

Der Game-Changer für die Produktion der Zukunft

Eventgetriebene Architektur im Unternehmen

Industrie 4.0 präsentiert sich sowohl in der Forschungslandschaft als auch in der Industrie bereits durch anschauliche und hochmoderne Anwendungsfälle in der Produktion. Die Umsetzung dieser Anwendungsfälle im Rahmen von Leuchtturmprojekten mündet jedoch in abgekapselte Silos, die Unternehmen nur einen begrenzten Mehrwert bringen. Zur nachhaltigen Realisierung von Industrie 4.0 ist eine viel grundlegendere Betrachtung der IT-architekturellen Anforderungen notwendig, um diese Silos aufzubrechen. Während Systemanbieter dort bereits mit komplexen Datenökosystemen geeignete Lösungen anbieten, widerspricht die resultierende Abhängigkeit von deren Systemen stark dem gewünschten Zielzustand. Zur Lösung dieser Problemstellung hat das *FIR an der RWTH Aachen* das Potenzial eventgetriebener Architekturen in der Produktion erkannt, die ein Werkzeug zur selbstbestimmten Realisierung der Industrie 4.0 darstellen, für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) wie für Gemeinschaftsunternehmen (GU). Wie diese Architektur funktioniert und welche Fragestellungen bei der Umsetzung beantwortet werden müssen, erfahren Sie im Folgenden. >

The Game Changer for the Production of Tomorrow

Event-Driven Architecture in the Enterprise

Both in research and in industrial practice, Industrie 4.0 is already presenting itself in illustrative, cutting-edge use cases in production. However, the implementation of such use cases in lighthouse projects typically results in encapsulated silos that bring companies only limited added value. To sustainably realize the potential of Industrie 4.0 and break down these silos, a much more fundamental look at IT architectural requirements is needed. While system providers already offer suitable solutions in the form of complex data ecosystems, the resulting dependence on third-party systems strongly conflicts with the desired target state of manufacturing companies. To solve this problem, *FIR at RWTH Aachen University* has identified the potential of event-driven architectures in production, which represent a tool for the self-determined realization of Industrie 4.0 – for SMEs as well as for large companies. How this architecture works and which questions have to be answered during its implementation will be presented in the following sections. >

Industrie 4.0 ist der Kernbegriff und das prominente Zielbild für die heutige Projektlandschaft rund um die Digitalisierung von Produktionen. Auch das FIR ist ein ehrgeiziger Akteur in der Demonstration von Anwendungsfällen, der Aufbereitung von individuellen Maßnahmen und dem Management der daraus resultierenden Komplexität. In der Produktionspraxis steckt die Industrie 4.0 jedoch noch in den Kinderschuhen. Die Realisierungen erfordern eine interdisziplinäre Auseinandersetzung mit den Themen Organisation, Prozessen, Systemlandschaft und Technologie. Daher wird die Umsetzung konkreter Anwendungsfälle oftmals auf klar abzugrenzende und überschaubare Einflussbereiche reduziert, um einen ersten Mehrwert sowohl schnell als auch kontrollierbar zu erzielen.

Dieses Vorgehen bietet sich an, da es präzise zu beschreiben und klar zu projektieren ist. Allerdings führt es sehr häufig zum sogenannten „Project Purgatory“, dem Fegefeuer für Prototypen. Dies ist eine Umschreibung dafür, dass realisierte Leuchtturmprojekte sich gut zur Demonstration der Machbarkeit eignen, allerdings von umliegenden Anwendungsfällen abgekapselt sind. Folglich existiert das Digitalisierungsprojekt als Insel in der Systemlandschaft, wo es nur einen begrenzten Nutzen schafft und es zur weitreichenderen Integration im Unternehmen zusätzlicher Aufwände bedarf. Die naheliegende Lösung liegt in der Erstellung einer digitalen Plattform als fruchtbarer Basis für die zu entwickelnden Industrie-4.0-Anwendungsfälle. Die Aufgabe dieser Plattform besteht darin, Anwendungsfälle in ein einheitliches Rahmenwerk zu überführen, sodass Verknüpfungen und Integrationen einfach zu bewerkstelligen sind. Der Markt bietet bereits umfassende Lösungen solcher Plattformen im Rahmen komplexer Ökosysteme für Funktionen und Daten. Warum eine solche Lösung jedoch nicht in jedem Falle sinnvoll für ein produzierendes Unternehmen ist, wird bezüglich der Anforderungen von Industrie 4.0 deutlich.

