



Cloud-based, open
IoT operating system:
MindSphere

Product
Lifecycle
Management

Manufacturing
Operations
Management

Totally
Integrated
Automation

Webinar Die Zukunft der autonomen Produktion

Dr. Thomas Mücke
Peter Higler, Michael Kulik

Siemens Digital Industry Software
Siemens AG

Presenter



Dr. Thomas Mücke

Peter Higler

Michael Kulik

**Siemens SIS GmbH
DI-SW GS&CS DE STBC**

**Siemens AG
RC-DE DI MC**

**Siemens AG
RC-DE DI CS SD3 2**

**strateg. Business Consulting
SIS GmbH**

**Business Development
DI Motion Control**

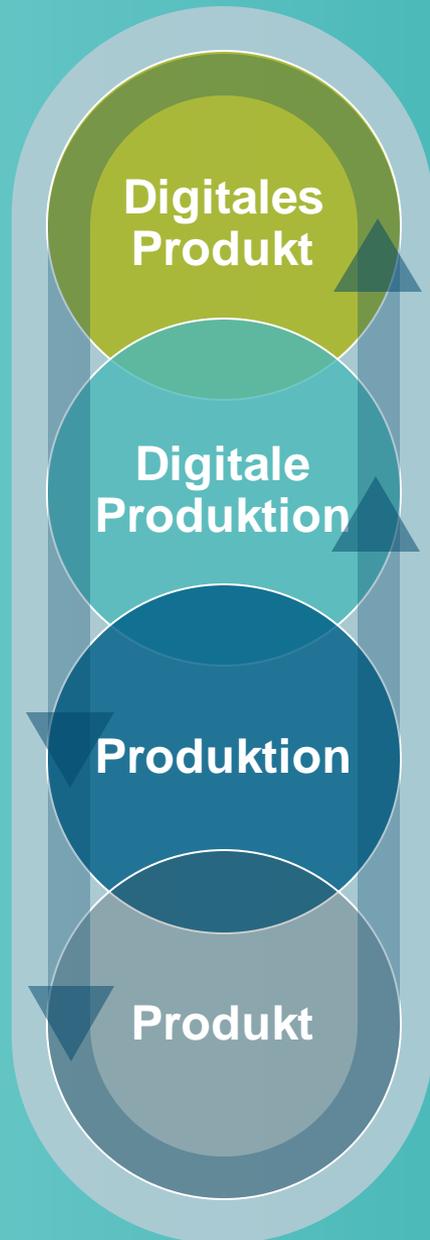
**Head of Customer Service
APC MTS**

thomas.muecke@siemens.com

peter.higler@siemens.com

kulik.michael@siemens.com

Agenda



- 1 Herausforderungen
- 2 Digitale Zwillinge
- 3 Stufenkonzept für die Teilefertigung
- 4 Heutige Prozessabläufe mit ERP / PLM und MOM
- 5 Werkzeugdaten vom PLM bis zur Maschine Live-Demo
- 6 Zukünftige, flexible Prozessabläufe
- 7 Optimierung mittels Industrial Edge
- 8 Zusammenfassung und weitere Möglichkeiten

Ursachen / Auswirkungen auf die Teilefertigung

**Produktkomplexität
mechatronische Systeme
serialisierte Produkte**

Höhere Variantenvielfalt

Kurze Lieferzeiten

kleine Losgrößen

Antworten auf die Ursachen

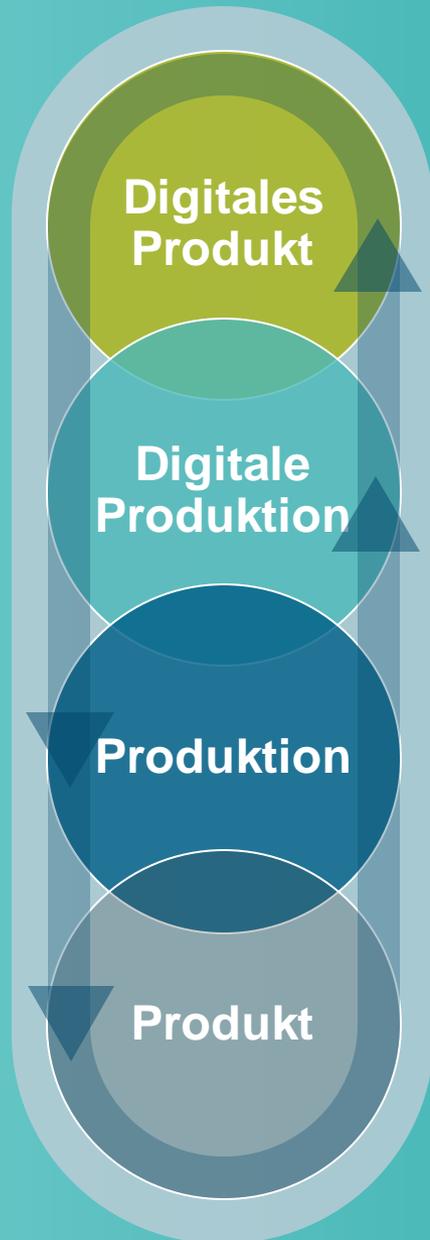
Automatisierung

Digitalisierung

**Reduzierung von Prozess- und
Medienbrüchen**

Analytik

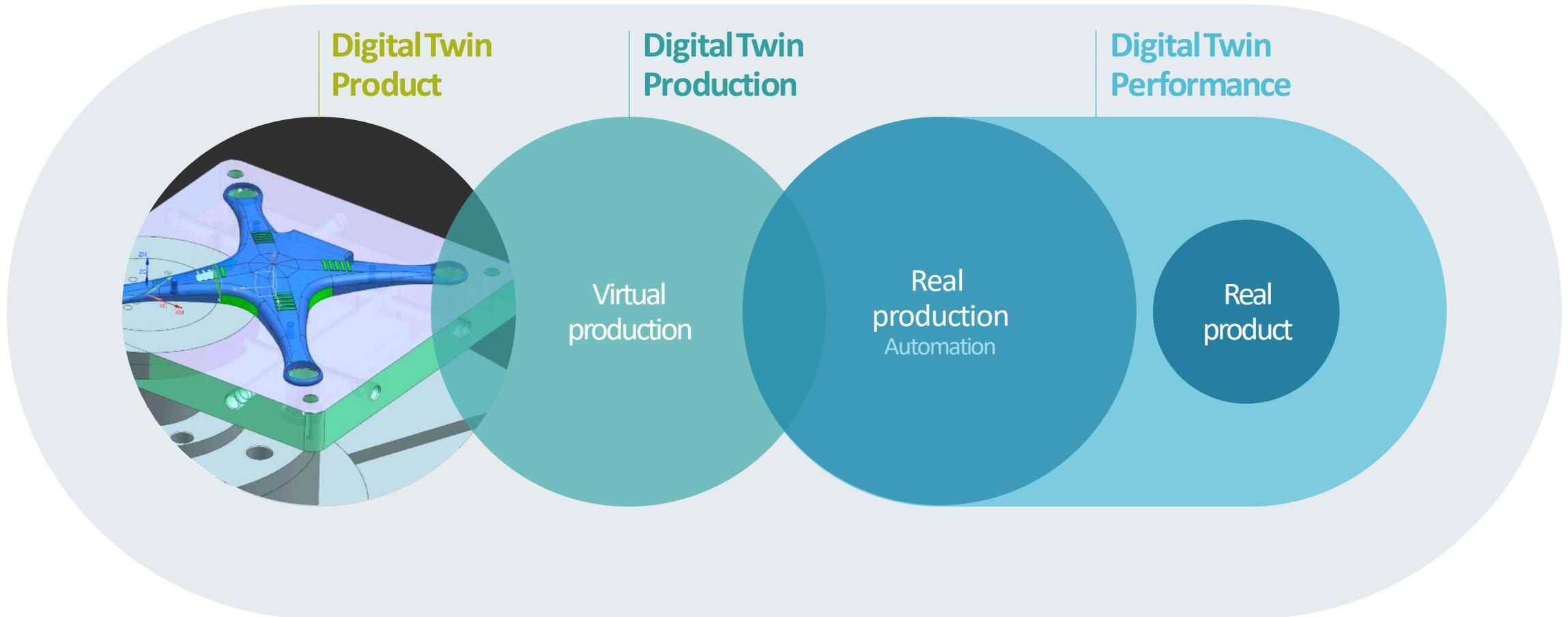
Agenda



- 1 Herausforderungen
- 2 Digitale Zwillinge
- 3 Stufenkonzept für die Teilefertigung
- 4 Heutige Prozessabläufe mit ERP / PLM und MOM
- 5 Werkzeugdaten vom PLM bis zur Maschine Live-Demo
- 6 Zukünftige, flexible Prozessabläufe
- 7 Optimierung mittels Industrial Edge
- 8 Zusammenfassung und weitere Möglichkeiten

