

# Herausforderungen im Internet of Production

Die Verfügbarkeit von Daten und Informationen wurde durch das Internet und seine Verbreitung revolutioniert. Das Konzept des Internet der Dinge (IoT), in dem physische Objekte Informationen untereinander austauschen, übertrug die Idee auf die physikalische Welt. Allerdings stieß es in der Produktionstechnik an seine Grenzen, da diese durch wesentlich mehr Parameter, aber weniger verfügbare relevante Daten und Zusammenhänge beschreibende Modelle als andere Domänen geprägt ist. Das Internet of Production (IoP, Abbildung 1) verfolgt das Ziel, ein neues Level der domänenübergreifenden Kollaboration zu ermöglichen. Durch die Verfügbarkeit semantisch adäquater und kontextbezogener Daten aus Produktion, Entwicklung und Nutzung in Echtzeit sowie einer angepassten Granularität für weitere Mitarbeiter außerhalb des Applikationsexpertenkreises, können domänenübergreifende Fragestellungen schneller beantwortet werden.

Kernstück des Internet of Production ist die Smart-Data-Schicht, sie enthält und verwaltet die digitalen Schatten. Zusätzlich ermöglicht sie den erforderlichen, multimodalen Zugriff aus verschiedenen Produktions- und Lebenszyklus-

bereichen auf verfeinerte Daten, die aus Rohdaten erzeugt werden. Der Zugriff auf die Rohdaten, die in den Applikationssystemen gespeichert sind, wird über die Middleware-gewährleistet.

Smart Data gewährleistet die Datenintegration der relevanten Prozessbeziehungen in Entwicklung, Produktion und Nutzung. Die Integration basiert auf umfassenden Datenmodellen mit Funktionen zur Datenspeicherung, -verarbeitung und -übertragung. Dies ermöglicht eine kontextsensitive Verarbeitung in Echtzeit mit minimalen Latenzzeiten bei der Interaktion mit dem Smart Expert Layer.

Diese Integration, die durch die Infrastruktur realisiert wird, führt zu einem neuen Verständnis der domänenübergreifenden Zusammenarbeit, da semantisch adäquate und kontextuelle Daten aus diesen Bereichen in Echtzeit verfügbar sind. Auf der einen Seite tragen alle Bereiche durch die Verfeinerung von Rohdaten und technischem Vorwissen zur Infrastruktur und zur Smart-Data-Ebene bei. Auf der anderen Seite kann das Internet of Production proaktiv Entscheidungsbedürfnisse identifizieren und daraus

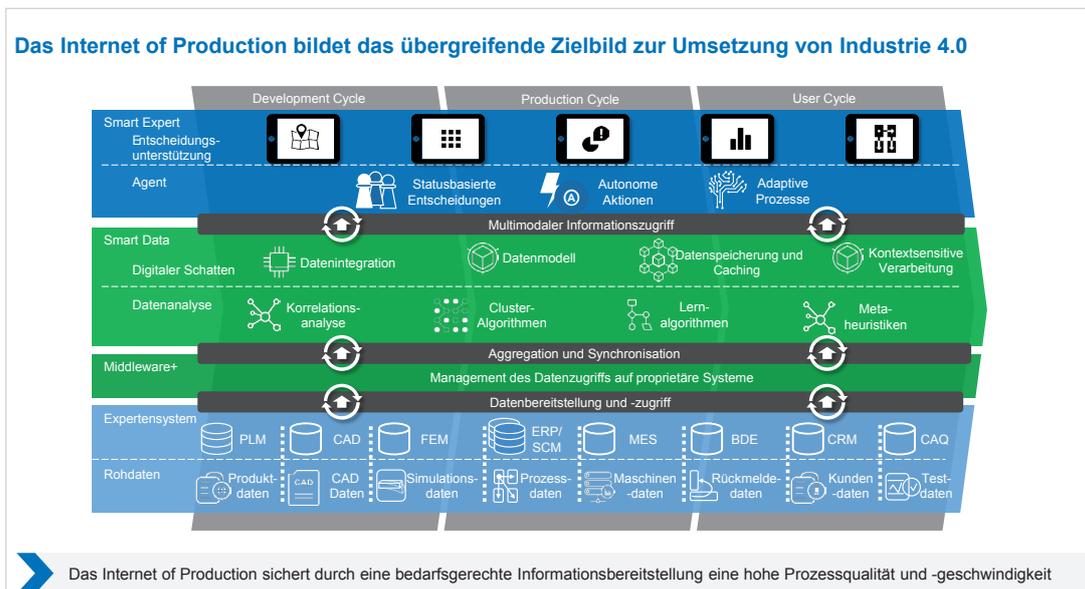


Abbildung 1: Infrastruktur des Internet of Production – IoP

prädiktive Maßnahmen ableiten. Komplexe produkt- und produktionsbezogene Fragestellungen werden in einfach zu bedienenden Anwendungen strukturiert, verwaltet und visualisiert. In diesem Zusammenhang passt sich das Informationsangebot an die jeweiligen Benutzerbedarfe, ihre spezifischen Anforderungen und Aktivitäten an.

