

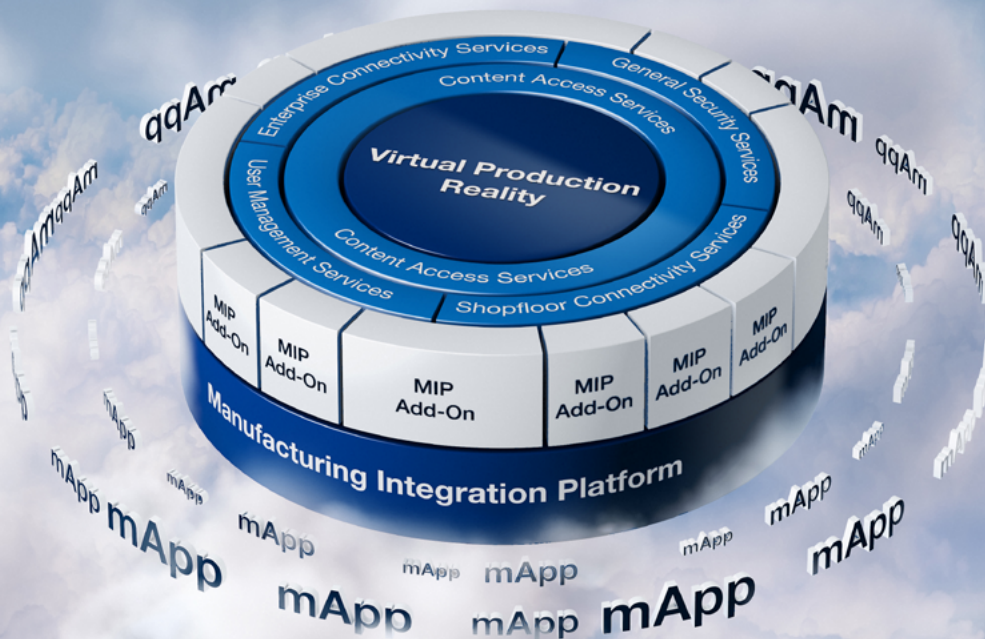
Competence Partner
Book Nr. 1



MIP

Manufacturing Integration Platform

Aufbruch zu neuen Horizonten in der Fertigungs-IT



MIP

Manufacturing Integration Plattform

Aufbruch zu neuen Horizonten in der Fertigungs-IT

**Verantwortlich für das
Competence Partner Book**

i.S. des TDG:

Geschäftsadresse

NetSkill Solutions GmbH
Salierring 43
50677 Köln

Tel.: 0221 / 716 144 0
E-Mail: info@netskill.de

Geschäftsführer

Dr. Winfried Felser,
Jörg Jörissen

Design & Layout

Carolin Peters

Amtsgericht Köln

HRB 82780

Steuernummer

5214/5813/2595

© Copyright 2018
NetSkill Solutions GmbH
alle Rechte vorbehalten.

Herausgeber

Winfried Felser
NetSkill Solutions GmbH
Köln, Deutschland

ISBN-13: 978-3-945658-99-4

Competence Book

© NetSkill Solutions GmbH

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Coverbild: © MPDV, Harnnarong / iStock / Thinkstock

Gedruckt in Deutschland auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Competence Book ist ein Produkt der NetSkill Solutions GmbH
www.competence-books.de
www.competence-site.de



Bernd Berres

Dipl. Ing. (DH) Bernd Berres, Jahrgang 1971, studierte „Technische Informatik“ mit Schwerpunkt Produktionsinformatik an der Berufsakademie in Mosbach (jetzt DHBW Mosbach) und ist heute Senior Product Marketing Manager bei MPDV Mikrolab GmbH.



Henry Eckhardt

Dipl.-WirtschaftsIng. (FH) Henry Eckhardt, Jahrgang 1976, studierte „Logistik“ an der TFH Wildau (heute TH Wildau) und ist heute Senior Product Manager Smart Factory Solutions bei der MPDV Mikrolab GmbH.



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kletti

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kletti, Jahrgang 1948, ist Gesellschafter und Geschäftsführer der MPDV Mikrolab GmbH, die er 1977 nach seinem Elektrotechnik-Studium mit dem Spezialfach „Technische Datenverarbeitung“ und der Promotion an der Universität Karlsruhe gründete. Zudem ist Prof. Kletti Autor zahlreicher Fachbücher und Fachpublikationen in der Produktions- und IT-Fachpresse.



Thorsten Strebel

Dipl.-Ing. (BA) Thorsten Strebel, Jahrgang 1972, studierte „Technischen Informatik“ mit Schwerpunkt Produktionsinformatik an der Berufsakademie Mosbach und ist heute als Vice President Products and Consulting bei MPDV Mikrolab GmbH verantwortlich für das Produktmanagement, die Weiterentwicklung des Produktportfolios sowie den strategischen Ausbau des Consultingbereichs.

Die **MIP** – ein erneuter Aufbruch zu **neuen** **Horizonten** **in der Fertigungs-IT**

von Dr. Winfried Felser, Geschäftsführer bei NetSkill Solutions GmbH

Wenn dieses Buch nur ein Buch über ein neues Produkt wäre, dann würde es eine weitergehende Würdigung nicht verdienen. Dieses Buch ist aber mit der Vorstellung der MIP – der Manufacturing Integration Platform – auch ein erneuter Aufbruch und ein Meilenstein in der Evolution der Fertigungs-IT wie es einst der Aufbruch in Richtung MES war.

1. Von der Brückentechnologie zur Schlüsseltechnologie

Die MIP kam für den Autor dieses Vorworts eigentlich etwas zu spät. Gerade hatten wir das neue Competence Book MES veröffentlicht und dort aufgezeigt, wie moderne MES-Lösungen als Brückentechnologie (O-Ton Karsten Sontow) die Industrie 4.0 entscheidend unterstützen, da wurden unerwartet erste Hinweise zur MIP veröffentlicht. Eine zweite Transformation bzw. eine Disruption deutete sich an, wo nicht nur ein MES als Brückentechnologie half, Industrie 4.0 zu ermöglichen, sondern radikaler eine MIP geradezu als Schlüsseltechnologie in das Zentrum der Transformation rückte. Dabei war die Entwicklung gleichzeitig unerwartet wie fast zwangsläufig. Dafür zunächst ein Blick zurück für einen Blick nach vorne.

2. MES als erste Pionierleistung!

Mit MPDV und Jürgen Kletti sorgen gerade zwei Institutionen für die Disruption des MES-Konzepts, die Pioniere eben dieses Konzepts waren bzw. bis heute sind, wenn man an das kontinuierliche Weiterdenken des Konzepts denkt. Dieses Zusammenfallen einer Pionierleistung in Richtung MES und nun über MES hinaus, ist aber eigentlich nicht ungewöhnlich. Viele erinnern sich vielleicht nicht mehr daran, aber auch das MES-Konzept war schon eine „disruptive“ Pionierleistung gegen anfänglichen Widerstand. In der

Welt von BDE & Co wirkte ein MES für manchen anfangs sicherlich wie Teufelswerk, zumal eine solche Innovation Marktdruck erzeugt. Heute ist das undenkbar, denn ohne ein MES als integriertes Steuerungssystem wäre manche moderne Produktion und insbesondere 4.0 nicht denkbar.

3. Digitalisierung und Emergenz von vier Prinzipien

Was vielfach nicht erkannt wird: die Digitalisierung hebt langfristig die alte Wertschöpfungslogik auf. Da, wo früher starre Wertschöpfungsketten und fixe standardisierte Lösungen genug waren, wandelt sich die Welt nun in Richtung vernetzter Plattformen und individualisierter, flexibler Anwendungen. Marketingpapst Heribert Meffert hat generell vier Veränderungsprinzipien für die Digitale Transformation definiert:

- Individualisierung und Integration
- Innovation (für neue Wertschöpfung) und Integrität (für neue Kollaboration)

Wendet man diese Prinzipien maximal auf ein klassisches MES an, dann ist die logische Konsequenz zum einen eine flexible, integrative Plattform für Daten und Funktionen und Individualisierungsoptionen wie Produktions-Apps wie es in der MIP idealtypisch umgesetzt worden ist.

Ecosystem Logik der 4I für MES

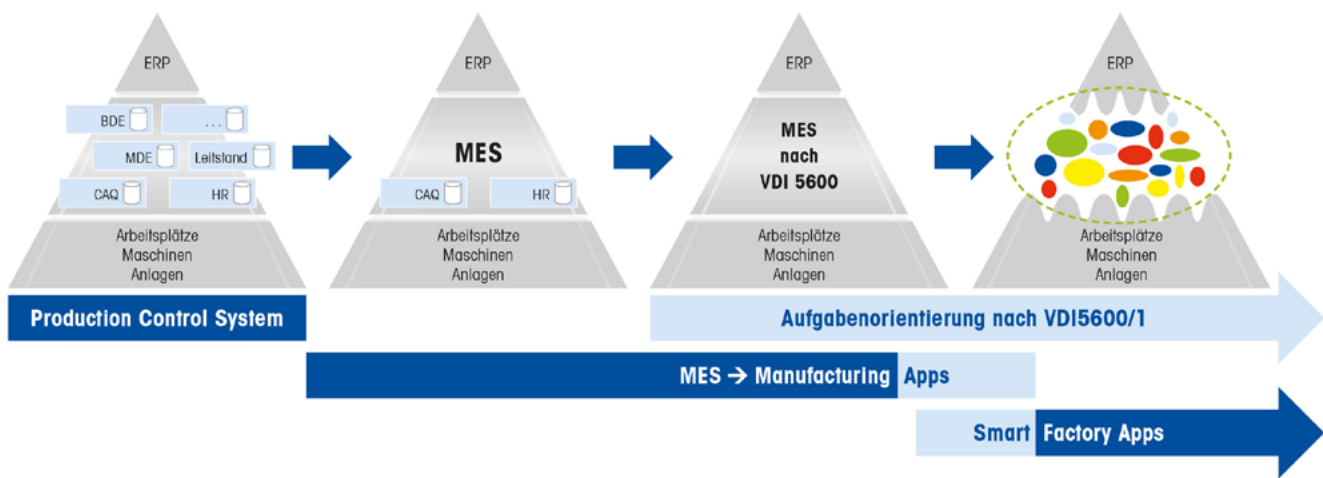
	Individualität	Integration
Innovation (für neue Services/ Wertschöpfung)	Appifizierung, Personalisierung	Plattformisierung, Generalisierung
Integrität (für neue Werte/ Kollaboration)	emPowerment, Autonomie	Partnerschaft, Ecosystem

**Kollaborative
Eco-Logik**

Die MIP ist aber nicht nur eine technische Innovation, sondern auch eine kollaborative. Mit der MIP liefert MPDV eine leistungsfähige generische Lösung und in Zukunft sicherlich auch vorkonfigurierte Standardlösungen. Anwender können zugleich besser denn je ihre spezifische Produktions-IT in neuer Souveränität realisieren.

4. MIP als zweite, erneute Pionierleistung!

So ist die MIP ein erneuter, vielfacher Aufbruch in Richtung von mehr Innovation, Integration, Innovation und Integrität. An die erfolgreiche Pionier- und Reifungsleistung schließt sich wieder eine kreative Zerstörung an wie Schumpeter die unternehmerische Leistung würdigen würde.



Evolution der Fertigungs-IT © MPDV

5. Mit tragfähigem Fundament bereit für die Zukunft!

Somit ist dieses Werk auch für die von Interesse, die vielleicht nicht oder nicht unmittelbar zu Anwendern von Konzept und Lösung werden. Hier findet der Leser auf jeden Fall nicht nur eine fundierte Konkretisierung dessen, was eine MIP grundsätzlich bieten sollte, sondern zugleich auch eine erste Diskussion des Rahmens bzw. größeren Bildes. Hier wird die Zukunft sicherlich bei einer so fundamentalen Innovation eine noch breitere Diskussion fordern, die auch einfließen sollte in die Arbeiten um RAMI & Co.

Einige Worte zum Gedankenfluss dieses Buches in vier Stationen

Vor den eigentlichen Kapiteln noch einige Hinweise zum Gedankenfluss dieses Buches, der sich in vier Stationen mit jeweils zwei Kapiteln und einer Abbildung strukturieren lässt.

0. Die MIP – ein erneuter Aufbruch und 1. Die Vision der Smart Factory

Warum?

Die ersten beiden Kapitel vermitteln das „Große Bild“. Nach der MES-Revolution zeichnet sich ein zweiter Aufbruch der Fertigungs-IT ab und führt diesmal mit der MIP in Richtung Smart Factory. Diese beiden Kapitel liefern also die Antwort auf das WARUM.

2. Die MIP als Plattform für die Smart Factory und 3. Die MIP im Detail

Was?

Diese MIP ermöglicht die individualisierten Systeme, die zugleich hochgradig integriert sind, wie es in der Einführung gefordert wird. Wie auch in der Apple-Welt optimiert eine solche Architektur das Zusammenspiel von generalisierender Plattform und spezifischen Apps. Im dritten Kapitel werden die Details der Architektur vorgestellt. Beide Kapitel erklären also WAS genau Inhalt einer MIP ist.

4. Die Erweiterung der MIP durch Add-Ons und 5. Das MIP Software Development Kit (SDK)

Womit?

Das Kapitel 4 und 5 zeigen dann auf, mit welchen Werkzeugen (WOMIT?) man von der generischen MIP zu einem individualisierten System gelangt. Die Erweiterungsoptionen der MIP und das Dev Kit unterstützen den Prozess.

6. Manufacturing Applications – mApps und 7. Betriebsmodelle der MIP

Wie?

Die zwei letzten Kernkapitel klären dann noch die verbleibenden WIE-Fragen der Apps (Wie UX?) und der Betriebsmodelle (Wie Hosting?). Damit sind eigentlich alle wichtigen Fragen geklärt. Uneigentlich wartet zuletzt im Zusatzkapitel noch eine kühne Extra-Vision. Wenn die Logik der MIP der Logik der Plattform-Welt von Apple entspricht, dann spricht auch nichts dagegen, dass in Zukunft ein Ecosystem rund um die MIP entsteht. Damit würde sich der Kreis vom ersten Kapitel schließen, wo nicht nur auf der Ebene der Wertschöpfung ein „Mehr“ an Individualisierung und Integration gefordert wurde, sondern auch auf Ebene der Zusammenarbeit ein Mehr an dezentraler Autonomie und Kollaboration.

7. Betriebsmodell

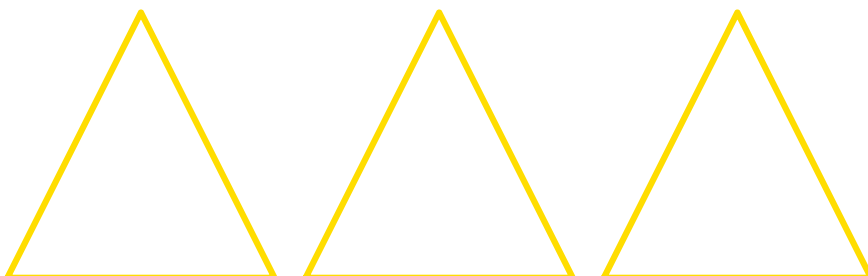
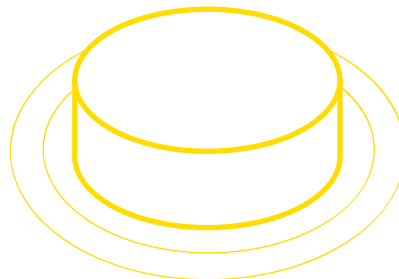
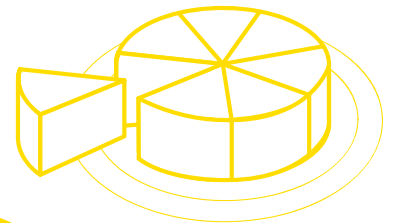
6. Apps

5. Software Development Kit

Wo

4. MIP Add-Ons

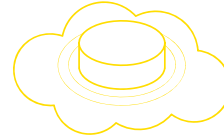
Womit?



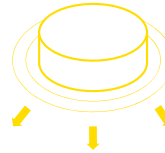
Wa

8. Ausblick

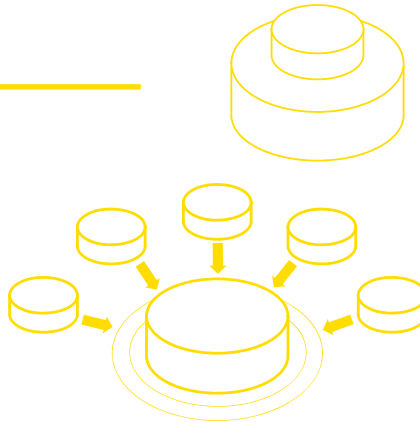
Wie?



Wie?



mit?



Was?

3. Im Detail

Was?

2. MIP

rum?

1. Die Vision

1

Inhalt

Die Vision der Smart Factory

1.1	Die Evolution der Fertigungs-IT	18
1.2	Die Einordnung der Manufacturing Integration Platform	22
1.3	Die Manufacturing Integration Platform und das Industrial Internet of Things	24
1.4	Die Einsatzgebiete und Anwender der Manufacturing Integration Platform	26

2

Die MIP als Plattform für die Smart Factory

2.0	Die MIP als Plattform für die Smart Factory	32
2.1	Die Digitalisierung der Realität	36
2.2	Die Objekte der MIP - Manufacturing Business Objects	38
2.3	Der Aufbau und die Komponenten der Manufacturing Integration Platform	39

3

Inhalt

Die Manufacturing Integration Platform im Detail

3.1	Die Virtual Production Reality ViPR als digitaler Zwilling der Fertigung	46
3.2	Die MIP und RAMI 4.0	55
3.3	Die Content Access Services (CAS) der MIP	57
3.4	Die Shopfloor Connectivity Services (SCS)	62
3.5	Die Enterprise Connectivity Services (ECS)	70
3.6	Die IIoT-Connectivity der MIP	76
3.7	Die User Management Services (UMS) der MIP	80
3.8	Die General Security Services (GSS) der MIP	82

4

Inhalt

Die Erweiterung der MIP durch Add-Ons

4.1 / Überblick über MIP Add-Ons **86**

4.2 / Typische Beispiele für MIP Add-Ons **87**

5

Das MIP Software Development Kit (SDK)

5.0 / Das MIP Software Development Kit (SDK) **94**

5.1 / Dokumentation für ViPR & CAS **96**

5.2 / Die individuelle Gestaltung der MIP **99**

6

Inhalt

Manufacturing Applications - mApps

6.0	Manufacturing Applications - mApps	106
6.1	Die Entstehung von mApps	108
6.2	Beispiele für mApps	111

7

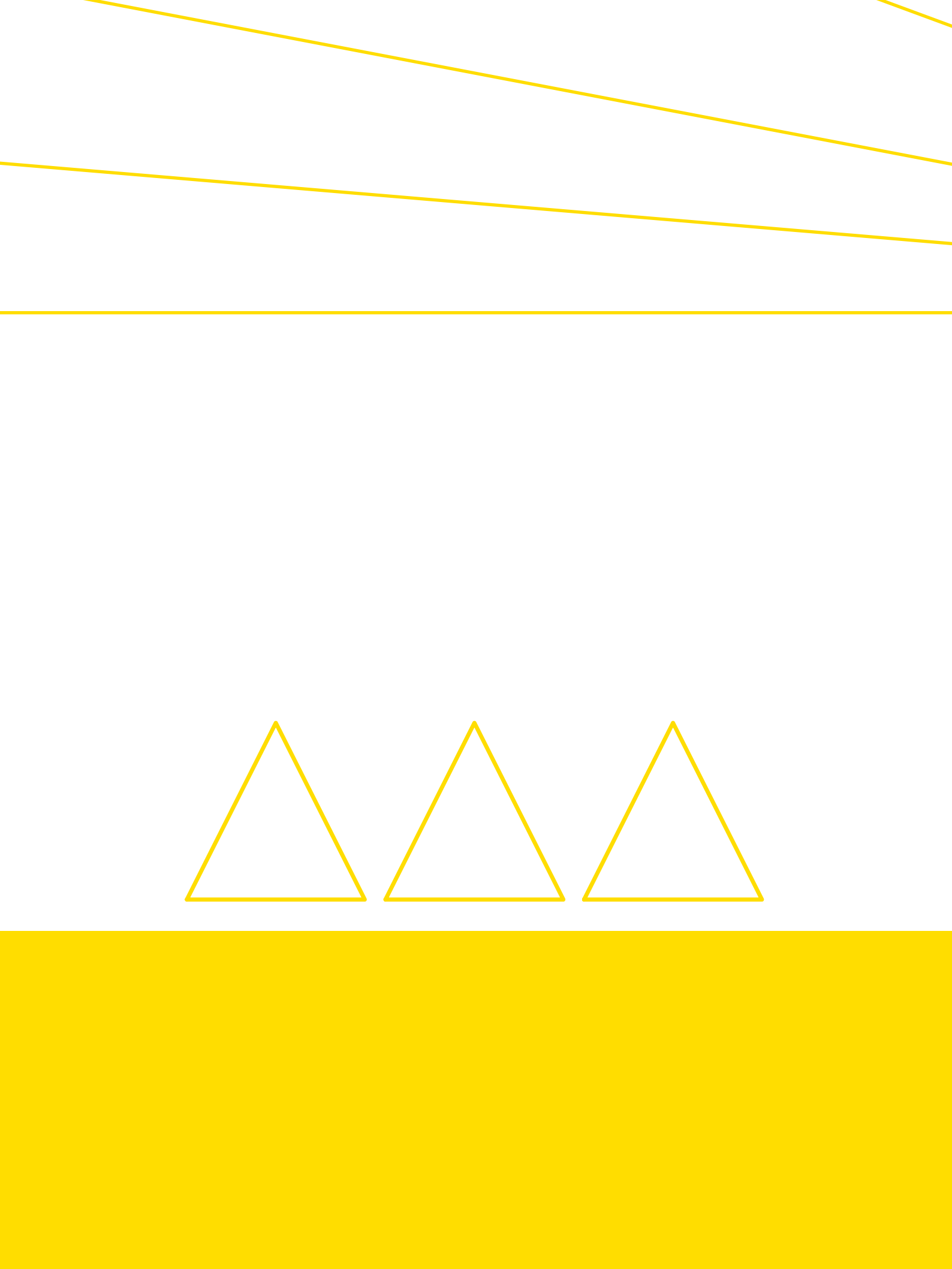
Betriebsmodelle der MIP

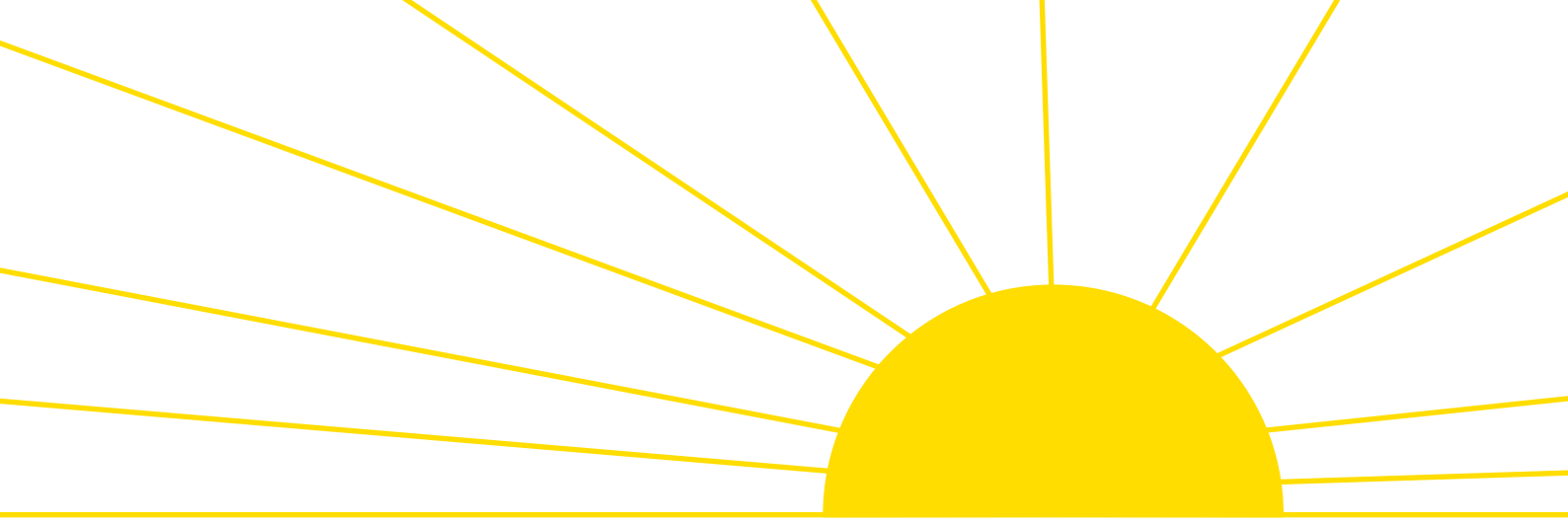
7.0	Betriebsmodelle der MIP	118
------------	-------------------------	------------

8

Ausblick

8.0	Ausblick	124
------------	----------	------------





1

Die Vision der Smart Factory

1.1

Die Evolution der Fertigungs-IT

Unternehmen stehen heute vor einer Vielzahl an Herausforderungen. Neue und wachsende Märkte, mit immer neuen Konkurrenten, resultieren in einem hohen, stetig zunehmenden Wettbewerbsdruck. Kunden und Gesetzgeber stellen immer höhere Anforderungen - z. B. hinsichtlich Rückverfolgbarkeit, Qualität, Termintreue oder aufwendiger Logistikkonzepte wie Just-in-Time oder Just-in-Sequence (JIT/JIS). Hinzu kommt die wachsende Komplexität in der Fertigung, die sich aus einer höheren Variantenvielfalt bzw. der zunehmenden Individualisierung der Produkte und immer kürzeren Lebenszyklen ergibt.

Zentrale Bedeutung hat vor diesem Hintergrund die Steuerung und Überwachung der Produktion - das Schaffen von Visibilität und Transparenz in den Prozessen der Fertigung. Denn je früher Fehlentwicklungen und Störgrößen im Hinblick auf Produkt- oder Prozessqualität erkannt werden, umso eher kann auf sie reagiert und damit können Kosten und Zeit gespart werden. In der modernen Fabrik kommt somit der schnellen Reaktionsfähigkeit eine enorme Bedeutung zu. Entscheidende Voraussetzung für diese Reaktionsfähigkeit ist die Transparenz und Visibilität in der Fertigung, die nur durch die Verfügbarkeit von zeitaktuellen Informationen erreicht werden kann. Diese können nur durch den Einsatz von IT in der Fertigung zur Verfügung gestellt werden.

Der Einsatz von Computern und Methoden der Datenverarbeitung in der Fertigung blickt auf eine lange Geschichte zurück und ist Gegenstand einer ständigen Wandlung und Weiterentwicklung. Getrieben durch den Einzug von Datenverarbeitung und Computern im Zuge der CIM-Welle in den 90er Jahren entstanden zahlreiche spezialisierte Systeme für das Produktionsumfeld, die jeweils ein spezifisches Aufgabengebiet eines Unternehmens IT-gestützt abbildeten. Beispiele dafür sind Systeme für die Betriebsdatenerfassung (BDE), Maschinendatenerfassung (MDE), aber auch Leitstände zur Planung der Produktion und Systeme zur Erfassung von Qualitäts- und Prüfdaten.

Jedes dieser Systeme deckte mit seinen Funktionen auf der Basis eines eigenen Datenbestandes die Anforderungen der Anwender für diesen spezialisierten Bereich ab. Die Folge war eine Ansammlung von Insellösungen, die jeweils über speziell zu implementierende Schnittstellen miteinander Daten austauschten oder vielfach auch nicht. Diese Art von System kann man als **erste Generation der Fertigungs-IT** bezeichnen.

Der nächste Evolutionsschritt der Fertigungs-IT ist das Manufacturing Execution System MES. Der Begriff MES wurde erstmals 1992 durch ARM Research (heute ein Teil von Gartner) geprägt und durch die Gründung der Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA) im gleichen Jahr aufgegriffen. Dennoch dauerte es noch bis zur Jahrtausendwende bis der Begriff eine breitere Bekanntheit erlangte. Zusammen mit der Ausbreitung des Begriffs MES verbreitete sich die Vorstellung von einem Fertigungsmanagementsystem, welches ausgewählte Aspekte des Fertigungsmanagements in einem System mit einer gemeinsamen Datenbasis abdeckte. Infolge dessen verschmolzen Funktionen und Anwendungen von Einzelsystemen zu einem System unter dem Begriff MES. Diese Systemgeneration zeichnet sich durch einen teils stark variierenden Funktionsumfang aus. So bezeichneten sich Systeme, die Betriebs- und Maschinendatenerfassung kombinierten genauso als MES wie Systeme, deren Aufgabe die Aufzeichnung von Auftrags- und Personaldaten ist. Diese Systeme können als **zweite Generation der Fertigungs-IT** bezeichnet werden.

Die Standardisierung des MES-Begriffs mit der Vorstellung der VDI-Richtlinie 5600/1 im Jahr 2006 führte zu einer Konkretisierung des Aufbaus und der Aufgaben, die ein MES-System, gemäß VDI, in einem Fertigungsbetrieb wahrnehmen soll. Diese Definition der wahrzunehmenden Aufgaben führte zur Einordnung von MES-Systemen in die Landschaft der Fertigungs-IT als eine Art Integrator zwischen der Ebene der Automatisierung und dem Unternehmensmanagement. Parallel entwickelte sich die horizontale Integration von weiteren Aufgaben im Bereich des Fertigungsmanagements, wie dem Qualitätsmanagement und der Feinplanung und -steuerung, weiter fort. Diese **Fertigungs-IT der dritten Generation** grenzt sich gegenüber der zweiten Generation durch ihren einheitlich definierten Funktionsumfang und ihre Aufgabe der horizontalen und vertikalen Integration ab.

Unabhängig von dieser Entwicklung - der Standardisierung des MES-Begriffs - stellt sich die heutige Situation in den meisten Fertigungsunternehmen als eine Kombination von MES und spezialisierten Insellösungen dar, die jeweils auf einer eigenen Datenhaltung basieren und mit unterschiedlicher Intensität Daten untereinander austauschen. Somit umfasst die dritte Generation der Fertigungs-IT zwei Herausforderungen:

1. Die Systeme am Markt weisen unterschiedliche Stärken und Schwächen auf, da die Abbildung der MES-Aufgaben von jedem Systemhersteller unterschiedlich gelöst wurde. Daher entscheiden Unternehmen sich dafür, zwei oder mehr Systeme für unterschiedliche Aufgaben einzusetzen und dabei jeweils die Vorteile der Systeme optimal zu nutzen.

2. Aufgrund der historischen Entwicklung der Fertigungs-IT im Allgemeinen und der Historie einzelner Systeme im jeweiligen Unternehmen verursacht der Wechsel von einer oder mehreren Insellösungen in ein einheitliches MES einen monetären Aufwand, der sich u. a. aus Anschaffungs-, Datenmigrations-, Beratungs-, Prozessanpassungs-, Umstellungs- und Schulungskosten ergibt.

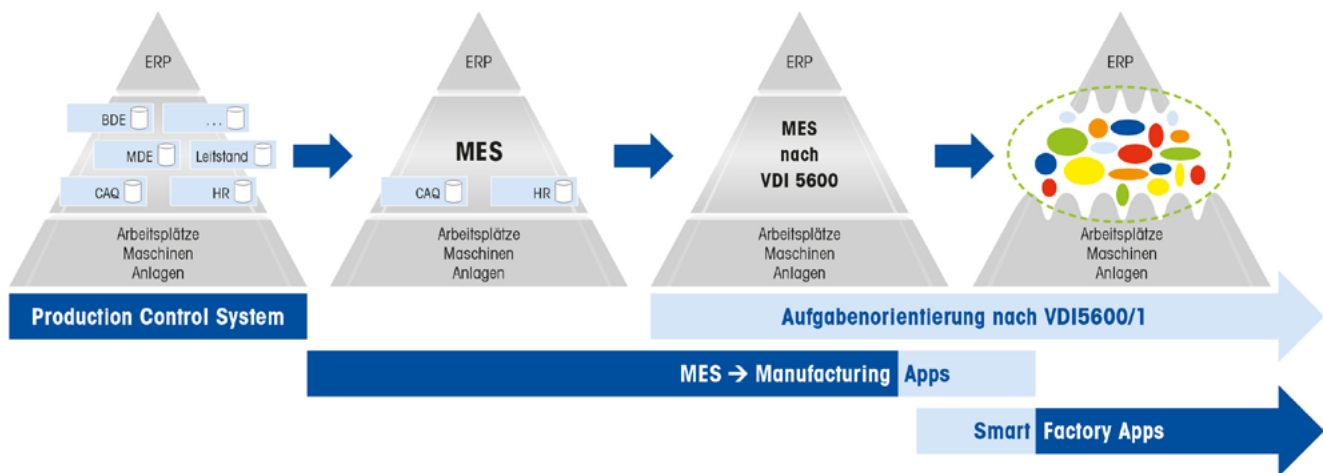


Abbildung 1-1: Die Evolution der Fertigungs-IT © MPDV

Diese Gegebenheiten zwingen die Unternehmen, sich entweder fest für einen Systemhersteller zu entscheiden oder dauerhaft mit Insellösungen und den ggf. resultierenden asynchronen Datenbeständen, den einzeln zu implementierenden Schnittstellen und dem Mangel an Interoperabilität zu leben.