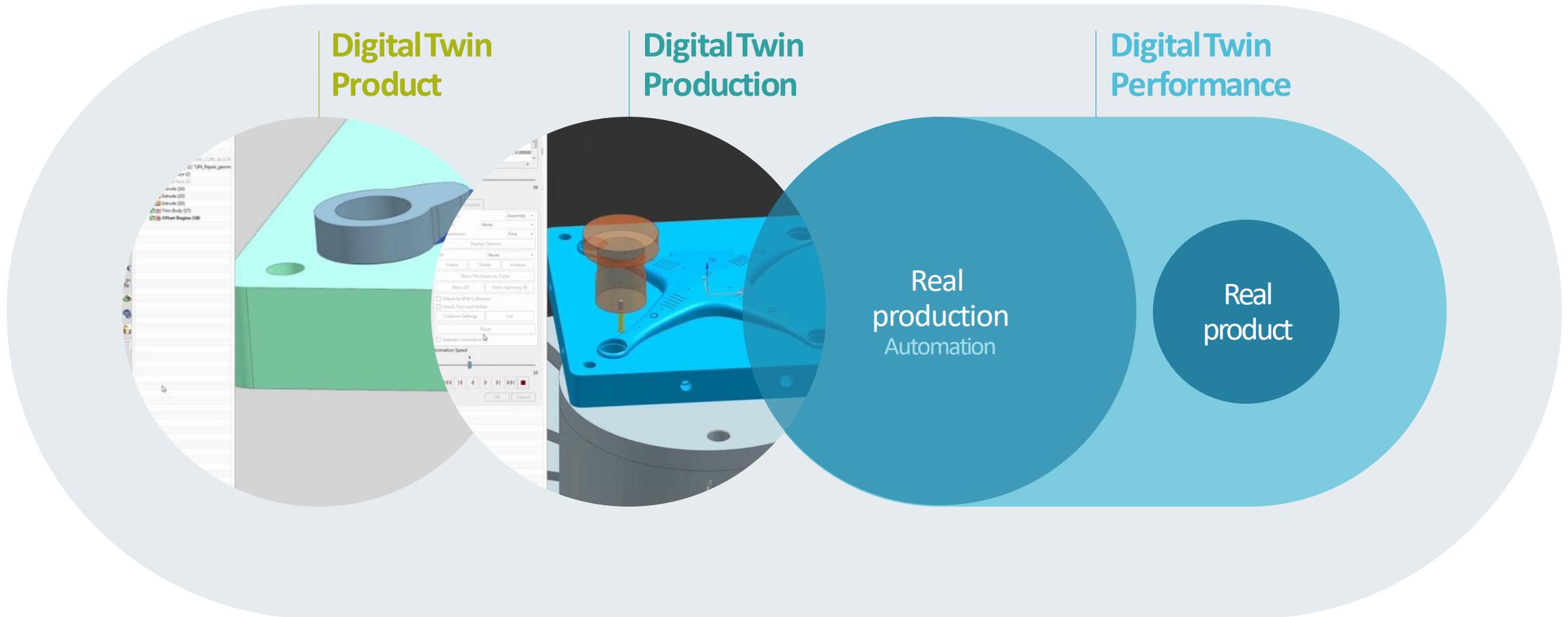
Digitale Zwillinge

Notwendigkeit der Datendurchgängigkeit



Digitale Zwillinge

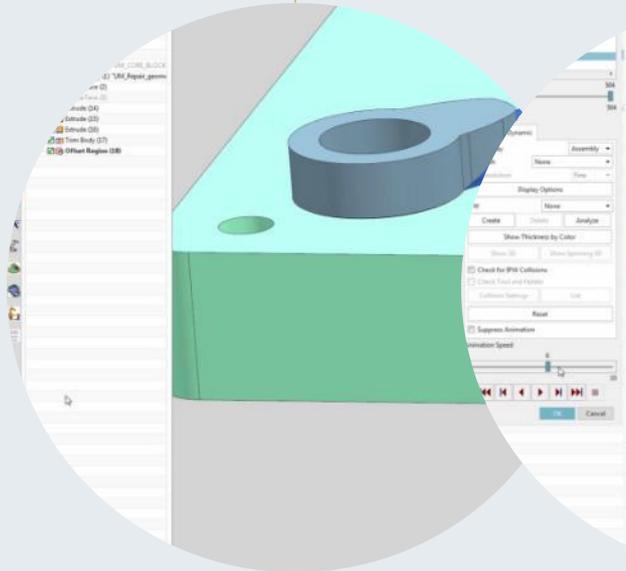
Notwendigkeit der Datendurchgängigkeit



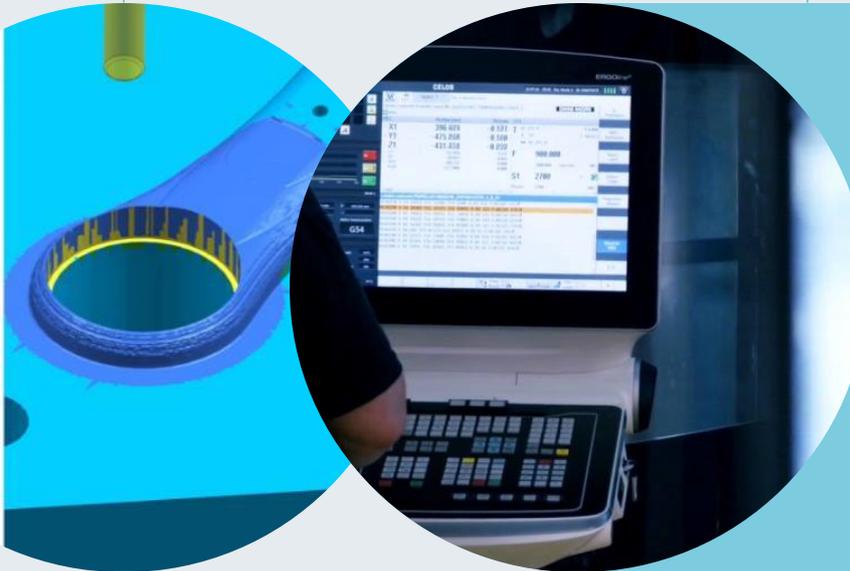
Digitale Zwillinge

Notwendigkeit der Datendurchgängigkeit

**Digital Twin
Product**



**Digital Twin
Production**



**Digital Twin
Performance**

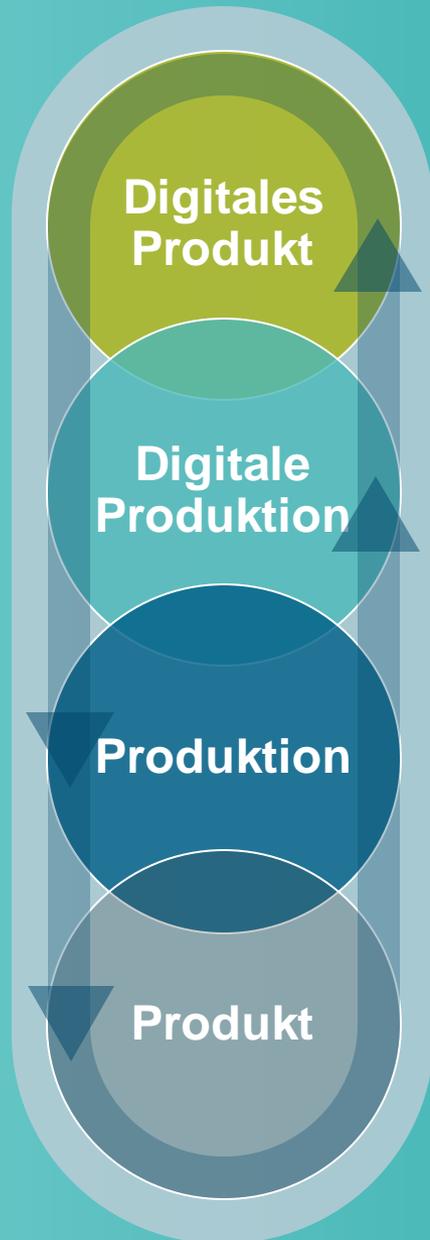


Digitale Enterprise

Lebensraum für die digitalen Zwillinge



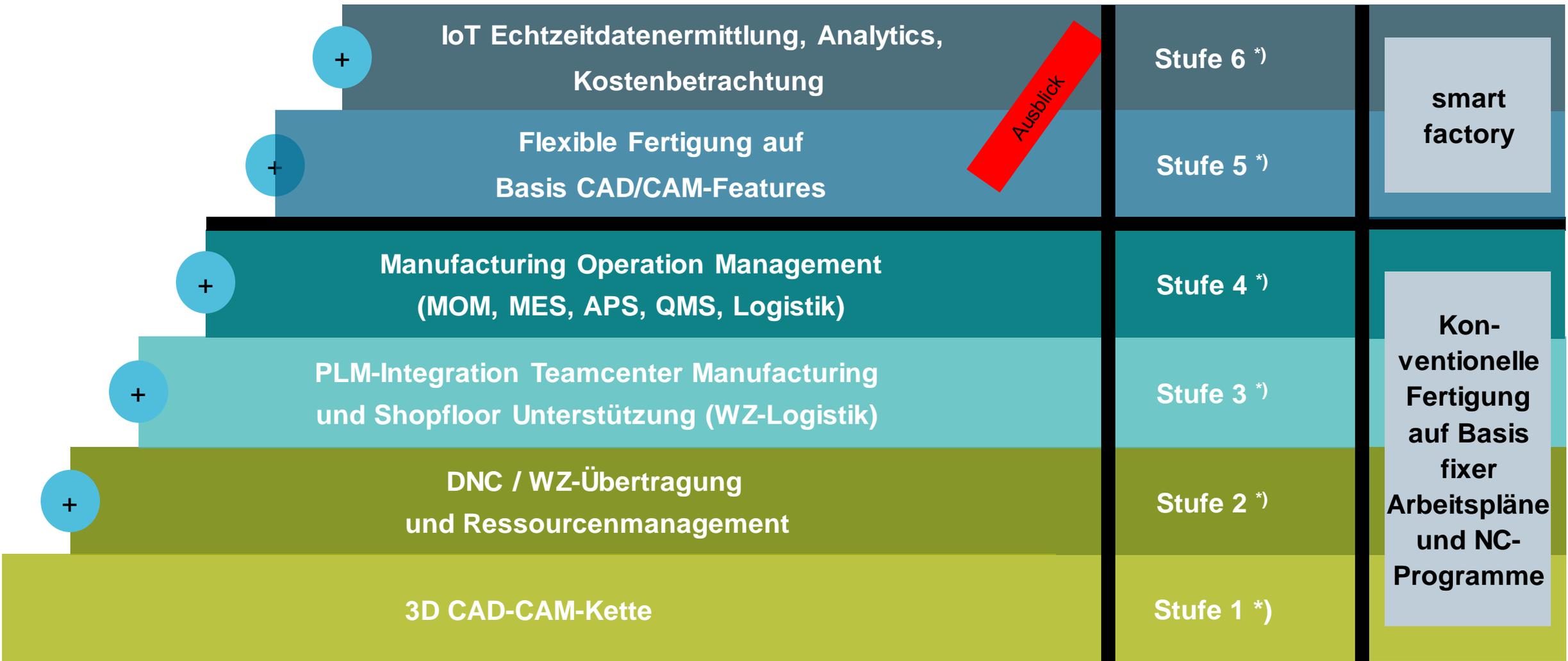
Agenda



- 1 Herausforderungen
- 2 Digitale Zwillinge
- 3 **Stufenkonzept für die Teilefertigung**
- 4 Heutige Prozessabläufe mit ERP / PLM und MOM
- 5 Werkzeugdaten vom PLM bis zur Maschine Live-Demo
- 6 Zukünftige, flexible Prozessabläufe
- 7 Optimierung mittels Industrial Edge
- 8 Zusammenfassung und weitere Möglichkeiten

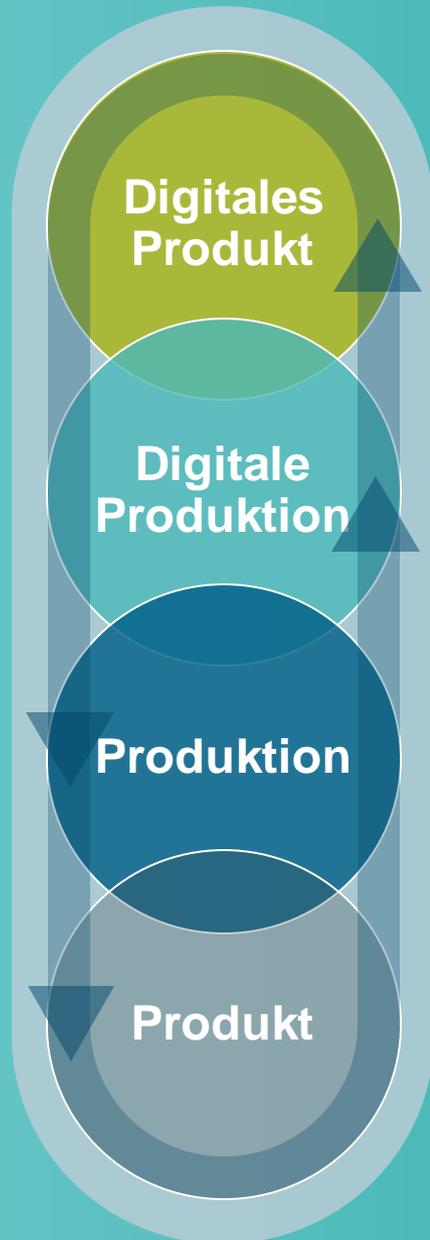
Konzept - Teilefertigung

stufenbasierte Realisierung



*) optional mit Messmaschinenprogrammierung, additive Fertigung, Roboter-Programmierung

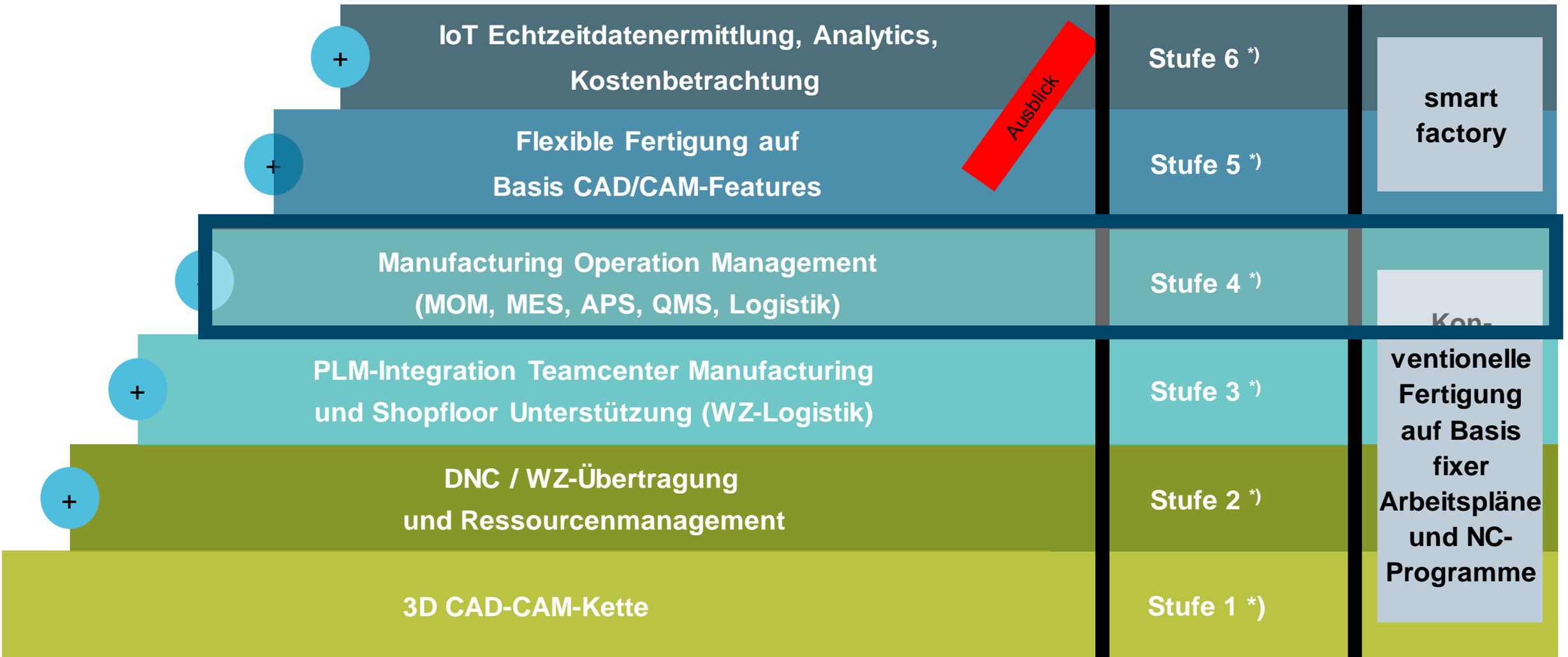
Agenda



- 1 Herausforderungen
- 2 Digitale Zwillinge
- 3 Stufenkonzept für die Teilefertigung
- 4 Heutige Prozessabläufe mit ERP / PLM und MOM
- 5 Werkzeugdaten vom PLM bis zur Maschine Live-Demo
- 6 Zukünftige, flexible Prozessabläufe
- 7 Optimierung mittels Industrial Edge
- 8 Zusammenfassung und weitere Möglichkeiten

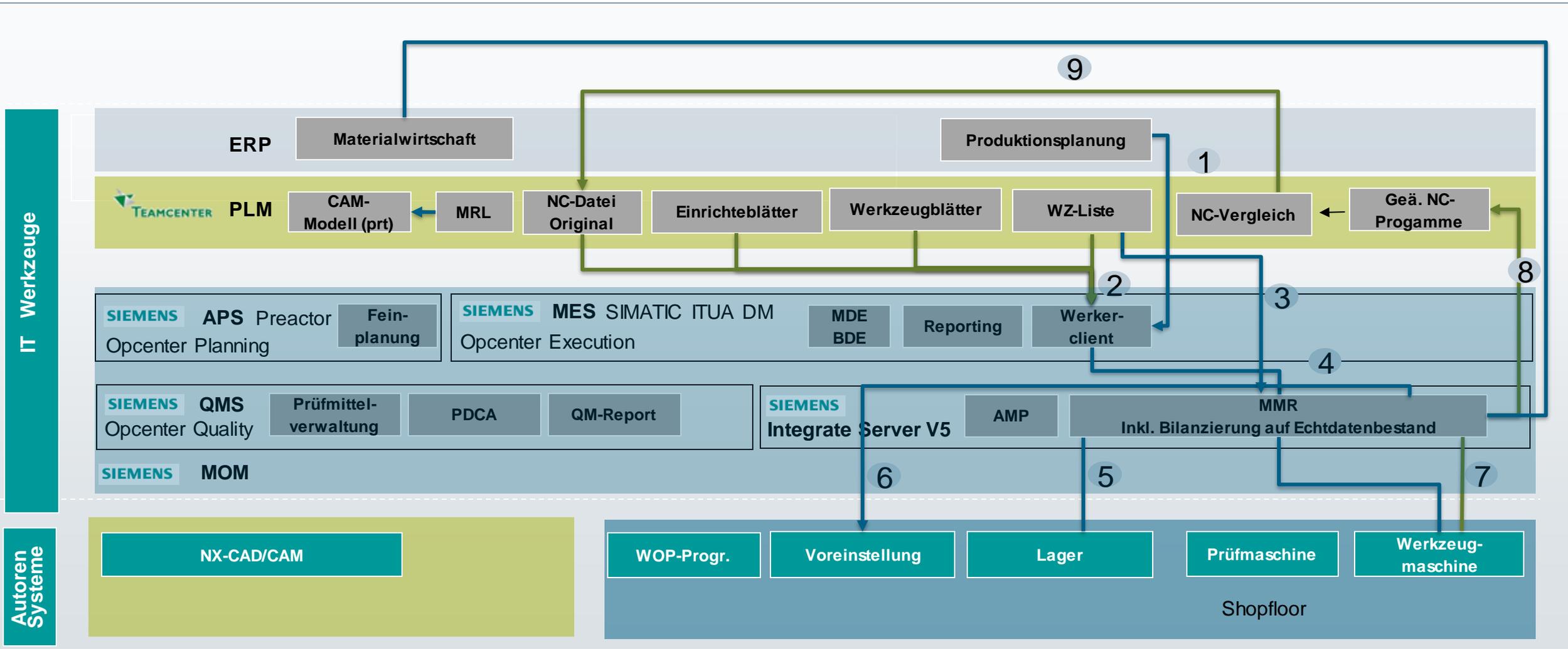
Konzept - Teilefertigung

stufenbasierte Realisierung

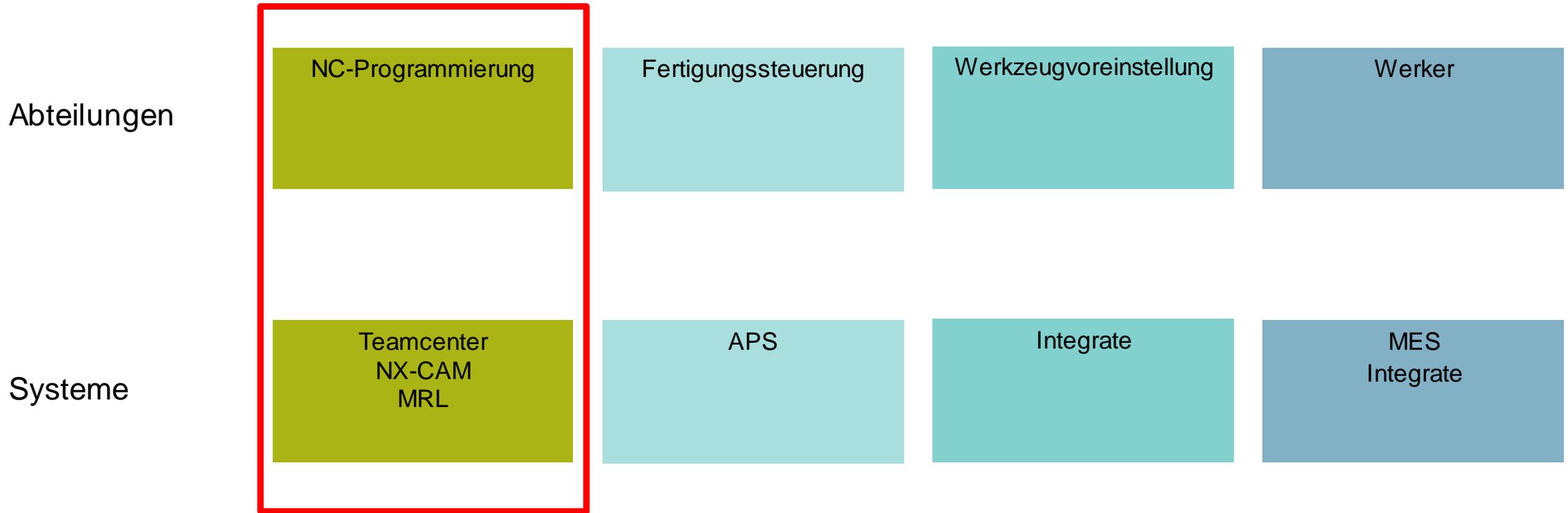


*) optional mit Messmaschinenprogrammierung, additive Fertigung, Roboter-Programmierung

