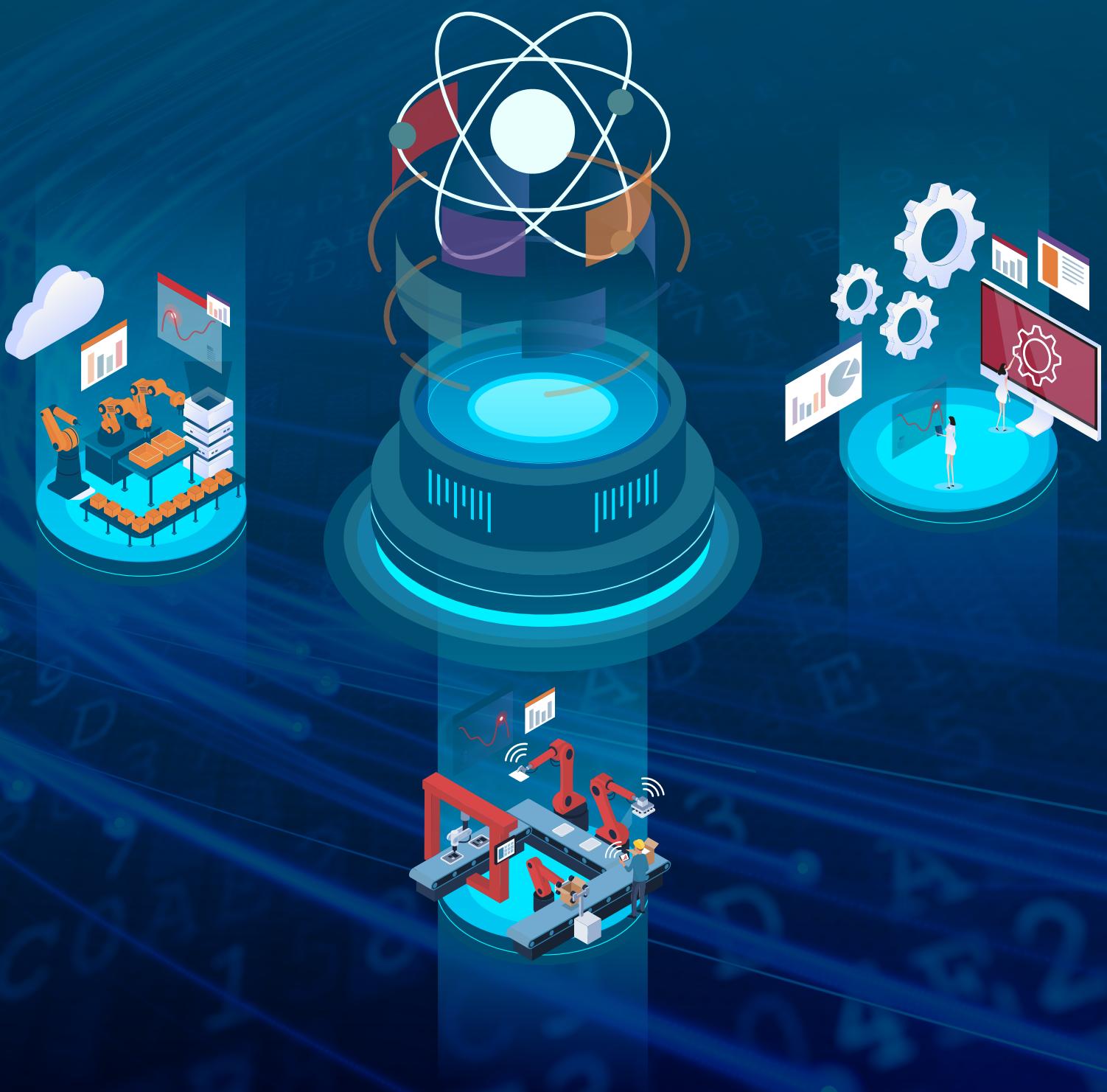


# KONTEXTUALISIERUNG: DIE KUNST DER DATENWISSENSCHAFT



## Die meisten computergestützten Software-Lösungen sind recht simpel gestrickt.

Daten werden über einen Eingabemechanismus eingegeben und effektiv in eine Ausgabe umgewandelt. Wir sind an verschiedene Softwarelösungen in der Fertigung gewöhnt, die den Betriebsstatus anzeigen und dann auf Grundlage eines Schwellenwerts und von Regeln Aktionen auslösen. Wie einfach oder komplex die Daten und die algorithmischen Regeln hinter der Entscheidungsfindung sind, ist in den meisten Fällen nicht ersichtlich, da die beste Software über eingebaute Automatisierung verfügt, die dem Benutzer wenig abverlangt, ganz gleich, wie einfach oder intelligent der Prozess auch sein mag.

In Filmen unterstützen animierte Displays, durchlaufende Bilder, Codes, flackernde Lichter und Soundeffekte das Narrativ, während eine Software-Intelligenz die ganze Arbeit erledigt. Natürlich ist das meiste von dem, was gezeigt wird, irrelevant - es dient nur dazu, zu zeigen, wie wichtig das ist, was gerade auf dem Bildschirm geschieht. In der Realität ist die Intelligenz der Software, ob man sie nun als "KI" bezeichnet oder nicht, aus Sicht des Nutzers nicht greifbar. Das ist auch beabsichtigt, denn anders als in einer Mathematikprüfung ist für die Nutzer nur das Ergebnis relevant und nicht der Rechenweg. **Je intelligenter die Software ist, desto weniger ist eine Nutzerbeteiligung erforderlich, da die Software nach einer ein-gebauten Ontologie entwickelt wird, die Wertgenerierung auf der Grundlage von Wissen über die Interaktion und die Beziehung zwischen Datenpunkten, Konfigurationen und Prozessen bietet.**

Im Falle von FactoryLogix würde es zu sehr ablenken, wenn die MES-Benutzer mit den Hunderten von verschiedenen Möglichkeiten der simultanen Datenverarbeitung konfrontiert würden. In der Fertigung müssen Menschen in Schlüsselpositionen ihr Arbeitspensum bewältigen. Schließlich funktioniert der Großteil der Fabrik die meiste Zeit, ohne dass ungeplante Maßnahmen im Zusammenhang mit einem Ereignis oder einem sich abzeichnenden Trend ergriffen werden müssen.

Wenn solche Bedingungen jedoch eintreten, **ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Ursachen, die Auswirkungen, die aktuellen Herausforderungen, die Möglichkeiten und die potenziellen Folgen vollständig bekannt sind.** In diesem Whitepaper werfen wir einen Blick hinter die Kulissen und zeigen Beispiele dafür, wie FactoryLogix Daten verarbeitet, verschiedene Elemente miteinander in einen Kontext bringt und dabei Regeln und Algorithmen verwendet, die speziell für die vorteilhafteste Smart Factory-Ausführung entwickelt wurden, und zwar out of the box, mit dem geringsten Code-Entwicklungs-Overhead in seiner Klasse.

