein **Gateway** fungiert als Bindeglied zwischen Systemen, die unterschiedliche Protokolle verwenden. Durch ein Gateway wird die Kommunikation zwischen unterschiedlichen, oftmals nicht miteinander kompatiblen Systemen ermöglicht.

**Hubs** sind Knotenpunkte bzw. Verteiler in einem Netzwerk. Auf die Arbeit bezogen sind es Knotenpunkte, an dem Ideen, Akteure und Technologien zusammenfließen und sich vernetzen.

**IIoT (Industrial Internet of Things)** ist eine Unterkategorie des IoT. Es bezieht die Vielzahl von Maschinen, Geräten und Systemen aus der industriellen Umgebung, die mit dem Internet vernetzt sind, mit ein.

**IoT (Internet of Things)** beschreibt klassisch Objekte, die mit dem Internet verbunden werden können. Heute steht es eher für miteinander verbundene Sensoren, Instrumente und andere Geräte, um z. B. Daten auszutauschen.

**IT-Ressourcen** sind zum Beispiel Rechenleistungen, Speicherkapazität und Software.

**JDM (Joint Development Manufacturing)** ist ein Modell, das auf die gemeinsame Entwicklung und Fertigung eines Produktes zielt. Die Partner

arbeiten zusammen an einem Produkt, um Hindernisse, Konstruktionsänderungen, Tests, Produktionsabläufe etc. schneller und besser zu bewältigen.

**Machine Learning** ist ein Teilbereich der künstlichen Intelligenz. Beim maschinellen Lernen besitzen IT-Systeme die Fähigkeit, auf Basis vorhandener Datenbestände und Algorithmen Muster und Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Das Ziel ist: Lernen aus Erfahrung z. B. zu Gunsten von sich selbst optimierenden Prozessen.

Ein **Manufacturing Execution System (MES)** ist Teil eines mehrschichtigen Fertigungsmanagementsystems. Ein MES verknüpft das ERP-System digital mit der Planungs- und Produktionsebene. Es plant, steuert und überwacht die Produktion in Echtzeit.

Ein **Mini-Rechenzentrum** ist eine kleine Variante eines Rechenzentrums. Es besteht aus einem Schranksystem, in dem die Server und alles, was zu einem herkömmlichen Rechenzentrum gehört, untergebracht sind.

**Multi Cloud** beschreibt das Prinzip, mehrere Cloud-Varianten von gegebenenfalls unterschiedlichen Anbietern gleichzeitig zu nutzen. Bei einer Multi Cloud-Infrastruktur kann es sich zum Beispiel um eine Kombination einer Private Cloud mit einer Public Cloud oder mehrerer Clouds desselben Typs handeln.

**OEE (Overall Equipment Effectiveness)** ist für produzierende Unternehmen eine Kennzahl, welche die Gesamtanlageneffektivität bezeichnet. Sie ist ein Controllinginstrument, mit dem Ressourcenverschwendungen aufgedeckt werden, um diesen entgegenwirken zu können. Die OEE kann beispielsweise maschinen- und prozessabhängige Verluste anzeigen.

**Open Source** bedeutet, dass der Quellcode einer Software offen und frei zugänglich ist. Jeder kann den Quellcode einsehen. Programmierende und Anwendende können den Quellcode verändern und teilen. Open Source-Produkte sind im Vergleich zu proprietärer Software flexibler und günstiger in der Anschaffung.

**Operational Technology (OT)** umfasst die Hard-/Software, die zur Steuerung, Überwachung und Regelung physischer Maschinen und

industrieller Anlagen eingesetzt wird. In der Vergangenheit war die OT von der Informationstechnologie (IT) abgeschottet. Mit der Digitalisierung in Fabriken findet eine zunehmende Verschmelzung von OT und IT statt.