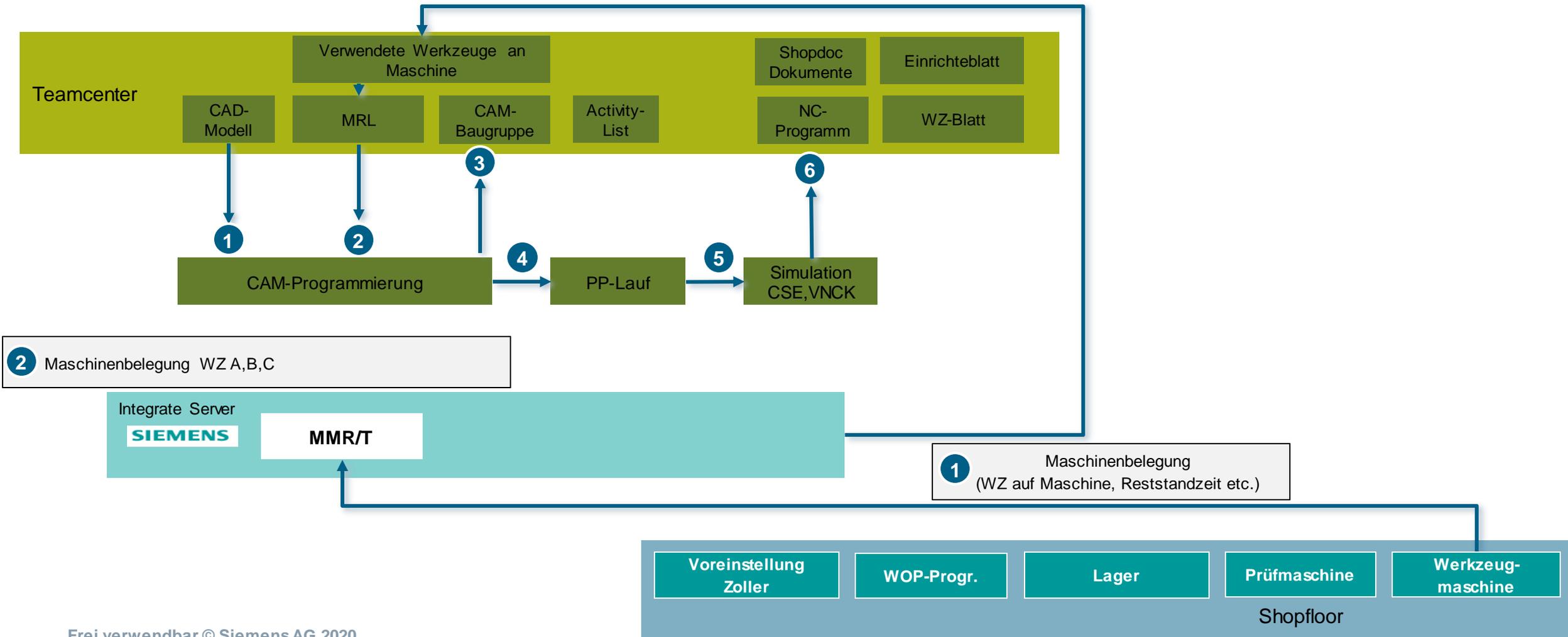
+ Stufe 4 – durchgängiger Realisierungsvorschlag vereinfachte Darstellung



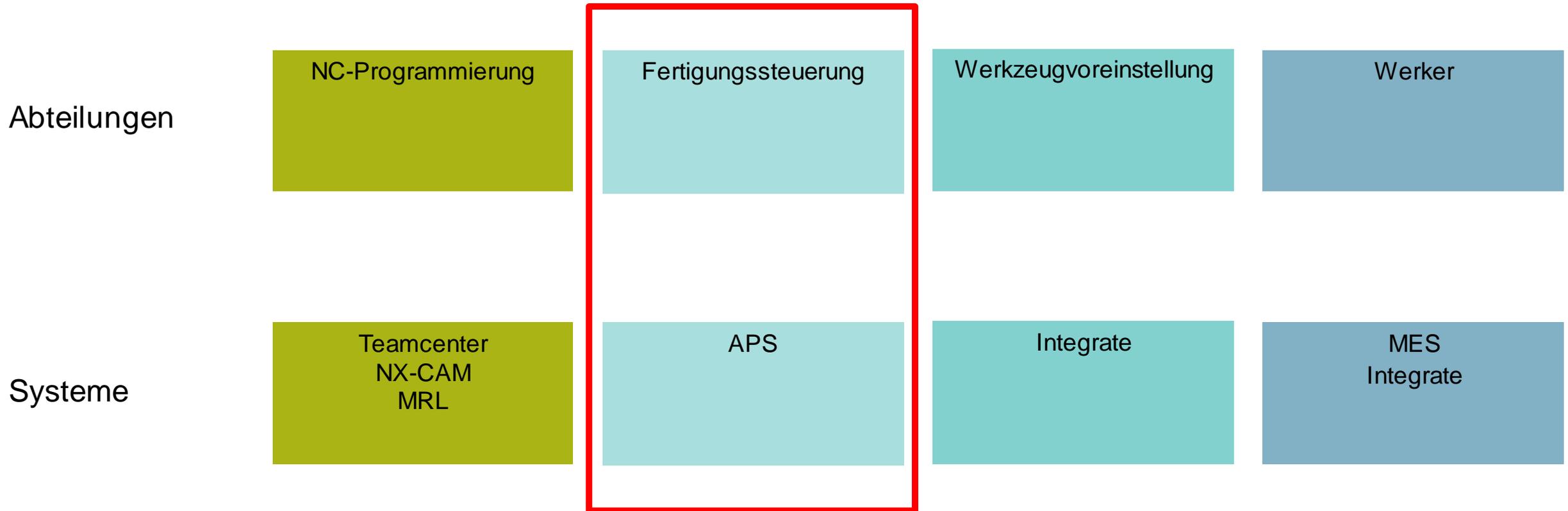
Genereller Ablauf gesamt



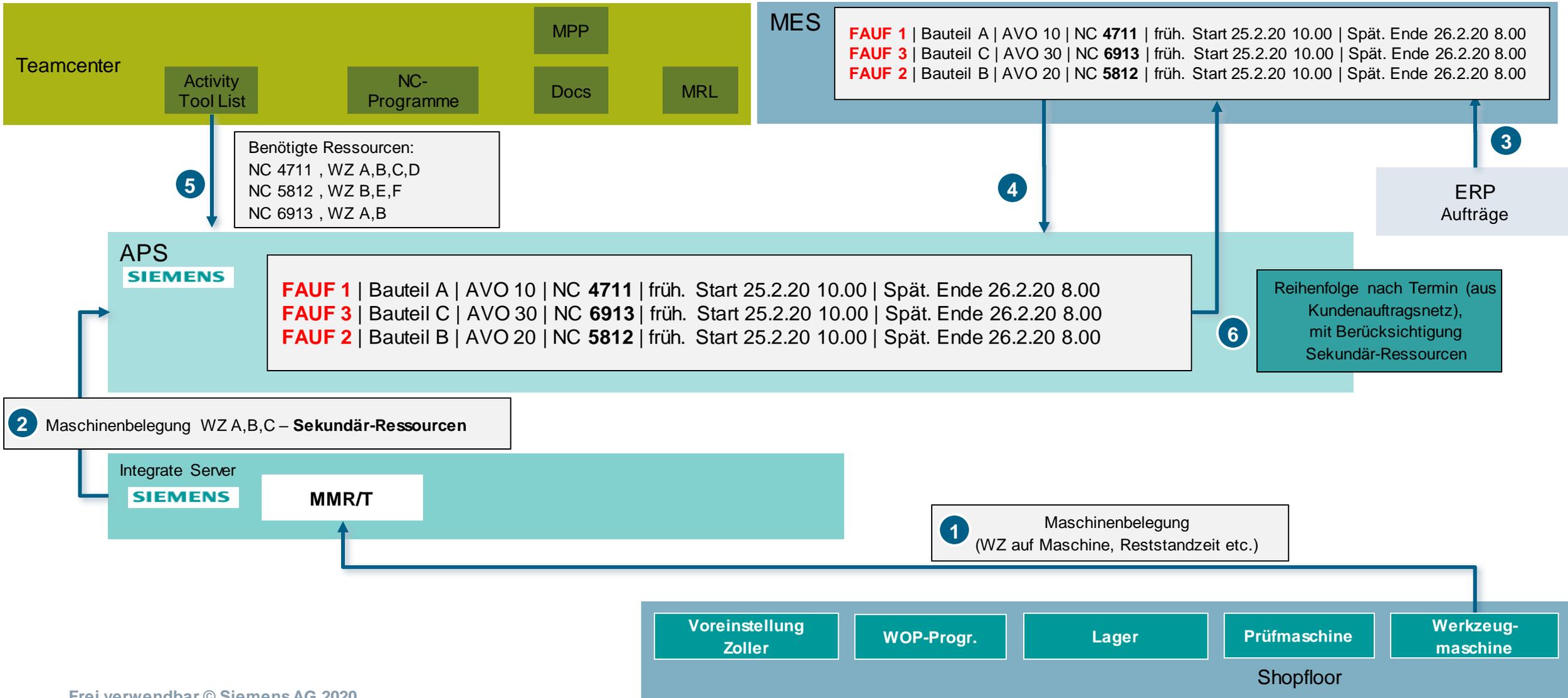
NC-Programmierung vereinfachte Darstellung



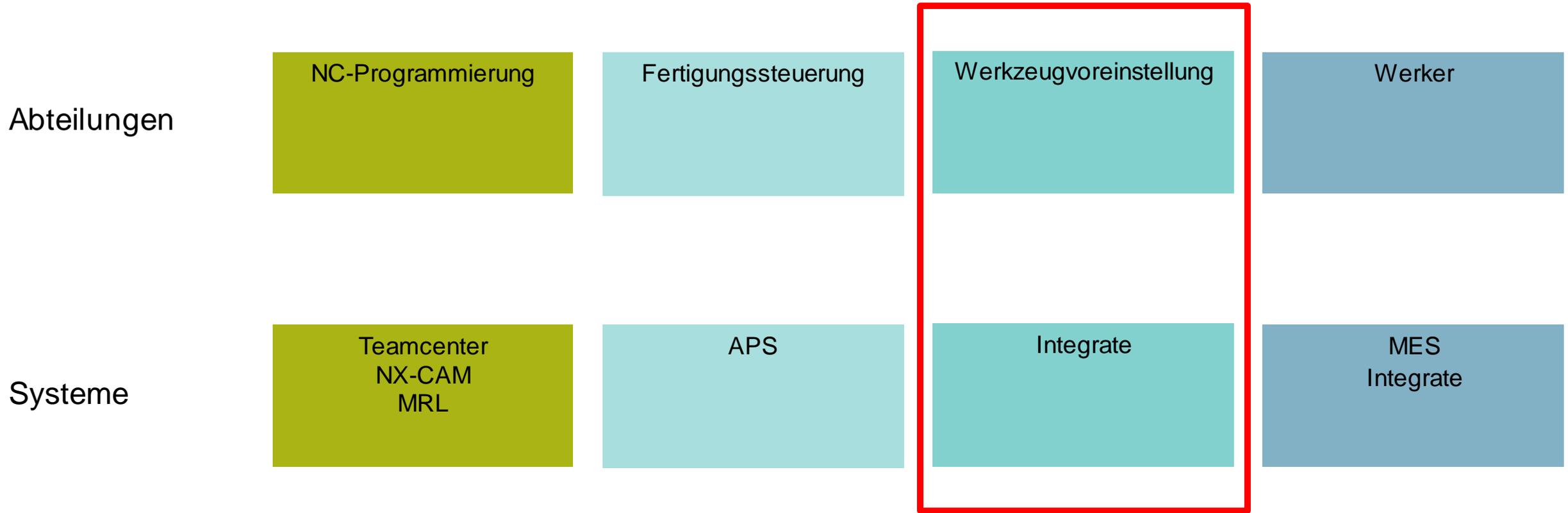
Genereller Ablauf gesamt



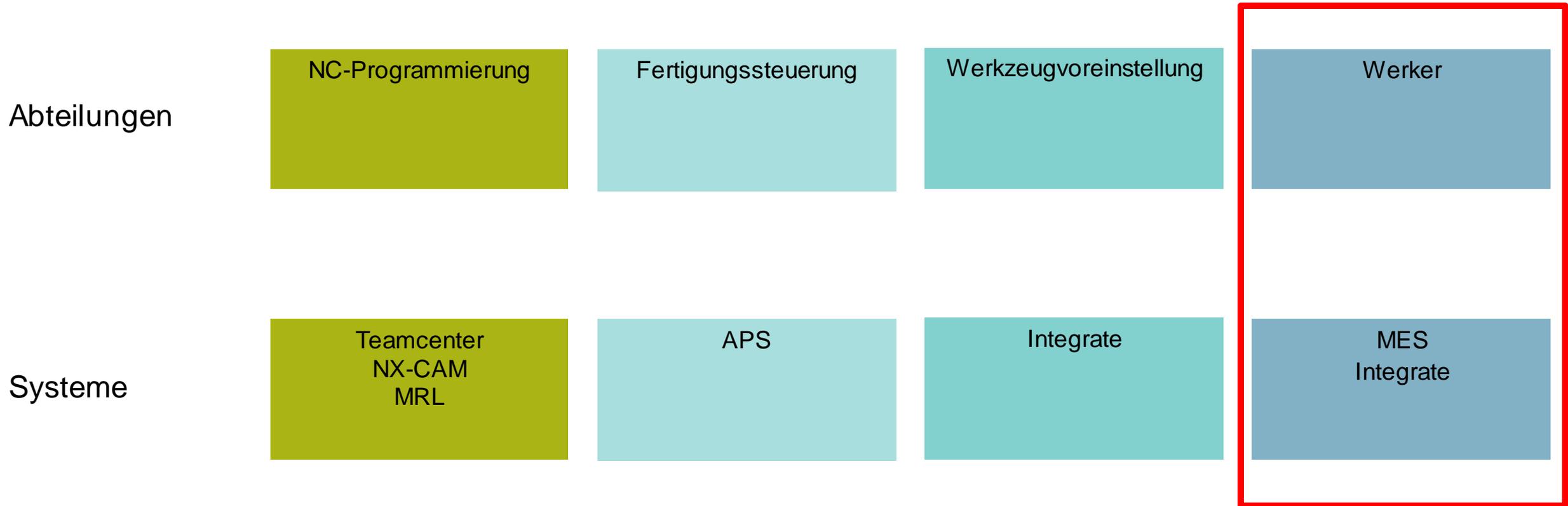
Feinplanung – Nutzung von Preactor vereinfachte Darstellung