Durch das Internet of Production haben Menschen nun Zugang zu den Mitteln, die dabei helfen, schnell domänenübergreifende Entscheidungen treffen zu können. Hierbei kommen Methoden aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens in der Smart-Data-Schicht zum Einsatz. Zudem können Menschen Aufgaben ganz oder teilweise virtuellen Agenten übertragen, die ereignisbasierte Entscheidungen, selbstgesteuerte Handlungen und adaptive Prozesse steuern. Die virtuellen Agenten können weiterhin selbstständig wahrnehmen, lernen und Entscheidungen treffen. Das primäre Ziel innerhalb der Smart-Expert-Schicht ist die Gestaltung einer intuitiven, interaktiven Entscheidungsunterstützung.

Die gesamte Infrastruktur des Internet of Production bewirkt eine wesentliche Steigerung der Kooperationsproduktivität innerhalb und zwischen den einzelnen übergeordneten Domänen, welche gleichzeitig die Zyklen des Internet of Production darstellen: Entwicklung, Produktion und Nutzung. Unter Anwendung agiler Softwareentwicklungsmethoden ermöglicht das Zusammenspiel die kontinuierliche Weiterentwicklung von Spezifikationen, Verarbeitung von domänenspezifischen Aufgaben und domänenübergreifenden Validierungsergebnissen.

Erst das Internet of Production und die digitalen Schatten ermöglichen diesen hochiterativen Prozess. Daher ist die Infrastruktur des Internet of Production der daten- und informationsbasierte Wegbereiter zur Integration der drei Zyklen und verwaltet die Erstellung, Synchronisierung sowie den domänenübergreifenden Zugriff auf Daten und Informationen.

### Herausforderungen des Internet of Production

Das Internet of Production bildet die Grundlage moderner, vernetzter IT-Systemarchitekturen für das agil lernende Unternehmen der Zukunft. Durch den hohen Vernet-

zungsgrad sowie die Zugriffsmöglichkeit auf sämtliche Unternehmensinformationen, gepaart mit einem System zur agilen Verarbeitung (vorverarbeiteter) Daten, können unterschiedlichste Fragestellungen schnell beantwortet und dementsprechend domänenübergreifende Entscheidungen getroffen werden, indem Daten verknüpft, analysiert und in sogenannten Widgets zur Entscheidungsunterstützung dargestellt werden.

Als hochgradig vernetztes System stellt die Schnittstellenentwicklung bestehender Systeme eine große Hürde bei der Umsetzung dar. Erst durch diese Verbindungen kann das Internet of Production sein volles Leistungspotenzial zur Geltung bringen. Dabei ist der Datentransfer nach „oben“, also von den Applikationssystemen ausgehend hin zur Smart-Expert-Schicht, einfacher umzusetzen als der Transfer in die Gegenrichtung. Bei der Abwärtsvernetzung ist man zumeist auf die Mitarbeit der Lösungsanbieter angewiesen, um deren Strukturen in der Schnittstelle nachzubilden und systemexterne Daten passgenau für die Applikationssoftware bereitzustellen.

Da das vorrangige Ziel des Internet of Production allerdings die schnelle domänenübergreifende Entscheidungsfindung in mehreren Auflösungsgraden ist und für viele Anwendungsfälle die Gegenrichtung nicht oder nur geringfügig relevant ist, kann diese Abwärtsvernetzung praktisch vernachlässigt werden. Erst im Kontext einer vollständigen Informationsnachverfolgung, gewinnt diese Richtung des Informationsaustauschs eine immer größere Bedeutung. Im Idealfall der perfekten Informationsbelastbarkeit und damit optimaler Entscheidungsunterstützung bedarf es keiner Informationsnachverfolgung. Erst wenn datenbasierte Entscheidungen nicht zu den gewünschten Resultaten führen, was zumeist durch mangelnde Daten- bzw. Informationsqualität verursacht wird, müssen Informationen entlang des Informationsflusses nachverfolgt werden, um die Fehlerquellen systematisch beseitigen oder die Entscheidungssysteme entsprechend anpassen zu können. Das Internet of Production ist ohne Kontrollmechanismen, wie jedes andere Informationssystem auch, nur so gut wie es die Daten- bzw. Informationsqualität zulässt.