In der **vierten Generation der Fertigungs-IT** ändern sich die grundlegenden Anforderungen an die Fertigungs-IT. Unter anderem fordert die wachsende Komplexität der Fertigung in immer höherem Maße eine Spezialisierung

von Lösungen, die gleichzeitig effizient zusammenarbeiten können. Das MES der dritten Generation, mit seinem Anspruch als universelle Lösung für die Fertigung und der Integration aller Lösungskomponenten in einem System, wurde weitestgehend vom jeweiligen Systemhersteller angeboten und weiterentwickelt. Die heutige komplexe und spezialisierte Fertigung bedarf aber spezialisierter Lösungen, die aus dem Experten-Know-how unterschiedlicher Hersteller entwickelt werden. Diese Lösungen lassen sich als **Manufacturing Apps**, kurz **mApps** bezeichnen und können aus individuellen mApps oder einer zusammenwir-

Auf diese beiden Ansprüche -

der Interoperabilität der Systeme und der integrierenden Informationsinfrastruktur

- baut die **Manufacturing Integration Plattform (MIP) auf.**

kenden Sammlung an mApps bestehen. Sie entstehen aus dem Bedarf für eine individuelle, spezialisierte Lösung zu einer Aufgabe in der Fertigung und sind maßgeschneidert für diese. In ihrem Funktionsumfang orientieren sie sich daher ebenso wie die Systeme der dritten Generation an dem in der VDI 5600/1 beschriebenen Aufgaben. Aufgrund ihres spezialisierten Charakters liegt ihre Entwicklung nicht mehr nur in den Händen von IT-Experten und Fertigungs-IT Anbietern, sondern oft stammt die Lösung so wie der Bedarf aus den Unternehmen selbst. Damit diese maßgeschneiderten mApps aus unterschiedlichen Quellen reibungslos interagieren können, muss sichergestellt sein, dass nicht jeder Entwickler eine oder mehrere Schnittstellen zu anderen mApps definieren und implementieren muss. Daraus resultiert der erste essentielle Anspruch der **Interoperabilität** an Fertigungs-IT-Systeme der vierten Generation.

Neben der Interoperabilität der Lösungen muss eine gemeinsame, einheitliche und integrierende Informationsinfrastruktur existieren, die den mApps das Wissen über den aktuellen Zustand der Fertigung bereitstellt und die Kommunikation über dieses Wissen einfach gestaltet. Hieraus ergibt sich der zweite essentielle Anspruch der **Integration** über offengelegte, einfach zu bedienende Schnittstellen an die Fertigungs-IT der vierten Generation.

Auf diese beiden Ansprüchen - der Interoperabilität der Systeme und der integrierenden Informationsinfrastruktur - baut die **Manufacturing Integration Plattform (MIP)** auf. Die MIP schafft durch die virtuelle Abbildung der Fertigung und die Offenlegung der Datenstruktur und Zugriffsmechanismen eine einheitliche Informationsinfrastruktur und Datenbasis. Diese erlaubt es unterschiedlichen Entwicklern von mApps, ihre Lösungen nahtlos in die Fertigungs-IT Landschaft eines Unternehmens zu integrieren. Die so mögliche Integration aller spezialisierten Lösungen und deren Interoperabilität bilden den namensgebenden Leitgedanken der Manufacturing Integration Plattform.

Die Offenheit der Plattform und ihre virtuelle Abbildung der Fertigung mittels semantisch beschriebener Objekte erlauben es, die bisherigen Systemgrenzen aufzulösen und Anwendungsfunktionalitäten über eine gemeinsame und konsistente Datenbasis zu vereinen. mApps sowie andere IT-Systeme des Unternehmens können somit die Plattform nutzen, um auf ein einheitliches Abbild der Fertigung zuzugreifen. Somit können bestehende Insellösungen eliminiert und die schnittstellenlose Umsetzung der **digitalen Smart Factory** ermöglicht werden.

1.2

Die Einordnung der Manufacturing Integration Plattform

Plattformen sind aktuell in aller Munde. Es gibt kaum einen Bereich oder eine Funktion, für die keine Plattform angeboten wird. Daher stellt sich die Frage nach dem Sinn einer weiteren Plattform. Die MIP lässt sich von anderen Plattformen durch ihren Fokus auf die Fertigungs-IT und ihren Anspruch der Integration vieler verschiedener Anwendungen auch unterschiedlicher Entwickler auf Basis eines einheitlichen Objekt- und Datenmodells abgrenzen. Sie ermöglicht die Interoperabilität der Anwendungen durch die Offenlegung des **semantischen Objektmodells** - der Bedeutung der Objekte, der Objekteigenschaften und deren Beziehungen untereinander.

Im Einzelnen unterscheidet sie sich von den folgenden Plattformen:

- **IoT- und IIoT-Plattformen** für das Industrial Internet of Things legen den Fokus auf das Sammeln und Speichern von Mess- und Sensordaten. Um diese zu verarbeiten verfügen einige IoT-Plattformen zusätzlich über analytische Fähigkeiten zur Mustererkennung und Modellbildung auf Basis der erfassten Daten. Da es sich hierbei häufig um sehr große Datenmengen handelt, ist hier typischerweise von Big Data die Rede. Die MIP kann diese Daten nutzen, indem sie sie in ihr digitales Abbild der Fertigung einfließen lässt. Hierauf aufbauend erlaubt ihr semantisches Objektmodell es Anwendern und Entwicklern die Daten in unterschiedlichsten Anwendungen und Lösungen zu nutzen.
- **Technologie- und Applications-Plattformen** haben den Anspruch technische Grundlagen für den gemeinsamen Betrieb unterschiedlicher Applikationen bereitzustellen. Sie bilden demnach eine Art Betriebssystem für Applikationen, bei denen der Fokus meist auf dem Einsatz der Software in der Cloud liegt. Ebenso wie Betriebssysteme bieten sie dem Anwender nur einen begrenzten Umfang direkt verwendbarer Applikationen – nutzergenerierte Applikationen müssen meist erst noch erstellt werden. Im Gegensatz zu ihnen stellt die MIP Entwicklern und Anwendern von Applikationen nicht ein Betriebssystem bereit, sondern eine Informationsinfrastruktur über die die Applikationen interagieren, kommunizieren und auf eine einheitliche, von der MIP erstellte, digitale Abbildung der Fertigung zugreifen können.
- **Geschäftsplattformen** sollen Unternehmen bei der Digitalisierung ihrer Geschäftsprozesse unterstützen. Anders als reine Technologie- oder Applikationsplattformen bieten diese Plattformen vielfach auch die dafür benötigten Anwendungen mit an. Hierbei liegt jedoch die durchgängige Betrachtung aller Geschäftsprozesse eines Unternehmens im Vordergrund, unabhängig davon, ob diese durch ein Softwareprodukt abgebildet werden können oder mehrere davon zum Einsatz kommen. MIP lässt sich von Geschäftsplattformen über ihren Fokus auf die Fertigungs-IT, die digitale Abbildung der Fertigung und ihren Anspruch verschiedene Lösungen unterschiedlicher Hersteller zu integrieren, unterscheiden.

Somit basiert die MIP auf einem völlig anderen Ansatz als die vielen existierenden Plattformen. Sie schafft Neues durch ihren Fokus auf die Interoperabilität und Integration der Fertigungs-IT und dem Ziel, ein einheitliches Objekt- und Datenmodell für verschiedene Lösungen, auch unterschiedlicher Entwickler und Hersteller, bereitzustellen. Die MIP ist somit nicht einfach nur eine weitere Plattform unter vielen, sondern die Plattform, welche die heutigen mono-

lithischen Strukturen bestehender Fertigungs-IT-Systeme aufbricht und diese durch die flexible Kombination vieler kleiner, spezialisierter Applikationen ersetzt. Ihr Anspruch ist es, durch die digitale Abbildung der Fertigung ein Lebensraum für den **digitalen Zwilling der Fertigung** zu schaffen und diesem eine Infrastruktur zu bieten, um mit den unterschiedlichsten Anwendungen zusammenzuarbeiten.

1.3 Die Manufacturing Integration Platform und das Industrial Internet of Things

Parallel zur beschriebenen Evolution der Fertigungs-IT entwickelt sich seit einiger Zeit das **Internet of Things (IoT)**. Dabei geht es um den Aspekt, IT dort etablieren, wo es bisher keine gab. Ganz konkret werden dabei IT-freie Dinge internetfähig gemacht.

Schauen wir uns hierzu die Entwicklung im Bereich eines Haushalts an. Computer sowie Router sind von sich aus digital und haben einen Netzwerkzugang. Danach kamen die derzeit von jedermann verwendeten Smartphones, Tablets und Fernseher dazu und wurden damit die nächste internetfähige Gerätegeneration. Diese Fähigkeit wird nun nach und nach auf bisher analoge Geräte ausgebreitet z. B. hin zum vernetzten Kühlschrank. Dieser kann dann selbständig Nahrungsmittel nachbestellen oder ermöglicht es, von unterwegs den „Lagerbestand“ abzufragen. Weitere Beispiele sind eine smarte Glühbirne die sich per App sowohl zu Hause als auch von unterwegs aus steuern lässt oder intelligente Rollläden, die ebenfalls eine Steuerung von außen erlauben. Auf einmal ist es möglich, vom Smartphone aus auch außerhalb des Hauses Geräte zu steuern oder deren Status abzurufen. Diese Entwicklung im Haushaltsbereich wird unter dem Begriff Smart Home zusammengefasst.

Das Smart Home basiert auf der Internetfähigkeit und Vernetzung bisher analoger Dinge und ihrer Steuerung und Überwachung mittels Smartphone-Applikationen (Apps). Hierzu existieren für jede Gerätegruppe wie z. B. Glühbirnen einzelne Apps zur Steuerung. Oft existiert für jede Gerätegruppe oder sogar das einzelne Gerät eine separate App, da diese häufig an den Hersteller oder sogar das Gerät gebunden sind. Dies kann im Extremfall eine App pro Gerät bedeuten, sodass eine Vielzahl an Anwendungen für die Steuerung der Dinge im Haushalt notwendig ist. Dies führt dazu, dass die Geräte eigentlich ähnlich wie bisher verwendet werden. Statt Schalter wird die Glühbirne nun eben per App geschaltet; der Mehrwert für den Anwender bleibt dabei gering. Dieser entsteht erst durch eine Vernetzung der Geräte untereinander und die Steuerung des gesamten Haushalts aus einer integrierenden Anwendung heraus.

Da die Anwendungen bisher aber nicht integriert sind, entsteht für den Hausherren aktuell schnell eine unübersichtliche Situation. Smart Home Anwendungen sind zur Zeit noch eine Spielerei. Abhilfe kann hier nur eine übergeordnete App schaffen, die einen Überblick über alle Geräte und Anwendungen im Haushalt schafft und diesen einen „Lebensraum“ bietet.

Überträgt man dieses Beispiel vom Haushalt auf die Fertigung ergibt sich ein ähnliches Bild. Systeme der Business-IT sowie die großen Fertigungssysteme verfügen ebenfalls seit Beginn über verhältnismäßig viel Rechenleistung und

Netzwerkintegration. Die Maschinensteuerungen hingegen verfügen erst seit kurzem über Netzwerkintegration, insbesondere wenn man diese als universelle Integration außerhalb von geschlossenen Bussystemen betrachtet.

Aktuell entsteht das **Industrial Internet of Things (IIoT)** durch die Ausbreitung von Rechenkapazität und Netzwerkintegration auf jeden einzelnen Sensor und Aktor, den sogenannten Devices (laut Statista werden es im Jahr 2025 75 Mrd. IoT-verbundene Devices sein¹).

Vor diesem Hintergrund ist die Frage zur Integration der Devices in einer übergeordneten, integrierenden Anwendung, unter den folgenden Gesichtspunkten betrachtet, besonders dringend zu beantworten:

- Wie geht man mit der nahezu unerschöpflich großen Anzahl an IoT-Dingen um?
- Wie behandelt man die unterschiedlichen Daten in unterschiedlichen Formaten?
- Was ist eine sinnvolle Teilung bzw. Verteilung der Daten aus den unzähligen Dingen (auch untereinander)?
- Wie werden aus der Vielzahl der Daten Informationen?

Im Kern steht dabei die Frage, wie aus diesen vielen kleinen Ausschnitten, aus der fragmentierten und kleinteiligen Informationsstruktur ein ganzheitliches Bild der Fertigung wird. Oder einfach ausgedrückt: **„Wie entsteht der digitale Zwilling einer Fertigung?“**

Mit den Integrationsmöglichkeiten in Richtung Business-IT, Shopfloor und den Devices des Industrial Internet of Things ist die Manufacturing Integration Plattform der Lebensraum des digitalen Zwillings der Fertigung. Die MIP will dabei jedoch nicht die bestehenden Systeme, Dinge oder Datensammelplattformen ablösen – sie ist vielmehr der Ort an dem das Fertigungsabbild - der digitale Zwilling - „zu Hause“ ist.

Die Integration der MIP mit dem Industrial Internet of Things ergibt hierbei eine symbiotische Beziehung. Zum einen, weil die MIP die für die Digitalisierung der Fertigung notwendigen Objekte und Services ebenso bietet wie die Integrationsmöglichkeiten mit dem Industrial Internet of Things. Zum anderen, weil der betriebswirtschaftliche Blickwinkel der MIP es den Anwendern erleichtert, erfasste Daten in Informationen umzuwandeln bzw. auf der Basis bereitgestellter Informationen zu agieren (siehe Kapitel 3.6 Die IoT-Connectivity der MIP).

1. <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

1.4

Die **Einsatzgebiete** und **Anwender** der **M**anufacturing **I**ntegration **P**lattform

Die **Manufacturing Integration Plattform** bietet auf Grund ihrer Struktur Nutzen und Mehrwert für unterschiedliche Anwendergruppen. Diese lassen sich grob in die Gruppen: Fertigungsunternehmen, Maschinen- und Anlagenhersteller, Fertigungs-IT Lösungsanbieter sowie Systemhäuser und Integratoren unterteilen.

Diesen Gruppen bietet die MIP die folgenden allgemeinen Vorteile:

- Ein einheitliches, auf semantischen Objekten basierendes Objekt- und Datenmodell, das eine zeitnahe, konsistente Abbildung der Fertigung ermöglicht und
- eine einheitliche, offene Informationsinfrastruktur, welche die Integration unterschiedlichster Datenquellen und Applikationen erlaubt und somit deren Interoperabilität garantiert.
- Die offene Datenstruktur und offene Zugriffsservices (Open API) bietet unterschiedlichsten Anwendern und Entwicklern die Möglichkeit, ihre Businesslogik einfach, effizient und in einer beliebigen Entwicklungsumgebung umzusetzen.
- Das Konzept der mApps, mit ihrem Zugriff auf die digitale Abbildung der Fertigung, erlaubt es Anwendern und Entwicklern, die Plattform gemäß ihren Bedürfnissen und Gegebenheiten zu gestalten. Die MIP bietet somit ein hohes Maß an Anpassbarkeit, Individualisierbarkeit und Flexibilität.

Diese allgemeinen Charakteristika und der Nutzen, den sie den Anwendern bieten, bilden die Grundlage für die individuellen Vorteile und Anwendungsszenarien der Plattform für die vorangehend erwähnten Anwendergruppen. Diese stellen sich wie folgt dar:

- **Fertigungsunternehmen, die ihre eigene Fertigungs-IT realisieren und entwickeln wollen**, können die MIP verwenden, um sofort mit der Abbildung der Produktionsprozesse zu beginnen, da das Datenmodell und die zugehörigen Zugriffsservices bereits vorhanden sind. So bietet sich ihnen die Möglichkeit, auf dem offenen Datenmodell und unter Nutzung der Zugriffsservices der MIP eigene Lösungen für ihre Fertigungs-IT in Form von mApps zu entwickeln. Ein weiterer Vorteil für sie besteht darin, dass sie diese Eigenentwicklungen mit mApps anderer Entwickler kombinieren können.

- **Fertigungsunternehmen** die sich aus Lösungen von externen Anbietern eine an den individuellen Bedürfnissen ausgerichtete Fertigungs-IT auf Basis von ausgewählten Anwendungen maßgeschneidert zusammenstellen wollen. Das Angebot an verfügbaren mApps lässt den Unternehmen die Wahl, sich danach zu entscheiden, welche Anwendungen und Funktionen tatsächlich benötigt werden, ohne auf deren technische Kompatibilität achten zu müssen. Das Ökosystem der Plattform erlaubt die Auswahl aus Anwendungen unterschiedlicher Entwickler, die auf der Plattform interagieren.
- **Maschinenhersteller**, die den Bedarf sehen, zusätzlich zu ihren eigentlichen Produkten - den Maschinen - dem Kunden einen Mehrwert in Form einer Erfassungs- und Auswertungs-mApp bzw. einer erleichterten Integration der Maschine in die Fertigungs-IT zu liefern. In den meisten Fertigungsunternehmen kommt ein heterogener Maschinenpark mit Maschinen unterschiedlicher Hersteller zum Einsatz. Daher bietet MIP eine Plattform, um die unterschiedlichen Maschinen sowie ihre spezialisierten mApps in die Fertigungs-IT zu integrieren.
- **Systemhäuser und Integratoren** sehen sich bei der Bereitstellung von Lösungen für ihre Kunden wesentlich höheren Integrationsanforderungen in der Fertigungs-IT ausgesetzt, als dies in der Vergangenheit der Fall war. Die Manufacturing Integration Plattform bietet ihnen auf vielfältige Weise diese Integrationsmöglichkeit. Zusätzlich erlaubt es die Plattform den Systemhäusern und Integratoren, ihren Kunden mit dem Angebot an mApps einen zusätzlichen Mehrwert bereitzustellen.

Die Manufacturing Integration Platform ist ideal für die **individuelle Gestaltung der Fertigungs-IT**. Sie schafft einen **offenen, einheitlichen Lebensraum** für den **digitalen Zwilling der Fertigung** und erlaubt es Anwendern und Entwicklern **individuelle, bedarfsorientierte Lösungen maßzuschneidern**.

- **Lösungsanbieter**, die heute ein MES oder eine Teillösung anbieten, können ihre Anwendungen als mApps für die MIP bereitstellen, um ihre Software auch in Zeiten der vierten Generation der Fertigungs-IT erfolgreich am Markt zu positionieren. Über die offene Struktur der MIP bieten sich ihnen neue Möglichkeiten ihre Software in Form von mApps mit Lösungen anderer Hersteller und Partner über die Plattform zu kombinieren. Ebenfalls erlaubt die MIP es ihnen, sich stärker auf die Gestaltung der Lösungen für die Fertigung zu konzentrieren, da sie deren Abbildung über ihre einheitliche Datenbasis erleichtert und die notwendigen semantischen Objekte sowie die Zugriffsservices auf sie bereitstellt.

Die Manufacturing Integration Platform ist ideal für die individuelle Gestaltung der Fertigungs-IT. Sie schafft einen offenen, einheitlichen Lebensraum für den digitalen Zwilling der Fertigung und erlaubt es Anwendern und Entwicklern individuelle, bedarfsorientierte Lösungen maßzuschneidern. Auf ihr können Lösungen verschiedenster Hersteller und Entwickler zu der, für den vorhandenen Bedarf, optimalen Lösung der Fertigungs-IT kombiniert werden und diese durch eigenentwickelte oder zugekaufte mApps ergänzt und spezialisiert werden. Sie erfüllt somit die **zentralen Anforderungen der vierten Generation der Fertigungs-IT**: der Anpassbarkeit und Individualisierbarkeit von Lösungen sowie deren Interoperabilität und der Integration dieser mit der Fertigung sowie angrenzenden IT-Anwendungen. Sie ist daher der Wegbereiter für die nächste Generation an Fertigungs-IT.

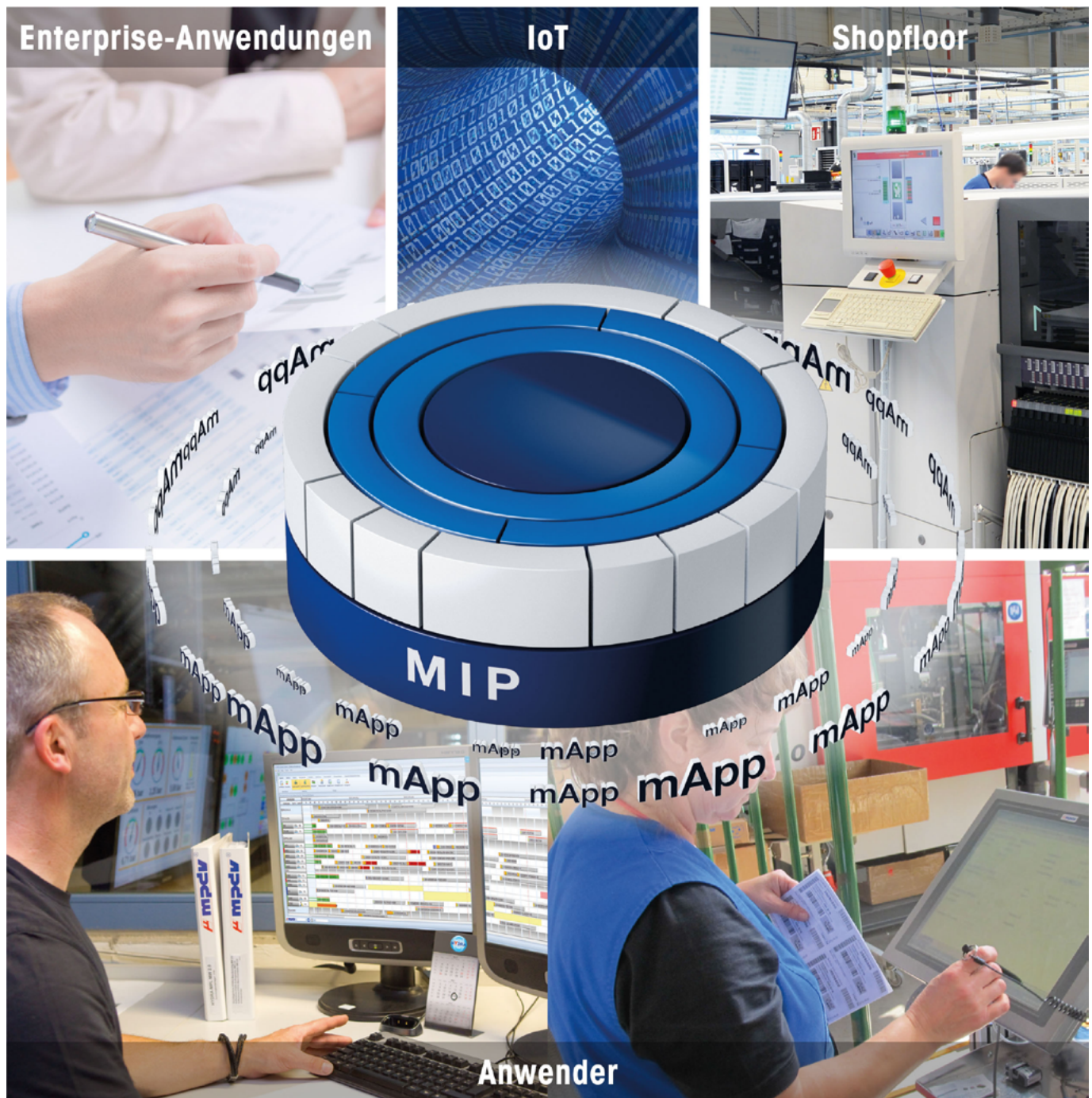
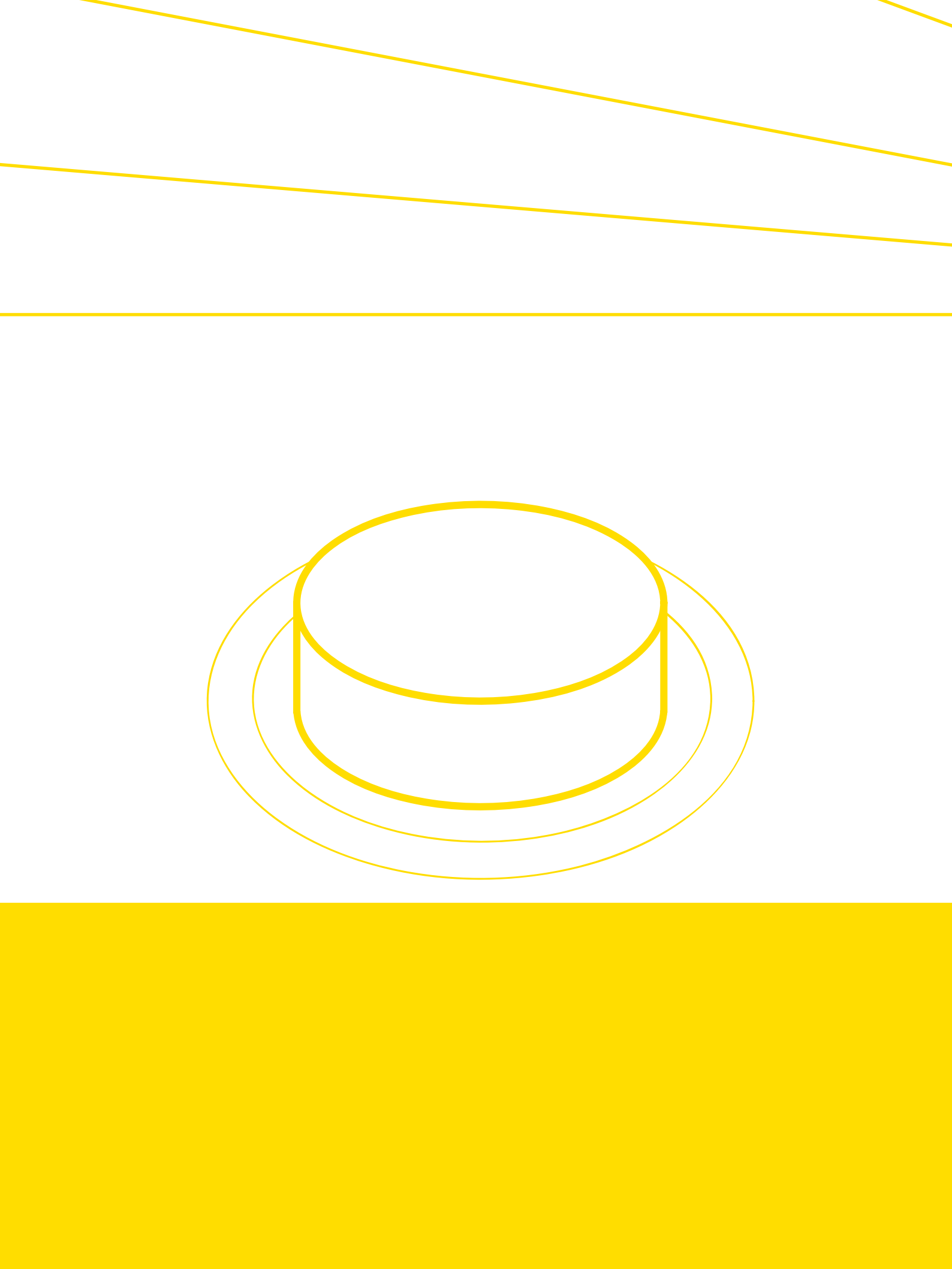
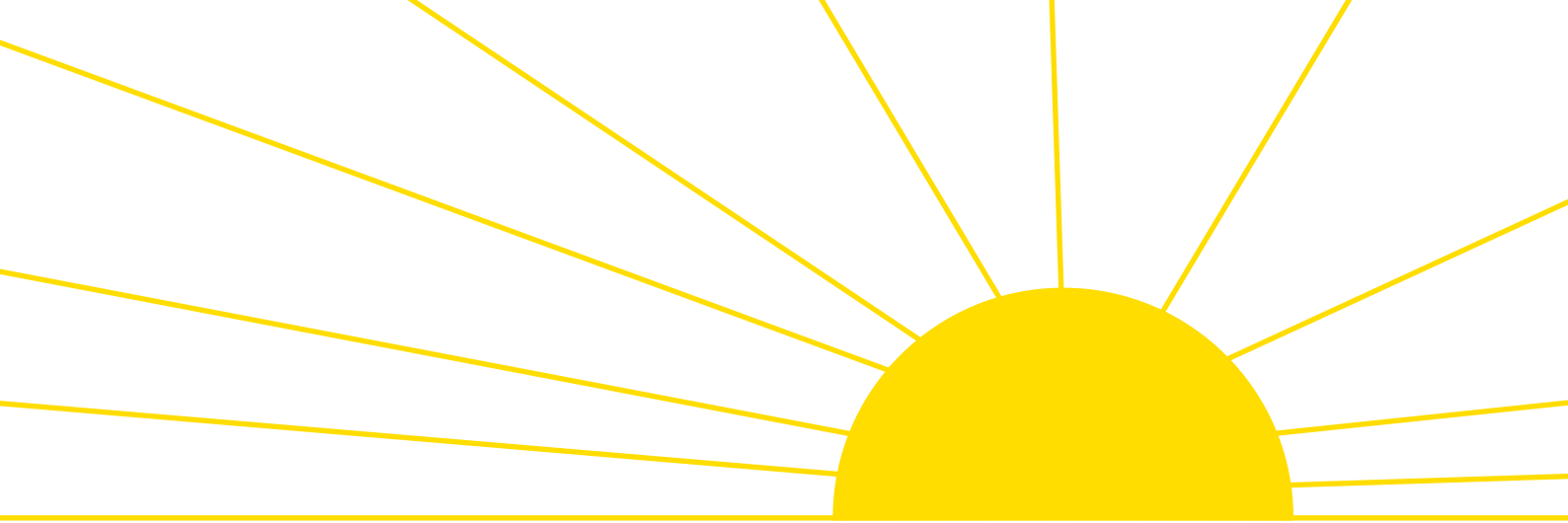


Abbildung 1-2: Anwendungssicht der Manufacturing Integration Plattform

© MPDV, Nonwarit/stock.adobe.com, bluedesign/stock.adobe.com, industrieblick/stock.adobe.com





2

Die MIP als Plattform für die Smart Factory

2.0

Die MIP als Plattform für die Smart Factory

Im Jahr 2011 wurde der Begriff **Industrie 4.0** auf der Hannover Messe vorgestellt. Seitdem ist er in aller Munde. Heute, mehr als sechs Jahre später, spiegelt der Begriff sich in einer Reihe von Themen wieder. Einige davon nehmen Bezug auf die IT-Technologie wie zum Beispiel Big Data, Analytics, Internet of Things und Cloud. Andere Schlagwörter wie One Piece Flow und Losgröße 1 haben mit den Produktionsmärkten der Zukunft zu tun. Cyber Physical Systems und Smart Factory wiederum beziehen sich direkt auf die Steuerung und Gestaltung der Produktion der Zukunft. All diese Themen und Schlagwörter haben eins gemeinsam: Sie haben einen fundamentalen Einfluss auf die zukünftige Fertigung und damit einhergehend auf die dabei eingesetzten Softwaresysteme - die Fertigungs-IT.

Bereits heute wird in der Fertigung

eine Vielzahl an Daten verarbeitet ...

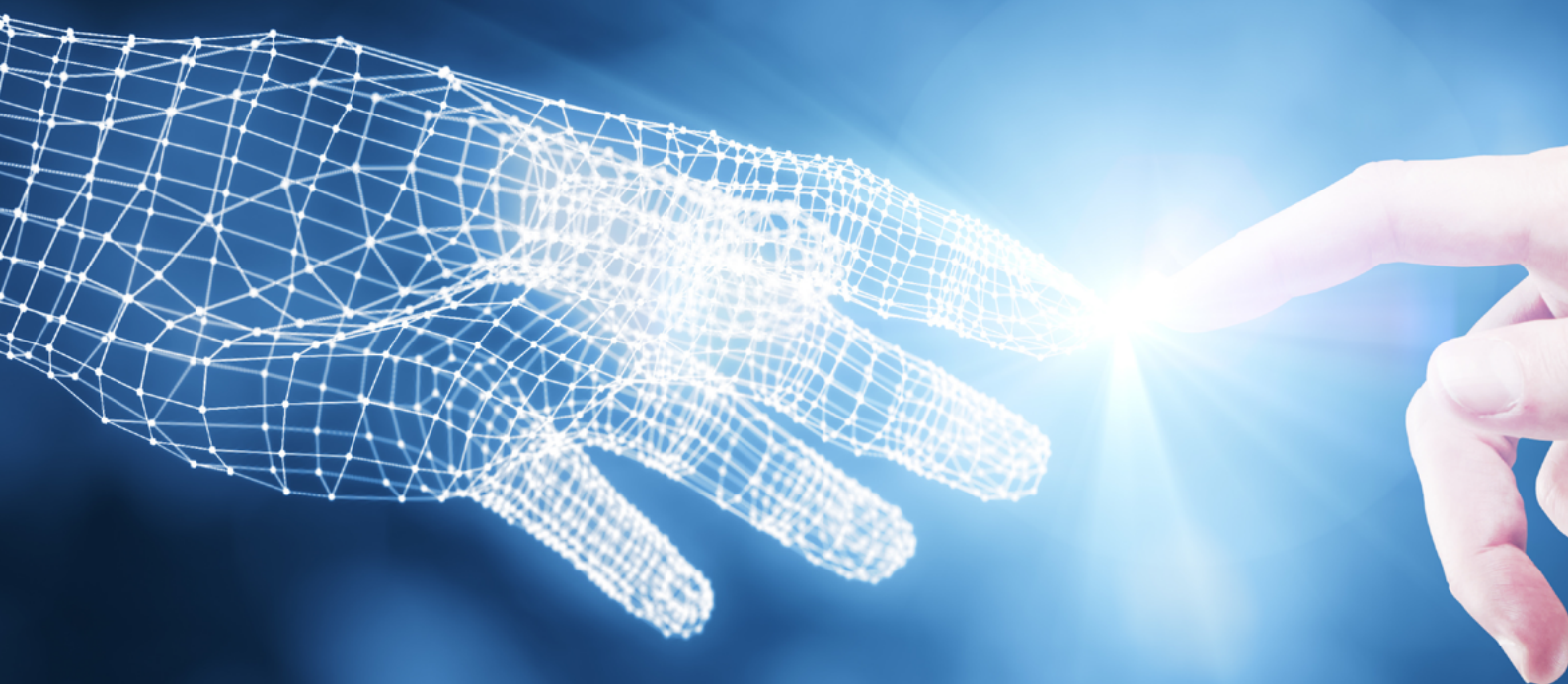
In den meisten Fällen findet jedoch auch heute

noch keine Aufzeichnung, Vernetzung und systematische Auswertung dieser Daten statt.