Genereller Ablauf gesamt

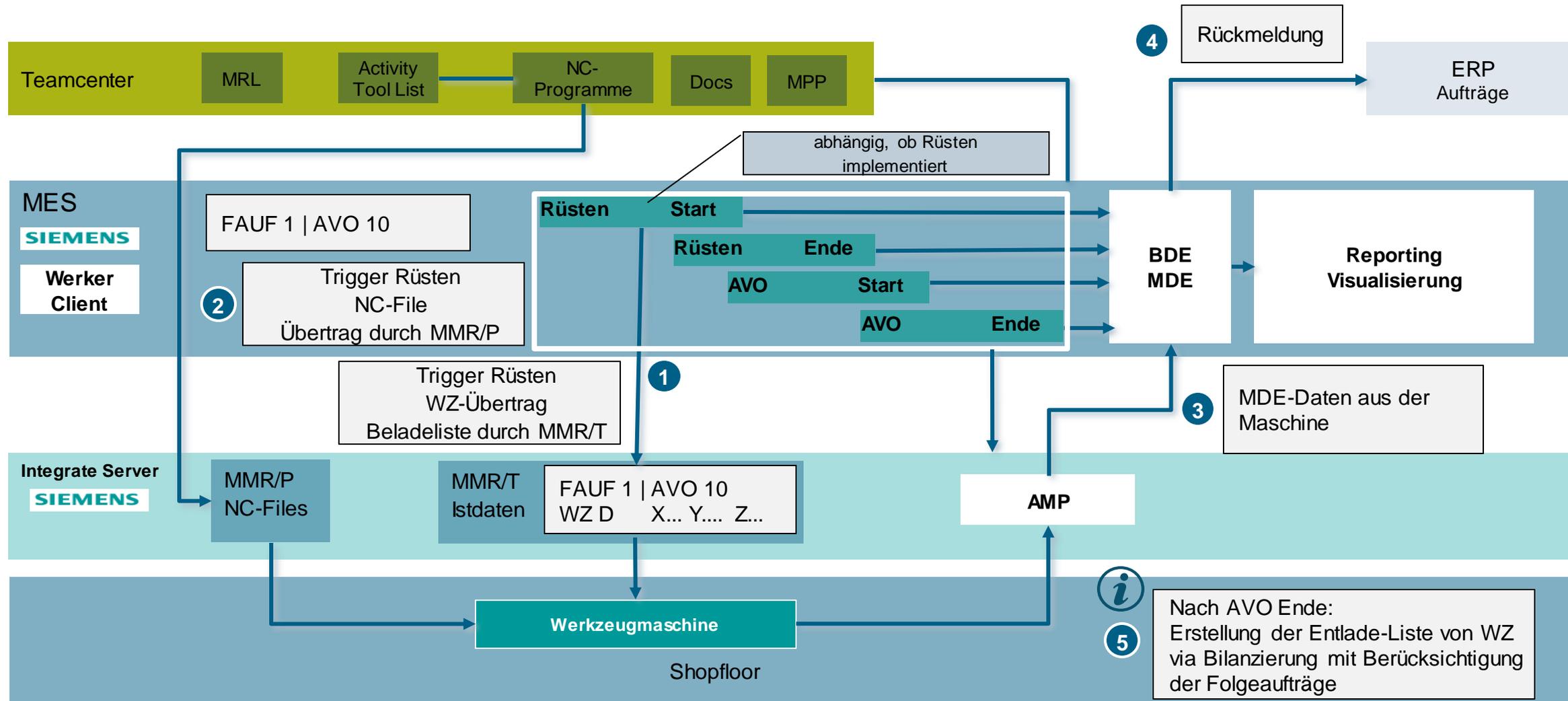


Genereller Ablauf gesamt

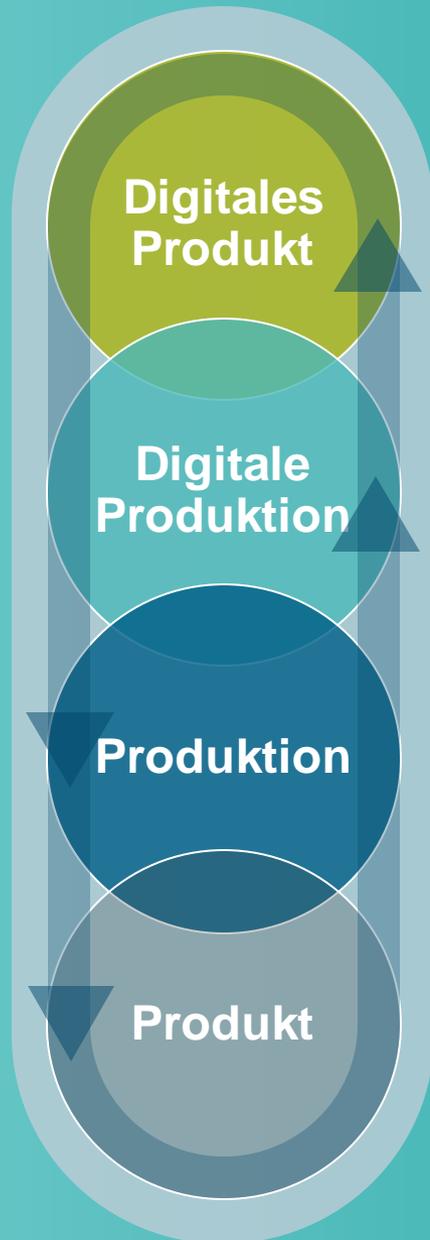


Werkerclient - Übertrag NC-Programme und Werkzeuge

Vereinfachte Darstellung

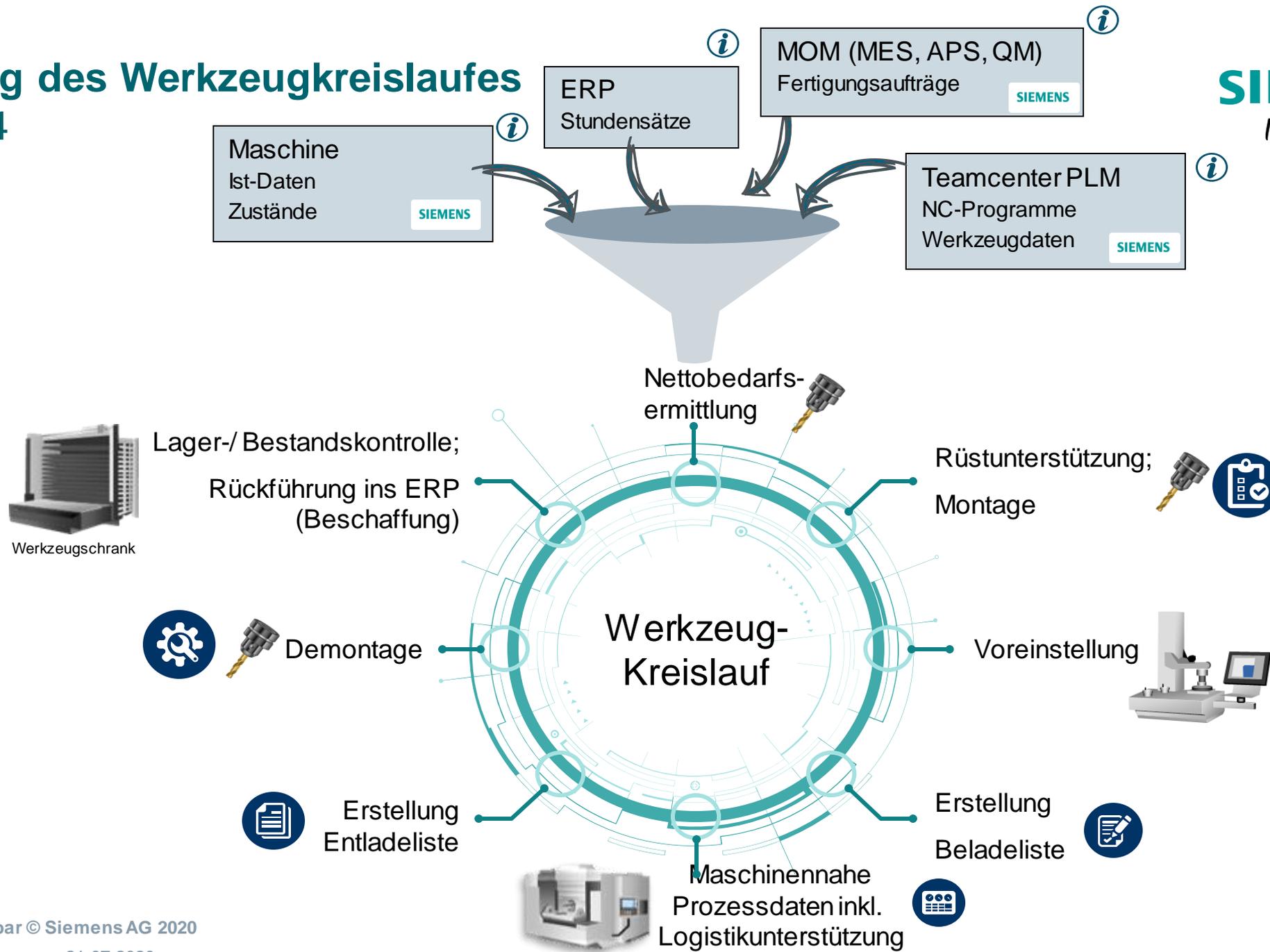


Agenda

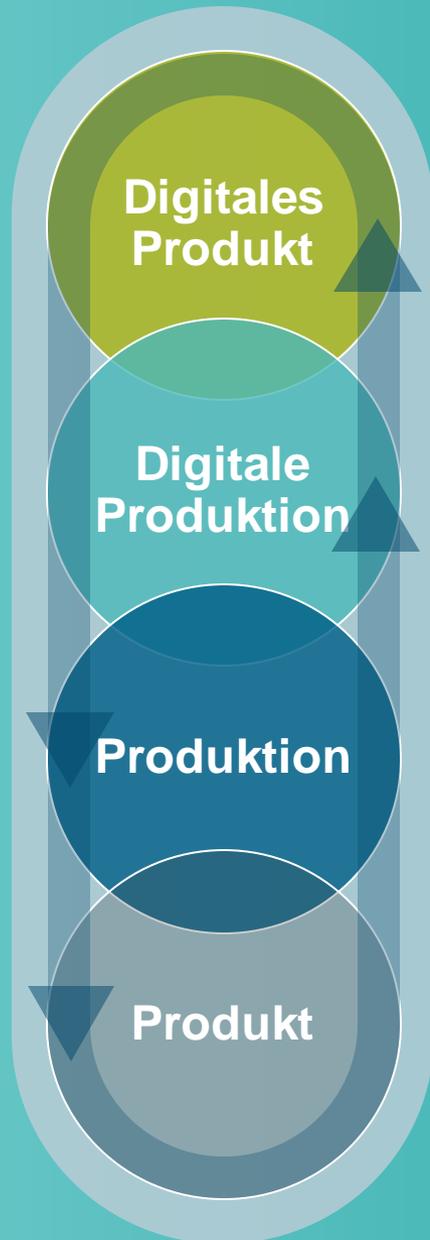


- 1 Herausforderungen
- 2 Digitale Zwillinge
- 3 Stufenkonzept für die Teilefertigung
- 4 Heutige Prozessabläufe mit ERP / PLM und MOM
- 5 **Werkzeugdaten vom PLM bis zur Maschine Live-Demo**
- 6 Zukünftige, flexible Prozessabläufe
- 7 Optimierung mittels Industrial Edge
- 8 Zusammenfassung und weitere Möglichkeiten

Auszug des Werkzeugkreislaufes Stufe 4



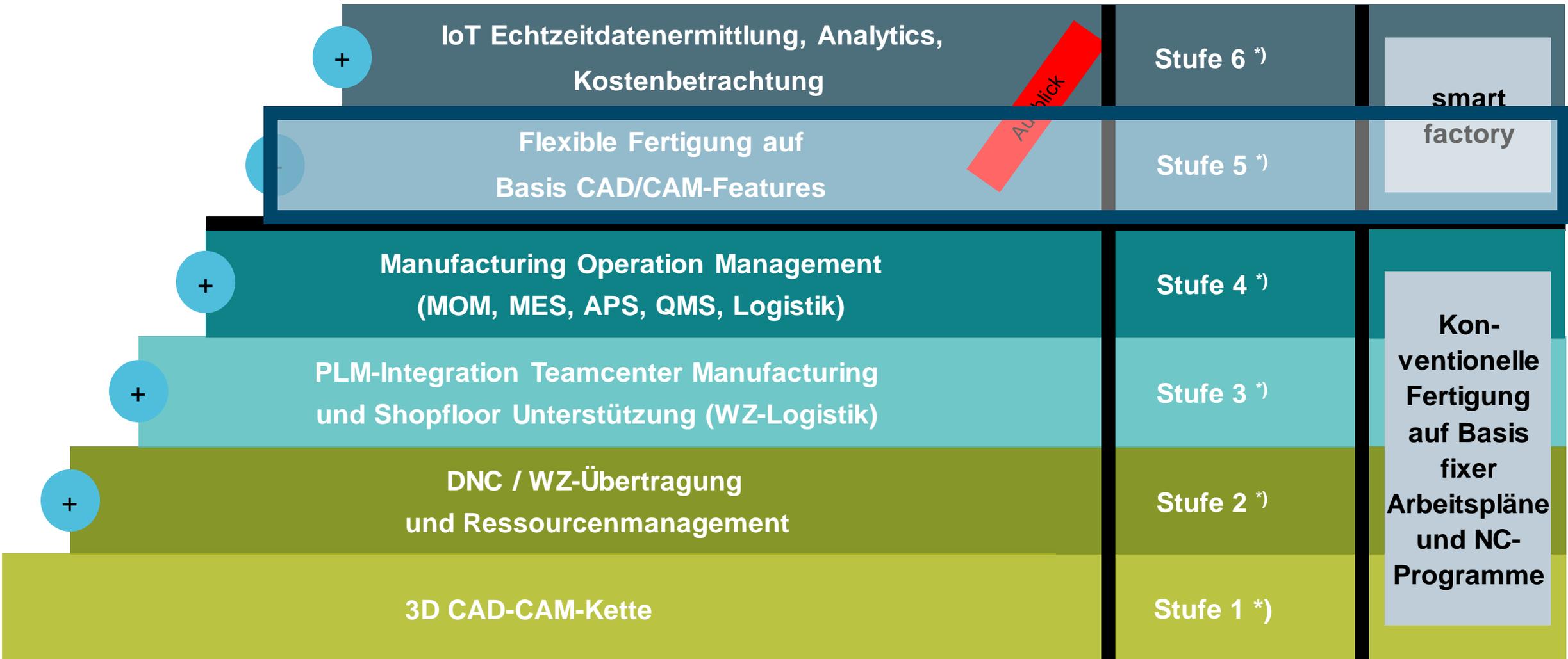
Agenda



- 1 Herausforderungen
- 2 Digitale Zwillinge
- 3 Stufenkonzept für die Teilefertigung
- 4 Heutige Prozessabläufe mit ERP / PLM und MOM
- 5 Werkzeugdaten vom PLM bis zur Maschine Live-Demo
- 6 Zukünftige, flexible Prozessabläufe
- 7 Optimierung mittels Industrial Edge
- 8 Zusammenfassung und weitere Möglichkeiten