## Inhaltsverzeichnis

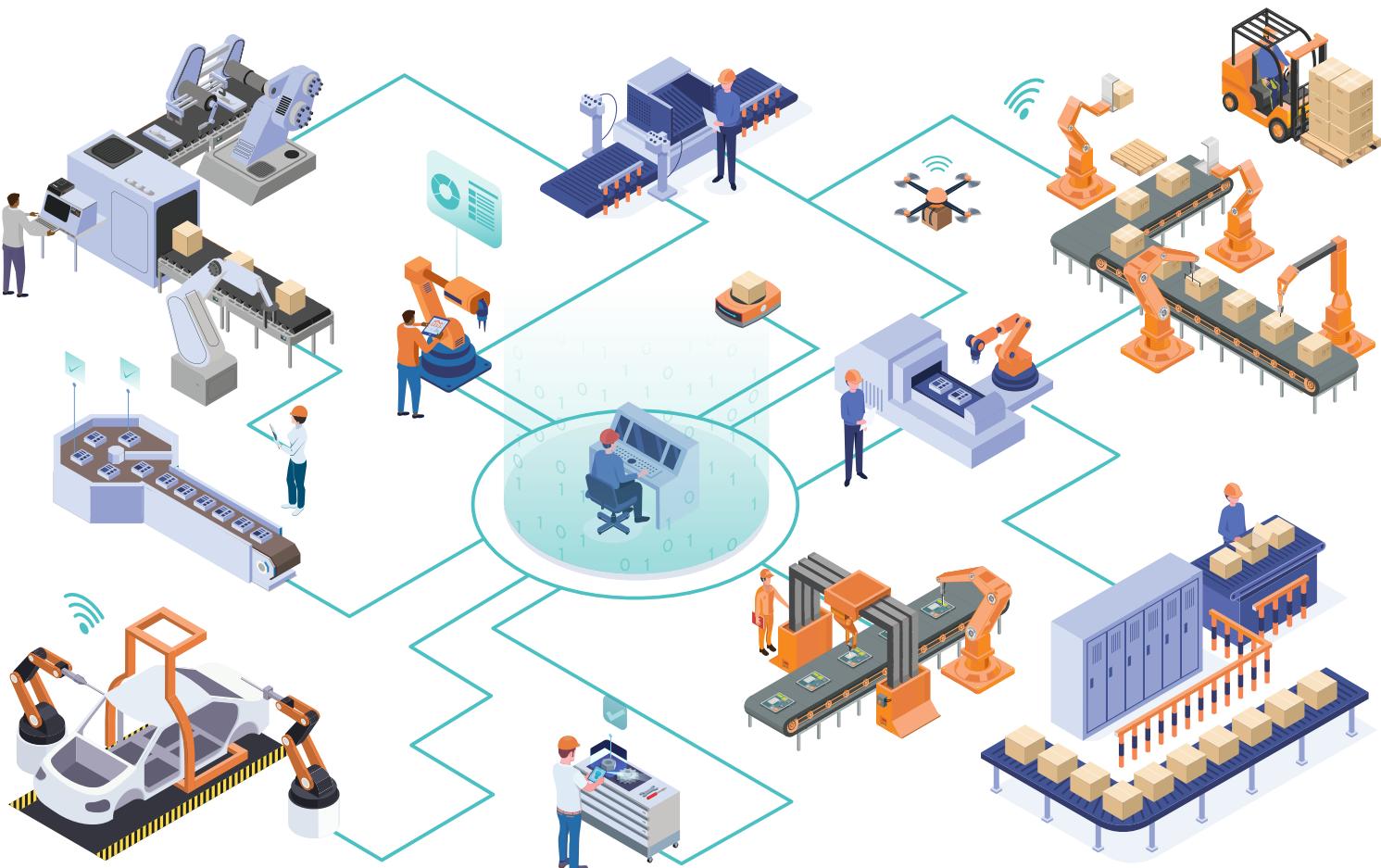
- 2 Einleitung
- 3 Perspektiven
- 4 Mikrofaktoren
- 6 Die Notwendigkeit von Daten-integrität & Interoperabilität
- 8 Ein Beispiel für einen Kontextualisierungsprozess
- 12 Die Beziehung zwischen Kontextualisierung und Provenienz
- 13 Anwendungen von digitalen Zwillingen
- 14 Algorithmen der künstlichen Intelligenz
- 16 Fazit

# Perspektiven

**Die Kunst der Datenwissenschaft besteht darin, aus einer Vielzahl von Datenpunkten, die auf verschiedene Weise miteinander in Beziehung stehen, einen Mehrwert zu schaffen, den man als "Perspektiven" bezeichnen kann.** Der Dateninhalt einer einzigen IIoT-Nachricht, die von einem automatisierten Prozess gesendet wird, trägt zu vielen verschiedenen Perspektiven bei, die sich beispielsweise auf die Betriebsleistung, die Produktqualität, Materialien und Wertschöpfungskette, Konformität und Traceability usw. beziehen.

Jede Perspektive nutzt die Daten in jeder Nachricht unterschiedlich und kombiniert die bereitgestellten Informationen mit denen anderer Datenpunkte sowie dem internen Live-Modell des digitalen Zwillings des Produktionsbetriebs. FactoryLogix ist eine singuläre IIoT-basierte Plattform, mit der man Daten aus vielen unterschiedlichen Quellen kontextualisieren und zusammen mit dem Wissen über Produktionskonfigurationen und Produktdaten in einen Kontext bringen kann. Man benötigt keine veralteten oder unterschiedlichen "Punktlösungen" sowie die komplexe Verbindungsinfrastruktur, die ansonsten erforderlich wäre.

Dieser Ansatz gewährleistet eine hohe Leistung, Genauigkeit, Konsistenz und Konformität im gesamten Fertigungsprozess, vermeidet doppelten Aufwand und Kosten und verhindert, dass unwirksame oder irrelevante Maßnahmen erforderlich werden.



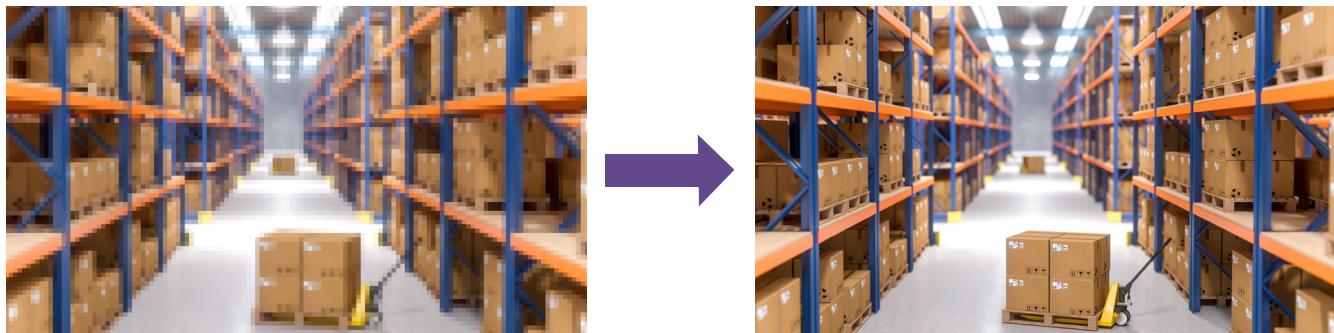
## Mikrofaktoren

Da FactoryLogix jede Perspektive betrachtet, wird ein zugehöriger Satz von "Mikrofaktoren" erstellt.

Unter Mikrofaktoren versteht man Berechnungen, die auf einfachen Aspekten von Informationen basieren, die aus mehreren Meldungen abgeleitet und mit dem Wissen über den aktuellen Vorgang verglichen werden. Ein Beispiel für einen Mikrofaktor könnte die Zeit sein, die eine Produktionseinheit benötigt, um die Verarbeitung in einer Linienkonfiguration abzuschließen, basierend auf der Ankunftszeit eines Produkts an der ersten Station der Linie und der Weiterleitung der Produktionseinheit zur letzten Station der Linie. Der Mikrofaktor selbst ist die einfache Berechnung der Differenz zwischen den beiden Zeitaufzeichnungen, die die Gesamtbearbeitungszeit auf der Linie darstellt, aber in einer Vielzahl von verschiedenen Perspektiven verwendet werden kann:



**Mikrofaktoren ergeben einen Wert, wenn sie gleichzeitig als Komponenten der vielen Software-Algorithmen betrachtet werden, die mit den verschiedenen Perspektiven verbunden sind.** Würden wir alle Mikrofaktoren als Pixel in einem Bild betrachten, käme es uns statisch und willkürlich vor. Das Wissen, wie die Daten mit anderen Daten verknüpft sind oder in Beziehung stehen, sowie das Verständnis, welche Aktivitäten genau durchgeführt wurden, verwandelt statische Bilder in klare, mehrdimensionale Bilder. Dieser Kontextualisierungsprozess wird das Signal effektiv abgestimmt, so wie ein Fernsehgerät Hunderte von Videoprogrammen als ein einziges Signal über ein einziges Kabel empfangen kann.