Der Begriff „Industrie 4.0“ wurde bereits 2011 auf der Hannover Messe geprägt und beschreibt die Vision für die Zukunft der industriellen Produktion. Im Kontext der Digitalisierung erfordert sie laut BMWK eine datenbasierte Entscheidungsfindung, eine Flexibilität gegenüber kurzfristigen Änderungsbedarfen und eine Wandelbarkeit hinsichtlich individualisierter und neuer Anwendungsfälle.¹ Für die Systeme und Prozesse der Produktionen lassen sich Anforderungen hinsichtlich der dafür notwendigen IT-Architektur ableiten: Datenorientiertheit und – zur Wahrung der Flexibilität – systemische Entkopplung. Eine systemische Entkopplung dient dazu, mit geringem Aufwand stellenweise Änderungen durchführen zu können, ohne das Gesamtsystem zu stören. Hier lässt sich ein Problem für den Einkauf umfassender Systemlösungen erkennen: Während der Einkauf von komplexen Drittsystemen, die (heutzutage oftmals) in ein Ökosystem des Systemanbieters integriert sind, erhebliche Auf-

Industrie 4.0 is the core term and the key goal within today's project landscape when it comes to the digitalization of production. FIR is an ambitious player in demonstrating Industrie 4.0 use cases, preparing individual measures, and managing the resulting complexities. In production practice, however, Industrie 4.0 is still in its infancy. Implementations require an interdisciplinary approach involving the topics of organization, processes, systems landscape, and technology. Therefore, the implementation of specific use cases is often reduced to clearly delineated and manageable areas of influence in order to achieve initial added value both quickly and in a controlled manner.

This approach is useful as it allows a precise description and clear project planning. However, it very often leads to what has been termed “project purgatory” for prototypes. This means that implemented lighthouse projects are well suited to demonstrate feasibility, but are isolated from other use cases. Consequently, the digitalization project exists as an “island” in the systems landscape, generating limited value only and requiring additional effort when it comes to the wider integration across the enterprise. The obvious solution is to create a digital platform as a basis for the Industrie 4.0 use cases to be implemented. The task of this platform is to transfer use cases into a uniform framework so that crosslinks and wider integration are easy to manage. The market already offers comprehensive platform solutions as part of complex ecosystems for functions and data. However, the reason why such a solution only makes limited sense for a manufacturing company becomes clear when looking at the requirements of Industrie 4.0.

The term Industrie 4.0 was coined as early as 2011 at the Hanover Trade Fair and describes a vision for the future of industrial production. According to the *Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK)*, in the context of digitalization, Industrie 4.0 requires data-based decision-making, flexibility in the face of short-term change requirements, and adaptability with regard to new and specifically tailored use cases.¹ For the systems and processes