Konzept - Teilefertigung

stufenbasierte Realisierung



*) optional mit Messmaschinenprogrammierung, additive Fertigung, Roboter-Programmierung

+ Stufe 5 – Unterschiede der Teilefertigung (Auszug I) *)
 konventionelle Fertigung < > Smart Factory (Industrie 4.0)

konventionelle Fertigung

Smart Factory (modellbasiert)

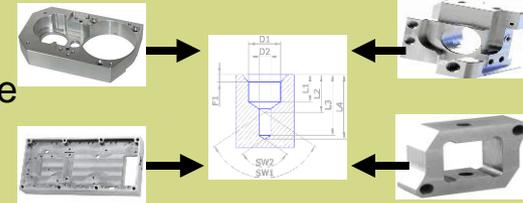
**Digitaler
Zwilling des
Produktes**

CAD-Modelle



CAD-Modelle auf Basis von Funktionsweisen

CAD-Feature



CAD-Features auf Basis zur flexiblen Fertigung über Teile hinweg

**Digitaler
Zwilling der
Produktion**

Arbeitspläne



Arbeitspläne



0010
Komplett

Bereitstellung von NC-Progr. auf Basis von sinnvollen Objekten aufgrund der Maschinenbelegung der Fertigung und Auftragsanforderung

**Digitaler
Zwilling der
Performance**

Fertigungsaufträge



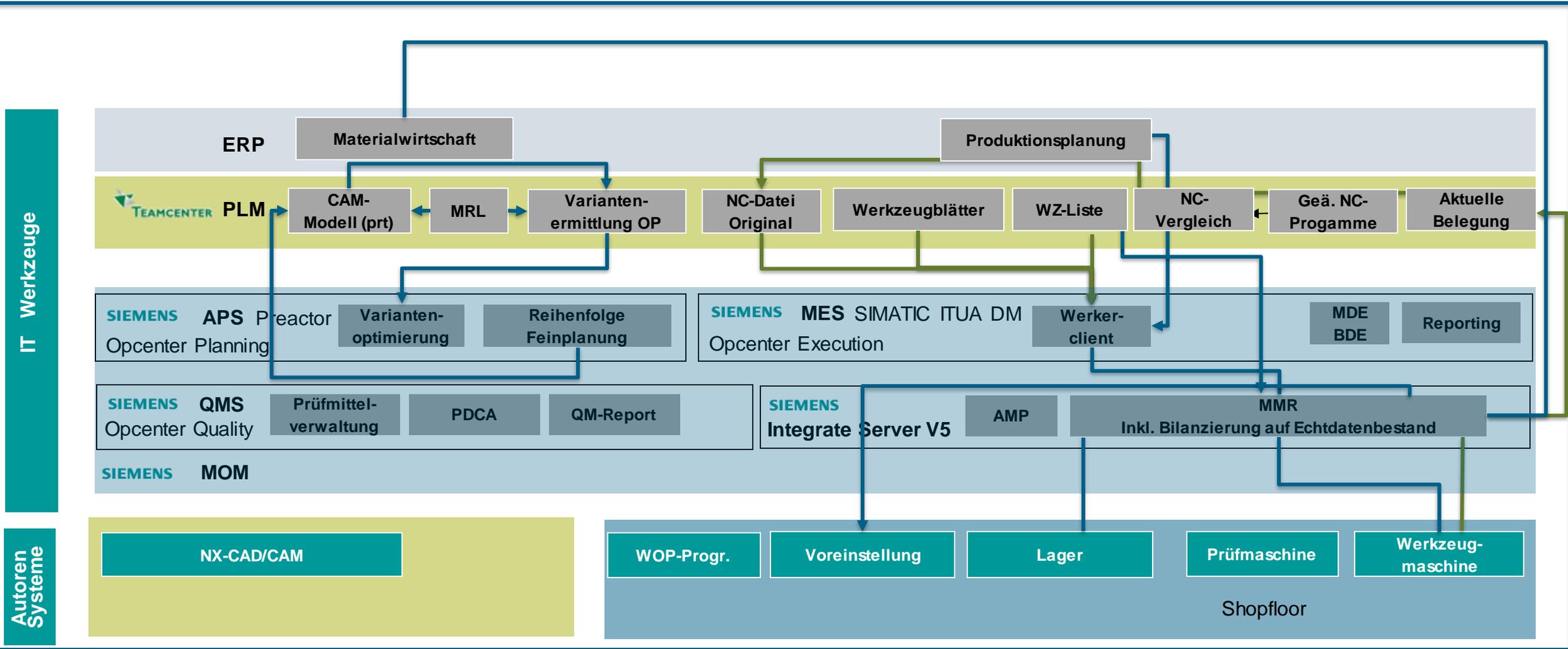
Sequenzielle Abarbeitung nach geplanter Vorgehensweise

Fertigungsaufträge

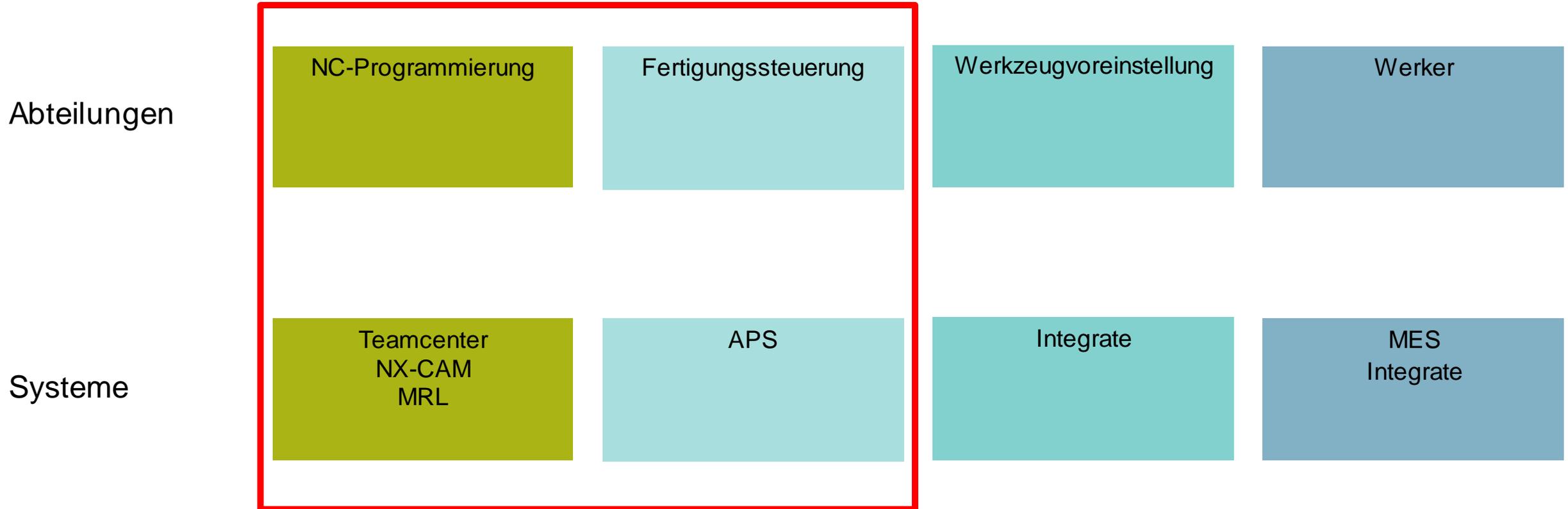


Bearbeitung von CAM-Objekten auf Basis vorhandener Ressourcen und Objektgruppen über div. serialisierte Bauteile

+ Stufe 5 – durchgängiger Realisierungsvorschlag *)
vereinfachte Darstellung



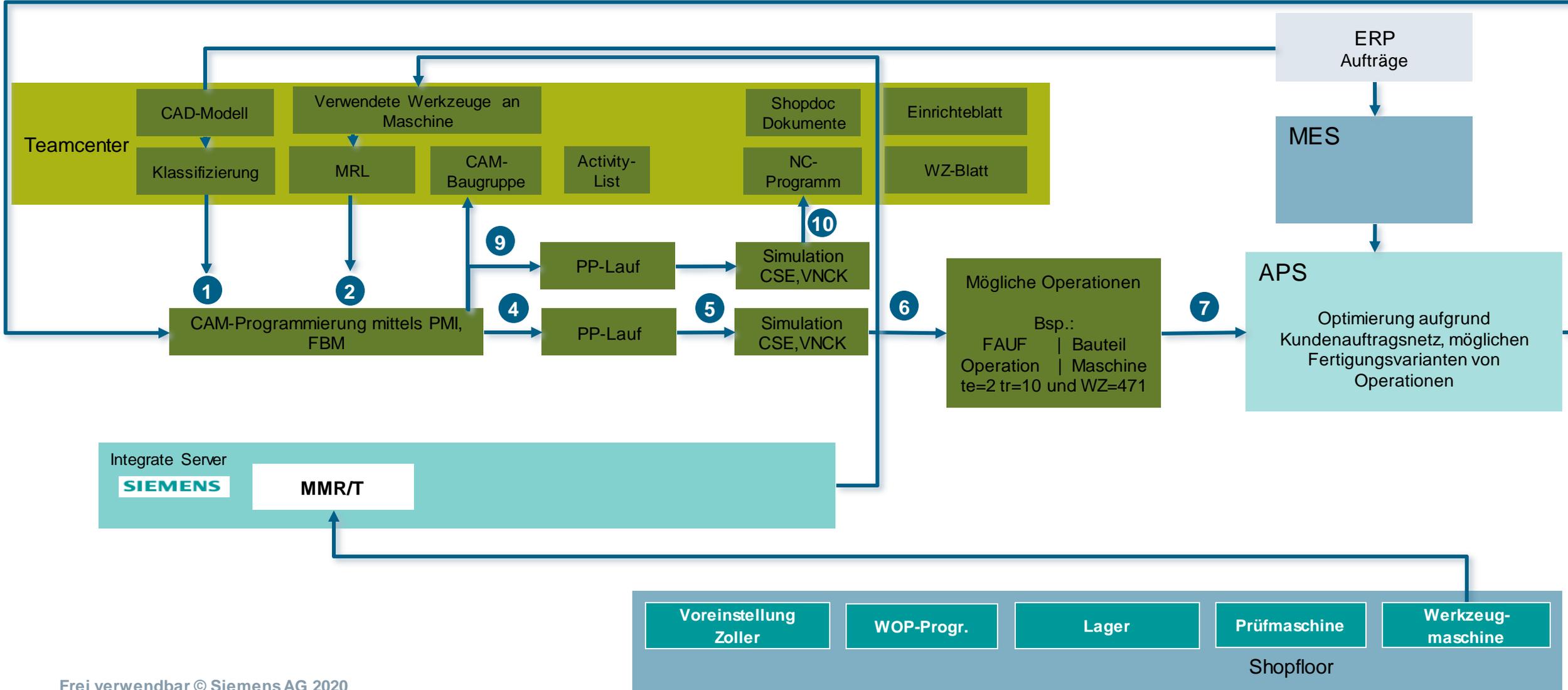
Genereller Ablauf gesamt



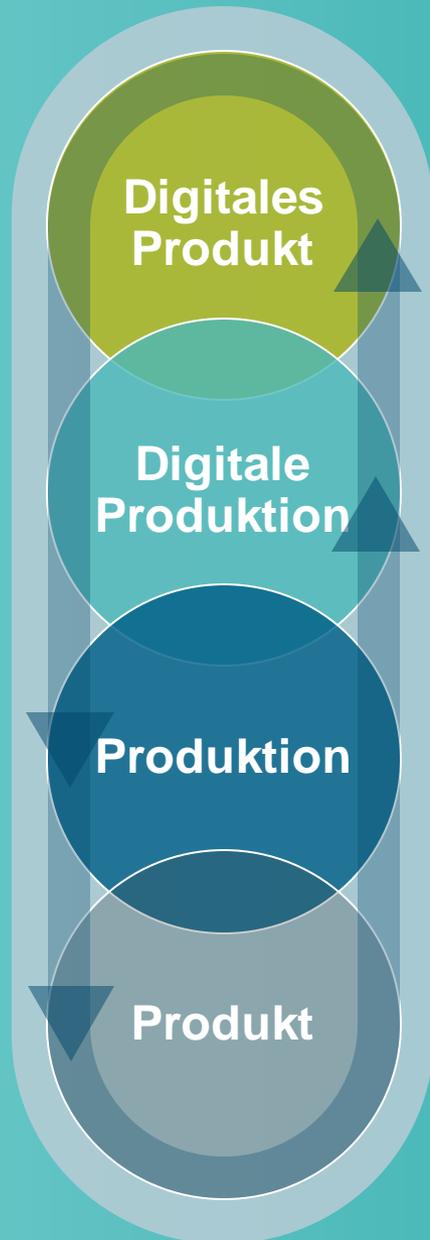
NC-Programmierung zum Auftrag *) vereinfachte Darstellung