Diesen Begriffen zugrunde liegen einerseits eine Wandlung der Kundenwünsche und somit der an die produzierenden Unternehmen gestellten Anforderungen und zum anderen ein Wandel der technischen Möglichkeiten in der Produktion durch die Digitalisierung. Der Wunsch des Kunden nach individualisierten Produkten und Dienstleistungen, die seinen Bedürfnissen optimal angepasst sind, führt zu einem Umdenken in der Produktion hin zum Konzept der **Mass Customization**. Diese kosteneffizient umzusetzen setzt eine Reduktion der Losgrößen in der Produktion voraus und führt somit zu den Konzepten **One Piece Flow** und **Losgröße 1**. Beiden Konzepten gemeinsam ist ihr hoher Informations- und Koordinationsbedarf sowie die hohen Anforderungen an die Flexibilität der Fertigung. Daher erfordern sie einen durchgängigen digitalen Prozess, der menschlichen Akteuren genauso wie eingesetzten Maschinen und Anlagen alle Informationen zur Produktion des Einzelstücks durchgehend und digital zur Verfügung stellt. Der Begriff der Cyber Physical Systems (CPS), als die „Integration digitaler Intelligenz in Produkte, Maschinen und Anlagen in Form von cyber-physischen Systemen, die sich durch Rekonfiguration und Selbstoptimierung an wechselnde Produktionsaufträge anpassen“, ist integraler Bestandteil zukünftiger Produktionskonzepte. Durch die

Einbindung von Sensoren über das Industrial Internet of Things (IIoT), sowie die **Cyber Physischen Systeme** wird die Smart Factory entwickelt. Aus diesem Konzept der **Smart Factory**, als eine sich ohne menschliche Eingriffe selbst organisierende Produktionsumgebung, ergibt sich ein durchgängiger Bedarf an digitalen Informationen und Daten für die Fertigung.

Bereits heute wird in der Fertigung eine Vielzahl an Daten verarbeitet. Hierauf nehmen die Begriffe **Big Data** und **Analytics** Bezug. Das Sammeln und Verarbeiten der Daten geschieht zum einen in eventuell vorhandenen MES-Systemen, SCADA- oder Historien-Systemen und -Anwendungen und zum anderen aber in den unzähligen Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), welche die Steuerung der eingesetzten Maschinen und Anlagen übernehmen. In den meisten Fällen findet jedoch auch heute noch keine Aufzeichnung, Vernetzung und systematische Auswertung dieser Daten statt. So schätzt die Mehrheit der Befragten in der Umfrage „Digitalisierung der Produktion - Betrachtungsperspektive IT-Fachbereiche“ von H&D aus dem Jahre 2016, den Digitalisierungsgrad ihrer Produktion nur auf 40-60%.



© peshkova/stock.adobe.com



All diese Ideen und Konzepte haben, auf die Produktion bezogen, eine gemeinsame Grundlage und Anforderung - die digitale Verfügbarkeit von Daten und Informationen zu Objekten und deren Zuständen in der realen Welt. Um diese zu erlangen, ist es notwendig, die Objekte und Prozesse der Fertigung in ein digitales Abbild zu übertragen. In diesem Zusammenhang - der Repräsentation eines materiellen oder immateriellen Objektes durch ein computergestütztes Modell - spricht man von einem digitalen Zwilling der realen Welt. Der **digitale Zwilling** ist somit das datentechnische Abbild eines Objekts der realen Welt und beinhaltet dessen Eigenschaften und Parameter sowie seine Beziehungen zu anderen Objekten. Er kann daher als ein Repräsentant des Objekts in der digitalen Welt verstanden werden. Um die digitalen Zwillinge zu führen, mit Daten anzureichern, ihre Zustände darzustellen und sie untereinander zu Prozessen zu verknüpfen, ist es notwendig, ihnen einen Lebensraum zu schaffen, der die vorangehend beschriebenen Daten aufnehmen und darstellen kann. Dieser Lebensraum muss neben der Darstellung und Verwaltung der Objekte bzw. ihrer digitalen Zwillinge, einem Nutzer verschiedene Anwendungsfunktionen wie bspw. die Verwaltung von Zugriffsrechten, das Aktualisieren von Daten, das Anbinden von externen Business-IT Lösungen oder das Erstellen von auf die Daten zugreifenden Anwendungen erlauben. Die Manufacturing Integration Platform bildet genau diesen Lebensraum für den digitalen Zwilling der Fertigung. Der zentrale Bestandteil der Plattform ist die **Virtual Production Reality (ViPR)**, in der die Fertigung durch die digitalen Zwillinge der realen Welt abgebildet und so virtuell modelliert werden kann. In ihr werden die datentechnischen Abbilder der realweltlichen Objekte angelegt, mit zusätzlichen Informationen angereichert und vom System aktuell gehalten – sie bildet somit die Datenbasis für die Manufacturing Integration Platform und alle auf ihr aufbauenden Anwendungen.

2.1

Die Digitalisierung der Realität

Ein digitales Abbild der Produktion muss sowohl physische und virtuelle Objekte wie Maschinen, Anlagen, Arbeitsaufträge und Termine beinhalten, als auch die Dynamik, die durch die Interaktionen der Objekte entsteht.

Überträgt man die Objekte der physischen Welt einer Fertigung in die digitale Welt, so wird man, insbesondere im Hinblick auf die in der VDI 5600/1 identifizierten MES-Aufgaben, zuerst die Maschinen und Arbeitsplätze als Ort der Wertschöpfung betrachten. Abhängig vom Arbeitsplatz kommen für die Herstellung der Produkte Werkzeuge zum Einsatz. Für die Durchführung und Überwachung der Produktion sind zusätzlich Personen erforderlich. Jedes dieser Objekte verfügt über bestimmte Eigenschaften und Parameter, die das Objekt beschreiben. In der MIP wird jedes physische Objekt der Produktion durch ein digitales mit Eigenschaften und Parametern versehenes, Objekt - seinen digitalen Zwilling - repräsentiert. Objekte allein lassen in einer Fertigung jedoch noch keine Produkte entstehen. Hierfür müssen die Objekte dynamisch interagieren.

Ein **digitales Abbild der Produktion** muss sowohl physische und virtuelle Objekte wie **Maschinen, Anlagen, Arbeitsaufträge und Termine** beinhalten, als auch die **Dynamik, die durch die Interaktionen der Objekte entsteht.**

Dynamik in der Fertigung entsteht, wenn Aufforderungen zur Durchführung bestimmter Arbeitsaufgaben die physischen Objekte zum Interagieren animieren. Bei diesen Arbeitsaufgaben kann es sich um Aufträge zur Produktion eines bestimmten Materials in einer bestimmten Menge zu einem bestimmten Termin handeln, z. B. um einen Fertigungsauftrag. Es können jedoch auch Aufforderungen zur Durchführung einer Wareneingangsprüfung, einer Instandhaltung oder ähnlichem sein. Diese Arbeitsaufgaben lassen sich als virtuelle Objekte beschreiben und werden ebenfalls durch digitale Zwillinge in der VIPR repräsentiert. Die auf Basis der Arbeitsaufgaben entstehende Produktionsdynamik lässt sich in direkt und indirekt resultierende Dynamik unterteilen. Als direkte Dynamik kann die Dynamik definiert werden, die aufgrund von Vorgaben wie Aufträgen oder Arbeitsanweisungen in die Fertigung eingebracht wird. Diese stammen meist von externen Systemen wie ERP-Systemen und sind vorgeplant. Die indirekt resultierende Dynamik hingegen entsteht während der Durchführung der Produktion selbst und ist somit deutlich schwerer zu planen. Hierbei handelt es sich um Maßnahmen, die als Folge der Durchführung der Produktion und mit dem Zweck deren Aufrechterhaltung entstehen. Dies kann z. B. eine einzuplanende Wartung auf Basis der für ein Werkzeug erfassten Stückzahlen oder die Verlagerung der

Fertigung auf eine alternative Maschine aufgrund einer Reparaturmaßnahme sein.

Die Aufzeichnung dieser dynamischen Interaktionen - die Erfassung und Abbildung vielfältiger Ereignisse der betroffenen physischen und virtuellen Objekte - ist die wesentliche Herausforderung bei der Digitalisierung der Fertigung. Sie bildet die Grundlage für den digitalen Zwilling der Fertigung. Auf der Erfassung und Abbildung der Ereignisse basiert:

- die Aktualisierung des Status der Objekte in der digitalen Welt, die es erlaubt, in Echtzeit ein digitales Bild der Situation in der physischen Welt darzustellen.
- die Herstellung von Beziehungen zwischen den Objekten für den Zeitpunkt oder Zeitraum, in denen sie in der physischen Welt zusammengearbeitet haben.
- die Bewertung der Daten mit dem Ziel, eine Homogenisierung für nachfolgende Auswertungsprozesse zu erreichen bzw. die Daten für eine Weiterverarbeitung, wie z. B. eine Kostenermittlung im ERP, zu verwenden.

2.2

Die Objekte der **MIP** - **Manufacturing Business Objects**

Sämtliche Objekte, inklusive ihrer Eigenschaften und Parameter, sowie den aus der Dynamik der Fertigung entstehenden Daten, werden in der Virtual Production Reality (ViPR) abgebildet. Die hierzu verwendeten digitalen Objekte werden **Manufacturing Business Object**, kurz **MBOs** genannt. Jedes MBO ist der digitale Zwilling eines physischen oder virtuellen Objekts aus der realen Welt und repräsentiert dieses in der Informationswelt. Ihr Zusammenspiel in der ViPR projiziert die Fertigungsprozesse der physischen Welt in die digitale. Die Möglichkeiten der Modellierung reichen dabei von Materialflussprozessen der Fertigung über die Abbildung von Prüfprozessen im Qualitätsmanagement bis hin zu Themen im HR-Bereich wie Personalzeiterfassung oder Fehlzeiten-Workflow.

Die Manufacturing Business Objects der Virtual Production Reality sind in der Regel semantische und strukturierte Objekte. Daher kann ein MBO ein oder mehrere andere MBOs enthalten oder auf diese verweisen. Ein Auftrag beispielsweise enthält das Objekt Arbeitsgang und dieses wiederum die Objekte (Material-)Komponente und Betriebsmittel.

2.3

Der **Aufbau** und die **Komponenten** der **M**anufacturing **I**ntegration **P**lattform

Die Manufacturing Integration Plattform baut auf dem vorangehend beschriebenen digitalen Abbild der Fertigung auf. Ihren Kern bildet das datentechnische Abbild der realweltlichen Objekte einer Fertigung und der aus ihrer Interaktion resultierenden Dynamik in den vorangehend beschriebenen MBOs – den digitalen Zwillingen. Diese werden in der ViPR strukturiert abgelegt und verwaltet, wodurch ein digitales Abbild der gesamten Produktion entsteht. Auf diesem Abbild baut die MIP mit einer Vielzahl an Services, die dem Anwender oder Entwickler die Nutzung oder Gestaltung des digitalen Abbilds der Fertigung erlauben, auf. Hierzu zählen unter anderem Services wie das **User Management UMS**, die **Shopfloor Connectivity Services SCS** oder die **Enterprise Connectivity Services ECS**.

Die Manufacturing Integration Platform baut auf dem [...]

digitalen Abbild der Fertigung auf.

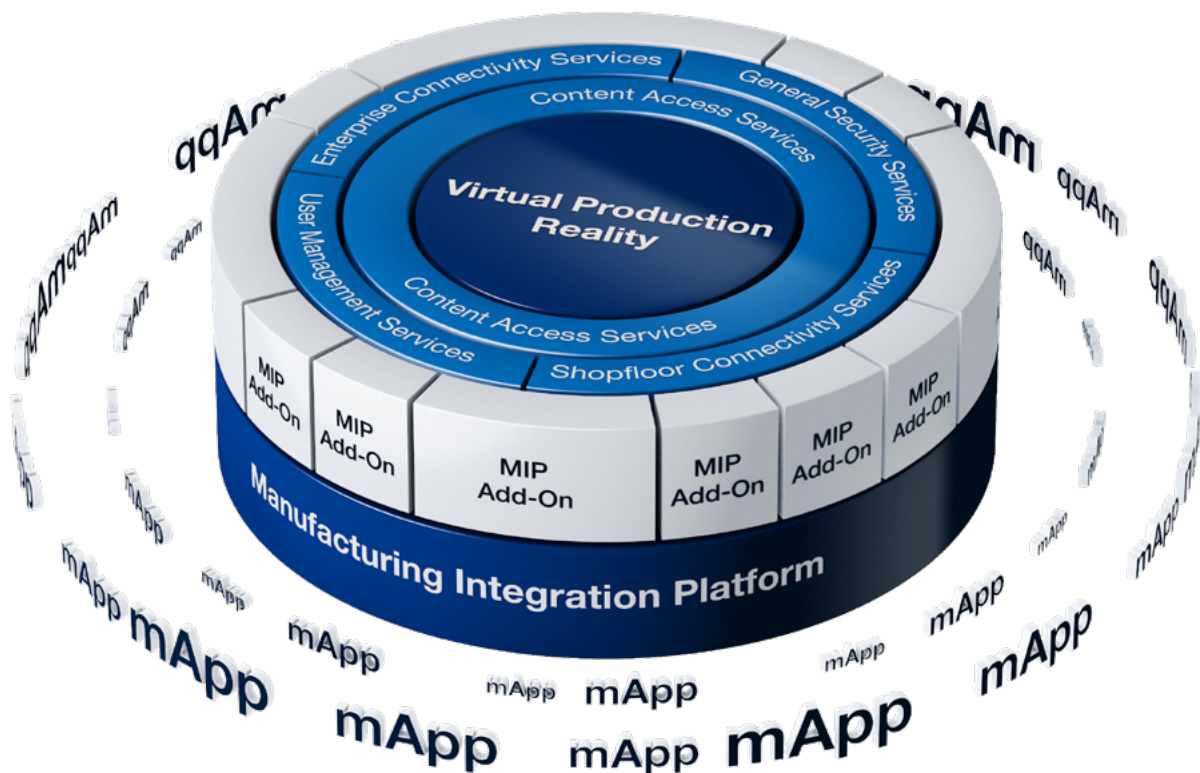
Die Services erlauben es Anwendern und Entwicklern,

ihre Fertigung individuell abzubilden

und auf diesem Abbild aufbauend

Anwendungen in Form von mApps zu entwickeln.

Die Services erlauben es Anwendern und Entwicklern, ihre Fertigung individuell abzubilden und auf diesem Abbild aufbauend Anwendungen in Form von **mApps** zu entwickeln, die spezialisierte Funktionen in der Fertigung übernehmen. Ebenso ist es ihnen möglich, Business-IT Systeme zu integrieren, sowie Lösungen anderer Hersteller zuzukaufen und einzubinden. Wie die einzelnen Services aufgebaut sind und aus welchen Komponenten die Manufacturing Integration Platform besteht, wird im Folgenden beschrieben.



- Die **Virtual Production Reality (ViPR)** als Kern der Plattform enthält den digitalen Zwilling der Fertigung und bildet dessen Lebens- und Arbeitsraum. Die ViPR beinhaltet somit das datentechnische Abbild für die Objekte der physischen Welt, wie Maschinen, Materialien und Personen. Neben diesen enthält die ViPR auch die virtuellen Objekte, wie Aufträge und Qualifikationen, die in der realen Welt zwar existieren, aber nicht in jedem Fall physisch greifbar sind. Basierend auf diesem datentechnischen Abbild der Fertigung durch die Objekte erlaubt die ViPR einen schnellen Überblick über die aktuelle Situation in der Fertigung. So können Entwicklungen in der physischen Welt frühzeitig erkannt und reagierende Maßnahmen ergriffen werden, um effiziente Prozesse zu gewährleisten. Die semantische Beschreibung der Objekte in der ViPR, das heißt die Offenlegung ihrer Bedeutung, Attribute und Beziehungen untereinander für alle Plattformnutzer und -entwickler garantiert die Interoperabilität von mApps verschiedener Hersteller. So können z. B. Eigenentwicklungen in Koexistenz mit zugekauften Anwendungen betrieben werden.
- Die **Enterprise Connectivity Services (ECS)** ermöglichen die Anbindung von Business-IT wie z. B. ERP- oder PLM-Systemen an die MIP. Hierfür stehen zahlreiche Zugriffsmöglichkeiten zur Verfügung. Die ECS bietet Funktionalitäten zur Umsetzung externer Daten auf die Strukturen der CAS ebenso wie Unterstützung für die Bereitstellung von Daten aus der Plattform für Enterprise-Applikationen.
- Die **Shopfloor Connectivity Services (SCS)** stellen Services zur Erfassung der relevanten Ereignisse von Produktionsprozessen und deren notwendigen und optionalen Parameter bereit. Sie bildet somit eine Kommunikationsbasis zu den Objekten des Shopfloors wie Maschinen, Anlagen oder IoT-Geräten. Während die ViPR die für die digitale Abbildung der Fertigung benötigten Objekte und Strukturen liefert, bringt die SCS Expertenwissen in Form von bedeutenden Ereignissen aus der Produktion in die Plattform ein. Damit weiß der Anwender nicht nur, welche Ereignisse für das digitale Abbild der Fertigung relevant sind, sondern er kann diese Services sofort einsetzen.
- Die **User Management Services (UMS)** bieten Anwendern und Entwicklern eine Benutzerverwaltung, in der jeder Benutzer einzeln oder über Profile berechtigt werden kann. Neben der Steuerung des Zugriffs auf Funktionen bietet die Plattform auch die Möglichkeit, den Zugriff auf die Daten selbst zu steuern und hierzu einzelne Nutzer oder Nutzergruppen spezifisch zu berechtigen. Durch Kennwortrichtlinien lassen sich Vorgaben für sichere Passwörter definieren.
- Die **Content Access Services (CAS)** der Plattform erlauben einen komfortablen Zugriff auf die Objekte der Virtual Production Reality. Über diese Services kann der Anwender unabhängig von der eigenen Entwicklungsumgebung auf die Objekte zugreifen. Die Services bilden somit eine Abstraktionsschicht zwischen den Objekten in der Datenbank – den MBOs – und dem Zugriff aus den Anwendungen. Durch die Verwendung der Services muss der Entwickler bzw. Anwender nicht wissen, wo und wie ein Objekt der Datenbank tatsächlich verwaltet wird, über wie viele Tabellen es sich erstreckt und wie die Spalten heißen.

- Da Sicherheit ein zentrales Thema für vernetzte Anwendungen im Zeitalter von Industrie 4.0 und IIoT ist, bietet die Plattform mit den **General Security Services (GSS)** zahlreiche Möglichkeiten zum Schutz der Anwendungen und Daten. So kann die Kommunikation mit der Plattform zertifikatsbasiert über HTTPS/SSL erfolgen. Darüber hinaus bietet die MIP unter anderem eine Unterstützung für die Abbildung des Vier-Augen-Prinzips bei Dateneingaben und -korrekturen und die Möglichkeit, alle Änderungen an den MBOs in Form eines Logbuchs aufzuzeichnen.
- **MIP Add-Ons** bieten Anwendern und Entwicklern die Möglichkeit, allgemeingültige, anwendungsübergreifende Funktionen, die von unterschiedlichen mApps verwendet werden können, zu erweitern. Hierbei handelt es sich um Funktionen, die beispielsweise eine Infrastruktur für ein Eskalationsmanagement bereitstellen. Neben dieser Funktionserweiterung und -anpassung können über Add-Ons bestimmte, auf einen speziellen Anwendungsfall bezogene Entwicklungswerkzeuge erstellt werden.
- Das **MIP Software Development Kit (MIP-SDK)** unterstützt den Anwendungsentwickler dabei, seine Businesslogik in eigenen mApps möglichst einfach und effizient bereitzustellen und die Komponenten der MIP auf seine Bedürfnisse anzupassen.
- Die **Core-Services** der Plattform beinhalten Services sowie Basisfunktionen zur Integration in ein Betriebssystem, Services zur Datenanbindung, einen Scheduler oder die Archivierung. Sie sind somit für den Betrieb der Plattform an sich notwendig und runden deren Funktions- und Anwendungsprofil ab.

Zusammenfassung



Die Virtual Production Reality (ViPR) als Kern der Plattform enthält den digitalen Zwilling der Fertigung und bildet dessen Lebens- und Arbeitsraum.

Die Content Access Services (CAS) der Plattform erlauben einen komfortablen Zugriff auf die Objekte der Virtual Production Reality.

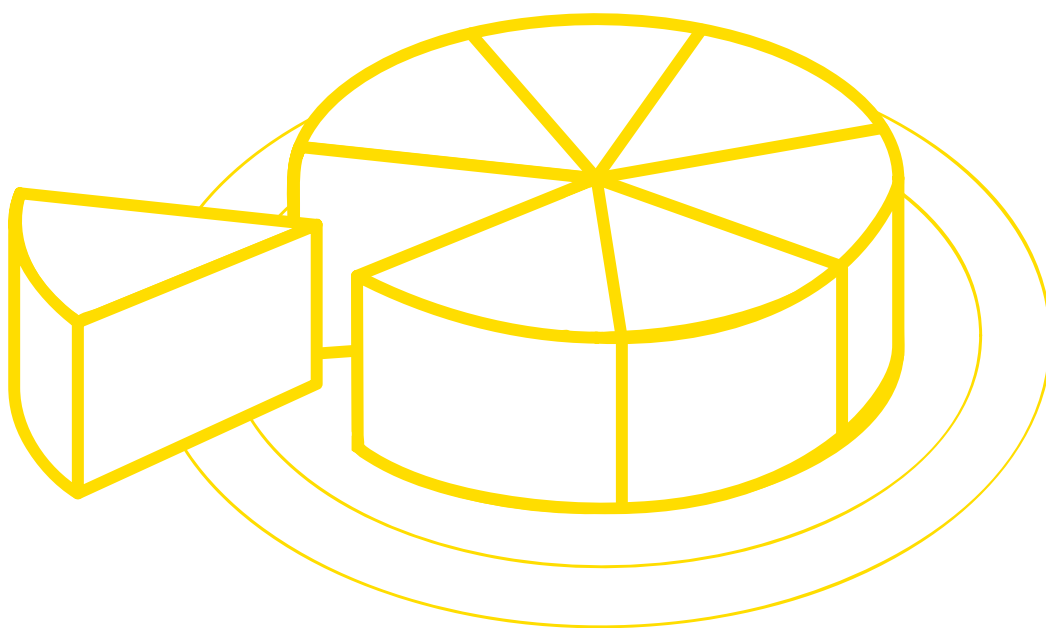
Die Shopfloor Connectivity Services (SCS) stellen Services zur Erfassung der relevanten Ereignisse von Produktionsprozessen und deren notwendigen und optionalen Parameter bereit.

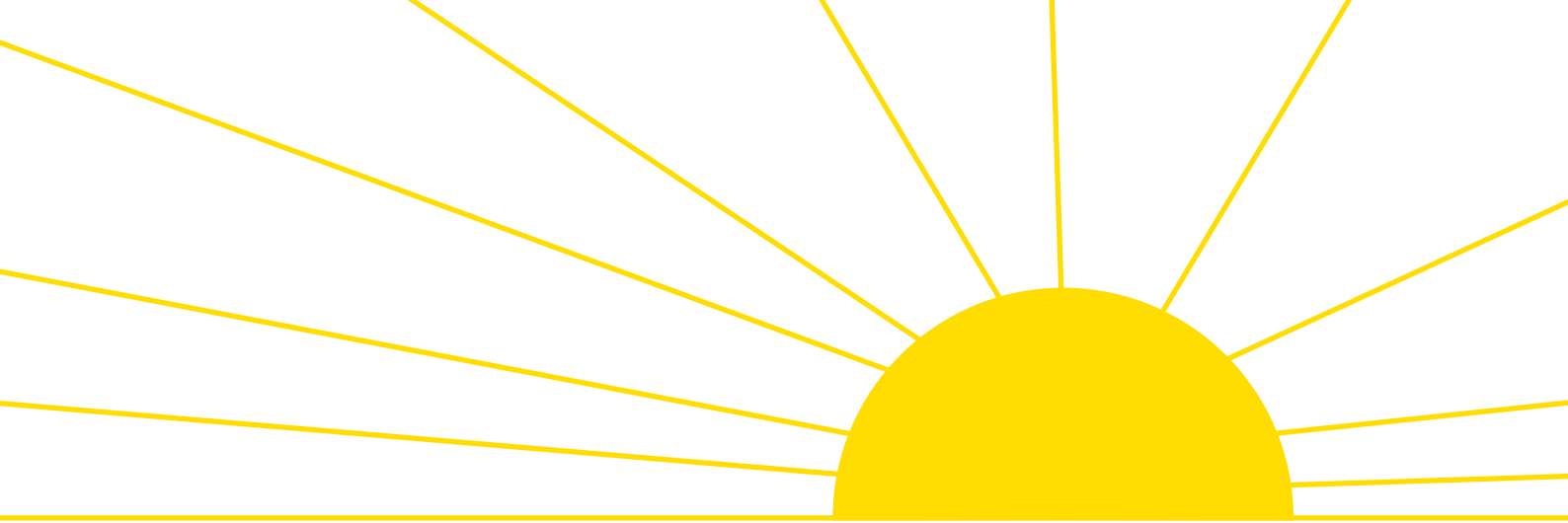
Die User Management Services (UMS) bieten Anwendern und Entwicklern eine Benutzerverwaltung, in der jeder Benutzer einzeln oder über Profile berechtigt werden kann.

Da Sicherheit ein zentrales Thema für vernetzte Anwendungen im Zeitalter von Industrie 4.0 und IIoT ist, bietet die Plattform mit dem **General Security Services (GSS)** zahlreiche Möglichkeiten zum Schutz der Anwendungen und Daten.

MIP Add-Ons bieten Anwendern und Entwicklern die Möglichkeit, allgemeingültige, anwendungsübergreifende Funktionen [...] zu erweitern.

Das MIP Software Development Kit (MIP-SDK) unterstützt den Anwendungsentwickler dabei, seine Businesslogik in eigenen mApps [...] bereitzustellen





3

Die Manufacturing Integration Plattform im Detail

3.1

Die Virtual Production Reality ViPR als digitaler Zwilling der Fertigung

Das zentrale Element der MIP ist die **Virtual Production Reality (ViPR)** als Lebensraum des digitalen Zwillings. In der ViPR wird jedes Objekt der Fertigung - physisch oder virtuell - durch ein mit Eigenschaften (Attributen) versehenes und beschriebenes digitales Objekt, das als Manufacturing Business Object (MBO) bezeichnet wird, abgebildet. Die MBOs können hierbei physische Objekte wie Maschinen, Materialien oder Personen darstellen oder Objekte, die nur virtuell in der realen Welt existieren, ohne physisch greifbar zu sein, wie Aufträge, Ereignisse oder Berichte.

Je nach Herkunft, Bedeutung oder Eigenschaften der Objekte, erfolgt die datentechnische Abbildung in verschiedenen Kategorien. Diese Kategorien spiegeln sich auch in dem in Abbildung 3-1 dargestellten logischen Aufbau der ViPR wieder. Zusammen mit der Hierarchie der MBOs führen sie zu einer semantischen Beschreibung der Objekte, sowie der durch sie abgebildeten Fertigung. Die semantische Beschreibung der Objekte und ihrer Attribute hinterlegt sie mit ihrer Bedeutung für die Fertigung und im Bezug zu anderen Objekten. Hierdurch greift jeder Anwender oder Entwickler auf das gleiche Verständnis der Objekte, ihrer Eigenschaften sowie ihrer Beziehungen untereinander zurück. Dieses einheitliche Verständnis der Objekte erlaubt das Zusammenwirken unterschiedlicher Anwendungen auf der Plattform ohne auf ihre Kompatibilität achten zu müssen. Somit ist die offengelegte semantische Objektbeschreibung ein Wegbereiter der Interoperabilität.

Dadurch dass MBOs sowie ihre zugehörigen Attribute semantisch in der ViPR beschrieben und abgebildet werden, erlauben sie nicht nur die statische Abbildung von Objekten, sondern auch die Darstellung der dynamischen Vorgänge in der Fertigung – sprich des Fertigungsprozesses. So wird z. B. ein Auftrag nicht als isoliertes Objekt betrachtet, sondern als ein Objekt das mit weiteren Objekten verknüpft ist und z. B. Objekte wie eine Mengenmeldung zu einem Arbeitsgang oder einen Personaleinsatz bedingt. So entsteht in der ViPR aufgrund der semantischen Beschreibung und Verknüpfung der MBOs eine Darstellung nicht nur von Objekten, sondern einer auf den Objekten aufbauenden Abbildung der kompletten Fertigung inklusive ihrer Dynamik.

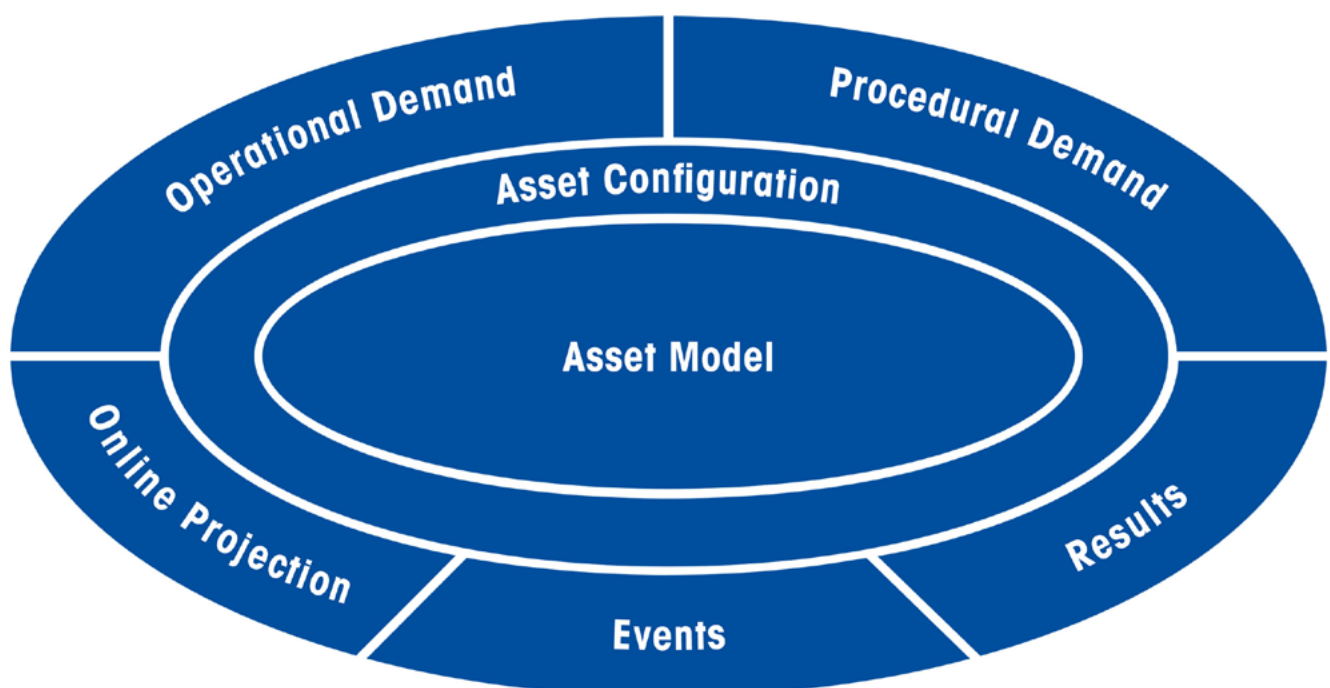
Dieses Abbild der Fertigung ist für jeden Plattformnutzer offengelegt. Dies bedeutet, dass der Anwender oder Entwickler Zugriff auf sämtliche Objekte in der ViPR hat und diese frei nutzen und erweitern kann, um die Fertigung, ihre Objekte und ihre Dynamik abzubilden. Hierbei wird er durch die vorhandene semantische Beschreibung der Objekte einer Fertigung, die auf langjährigem, in die Plattform eingeflossenem Expertenwissen beruht, unterstützt. Darüberhinaus wird so die Interoperabilität von Anwendungen gewährleistet. Dadurch, dass die Anwender auf die Semantik der Objekte zurückgreifen, können andere Anwendungen sich auf ein einheitliches Objektverständnis verlassen und so effizient zusammenarbeiten.

Die ViPR der MIP besitzt sieben Kategorien über die sich die Objekte, abhängig von ihren Eigenschaften und Parametern, verteilen. Die Kategorien orientieren sich an den physischen und virtuellen Objekten bzw. ihren Eigenschaften und Funktionen innerhalb einer dynamischen Fertigung. Ausgehend von einem physischen **Asset Model** wie z. B. einer Maschine oder einem Arbeitsplatz und dessen Konfiguration in der Kategorie **Asset Configuration** entsteht ein logisches Gerüst für die Abbildung der Fertigung. Dieses wird erweitert durch weitere, die Fertigung antreibende und ihr dynamisches Zusammenwirken beschreibende Kategorien wie dem **Operational Demand** das z. B. Objekte wie Aufträge und deren Arbeitsgänge beinhaltet. In dieser logischen Struktur der ViPR erfolgt die Zuordnung von Daten innerhalb der MBOs nicht streng, in dem Sinne, dass sie isoliert nur einer Kategorie angehören, sondern abhängig von Herkunft und Bedeutung der Informationen über mehrere Kategorien. Dies spiegelt den komplexen und hierarchischen Aufbau der MBOs und der daraus resultierenden semantische Beschreibung wieder.

