



## Industrial Edge Cloud

Whitepaper SF-1.1: 11/2021

---

*smartFactory*<sup>KL</sup><sup>®</sup>

# Inhaltsverzeichnis

## Abstract

Die Arbeitsgruppe 1 „Cyber-physische Produktionsmodule“ der **SmartFactory**<sup>KL</sup> befasst sich u. a. mit dem Thema der Infrastruktur und Architektur für die autonome Produktion der Zukunft. Als Update von Industrie 4.0 arbeitet die **SmartFactory**<sup>KL</sup> an *Production Level 4* (PL4). Während Industrie 4.0 den groben Rahmen für Digitalisierung und die Vernetzung von Maschinen bietet, integriert *Production Level 4* Autonomie, Mensch und IT als autonome Elemente (Skills, Maschinenfähigkeiten) in einer Shared Production. Diese kommunizieren miteinander und ermöglichen innerhalb der Produktion maximale Agilität für Produkte der Losgröße 1. Um autonome Produktion zu ermöglichen ist die Erfassung, Bearbeitung und Auswertung von Daten bis hin zu angebotenen, so genannten Federated Services von großer Bedeutung. Dabei stellt der Aufbau und die Anwendung von Edge- und Cloudtechnologien sowie die notwendige Architektur eine große Herausforderung für das Produktionsumfeld dar. Es wurde erkannt, dass zunächst die Begriffsdefinition der verschiedenen Instanzen notwendig ist. So wurde u. a. der Begriff „Industrial Edge Cloud“ eingeführt und definiert. Darüber hinaus wurde für die zukünftige Anwendung die Bedeutung der erforderlichen Rechenkapazität unter Berücksichtigung der Echtzeitfähigkeit aufgezeigt.

Die Definitionen werden im Rahmen des Projektes „SmartMA-X: Modulare Smart Manufacturing Gaia-X Testumgebung“ in die Gaia-X Gremien eingespeist.

## Keywords

Industrial Edge Cloud, Regional Edge Cloud, Edge Computing, Edge Node, Echtzeit, *Production Level 4*, Definitionen, Merkmale und Anforderungen von Edge Cloudebene

## Autoren

Marco Sprenger	B & R Automation
Hans-Michael Krause	Bosch Rexroth
Volkan Gezer	DFKI
Michael Cornel	German Edge Cloud
Dr. Jürgen Grotepass	Huawei
Cesim Demir	Huawei
Sören Höckner	Perinet
Carsten Brüggemann	Pfalzkom
Gerald Miersch	Pfalzkom
Ulli Ziegenfuss	Siemens
Prof. Dr.-Ing. Martin Ruskowski	<b>SmartFactory</b> <sup>KL</sup>
Stephan Hamm	<b>SmartFactory</b> <sup>KL</sup>
Daniel Bedarf	T-Systems
Dr. Torsten Runge	T-Systems
Michael Pfeiffer	TÜV Süd
Simon Althoff	Weidmüller

Abstract	02
Autoren	02
Keywords	02
1. Zielsetzung des Whitepapers	04
2. <i>Production Level 4</i>	05
3. Szenario Shared Production der <b>SmartFactory</b> <sup>KL</sup> im Rahmen von Gaia-X	06
Definitionen	06
4. <b>SmartFactory</b> <sup>KL</sup> Industrial Edge Cloud Architektur	08
5. Ausblick	11
Quelle	11

## 1. Zielsetzung des Whitepapers

Dieses Whitepaper fasst die aktuellen Ergebnisse der Arbeitsgruppe 1 „Cyber-physische Produktionsmodule“ der **SmartFactory<sup>KL</sup>** zum Thema „**SmartFactory<sup>KL</sup>** -Architektur“ für den Einsatz von Edge-Nodes, Industrial Edge Cloud und Cloud zusammen.