**Kontextualisierte Ereignisse werden aus einer Kombination vieler verschiedener Mikrofaktoren konstruiert,** die aufeinanderfolgende und konvergierende Aktivitätspfade bilden und Ursachen, Auslöser, Ereignisse und Folgen miteinander verbinden. Diese kontextualisierten Ereignisse tragen ihrerseits zum Mehrwert bei und werden Auslöser für andere Ereignisse, die alle miteinander kombiniert und durch eine gemeinsame Zeitachse verbunden sind. Die Kontextualisierung ist daher vergleichbar mit der Erstellung einer Abfolge von Einzelbildern, aus denen sich mehrere simultane Filme zusammensetzen, wobei jeder Mikrofaktor ein Pixel darstellt, das in vielen dieser Filme verwendet wird, die alle in einer einzigen Plattform kodiert sind - dem "Kabel", das die singuläre Plattform FactoryLogix darstellt.

## FactoryLogix®

### Verwendung der Ontologie

Innerhalb von FactoryLogix besteht die Ontologie aus vielen Schichten und Instanzen, in denen die Software kontinuierlich einen digitalen Zwilling des Betriebs unterhält, der auf Produktionskonfigurationen und produkttechnischen Informationen, Planungsaufgaben und Produktionsfortschritten basiert, wie sie von den Mikrofakten aufgezeichnet werden, die aus dem Lesen zuverlässiger und rechtzeitiger Datenpunkte stammen. Viele Aktionen, Anzeigen, Ereignisse sowie die Auswahl und Anzeige von Informationen zur Unterstützung der Benutzerinteraktionen werden kontinuierlich als Ergebnis von Softwareberechnungen durchgeführt, die auf dem Verständnis aus vielen Perspektiven beruhen und eine Vielzahl von Mikrofaktoren verwenden, die aus vielen Datenquellen stammen.



# Die Notwendigkeit von Datenintegrität & Interoperabilität

**Damit Kontextualisierung effektiv ist, muss Zugang zu umfassenden und konsistenten Daten bestehen.**

FactoryLogix verfügt über zahlreiche integrierte Maschinen-, Geräte- und Systemschnittstellen, die für den Datenaustausch mit allen Formen der Automatisierung in der Fertigung ausgelegt sind. Es gibt jedoch Einschränkungen, je nachdem, wie jeder Anbieter seine eigenen Kommunikationsmechanismen strukturiert und entwickelt hat. Es gibt eine große Bandbreite an Variationen, ob und wie jede Verbindung hergestellt wird und wie die Daten korrekt zu interpretieren sind. Die Kontextualisierung auf Grundlage der besten verfügbaren Daten führt zu Lücken in anderen Quellen, die oft unbemerkt bleiben, was zu unvollständigen oder irreführenden Gesamtanalysen, Unstimmigkeiten und ungenauen Bewertungen führt.

Andererseits **schränkt eine Kontextualisierung, die sich nur auf die allgemein unterstützten Bereiche stützt, die Möglichkeiten zur gemeinsamen Nutzung der Daten ein**, die von Fabrik zu Fabrik, je nach Ausstattung, variiert und birgt das Risiko, dass Inkonsistenzen auftreten, wenn die Ausstattung ausgetauscht oder aktualisiert wird.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurde innerhalb der Standardisierungsorganisation IPC der Ausschuss für den Connected Factory Exchange (CFX) gegründet, der einen einzigartigen Standard geschaffen hat, der zusätzlich zu den Protokoll- und Codierungsmethoden, wie sie in anderen Standards zu finden sind, die genaue Sprache definiert, die für die Kommunikation von Daten in IIoT-Nachrichten verwendet wird. Maschinen, die vom IPC für CFX qualifiziert wurden, kommunizieren auf einer echten "Plug-and-Play"-Basis für alle Standardfunktionen und benötigen keine Middleware und Datenübersetzung, wie sie bei der Arbeit mit anderen Standards erforderlich sind.

Vollständige und konsistente Daten von jeder Produktionsstation ermöglichen die Konstruktion einer reichhaltigeren Menge an Mikrofaktoren über alle Perspektiven hinweg. Aegis arbeitet eng mit dem IPC, Maschinenherstellern sowie Unternehmenslösungen zusammen, damit der Datenaustausch für die Verwendung mit FactoryLogix so vollständig wie möglich ist.



Vollständige und konsistente Daten von jeder Produktionsstation ermöglichen die Konstruktion einer reichhaltigeren Menge an Mikrofaktoren über alle Perspektiven hinweg.



## Sicherheit in der Fertigung

Industrie 4.0 steht für eine verstärkte Automatisierung von Fabrikabläufen durch den Einsatz von Software, die mit immer größeren Datenmengen arbeitet, was zu größeren Herausforderungen in Bezug auf die Sicherheit dieser Daten führt.

Die potenzielle Offenlegung von Produktdesign, damit verbundenen technischen und technologischen Informationen sowie von Daten, die Produktionskonfigurationen, Fähigkeiten, Lieferungen und Logistik detailliert beschreiben, stellt in der gesamten Branche ein wachsendes Problem dar. Ein zusätzlicher Vorteil der Verwendung von IPC-CFX ist die eingebaute Option, Daten an der Quelle mit TLS 1.2 zu verschlüsseln. CFX-Nachrichten können dann sowohl lokal als auch über eine Hybrid-Cloud-Konfiguration ausgetauscht werden, ohne dass diese Daten von Dritten abgefangen werden können.

## Beispiele für fehlende Kontextualisierung

Es gibt mehrere "Fehler", die einem sofort in den Sinn kommen, wenn die Informationsintegrität und -interpretation versagt, was erstaunlich oft bei komplexen kommerziellen Lösungen vorkommt, bei denen die Kontextualisierung nicht korrekt durchgeführt wurde:

### Maschinenwartung



Produktfertigstellungen werden während der Einrichtung und Wartung aufgezeichnet. Sensoren werden beim Einrichten ausgelöst, was zu falschen Produktzählungen und falschem Materialverbrauch führt und manchmal sogar nicht benötigte Nachschublieferungen auslöst. Weitere Probleme ergeben sich aus der Beeinträchtigung der individuellen Produktherstellungshistorie (Traceability). Es ist notwendig, die Betriebsart der Maschine zu kennen, um Meldungen im richtigen Kontext richtig interpretieren zu können.

### Nacharbeit an Stationen



Stationen führen Nacharbeit durch, die normalerweise auf Werksebene als nicht wertschöpfende Arbeit verbucht werden sollte, wenn Zeit, Arbeit und Material in GAE-Berichten korrekt erfasst werden.

### Mittagspausen



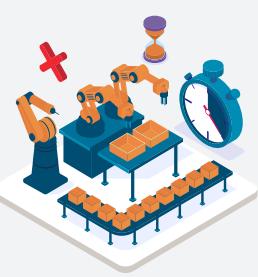
Ein Problem im Zusammenhang mit der Bedienerreaktion wird gemeldet, weil die Maschine länger als üblich stillsteht, obwohl der Bediener lediglich in der Mittagspause ist.