3.1.1

Die Kategorien der ViPR

Die Daten der Objekte bzw. ihrer MBOs in der ViPR lassen sich abhängig von der Herkunft und Bedeutung der Informationen in unterschiedliche Kategorien einteilen, die zusammen einen logischen Aufbau für das Abbild der Fertigung und der ViPR ergeben. Diese in **Abbildung 3-1** dargestellte Struktur der ViPR unterteilt die MBOs und ihre Daten in die folgenden sieben Kategorien:



Asset Model: als ein **Asset** ist in der MIP ein physisches Objekt der Fertigung definiert, das während seiner Nutzung nicht verbraucht wird. In diese Kategorie fallen sowohl stationäre als auch mobile Objekte, die langfristig erhalten bleiben. Ein Beispiel für ein solches Asset ist eine Maschine bzw. ein Arbeitsplatz, d. h. bei Assets handelt es sich um physisch greifbare Objekte. Das **Asset Model** der ViPR bildet den, das Asset beschreibenden, digitale Zwilling, der das physische Objekt mit seinen grundlegenden Daten, wie der organisatorischen Zuordnung und den Inventarinformationen beschreibt.

Asset Configuration: Neben der digitalen Abbildung von Assets in der ViPR besteht der Bedarf, die Assets bezüglich ihrer Umgebung, ihres Lebensraums und der Prozesse, in die sie eingebunden sind, zu konfigurieren und so die Assets im System zu modellieren. Die **Asset Configuration** der ViPR enthält Objekte und Daten, mit denen das Asset Model weiter detailliert, seine Konfiguration beschrieben und spezifisch ausgeprägt werden kann und zahlreiche zusätzliche Objekte, die für die digitale Abbildung einer Fertigung benötigt werden. In der Regel ist die Asset Configuration wesentlich umfangreicher als das dazugehörige Asset Model. Das Asset Model Maschine beispielsweise wird über seine Asset Configuration mit zahlreichen weiteren Daten und Einstellungen ergänzt. Hierzu zählen neben fertigungstechnologiebezogenen Daten wie zum Beispiel dem Sollzyklus oder den verfügbaren Zählern an der Maschine auch Daten, welche die Einbettung in die organisatorischen Abläufe des Unternehmens betreffen wie das Schichtmodell oder die möglichen Status der Maschine.

Operational Demand: Die Kategorie Operational Demand enthält die MBOs, die den Treibstoff der Fertigung bilden. Sie versetzen die statische Modellierung der Fertigung im Asset Model und der Asset Configuration in Dynamik und treiben die Produktion an. Die MBOs der Kategorie **Operational Demand** enthalten typischerweise Daten von Systemen außerhalb der MIP wie ERP-Systemen oder anderen Systemen der Business-IT. Sie bilden somit den abzuarbeitenden Arbeitsvorrat der Fertigung. Daher sind sie der Auslöser für die Materialbereitstellung in der Fertigung, für die

Bereitstellung von Personal, die Belegung von Werkzeugen und damit die Grundlage für die weiteren Kategorien, die die Fertigung und ihren Zustand modellieren.

Online Projection: Die Online Projection erstellt ein digitales Abbild des **aktuellen Status der Fertigung**, indem sie zum einen den aktuellen Status von MBOs aus der physischen Welt projiziert und zum anderen die temporären Beziehungen der MBOs untereinander zum aktuellen Zeitpunkt darstellt. Beispiele für solche Statusinformationen sind:

- der Betriebszustand einer Maschine
- der Verfügbarkeits- bzw. Einsatzfähigkeitsstatus eines Werkzeugs
- die Bestandshöhe eines in der Produktion verwendeten Material (Rohstoff, Zukaufsteile, WIP-, Halbfertig- und Fertigmaterialien) und seiner Qualität

Neben dem Abbilden von Statusinformationen der MBOs stellt die Online Projection die Beziehungen der Objekte untereinander dar. Diese Beziehungen entstehen durch die temporären und befristeten Verknüpfungen von Objekten im Zuge der Fertigung. Die Online Projection projiziert sowohl die aktuelle Beziehung der Objekte als auch die Verknüpfungszeitpunkte. Beispiele hierfür sind:

- die Zuordnung von Maschinen und Arbeitsgängen bei der Anmeldung eines Arbeitsganges auf einer Maschine
- die Verbindung eines Arbeitsganges mit einer einfließenden Materialcharge
- die Anmeldung eines Mitarbeiters auf einem Arbeitsplatz

Events: Die Kategorie Events bildet relevante Ereignisse mit Bezug zu einem bestimmten Zeitpunkt und mindestens einem MBO der ViPR ab. Diese Ereignisse entstehen im Zuge der Datenerfassung in der Fertigung und können der Auslöser für Aktualisierungen der Online Projection sein. Darüber hinaus können sie auch die Datengrundlage für die Berechnung und Bereitstellung von MBOs der nach-

Dadurch, dass **jedes reale Objekt der Fertigung** [...] von seinem digitalen Zwilling [...] abgebildet wird,

schafft die **ViPR ein digitales Abbild der gesamten Fertigung.**

Dieses digitale Abbild besitzt [...] **ebenso eine logische Struktur wie die reale Fertigung.**

folgenden Kategorie Results bilden. Beispiele für MBOs der Kategorie Events sind die Änderung eines Maschinenstatus, der Start eines Arbeitsganges oder der Beginn der Arbeit einer Person an einem Arbeitsgang.

Results: Die Kategorie Results beinhaltet Ergebnisse, die bewertete Daten darstellen. Grundlage für die Bewertung der Daten bilden die Events oder bereits vorhandene Zwischenergebnisse. Im Gegensatz zu MBOs der Kategorie Events, die einen Zeitpunkt dokumentieren, stellen Ergebnissätze typischerweise das berechnete Ergebnis für einen Zeitraum dar. Die **Results** werden in der ViPR geführt, um als homogenisierte Datengrundlage für nachfolgende Analysen und Auswertungen verwendet zu werden. Darüber hinaus bilden diese Daten oftmals die Datengrundlage für Rückmeldungen an andere Systeme, insbesondere an ERP-Systeme. Ein Beispiel hierfür sind die Auftragsrückmeldungen für das Controlling als Grundlage für die Kostenrechnung.

Procedural Demand: Daten die der Kategorie Procedural Demand (Maßnahmen) zugeordnet werden, enthalten die Arbeitsaufgaben und Informationen, die direkt aus dem Fertigungsprozess resultieren und die das Operational

Demand ergänzen. Anders als beim Operational Demand handelt es sich hierbei jedoch um Aufgaben, die nicht direkt eine Wertschöpfung erzeugen, sondern die Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Produktivität zum Ziel haben. Hierbei kann es sich um Benachrichtigungen (Eskalationen) aus der Fertigung handeln, aber auch um Maßnahmen, die in der Folge von Ereignissen ausgelöst und systemgestützt abgearbeitet werden. Die Planung und Durchführung von Weiterbildungen oder Gesundheitsprüfungen der Mitarbeiter sind weitere Beispiele für Daten des Procedural Demand.

Dadurch, dass jedes reale Objekt der Fertigung - physisch oder virtuell - in seinem digitalen Zwilling abgebildet wird, schafft die ViPR ein digitales Abbild der gesamten Fertigung. Dieses digitale Abbild besitzt durch die sieben vorangehend beschriebenen Kategorien, in die sich sämtliche MBOs nach ihrer Herkunft und Bedeutung einordnen lassen, ebenso eine logische Struktur wie die reale Fertigung. Die MBOs bilden somit nicht nur die Objekte der Fertigung ab, sondern spiegeln in Form der Kategorien der ViPR den Aufbau und die Struktur sowie die Prozesse und den aktuellen Status der Fertigung wieder.

3.1.2

Die Zuordnung der **Manufacturing Business Objects** zu den Kategorien **der ViPR**

Kein Objekt kann in einer dynamischen Fertigung ausschließlich isoliert betrachtet werden, da jede, das Objekt betreffende Aktion eine Vielzahl an anderen physischen oder virtuellen Objekten beeinflusst oder voraussetzt. Daher sind die Objekte einer Fertigung als komplex, interdependent und hierarchisch strukturiert zu betrachten. Diese Betrachtungsweise spiegelt die ViPR in Form der Kategorien und der in ihnen enthaltenen semantisch verknüpften MBOs wieder. Dies hat zur Folge, dass jedes MBO, insbesondere wenn man es über seinen gesamten Lebenszyklus betrachtet, nicht explizit einer einzelnen MBO-Kategorie zugeordnet werden kann. Vielmehr können die Daten eines jeden MBOs als eine Vereinigungsmenge, die sich über mehrere der Kategorien verteilt, betrachtet werden. Welchen Kategorien das MBO und somit auch das von ihm repräsentierte reale Objekt zugeordnet wird, ist vom Objekt, seiner Verwendung und Funktion, sowie seiner Bedeutung für die Fertigung bestimmt. Da die MBOs aber von einer Kategorie ausgehend angelegt werden müssen, werden sie vom System anhand ihres Ursprungs oder ihrer größten Schnittmenge implizit einer Kernkategorie zugeordnet, in der sie geführt werden. Um diese Zusammenhänge und ihre praktische Bedeutung für den Anwender oder Nutzer der MIP darzustellen, werden im Folgenden drei Beispiele für reale Objekte, ihr digitales Abbild in Form des MBOs und deren Abbildung in den Kategorien der ViPR beschrieben.

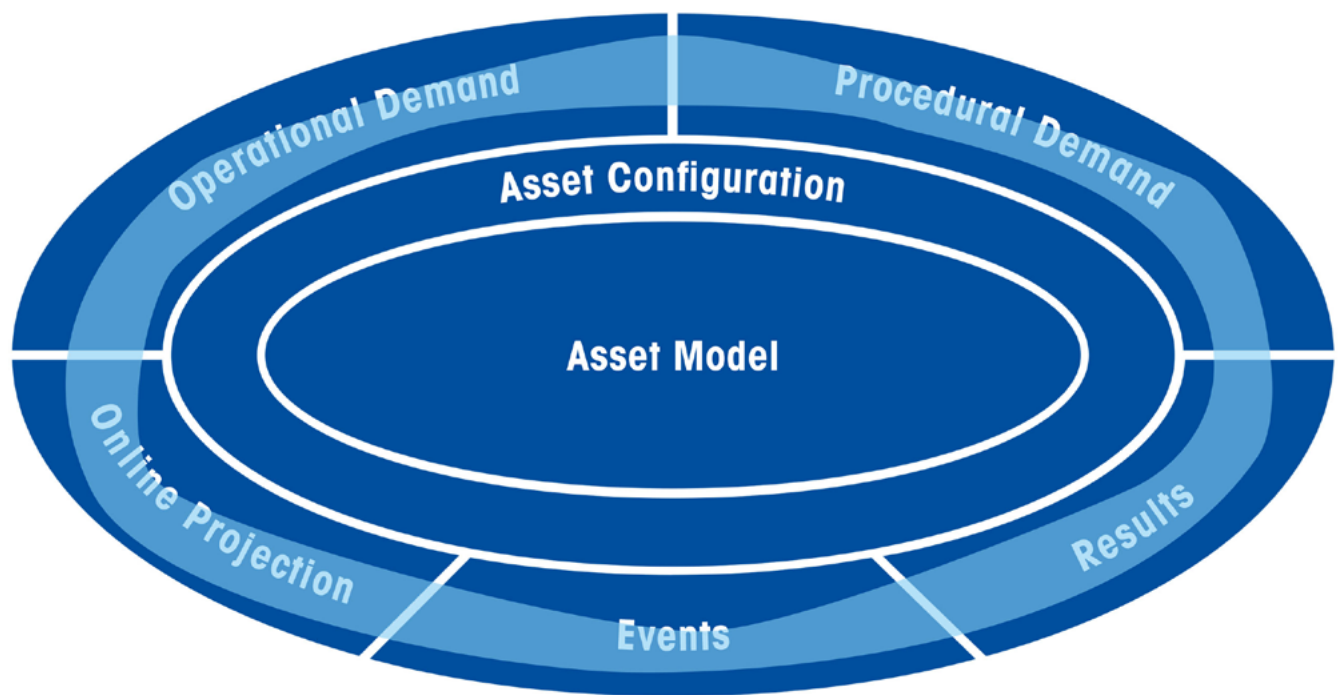


Abbildung 3-2: Verteilung des Objekts Auftrag zu den Kategorien der ViPR © MPDV

Der Auftrag: Der Auftrag ist eines der zentralen Objekte einer Fertigung, da er der Auslöser für eine Vielzahl an weiteren Aktivitäten ist, die letztendlich zur Fertigung eines Produkts führen. Jeder Auftrag in einer Fertigung hat entweder einen externen Ursprung, was bedeutet, dass er aus einem vorgelagerten Business-IT-System - wie z. B. einem ERP-System - in die Fertigung gegeben wurde oder er ist aus einem internen Bedarf innerhalb der Produktion entstanden.

In Abhängigkeit von dieser Herkunft wird der Auftrag in der ViPR in unterschiedlichen Kategorien geführt. Handelt es sich um einen Auftrag externen Ursprungs - wie z. B. ein vom ERP übergebener Kundenauftrag - wird er dem **Operational Demand** zugeordnet; handelt es sich hingegen beispielsweise um einen innerhalb der Fertigung entstandenen Instandhaltungsauftrag, dem **Procedural Demand**.

Unabhängig von der Herkunft beinhaltet jeder Auftrag verschiedene Arbeitsgänge, sowie Daten bezüglich der für seine Durchführung benötigten Ressourcen (darunter Werkzeuge und Vorrichtungen aber auch benötigte Qualifikationen) und Materialkomponenten. Seine Durchführung wiederum resultiert aus einer Vielzahl an Ereignissen des Fertigungsprozesses. Daher wird der Auftrag als MBO in der ViPR mit den relevanten auf ihn oder einen seiner Arbeitsgänge Bezug nehmenden Ereignissen wie Arbeitsganganmeldungen und Arbeitsgangunterbrechungen aus der Kategorie **Events** verknüpft. Diese **Events** wiederum führen zu einer Aktualisierung des Auftragsstatus in der Kategorie **Online Projection**. Unter Rückgriff auf die im Auftrag angelegten Daten und Informationen der Kategorie **Events** kann eine Überführung und Bewertung der Events in berechnete Ergebnisse erfolgen, die in der Kategorie **Results** geführt werden.

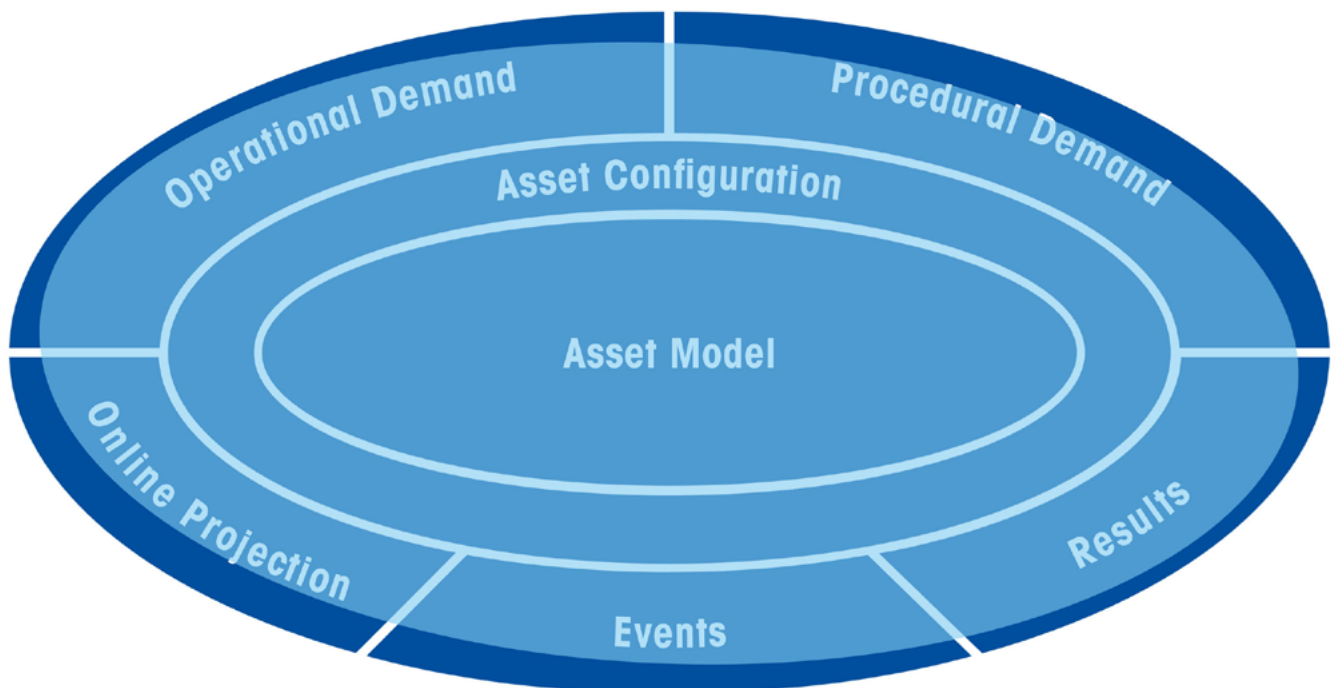


Abbildung 3-3: Verteilung des Objekts Maschine bzw. Arbeitsplatz zu den Kategorien der ViPR © MPDV

Die Maschine/der Arbeitsplatz: Die Maschine oder der Arbeitsplatz sind ein klassisches Beispiel für ein MBO der Kategorie **Asset Model**, das über Daten der Kategorie **Asset Configuration** mit zusätzlichen Informationen und Einstellungen angereichert wird. Als eines der zentralen Objekte in einer Fertigung finden sich die Daten des Arbeitsplatzes oder der Maschine auch in allen anderen Kategorien wieder. Beispielsweise sind im **Operational und Procedural Demand** Arbeitsgänge auf Arbeitsplätze oder Maschinen geplant. Daten der Kategorie **Events** werden mit direktem Bezug zum Arbeitsplatz oder einer Maschine erfasst oder mit diesen verknüpft. So wird der Maschinenstatus in der Kategorie Events geführt, ist aber mit dem

Asset Model und der Asset Configuration der Maschine verknüpft, da der Status sich auf die Maschine und ihre Konfiguration bezieht. Andere Events wie die Anmeldung eines Arbeitsgangs auf der Maschine stellen einen örtlichen und zeitlichen Bezug des Arbeitsgangs zur Maschine her. Diese, einen direkten Bezug auf das Asset Model Maschine oder Arbeitsplatz nehmenden Ereignisse führen wiederum zu einer Aktualisierung der Daten der Kategorie **Online Projection**, um den aktuellen Status des Assets abzubilden. Basierend auf diesem aktuellen Asset-Status und den das Asset betreffenden Events kann eine Überführung und Bewertung in berechnete, zeitraumbezogene Ergebnisse in der Kategorie **Results** erfolgen.

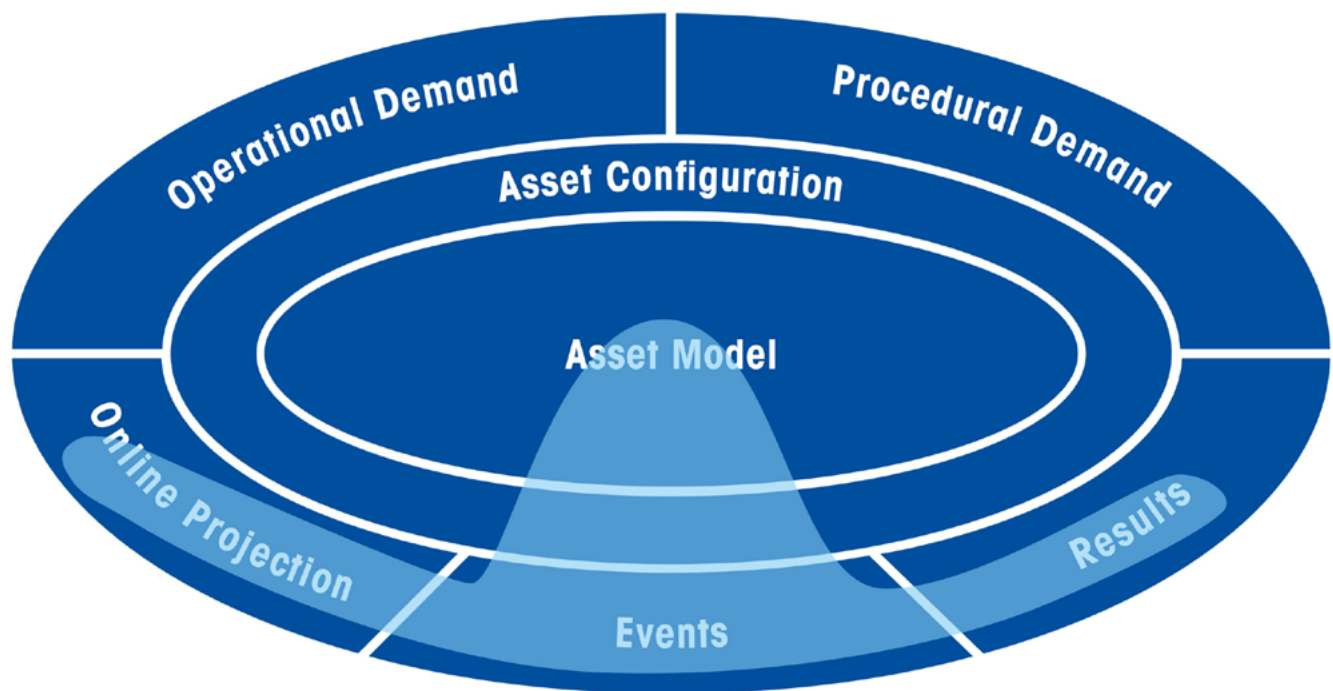


Abbildung 3-4: Verteilung des Objekts Materialcharge zu den Kategorien der ViPR © MPDV

Das Material: Das zur Produktion benötigte Material wie z. B. Rohstoffe, Halbfertig- und Fertigmaterialien wird organisatorisch in Form von Losen und Chargen in einer Produktion geführt. Die Daten, die das Material betreffen, werden in der ViPR in der Kategorie **Asset Model** abgebildet und durch Eigenschaften in der **Asset Configuration** ergänzt. Bei den Materialdaten handelt es sich meist um statische Informationen bezüglich des Materialstamms, wie z. B. die Materialnummer oder Bezeichnung, die aus dem ERP-System übernommen wurde.

Wird das Material in die Produktion eingebracht, löst es eine Vielzahl an Ereignissen aus, die in der Kategorie Events geführt werden. Diese wiederum führen vielfach zu einer

Aktualisierung der Daten der **Online Projection**. Hier werden die Bestände und der Status der ausgebrachten und für die Produktion bereitgestellten Materialien, Rohstoffe oder Zukaufteile bzw. ihrer Chargen und Lose verwaltet.

Daten der Kategorie **Events** beschreiben den Einsatz bzw. die Verwendung der Materialien. Ausgehend von diesen Events wie z. B. Zeiten, Orte oder einer Verbrauchsmeldung werden bewertende Daten in der Kategorie **Results** berechnet. Dies ermöglicht zum einen eine Rückverfolgung der Bestände und des Verbrauchs und bildet zum anderen die Datengrundlage für eine Rückmeldung an die bestandsführende ERP-Ebene.

3.2 Die MIP und RAMI 4.0

Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) beschreibt die Anforderung zur Spiegelung der physischen Welt der Fertigung in die Informationswelt, indem es eine serviceorientierte Architektur schafft, die alle Elemente der Fertigung und der zu ihrer digitalen Abbildung relevanten IT-Komponenten in einem Schichten- und Lebenszyklusmodell zusammenführt. Die unterste Schicht der durch RAMI 4.0 abgebildeten Industrie 4.0 Struktur repräsentiert die relevanten Gegenstände der physischen Welt - die Assets. Über die Ebene der Integration werden diese Assets in die digitale Informationswelt projiziert und erhalten so ihren digitalen Zwilling.

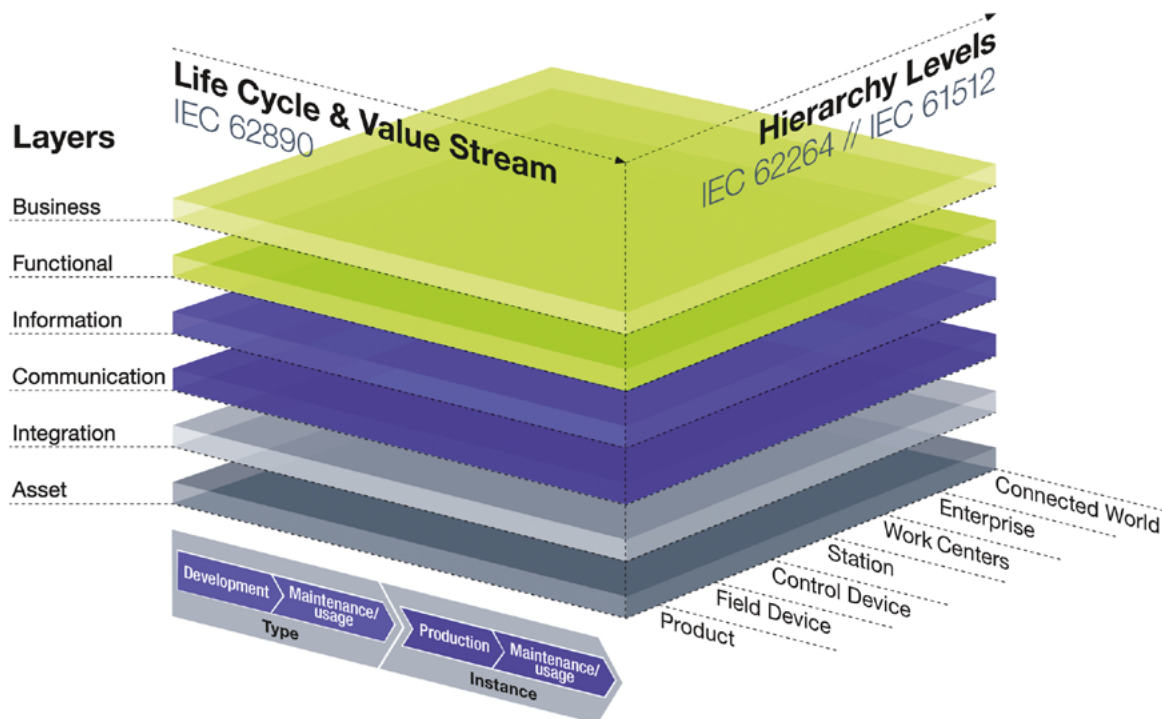


Abbildung 3-5: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 © Plattform Industrie 4.0

Die Informationswelt, die das projizierte Abbild der realweltlichen Assets aus der Fertigung beinhaltet, wird von RAMI 4.0 in die Modellwelt, die Zustandswelt und die Archivwelt, wie sie in Abbildung 3-6 dargestellt sind, unterteilt. Diese Unterteilung spiegelt den logischen Aufbau der ViPR in Form der Kategorien wie folgt wieder:

- Die ViPR differenziert die **Modellwelt** in Asset Model, Asset Configuration, Operational Demand und Procedural Demand.
- Die **Zustandswelt** nach RAMI 4.0 findet man in der ViPR in der Online Projection wieder. Die Zustände in der Online Projection resultieren aus den aktuellen Events.

- Die Persistierung der Events und Results sind das Pendant zur **Archivwelt** von RAMI 4.0, da sämtliche Meldungen als Originalmeldungen dauerhaft gespeichert werden. Dies erlaubt, ähnlich der Archivwelt, eine Rückverfolgung von Vorgängen und Ereignissen.

Die ViPR verwendet demnach eine Modellstruktur, die an die Gliederung nach RAMI 4.0 angelehnt ist, diese jedoch weiter verfeinert und damit eine genauere Strukturierung der Informationswelt ermöglicht.

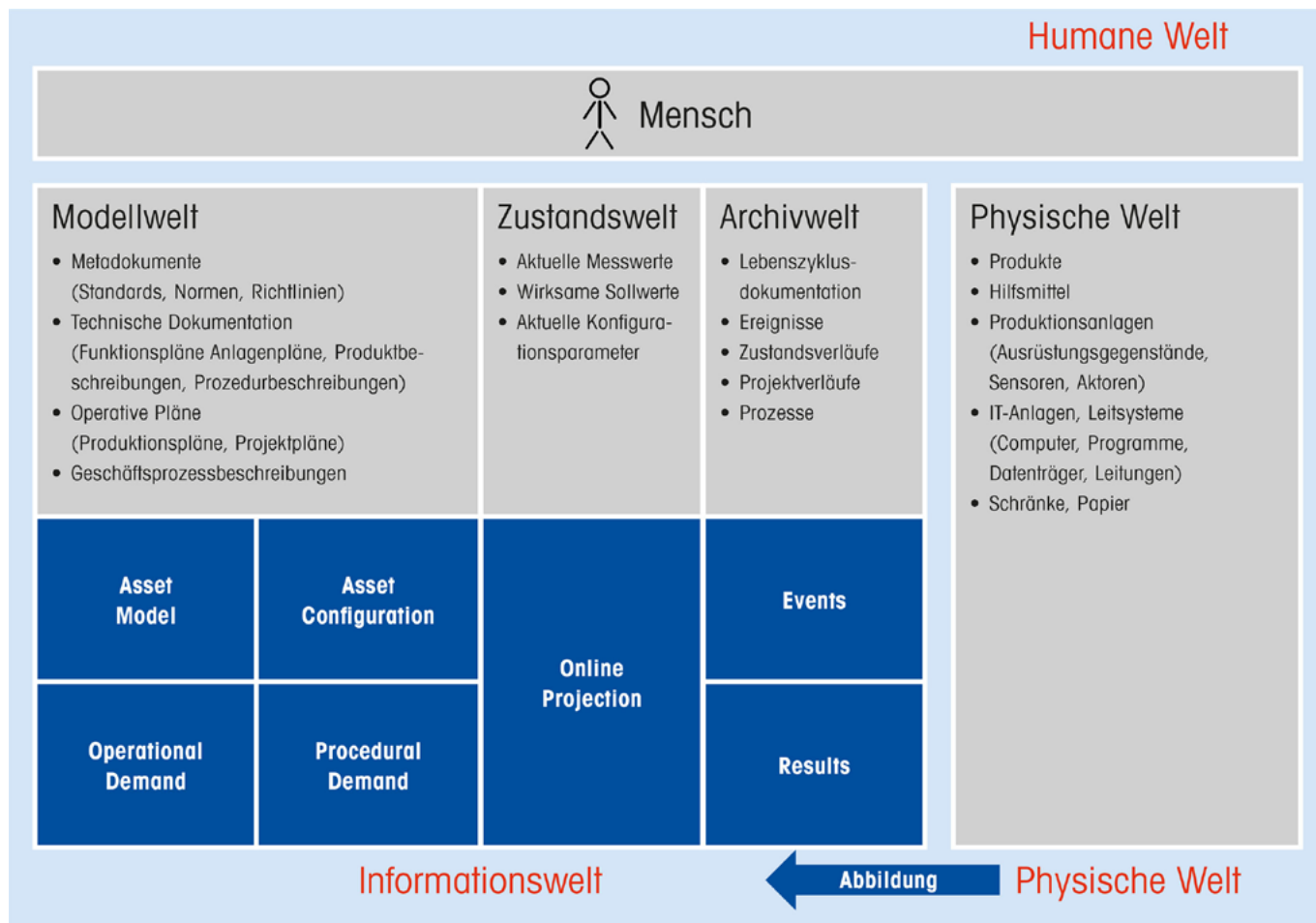


Abbildung 3-6: Gliederung der Objektwelt nach RAMI 4.0 und Zuordnung der ViPR-Kategorien © MPDV, VDI GMA FA 7.21, epple2013

3.3 Die Content Access Services (CAS) der MIP

Die Content Access Services der Plattform erlauben einen komfortablen Zugriff auf die Objekte in der Virtual Production Reality. Über die Services kann der Anwender unabhängig von der eigenen Entwicklungsplattform auf diese Objekte zugreifen. Die Services bilden damit eine Abstraktionsschicht zwischen den Daten in der Datenbank der ViPR und dem Zugriff aus den Anwendungen. Durch die Verwendung der Services muss der Entwickler bzw. Anwender nicht wissen, wo und wie ein virtuelles Objekt in der Datenbank tatsächlich verwaltet wird, über wie viele Tabellen es sich erstreckt und wie die Spalten heißen, sondern kann direkt mit der Abbildung seiner Fertigung beginnen.

Darüber hinaus stellen die Services mit ihrer einheitlichen Schnittstelle auch die Konsistenz der Daten sicher. Dies bedeutet, dass die Belegung von Schlüsselfeldern ebenso geprüft wird, wie die Vorbelegung bestimmter Felder mit einem Vorgabewert. Zusätzlich stellen die Content Access Services auch sicher, dass dort, wo zum bearbeiteten MBO ein übergeordnetes Objekt zwingend erforderlich ist, wie es z. B. bei einem Arbeitsgang, der nicht ohne einen Auftragskopf existieren kann der Fall wäre, diese Objekte auch existieren. Diese Mechanismen, die darauf ausgerichtet sind, konsistente Daten in der ViPR sicherzustellen, bilden und bieten auch die Grundlage für einen einfachen Umgang mit den Daten in der Virtual Production Reality durch Anwendungen unterschiedlicher Hersteller.

3.3.1

Die Abbildung der **CAS als Microservices**

Microservices basieren auf der einfachen Annahme, dass jede Anwendung in eine Vielzahl kleine, entkoppelte und abgeschlossene Dienste oder Aufgaben - die sogenannten Microservices - zerlegt werden kann. Es wird dabei davon ausgegangen, dass ein solcher Microservice aufgrund seines begrenzten Umfangs deutlich besser entwickelt, implementiert und getestet werden kann als eine größere Anwendung. Diese kleinen, unabhängigen Microservices, die über sprachunabhängige Programmierschnittstellen kommunizieren, können zu größeren, komplexeren Softwareanwendungen kombiniert werden.

Microservices basieren auf der einfachen Annahme,
dass jede Anwendung in eine Vielzahl **kleine,**
entkoppelte und abgeschlossene
Dienste oder Aufgaben -
 die sogenannten **Microservices -**
zerlegt werden kann.