In Zusammenarbeit mit den Partnern Bosch Rexroth, B&R, DFKI, German Edge Cloud, Huawei, Perinet, Pfalzkom, Siemens, Telekom, TÜV Süd und Weidmüller wurden die Definitionen und das Architekturbild erarbeitet. Das vorliegende Whitepaper dient als Basis für die Umsetzung der Architektur PL4-Ökosystem der **SmartFactory<sup>KL</sup>**. Mit der Festlegung der Definitionen wird eine Integration der verschiedenen Technologien und Services sowie die Umsetzung von verschiedenen Use-Cases im Produktionsumfeld vereinfacht. Das Whitepaper dient als Grundlage für die weiteren zukünftigen Arbeiten zur Koexistenz und Interoperabilität der verschiedenen Technologien und der Einführung von Federated Services.

## 2. Production Level 4

Nach rund zehn Jahren Industrie 4.0 ist die Digitalisierung der Maschinen noch nicht abgeschlossen. Es fehlt den Maschinen noch die Umsetzung einer autonomen Produktionssteuerung, die eines der ursprünglichen Ziele war. Mit diesen Zielen vor Augen arbeitet die **SmartFactory<sup>KL</sup>** an der Vision *Production Level 4*, dabei werden Autonomie, Mensch und IT als autonome Elemente (Skills) integriert. Skills spielen im gesamten *Production Level 4* – Ökosystem eine zentrale Rolle, so auch als autonome Elemente im **SmartFactory<sup>KL</sup>** Demonstrator (Abbildung 1) im SF-KL-Labor. Der Demonstrator wurde mit 23 Mitgliedern der **SmartFactory<sup>KL</sup>** umgesetzt, die als Demonstrator-Partner mit Technologien, Komponenten und an der konzeptionellen Erarbeitung beteiligt waren. Der Demonstrator bietet ein modulares und erweiterbares Netzwerk, um eine gemeinsame Produktion zu ermöglichen. Edge Computing ist aufgrund seiner Eigenschaften wie Dezentralisierung, Interoperabilität und Skalierbarkeit einer der Enabler, der PL4 möglich machen kann. Die folgenden Definitionen wurden von der **SmartFactory<sup>KL</sup>** unter Mitwirkung von Partnern der AG 1 „Cyber-physische Produktionsmodule“ erarbeitet.



Abbildung 1: PL4 Demonstrator

### 3. Szenario Shared Production der SmartFactory<sup>KL</sup> im Rahmen von Gaia-X

Die Vision der zukünftigen industriellen Produktion ist eine geteilte (shared) Produktion. Für jeden neuen Auftrag ergeben sich dabei potenziell neue Wertschöpfungsnetzwerke. Die Konfiguration dieser Wertschöpfungsnetzwerke kann über entsprechende Plattformen orchestriert werden. Die „Shared Production“ würde das derzeitige System der Wertschöpfungsketten komplett revolutionieren. Die Herausforderung zur Realisierung solcher Ad-hoc-Wertschöpfungsnetzwerke ist die permanent mögliche Interoperabilität und Interkonnektivität der Akteure, wie sie heutzutage noch nicht möglich ist. Damit verbunden ist der notwendige durchgängige Zugriff auf Daten und Maschinen für eine werks- und firmenübergreifende Produktion.

Gaia-X greift den Gedanken der ‚geteilten Produktion‘ auf. Shared Production oder Production-as-a-Service soll europaweit möglich sein. In der Vision sind im Gaia-X Netzwerk Maschinenmodule mit bestimmten Skills (Fertigungsfähigkeiten), wie bspw. ‚Werkstück zuschneiden‘ oder ‚Metall fräsen‘, europaweit verbunden und können miteinander kommunizieren. Die Skills werden im Netzwerk angeboten und können über die sichere Dateninfrastruktur abgerufen werden.

Die **SmartFactory<sup>KL</sup>** baut für dieses Szenario ein Demonstrator-Ökosystem, das in das Gaia-X Netzwerk integriert wird. Der Zugriff auf die Maschinendaten und die Bereitstellung der Daten wird über die in Abbildung 3 gezeigte Architektur erfolgen.