### Überstunden



Es werden Produktivitätsniveaus gemeldet, die über 100 % liegen, wenn ungeplante Überstunden ohne angemessene Berücksichtigung des aktuellen Arbeitskalenders geleistet werden.

### Stillstände



Ein Manager beschwert sich über Stillstände bei einem automatisierten Prozess, die Zeit für das Einrichten und Überprüfen von Materialien erfordern.

# Ein Beispiel für einen Kontextualisierungsprozess

Betrachten wir eine einfache Produktionslinie, bestehend aus drei Produktionsstationen, die im Prinzip jeweils entweder manuelle oder automatisierte Prozesse sein können. Im Falle automatisierter Stationen wird eine Schnittstelle verwendet, um Daten durch IIoT in Echtzeit zu erfassen. Bei manuellen Stationen werden Daten aus dem FactoryLogix Bediener-Cockpit abgeleitet. Um dieses Beispiel anschaulich zu halten, gehen wir davon aus, dass sich beide auf die gleiche Weise verhalten.

Jede Station hat eine gewisse Wahrnehmung, einen eigenen internen digitalen Zwilling, in dem Messungen und Aufzeichnungen von Ereignissen im Zusammenhang mit dem Betrieb akkumuliert, gespeichert und mittels Nachrichten ausgetauscht werden. Routineereignisse, die zum Betrieb der Station gehören, machen dabei den Großteil der Informationen aus. Diese sind für die Anzeige nützlich, haben aber nur selten einen Mehrwert, es sei denn, es tritt eine Ausnahme auf, wie z. B. eine nicht erklärbare Langsamkeit der Linie. Auch Ausnahmen wie z. B. wenn eine Komponente nicht abgerufen werden kann, werden ebenfalls als Ereignisse aufgezeichnet, die Hinweise enthalten, die bei der Bewertung der Ursache, der erforderlichen Maßnahmen und der Folgenabschätzung verwendet werden. In der überwiegenden Mehrheit der Fälle werden Ausnahmen von Ereignissen ausgelöst, die außerhalb der Produktionsstation liegen.

Ein Produktionsbericht, der nur auf den Daten einer einzigen Station basiert, macht nur etwa 20 % des potenziellen Nutzens aus. Die einfache Übertragung der internen Daten über einen Mechanismus an eine beliebige Lösung, ob Cloud-basiert oder nicht, verbessert diese Statistik nicht, wenn sie nicht sofort in einen Kontext gestellt wird. **Das Verständnis der Beziehung zwischen den Ereignissen, die von den einzelnen Stationen gemeldet werden, unter Berücksichtigung der jeweiligen Arbeitsaufgaben und der gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Abläufen, bietet die Möglichkeit, zusätzliche Perspektiven zu berücksichtigen und so den Wert der einzelnen Daten erheblich zu steigern.**

In FactoryLogix existiert ein digitaler Zwilling der Drei-Stationen-Konfiguration. Die gleichen intern fokussierten Daten werden von jeder der Stationen empfangen und in Echtzeit mit IIoT-basierten Nachrichten gesendet, während die Stationen in Betrieb sind. **Zu diesen Informationen gehören:**



Betriebszeit / Außerhalb der Betriebszeit und Zustand



Fertiggestellte Produktionseinheiten



Verknappter Eingang / blockierter Ausgang zur Station



Betriebsfehler / Problem aufgetreten (z.B. Panne)



Materialbezogene Fehler aufgetreten



Der Betrieb wurde aus irgendeinem Grund vom Betreiber gestoppt

Innerhalb des digitalen Zwillingen von FactoryLogix werden die Meldungen in einen Kontext zueinander gesetzt, wobei auch andere Faktoren berücksichtigt werden, darunter:



Stationskonfiguration, -spezifikation und -kapazität



Routen-Regeln zwischen Stationen für dieses Produkt



Produktinformationen, Materialbedarf und Arbeitszuweisung



Einrichtung von Materialien auf der Grundlage von Produktanforderungen und Arbeitsaufträgen

Darüber hinaus gibt es weitere anwendbare Informationen, die von der Betriebsebene des Werks abgeleitet sind, darunter:

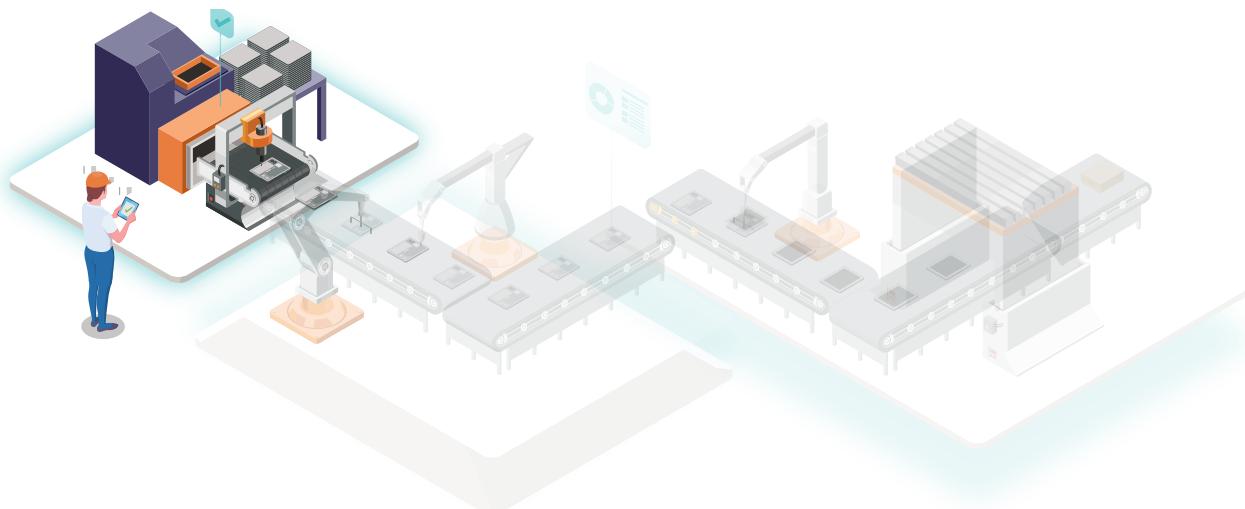
-  **Materialverfügbarkeit und Logistik auf Werksebene**
-  **Werkzeuge, Feeder und andere Geräte, zu denen eine Abhängigkeit besteht**
-  **Wartungspläne und andere Ausnahmen, wie Stromversorgung**
-  **Status und Einschränkungen bei der Vorbereitung von Produktionseinheiten für diese Stationen**
-  **Status und Einschränkungen der Übertragung von Produkteinheiten nach diesen Stationen**
-  **Abfolge der folgenden Produktionspläne für diese Stationen**
-  **Arbeitskalender, einschließlich Überstunden, Arbeitspausen usw.**

## 1 Beispiel für Kontextualisierung: Stufe 1 – Bedeutung

In diesem Beispiel folgen wir der Kontextualisierung eines Ereignisses, welches unsere Drei-Stationen-Linie betrifft. Damit möchten wir den Aktivitätsprozess einer KI demonstrieren, die auf eine mögliche Ausnahme im Betriebsablauf reagiert. Zunächst gehen wir davon aus, dass der anfängliche Betriebszustand der Konfiguration in Ordnung ist.

Die erste Frage lautet, was man unter "in Ordnung" versteht. **Es gibt viele Ereignisse, die den Fertigungsfluss stören, bei denen keine Meldungen oder Aktionen erforderlich sind, wie z. B. das Ersetzen, Einrichten und Überprüfen von Materialien innerhalb der erwarteten Zeit, in der solche Ereignisse eintreten.** Daher muss eine Auslösebedingung für eine Ausnahme definiert werden. In diesem Beispiel verwenden wir als Auslöser das Risiko, dass ein Trend darauf hindeutet, dass die Lieferung von Unterbaugruppen von unserer Drei-Stationen-Konfiguration an eine Hauptmontagelinie ausbleiben wird. Es ist zwingend erforderlich, dass die Hauptbaugruppe niemals beeinträchtigt wird. Wenn sich eine Unterbaugruppe verspätet, kann die Hauptlinie einen lokalen Bestand aufbrauchen, der in einem leanen Betrieb recht gering sein kann.