**Predictive Maintenance** bezeichnet im Kontext von Industrie 4.0 die vorausschauende Instandhaltung bzw. Wartung, z. B. einer Anlage. Dabei lernen Predictive Maintenance-Lösungen von historischen und gegebenenfalls in Echtzeit verfügbaren instandhaltungsrelevanten Daten, um Vorhersagen zu in der Zukunft erforderlichen Wartungsprozessen zu treffen und diese vorausschauend durchzuführen.

Eine **Regressionsanalyse** ist ein statistisches Analyseverfahren, mit dem untersucht werden kann, wie gut die Werte einer Variablen mit den Werten einer oder mehrerer anderer Variablen vorherzusagen sind. Eine Regressionsanalyse basiert auf Korrelation und zeigt auch, ob ein Zusammenhang zwischen den Werten von zwei oder mehreren Variablen besteht.

**Retrofit** ist in der Fertigungswelt eine Bezeichnung für Anlagenmodernisierung. Dabei werden ältere und technisch veraltete Maschinen nicht entsorgt und ersetzt, sondern überholt und technisch auf den aktuellen Stand gebracht.

**Smart Living** bezeichnet Wohnen im intelligenten (smarten) Zuhause. Hier können zum Beispiel Geräte wie Heizung, Licht und Kühlschrank mit dem Smartphone aus der Ferne gesteuert werden.

Bei einer **SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)** handelt es sich um eine digital programmierte Komponente, die eingesetzt wird, um eine Anlage oder Maschine zu regeln bzw. zu steuern. Sie interagiert über Eingabe- und Ausgabe-Schnittstellen mit diversen Sensoren und Aktoren.

**Virtual Reality (VR)** bezeichnet eine digital simulierte Welt. Sie wird mithilfe spezieller Hard- und Software kreiert und erlebbar gemacht. Nutzende können sich in einer virtuellen 360-Grad-Umgebung frei bewegen und mit virtuellen Inhalten interagieren. Dafür notwendig sind Kameras und Sensoren, die in VR-Brillen, Controllern und Zubehör verbaut sind.

# Quellen und sonstige Literaturverzeichnisse

[1]: Dr. Beate Stahl: Kurzzusammenfassung zum „Leitfaden Industrie 4.0“, Hrsg. VDMA (2015), URL: <http://industrie40.vdma.org/viewer/-/v2/article/render/15540546>; geprüft am 08.11.2021

[2]: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, URL: <http://www.industrie40-readiness.de>; geprüft am 08.11.2021

[3]: Smart Electronic Factory e.V. & Technische Hochschule Mittelhessen (2018); <https://www.smartelectronicfactory.de/angebot/projekte/detail/industrie-40-wirtschaftlichkeitsberechnung/>; geprüft am 08.11.2021

[4]: In Anlehnung an Nicholas Weber: How to create a digital roadmap (and why you need one). Hrsg. Inviqa (2018). URL: <https://inviqa.com/blog/how-create-digital-roadmap-and-why-you-need-one>; geprüft am 08.11.2021

[5]: VDMA, Fraunhofer IOSB-INA (2020): Leitfaden Retrofit für Industrie 4.0. S. 16-21. URL: [https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/55119136/Leitfaden\\_I40\\_Retrofit\\_Final\\_1604655010496.pdf](https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/55119136/Leitfaden_I40_Retrofit_Final_1604655010496.pdf); geprüft am 08.11.2021

[6]: VDMA (2018): Leitfaden Sensorik. URL: [https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/23965916/Leitfaden\\_Sensorik\\_I40\\_1520527273290.pdf](https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/23965916/Leitfaden_Sensorik_I40_1520527273290.pdf); geprüft am 08.11.2021

[7]: Kapitel in Anlehnung an Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg. 2019): Das Projekt GAIA-X; URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/das-projekt-gaia-x.html>; geprüft am 08.11.2021

[8]: In Anlehnung an Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Der deutsche Gaia-X Hub. URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>; geprüft am 08.11.2021