#### Definitionen

Für das Produktionsumfeld liegen aktuell noch keine Definitionen für die verschiedenen Cloudebene vor. Für die auf dem Shopfloor verfügbaren Edge-Technologien sind von den diversen Anbietern Systeme, Geräte, Komponenten sowie Services verfügbar. Eine Definition und die damit verbundene Vergleichbarkeit ist noch nicht gegeben. In Anlehnung an Darstellungen und Definitionen aus dem ITK-Umfeld wurden die verschiedenen Ebenen definiert.

In Abbildung 2 sind die verschiedenen Cloudebene dargestellt und erstmals auch der Begriff „Industrial Edge Cloud“ eingeführt. Mit den Pfeilen werden die Grenzen von Anforderungen und Merkmalen dargestellt.

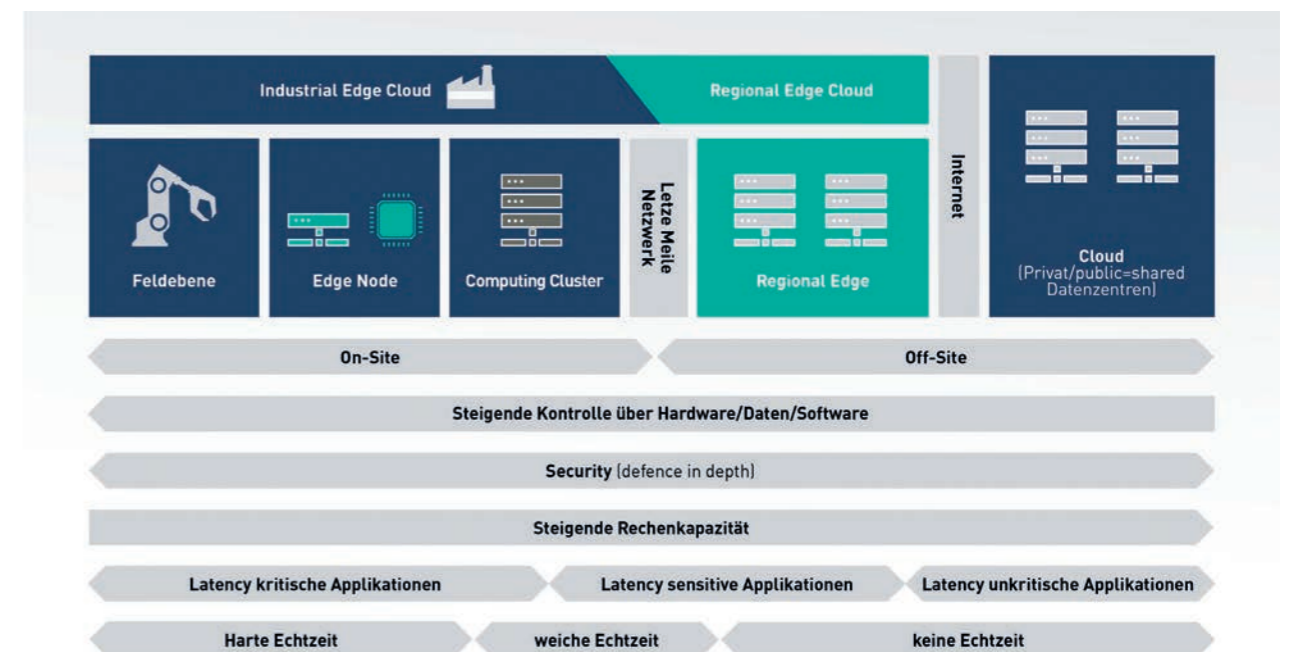


Abbildung 2: Merkmale und Anforderungen von Edge Cloudebene1

- **Cloud**  
 Ermöglicht Maschinen und Menschen den ortsungebundenen Zugriff auf Daten. Die Cloud bietet eine gemeinsame Nutzung verfügbarer Rechen- und Speicherressourcen unter den Benutzern, die entweder Menschen oder Maschinen oder sogar beides sein können, auf Abruf (on-demand). Diese Ressourcen befinden sich üblicherweise in räumlich nicht bekannten Datenzentren, auf die über IP-basierte Technologien zugegriffen wird. Dies basiert im Allgemeinen auf einem Best-Effort-Service, welcher in der Regel keine Echtzeitfähigkeit benötigt.
- **Regional Edge Cloud (private/public & off-site)**  
 Stellt Rechenkapazität zur Verfügung, die nicht on-site ist. Diese kann über eine dedizierte (kontrollierte) Verbindung an die Feldebene verfügen. Häufig handelt es sich bei der Regional Edge Cloud um ein Rechenzentrum eines lokalen Anbieters. Sie kann mehrere Industrial Edge Clouds an unterschiedlichen physischen Standorten miteinander, oder mit einer Cloud, verbinden. Regionale Edge Clouds verfügen in der Regel über mehr Rechenleistung als lokale Industrial Edge Clouds. Die Regional Edge Cloud ist eine optionale Ebene (Tier),