8



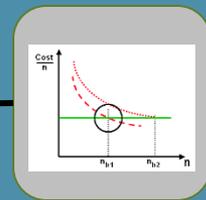
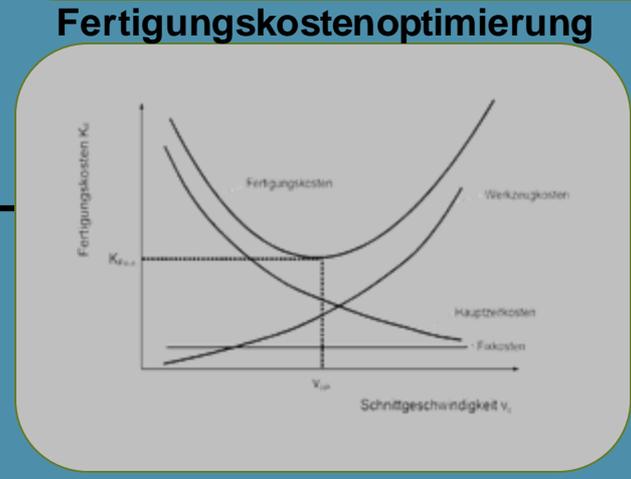
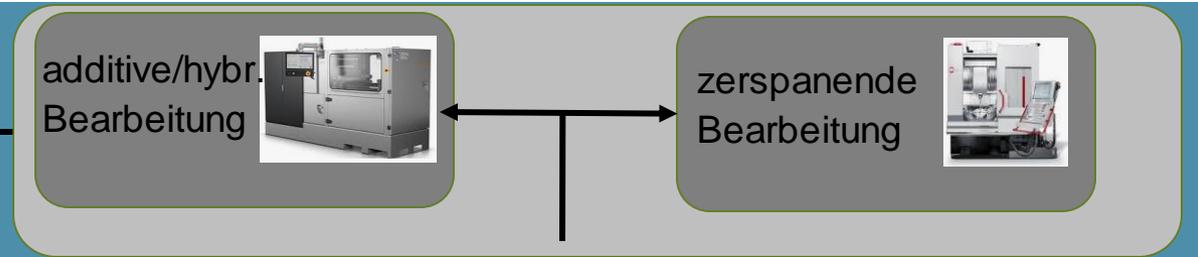
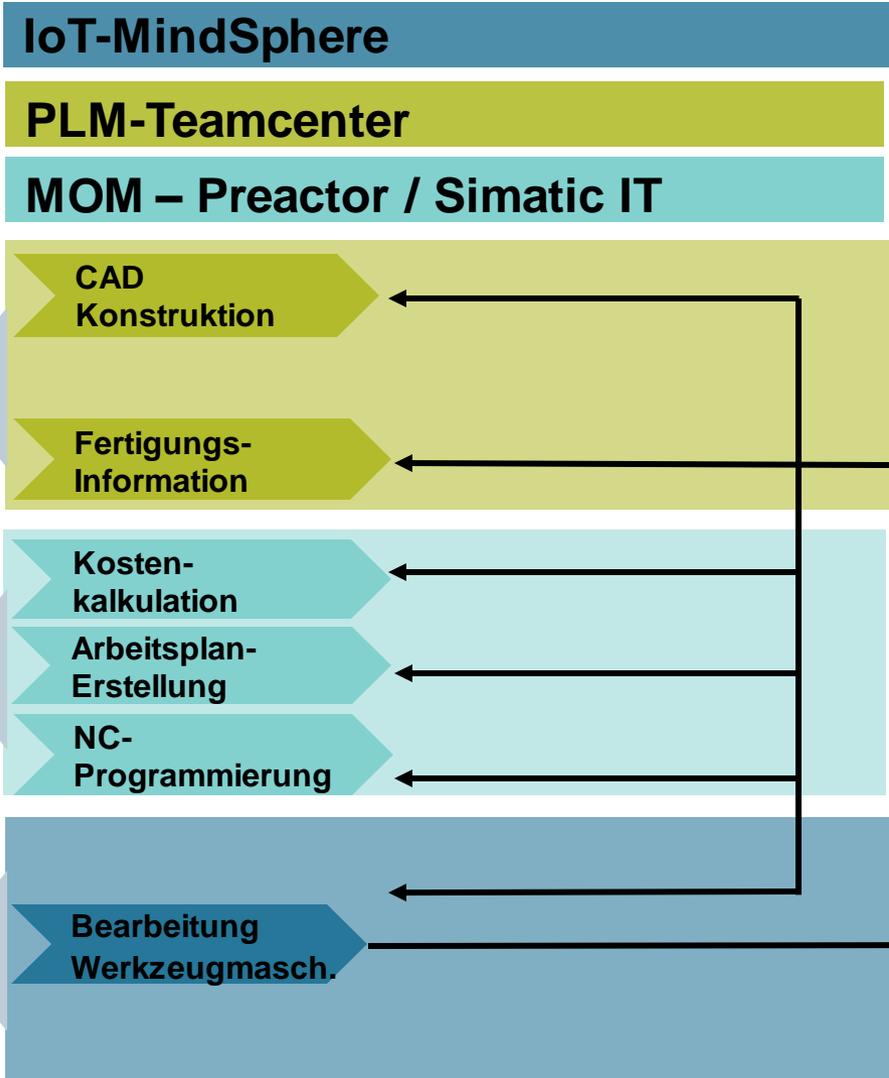
Agenda



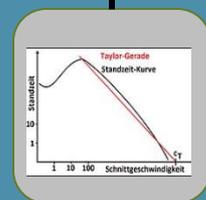
- 1 Herausforderungen
- 2 Digitale Zwillinge
- 3 Stufenkonzept für die Teilefertigung
- 4 Heutige Prozessabläufe mit ERP / PLM und MOM
- 5 Werkzeugdaten vom PLM bis zur Maschine Live-Demo
- 6 Zukünftige, flexible Prozessabläufe
- 7 Optimierung mittels Industrial Edge
- 8 Zusammenfassung und weitere Möglichkeiten

+ Stufe 6 – Grundlagen zur Fertigungskostenermittlung *)

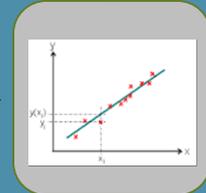
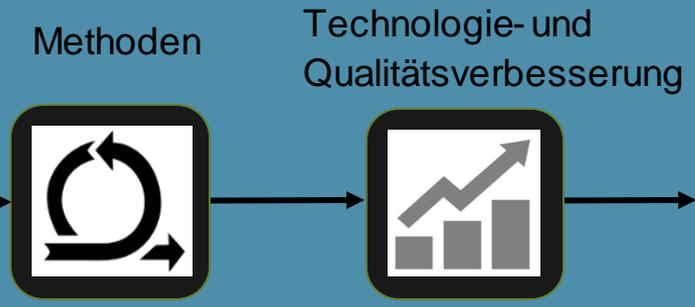
Analytics als Basis für Verfahrensauswahl zur hybriden Fertigung



Kosten-ermittlungen



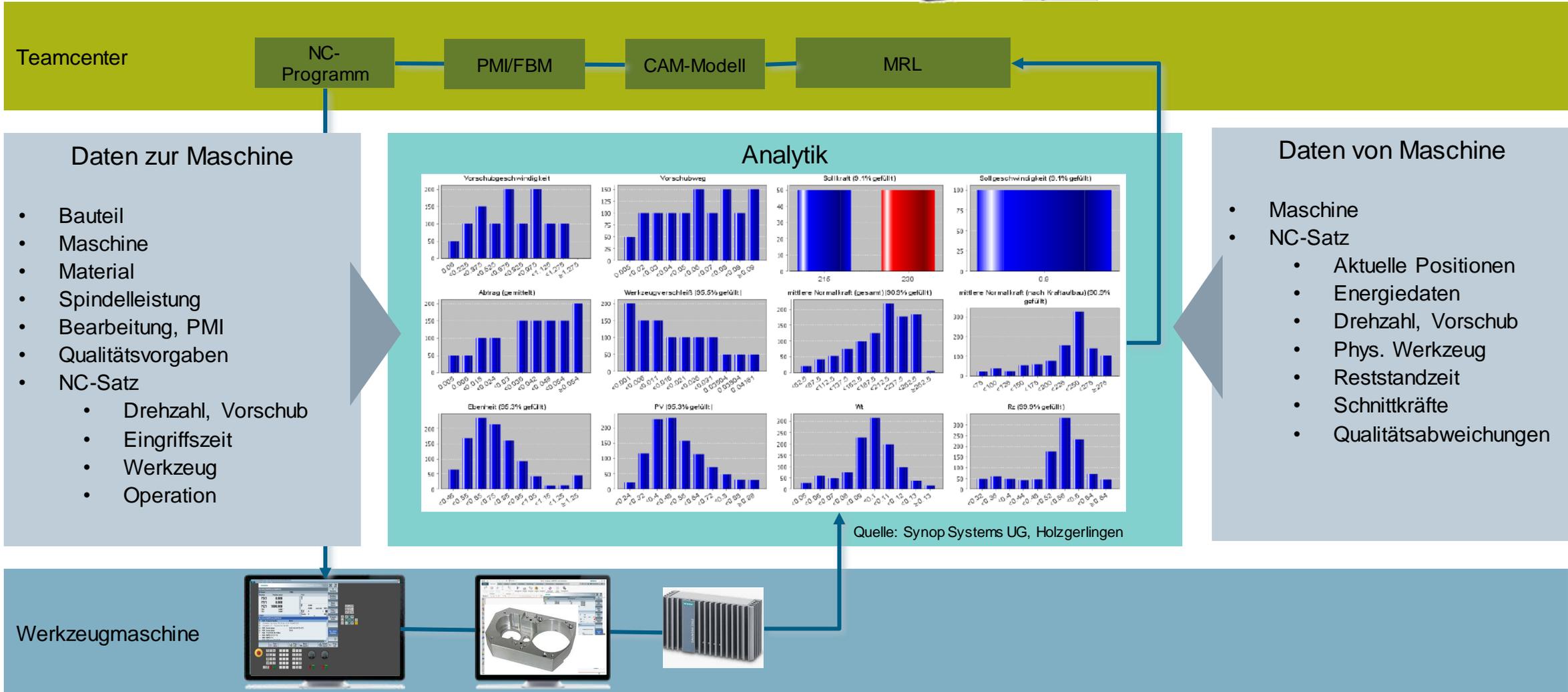
Standzeit-konstanten



Regressions-analysen

Analytik zur Optimierung von Technologiedaten *)

vereinfachte Darstellung

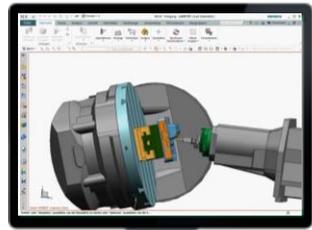


Daten zur Beurteilung von Bearbeitungsqualität

Beispiel für Optimierung aus HF-Daten

1 NC-Code-Prüfung

Erstellen und simulieren Sie ein NC-Programm im CAD/CAM-System

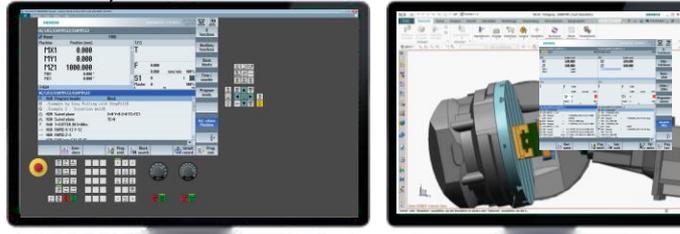


NC-Programm
(G-Code)



2 NC-Code-Prüfung mit Maschinendynamik

Verarbeiten Sie den G-Codes in SinuTrain / Virtual Machine und generieren Sie Trace-Daten (Dynamik der Maschine)

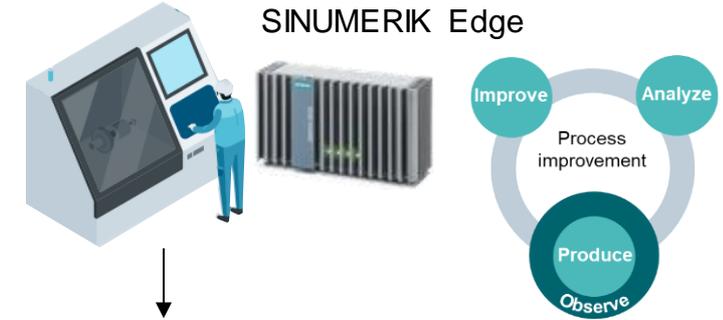


NC-Programm
(G-Code)

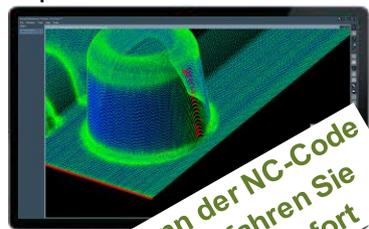


3 NC-Code-Prüfung mit echter Maschinendynamik

Während der Abarbeitung des NC-Programms wird ein HF-Datenstrom mit Zeitstempel (IPO-Takt) in der Sinumerik EDGE verarbeitet



Überprüfen Sie den G-Code auf Abweichungen mit Analyze MyWorkpiece /Toolpath

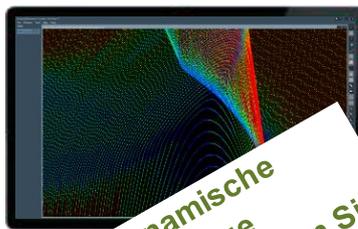


Wenn der NC-Code OK ist, fahren Sie mit Schritt 2 fort



CAM-System

Überprüfen Sie die Trace-Datei mit Analyze MyWorkpiece /Toolpath

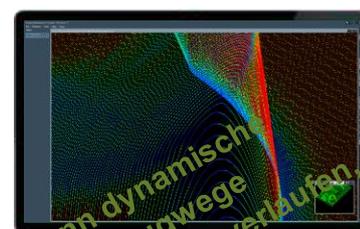


Wenn dynamische Werkzeugwege reibungslos verlaufen, fahren Sie mit Schritt 3 fort



Trace Werkzeugmaschine

Überprüfen der aufbereiteten HF-Daten mit Analyze MyWorkpiece /Toolpath



Wenn dynamische Werkzeugwege reibungslos verlaufen gehen Sie zur Serienproduktion



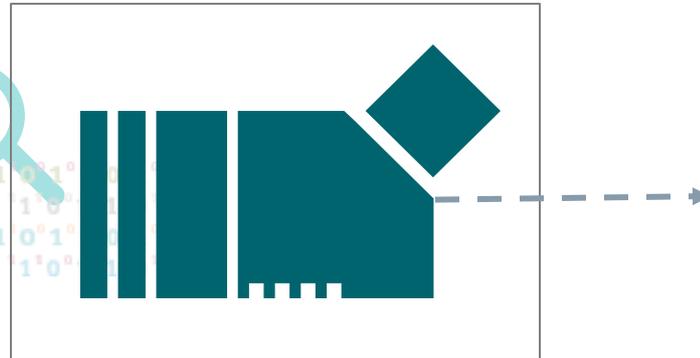
Optimierter Werkzeugweg Feedback

SINUMERIK Edge greift auf effiziente Weise auf interne Steuerungsdaten als hochfrequenter Datenstrom zu



Sichere und offene Plattform

- Nahtlose Datenkonsistenz von Werkzeugmaschinen über In-Factory IT bis hin zu Cloud
- Trennung von der Automatisierung
- Datenzugriff über eine einzigartige Schnittstelle zur NCU