## Fotos

Titelseite	© naulicrea - elements.envato.com
S.2+S.45	© Tarek Al-Wazir, HMWEVW
S.4	© TMLsPhotoG - stock.adobe.com
	© Natee Meepian - stock.adobe.com
	© Alice_D - stock.adobe.com
S.5	© envfx - stock.adobe.com
	© Framestock - stock.adobe.com
	© www.limtronik.de
S.7	© xiaoliangge - stock.adobe.com
S.8	© Monet - stock.adobe.com
S.9	© SEF Smart Electronic Factory e.V.
	© www.limtronik.de
S.10	© Tartila - stock.adobe.com
S.11	© IEDNlab - stock.adobe.com
S.12/13	© TMLsPhotoG - stock.adobe.com
S.15	© digi-check.technologieland-hessen.de
S.16	© Natee Meepian - stock.adobe.com
S.19	© pikselstock - stock.adobe.com
S.20/21	© Andreas Gruhl - stock.adobe.com
S.22	© Tartila - stock.adobe.com
S.24	© Gorodenkoff - stock.adobe.com
S.26	© Fotolia/Dualis GmbH IT Solution
S.28/29	© gstockstudio - stock.adobe.com
S.30	© AntonioDiaz - stock.adobe.com
S.32/33	© naulicrea - elements.envato.com
S.34/35	© Mykola Mazuryk - stock.adobe.com
S.37	© Framestock - stock.adobe.com
S.38/39	© Proxima Studio - stock.adobe.com
S.41	© www.limtronik.de
S.42	© kkolosov - stock.adobe.com
S.43	© Tartila - stock.adobe.com
S.49	© Kalyakan - stock.adobe.com
S.50/51	© Gorodenkoff - stock.adobe.com
Rückseite	© naulicrea - elements.envato.com

# Impressum

## Herausgeber

Hessen Trade & Invest GmbH  
Technologieland Hessen  
Konradinallee 9  
65189 Wiesbaden  
Tel.: +49 611 95017-85  
E-Mail: [info@htai.de](mailto:info@htai.de)  
[www.htai.de](http://www.htai.de)  
[www.technologieland-hessen.de](http://www.technologieland-hessen.de)

## Redaktion

Nicole Holderbaum & Dr. Svantje Hüwel (Hessen Trade & Invest GmbH)

Jan Oliver Schmitt (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen)

punctum pr-agentur GmbH  
[www.punctum-pr.de](http://www.punctum-pr.de)

## Erstellt von:

SEF Smart Electronic Factory e.V.  
[www.smartelectronicfactory.de](http://www.smartelectronicfactory.de)

## Inputgebende Unternehmen und Institutionen

DUALIS GmbH und Visual Components GmbH (S. 24), German Edge Cloud GmbH & Co. KG (S. 28-31), GFT/in-GmbH (S. 23), Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen, TU Darmstadt (Dr.-Ing. Tobias Meudt; S. 21 links), KEBA Group AG (S.10-11), Limtronik GmbH (Gerd Ohl; S.17-19, S. 36-39, S. 40-43), Rittal GmbH & Co. KG (S. 31), Technische Hochschule Mittelhessen (Prof. Dr. Gerrit Sames; S.17-19, S. 36-39)

## Konzeption, Design und Umsetzung

Gandayo - Meister aller Medien  
[www.gandayo.de](http://www.gandayo.de)

## Druck

Druckerei Lokay e. K.  
Auflage: 1000

 klimaneutrales Druckerzeugnis | durch CO<sub>2</sub>-Ausgleich | [www.natureoffice.com/DE-344-KQEIGK3](http://www.natureoffice.com/DE-344-KQEIGK3)



Veröffentlichungsdatum: Dezember 2021

© Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen  
Kaiser-Friedrich-Ring 75  
65185 Wiesbaden  
[www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise – nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessen Trade & Invest GmbH herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlkampfveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl die Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Herausgebers übereinstimmen.



Projektträger:

In Zusammenarbeit mit:



Hessisches Ministerium  
für Wirtschaft, Energie,  
Verkehr und Wohnen



HESSEN  
TRADE & INVEST  
Wirtschaftsförderer für Hessen



Smart  
Electronic  
Factory