Zusätzlich zu den erheblichen Auswirkungen eines Stopps der Hauptlinie müssen möglicherweise auch andere Fertigungsstationen für Unterbaugruppen angehalten werden, um einen übermäßigen Aufbau anderer Unterbaugruppen zu vermeiden, bis die Hauptlinie wieder in Gang kommt. **Ein Teil der Daten, die hinter dem Auslöser stehen, ist, dass die Fertigstellung unserer Konfiguration gestoppt wurde,** obwohl der maximale Zwischenbestand der Hauptlinie unter seinem Mindestwert liegt.



## 2 Ein Beispiel für Kontextualisierung: Stufe 2 – Ermittlung der Grundursache

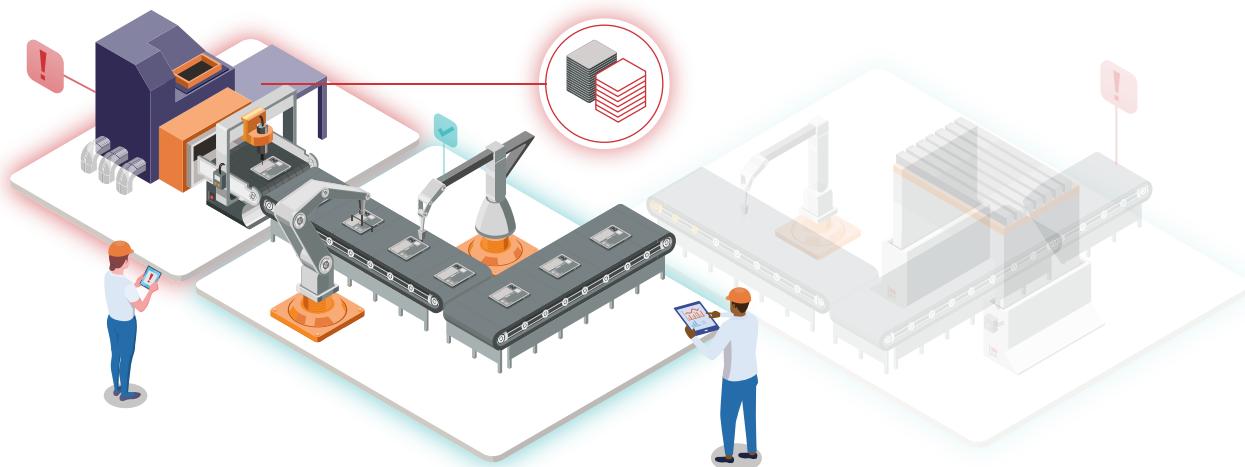
Die dritte und letzte Station in der Linie hat gemeldet, dass sie angehalten wurde. Die KI weiß, dass der geplante Arbeitsauftrag noch aktiv ist, dass die Station noch im Produktionsmodus ist, aber keine Produktionseinheit von der vorangegangenen zweiten Station erhalten hat.

Wenn die KI sieht, dass die zweite Station läuft, versucht sie herauszufinden, ob es ein Problem gibt, das die allgemeine Leistung der Konfiguration beeinträchtigt. **Die unmittelbaren Zykluszeiten der einzelnen Stationen würden analysiert, falls es einen unerwarteten Engpass gibt.** In diesem Fall ist die zweite Maschine ebenfalls in Betrieb, hat aber seit einiger Zeit keine Produktionseinheit mehr von der ersten Station der Linie erhalten.

Die erste Station hat einen Stopp gemeldet, der mit einem bestimmten Material zusammenhängt, das sie eigentlich verwenden wollte, welches aber nicht vorhanden war. Eine Produktionseinheit wartet auf ihre Fertigstellung, aber ohne die Materialien kann die Station nicht fortfahren.

Die KI prüft den Status des fehlenden Materials, um z. B. festzustellen, ob das Material aufgebraucht ist. Wenn das Material nur teilweise aufgebraucht ist, könnte es sein, dass es ein Problem mit der Einstellung oder der Zuführung des Materials zur Station gab, und vielleicht hat ein Bediener nicht reagiert, als Handlungsbedarf bestand. In diesem Beispiel wurden die Materialien aufgebraucht, allerdings wurde kein Nachschubmaterial an der Station registriert. Die KI wendet sich dann an den Bereich Materiallogistik, um herauszufinden, warum kein Material bereitstand. Es stellt sich heraus, dass zwar ein Material vorbereitet war, dieses aber beschädigt war und nicht verwendet werden konnte.

Dieses Problem bestand schon seit einiger Zeit; genügend Zeit, um normalerweise das nächste verfügbare Material einzulagern. Nach einer Befragung des Lagerbereichs stellt die KI fest, dass das betreffende Material nicht mehr verfügbar ist und dass ein alternatives Material für die Verwendung anstelle des ursprünglichen Materials geprüft wird, welches jedoch erst von der Technik genehmigt werden muss. Da es sich um die Abendschicht handelt, ist der technische Leiter nicht verfügbar, um diesen Materialwechsel zu genehmigen, so dass der Prozess "feststeckt". **Die verantwortliche Person hat es versäumt, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um diesen Vorfall zu eskalieren,** da sie nicht der Meinung war, dass der Ernst der Lage dies erforderte.