Microservices ermöglichen somit einen einfachen, Programmiersprachen-unabhängigen Zugriff auf einfache, abgeschlossene und voneinander unabhängige Funktionen. Der Zweck solcher Microservices ist es, die Implementierungsdetails der enthaltenen Funktionen zu abstrahieren und damit eine konsistente Verarbeitung sicherzustellen. Durch die Bereitstellung vieler einfacher Microservices wird dem Nutzer somit die Möglichkeit gegeben, die von ihm gewünschte Anwendungslogik komfortabel und effektiv umzusetzen.

Die Content Access Services der MIP beruhen auf dem Konzept der Microservices. Daher bestehen die CAS aus vielen kleinen Services, die jeweils genau eine einzelne, abgeschlossene Funktion für den Anwender oder Entwickler bereitstellen. Neben den erforderlichen Konsistenzprüfungen für die Daten der MBOs und deren Default-Belegungen enthalten diese Services daher keine Anwendungslogik zur Abbildung der Fertigung. Diese entsteht erst durch die Verwendung der CAS indem zum Beispiel durch eine Abfolge von CAS-Aufrufen Abläufe in der Fertigung auf die ViPR projiziert werden.

3.3.2

API zum Zugriff auf die Objekte der ViPR

Die Content Access Services sind der Teil des **Application Programming Interface (API)** der Manufacturing Integration Platform, mit dem der Anwender auf die MBOs der ViPR zugreift. Ziel der API der MIP ist es, dem Anwender oder Entwickler einen komfortablen, möglichst einfachen Umgang mit der CAS und hierdurch Zugriff auf die Objekte der ViPR zu gewähren. Daher werden, um die CAS in die MIP einzubinden und ihre Funktionen für den Anwender nutzbar zu machen, aktuelle und gängige Technologien verwendet:

- **Verbindungstechnologie**, d. h. das technische Protokoll, das zur Kommunikation mit den Services der CAS genutzt wird: Die Plattform verwendet das Representational State Transfer Protokoll (REST), das in vielen vorhandenen Software-Architekturen – vor allem im Internet – als Infrastruktur genutzt wird.
- Die **Formatierung** der Daten für den Datenaustausch über die CAS nutzt das derzeit gängigste, zum Austausch von Daten verwendete Datenformat JavaScript Objekt Notation (JSON). Für dieses Format bieten eine Vielzahl an Programmiersprachen Funktionen, Frameworks und Libraries an.

Die Verwendung der aktuellsten und gängigsten Verbindungstechnologien und Datenformate durch die MIP ermöglicht das Zusammenwirken von Anwendungen unterschiedlicher Hersteller. Hierdurch sowie durch die offengelegte Semantik der Objekte kann der Entwickler darauf vertrauen, dass seine Software mit der Plattform und anderen, diese nutzende Anwendungen kompatibel ist.

Die Content Access Services stehen für die Objekte in der Virtual Production Reality zur Verfügung und erlauben dem Anwender oder Entwickler den Zugriff auf die Objekte sowie deren Verwaltung. Die Services enthalten somit die elementaren Methoden, um mit MBOs in der ViPR zu arbeiten. Es handelt sich hierbei um die Vorgänge Create, Read, Update und Delete. Sie ermöglichen das Anlegen, Lesen, Ändern und Löschen von Datensätzen. Aufgrund der Anfangsbuchstaben der englischen Bezeichnungen (**C**reate, **R**ead, **U**ppdate, **D**eleate) spricht man vielfach von sogenannten **CRUD-Services**.

Die Services zum Zugriff auf die Objekte der ViPR bilden eine Abstraktionsschicht für die physische Ablage der Objekte. Darüber hinaus stellen die Content Access Services zusätzliche Funktionalitäten bereit, die es dem Entwickler erleichtern, mit den Objekten zu arbeiten:

- Die Content Access Services stellen sicher, dass die referenzielle Integrität der ViPR gewährleistet ist, d. h. dass die Beziehungen zwischen den Objekten korrekt angelegt bzw. gepflegt werden. So wird beispielsweise das Erfassen eines Maschinenstatus für eine nicht vorhandene Maschine abgelehnt. Dieser Mechanismus stellt sicher, dass die Konsistenz der Daten der ViPR gewährleistet ist.
- Um die Verwendung der ViPR-Objekte für den Anwender einfach zu gestalten, setzen die CAS für bestimmte Objektattribute einen Vorgabewert, wenn kein Wert für das Feld beim Aufruf des Service übergeben wurde. Dies stellt sicher, dass die semantische Beschreibung der Objekte eingehalten wird und verbessert damit die Interoperabilität von Anwendungen unterschiedlicher Entwickler und Hersteller.

- Eine wichtige Funktionalität beim Pflegen von Objekten ist die Berechtigungsprüfung. Wird ein Objekt angelegt, geändert oder gelöscht, das über einen Verantwortungsbereich verfügt, prüfen die zugehörigen Services, ob der Benutzer für den übergebenen bzw. den eingetragenen Verantwortungsbereich berechtigt ist und das Objekt überhaupt anlegen, ändern oder löschen darf. Ist dies nicht der Fall, wird die Datenpflege mit einer passenden Fehlermeldung abgewiesen.
- Auch beim Lesen von Datensätzen werden die Berechtigungen des Benutzers für Verantwortungsbereiche verarbeitet. So sieht ein Benutzer beispielsweise nur die Daten der Personen, für die ihm die Berechtigungen zugewiesen wurden. Dies ist eine wichtige Funktion zur Gewährleistung des gesetzlich geforderten Datenschutzes.

Die Read-Services erlauben es, einen oder mehrere bestehende Datensätze aus den MBOs der ViPR auszulesen: Einzelne Datensätze eines Objekts können gezielt über das Schlüsselattribut selektiert und ausgelesen werden. Der Read-Service ermöglicht aber auch, eine Liste mit mehreren Einträgen anzufordern, die über Selektionskriterien für ausgewählte Attribute des Objekts gefiltert werden kann.

Um die Datenbearbeitung durch mehrere Benutzer zu synchronisieren, beinhaltet die CAS zusätzlich zu den einzelnen Update-Services jeweils einen **Lock- und einen Unlock-Service**. Diese erlauben es, einen Datensatz, der zur Bearbeitung in einer Benutzeroberfläche (GUI) aufgerufen wurde, für alle anderen Nutzer für die Dauer der Bearbeitung zu sperren und nach abgeschlossener Bearbeitung wieder zu entsperren. Während der Bearbeitungszeit wird die Zugriffssperrung allen anderen Benutzern, die zeitgleich einen Zugriff versuchen, angezeigt. Die CAS-Services bieten damit die notwendige Infrastruktur, um die Daten der ViPR-Objekte mit unterschiedlichen Clients, die auf eine Vielzahl an Endgeräten mit unterschiedlichsten räumlichen Positionen zu bearbeiten und hierbei sicher zu stellen, dass sich die Ergebnisse von Änderungen nicht gegenseitig überschreiben, wenn sie zeitgleich durchgeführt werden.

3.4

Die Shopfloor Connectivity Services (SCS)

3.4.1

Dynamik in der Digital Factory

Die Abbildung der Dynamik einer Fertigung in einer digitalen Fabrik ist eine der wesentlichen Aufgaben und Herausforderungen von Business-IT Systemen. Die Dynamik entsteht nicht durch die statische Komponente (Assets), sondern bedingt aus den Bewegungen des Operational Demand, also den Aufträgen oder sonstigen Anforderungen an die Fertigung. Diese Dynamik aus den Bewegungen und Aktionen im Shopfloor in der physischen Welt muss jedoch auch in der digitalen Welt nachgebildet werden, um eine vollständige Abbildung der Fertigung – die Digital Factory – zu erreichen.

In der ViPR wird diese,
sich aus den **Geschehnissen des Shopfloors ergebende
Dynamik, über die Events abgebildet. [...]**

über die Events wird die **Verbindung zwischen
der physischen Welt und dem
digitalen Zwilling hergestellt.**

Hierbei handelt es sich zum einen um die Nachführung des digitalen Status eines Objektes (unabhängig ob Asset oder Operational Demand oder welcher Kategorie in der ViPR das Objekt zugeordnet ist) abhängig von den Geschehnissen und Zustandsänderungen in der echten Welt. Zum anderen betrifft dies die temporäre Verknüpfung unterschiedlicher Objekte, die in der physischen Welt zur Erbringung einer Leistung bzw. Durchführung einer Tätigkeit zusammengeführt werden. Die Bandbreite der Objekte fängt hierbei bei den Maschinen und Arbeitsplätzen an und zieht sich über den Auftrag/Arbeitsgang, die handelnden Personen, das eingesetzte oder ausgebrachte Material usw. Je mehr Objekte abgebildet sind, um so umfassender und vollständiger ist das digitale Abbild.

In der ViPR wird diese, sich aus den Geschehnissen des Shopfloors ergebende Dynamik, über die Events abgebildet. Sie bilden die zentralen Stützpfeiler für die Nachführung der Status, Änderungen und Verknüpfungen an den beteiligten Objekten, abhängig von den Aktivitäten im Shopfloor. Die Events bilden damit die zentralen Ereignisse, über welche die Verbindung zwischen der physischen Welt

und dem digitalen Zwilling von Maschinen, Arbeitsplätzen, Aufträgen, Personen, eingesetzten bzw. ausgebrachten Materialien, Werkzeugen etc. hergestellt wird. Mit anderen Worten: über die Events wird die Verbindung zwischen der physischen Welt und den digitalen Zwillingen hergestellt und die Shopfloor Connectivity Services dienen hierfür unter anderem zum Transport dieser Information aus dem Shopfloor in die MIP.

Für die erfolgreiche Abbildung der physischen Welt in der digitalen ist die zeitnahe Bereitstellung der Events, durch ihre Quelle, eine wesentliche Voraussetzung. Aus der Sicht der Business-IT beispielsweise mag es unerheblich sein, ob die an sie rückgemeldeten Daten auf der Basis von Ereignissen ermittelt wurden, oder aber direkt als Ergebnissätze in die Results der ViPR bereitgestellt wurden. Für die Digital Factory ist die zeitaktuelle Bereitstellung und Verarbeitung der Events essentiell, ergibt sich doch erst auf diese Weise ein zeitaktuelles digitales Abbild. Erst so kann der Status der betroffenen Objekte in der Online Projection der ViPR aktualisiert werden, so dass dieser zu jedem Zeitpunkt ein genaues Abbild der Wirklichkeit liefert.

3.4.2

Shopfloor Connectivity Services im Detail

Die Shopfloor Connectivity Services der MIP bieten eine komfortable Verbindung zwischen der physischen Welt des Shopfloors und dem digitalen Zwilling der Fertigung in der ViPR. Sie sind zum einen auf die Überführung von Aktionen und Aktivitäten des Shopfloors in die Events des digitalen Zwillings ausgerichtet.

Zum anderen bieten sie über das **Information Provisioning** anwendungsgerechte Möglichkeiten zur Bereitstellung von Daten aus der ViPR für den Shopfloor. Hierbei kann es sich beispielsweise um die Bereitstellung von Produktionsfreigaben, Druckdaten (z. B. MHD, Kundeninformationen, etc.) aber natürlich auch Vorgabedaten und Programme für die Steuerung von Maschinen und Anlagen handeln.

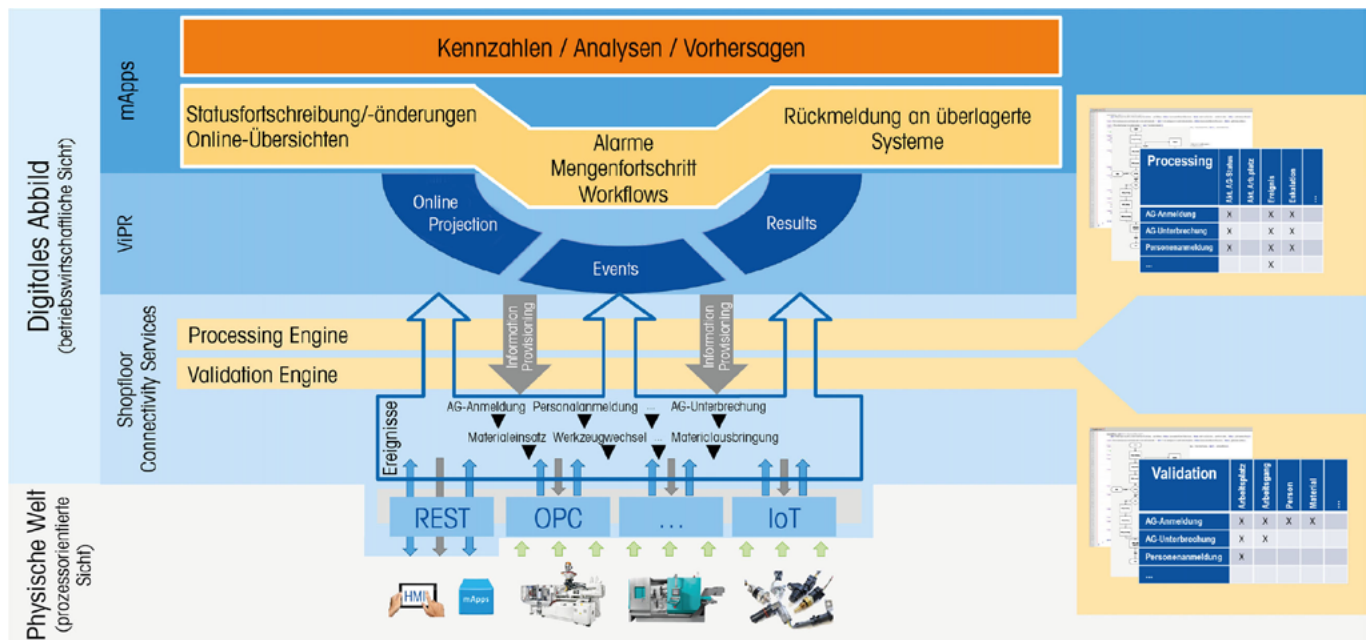


Abbildung 3-7: Schematischer Aufbau der Shopfloor Connectivity Services © MPDV

Die Shopfloor Connectivity Services bilden die Brücke zwischen der physischen Welt des Shopfloors mit ihrer prozessorientierten Sicht (in der schematischen Darstellung im unteren Bereich) und dem digitalen Abbild mit einer vorrangig betriebswirtschaftlich orientierten Sichtweise (in der schematischen Darstellung im oberen Bereich). Die physische Welt kann sich hierbei auf ganz verschiedene Arten darstellen und die Shopfloor Connectivity Services verwenden:

- Bedienpanels (HMI-Interfaces) oder Systeme im Shopfloor, welche über eine eigene Logik und gegebenenfalls auch Datenhaltung verfügen, können direkt über die Serviceschnittstelle angebunden werden.
- Für die Verwendung von OPC als Schnittstelle in Richtung Maschinen und Anlagen stehen heute eine Vielzahl an Mechanismen zur Verfügung, um die Rohdaten, wenn nötig, vor der Verwendung der Shopfloor Connectivity Services zu konsolidieren.
- Das IIoT und die für die Erfassung dieser umfangreichen Daten verwendeten Systeme und Plattformen im Shopfloor sind eine weitere Quelle für die Shopfloor Connectivity Services.

Neben diesen bereits dargestellten Möglichkeiten der Anbindung der physischen Welt an die MIP über die Shopfloor Connectivity Services existieren aus historischen Gründen noch eine Vielzahl an proprietären Anbindungsvarianten, insbesondere für Maschinenanbindungen, die jeweils eigene Protokolle und Inhalte für die Anbindung verwenden. Diese Anbindungen können über den Process Communication Controller (PCC) und seinen Treiberbaukasten hergestellt werden (siehe auch Kapitel 4 „Die Erweiterung der MIP durch Add-Ons“).

Durch die Fokussierung auf die Überführung der Geschehnisse in der physischen Welt der Fertigung in die digitale Welt bieten die Shopfloor Connectivity Services eine Reihe von Features, welche diese Überführung komfortabel erlauben.

So bieten die SCS die Möglichkeit, einen einzelnen Service, der aus Aktivitäten im Shopfloor resultiert, in möglicherweise mehrere Ereignisse aufzulösen. Auf diese Weise können die Handhabungs- oder Prozesspunkte in der physischen Welt auf verschiedene Objekte „umgelegt“ werden. Der Zusammenhang zwischen einem Service und den daraus aufzulösenden Events lässt sich flexibel und komfortabel an die eigenen Bedürfnisse anpassen, wie das folgende Beispiel darstellt.

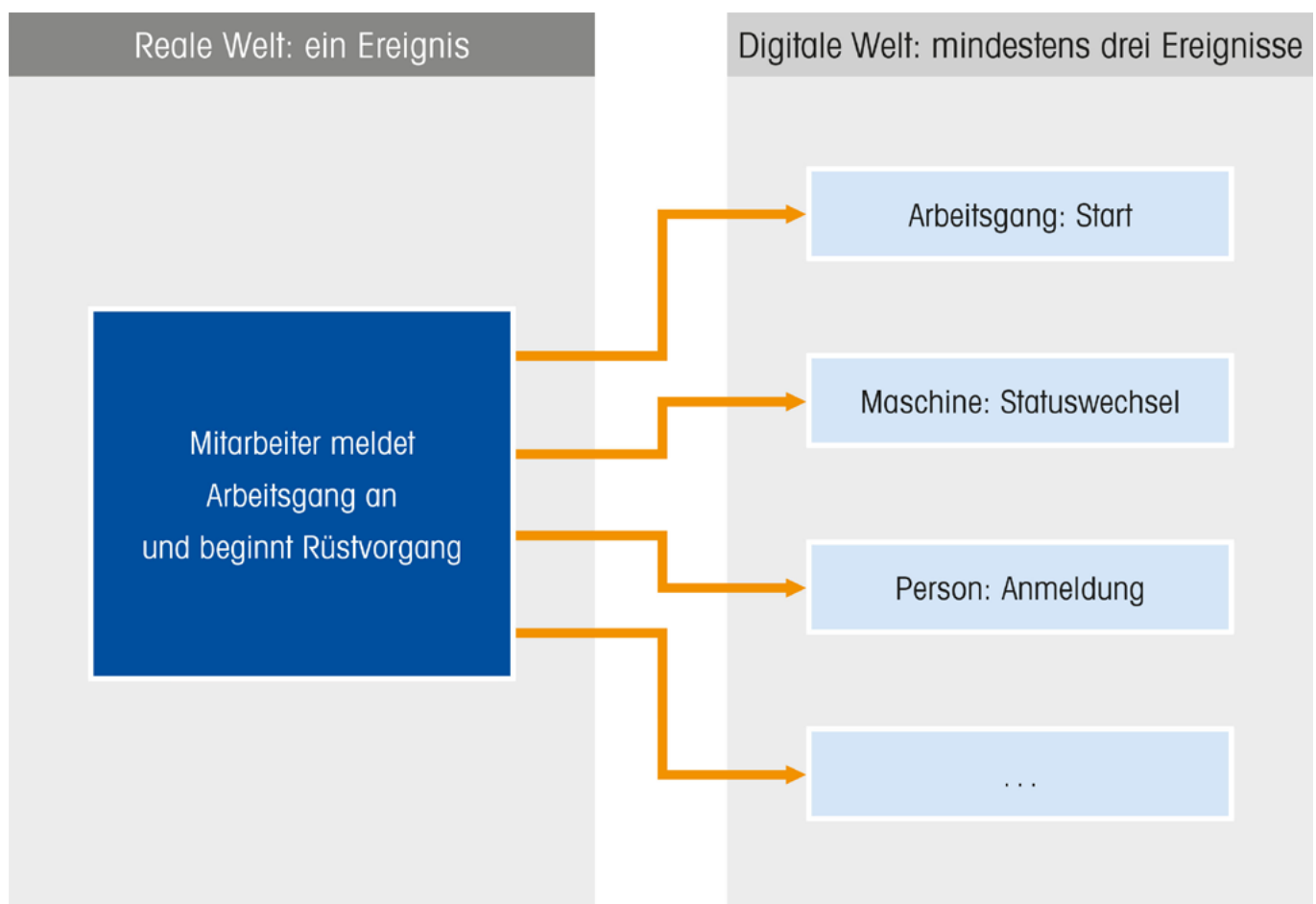
Beispiel Auflösung eines Service in mehrere Ereignisse:

Im Shopfloor wird an einer Maschine ein neuer Arbeitsgang begonnen. Hierbei handelt es sich um ein Ereignis, welches in die digitale Welt projiziert werden soll. Die Meldung wird durch einen Mitarbeiter abgesetzt. Zeitgleich mit dem Start des Arbeitsgangs beginnt der Rüstprozess an der Maschine.

Im Rahmen der Shopfloor Connectivity Services wird die Meldung des Arbeitsgangsstarts nun bedarfsorientiert in einzelne Events mit Bezug zu den jeweiligen Objekten aufgelöst:

- Es wird ein Event für den Start des Arbeitsgangs erzeugt
- Es wird ein Event für die Maschine erzeugt, um die Statusänderung auf den Rüststatus widerzuspiegeln
- Für die Anmeldung der meldenden Person wird ebenfalls ein Event erzeugt

Die Liste lässt sich mit der Betrachtung um das eingesetzte Werkzeug, das verwendete Material und weitere Objekte weiter fortsetzen.



Die Validation Engine der SCS erlaubt die Durchführung von Prüfungen bei der Verarbeitung eines Services. Hierdurch kann die Prozesssicherheit und Datenqualität erhöht werden. Hierbei kann es sich unter anderem um folgende Prüfungen handeln:

- Durchführung von Berechtigungsprüfungen (darf die meldende Person/Instanz die Meldung durchführen)
- Durchführung von Referenzprüfungen (ist das in der Meldung angegebene Objekt im System bekannt)
- Durchführung weiterer logischer und/oder betriebswirtschaftlicher Prüfungen (z. B. Prüfung auf Unter- und Überlieferung, Zulässigkeit der Verknüpfung verschiedener Objekte abhängig von bestimmten Kriterien etc.) durchzuführen

Die Processing Engine der SCS erlaubt die Steuerung der bedarfsbedingten und -orientierten Weiterverarbeitung der Daten eines Service. Sie ist die Schaltzentrale für die Übertragung der Aktivitäten der physischen Welt in die Welt der Digital Factory und übernimmt hierbei die folgenden Funktionen:

- **Übertragung in die Events der ViPR:** Durch die Events entsteht eine atomare Datengrundlage, aus der sich der Ist-Ablauf der Fertigung immer wieder neu ermitteln lässt. Dies bedeutet, dass sich aus den Events sowohl der aktuelle Status von Objekten als auch eventuelle Verknüpfungen in der Online Projection nachvollziehen lassen. Ebenso lassen sich die Ergebnisse in den Results durch erneutes „abspielen“ der Events in der chronologischen Reihenfolge (re-)konstruieren. Die Verarbeitung von Events bietet darüber hinaus umfangreiche Möglichkeiten einen Alarm auszulösen,

um auftretende Fehlentwicklungen schnell abstellen zu können. Die Integration mit dem Workflowmanagement erlaubt darüber hinaus den Anstoß von Workflows, basierend auf den Events und Alarmen.

- **Übertragung in die Online Projection der ViPR:** Durch Verarbeitung der Daten in die Online Projection lassen sich sowohl der aktuelle Status eines Objektes als auch die temporären Verknüpfungen zwischen verschiedenen Objekten aktualisieren, so dass die Online Projection immer ein aktuelles Abbild der physischen Welt darstellt. Hierdurch entsteht eine geeignete Datengrundlage für die Bereitstellung von Online-Übersichten, welche dem Anwender immer den aktuellen Zustand der Fertigung widerspiegeln.
- **Übertragung in die Results der ViPR:** Die Results der ViPR stellen bewerte Ergebnisse dar. Die Bewertung erfolgt in einem ersten Schritt fertigungsorientiert und stellt vielfach die Datengrundlage für die Rückmeldung an überlagerte Systeme dar.

Welche Verarbeitungen bezogen auf die Services und Objekte notwendig sind, liegt im Ermessen des Anwenders der MIP und richtet sich an den Anforderungen aus. Die Verarbeitung kann sowohl synchron als auch asynchron durchgeführt werden. Ebenso wie die Validation Engine bietet die Processing Engine unterschiedliche Sichten an, um diese Verarbeitung zu steuern.

Durch die Verarbeitung der Daten und Verwaltung der Daten in den Events, der Online Projection und den Results der ViPR steht eine Datengrundlage zur Verfügung, welche neben den bereits beschriebenen Anwendungsfällen auch die Berechnung von Kennzahlen (KPIs) zur Bewertung der Fertigung, Analysen oder Vorhersagen erlaubt.

Das **Information Provisioning** der Shopfloor Connectivity Services bietet dem Anwender **umfangreiche Möglichkeiten** **zur Versorgung des Shopfloors** und der im Shopfloor **betriebenen Anwendungen** **mit Daten aus der ViPR.**

Der Shopfloor ist jedoch nicht nur Datenlieferant für den digitalen Zwilling, sondern benötigt vielfach auch Daten, um diese den menschlichen Akteuren oder Maschinen und Anlagen zur Verfügung zu stellen. Das **Information Provisioning** der Shopfloor Connectivity Services bietet dem Anwender umfangreiche Möglichkeiten zur Versorgung des Shopfloors und der im Shopfloor betriebenen Anwendungen mit Daten aus der ViPR. Die Anwendungsszenarien für die Verwendung dieser Daten sind umfangreich. Einige mögliche Szenarien werden hier exemplarisch, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, aufgezählt:

- **Transfer von Fertigungssteuerungsdaten in Anwendungen im Shopfloor (z.B. HMI und andere Systeme):** Bereitstellung von Informationen wie den Ergebnissen einer Feinplanung oder der Werkstattsteuerung für den Shopfloor und damit zum Beispiel Vorgabe einer Reihenfolge, in welcher Aufträge und Arbeitsgänge abgearbeitet sind.
- **Bereitstellung von Objekten der ViPR zur Verwendung als Auswahllisten:** Die Erfassung von Daten in der Fertigung erfordert vielfach eine zusätzliche Attribuierung und Klassifizierung der erfassten Information. Zur Vermeidung von Fehleingaben und zur Vereinheitlichung der dabei erfassten Daten können über das Information Provisioning Daten diverser Objekte der ViPR als Wertevorrat zur Verwendung in Auswahllisten bereitgestellt werden.
- **Bereitstellung diverser Daten für den Etikettendruck:** Im Rahmen des Etikettendrucks sind vielfach umfangreiche Daten erforderlich, insbesondere wenn es sich um Endkundenlabels handelt. Diese können über die Mechanismen des Shopfloor Information Provisioning komfortabel aus der ViPR zusammen- und dem Shopfloor zur Verfügung gestellt werden.
- **Bereitstellung von Programmen für angebundene Maschinen und Anlagen:** Neben der Versorgung mit anwendungs- oder prozessbezogenen Daten ist die Bereitstellung von Programmen für die Maschinen des Shopfloors ein weiterer wesentlicher Anwendungsfall.

3.4.3 Kategorisierung der SCS

Die Services der SCS beziehen sich in der Regel auf ein bestimmtes Manufacturing Business Object wie sie im vorangehenden Beispiel die Maschine, der Arbeitsgang und die Personen darstellen. Daher ist eine Kategorisierung der Shopfloor Connectivity Services nach dem auslösenden Objekt bzw. den MBOs der Objekte sinnvoll, auch wenn die aufgelösten Ereignisse dann mehrere Objekte betreffen können. Nachfolgend sind die wichtigsten MBOs, auf die sich die Services beziehen, sowie Beispiele für die von den jeweiligen Services erfassten Ereignissen abgebildet:

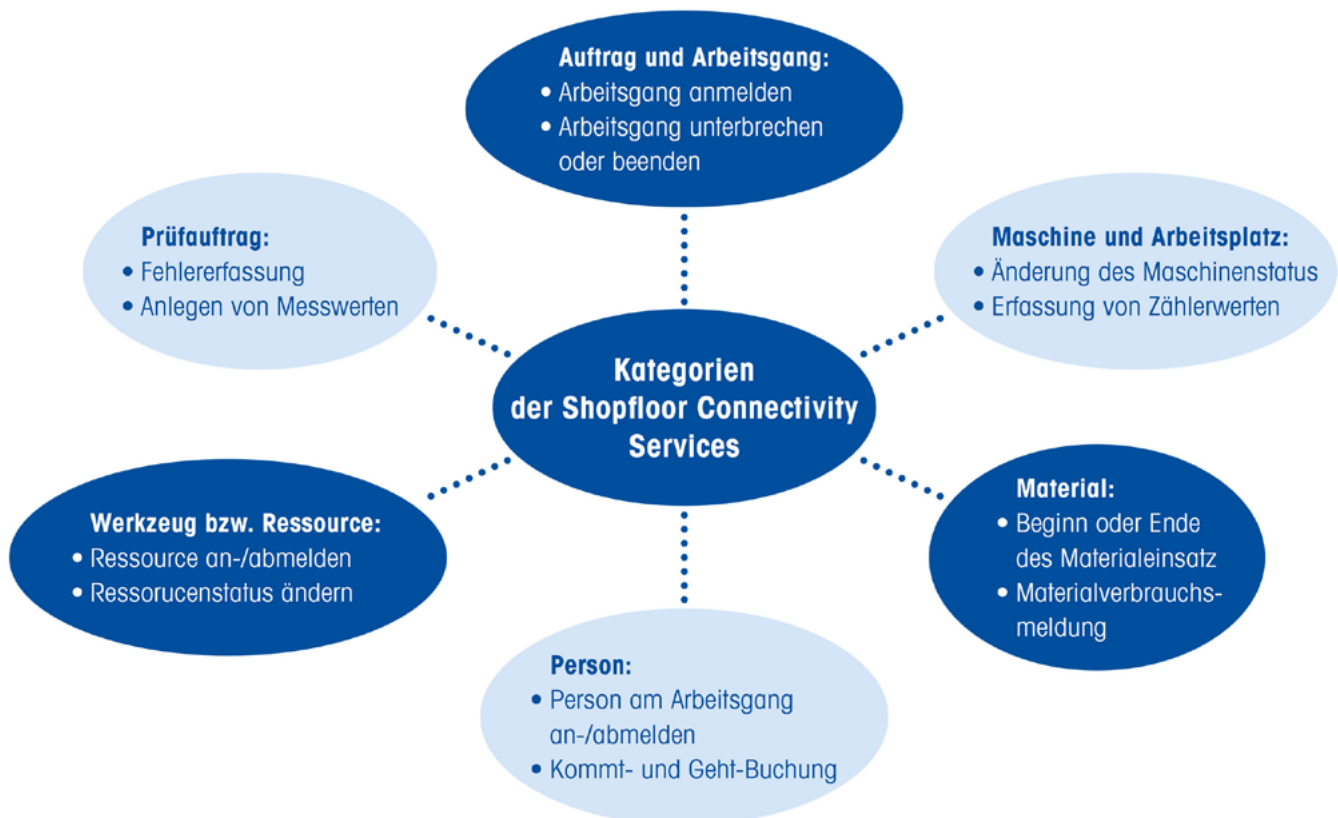


Abbildung 3-9: Kategorisierung der SCS © MPDV

3.5

Die Enterprise Connectivity Services (ECS)

Die Enterprise Connectivity Services (ECS) erlauben die Integration der Plattform in die bestehende Infrastruktur der Business-IT. Sie bieten dem Anwender so die Möglichkeit, Information aus bestehenden Business-IT Systemen direkt zu übernehmen oder anders herum die Business-IT direkt mit Informationen aus der Fertigung zu versorgen. Dabei besteht die Expertise der Enterprise Connectivity Services darin, dass die Informationen nicht erst mühsam aufbereitet werden müssen. Vielmehr gewährleistet die ECS, dass Business-IT Systeme und Plattform das gleiche einheitliche Verständnis von den Objekten und somit den ausgetauschten Daten besitzen.

Die Enterprise Connectivity Services (ECS) erlauben die **Integration der Plattform** in die **bestehende Infrastruktur** der **Business-IT.**

Zu diesem Zweck unterstützt die ECS eine Reihe von verschiedenen Mechanismen zur Anbindung von Systemen der Business-IT, da diese häufig über sehr heterogene Möglichkeiten zur Integration verfügen, die sich wie folgt darstellen:

- Viele Systeme der Business-IT sind nicht in der Lage über REST-Services zu kommunizieren. Für eine Integration dieser Systeme stellt die MIP entsprechende Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle bereit.
- Einige Systeme haben eigene, spezifische Kommunikationsformen und Datenformate wie z. B. SAP mit IDoc und RFC. Für diese Kommunikationsformen und Datenformate stellt die ECS für die MIP passende Adapter bereit.
- Viele Systeme besitzen eigene Datenstrukturen. Diese müssen auf die Strukturen der ViPR und ihrer MBOs überführt werden.

Die ECS bietet deshalb erstens unterschiedliche Kommunikationsarten wie **REST, Datei, IDoc** und weitere für die Eingangs- und Ausgangskommunikation mit der Business-IT. Zweitens stellt die ECS Funktionen zur Verfügung, um abweichende Datenstrukturen auf die Strukturen der Plattform oder umgekehrt auf die der Business-IT zu übertragen. Ersteres erlaubt eine nahtlose Kommunikationsanbindung für den Informationsaustausch und zweiteres ein einheitliches Verständnis der ausgetauschten Informationen von beiden Systemen.

Des Weiteren stellen die Enterprise Connectivity Services auch Funktionen zur Verfügung, die es erlauben, den Kommunikationsfluss mit den Systemen der Business-IT zu überwachen und ausgehende Daten im Fall der Nichterreichbarkeit des Kommunikationspartners zwischenspeichern, sodass die Integrität des Informationsflusses gewährleistet ist.

3.5.1

Die Kategorisierung der **Enterprise Connectivity Services (ECS)**

Die Enterprise Connectivity Services lassen sich sowohl hinsichtlich der Richtung des Datentransfers als auch bezogen auf die auszutauschenden Daten kategorisieren. Aus der Richtung des Datentransfers zwischen MIP und Business-IT ergibt sich eine Kategorisierung des Datentransfers in MIP Inbound und MIP Outbound. Da sich der Inhalt dieses Datenaustauschs für beide Richtungen meist auf ein Objekt bezieht, z. B. den MIP Inbound Transfer eines Auftrags aus einem ERP an die ViPR, so erfolgt eine Kategorisierung bezüglich der Transferinhalte anhand der den Transfer auslösenden Objekte.