### Fehlerfortpflanzung entlang des Informationsflusses

Die Haltung gegenüber automatisch generierten entscheidungsunterstützenden Informationen oder automatisch getroffenen Entscheidungen ist häufig zu unkritisch. Betriebliche Datenerfassung, MRP, ERP sowie weitergehende intelligente Systeme der Smart-Data-Schicht sind grundsätzlich den Gesetzmäßigkeiten der physikalischen Fehler-

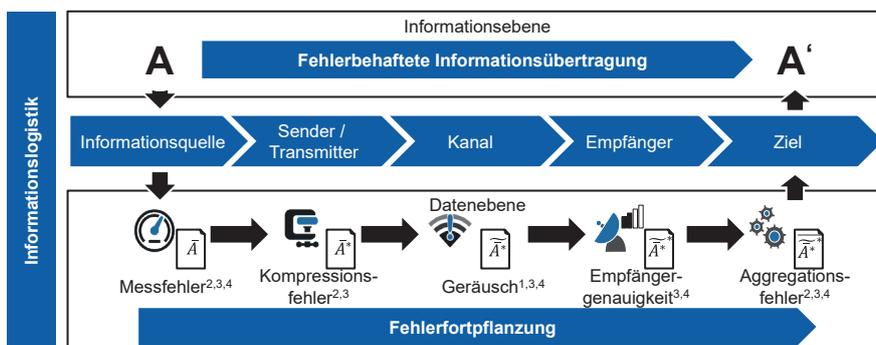


Abbildung 2: 2-Ebenen-Informationslogistikmodell in Anlehnung an Shannon und Weaver (Shannon und Weaver 1963, S. 7)

fortpflanzung unterworfen. Da Daten prinzipiell zu einem gewissen Prozentsatz mit Fehlern behaftet sind und damit Ungenauigkeiten aufweisen, erhalten verarbeitete Daten deutlich mehr Ungenauigkeiten und sind weniger exakt als die verwendeten Basisparameter. (Dickmann 2015, S. 530).

Gemäß dem „Stille-Post-Prinzip“, das besagt, dass Ungenauigkeiten sich durch Weitergabe oder Verarbeitung verstärken können, ist auch für das Internet of Production die Informationsqualität integraler Bestandteil. Ungenauigkeiten können überall im Fluss der Informationen von der Quelle, also dem Punkt, an dem sie generiert werden, bis zur Senke, dem Ort, an dem auf Basis dieser Informationen Entscheidungen getroffen werden, auftreten. Abbildung 2 veranschaulicht mögliche Fehlerquellen bei der Informationsübertragung im Informationsfluss.

In der Kommunikationswissenschaft gibt es verschiedene Modelle, welche die Funktions- und Wirkungsweisen der Informationsübertragung beschreiben. Eines der bekanntesten Kommunikationsmodelle ist das von Shannon und Weaver (1963, S. 7). Sie unterteilen die Informationsübertragung in die Blöcke Informationsquelle, Sender/Transmitter, Kanal, Empfänger und Ziel. In der Informationsquelle wird eine Information (Botschaft) generiert, welche im Sender/Transmitter in ein Signal umgewandelt wird. Signale können dabei von mündlicher Sprache bis hin zu digitalen Datenpaketen reichen. Diese werden mittels eines Kanals an den Empfänger geleitet. Shannon und Weaver fassen dabei alle auftretenden Störungen als „Geräusch“ (im Original „Noise“) zusammen, welches im Kanal die Informationen stört. Der Empfänger wandelt das Signal wieder in eine Botschaft um, die dann ihr Ziel erreicht und dort gegebenenfalls mit weiteren Daten aggregiert wird. Zum besseren Verständnis und zur Analyse der Fehlerquellen bedarf dieses Modell eine Anpassung der Störungsquelle. Abbildung 2 zeigt das erweiterte Kommunikationsmodell, welches Fehlerquellen an allen Blöcken der Kommunikation betrachtet. Diese Fehlerquellen sind im Rahmen unserer Forschung stärker hervorzuheben, als es Shannon und Weaver tun, da hier explizit die Wechselwirkungen und die Fehlerfortpflanzung verschiedener Fehlereinflussgrößen in den einzelnen Blöcken analysiert werden. Das am FIR entwickelte 2-Ebenen-Informationslogistikmodell zeigt dabei deutlich, dass Fehler an jedem Punkt der Kommunikation auftreten können. Dabei unterscheidet das Modell zwischen Informationen und Daten. Informationen sind hier die Objekte, die aus der Umwelt von Informationsquellen aufgenommen bzw. am Ziel in die Umwelt abgegeben werden. Auf dem Weg von der Informationsquelle hin zum Ziel werden Daten weitergeleitet. Daten sind hierbei die transportierten, fehlerbehafteten Informationsobjekte, welche in jedem Schritt der Informationsübertragung weiteren Fehlerquellen unterliegen. Auch wenn diese im Einzelfall vernachlässigbar sind, so kann je nach Anwendungsfall die Kombination der Fehler einen signifikanten Gesamtfehler ergeben. Abbildung 3 veranschaulicht