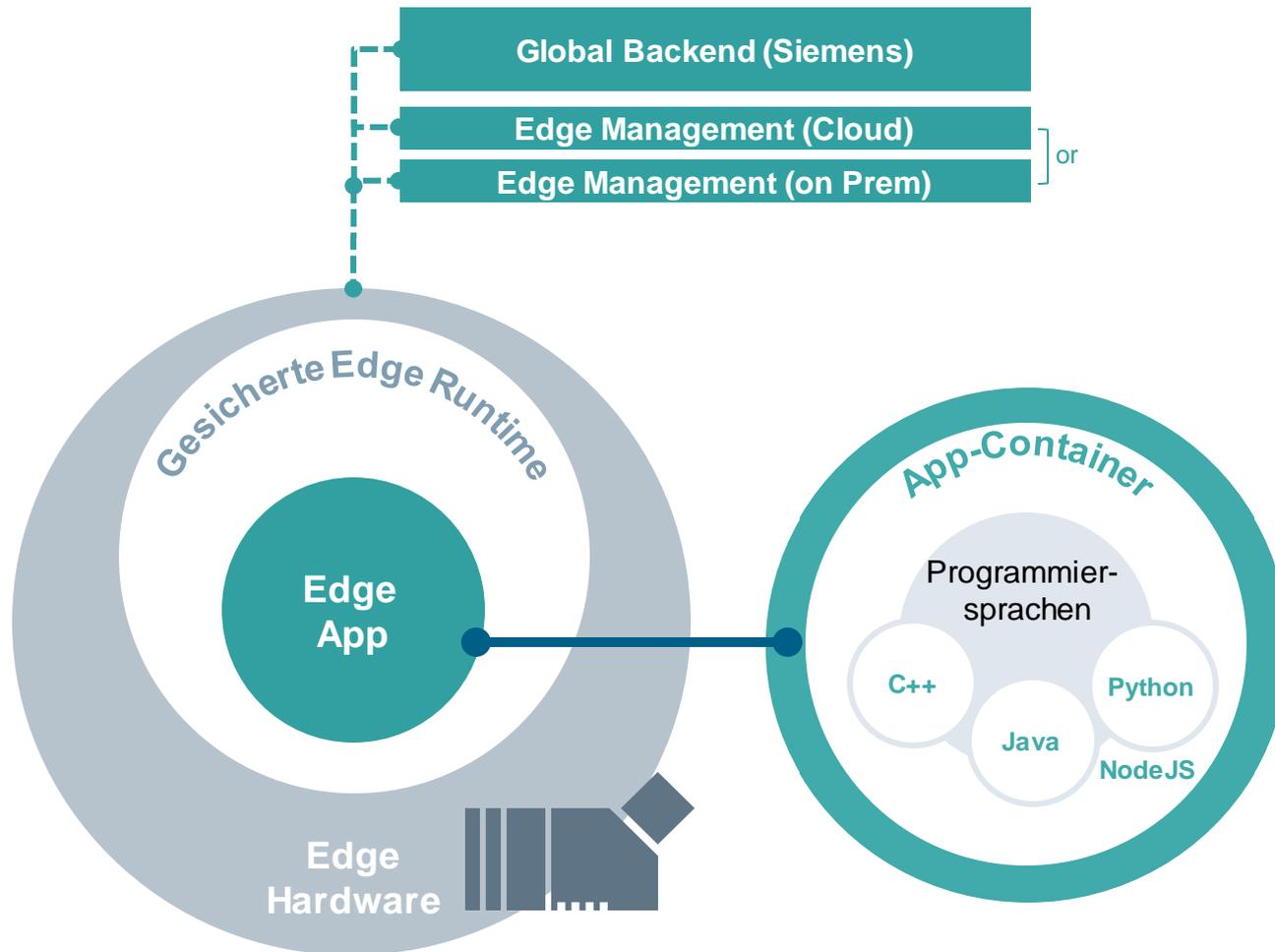
Hochfrequenzdaten via SINUMERIK Adapter

- Bis zu **100 Variable** als HF-Datenstrom
- Frequenz: Interpolation-/ Lageregeltakt bis zu **1000 Hz**
- Nahezu **Rückwirkungsfrei**, nur 0,5% zusätzliche Belastung der NCU

Umfangreicher Datenzugriff

- Antriebs- und Positionsdaten
- NC Stati, Alarme, PLC-Variable
- Offenheit: Zugriff via BTSS, OPC-UA, FOCAS2, und weitere Schnittstellen

Offenes Ecosystem mit sicherer Infrastruktur für Apps, die von verschiedenen Parteien entwickelt werden können



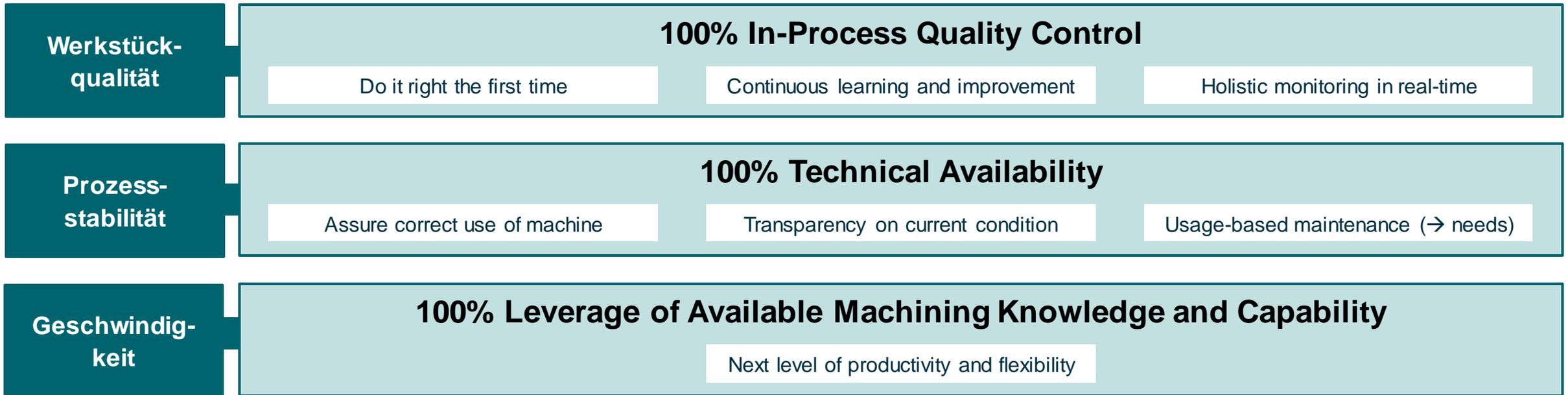
Gesichertes Ecosystem mit Hardware, Runtime und getrennten App-Containern

Offenes Ecosystem für Edge Apps von Maschinenherstellern, Serviceanbietern und Siemens

App SDK für kundenspezifische Apps mit Unterstützung höherer Programmiersprachen

SINUMERIK Edge Apps

Mit Hochfrequenzdaten zum Kundennutzen



SINUMERIK Edge Apps – Value Drivers and Vision

Analyze MyMachine /Condition

Eine hybride SINUMERIK Edge-Anwendung inklusive MindSphere

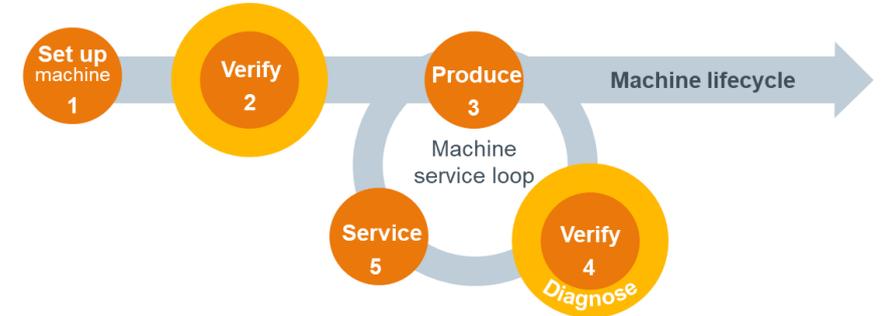
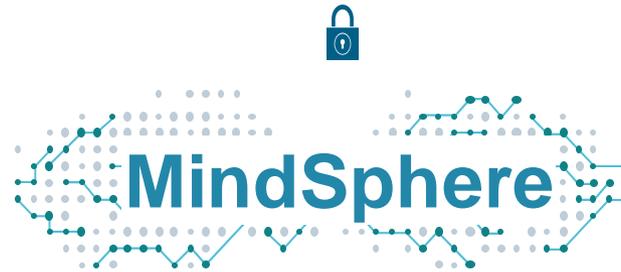
SIEMENS

Ingenuity for life

In Cloud

Aufgaben:

- Analyse / Interpretation
- Langzeit-Maschinenverfolgung



In Maschine

Aufgaben:

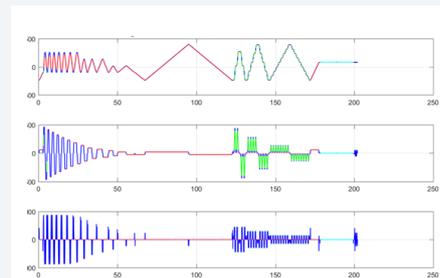
- Maschinenstatus-Tests
- Überwachung von Maschinen
- Analyse / Interpretation



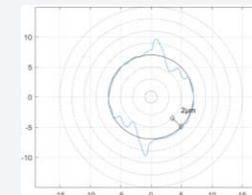
SINUMERIK Edge

Spezielle
Konditions-
tests

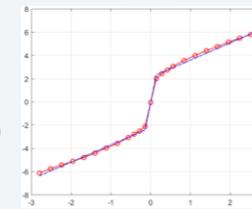
Hochfrequenz-Daten



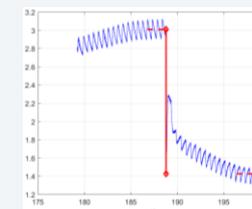
Analyse



**Quadranten-
Fehler**



Reibung



**Gegen-
reaktion**

... andere ...

**Diagnose und
Korrektur-
maßnahmen:**

- Software-Einstellung
- Hardware-Reparaturen (Kugelumlaufs pindel, Lager usw.)
- ...

Qualitätsüberwachung auf Basis Sinumerik EDGE

Analyze MyWorkpiece /Monitor

SIEMENS
Ingenuity for life

SINUMERIK Edge-Applikation

Kontinuierliche Qualitätsüberwachung der Teileproduktion während des Betriebs mit hochfrequenten Daten



Merkmale/Funktion

- **Überwachung** der **Prozessvariablen** in **Echtzeit** und Vergleich mit dem Referenzmodell
- **Sofort verfügbare Informationen** zur **produzierten Qualität** mit der **Möglichkeit, diese Informationen entlang der Wertschöpfungskette weiterzuleiten**
- **Flexible** und **auftragsbasierte** Überwachung, z. B. für ausgewählte NC-Programme/ -Werkzeuge
- **Qualitätsfeedback** und **Dokumentation** für jedes Werkstück, z. B. basierend auf KPIs als Indikatoren

Nutzen

- Sofortige Rückmeldung zur Prozess- und Werkstückqualität basierend auf identifizierten Anomalien
- Bei „guten“ Werkstücken: **Qualitätssicherungsprozess** ist u. U. nicht auf dem neuesten Stand
- Bei „fehlerhaften“ Werkstücken: **Produktion stoppen**, um einem kritischen Qualitätsproblem vorzubeugen
- **Beobachtung nur der relevantesten Daten**
- **Fundierte Dokumentation** zur Werkstück- und Prozessqualität, ohne Berücksichtigung des gesamten Datensets, z. B. bei internen Audits und Rückrufen



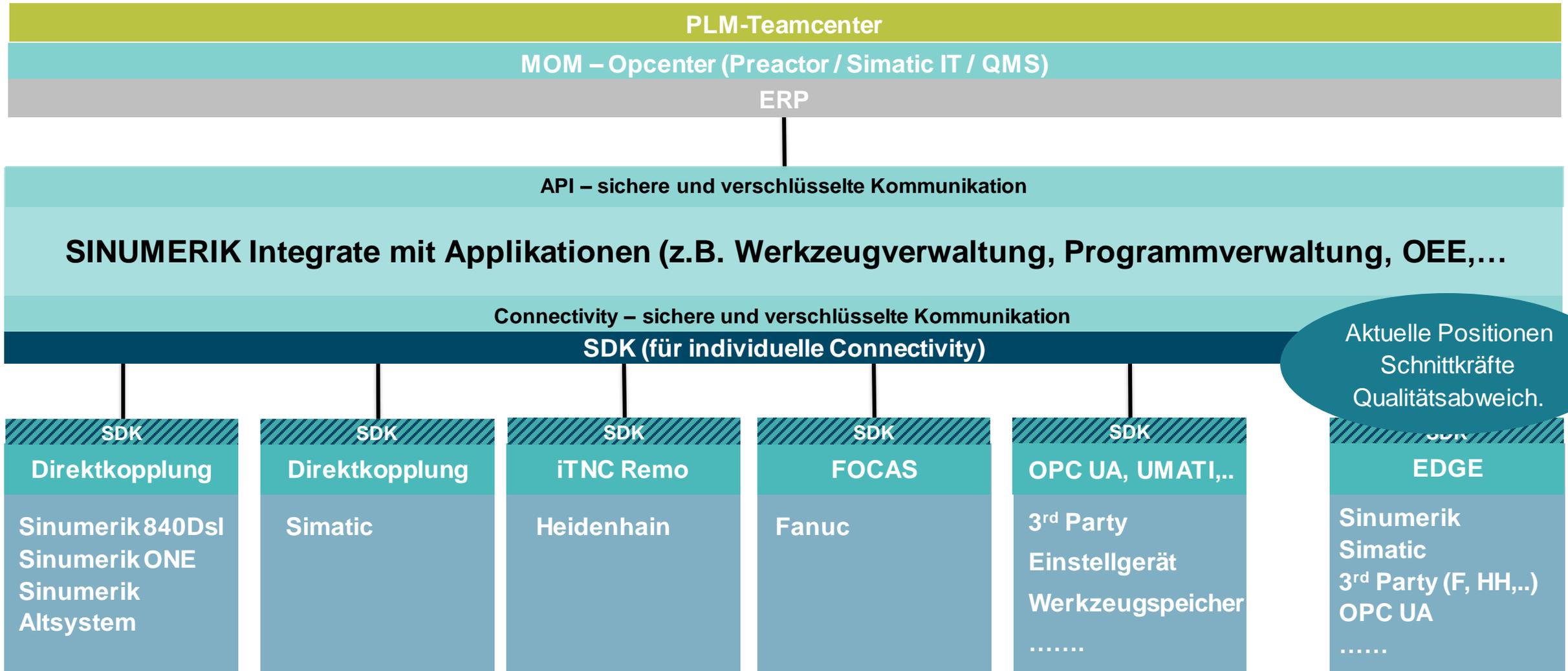
Weitere Informationen: www.siemens.de/industrial-edge

Produktionsausführung und Services
Maschinenbetrieb und Maschinen-Services



Sinumerik Integrate

Das steuerungsunabhängige Bindeglied zur Unternehmensebene



Add-On: Produktivität im Bearbeitungsprozess

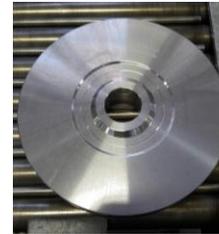
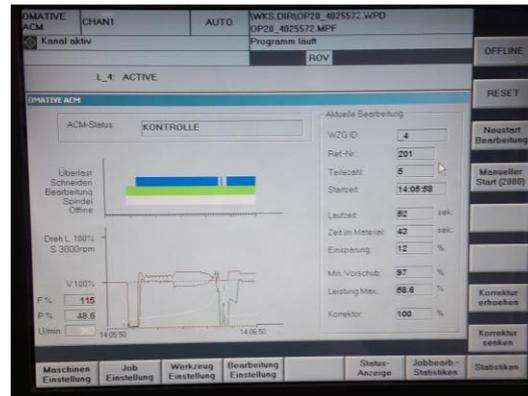
Adaptive Control – Referenz Siemens Werk in DE

Adaptive Control

With automatic feed control and real time Feed Optimization Adaptive Control enables higher productivity and protects tools