Die Enterprise Connectivity Services

lassen sich sowohl hinsichtlich

der Richtung des Datentransfers

als auch bezogen auf die

auszutauschenden Daten kategorisieren.

So ergibt sich die Kategorisierung der Enterprise Connectivity Services wie folgt:

Inhalte des Datenaustauschs: Die Inhalte des Datenaustauschs der ECS beziehen sich in der Regel auf ein bestimmtes MBO, sodass eine Kategorisierung der Services nach dem auslösenden Objekt sinnvoll ist. Die wichtigsten Objekte, auf die sich die Services beziehen sind Auftrag, Material, Personal, Prüfauftrag, Reklamation, Werkzeug und weitere Ressourcen.

Richtung des Datentransfers zwischen MIP und externer Business-IT dargestellt mit den wichtigsten, den Transfer auslösenden Objekten und den meist verwendeten Kommunikationsformen:

MIP Inbound: Im Fall des Datentransfers von der Business-IT in Richtung der MIP handelt es sich in vielen Fällen um die Übergabe von Vorgaben (Demands) oder die Bereitstellung von Stammdaten:

- Auftrag und Arbeitsgang über den MIP-Standardservice mit Unterstützung für SAP PP-PDC
- Materialbestand in unterschiedlichsten Formen wie Los- oder Chargengröße, sowie mit den notwendigen Zusatzdaten erfolgt über den MIP-Standardservice mit umfangreicher Unterstützung der MBO-Struktur
- Werkzeuge und Ressourcen sowie die Ressourcenstammdaten und Ressourcenstücklisten

- Personalstammdaten und Kontostände der einzelnen Personen mit Unterstützung für SAP HR-PDC
- Die Vergabe von Stempelberechtigungen für die Personalzeiterfassung und von Zutrittsberechtigungen für die Zutrittskontrolle
- Prüfplan mit Merkmalen
- Organisatorische Objekte des Firmenkatalogs mit Kunden-, Lieferanten- und Herstellerdaten

MIP Outbound: Der Datentransfer aus der MIP in Richtung der Business-IT ist vielfach durch die Rückmeldung von Daten oder Ergebnissen der Fertigung gekennzeichnet:

- Aufträge und Arbeitsgänge mit Lohnscheinrückmeldung und Unterstützung für SAP PP-PDC
- Materialbestände und auf sie bezogene Materialbewegungen unterstützt SAP MM-MOB
- Ressourcen wie bewertete Maschinendaten und Maschinenstatusprotokollsätze
- Personalstammdaten wie PZE-Stempelungen, Monatslohnarten, Fehlzeiten sowie Unterstützung für SAP HR-PDC
- Prüfaufträge mit Prüfauftragsergebnissen mit Unterstützung für SAP QM-IDI

3.5.2

Technischer Aufbau, Datenformate und Kommunikations- protokolle der ECS

Die Enterprise Connectivity Services unterstützen mehrere Kommunikationstechnologien, um die große Bandbreite an Herausforderungen, wie sie am Kapitelanfang beschrieben wurden, abdecken zu können. Die aus diesen entstehenden Anforderungen reichen von einfachen Dateitransfers über Service-Aufrufe bis hin zur spezifischen Implementierung, wie sie für die SAP-Anbindung von der Plattform bereitgestellt werden. Die zur Bewältigung dieser Anforderungen verwendete Technologie in Form von Dateiformaten, Kommunikationsprotokollen und Schnittstellen stellt sich wie folgt dar:

Die Enterprise Connectivity Services

unterstützen mehrere

Kommunikationstechnologien,

um die große Bandbreite an **Herausforderungen [...] abdecken zu können.**

Dateitransfer: Der Dateitransfer kann als die einfachste Form des Datenaustauschs betrachtet werden. Er wird von vielen Systemen der Business-IT eingesetzt. Innerhalb der transferierten Dateien können die Inhalte in unterschiedlichem Format wie z. B. Fixed-length, CSV und XML vorliegen. Darüber hinaus können die Daten in verschiedenen Zeichensätzen, bezeichnet als Codepages (UTF-8, CP-1250, CP-1251), bereitgestellt werden. Die MIP unterstützt den Datentransfer in all den genannten Formaten und Zeichensätzen.

SAP IDoc und Transactional RFC (tRFC): In der Kommunikation mit SAP (R/3, ECC, S/4HANA) wird vielfach auf eine IDoc-basierte Kommunikation zurückgegriffen. Die IDocs sind Container für den Datenaustausch zwischen Systemen. Sie können einfache Strukturen oder auch mehrstufige Hierarchien abbilden und fassen Daten durch sogenannte Datensegmente zu logischen Einheiten zusammen.

Sie bilden also eine Art Klammer um die logisch zusammenhängenden Datenstrukturen und ermöglichen es so, mehrere dieser Einheiten logisch zusammenhängend zu übertragen. Obwohl jeder IDoc einem definierten Datentyp bzw. einer Struktur entspricht, ist das technische Format unabhängig vom Inhalt oder dessen Typen.

REST: Das REST Protokoll ist die „State of the Art“-Technologie für Serviceaufrufe zwischen Systemen. Die MIP und somit auch die Enterprise Connectivity Services unterstützen den Aufruf von Services über dieses Protokoll.

Datenbankbasierte Schnittstelle: Eine datenbankbasierte Schnittstelle erlaubt die Bereitstellung von Daten aus externen Systemen an die MIP über eine Datenbanktabelle. Hierzu wird sowohl die Datenbankstruktur selbst als auch der Mechanismus des Datenaustauschs von der MIP offengelegt und beschrieben.

3.6

Die IIoT-Connectivity der MIP

In Kapitel 1.3 Die Manufacturing Integration Platform und das Industrial Internet of Things wurde der tiefgreifende Wandel, dem sich auch die Fertigungs-IT durch die Ausbreitung des IoT und IIoT gegenüber sieht, aufgegriffen. Bisher war die Fertigungs-IT durch Kommunikation von IT-Systeme wie z.B. ERP, MES, WMS, LVS etc. untereinander geprägt. Durch die Entwicklung des IIoT treten jetzt internetfähige Assets (auch Devices oder schlicht Dinge genannt) in den Vordergrund – sowohl als Datenquellen als auch als Datenkonsumenten. Das IIoT ist somit zumindest das Hintergrundrauschen zur Auflösung der klassischen Automatisierungspyramide (siehe Kapitel 1.1 Die Evolution der Fertigungs-IT), wenn nicht sogar deren Hauptmelodie.

Das IIoT ist [...] zumindest das **Hintergrundrauschen zur Auflösung der klassischen Automatisierungspyramide** (siehe Kapitel 1.1 Die Evolution der Fertigungs-IT), **wenn nicht sogar deren Hauptmelodie.**

Schaut man sich an, um welche Assets oder Dinge es sich dabei handelt, ergibt sich eine schier endlose und unvollständige Liste:

- **Zahlreiche Sensoren**, die zusätzlich zu den bestehenden Maschinensteuerungen in die Maschinen und Anlagen integriert werden, um Geschwindigkeiten zu messen, die Luftfeuchtigkeit, den Luftdruck oder die Temperatur bzw. um Vibrationen aufzuspüren und vieles mehr.
- Die Digitalisierung im Bereich der Inter- und Intra-logistik bindet eine Vielzahl **logistischer Assets** in das Internet ein – angefangen von Boxen, Kisten und Paletten über Fahrerlose Transportsysteme (FTS) bis hin zu Gabelstaplern, die jeweils ihre individuelle und eindeutige Identifikationsnummer kennen und den Inhalt, den sie transportieren. Bei Einsatz von GPS-Erweiterungen verfügen diese auch über ihre genaue Position in der Fertigung.
- **Intelligente Werkstücke** kennen nicht nur ihre Identifikationsnummer, sondern wissen auch, wo sie herkommen. Zu diesen Informationen gehört nicht nur das Wissen darüber an welchen Maschinen und Stationen sie bereits bearbeitet wurden, welche Prozesswerte dort vorlagen und welche Einzelstücke oder Chargen in sie verbaut wurden, sondern auch, wo sie im Verlauf des weiteren Produktionsprozessen noch hinwollen oder müssen und welche Anforderungen sie an diese Stationen haben.
- **Intelligente Werkzeuge** kennen ihre Eigenschaften und ggf. auch ihren Lebenszyklus. Abhängig von den physischen Gegebenheiten können auch Werkzeuge bereits Sensoren beinhalten, die bei der Bewertung der durch sie erbrachten Bearbeitung wertvolle Daten liefern. Ein weiterer Aspekt hierbei betrifft die Übernahme von Vorgabedaten in das Werkzeug als Sollwerte für die bevorstehende Bearbeitung.
- **Energiesensoren** erlauben eine feingranulare Leistungserfassung von Energieverbrauchern sowohl mit dem Zweck der Aufzeichnung und Auswertung dieser Daten als auch mit dem Ziel, Unregelmäßigkeiten bei der Leistungsaufnahme frühzeitig erkennen zu können.

In der MIP wird der Kontext und die Beziehungen der Objekte untereinander abgebildet bzw. repräsentiert – aus semantischer, logischer und betriebswirtschaftlicher Sicht. Unter Kontext im IT-Umfeld wird hierbei jede Art an Information verstanden, die dazu verwendet werden kann, die Situation einer Entität in Interaktion mit anderen Entitäten zu charakterisieren. Durch die IIoT-Connectivity stellt die MIP die Möglichkeit zur Verfügung, die Verbindung der realen Objekte mit deren logischen und digitalen Repräsentanten herzustellen oder zu synchronisieren und so die lokale Sicht des Objektes um betriebswirtschaftliche Zusammenhänge zu ergänzen. Hierbei werden modernste Technologien verwendet, welche die hohen Sicherheitsanforderungen von Fertigungsunternehmen bei der Integration mit dem IIoT berücksichtigen.

Veranschaulichen wir dies an einem einfachen Beispiel:

- Ohne Verknüpfung mit dem digitalen Zwilling in der ViPR ist das Asset ein Datenlieferant, gekennzeichnet durch eine eindeutige MAC-Adresse und die Fähigkeit zur Bereitstellung bestimmter Daten(-punkte).
- Durch die Verknüpfung mit dem digitalen Zwilling in der ViPR wird aus diesem Asset plötzlich eine Maschine:
- Eine Maschine, die eine bestimmte Technologie beherrscht, der bestimmte Fähigkeiten zugeordnet sind und die einen bestimmten Status hat.
- Eine Maschine, auf die Arbeitsgänge zur Produktion bestimmter Artikel in einer vorgegebenen Reihenfolge geplant sind.
- Eine Maschine, die weiß, welcher Arbeitsgang aktuell mit welchem Werkzeug, welchen Einsatzmaterialien an ihr gefertigt wird und welche Person(en) diese Fertigung durchführen.

Dieses Beispiel lässt sich auf jedes Asset aus der unvollständigen Liste oben anwenden – immer entsteht der Kontext erst durch die Verknüpfung mit dem digitalen Zwilling des Assets, dessen semantische Beschreibung und die Einbettung in die Gesamtheit des digitalen Zwillings der Fertigung.

Kontext für den digitalen Zwilling



Abbildung 3-10: Darstellung der Verbindung zwischen dem physischen Asset (Maschine) über den Netzwerkstecker mit dem Internet/Netzwerk und damit der MIP, speziell der ViPR und der Kontextbildung in der ViPR für den digitalen Zwilling des physischen Assets

© MPDV, kubais/stock.adobe.com, sreelsen/stock.adobe.com, Parris Cope/stock.adobe.com

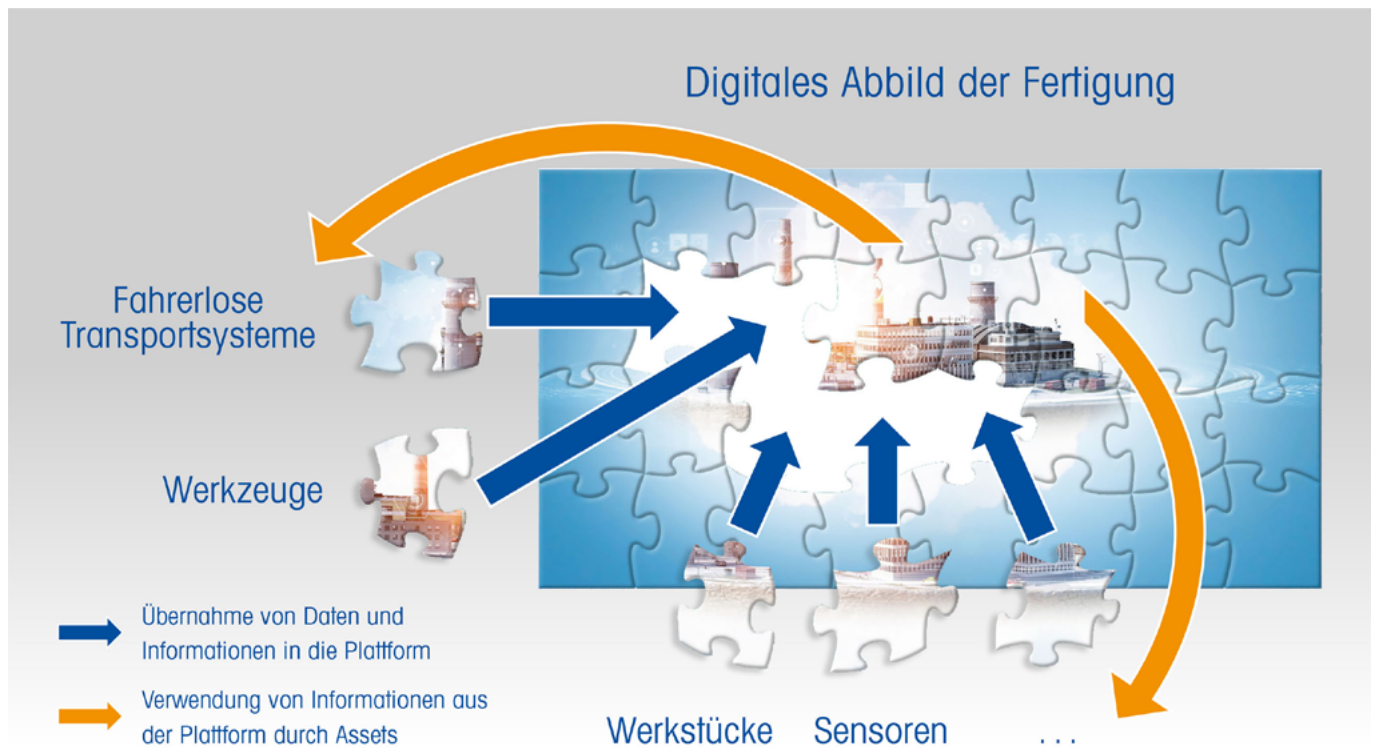


Abbildung 3-11: Entstehung des digitalen Abbilds der Fertigung durch Integration vielfältiger Daten und Informationen aus unterschiedlichen Quellen und Bereitstellung von Informationen für die Dinge des IIoT © MPDV, Sergey Nivens/stock.adobe.com

Die MIP stellt eine Plattform dar, in der ein digitales Abbild der Fertigung entsteht, welches von vielen Teilnehmern des IIoT gemeinsam erstellt und verwendet werden kann. Denn neben der Aufnahme und Aktualisierung von Informationen der Assets benötigen diese möglicherweise Daten und Informationen zur Erbringung ihrer Leistung. Durch das vollständige digitale Abbild der Fertigung in der ViPR liegen diese Informationen in der Plattform vor und können den Assets bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden. Beispiele für möglicherweise von Assets benötigten Informationen sind

- Welches ist der nächste Auftrag bzw. Artikel?
- Wo ist ein Transportbedarf entstanden oder entsteht demnächst ein Transportbedarf?
- Welche Vorgabedaten sind mit diesem zu produzierenden Artikel verbunden?
- Ist die Kreditlimitprüfung für diesen Kunden positiv und kann deshalb mit der Produktion begonnen werden?
- Stehen alle benötigten Materialien zur Verfügung?

Mit der MIP steht eine Plattform zur Verfügung, welche die digitalen Repräsentanten des IIoT verwaltet und die als Informationsdrehscheibe für die vielen intelligenten Assets dient. Um welche Daten geht es hierbei:

- **Assets** – die digitalen Repräsentanzen der physischen Objekte in der Fertigung
- **Schedule- und organisatorische Vorgabedaten**, die zur Steuerung der Produktion benötigt werden (was soll gefertigt werden?), aber auch technische Vorgaben wie Einstelldaten oder NC-Programme etc.
- **Statusdaten** - um das umfassende digitale Abbild der Fertigung aktuell verfügbar zu haben
- **Informationen und Daten aus vorherigen Produktionsschritten und Erfahrungen**, um diese als Grundlage für Vorschläge oder Prognosen bezogen auf anstehende Entscheidungen zu verwenden

Die MIP sorgt für die Integration des IIoT, indem sie viele kleine Ausschnitte des digitalen Bildes der Produktion aufnimmt und zu einem umfassenden Bild zusammensetzt und zusätzlich den Assets die Möglichkeit bietet, beliebig große Teile des digitalen Bildes der Produktion abzufragen und zu verarbeiten. Dieser Zusammenhang ist anschaulich in Abbildung 3-11 dargestellt.

3.7

Die User Management Services (UMS) der MIP

Die Bereitstellung einer Plattform geht einher mit der Notwendigkeit, den Zugriff der Anwender und Entwickler auf Funktionen und Daten der Plattform gezielt steuern zu können. Die hierfür notwendigen Funktionalitäten und Mechanismen übernehmen die User Management Services der Plattform. Unter anderem bieten die UMS dem Anwender eine Benutzerverwaltung und erlaubt es, diesen Berechtigungen im Einzelnen oder Profile, in Form von Funktionsprofilen oder Verantwortungsbereichen, festzulegen. Des Weiteren können Kennwortrichtlinien erstellt und deren sichere Gestaltung über Passwortausschlusslisten geregelt werden. Zusammen mit dem General Security Services GSS ist so die Sicherheit der Plattform nach außen und der verantwortungsvolle Umgang mit den Daten innerhalb der Plattform gewährleistet.

Im Folgenden werden die Mechanismen und Funktionen der User Management Services (UMS) im Einzelnen vorgestellt und ihre Bedeutung für den Anwender erläutert.

Benutzerverwaltung: Die Benutzerverwaltung erlaubt es, Benutzer der Plattform anzulegen, zu verwalten und zu pflegen, denen der Zugriff auf die Plattform und ihre Daten gewährt wird. Über das MIP Add-On Active-Directory-Integration, das näher im Kapitel 4 beschrieben wird, kann eine Integration der Benutzerverwaltung mit einem zentral verwalteten Active-Directory erfolgen. Dies erlaubt die nahtlose Integration einer externen Benutzerverwaltung und der in ihr definierten Zugriffsrechte und Benutzer in die MIP. So müssen für die Plattform keine neuen Benutzer angelegt werden, sondern können aus bereits bestehenden Business-IT Lösungen integriert werden.

Funktionsberechtigungen und -profile: Über Funktionsberechtigungen wird für die Benutzer der Zugriff auf Funktionen und Anwendungen und die Erlaubnis diese auszuführen verwaltet.

Dabei können einerseits individuelle Funktionsberechtigungen für einzelne Funktionen und Anwendungen vergeben werden, andererseits ist es auch möglich, Funktionsprofile in Form von Sammlungen von individuellen Funktionsberechtigungen anzulegen. Änderungen an den Profilen wirken sich dann auf alle Benutzer aus, denen dieses Profil zugeordnet wurde.

Um über die UMS die Zugriffsberechtigung auf Services der MIP zu verwalten sind die Aufrufe der Content Access Services (CAS) über eine Funktionsberechtigung geschützt. Hierüber kann gesteuert werden, welcher Benutzer welche Services aufrufen und verwenden darf und somit auf welche Inhalte der Plattform er zugreifen kann.

Zusätzlich zu den beschriebenen Pflegefunktionen stellt die MIP Services zur Verfügung, über die aus eigenentwickelten Anwendungen heraus Funktionsberechtigungen geprüft werden können.

Verantwortungsbereiche und -profile: Über Verantwortungsbereiche wird der Zugriff auf die Daten im Sinne der Sichtbarkeit und Erstellbarkeit der Daten für einen Benutzer gezielt erlaubt. Sie sind somit für die Verwaltung von Zugriffsberechtigungen auf die Daten der ViPR zuständig. Zahlreiche ihrer MBOs können Verantwortungsbereichen zugeordnet werden. Hierzu können einerseits individuelle Berechtigungen für einzelne Manufacturing Business Objects vergeben werden, andererseits ist es auch möglich, Verantwortungsprofile als Sammlungen von Einzelberechtigungen zu erstellen und das Profil individuellen Personen zuzuordnen. Eine Änderung an den Verantwortungsprofilen wirken sich dann auf alle Personen aus, denen es zugeordnet wurde.

Kennwortrichtlinien: Die Kennwortrichtlinien ermöglichen es, die passwortbezogenen Sicherheitseinstellungen der Plattform zu verwalten und entsprechend den in den Kennwortrichtlinien gemachten Vorgaben sicherzustellen. Das Festlegen von Kennwortrichtlinien nimmt folgende Funktionen für die Plattform wahr:

- die Festlegung, wie lange frühere, bereits genutzte Passwörter gespeichert bleiben, um eine Neuverwendung zu unterbinden.
- die Festlegung der Zeitdauer, nach der ein Kennwort abläuft und durch ein neues Kennwort ersetzt werden muss.
- Festlegungen zur erforderlichen Kennwortlänge und den darin enthaltenen Zeichen um Kennwörter sicherer zu gestalten.
- die aktive Prüfung eines Passworts gegen eine Passwortausschlussliste von Begriffen, Namen und Buchstabenfolgen, die nicht für die Erstellung von Passwörtern verwendet werden dürfen. Beispielsweise würde das Hinterlegen des Begriffs „MIP“ in der Passwortausschlussliste dazu führen, dass die Zeichenfolge „MIP“ nicht in Kennwörtern vorkommen darf.
- die Anzahl zulässiger Falscheingaben bevor der Zugriff gesperrt wird.

3.8

Die General Security Services (GSS) der MIP

Offenheit und Integrationsfähigkeit von Systemen ist eine der Kernforderungen der Industrie 4.0. Mit dieser Offenheit geht jedoch auch ein erhöhter Bedarf an Sicherheit einher, um die Systeme und deren Daten optimal absichern zu können und so einer Gefährdung der gesamten Produktion zuvor zu kommen.

Die General Security Services (GSS) der Plattform stellen dem Anwender und Entwickler diese Sicherheitsmechanismen zur Verfügung. Die Bandbreite dieser Sicherheitsmechanismen und -funktionen reicht von technologischen Mechanismen zum technischen Schutz der Plattform sowie der Kommunikation mit der Plattform bis hin zu Funktionen, mit denen die Änderungen von Daten in der Plattform und somit die Datenintegrität überwacht und gesteuert werden können. Die wichtigsten dieser Funktionen und Mechanismen sowie ihre Bedeutung für den Anwender und Entwickler stellen sich wie folgt dar:

Verschlüsselte Kommunikation: Die MIP unterstützt eine Verschlüsselung der zu übertragenden Daten über das HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) Protokoll. Die Sicherstellung der Vertraulichkeit und Integrität der Kommunikation und des Datenaustausches über HTTPS ist die Standardtechnologie im Internet und damit natürlich auch die von der MIP unterstützte Technik.

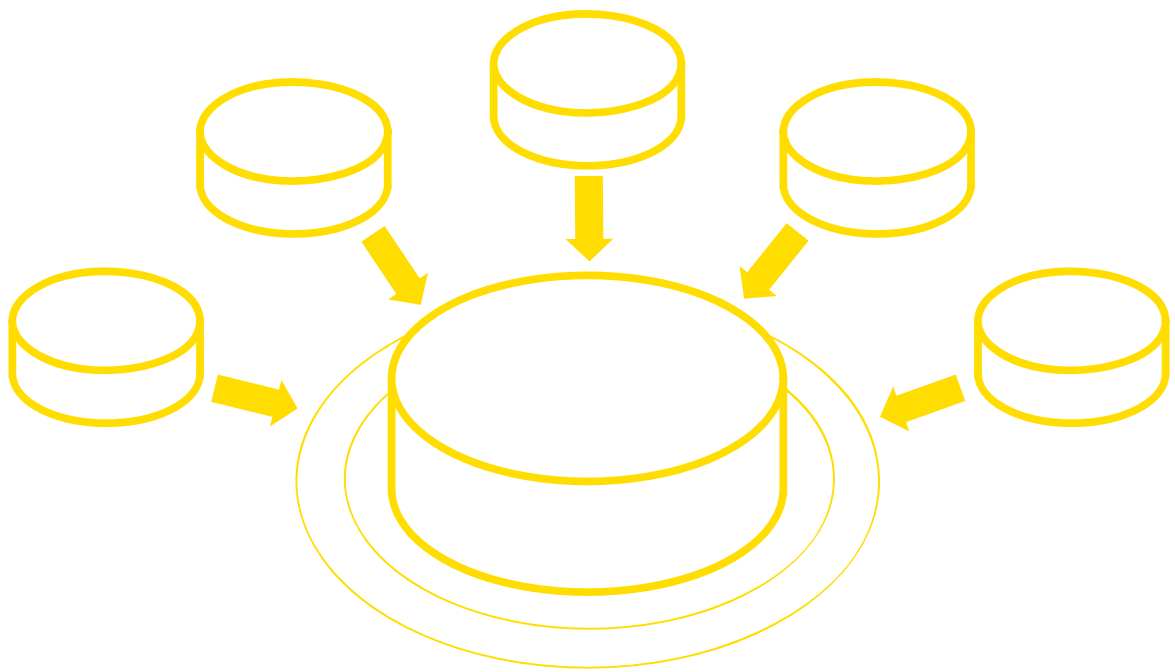
Berechtigungen für Service-Aufrufe: Neben der Authentifizierung des Benutzers, der Aufrufe für Content Access Services oder auch Shopfloor Connectivity Services durchführt, sind diese Serviceaufrufe analog zu den einzelnen mApps durch eine Funktionsberechtigung gesichert. Damit kann, in Form von Aufrufberechtigungen, genau vorgegeben werden, welcher Benutzer welche Services verwenden darf. Ebenso ist sichergestellt, dass nicht jeder, der über ein Benutzerkonto verfügt und etwas technisches Verständnis mitbringt, Zugriff auf sämtliche Daten wie z. B. sensible personenbezogene Daten erhält. Zusätzlich zu den Funktionsberechtigungen lassen sich Verantwortungsbereiche und die mit diesen einhergehenden Einsichten von Daten individuell anpassen. Darüber hinaus sind die definierten Verantwortungsbereiche und Aufrufberechtigungen in allen Services der Plattform verankert. Hierdurch kann nicht nur definiert werden, welcher Benutzer welche Services verwenden darf, sondern zusätzlich ist innerhalb eines aufgerufenen Service sichergestellt, dass der Benutzer nur die Daten sieht, für die er berechtigt ist.

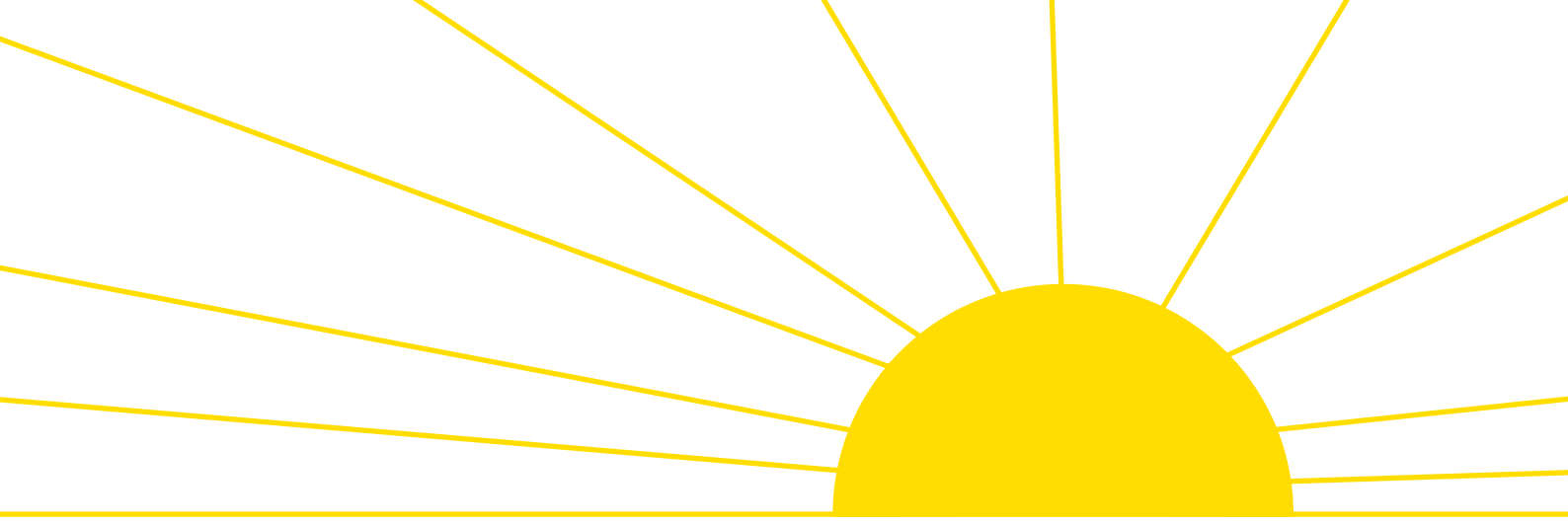
Audit-Trail: Viele industrielle Bereiche und Branchen unterliegen strengen regulatorischen Bestimmungen im Hinblick auf den Umgang mit Daten und den sie verwaltenden Software-Systemen. Beispielsweise sieht sich die Luft- und Raumfahrt- aber auch die Pharma- und Medizintechnikbranche mit hohen Anforderungen hinsichtlich der Nachverfolgbarkeit - Traceability - von Änderungen an (Stammdaten-)Objekten und Daten des Systems konfrontiert.

Die Audit-Trail-Funktionalität der Plattform erlaubt es, Objekte in Form von MBOs festzulegen, an denen Änderungen nachverfolgt und dokumentiert werden sollen, um eine auditable Historie des Objekts zu erhalten. Abhängig von den für die Nachverfolgung gewählten Einstellungen kann die Aufzeichnung von den reinen Schlüsseln dieses Objektes und dem sie ändernden Benutzer bis hin einer vollständigen Aufzeichnung aller Daten zu diesem Objekt reichen. Selbstverständlich stellt die Plattform dem Anwender und Entwickler die Möglichkeiten zur Verfügung, die Audit-Trail-Funktionalität in eigenerstellten Services und Anwendungen zu integrieren.

Signaturerfassung und vier-Augen-Prinzip: Neben der Aufzeichnung von Änderungen fordern viele Vorschriften in sensiblen Industrien die Autorisierung bestimmter Meldungen oder Entscheidungen im vier-Augen-Prinzip. Darüber hinaus besteht in den Unternehmen teilweise der Wunsch, bestimmte Meldungen durch zusätzliche Bestätigung von Personen mit höherer Berechtigungsstufe abzusichern.

Beide Anwendungsfälle können über die Signaturerfassung der Plattform abgebildet werden. Diese ist eng integriert mit der Berechtigungsverwaltung der Plattform und dem Audit-Trail. Auch hier bietet die Plattform die Möglichkeit, diese Funktionalität in eigenentwickelte Anwendungen zu integrieren.





4

Die Erweiterung der MIP durch Add-Ons

4.1

Überblick über **MIP Add-Ons**

Neben den integralen Bestandteilen der Plattform stehen die MIP Add-Ons optional zur Verfügung. Hierbei handelt es sich nicht um Funktionen im Sinne von Anwendungen, die auf der Plattform aufbauen, wie es bei mApps der Fall ist, sondern sie erweitern die MIP um allgemeingültige Funktionen, die von vielen mApps genutzt werden können oder Frameworks bereitstellen, die bei der Erstellung von mApps unterstützen. Einige Beispiele für MIP Add-Ons sind z. B. ein Eskalationsmanagement zur Benachrichtigung von Mitarbeitern beim Auftreten bestimmter Ereignisse, die Abbildung von Unternehmensprozessen über das Workflowmanagement und die bereits erwähnte Active Directory-Integration. Die Entscheidung für den Einsatz eines Add-Ons kann bedarfsabhängig vom Anwender oder Entwickler getroffen werden.

Die Einsatzmöglichkeiten von Add-Ons reichen von spezifischen Funktionserweiterungen bestehender Funktionen, wie z. B. der Authentifizierung eines Nutzers durch die Active Directory-Integration, bis zu Frameworks auf denen Anwendungslogiken aufgebaut werden können wie dem Workflowmanagement. MIP Add-Ons können ebenfalls durch Partner erstellt und von MIP Anwendern verwendet werden.

Da die Plattform dem Nutzer durch die Verwendung oder Entwicklung von Add-Ons eine Vielzahl an Möglichkeiten bietet, werden diese im folgenden Kapitel anhand einiger Beispiele näher dargestellt.

4.2

Typische Beispiele für **MIP Add-Ons**

Eskalationsmanagement: das Eskalationsmanagement erweitert die Plattform um die Funktion, in der MIP auftretende Ereignisse zeitnah an einzelne Benutzer oder Benutzergruppen weiterzuleiten und diese dadurch aktiv zu informieren. Dies erlaubt es, die notwendigen Informationen automatisch an den richtigen Empfänger zu senden und diesem somit zeitnah auf das die Eskalation auslösende Ereignis zu reagieren. Beispiele für eine solche Eskalation sind z. B. das Melden einer Maschinenstörung und des Störgrunds an den Instandhalter der Maschine oder das Versenden einer Benachrichtigung an einen Systemadministrator im Falle eines Kommunikationsfehlers zwischen zwei Systemen.