¹ BMWK u. BMBF 2022



¹s. BMWK u. BMBF 2022

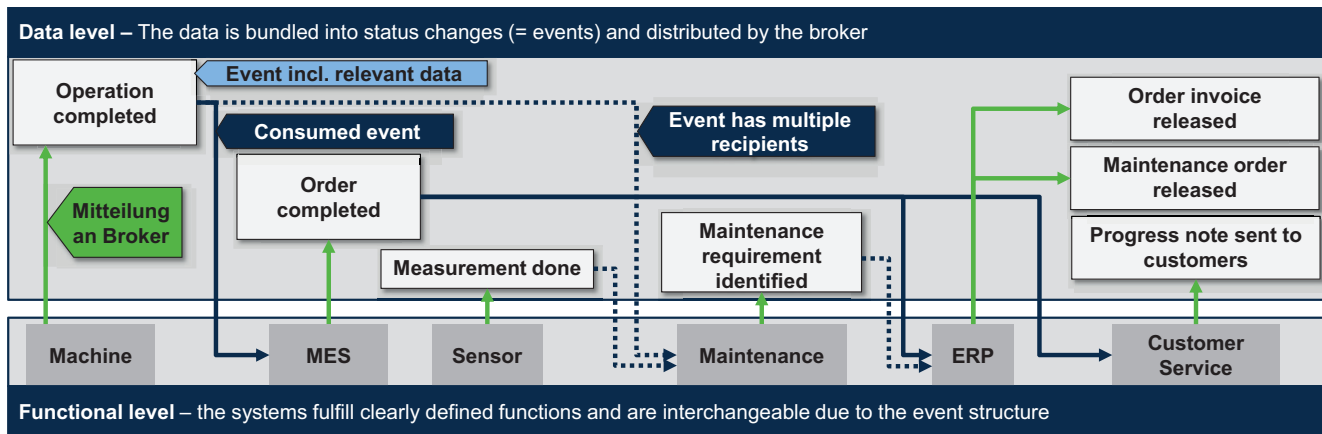


Figure 1: The production process implemented via event-driven architecture enables systems to be decoupled from each other while at the same time increasing the availability of data.

wände bei der Entwicklung der digitalen Basis und u. U. erster Industrie-4.0-Anwendungsfälle einspart, läuft man in die Gefahr des Vendor-Lock-ins². Das Resultat ist, dass die für die Industrie 4.0 wertvollen Daten im proprietären Ökosystem des Anbieters erfasst und verwaltet werden und so außerhalb des eigenen Machtbereichs gekapselt sind. Jeder weitere Anwendungsfall, der sich dieser Daten bedient, muss entweder vom selben Anbieter hinzugekauft oder durch systemabhängige Schnittstellen implementiert werden. Das Unternehmen wird von der Strategie des Systemanbieters sowie seinem sich wandelnden Lizenzmodell abhängig und büßt folglich seine erhoffte Flexibilität ein. Ein eventueller Systemwechsel erfordert die Anpassung aller damit verbundenen Drittsysteme, was die Trennung zusätzlich erschwert. Die eingangs gesparten Aufwände werden nun nachträglich über die Lebensdauer des eingekauften Systems zu einem Vielfachen zurückgefordert. Dieser Zustand ist auf lange Sicht nicht wünschenswert und nicht mit den Anforderungen der Industrie 4.0 vereinbar.

Im Kern liegt die Problematik in der Abhängigkeit der Systeme voneinander. Im wünschenswerten Zielzustand sollte jedes System vollständig ersetzbar sein, ohne dass aufwändige Anpassungen in anderen Systemen notwendig werden. Dennoch müssen relevante Daten für sämtliche Systeme leicht veräußerlich zur Verfügung stehen, um neue Anwendungsfälle aufwandsarm umsetzen zu können. Eine Möglichkeit, solche systemunabhängigen Schnittstellen in einem dennoch offenen, datenorientierten Konstrukt zu realisieren, wird durch eventgetriebene Architekturen geschaffen.

Eventgetriebene Architektur (kurz EDA – *Event-driven Architecture*) zeichnet sich durch ein Umdenken in der Kommunikation zwischen Systemen aus. Anstelle klassischer 1:1-Schnittstellen zwischen zwei Systemen, die über individuelle Protokolle und Datenformate ihre

of production, requirements can be derived regarding the underlying IT architecture: Data orientation and, to maintain flexibility, the decoupling of systems. Systemic decoupling makes it possible to make changes in certain areas with little effort and without disrupting the overall system.