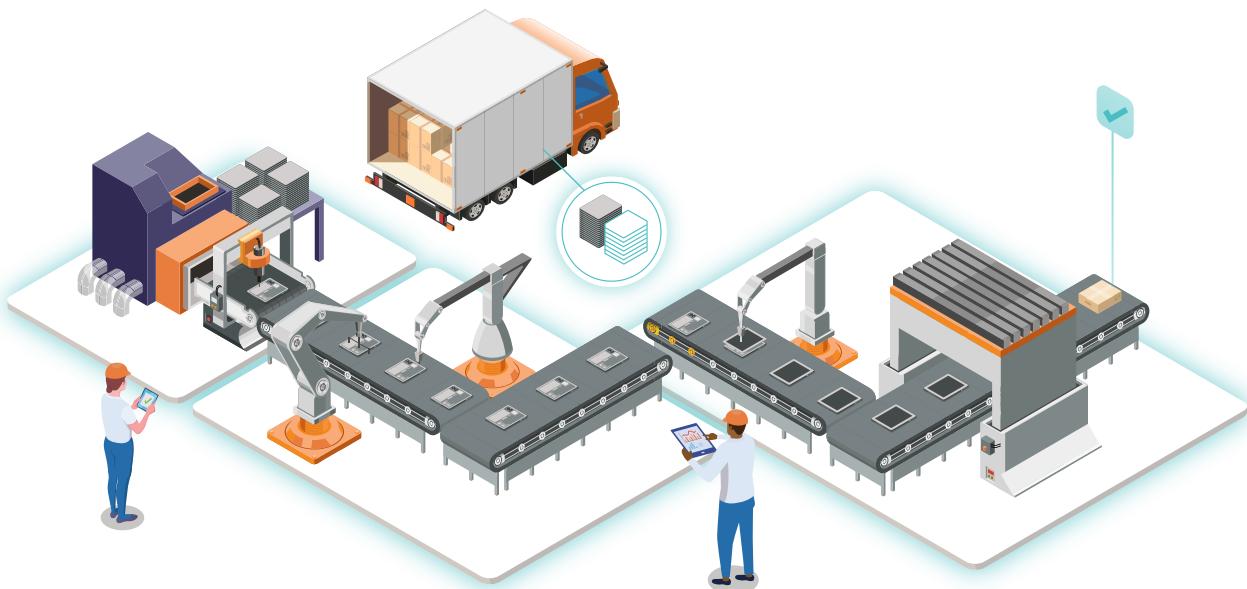


### 3 Ein Beispiel für Kontextualisierung: Stufe 3 – Maßnahmen

Da die KI die gesamte Kette vergangener Ereignisse, den gegenwärtigen Status und die extrapolierten Konsequenzen für die Zukunft sieht, **rechtfertigt das den sofortigen Anruf bei einem technischen Leiter.** Anstatt den Manager ins Werk kommen zu lassen, kann die KI per Fernzugriff Informationen über das ursprüngliche Material und die vorgeschlagenen Alternativen liefern, die möglicherweise nicht auf der Liste der zugelassenen Lieferanten stehen, weil das Material von höherer Qualität oder teurer ist. Auch Informationen über die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Materialien werden weitergegeben. Der Manager kann dann sicher sein, dass die Verwendung dieses Teils weder andere Produktionsaufträge noch die Qualität des Produkts oder die Produktionsleistung beeinträchtigt. Auch wenn das vorgeschlagene Alternativmaterial teurer ist, ist die Kostenersparnis durch die Vermeidung einer Unterbrechung der Hauptmontagelinie sinnvoll. Die Alternative wird genehmigt.

In diesem Beispiel **kooperieren die KI und die Menschen, um das Problem zu lösen**, und zwar auf der Grundlage vieler verschiedener Informationen, die von Maschinen über das Produkt und den Betriebszustand der Fabrik erfasst werden. In Zukunft könnte die KI selbst immer mehr dieser Entscheidungen treffen, und zwar auf Grundlage der gleichen Faktoren, die auch der Manager berücksichtigt hat. Der Grund dafür, dass heute ein Mensch die Entscheidungen trifft, liegt darin, dass es sich um komplexe Entscheidungen handelt, für die die Verantwortung übernommen werden muss.

Obwohl dieses Beispiel den "Denkprozess" der KI-Kontextualisierung veranschaulicht, ist es etwas unrealistisch, da Mini-Trigger bereits im Logistikbereich, im Lagerbereich und um die Produktionsstationen herum erstellt worden wären, lange bevor eine Bedrohung für die Hauptproduktion bestand. Jeder Mini-Auslöser trägt zur allgemeinen Bedeutung der erforderlichen Maßnahmen bei und treibt die Eskalation voran, **wobei jeder Algorithmus den Kontext aus jeder Perspektive liefert.**



# Die Beziehung zwischen Kontextualisierung und Provenienz

**Die Verwendung und der Nutzen kontextualisierter Daten geht weit über die Verwendung im Zusammenhang mit Industrie 4.0 und dem laufenden Fertigungsbetrieb hinaus.** Provenienz in der Fertigung, die sich auf Materialien, Verarbeitung und Qualität erstreckt, ist ein wesentliches Element der modernen, sicheren und vertrauens-würdigen Fertigung. Provenienz kann nur durch die Verknüpfung kontextbezogener relevanter Informationen mit diskreten physischen Einheiten zuverlässig erstellt werden. Insgesamt umfasst die Provenienz in der Fertigung folgende Punkte:



## PROVENIENZ VON MATERIALIEN

**Die Aufzeichnung der genauen in einem Produkt verwendeten Materialien ist ein wesentliches Element der Materialprovenienz in der gesamten Wertschöpfungskette.** Das physische Material, das für jede konstruktionsbedingte Komponente verwendet wird, kann selbst innerhalb eines einzigen Produktionsloses unterschiedlich sein. Dies kann z. B. durch eine Änderung des Loses oder der Charge der verwendeten Bauteile eines einzelnen Herstellers, durch die Verwendung von Bauteilen mit derselben Spezifikation, aber von verschiedenen Herstellern, oder durch die Verwendung von alternativen Bauteilen gemäß der Liste der zugelassenen Lieferanten (Approved Vendor List - AVL) bedingt sein. Informationen, die sich auf die Leistung von Materialien beziehen, müssen mit dem tatsächlich verwendeten Material in Beziehung gesetzt werden, um die Leistung in Bezug auf Qualität und Zuverlässigkeit sowie die Kosten zu differenzieren. Die Provenienz von Materialien in der Fertigung ist ein wichtiger Bestandteil der gesamten Wertschöpfungskette, die in vielen Fällen der Kontrolle der Umwelt und der ethischen Beschaffung sowie der standortbezogenen Besteuerung unterliegen kann.



## PROZESSHERKUNFT

**Darunter versteht man die Gewissheit, dass die Herstellungsprozesse nach festgelegten Verfahren durchgeführt wurden, die die Reihenfolge und den Aufbau der Prozesse, die Aufzeichnung von Betriebsmessungen und -ergebnissen und in vielen Fällen auch die Personalien und Umweltdaten umfassen.** Die Prozesssicherheit umfasst auch die Sicherheit, dass im Falle von Abweichungen von der spezifizierten Abfolge der Vorgänge, so dass zusätzliche Inspektionen, Tests oder Reparaturen erforderlich sind, die spezifizierten Wiederherstellungsregeln befolgt werden. Die Faktoren, die den vollständigen Datensatz der Prozesssicherheit für jedes hergestellte Produkt bilden, werden aus den vielen verschiedenen Mikrofaktoren und den damit verbundenen Perspektiven kontextualisiert, was Sicherheit der betrieblichen Konformität bedeutet, ohne dass manuelle Kontrollen und Berichte erforderlich sind.



## QUALITÄTSSICHERUNG & TRACEABILITY

**Über die Bestätigung von Vorgängen hinaus bestehen Traceability-Daten, die auch die Material- und Prozessherkunft umfassen, als eine Obermenge kontextualisierter Fakten.**

Diese beziehen sich in der Regel auf eine Gruppe von hergestellten Produkten und enthalten genaue Angaben zu den Herstellungsbedingungen eines jeden Produkts. Tritt bei einem Produkt innerhalb eines Arbeitsauftrags oder einer Charge ein Fehler auf, ermöglicht vollständige Traceability die Feststellung der genauen, einzigartigen Umstände, die zum Auftreten des Fehlers geführt haben, und zeigt auch alle anderen hergestellten Produkte an, die möglicherweise eine ähnliche Schwachstelle aufweisen. Um Traceability-Daten in vollem Umfang für die Qualitätskontrolle nutzen zu können, muss der exakte Kontext vorhanden sein, um das genaue Material, den Vorgang, den Prozess, die Ereignisfolge usw. zu verstehen.

# Anwendungen von digitalen Zwillingen

Wie wir im obigen Beispiel gesehen haben, wird die Anwendung des Begriffs "digitaler Zwilling" mit komplexen Szenarien in Verbindung gebracht, für die eine spezielle Software entwickelt wird, die sehr umfangreich ist. **Es gibt vier grundlegende Arten von Anwendungen des digitalen Zwillinges:**

## VISUELL



**Der Schwerpunkt der Daten liegt auf der Beschreibung einer physischen Einheit, z. B. eines Autos oder einer Leiterplatte.** Formen, Materialien, Bewegungen, Oberflächenbeschaffenheit, einschließlich einer Vielzahl von Einzelteilen, bilden das endgültige Modell. Ziel ist es, eine visuelle Schnittstelle für den Menschen zu schaffen, die es ihm ermöglicht, die Ergebnisse seiner Ideen sofort zu sehen und Änderungen vorzunehmen, die den Prozess noch während seiner Ausführung verbessern.