Neben der Meldung einer Eskalation an den Benutzer besitzt das Add-On die Funktion, die Kenntnisnahme der Meldung durch den Empfänger zu überwachen. So kann, falls der Meldungsempfang durch den Empfänger nicht innerhalb eines bestimmten Zeitraums registriert wurde, die Benachrichtigung eines alternativen Empfängers erfolgen. Ebenso können Eskalationen, während sie bearbeitet werden, an Benutzer und Benutzergruppen weitergeleitet werden um so weiteres Personal in die Bearbeitung der Eskalation einzubinden oder über ihr Auftreten zu informieren. Ebenfalls überwacht das Add-On die Zeit bis zum Abschluss der Eskalation, d. h. bis zu dem Zeitpunkt an dem auf die Eskalation reagiert und ihre Bearbeitung abgeschlossen wurde.

Active Directory-Integration: die Active Directory-Integration erweitert die MIP um direkt einsetzbare Funktionen zum Umgang und zur Integration der Funktionen des Microsoft Windows Active Directory. Diese ist ein Verzeichnis zur Verwaltung von Benutzer in Netzwerken. Das MIP Add-On ermöglicht die Authentifizierung und Autorisierung der MIP Benutzer gegenüber dem Active Directory.

Die Authentifizierung der Benutzer über die Active Directory-Integration kann via Single Sign On (SSO) oder Double Sign On (DSO) erfolgen. Bei beiden Verfahren kann gesteuert werden, ob die Rechtevergabe der MIP-Benutzer zentral über das Active Directory oder über die User Management Services der MIP erfolgen soll. Dies erlaubt das nahtlose Integrieren der MIP Benutzer in ein vorhandenes Netzwerk oder dessen Nutzer in die Benutzer- und Rechteverwaltung der MIP.

Workflowmanagement: mit dem Add-On Workflowmanagement stellt die MIP ein Framework für die workflowbasierte Abbildung von Prozessen auf der operativen Ebene bereit. Er ermöglicht verbindliche Arbeitsabläufe in Form von Workflows aus der MIP heraus zu instanziiieren und somit zu starten. Die Workflows selber werden hierzu in einem vorgelagerten Workflowdesigner erstellt und anschließend mit entsprechenden Parametern in der MIP

hinterlegt. Der Workflowdesigner ist eine Anwendung die, neben der Administration der Workflows, eine Oberfläche für die Erstellung und Aktivierung von Workflows bietet. Als Beispiel eines Workflows soll an dieser Stelle der Umgang mit der Verletzung einer vordefinierten Eingriffsgrenze in einem Prozess dienen. Hierzu kann in einem Workflow festgelegt werden, dass sofort mit der Erfassung der Verletzung der Eingriffsgrenze, bestimmte Aufgaben zur Abarbeitung in einer bestimmten Reihenfolge an definierte Mitarbeiter vergeben werden.

Wie das Beispiel zeigt, kann der Anwender mit Hilfe von Workflows feste Arbeitsabläufe implementieren, die vorgeben, wie auf ein bestimmtes Ereignis reagiert werden soll oder wie eine bestimmte Aufgabe abzuarbeiten ist. Hierdurch ist es dem Anwender möglich, in der Fertigung auftretende Situationen strukturiert und somit effizienter zu behandeln. Zusätzlich kann, um einen Workflow auszulösen, das Add-On Eskalationsmanagement verwendet werden, indem der erste Schritt des Workflows als Eskalationsmeldung festgelegt wird.

Process Communication Controller (PCC): Während moderne Anlagen ihre Daten vielfach über OPC-DA/UA zur Verfügung stellen, die über zahlreiche am Markt verfügbare Mechanismen abgegriffen werden können, verfügen

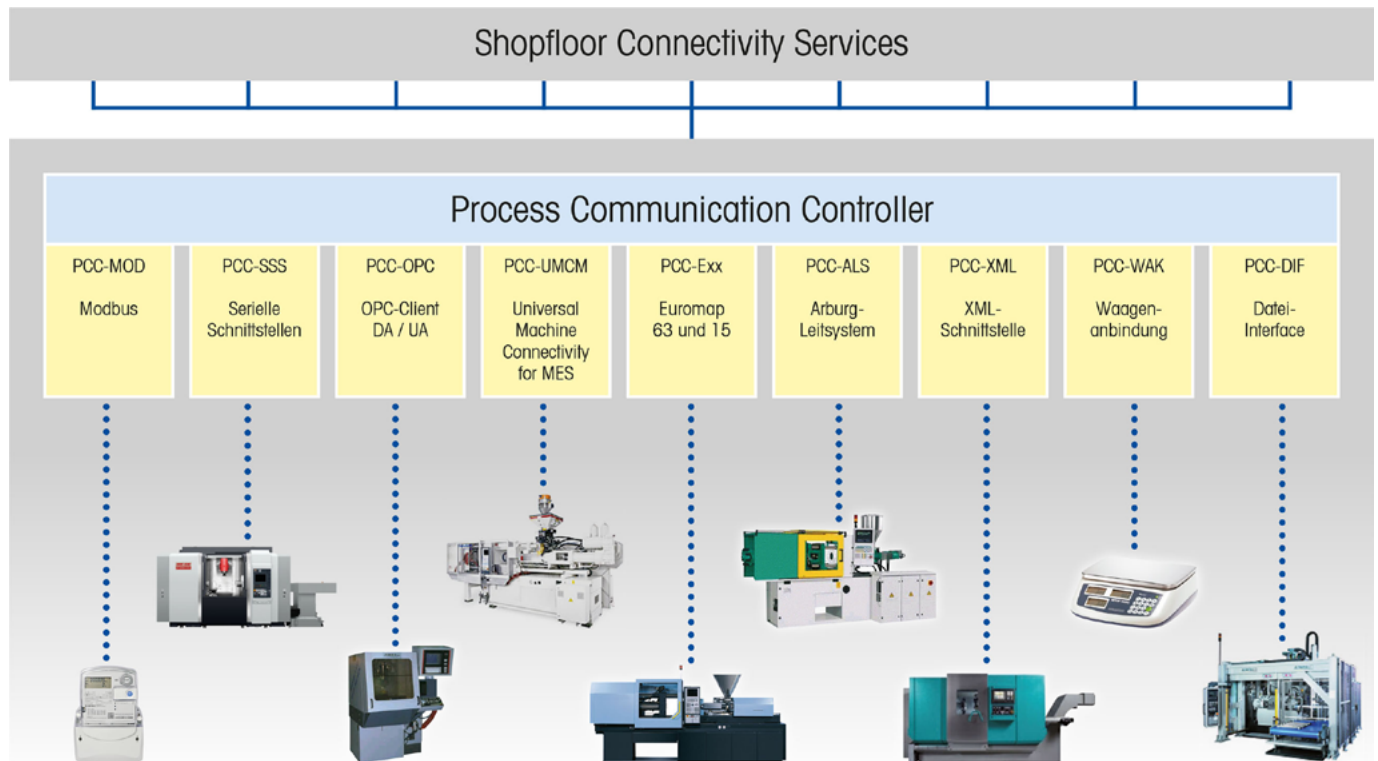


Abbildung 4-1: Process Communication Controller (PCC) und Treiber © MPDV

ältere oder hoch spezialisierte Maschinen und Anlagen teilweise über hochspezifische Anbindungen. Um die Anbindung dieser Maschinen und Anlagen zu vereinfachen, stellt die MIP Add-Ons bereit, welche die zu erfassenden Daten über diese spezifischen Anbindungen aus den Maschinen und Steuerungen auslesen und diese über die Shopfloor Connectivity Services als Events in der MIP ablegen. Dies erlaubt es dem Anwender, Maschinen, Anlagen und andere periphere Geräte bzw. die von diesen erfassten Prozess- und Betriebsdaten, nahtlos und automatisiert in der MIP aufzunehmen.

Der Process Communication Controller (PCC) stellt einen Umsetzer dar, der Signale und Informationen von Maschinen und Anlagen entgegennimmt und diese als Ereignisse in der MIP ablegt. Hierzu bietet der PCC verschiedene Maschinenschnittstellen, Treiber, Datenschnittstellen sowie Funktionsbausteine an. Zusätzlich zu den vorhandenen Treibern besteht die Möglichkeit für die PCC eigene Treiber zu entwickeln und in die MIP zu integrieren, sowie die PCC um eine eigene Erfassungslogik zu erweitern. Dies wird im Kapitel MIP-SDK näher beschrieben.

Edge Computing Suite (EdgeCS): Die zunehmende Digitalisierung und die Vernetzung von Geräten im Shopfloor führen zu einem stetig anwachsenden Datenvolumen. Umfassende Analysen, deren Mehrwert erst aus der Kombination unterschiedlichster Daten entsteht, stehen den Anwendern aktuell jedoch vielfach nicht oder nur bedingt zur Verfügung.

Die Edge Computing Suite dient der effizienten Massendatenerfassung im Sinne von Big Data und ist daher die ideale Ergänzung der MIP zur Anbindung einer Vielzahl an Devices des IoT. Hierzu verwendet die Edge Computing Suite neueste Technologien wie **OPC-UA**, **Node.js**, eine **NoSQL Datenbank (MongoDB)** und ein effizientes Nach-

richtenprotokoll (**MQTT**). Die Verwendung moderner Technologien erlaubt den Betrieb der Edge auf einer Vielzahl an Hardwareplattformen (darunter neben herkömmlichen Notebooks und Servers auch auf dem RaspberryPI). Softwareseitig können sowohl Windows als auch Linux als zu Grunde liegendes Betriebssystem verwendet werden.

Die gesammelten Daten können in beliebigen Anwendungen verarbeitet werden. Darüber hinaus verfügt die Edge Computing Suite über eine mitgelieferte Visualisierung zur einfachen Darstellung der erfassten Daten auf der Basis von HTML5, welche eine einfache und schnelle Visualisierung der erfassten Daten erlauben.

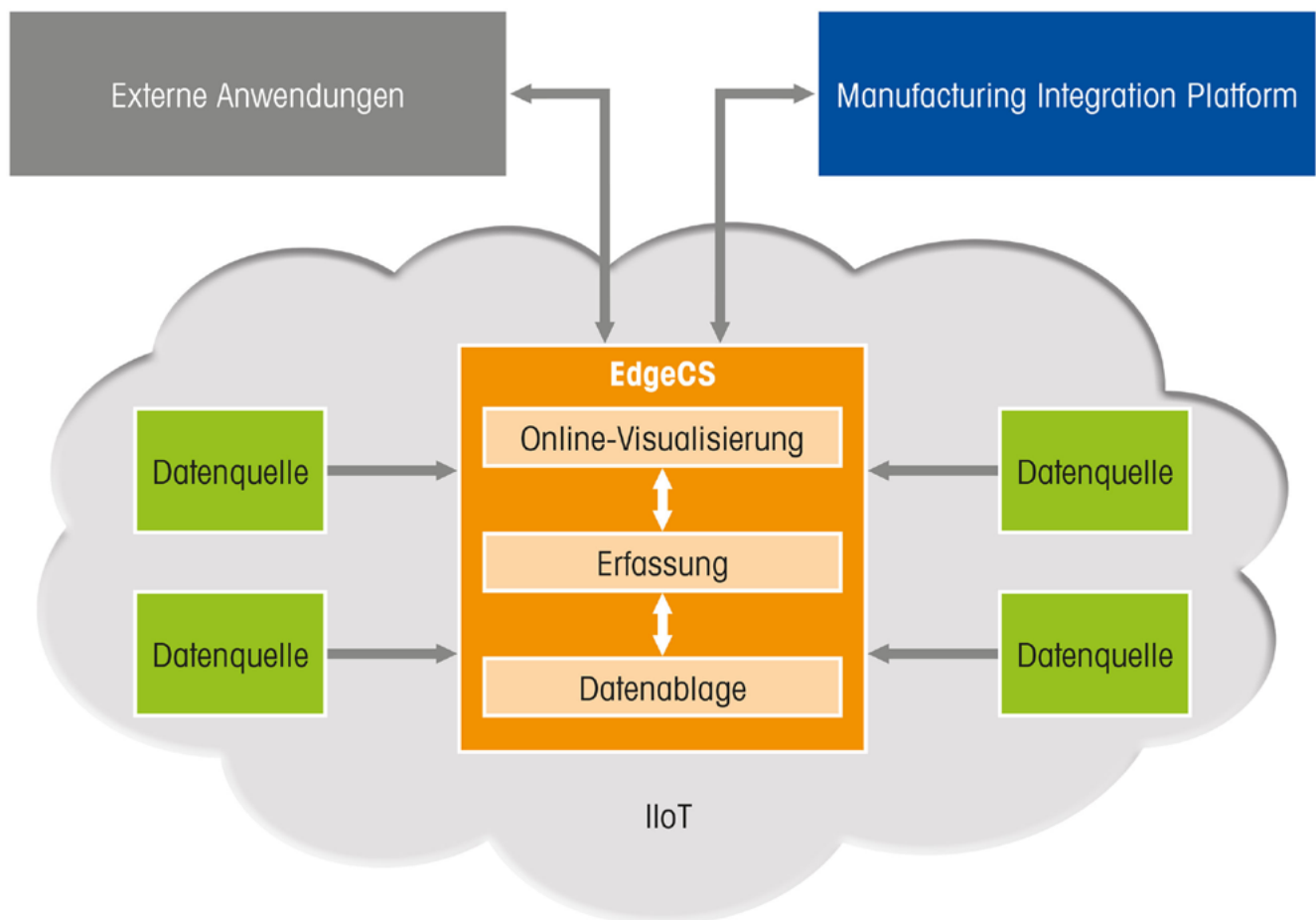


Abbildung 4-2: Der Aufbau der Edge Computing Suite © MPDV

Beispiele für MIP Add-Ons

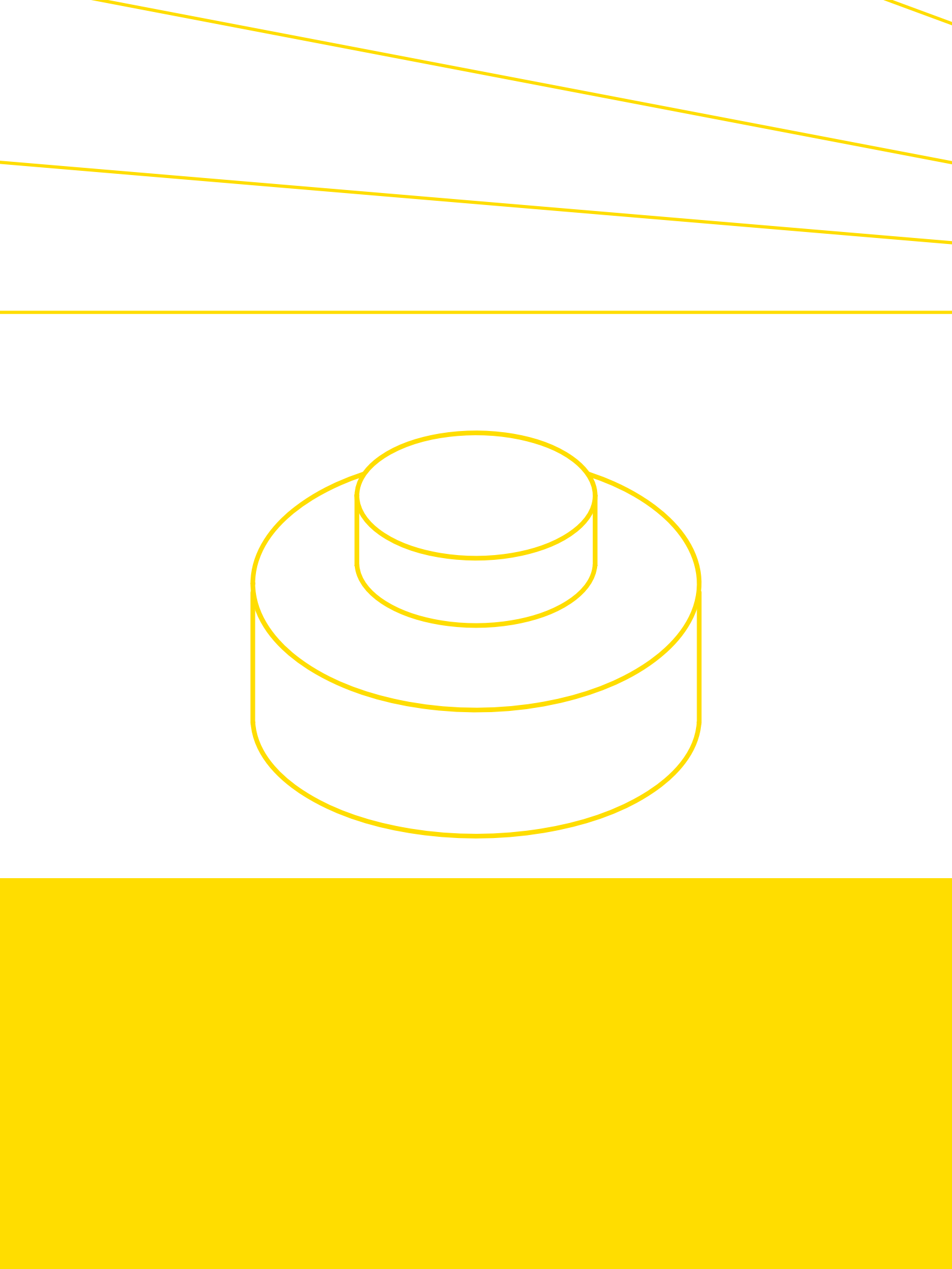
Das **Eskalationsmanagement** erweitert die Plattform um die Funktion, in der MIP auftretende Ereignisse zeitnah an einzelne Benutzer oder Benutzergruppen weiterzuleiten und diese dadurch aktiv zu informieren.

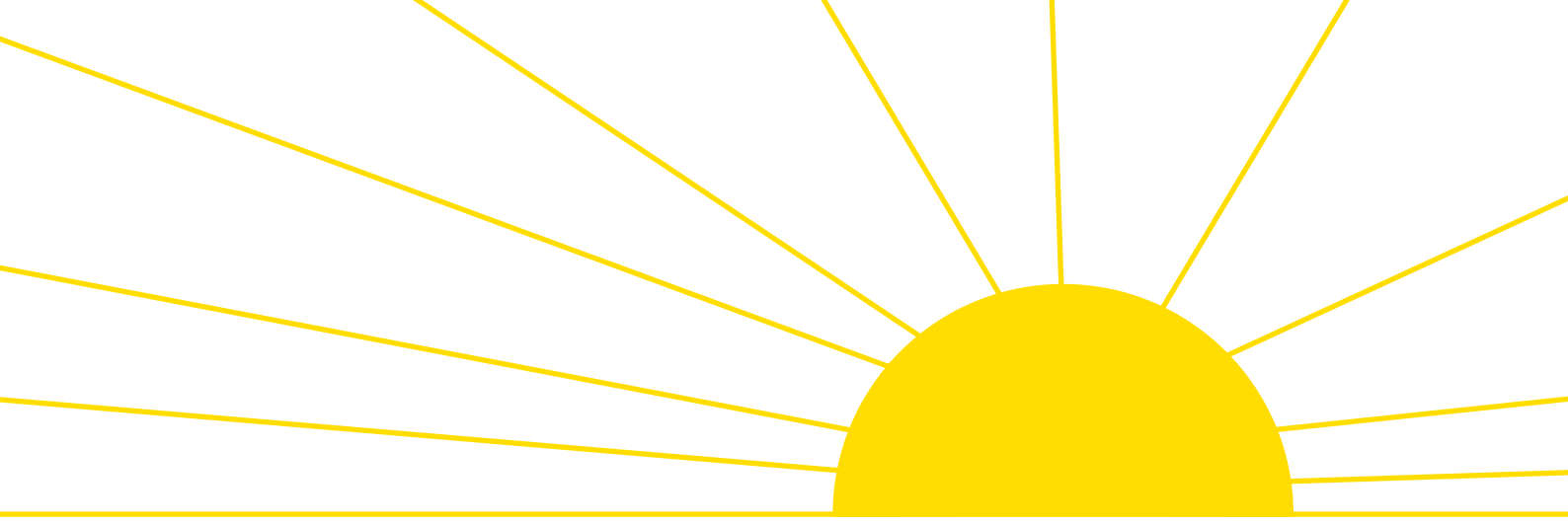
Die **Active Directory-Integration** erweitert die MIP um direkt einsetzbare Funktionen zum Umgang und zur Integration der Funktionen des Microsoft Windows Active Directory.

Mit dem **Add-On Workflowmanagement** stellt die MIP ein Framework für die workflowbasierte Abbildung von Prozessen auf der operativen Ebene bereit.

Der **Process Communication Controller (PCC)** stellt einen Umsetzer dar, der Signale und Informationen von Maschinen und Anlagen entgegennimmt und diese als Ereignisse in der MIP ablegt.

Die **Edge Computing Suite** dient der effizienten Massendatenerfassung im Sinne von Big Data und ist daher die ideale Ergänzung der MIP zur Anbindung einer Vielzahl an Devices des IoT.





5

Das MIP Software Development Kit (SDK)

5.0

Das **MIP** Software Development Kit (SDK)

Die Aufgabe des MIP Software Development Kit (SDK) ist es, den Anwendungsentwickler dabei zu unterstützen, seine Businesslogik in eigenen mApps möglichst einfach und effizient bereitzustellen und die Komponenten der MIP auf seine Bedürfnisse anzupassen. Die Unterstützung durch das SDK erfolgt, indem dem Entwickler einerseits eine Reihe an Dokumentationen und Tutorials an die Hand gegeben werden und andererseits indem er auf in der MIP implementierte, die Entwicklung unterstützende Konzepte zurückgreifen kann.

Durch das **Software Development Kit** wird die vorhandene **Expertise der Plattform** **durch spezielle, auf die Entwicklung gerichtete Services und Konzepte ergänzt.**

Die Basis für die Umsetzung einer eigenen Businesslogik in einer mApp bilden der in den vorangehenden Kapiteln beschriebene Aufbau und die Funktionalität der MIP selbst. Durch die offen gelegte Objektstruktur in der ViPR, die Zugriffsservices auf die Objekte über die Content Access Services (CAS) und die Anbindung des Shopfloors und übergeordneter Business-IT Systeme durch die Shopfloor Connectivity Services (SCS) sowie Enterprise Connectivity Services (ECS) erlaubt die MIP dem Entwickler einen einfachen Zugriff auf und Umgang mit den Daten und Strukturen, die zur Abbildung der Fertigung notwendig sind. Zusätzlich zur Objektwelt der MIP erhält der Entwickler durch die Plattform Expertenwissen zu den Objekten und ihrer Erfassung sowie Nutzung in Form der semantischen Objektbeschreibungen und der Expertise der Access Services. Für die Administration der Plattform und somit auch der eigenentwickelten mApps bietet die Plattform dem Entwickler Unterstützung durch die Benutzer- und Berechtigungsverwaltung der User Management Services (UMS) und die Sicherheitsfunktionen der General Security Services (GSS). Für weitere, zusätzliche Funktionen oder eine Erweiterung der vorhandenen Funktionen der Plattform kann auf MIP Add-Ons wie ein Workflowmanagement oder die Active Directory-Integration zurückgegriffen werden. Ebenso ist

es möglich, Frameworks, zum Beispiel zur Erstellung bewertender Ergebnissätze als Datenbasis für eine spezielle Auswertung in Form einer mApp, als Add-Ons einzusetzen. Somit bietet die Plattform dem Entwickler ein sehr breites und ausgereiftes Fundament an Objekten, Strukturen, Services und Erweiterungsmöglichkeiten. Diese Infrastruktur erspart es dem Anwendungsentwickler eine eigene zu erstellen, ermöglicht die Interoperabilität von Anwendungen unterschiedlicher Hersteller, die Integration von verschiedensten Informationsquellen und den Zugriff auf ein dynamisches digitales Abbild der Fertigung und bietet so alle Möglichkeiten zur effizienten Umsetzung seiner Businesslogik.

Durch das SDK wird die vorhandene Expertise der Plattform durch spezielle auf die Entwicklung gerichteten Services und Konzepte ergänzt. Beispiele hierfür sind die Helper-Services, die dem Anwendungsentwickler häufig benötigte Funktionen bereitstellen oder das Scope- und Namensraumkonzept, das die Erstellung von zueinander kompatiblen Lösungen unterschiedlicher Hersteller unterstützt. Eine nähere Beschreibung dieser und weiterer Konzepte erfolgt in den folgenden Kapiteln.

5.1

Dokumentation für ViPR & CAS

Ein Bestandteil des MIP-SDK ist die Dokumentation der Objektstruktur der ViPR und der Zugriffsservices CAS. Ziel der Dokumentation ist es, dass der Anwender und Entwickler sich schnell in der Struktur der MBOs der ViPR zurechtfindet und von der langjährigen Erfahrung und der Entwicklung, die zur Modellierung der ViPR geführt haben, profitieren kann. Er wird so in die Lage versetzt die Zusammensetzung seiner realen Fertigungswelt einfach in das digitale Abbild seiner Fertigung zu überführen.

Die Dokumentation unterstützt die Entwicklung von Anwendungen, indem sie ausführlich beschreibt wie die Objekte zur Abbildung der Fertigung strukturiert sind. Hierzu zählt nicht nur die Offenlegung der semantischen Beschreibung, sondern auch die der einzelnen Eigenschaften (Attribute) und der Beziehungen (Relationen) zwischen den Objekten. Da die Zugriffe auf die Objekte in der MIP über die Content Access Services (CAS) gekapselt sind, sind diese ebenfalls ausführlich dokumentiert. Die Dokumentation beschreibt daher die Objekte immer im Zusammenhang mit ihren Zugriffsservices, da diese die Objekte in einer eins-zu-eins Beziehung abbilden.

5.1.1 Tutorials

Für die Umsetzung erster eigener Anwendungen und das Erlernen des Umgangs mit der Plattform, beinhaltet MIP-SDK eine Reihe an Tutorials. Diese enthalten vollständig beschriebene und implementierte Anwendungsbeispiele für verschiedene Anwendungsfälle. Hierbei werden unterschiedliche Entwicklungsumgebungen wie z. B. .NET/C#, Java oder Java Script berücksichtigt. Beispiele für enthaltene Tutorials für unterschiedliche Anwendungsfälle sind:

- Die Authentifizierung eines Benutzers an der Plattform
- Die Prüfung von Funktionsberechtigungen
- Die Erweiterung der MIP um ein selbst erstelltes MBO und die dazugehörigen Zugriffsservices
- Das Erstellen einer mApp zur Anzeige von Daten. Dieses Tutorial beinhaltet sowohl die Datenbereitstellung als auch ihre Visualisierung in der mApp.

Diese und weitere Tutorials versetzen den Anwender und Entwickler in die Lage, zu erkennen, wie bestimmte Anforderungen umgesetzt werden können, indem er die Umsetzung und ihre Resultate selbst nachvollziehen kann. Ebenso können die vorhandenen Tutorials als Kopiervorlagen für eigene Entwicklungen verwendet werden.

5.1.2

Helper-Services

Die Helper-Services der Plattform beinhalten häufig benötigte Funktionen, die in der Umsetzung und Implementierung vieler Anwendungen, sowie in der Abbildung der eigenen Fertigung eine Rolle spielen. Es handelt sich bei den Helper-Services um Microservices, wie sie bereits im Kapitel 3.3 „Die Content Access Services (CAS) der MIP“ vorgestellt wurden. Für den Entwickler bieten sie wiederverwendbare, bereits in der Plattform enthaltene Funktionen, mit einem kleinen, abgeschlossenen Funktionsumfang. Sie bilden somit einen Teil der API über den der Entwickler einfach auf die Funktionen der Plattform zugreifen kann. Beispiele einiger solcher Helper-Services, wie sie das SDK bietet, sind:

- Die Ermittlung von Schichtdatum und Schichtnummer für eine Maschine und einen Zeitstempel.
- Die Prüfung der Berechtigungen eines Benutzers.
- Eine Funktion zur Integration des Loggings in eigene Anwendungen.
- Eine Funktion zur Integration der Signaturerfassung in eigene Anwendungen.

Zusammen mit der Dokumentation der Plattform und den Tutorials, geben die Helper-Services dem Entwickler unterstützende Tools an die Hand, um schnell mit der Abbildung der eigenen Fertigung und der Entwicklung eigener Anwendungen beginnen zu können.

5.2

Die individuelle Gestaltung der MIP

Bisher wurde in diesem Buch der Fokus insbesondere auf die Abbildung der Fertigung und die hierfür zur Verfügung gestellten Objekte, Strukturen sowie Services der MIP gelegt. Das Anwendungsziel der Plattform selbst ist aber nicht nur die Abbildung der Fertigung und die Bereitstellung der hierfür notwendigen Infrastruktur, sondern vor allem die Nutzung dieser zur Entwicklung, Umsetzung sowie Ausführung von spezialisierten Lösungen - den mApps.

Hieraus ergeben sich neben der bereits in den vorherigen Kapiteln dargestellten Abbildung der Fertigung die folgenden drei Voraussetzungen, die die Plattform für die Entwicklung von Anwendungen bietet.

- **Interoperabilität:** in Bezug auf die Entwicklung von Anwendungen bietet die Plattform, durch das semantisch beschriebene Objektmodell der ViPR und ihre Services, eine einheitliche Informationsbasis die alle Anwendungen nutzen können. Dies bietet den Entwicklern und Anwendern der Plattform einen hohen Grad an Interoperabilität.
- **Erweiterbarkeit:** unabhängig von der vorgefundenen Fertigung muss die Plattform in der Lage sein, diese durch ihre Objektwelt und die Services abzubilden. Daher müssen sowohl die Objektwelt, als auch die zugehörigen Content Access Services erweitert werden können.
- **Anpassbarkeit:** die Objektwelt der ViPR und die Services der Plattform sollen den Anwender in die Lage versetzen, die vorgefundenen Gegebenheiten der Fertigung abzubilden. Da diese sehr unterschiedlich sind, müssen die Komponenten der Plattform anpassbar sein.

Aus diesen Voraussetzungen resultieren Fähigkeiten, die das SDK der Plattform für den Anwendungsentwickler und Nutzer bereitstellt. Diese werden im Folgenden dargestellt und erläutert.

Interoperabilität durch das Namensraumkonzept:

Anwendungen, die auf Basis der MIP erstellt werden, stammen aus den unterschiedlichsten Quellen, wie externen und internen Anwendungsentwicklern, Systemhäuser, Maschinenhersteller und Partner. Damit die Plattform den Anwendungen und ihren Komponenten einen gemeinsamen Lebensraum bieten kann, ist eine der Grundvoraussetzungen, dass die Anwendungen, ihre Komponenten, Services und Objekte, sich nicht gegenseitig überschreiben. Daher ist das Namensraumkonzept ein Stützpfiler für die Interoperabilität der Plattform.

Das Namensraumkonzept stellt sicher, dass jeder Hersteller seinen eigenen Namensraum erhält. Innerhalb dieses Namensraums sind alle Bestandteile der herstellerspezifischen Lösung abgelegt. Das Namensraumkonzept bewirkt somit, dass geänderte oder neu erstellte Objekte, Add-Ons und mApps eindeutig und einem Hersteller zuordenbar benannt sind, sodass Überschreibungen bei aufeinander folgenden Änderungen vermieden werden.

Erweiterbarkeit der MIP und die Unabhängigkeit von der Entwicklungsumgebung: Die Erweiterbarkeit der MIP hat ihren Ursprung in der Heterogenität der abzubildenden Fertigungen und Business-Logiken. Dies erfordert, dass die MIP an die individuellen Bedürfnisse der unterschiedlichen Fertigungen und vorhandenen technischen Gegebenheiten angepasst werden kann. Trotz der Vielzahl an vorhandenen MBOs, die in der ViPR verfügbar sind, wird es immer spezifische Objekte in der Fertigung geben, die unternehmensindividuell angelegt werden müssen, um ein vollständiges Abbild der Fertigung zu realisieren. Daher müssen und sind die ViPR sowie die CAS erweiterbar.

Die Erweiterung der ViPR durch das Anlegen neuer Objekte oder die Anpassung bestehender Objekte und der dazugehörigen Content Access Services erfolgt typischerweise in der gleichen Technologie, in der auch die Standardobjekte und -services der Plattform erstellt wurden. Hierzu sind in der Dokumentation zu MIP-SDK die notwendigen Vorgehensweisen und Techniken beschrieben und anhand von Tutorials beispielhaft erläutert.

Um die Erweiterbarkeit der Plattform zu unterstützen, ist der Entwickler in der Auswahl der von ihm verwendeten Entwicklungs- und Laufzeitumgebung ungebunden. Er kann beispielsweise frei wählen, ob er ein Verarbeitungsprogramm in C++, einen Datenbereitstellungsservice in Java, eine Web-Oberfläche in AngularJS, eine Windows-Client mit .NET und C# oder eine mobile Anwendung mit Hilfe des iOS SDK erstellt. Ihm ist somit die Entscheidung für das Entwicklungswerkzeug seiner Wahl überlassen. Die einzige Voraussetzung ist es lediglich, die Zugriffsservices und Erfassungsservices der MIP aufrufen zu können.

Anpassbarkeit der Plattform: Ebenfalls aufgrund der Heterogenität der abzubildenden Fertigungen, aber auch aufgrund der Vielfältigkeit der für die Plattform entwickelten Anwendungen, muss auch die Plattform selbst anpassbar sein. Daher ist die Anpassung der verfügbaren Komponenten der MIP eine wesentliche Aufgabe des MIP-SDK. Hierfür stellt die Plattform zahlreiche Mechanismen wie frei definierbare Objektattribute, Userexits und das Scope-Konzept zur Verfügung.