A problem can be identified for companies deciding to purchase a comprehensive system solution: While purchasing third-party systems for a complex ecosystem saves considerable effort in developing a digital basis and, possibly, initial Industrie 4.0 use cases, this brings the risk of vendor lock-in². The result is that valuable data for Industrie 4.0 is captured and managed in the vendor's proprietary ecosystem and thus encapsulated outside one's own sphere of influence. Every other use case that makes use of this data must either be procured from the same provider or implemented through system-dependent interfaces. The company becomes dependent on the strategy of the system provider and their changing license model and consequently loses the desired flexibility. A possible system change requires the adaptation of all associated third-party systems, which further complicates the process of separation. The expenses initially saved by choosing a third-party system will have to be paid several times over during the lifetime of the purchased system. This state of affairs is not desirable in the long term and is not compatible with the requirements of Industrie 4.0.

In essence, the problem is due to the interdependence of the systems. In the desired target state, each system should be completely replaceable without the need for complex adaptations to the other systems in place. Nevertheless, relevant data must remain easily available for all systems in order to be able to implement new use cases with little effort. Event-driven architectures provide a way to realize such system-independent interfaces within an open and data-oriented entity.

²s. OPARA-MARTINS ET AL. 2014, S. 1

² OPARA-MARTINS ET AL. 2014, p. 1

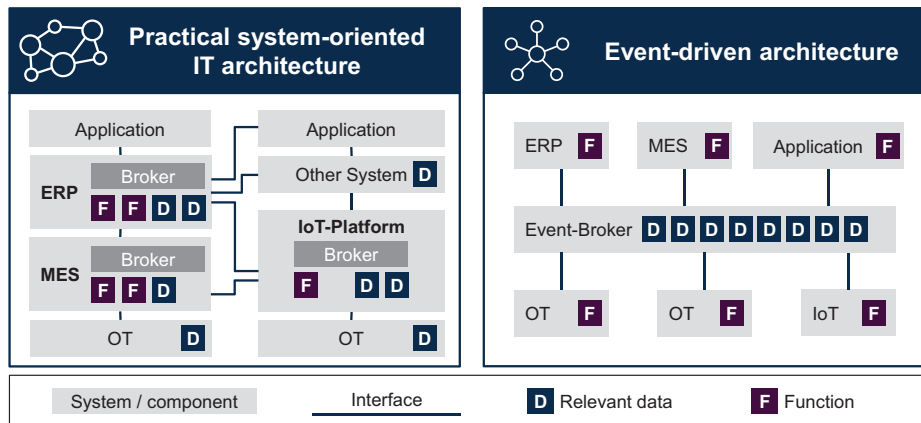


Figure 2: Compared to a traditional, evolved IT architecture (in which systems with EDA already create their own data ecosystems), the event-driven architecture clearly separates relevant data and systemic functions in the enterprise for improved modularization.

Kommandos, Anfragen und Antworten austauschen, werden in der EDA zentralisiert Statusänderungen (= „Events“) ausgetauscht. Systeme kommunizieren lediglich mit einem Vermittlersystem, dem Broker, und teilen diesem jegliche relevanten Ereignisse mit, sobald diese auftreten. Systeme, die sich für diese Ereignisse interessieren, verbinden sich mit dem Broker und erhalten die notwendigen Daten in Echtzeit. Anstatt Information direkt bei Systemen mittels Transaktionen anzufordern, wird auf zentral verfügbare und systemunabhängige Informationen reagiert.