## 4. SmartFactory<sup>KL</sup> Industrial Edge Cloud Architektur

die eine niedrigere Latenz als die Cloud hat und je nach Anbindung zwischen Best-Effort-Service und weicher Echtzeitfähigkeit zur Verfügung stellen kann. Zudem bietet sich der Vorteil einer erhöhten Verfügbarkeit und dedizierten Internetanbindung.

- **Industrial Edge Cloud (private/on-site)**

Eine private Cloud, mit direktem oder indirektem Zugriff auf die Feldebene. Die Industrial Edge Cloud stellt eine skalierbare, unter Umständen ausfallsichere und verteilte Rechenleistung zur Verfügung, die von einem oder mehreren Edge Nodes bereitgestellt wird, um Berechnungen an der Edge durchzuführen. Die Kommunikation in der Industrial Edge Cloud kann in Echtzeit oder Nicht-Echtzeit sein. Der Ausfall einzelner Edge Nodes kann ggf. kompensiert werden. Die Funktionalität der Industrial Edge Cloud ist auch ohne Internetverbindung gewährleistet.

- **Edge Node**

Ein Gerät, das Schnittstellen bereitstellt, um direkt oder indirekt (durch andere Edge Nodes) mit einem oder mehreren Feldgeräten verbunden zu werden und dadurch das Computing in dessen Nähe ermöglicht. Ein Edge Node ist ein computingfähiges Gerät und kann z.B. eine SPS, ein Raspberry Pi, ein Industrie-PC, ein Server oder ein Computing Cluster sein. Es kann auch zum filtern oder vorverarbeiten der Daten verwendet werden, um sie später in die Cloud oder auf leistungsfähigere Computer zu übertragen. Es kann je nach Anwendungsfall eine Echtzeit- oder Nicht-Echtzeit-Verbindung mit den Geräten haben. Die Echtzeitfähigkeit kann zudem zwischen weicher Echtzeit und harter Echtzeit variieren. Ein Ausfall in harten Echtzeitanwendungen ist meist fatal, während in weichen Echtzeitanwendungen der Ausfall bis zu einem gewissen Punkt toleriert werden kann.

Basierend auf den Definitionen kann eine Beispielarchitektur für die Edge Cloud Instanzen wie in Abbildung 3 erstellt werden. Eine Architektur basierend auf dieser Beispielarchitektur wird in dem Shared Production Use Case in der **SmartFactory<sup>KL</sup>** implementiert.