## RECHNERISCH



**In diesem digitalen Zwilling wird Software eingesetzt, um in Echtzeit Entscheidungen über die Steuerung eines Vorgangs zu treffen.** Ein gutes Beispiel hierfür ist eine Software, die die Befehlsfolge für eine automatisierte Maschine oder einen Roboter erstellt. Die Komponenten dieses digitalen Zwillinges bestehen in der Regel aus den Produkt- und Materialdaten, einer Darstellung der Betriebsmechanismen der Maschine, einem Zeitmodell und in fortgeschrittenen Fällen aus Daten, die mit anderen Vorgängen in der Linie verbunden sind, sowie aus der Berücksichtigung mehrerer Produktvarianten, die als Bauteil einer Gruppe hergestellt werden sollen.

## FUNKTIONELL



**In diesem digitalen Zwilling wird Software eingesetzt, um in Echtzeit Entscheidungen über die Steuerung eines Vorgangs zu treffen.** Eine Analogie ist die Flugverkehrskontrolle, bei der genaue Positions- und Geschwindigkeits-messungen vom Radar sowie vom Flugzeug selbst digitalisiert werden. Die Informationen über jeden Flug sind bekannt, ebenso die Kapazität der Start- und Landebahnen und der Rollflächen auf dem Flughafen. Die Aufgabe besteht darin, alle Flugzeuge schnell und sicher an ihr Ziel zu bringen. Wie bei einem Fertigungsbetrieb wurde die Flugverkehrskontrolle schrittweise automatisiert, ein sich entwickelnder digitaler Zwilling, aber die letzte Kontrolle liegt weiterhin beim Menschen. In der Montage-produktion werden ebenfalls immer mehr Entscheidungen automatisiert, z. B. das Abrufen des nächsten Materialnachschubs für die Maschine unmittelbar vor der Materialentnahme, das Ausnutzen der Gelegenheit eines unvorhergesehenen Stillstands zur Durchführung von Wartungsarbeiten und vieles mehr.

## ANALYTISCHE



**Durch die starke Zunahme des Volumens und des Umfangs der erfassten Daten ermöglicht die Analytik das Auffinden von Mustern in den Daten, die mit einem bestimmten Ergebnis verbunden sind.** Außerhalb des digitalen Zwillinges werden komplexe Datensätze durch Analysen ausgewählt, sortiert, gefiltert, mit Querverweisen versehen, gedreht und zusammengefasst, so dass Muster und Trends sichtbar werden. Viele Analysen sind auf der Grundlage bekannter KPIs vorbestimmt. In der Welt des digitalen Zwillinges kontextualisiert die Software die Bedeutung der kombinierten Daten und kennt den Betrieb jeder Station. Wird beispielsweise ein Fehler an einer Montageprüfstation festgestellt, vergleicht der digitale Zwilling die Ergebnisse aller früheren Vorgänge bei allen ähnlichen Produkten und findet heraus, welche Faktoren zu diesem Fehler beigetragen haben. Die Software kann dann nicht nur andere Produkte bestimmen, bei denen die Faktoren in ähnlicher Weise zu einem Defekt geführt haben, sondern kann auch künftige Montagevorgänge überwachen und Trends in Richtung der Muster erkennen, die zu Defekten geführt haben, und diese anpassen.

# Algorithmen der künstlichen Intelligenz

Die Verfügbarkeit und Interoperabilität von Daten ist eine Schlüsselkomponente des digitalen Zwillings, die andere ist die Software, die die Algorithmen oder die Intelligenz hinter den Berechnungen und den getroffenen Entscheidungen enthält.

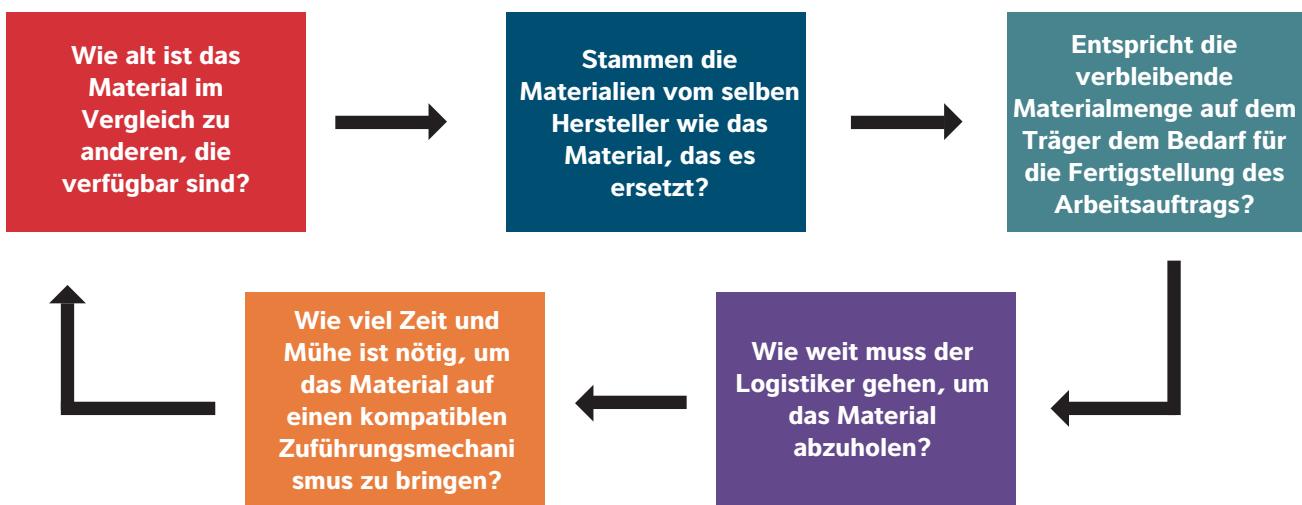
Die meisten gängigen Software-Algorithmen sind heuristisch und folgen einer Reihe von Regeln, die festlegen, wie Daten kombiniert werden, um ein Ergebnis zu erzielen. Die Schwierigkeit bei der Anwendung dieser Algorithmen auf komplexe Probleme besteht darin, dass der Programmierer viel darüber wissen oder ergebnisorientiert denken muss, was ein tiefes Verständnis des Problems selbst sowie Annahmen darüber, wie es gelöst werden sollte, erfordert. Auf diese Weise können wir sagen, dass der auf diesen Algorithmen basierende digitale Zwilling insofern intelligent ist, als er das Wissen enthält, wie die Lösung zu finden ist. **Die Herausforderung besteht jedoch darin, dass der Algorithmus von der Erfahrung und der Versiertheit des Programmierers abhängt und daher möglicherweise nicht die beste Lösung darstellt.** Außerdem ist eine erhebliche Überarbeitung des Algorithmus erforderlich, wenn eine wesentliche Änderung der Methode erforderlich ist.

Ein wesentlicher Vorteil heuristischer Algorithmen ist jedoch, dass sie im Vergleich zu anderen Algorithmen sehr schnell zu Ergebnissen führen. Digitale Zwillinge, die schnell reagieren oder Entscheidungen auf der Grundlage relativ einfacher Regeln treffen müssen, werden viele Beispiele für diese eher traditionellen heuristischen Algorithmen enthalten.

Eine andere Art von Algorithmus wird als "Fuzzylogik" bezeichnet. In diesem Fall zerlegt die Software das Problem in seine logischen Faktoren, berechnet für jeden ein Ergebnis und verwendet dann zusätzliche Logik auf der Grundlage der relativen Bedeutung und der interaktiven Wirkung der einzelnen Faktoren, um die Gesamtlösung zu finden. Ein Beispiel für die Anwendung dieses Algorithmus ist die Auswahl einer SMT Materialspule als Nachschub aus dem Lager.