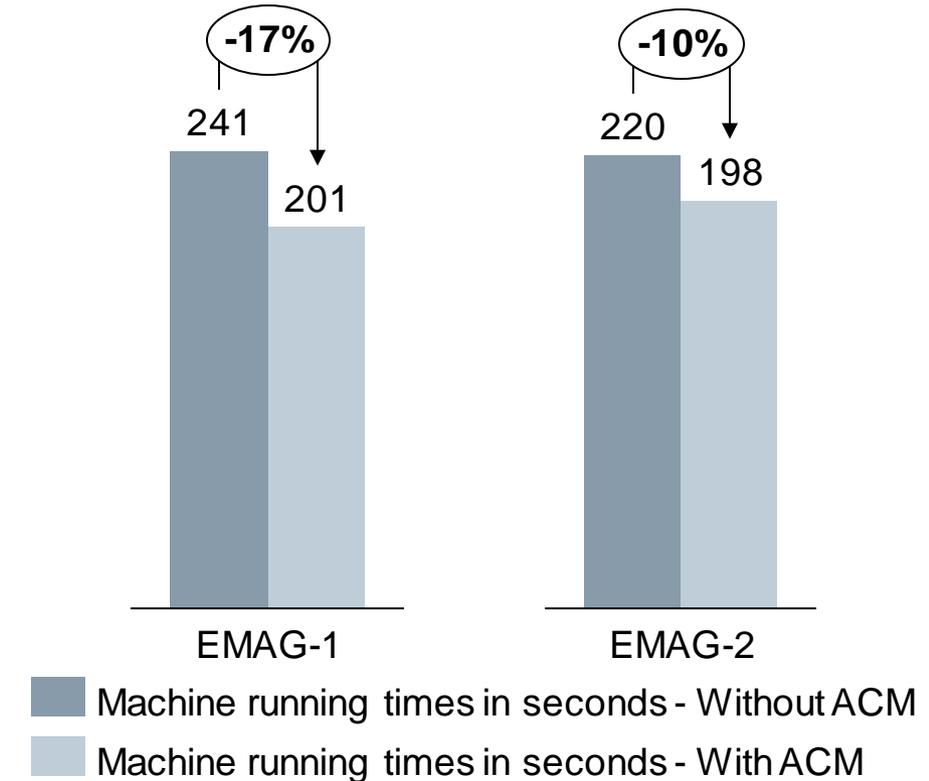
Benefits:

- Cycle time reduction, optimized tool life (+25%)



Productivity through performance improvements

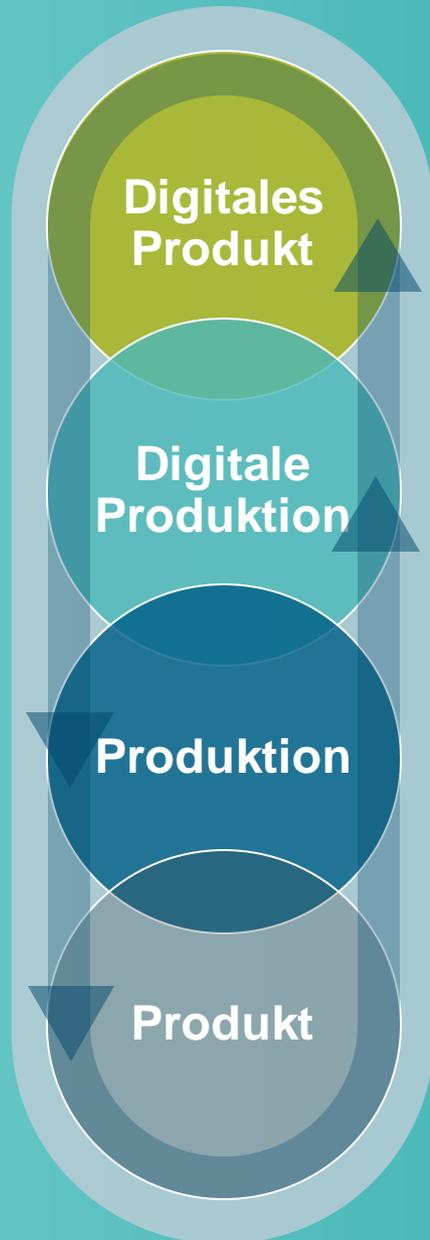
Pilot case results



Σ 4-8 % Cycle Time improvement across product spectrum
Savings per percentage point : ca 3.000 €

Return on Invest
6-8 month

Agenda



- 1 Herausforderungen
- 2 Digitale Zwillinge
- 3 Stufenkonzept für die Teilefertigung
- 4 Heutige Prozessabläufe mit ERP / PLM und MOM
- 5 Werkzeugdaten vom PLM bis zur Maschine Live-Demo
- 6 Zukünftige, flexible Prozessabläufe
- 7 Optimierung mittels Industrial Edge
- 8 Zusammenfassung und weitere Möglichkeiten

Durchgängiges Konzept für den gesamten Wertschöpfungsprozess



Nutzenpotenziale der durchgängigen Prozesskette

Zusammenfassung

Horizontale Integration

- Durchgängigkeit über den Wertschöpfungsprozess mittels Plattformstrategie
- integriertes Änderungswesen



Geschlossene Kreisläufe – Integriertes Engineering

- Assoziativität vom CAD-Feature in die Werkzeugmaschine
- Automatisierung aufgrund CAD-Features und automatisierten Abläufen in den Shopfloor
- Datendurchgängigkeit im CAD/CAM-Umfeld
- Einzigartige Assoziativität vom CAM-Modell, NC-Programm und Datenrückführung aus der Steuerung



Vertikale Integration

- Hohe Security-Funktionalität im Shopfloor
- Einzigartige Maschinenintegration
- Tiefe Maschinenintegration mit Traceability von Bauteilen und Feature (Operationen)
- Basis für modellbasierte Fertigung



Innovation Prozessverbesserungen

- Datenrückführung über IoT-Plattform des ausgelieferten Produktes



Sicherheit

Nutzenpotenziale in der Fertigung bei ETO*

Effekte bei OEE, Durchlaufzeit und Kapitalbindung

SIEMENS

Ingenuity for life

Optimierung in der smart factory

Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit ...



Tempo



Flexibilität



Qualität

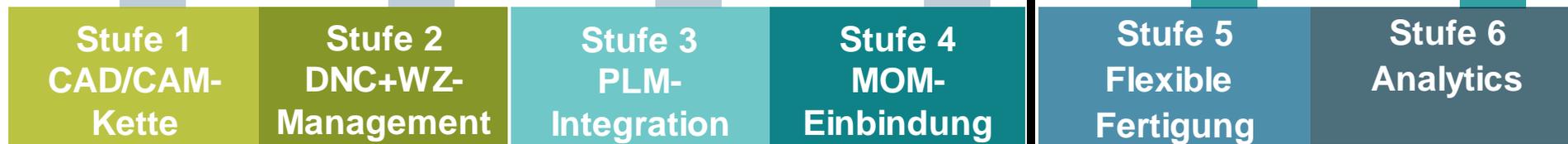


Effizienz

zusätzliche Effekte bei einem Einsatz von durchgängigen Lösungen

Effekte bei einem Einsatz von einzelnen Lösungen (Silo's)

↑ maximale Optimierung auf konventioneller Basis



Konventionelle Fertigung auf Basis fixer Arbeitspläne und NC-Programme

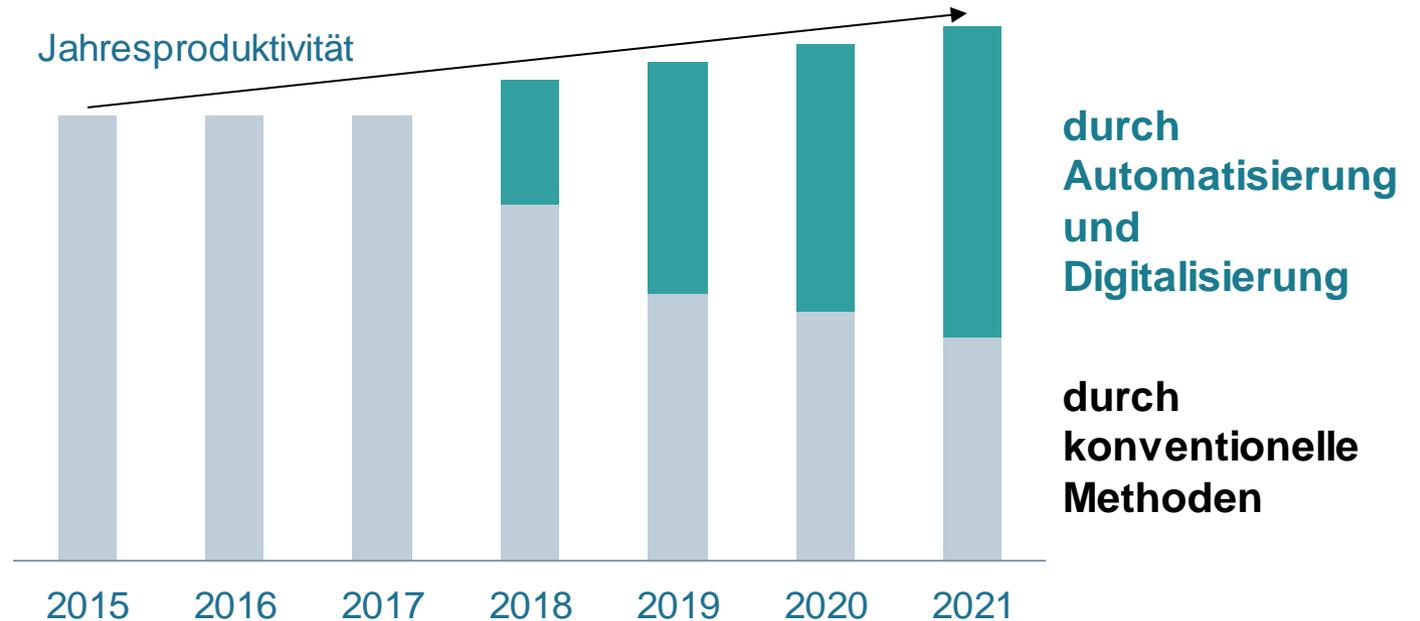
Smart Factory

*) Indiz für den OEE=Overall Equipment Effectiveness, Angaben in %
Kennzahl aus Qualitätsgrad, Nutzungsgrad und Leistungsgrad der Werkzeugmaschine
angelehnt u.a. an VDMA, VDI

Effekte mittels Durchgängigkeiten und Zusammenarbeit an Beispielen einiger Siemens Werke



... erfordert Digitalisierung und Automatisierung
zusätzlich zu den herkömmlichen schlanken Methoden



Möglichkeit zur Ermittlung Ihrer Effekte - Potenzialanalyse

die bewährte Methodik von der Ausgangssituation zur Roadmap

Unternehmensstrategie

- Verständnis kritischer Erfolgsfaktoren und Trends
- Analyse-Festlegung für Prozesse und IT
- Definition relevanter Kennzahlen

Prozessanalyse

- Durchführung von Workshops/ Interviews entlang des PEP
- Frühzeitige Identifikation von Handlungsfeldern
- Ermittlung der Reifegrade

Potenzialbewertung

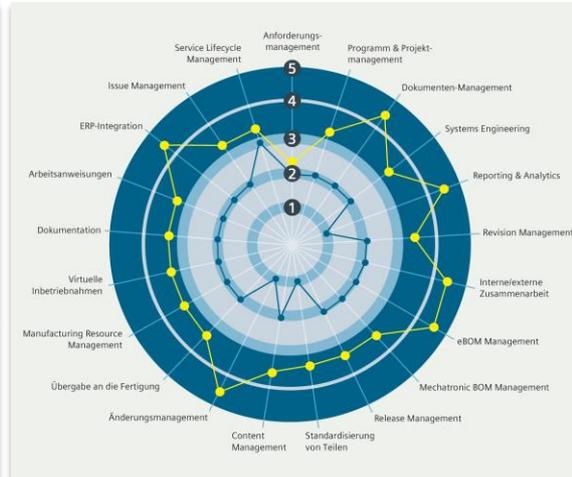
- Einstufung der Reifegrade
- Ableitung Soll-Prozesse mit Potenzialen und Nutzeneffekten
- Priorisierung Handlungsfelder
- Stufenweiser IT Bebauungsplan

Umsetzungsplan

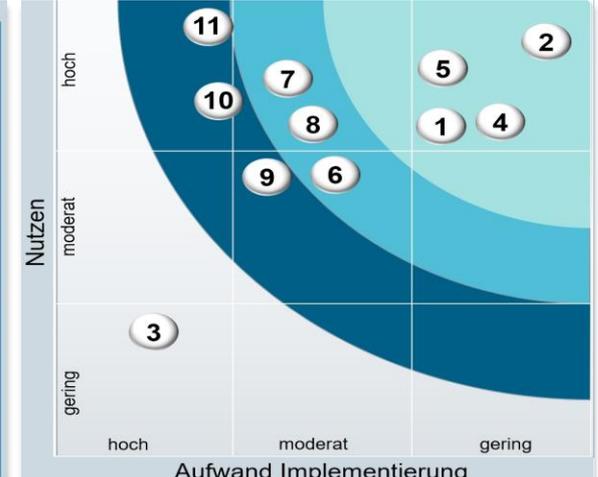
- Digitalisierungs-Roadmap/ Umsetzungsplan
- Kosten-/ Nutzenbetrachtung
- Quick Wins
- Entscheidungsvorlage

Beispiele

Markt	<ul style="list-style-type: none"> • Gefahr durch disruptive Geschäftsmodelle • Neue Wettstreiter (Amazon, Start-Ups, etc.) • Volatilität, Regulierung • Produkt → Lösungsgeschäft
Kunde	<ul style="list-style-type: none"> • Kürzere Entwicklungszeiten gefordert • Früher Einzelfabrik - jetzt große Konzerne • Kunde möchte automatisch unterschiedliche Größen und Produkte prozessieren • Energieeffizienz und Service „gratis“
Produkt	<ul style="list-style-type: none"> • Maschinenkomplexität (Höherer Anteil Elektrik und Software) - Modularisierung • Hohe Hygieneanforderungen • Vernetzung der Maschinen untereinander • Systemgeschäft – ganze Fabriken



Handlungsfelder	Verbesserungsansatz
Zentrale digitale Projekt-Datenbank	Einführung einer Digitalen Enterprise Plattform (DEP) mit Ablösung von dezentralen Inselösungen
Interdisziplinäre Kollaboration	Systemgestützte Workflows anstatt Telefon oder E-Mail erlauben eine effiziente und nachvollziehbare Zusammenarbeit
Dokumentenverwaltung	Integration von Office-Dokumenten (Excel, Word) in die DEP inkl. Versionierung und Absicherung
Änderungsmanagement	Übergreifendes Änderungsmanagement in einer Digitalen Enterprise Plattform zur Gewährleistung der Nachverfolgbarkeit
Simulationsdatenverwaltung	Nachvollziehbarkeit des Simulationsprozesses und -ergebnisses durch ein integriertes Datenmodell
Qualitätssicherung	Durchgängiger Qualitätssicherungsprozess auf einer einheitlichen Datenbasis
Produktkostenkalkulation	Frühzeitige Kostenkalkulation des Produktes unter Berücksichtigung von Material und Prozesskosten
Produktionscontrolling	Transparenzsteigerung durch Auswertungen auf Basis der Rückmeldungen von Betriebs- und Maschinendatenerfassung
Durchgängige 3D Prozesskette	Erstellen von NC-Programmen unter Verwendung von CAM ohne das CAD-Modell zu exportieren und anpassen zu müssen
Digitale Geschäftsmodelle	Um neue Digitale Geschäftsmodelle umsetzen zu können, wird ein IoT-System benötigt, das idealerweise mit DEP integriert ist



aktueller Artikel zum Thema

<https://www.it-production.com/industrie-4-0-iot/modellbasierte-fertigung/>

Vielen Dank !

Dr. Thomas Mücke

thomas.muecke@siemens.com

Peter Higler

peter.higler@siemens.com

Michael Kulik

kulik.michael@siemens.com

Siemens Digital Industry