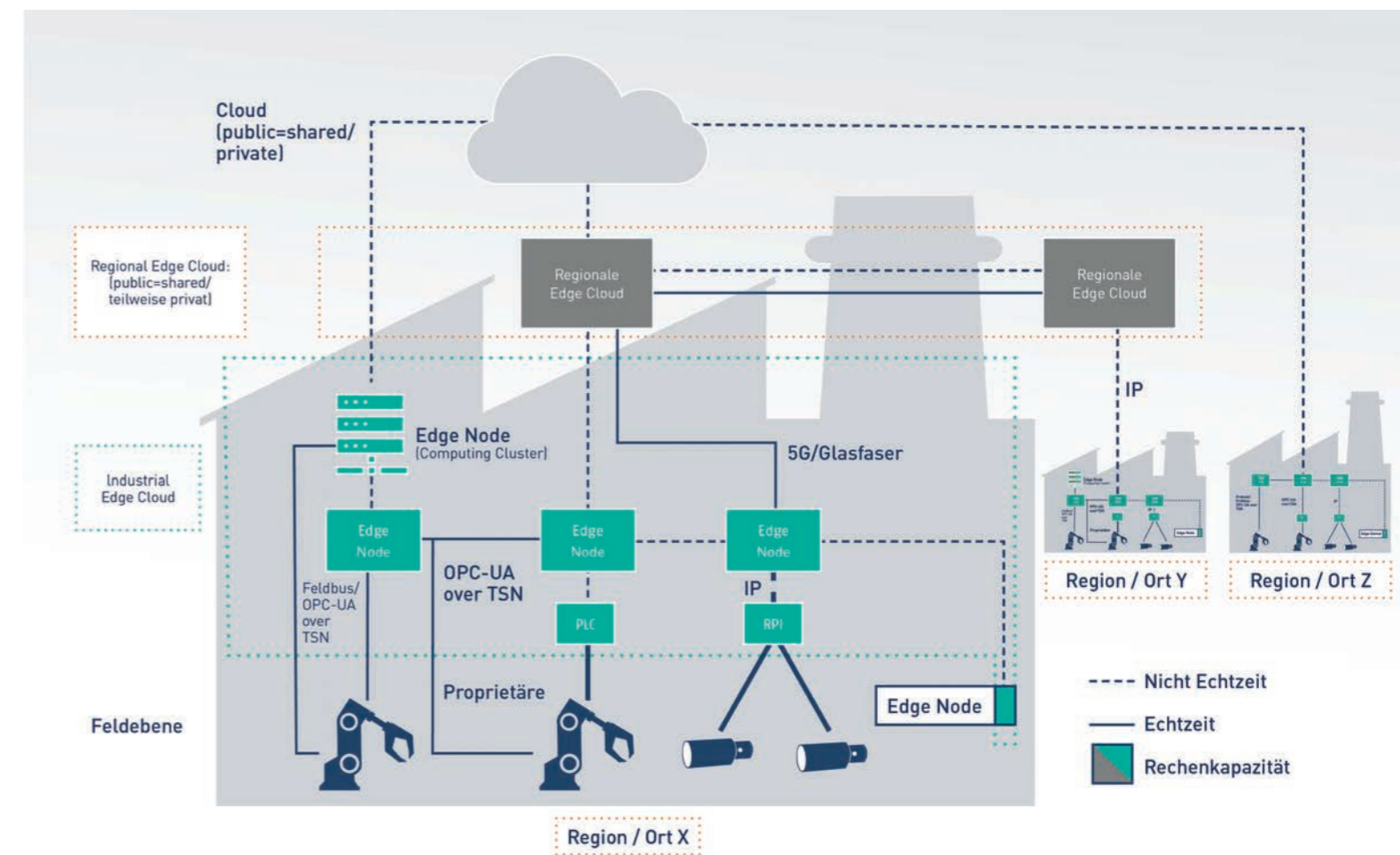


Abbildung 3: SmartFactory<sup>KL</sup> Industrial Edge Cloud - Beispielarchitektur

In Abbildung 3 sind einige der möglichen Kommunikationskombinationen von Cloud, Regional Cloud, Industrial Edge Cloud, Edge Nodes und den Feldgeräten abgebildet. Die durchgezogenen Linien stellen die Echtzeitkommunikation dar, während die