## Zu den individuellen Faktoren gehören:

- Wie viel Zeit steht zur Verfügung, um dieses Material zu liefern?
- Für jedes verfügbare Material, das den betrieblichen Anforderungen entspricht:



Der Algorithmus der Fuzzylogik vermeidet potenzielle Probleme, die eine einfache Logik mit sich bringen würde. Würde beispielsweise die "FiFo"-Regel (First-In, First-Out) isoliert angewandt, bestünde die Gefahr, dass der ausgewählte Materialträger zu wenige Komponenten enthält und daher ein zusätzlicher, unnötiger Nachschub erforderlich ist, oder dass zu viel Zeit benötigt wird, um das Material von einer Zuführungsart zu einer anderen zu transportieren, wodurch der Liefertermin verpasst würde.



**Fuzzylogik-Algorithmen bewerten und gewichten alle Faktoren auf Grundlage des Kontextes der Situation, wobei sie recht komplexe interaktive Berechnungen durchführen, die oft zu Ergebnissen führen, die aus der Sicht der ursprünglichen Erwartung unerwartet sein können, daher der Name "Fuzzylogik".** Da die relativen Prioritäten für jeden Faktor durch die Verwendung von Parametern geändert werden können und im Laufe der Zeit neue Faktoren hinzugefügt oder entfernt werden können, sind Fuzzylogik-Algorithmen ein sehr wichtiges und flexibles Werkzeug in der modernen KI, obwohl sie schon seit Jahrzehnten in der Softwareentwicklung verwendet werden. Da durch die erweiterte Interoperabilität mehr Daten zur Verfügung stehen, ist es relativ einfach, die "Intelligenz" der auf Fuzzylogik basierenden Lösung zu erweitern.



**Genetische Algorithmen (GA) sind eine weitere, moderne Methode zur Lösungsfindung, mit vielen Variationen und Ableitungen in ihrer Funktionsweise.**

Theoretisch sind genetische Algorithmen in der Lage, die besten Lösungen für Probleme zu finden, ohne von Annahmen aus heuristischer Sicht abhängig zu sein. Ein Beispiel für den Einsatz genetischer Algorithmen wäre die Zuweisung von manuellen Montagearbeiten an eine Reihe von Mitarbeitern.

Es würden Regeln für die Montagereihenfolge festgelegt, anhand derer eine Punktzahl berechnet würde. Solche Regeln können Abhängigkeiten von aufeinanderfolgenden Vorgängen, Sichtbarkeit und Zugang für den Bediener, die Vermeidung ähnlicher Materialien innerhalb derselben Zelle usw. umfassen.

**Ziel ist es, die Arbeit entsprechend den Anforderungen und Regeln zuzuweisen und gleichzeitig die Arbeit so auf die Bediener zu verteilen, dass keine Zeit zwischen ihnen verloren geht.** Der genetische Algorithmus beginnt mit der zufälligen Zuteilung aller Aufgaben an die Mitarbeiter, bewertet das Ergebnis, ändert die zufällige Zuteilung, erstellt eine weitere zu bewertende Sequenz und wiederholt diesen Prozess. Die beste Bewertung wird als die potenziell beste Lösung angesehen. Es gibt verschiedene Methoden für die Aufteilung und Neukombination der Sequenz, wobei die ursprüngliche Methode auf der gleichen Prämisse beruht wie die genetische Vererbung der DNA von den Eltern an ihr Kind. Die Herausforderung bei genetischen Algorithmen besteht darin, dass ihre Verarbeitung eine beträchtliche Zeit und Rechenleistung in Anspruch nehmen kann, so dass eine bestimmte Zeitspanne oder ein Zeitraum, in dem es keine Verbesserung gibt, festgelegt werden muss, damit der Algorithmus zu einem Ende kommt. Mit der Entwicklung des Quantencomputers, der sich an den Problemen genetischer Algorithmen orientiert, könnten diese Ergebnisse in Zukunft enorm beschleunigt werden, wodurch sich der Anwendungsbereich erweitert.

---

**Wenn durch erweiterte Interoperabilität mehr Daten zur Verfügung stehen, ist es relativ einfach, die "Intelligenz" der auf Fuzzylogik basierenden Lösung zu erweitern.**

---

In den Fällen der Fuzzylogik und genetischen Algorithmen bleibt die Herausforderung bestehen, dass die Bewertungsregeln immer noch auf dem technischen Wissen über die Aufgabe basieren. Es besteht die Möglichkeit, dass die KI die Art und Weise, wie die Bewertung vorgenommen wird, verändert und vielleicht sogar die Entdeckung neuer Parameter zur Überwachung und Bewertung ermöglicht. Dies entspricht im Wesentlichen der Art und Weise, wie Menschen lernen, angetrieben durch Motivation. In der Fertigungswelt bringen wir der KI bei, was erwünscht ist und was während des gesamten Fertigungsvorgangs vermieden werden sollte, um den Prozess auszulösen, der bestimmt, was funktioniert und was nicht. **Algorithmen und Computertechnologien wie neuronale Netze und Quantencomputer entwickeln sich parallel zur Entwicklung dieses Aspekts der KI weiter.**

## Fazit: Analytik muss an erster Stelle stehen

**Kontextualisierung ist die Wurzel der Intelligenz.** In FactoryLogix gibt es viele gleichzeitige und ineinander greifende Kontextualisierungsprozesse, die in Echtzeit ablaufen. Während der Ausführung der Fertigung werden immer mehr Aufgaben zugewiesen und in den historischen Daten werden neue Muster entdeckt und analysiert.

Ohne Kontextualisierung - wie bei vielen cloudbasierten Lösungen für die Fertigungsanalyse, bei denen Rohdaten von Produktionsstationen zurückverarbeitet werden müssen, um die Bedeutung und Beziehungen unzähliger einzelner Ereignisse zu ermitteln - müssen Berechnungen immer wieder auf leicht unterschiedliche Weise wiederholt werden.

**Bei der Kontextualisierung werden Mikrofaktoren in Echtzeit ermittelt, während die Informationen "frisch" und aussagekräftig sind.** Mikrofaktoren werden aus vielen verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und in Kombination verwendet, um Maßnahmen, Empfehlungen und Leistungsmessungen zu ermitteln. Historische, kontextualisierte Daten sind aussagekräftig. KI-Algorithmen können so formuliert werden, dass sie komplexe Entscheidungen in einem Bruchteil der sonst benötigten Zeit treffen, wobei viele Routinefaktoren und außergewöhnliche Zustandsauslöser gleichzeitig verarbeitet werden und komplexe Situationen in Form von digitalen Zwillingen dargestellt werden.

Industrie 4.0 entwickelt sich weiterhin weg von isolierten App-basierten "Punktlösungen", die in komplexen Situationen nur schwer funktionieren, hin zu einem ganzheitlichen Ansatz der intelligenten, software-gesteuerten Fertigung.

**Die einzigartige, auf IIoT basierende Plattform FactoryLogix ist die perfekte Umgebung, in der KI heute und zunehmend auch in Zukunft einen Mehrwert für die Fertigung bieten kann.**

**Mehr erfahren**



**E-Mail:** info@aiscorp.com  
**Webseite:** www.aiscorp.com/de  
➤ @FactoryLogix  
LinkedIn.com/company/aegis-industrial-software

**Hauptsitz des Unternehmens**  
220 Gibraltar Road, Suite 300  
Horsham, PA, 19044 USA  
**Telefon:** +1.215.773.3571

**Firmensitz in Europa**  
Wetterkreuz 27  
91058 Erlangen  
**Telefon:** +49.9131.7778.10

**Firmensitz in Asien**  
Rm. 809, Daha Hucheng Business Center  
No 6, Lane 239, Daha No. 1 Road  
Putuo District, Shanghai, 200442, PR. China  
**Telefon:** +86 2 1 5882 4882