Der Clou dabei ist, dass jedes System nur mit dem Broker verbunden ist und die anderen Systeme gar nicht „kennt“. Es ist nicht notwendig, die Protokolle, Datenformate und Mechanismen der Systeme zu kennen, von denen Information benötigt wird. Wichtig sind in dieser Architektur nur die Daten, die zentral in Echtzeit und einem einheitlich definierten Datenschema bereitgestellt werden. Technisch muss ein System also nur noch die Verbindung zum Broker implementieren, um auf sämtliche Ereignisse im gesamten Unternehmen reagieren zu können. Publiziert eine Maschine beispielsweise das Event „Arbeitsgang abgeschlossen“ und fügt die notwendigen Datenpunkte an (z. B. Maschinen-ID, Auftragsnummer und Prozessdaten), kann das Ereignis sowohl durch ein MES, zum Abschluss des Auftrags, und gleichzeitig durch ein Instandhaltungssystem, zur Erkennung eines Wartungsbedarfs, konsumiert werden. Das publizierte Event bedarf keiner Adressaten und kann von beliebig vielen Empfängern verarbeitet werden; keines der Systeme muss dafür eine andere Schnittstelle als die des Brokers implementieren oder überhaupt die anderen Systeme kennen. Aus dieser systemischen und semantischen Unabhängigkeit leitet sich eine ungeahnte Datenverfügbarkeit und insbesondere Flexibilität im Kontext der Industrie 4.0 ab.

Eventgetriebene Architekturen sind dabei keine bahnbrechende Neuerung. In der Softwareentwicklung sind sie schon seit Beginn leistungsstarker Betriebssysteme ein fester Bestandteil

This is where event-driven architecture (EDA for short) comes into play. It is characterized by a rethinking of the communication between systems. Instead of traditional 1:1 interfaces between two systems, which exchange their commands, requests, and responses via specific protocols and data formats, in an EDA, status changes (= events) are exchanged in a centralized manner. Systems communicate with one intermediary system only, the broker, and inform it of any relevant events as soon as they occur. Systems interested in these events connect to the broker and receive the necessary data in real time. Instead of requesting information directly from systems via transactions, the broker responds to centrally available and system-independent information.

The key idea is that each system is connected to the broker only and does not “know” the other systems at all. It is not necessary to know the protocols, data formats, and mechanisms of the systems from which information is required. In this architecture, only the data that is provided centrally, in real time, and a uniformly defined data schema is important. Technically speaking, a system therefore only needs to implement the connection to the broker in order to be able to react to any event in the entire company. For example, if a machine publishes the event “operation completed” and attaches the necessary data points (e.g., machine ID, job number, and process data), the event can be processed both by an MES – to complete the job – and simultaneously by a maintenance system – to detect whether maintenance is required. The published event requires no addressees and can be processed by any number of receivers; none of the systems need to implement an interface other than that to the broker, or even “know” the other systems. This systemic and semantic independence results in unprecedented data availability and, in particular, the flexibility required by Industrie 4.0.

Event-driven architectures are not a groundbreaking innovation. In software development, they have been an integral part of highly reactive, modular systems since the beginning of powerful

hochreaktiver, modularer Systeme. Durch die Entkopplung von Softwarekomponenten (analog zu den Systemen in der Produktion) kann der Aufwand für die Entwicklung und fortwährende Pflege komplexer Softwareprodukte erheblich reduziert werden. Auch in produktionsnahen Systemlösungen wie ERP, MES und IoT-Plattform implementieren die mitunter prominenten Anbieter oftmals eventgetriebene Architekturen. Das produzierende Unternehmen kann die oben beschriebenen Vorteile des eingekauften, eventgetriebenen Systems jedoch selbst nicht nutzen, da es damit weiterhin vom Softwareprodukt des Anbieters abhängig ist. Es besteht guter Grund für den Anbieter, keinen freien Zugriff auf seinen internen Broker bereitzustellen, da er sonst im Wettbewerb mit Drittlösungen und Eigenentwicklungen steht. Das FIR hat das Potenzial erkannt, das Konzept der EDA von bisherigen Softwareprodukten auf eine gesamte IT-Architektur für die Produktion zu übersetzen.