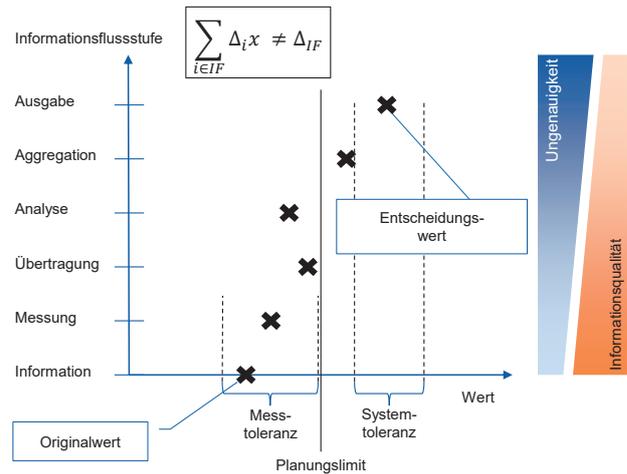


Abbildung 3: Fehlerfortpflanzung im Informationsfluss

schematisch die Fortpflanzung von Ungenauigkeiten bzw. Fehlern entlang des Informationsflusses.

Durch die Industrie 4.0-Initiative des Bundes, die unter anderem das Ziel hat, teilweise die datenbasierte Entscheidungsfindung zu automatisieren, wird die Informationsqualität und deren Analyse immer bedeutender. In einem automatisiert entscheidenden System wird das Erfahrungswissen des Mitarbeiters nicht mehr einbezogen, welcher die Informationsbasis kritisch hinterfragen könnte. Dadurch entfällt in diesen Systemen ein Kontrollmechanismus im Informationsfluss bis hin zur Entscheidung. Aktuelle Verarbeitungssysteme gehen idealisiert von fehlerfreien Daten aus und geben im besten Fall lediglich ihre eigene Ergebnisqualität ohne Berücksichtigung vorgelagerter Ungenauigkeiten an. Da das Prinzip der Fehlerfortpflanzung besagt, dass der Gesamtfehler nicht der Summe der Einzelfehler entspricht und die Fortpflanzungseigenschaften von Fehlern zwingend zu berücksichtigen sind, empfiehlt sich zur Validierung der Belastbarkeit automatisch getroffener Entscheidungen, die Informationsqualität auf dem gesamten Weg bis zur Entscheidung zu analysieren. Weiterhin offenbart diese Analyse entlang des Informationsflusses Verbesserungspotenziale sowie Schwachstellen. Diese können mittels informationsqualitativer Betrachtungen und Analysen zielgerichtet angegangen werden.

Bei der Entwicklung eines informationslogistischen Modells für das Internet of Production ist die Entwicklung informationsqualitativer Analysen neben beispielsweise der Ableitung spezifizierter Ausprägungen des Internet of Production für unterschiedliche Anwendungsfälle eines der Ziele der Fachgruppe Informationslogistik im Bereich Informationsmanagement des FIR. Hierbei steht die konsequente Fortführung der Arbeit der letzten Jahre zur Unterstützung von Unternehmen bei der Entwicklung und Umsetzung der Informationslogistik in Unternehmen im Vordergrund.

Gregor Fuhs  
 Telefon: 0241-47705-507  
 E-Mail: Gregor.Fuhs@fir.rwth-aachen.de