## 5. Ausblick

gestrichelten Linien die Nicht-Echtzeitkommunikation zeigen. Edge Nodes können über Echtzeit- oder Nicht-Echtzeit-Kommunikation miteinander kommunizieren. Sie können auch mit der regionalen Cloud sowie nur mit der Cloud kommunizieren. Die Echtzeitkommunikation kann mit den verfügbaren Technologien realisiert werden, wie z.B. Feldbus, OPC-UA über TSN und/oder andere proprietäre Technologien. Jede Edge Node kann unterschiedliche Hardware-/Softwarespezifikationen haben sowie von verschiedenen Anbietern bereitgestellt werden. Dies erfordert und ermöglicht Interoperabilität und verhindert auch Vendor-Lock-in-Probleme.

Zusätzlich zur Echtzeitkommunikation kann Echtzeitfähigkeit nur bereitgestellt werden, wenn die Industrial Edge Cloud von echtzeitfähiger Hardware/Komponenten unterstützt wird. Für Komponenten oder andere Hardware ist eine formale Verifikation notwendig, damit diese in Echtzeitanwendungen verwendet werden können. Die formale Verifikation stellt sicher, dass das System zuverlässig funktioniert und die erwarteten Ergebnisse mit den bekannten Inputs empfangen werden. Kontinuierliche oder zufällige Tests beweisen nicht unbedingt, dass die Komponente/Hardware echtzeitfähig ist.

Ein ideales Edge-System erfordert auch Skalierbarkeit. Dies kann durch die Orchestrierung des gesamten Netzwerks mit dezentralen Edge Nodes erreicht werden, die die Topologie regelmäßig aktualisieren können. Wenn eine Änderung erkannt wird, werden die Hardware- und Software-Spezifikationen unter allen Edge Nodes im Netzwerk geteilt. So kann jede Maßnahme auf jedem dezentralen Edge Node identisch sein.

Um Interoperabilität zu ermöglichen, müssen die Schnittstellen für die Kommunikation standardisiert werden. Auch der Informationsaustausch muss abstrakt definiert werden, um die Anwendbarkeit auf unterschiedlicher Hardware zu erhöhen. Gemeinsam mit den Mitgliedern der **SmartFactory**<sup>KL</sup> Arbeitsgruppe 1 „Cyber-physische Produktionsmodule“ werden in den kommenden Forschungs- und Projektarbeiten die Kommunikationsschnittstellen erarbeitet und die Grundlagen für den Informationsaustausch gelegt. Ein weiteres wichtiges Bearbeitungsfeld ist die Erarbeitung der Softwarearchitektur für die Edge Nodes.

### Quelle

1 Sharpening the Edge: The Linux Foundation Edge Framework and Taxonomy – The New Stack

## **Versionshistorie**

Whitepaper SF-1.2: 10/2021

## **Herausgegeben von**

### **Technologie-Initiative SmartFactory KL e.V.**

Trippstadter Straße 122

67663 Kaiserslautern

**T** +49 (0)631 20575-3401

**F** +49 (0)631 20575-3402

Die Technologie-Initiative SmartFactory KL e.V. (**SmartFactory<sup>KL</sup>**) ist ein gemeinnütziger Verein des öffentlichen Rechts, eingetragen im Vereinsregister Kaiserslautern.

Vereinsregisternummer: VR 2458 Kai

## **Vorstand**

Prof. Dr. Martin Ruskowski (Vorsitzender)

Andreas Huhmann, HARTING AG & Co. KG

Klaus Stark, Pilz GmbH & Co. KG

Dr. Haike Frank, SCHOTT AG

## **Wissenschaftlicher Koordinator**

Dr.-Ing. Achim Wagner

**T** +49 (0)631 20575-5237

**M** achim.wagner@smartfactory.de

## **Quellenangabe, Bilder**

© Shutter2U - stock.adobe.com

**SmartFactory<sup>KL</sup>** / A.Sell