Das vom FIR verfolgte Zielbild der eventgetriebenen Architektur im produzierenden Unternehmen beschreibt einen zentralen Eventbroker, der zur Wahrung der Datensouveränität und Vermeidung des Vendor-Lock-ins im Einflussbereich des Unternehmens liegt. Über ihn definieren sich konkrete realitätsnahe Events, die individuell für das Unternehmen relevant sind, und die Datenschemata der Events, die das Regelwerk für die angelegten Systeme vorgeben. Die relevanten Daten liegen somit vollständig im Machtbereich des Unternehmens, während Systeme vorwiegend funktionale Rollen einnehmen, wie in Bild 2 mit konventionellen Architekturen verglichen.

Für das Eventbroker-System gibt es ein breites Angebot an Open-Source-Lösungen, die oftmals auf bereits bestehender Infrastruktur betrieben werden können. Zur Umsetzung einer eventgetriebenen Architektur stellen sich darüber hinaus jedoch viel komplexere Fragestellungen, die von einem Unternehmen beantwortet werden müssen. Neben technischen Feinheiten in der Auswahl von Broker-Systemen und dem Aufbau der eigenen IT-Expertise für den Betrieb einer solchen Architektur stellt sich insbesondere die Herausforderung, geeignete individuelle Eventschemata zu definieren. Das FIR beschäftigt sich mit dem Themenfeld EDA in der Beantwortung dieser aktuellen Fragestellungen in Forschungsprojekten und konkret auch in der Konzeptionierung sowie Transformationsbegleitung in der Industrie.

Literatur:

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK); Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Was ist Industrie 4.0? <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html> (Link zuletzt geprüft: 30.05.2022)

OPARA-MARTINS, J.; SAHANDI, R.; TIAN, F.: Critical review of vendor lock-in and its impact on adoption of cloud computing. In: International Conference on Information Society (i-Society), 2014. 10. – 12. Nov. 2014, London. 2014 International Conference on Information Society (i-Society). London 2014. IEEE, Piscataway (NJ) 2014, S. 92–97.

operating systems. The decoupling of software components (analogous to systems in production) can significantly reduce the effort required for the development and ongoing maintenance of complex software products. Even in production-related system solutions such as ERP, MES, and IoT platform, the (often high-profile) providers often implement event-driven architectures. However, the manufacturing company itself cannot take advantage of the above-described benefits of the purchased event-driven system, as it remains dependent on the vendor's software product. The vendor is incentivized not to provide free access to its internal broker, otherwise it would enter into competition with third-party solutions and in-house developments. FIR has recognized the potential of translating the concept of EDA from software products to an entire IT architecture for production.

The solution of implementing an event-driven architecture in manufacturing companies as pursued by FIR is characterized by a central event broker that is within the company's sphere of influence in order to maintain data sovereignty and avoid vendor lock-in. It serves to define concrete, realistic events that are relevant specifically to the company as well as the data schemas for the events that specify the rules for the connected systems. The relevant data is thus completely within the sphere of influence of the enterprise, while systems take on predominantly functional roles, compared to conventional architectures (see Figure 2, p. 18). There is a wide range of open source solutions for the event broker system, which frequently can be operated using existing infrastructures. To implement an event-driven architecture, however, a company must find answers to much more complex questions. In addition to technical subtleties in the selection of broker systems and the development of the company's own IT expertise for the operation of such an architecture, there is the particular challenge of defining suitable individual event schemas. FIR has been concerned with the topic of EDA and successfully addressed such questions in research projects and, in specific cases, in conceptual design tasks and transformation support for industry.

Contact

If you want to know more about event-driven architectures and their application in manufacturing companies, please contact us!

Sebastian Kremer, M.Sc.
Head of Information Technology Management Division
Department Information Management
FIR e. V. at RWTH Aachen University
Phone: +49 241 47705-515
Email: Sebastian.Kremer@fir.rwth-aachen.de

More information can be found at: [» information-technologies-and-management.fir.de](https://www.information-technologies-and-management.fir.de)