Die Objekte der ViPR besitzen über ihre Semantik bereits einen Großteil der notwendigen Struktur, um ein Objekt der Fertigung abzubilden. Dennoch kann es notwendig sein, ein Objekt mit zusätzlichen, branchen- oder unternehmensspezifischen Informationen anzureichern. Eine solche Erweiterung eines MBOs ist durch MIP-SDK in vielen Fällen ohne Programmierung möglich. Hierzu werden frei definierbare Objektattribute verwendet, die für viele Objekte der ViPR bereits vorhanden sind. Die Aktivierung und Festlegung der frei definierbaren Objektattribute erfolgt über das SDK und kann sowohl systemweit, als auch datensatzabhängig gesteuert werden. Da die frei definierbaren Objektattribute in den Zugriffsservices der CAS mit enthalten sind, können sie direkt nach der Konfiguration verwendet werden. Somit ist durch den Einsatz dieser frei definierbaren Objektattribute eine sehr komfortable und effiziente Methode gegeben, um Objekte der ViPR mit zusätzlichen Informationen anzureichern.

Um die Anpassbarkeit der Services der MIP für den Entwickler so einfach wie möglich zu gestalten, sind in den Services der Plattform Userexits enthalten. Unter einem Userexit wird eine dedizierte Stelle im Programmablauf verstanden, an der direkt in die Ablauflogik eingegriffen werden kann. Dies erlaubt eine einfache und effiziente Modifizierung beispielsweise der Verarbeitungslogik der Services. Mit Userexits besteht die Möglichkeit, eine Standardverarbeitung zu ergänzen, sie zu ersetzen oder sie sogar erst zu implementieren. Die Abbildung 5-1 verdeutlicht diese 3 Optionen grafisch:

Verfügbarer, nicht verwendeter Userexit



Ergänzender Userexit



Ersetzender Userexit



Implementierender Userexit



Abbildung 5-1: Userexit-Optionen © MPDV

Die beschriebenen Mechanismen [...] sind einzelne, **flexible Methoden zur Optimierung der Fertigungs-IT bzgl. der Anforderungen eines Unternehmens.**

Durch den **kombinierten Einsatz aller oder mehrerer dieser Konzepte entsteht die volle Schlagkraft des MIP-SDK.**

Mögliche Nutzungsszenarien von Userexits sind z. B. die Implementierung von zusätzlichen Plausibilitätsprüfungen oder Vorbelegungen in den Services der CAS. Neben der Modifizierung der Services der Plattform kann der Entwickler zur Anpassungsfähigkeit seiner eigenen mApps durch die Bereitstellung von Userexits beitragen. Hierdurch erlaubt er es anderen Entwicklern, die Abläufe seiner mApps zu verändern.

Ein wichtiger Aspekt bei der Anpassung und hierdurch bedingten Änderung der Plattform oder der mApps ist es, sicherzustellen, dass sich die Anpassungen der unterschiedlichen Hersteller nicht gegenseitig überschreiben. Dies wird über das beschriebene Namensraumkonzept umgesetzt.

In Bezug auf die Anpassung der Plattform durch Dritte wird das Namensraumkonzept durch das sogenannte Scope-Konzept erweitert. Dies erlaubt es dem Entwickler

festzulegen, auf welcher Stufe er Änderungen vornimmt. Je nach Stufe oder Scope betrifft die Änderung an der mApp alle sie benutzenden Anwender, einige davon oder nur einen einzelnen. Somit ist das Scope-Konzept, was den Einfluss der Änderungen auf die Anwendung betreffen, hierarchisch aufgebaut und reicht vom Standard-Scope bis zum Scope mit der höchsten Priorität, dem User-Scope.

Spezifische Erweiterbarkeit der MIP und mApps: Neben den vorangehend dargestellten üblichen Methoden und Konzepten zur Anpassung können Komponenten der Plattform und einzelne mApps zusätzlich eigene, spezifische Möglichkeiten zur Modifizierung bzw. Erweiterung der Funktionalität bereitstellen. Hierzu setzen sie eine eigene Technologie der Anpassbarkeit ein, die speziell für die Anwendung oder die Verarbeitung der Komponente maßgeschneidert ist. Einige Beispiele für spezielle Anpassungstechnologien sind:

- das Aktivieren und Deaktivieren von Plausibilitätsprüfungen in der SCS über eine Zuordnungsfunktionalität, die das gezielte Ein- und Ausschalten der Plausibilitätsprüfungen bei der Erfassung von Produktionsereignissen erlaubt.
- der Einsatz von Script-Sprachen, die zur Laufzeit interpretiert werden und damit eine einfache und schnelle Änderung der Verarbeitung zulassen. Die Verwendung eines Reporting-Tools, das Änderungen am Layout in Form eines grafischen Designers ermöglicht.

Da die Abläufe und Anforderungen bei der Fertigung unterschiedlicher Produkte in verschiedenen Branchen stark variieren, stellt das MIP-SDK viele Werkzeuge und Unterstützungen bereit, um die Komponenten der MIP komfortabel und effektiv an die eigenen Bedürfnisse anzupassen und damit eine unternehmensindividuell optimierte Fertigungs-IT bereitzustellen.

Die beschriebenen Mechanismen zur Anpassung und Erweiterung der MIP – wie frei definierbare Objektattribute, Userexits, das Namesraum- und Scope-Konzept und spezifische Konzepte zur Individualisierung – sind einzelne, flexible Methoden zur Optimierung der Fertigungs-IT bzgl. der Anforderungen eines Unternehmens. Durch den kombinierten Einsatz aller oder mehrerer dieser Konzepte entsteht die volle Schlagkraft des MIP-SDK:

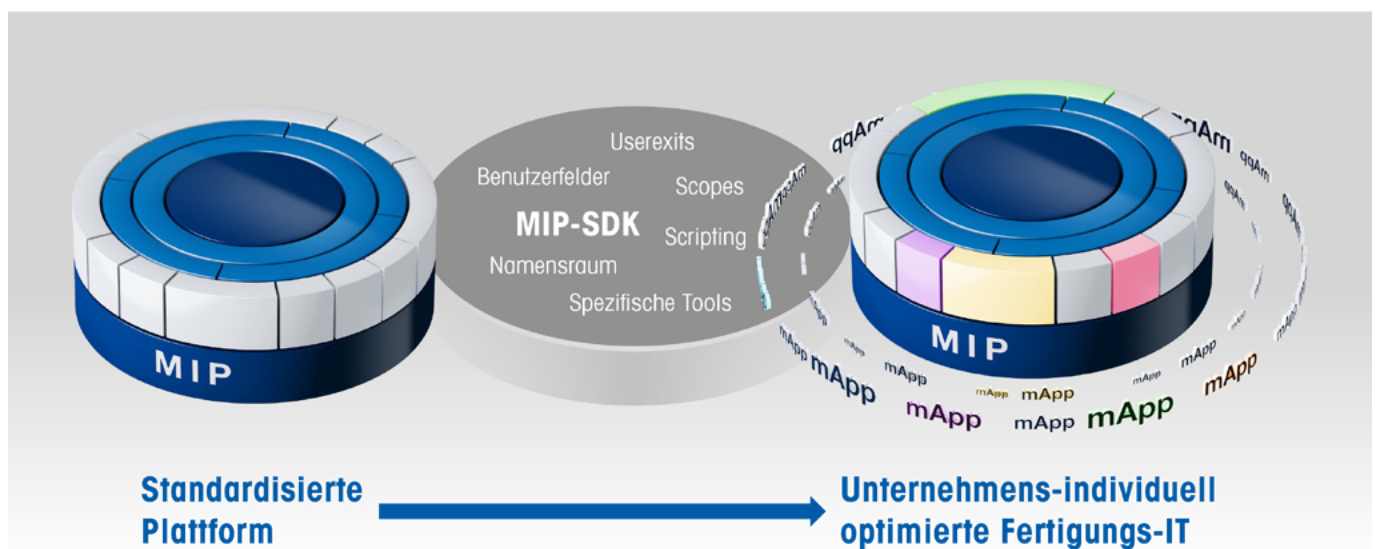
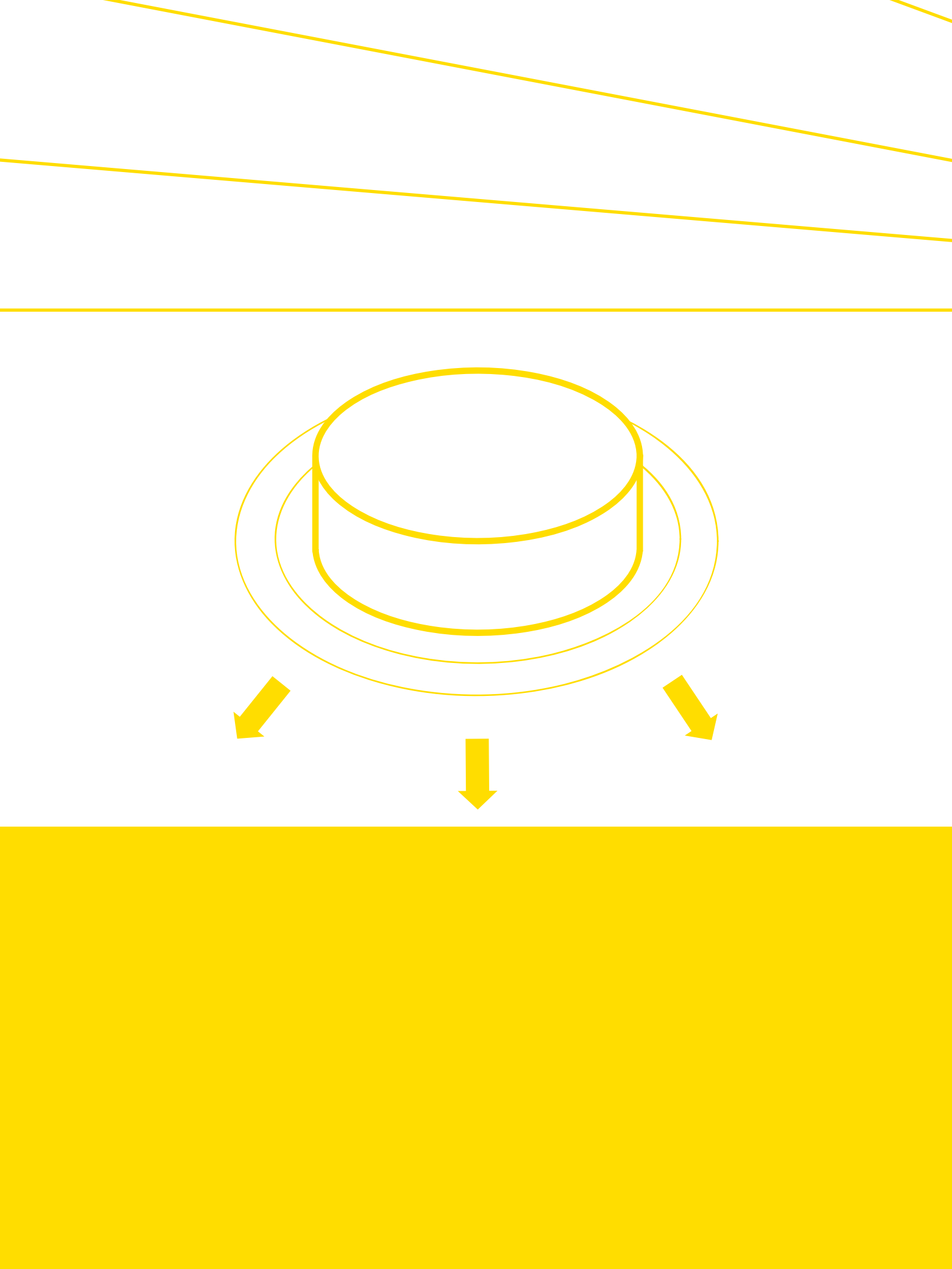


Abbildung 5-2: Das SDK der Manufacturing Integration Platform © MPDV





6 **Manufacturing Applications - mApps**

6.0

Manufacturing Applications - mApps

Manufacturing Applications (mApps) sind sinnvolle und nutzbringende Sammlungen von Funktionen zu einem Themengebiet für die Fertigung. Sie nutzen den Lebensraum und die Infrastruktur der Plattform, um spezifische Aufgaben zu übernehmen. Hierbei kann es sich um klassische betriebswirtschaftliche Anwendungen wie die Planung von Aufträgen, um spezialisierte mApps z. B. zur Verschnittoptimierung, aber auch um Anwendungen aus dem Bereich Analyse und Vorhersage (Predictive) handeln. Sie sind der eigentliche Existenzgrund für die Plattform, da erst der Einsatz von mApps den Nutzen für den Anwender generiert. Ihre Erstellung und Verwendung ist somit das Ziel der Manufacturing Integration Plattform.

Auf der Grundlage der digitalen Abbildung der Fertigung, wie sie in den vorangehenden Kapiteln dargestellt wurde, setzen die mApps auf, indem sie dem Anwender Lösungen für einen oder mehrere Anwendungsfälle bieten. Sie besitzen somit eine in sich abgeschlossene Funktionalität, die sich direkt auf die Fertigung und einen konkreten Nutzen für den Anwender bezieht. Diese Fertigungs- und Nutzenorientierung grenzt die mApps von den MIP Add-Ons ab, die allgemeine und übergreifende Funktionalitäten der Plattform bereitstellen.

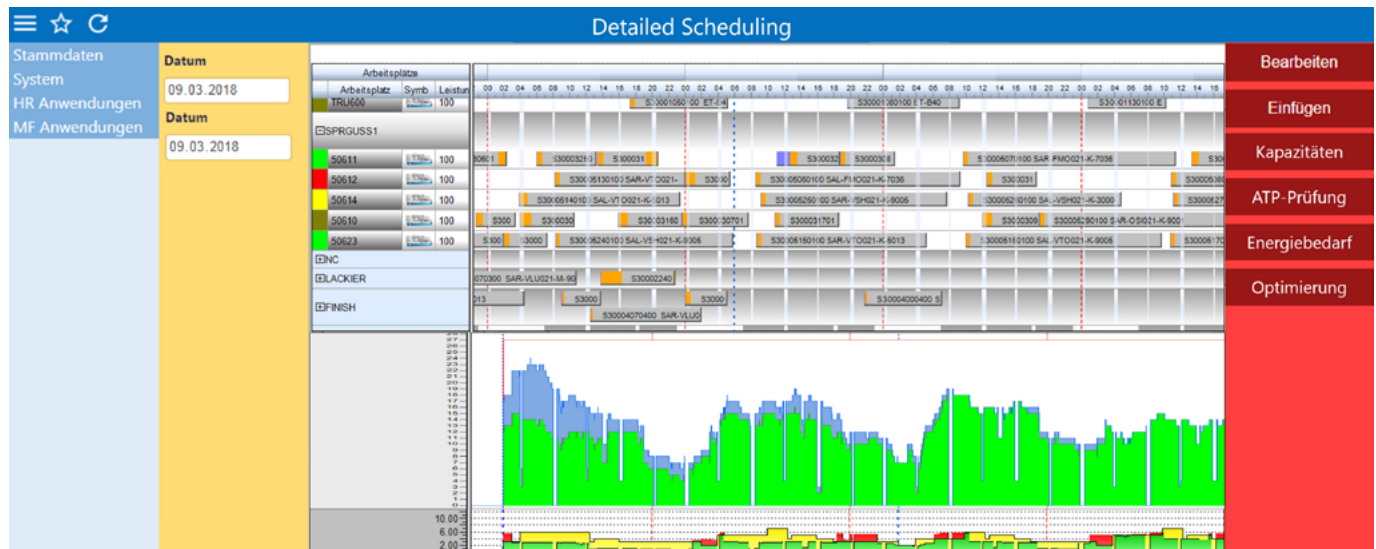


Abbildung 6-1: Detailed Scheduling mApp zur Auftragsplanung © MPD V

Durch die semantische Beschreibung der Objekte in der ViPR und die Dokumentation der Zugriffsservices und ihrer Anpassungs- und Erweiterungsfähigkeit erlaubt die Plattform die individuelle Abbildung der Fertigung und ein einheitliches Verständnis der abbildenden Objektwelt. Aufgrund dieses einheitlichen Verständnisses können die Anwendungen, welche die Abbildung nutzen, aus den unterschiedlichsten Quellen stammen. So kann der Anwender selbst entscheiden, welche Funktionalitäten, Features und Lösungen für die Planung, Steuerung und Überwachung seiner Fertigung benötigt werden. Hierdurch und durch ihre abgeschlossene, spezifische Funktionalität können mApps sehr unterschiedliche Ausprägungen aufweisen und beispielsweise die folgenden Anwendungsfelder abdecken:

- Über mApps kann die **Bereitstellung von Oberflächen** für die Pflege und Auswertung von Daten realisiert werden.

- Andere mApps beinhalten **Logiken für den Umgang mit den Daten** z. B. im Rahmen einer Datenbewertung oder Datenbereitstellung für Auswertungen.
- Weitere mApps stellen **Funktionalitäten** bereit, um externe Systeme anzubinden.
- Wieder andere mApps besitzen Möglichkeiten zum Erfassen und Verarbeiten von Daten im **Erfassungsprozess (on the edge)**.

Die Funktionalität, die mApps für die Nutzung des digitalen Fertigungsabbaus bereitstellen, können durch den Anwender in seinem Unternehmenskontext beliebig verwendet und kombiniert werden. Einige Beispiele für konkrete mApps und ihre Anwendungsgebiete sind im Kapitel 6.2 Beispiele für mApps beschrieben.

6.1

Die Entstehung von mApps

Für die Erstellung von mApps steht über das MIP-SDK ein umfangreicher Baukasten an verschiedenen technologischen Möglichkeiten zur Verfügung. Jeder Hersteller kann aus diesen angebotenen Möglichkeiten auswählen und die für ihn und seine Anwendung geeignete Entwicklungsplattform und Laufzeitumgebung bestimmen. Die Verwendung der Zugriffsservices für die Objekte der ViPR ist eine zentrale Eigenschaft einer mApp für die MIP. Dies ist die alleinige Voraussetzung zur Integration einer mApp in die Plattform.

Neben dem **Bezug von mApps anderer Hersteller** bietet die MIP dem Anwender **über das MIP-SDK zahlreiche Mechanismen**, um auf der Basis der MIP mApps selbst zu **erstellen oder vorhandene mApps anzupassen.**

mApps können aus den folgenden unterschiedlichen Quellen stammen:

Maschinenhersteller: Für Maschinen- und Anlagenhersteller bietet sich über mApps die Chance, ihre hoch spezialisierten Anwendungen, die maßgeschneidert auf ihre Produkte zugeschnitten sind, über die MIP in einen größeren Zusammenhang, nämlich das digitale Abbild der Fertigung, einzubetten und ihren Kunden damit eine nahtlose Integration dieser Anwendungen mit anderen Anwendungen der Fertigungen unter Verwendung eines einheitlichen Informationsmodells zu ermöglichen.

Beratungs-/Systemhäuser und Integratoren: Viele Beratungs- und Systemhäuser verfügen über ein umfangreiches Branchenwissen und Prozess-Know-how. Über mApps kann dieses Know-how als branchenspezifische Lösung oder Ergänzung auf Basis der MIP bereitgestellt werden.

Klassische Anbieter von Systemen der Fertigungs-IT:

Die Evolution der Fertigungs-IT erfordert von den klassischen Anbietern von Systemen für die Fertigungs-IT eine verbesserte Integrationsfähigkeit und Interoperabilität. Die MIP bietet dafür eine ausgezeichnete Grundlage, erlaubt sie doch die Verwendung von mApps unterschiedlicher Hersteller.

Eigenentwickelte Anwendungen: Neben dem Bezug von mApps anderer Hersteller bietet die MIP dem Anwender über das MIP-SDK zahlreiche Mechanismen, um auf der Basis der MIP mApps selbst zu erstellen oder vorhandene mApps anzupassen.

Die Bereitstellung von mApps kann über die Anbieter selbst erfolgen. Alternativ besteht die Möglichkeit, diese aus dem App-Store zu beziehen.



Abbildung 6-2: Quellen für mApps © MPDV, shock/stock.adobe.com, contrastwerkstatt/stock.adobe.com

6.2 Beispiele für mApps

Für mApps gibt es zahlreiche potenzielle Anwendungsgebiete. Die folgende Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern dient zur Illustration des möglichen Spektrums von mApps:

Analytics: Die in der MIP vorhandenen Daten auf der Basis des semantisch beschriebenen Objektmodells sind eine wertvolle Grundlage für zahlreiche analytische Anwendungen und Auswertungen. Sie unterstützen den Anwender z. B. dabei, statistische Zusammenhänge in den Daten zu erkennen, die zuvor verborgen waren.



Abbildung 6-3: Analytics-mApps Maschinenstatusanalyse © MPDV

Arbeit 4.0: In der modernen Arbeitswelt im Zeitalter von Industrie 4.0 ergeben sich zahlreiche neue Herausforderungen, bei deren Bewältigung mApps unterstützen können. Das kann eine flexible, auf die Auslastung der Fertigung ausgerichtete Schichtplanung sein, eine optimierte Werkerführung für variantenreiche Produkte oder die digitale Produktionsbesprechung als eine Unterstützung bei der abteilungsübergreifenden Lenkung der Fertigung.

Digitale Produktionsbesprechung									
Stammdaten System HR Anwendungen MF Anwendungen	Datum	Stufe ▲	Datum ▲ ▼	Bezeichnung ▲ ▼	Ort ▲	Status ▲ ▼	Maßnahme ▲ ▼	Detail	Bearbeiten
	09.03.2018	▼						Stufe 1	Einfügen
	Bezeichnung	1	2017-02-08 10:00	Frühbesprechung	Halle A13	false	true	Datum 2017-02-08 10:00	
		2	2017-02-09 12:00	Managementrunde	Raum 1.03	false	false	Bezeichnung Frühbesprechung	
		3	2017-02-10 10:00	Qualitätsrunde	Raum 1.03	true	true	Ort Halle A13	
								Status false	
								Maßnahme true	
Tagesordnungspunkte									
	TOP ▲ ▼	Designation ▲ ▼		Responsible ▲ ▼		Date ▲ ▼		Finished ▲ ▼	
	1	Allgemeine Themen		Herr Schneider		2017-02-08 10:05		false	
	2	Personal		Frau Muhr		2017-02-08 10:20		true	
	3	Maschinenverfügbarkeit		Herr Kaiser		2017-02-08 10:45		false	
	4	Auftragscontrolling /-vorschau		Herr Müller		2017-02-08 11:02		false	

Abbildung 6-4: mApps „Digitale Produktionsbesprechung“ © MPDV

Projektverwaltung im Maschinen- und Anlagenbau: Der Maschinen- und Anlagenbau ist vielfach geprägt vom Konzept der Losgröße 1 und einer Vielzahl an Tätigkeiten in Konstruktion und Fertigung. mApps unterstützen bei der Verwaltung der Projekte, der Einplanung auf Ressourcen (Maschine, Arbeitsplätze oder Mitarbeiter) sowie bei der fortwährenden Fortschritts- und Statusüberwachung des Projektes.

Echtzeit-Materialverfolgung und Materialreichweitenbetrachtung: Die Verfolgung der Materialbestände in der Fertigung in Echtzeit bietet zahlreiche Möglichkeiten, Störungen in der innerbetrieblichen Prozesskette frühzeitig zu erkennen und gegenzusteuern. Auf der Basis dieser Daten kann gleichzeitig auch ein dynamisches, auf kurzfris-

tige Zeitintervalle ausgerichtetes Scheduling nachfolgender Fertigungsstufen durchgeführt werden, da die Verfügbarkeit benötigter Materialien detailliert bekannt ist und unter Berücksichtigung der Restlaufzeiten von Aufträgen und Arbeitsgängen der Vorgängerstufen prognostiziert werden kann.

Qualitätssteuerung auf der Basis realer Zustände an der Maschine: Die Integration aus Echtzeit-Maschinenüberwachung und Qualitätsplanung erlaubt die dynamische Anpassung von Prüfhäufigkeiten an die Stabilität des Produktionsprozesses und hilft somit, notwendige Prüfungen auf das Notwendige zu reduzieren.

In der modernen Arbeitswelt

im **Zeitalter von Industrie 4.0**

ergeben sich **zahlreiche neue Herausforderungen,**

bei deren Bewältigung **mApps unterstützen können.**

Betriebsmittelmanagement: In vielen Fertigungsunternehmen spielen die Planung und Verwaltung von Werkzeugen, Betriebsmitteln und anderen Ressourcen eine immer wichtigere Rolle. Sie sind neben gut gewarteten Maschinen und qualifiziertem Personal ein Garant dafür, dass Produkte mit einer hohen Qualität sowie termin- und kostengerecht entstehen. mApps für das Betriebsmittelmanagement unterstützen Unternehmen bei der Verwaltung der Werkzeuge und Ressourcen, liefern Informationen über den aktuellen Zustand und Verwendungen der Werkzeuge und Vorrichtung, deren Lebenslauf und erlauben eine zustandsorientierte Wartungsplanung. Durch Predictive Maintenance mApps können die Verfügbarkeit der eingesetzten Ressourcen weiter gesteigert und Produktionsausfälle vermieden werden.

Leistungsanalyse: Die MIP erlaubt die Erfassung und Verarbeitung einer Vielzahl an Daten aus der Fertigung. Für die Steuerung einer Produktion ist es jedoch oftmals notwendig oder sinnvoll, diese Daten untereinander in Beziehung zu setzen und die aktuelle oder historische Situation in Form einer Kennzahl darzustellen. mApps aus dem Bereich der Leistungsanalyse stellen diese Kennzahlen auf der Basis der in der MIP verfügbaren Daten zur Verfügung. Hierbei kann es sich beispielsweise um den Overall Equipment Effectiveness (OEE), den Nutzgrad, Durchlaufzeitanalysen, First Pass Yield (FPY) sowie weitere, gegebenenfalls branchenspezifische Kennzahlen handeln.

Kennzahlen



Abbildung 6-5: Darstellung verschiedener produktionsbezogener Kennzahlen © MPDV

Informationsmanagement: Der Aufnahme und zielgerichteten Verteilung von Informationen kommt in Unternehmen eine immer größere Bedeutung zu. Dies betrifft sowohl maschinell erzeugte Informationen als auch unstrukturierte Informationen, die von Mitarbeitern zur Information anderer Mitarbeiter erfasst werden. mApps können diese Vorgehensweise auf verschiedene Arten unterstützen. So können mApps das Informationsmanagement durch Integration mit dem Eskalationsmanagement und durch Bereitstellung von Eskalationen unterstützen, die z. B. über Statuswechsel oder Fehlentwicklungen informieren. Auf der Basis des Workflowmanagements können mApps vordefinierte und mit den Objekten und Daten der MIP integrierte Workflows zur Verfügung stellen, zum Beispiel zur Beantragung von Urlaub und Fehlzeiten oder zur Bearbeitung von Reklamationen.

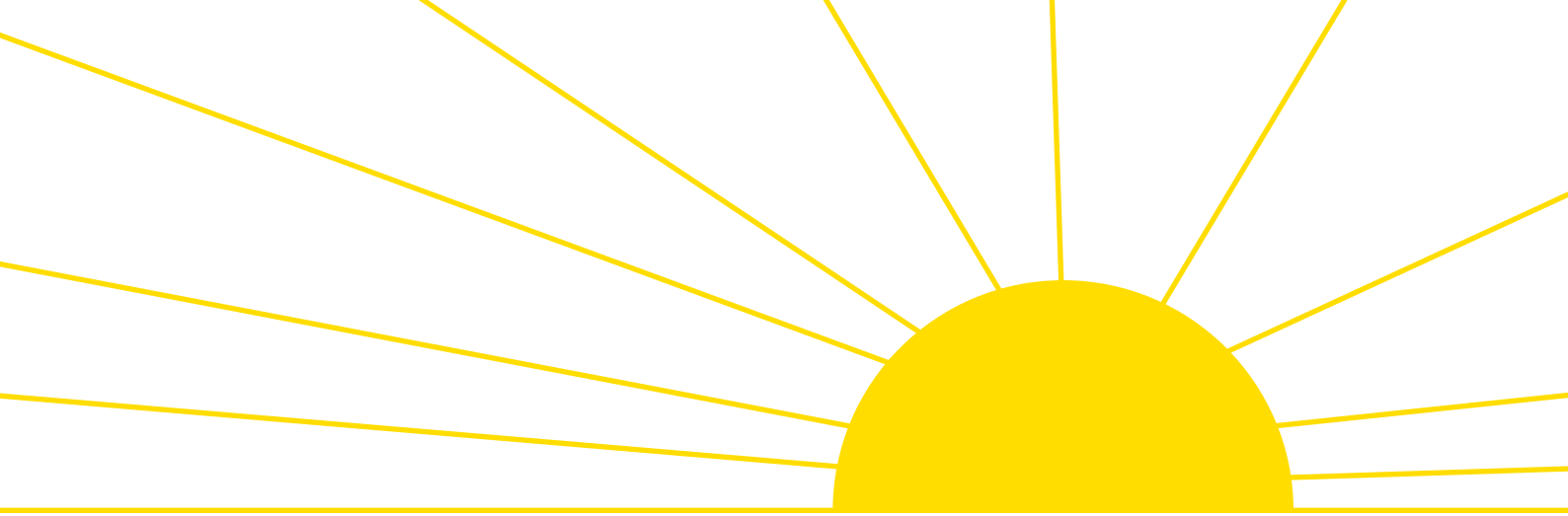
Datenerfassung: Ziel der Datenerfassung ist die ereignisgesteuerte Erfassung von Daten aus dem Produktionsprozess. mApps können diese Erfassung vielfältig unterstützen, z. B. durch Bereitstellung eines auf die Erfordernisse einer Fertigungsumgebung optimierten Erfassungs-Clients oder durch Bereitstellung spezialisierter Shopfloor Connectivity Services. Diese erlauben beispielsweise die Zusammenfassung gleichartiger Arbeitsgänge im Shopfloor oder Services zur An- oder Abmeldung ganzer Teams, die dynamisch auf der Basis der hinterlegten Schichtplanung gebildet werden.

Arbeitsplatz / Maschine 33021	Arbeitsplatz / Maschine 40312	Arbeitsplatz / Maschine 406457A	Arbeitsplatz / Maschine 406457B
Status PRODUKTION	Status KEIN MATERIAL	Status PRODUKTION	Status PRODUKTION
Gutmenge 833	Gutmenge 1381	Gutmenge 2500	Gutmenge 66
Ausschuss 4	Ausschuss 5	Ausschuss 13	Ausschuss 0
OEE 0,65	OEE 0,58	OEE 0,68	OEE 0,61
Nutzgrad 71,20	Nutzgrad 65,30	Nutzgrad 73,20	Nutzgrad 70,80
Ausschussquote 0,47	Ausschussquote 0,36	Ausschussquote 0,52	Ausschussquote 0,00
			

Abbildung 6-6: Beispiel der Grundansicht eines Erfassungs-Clients für die manuelle Datenerfassung in der Fertigung und zur Darstellung von Kennzahlen über die aktuelle Produktion als Informationsquelle für das Fertigungspersonal © MPDV







7

Betriebsmodelle der MIP

7.0

Betriebsmodelle der MIP

Die Manufacturing Integration Platform ist die Heimat des digitalen Zwillings der Fertigung. Die MIP unterstützt eine Reihe von Betriebsmodellen, aus denen der Anwender das für seine Anforderungen und Gegebenheiten beste Betriebsmodell auswählen kann. Um diese Entscheidung – welches ist das beste Betriebsmodell für mich und mein Unternehmen – zu treffen, sind einige Faktoren zu berücksichtigen:

Organisatorische Gegebenheiten: Der produktive Betrieb einer Plattform wie die MIP erfordert eine schnelle und professionelle Wartung, sowohl der verwendeten Hardware, als auch der verwendeten Software (Betriebssystem, Datenbank). Für die Entscheidung zum Betriebsmodell der MIP eröffnet sich eine Reihe von Fragen: Wie ist die Verfügbarkeit von Wartungs- und Administrationspersonal? Welche Wiederherstellungszeiten können erreicht werden? Welche Infrastruktur (Klimatisierung, Löschanlage etc.) steht zur Verfügung?

Skalierbarkeit: Die Digitalisierung der Fertigung ist ein andauernder Prozess. Im Zuge dieses Prozesses werden sukzessive immer mehr Objekte und Assets digital in der MIP abgebildet. Die Infrastruktur zum Betrieb der MIP muss mit diesem Wachstum Schritt halten und eine schnelle und unkomplizierte Skalierung ermöglichen.

Verfügbarkeit: Die Verfügbarkeit der Plattform ist für die digitale Abbildung der Fertigung ein zentraler Punkt. Für die Festlegung des Betriebsmodells der Plattform muss daher betrachtet werden, welche Verfügbarkeit für die MIP erreicht werden soll. Dies betrifft sowohl die Verfügbarkeit der Netzwerkverbindung, als auch die Verfügbarkeit der verwendeten Hardware, deren Ausfallsicherheit und eine eventuelle Vorhaltung von Redundanz.

Geschwindigkeit der Internetanbindung: Trotz aller Initiativen aus Politik und Technik ist auch heute noch die Geschwindigkeit des Anschlusses dezentraler Standorte an das Unternehmensnetzwerk bzw. das Internet für viele Unternehmen ein (Kosten-)Thema. Hier ist zu prüfen, ob die verfügbaren Anbindungsgeschwindigkeiten den Betrieb außerhalb des lokalen Standorts erlauben und ob die damit erreichten Antwortzeiten für den Betrieb und die Akzeptanz des Systems ausreichend sind.

Bewertung der Unternehmensrisiken: Nicht zu vernachlässigen bei der Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes Betriebsmodell ist die Ermittlung und Bewertung von Unternehmensrisiken bezogen auf das Betriebsmodell. Hierbei ist zu betrachten, welche Bedeutung die MIP für die Fertigung und die in der Fertigung verwendeten Systeme und Assets hat. Ist die Fertigung noch möglich, wenn die MIP zum Beispiel aufgrund einer ausgefallenen Standleitung oder einer ausgefallenen Hardwarekomponente nicht zur Verfügung steht?

Bei der Auswahl des Betriebsmodells sollten die oben dargestellten Faktoren berücksichtigt werden. Die Plattform selbst kann auf zwei grundsätzliche Arten betrieben werden. Je nach seinen individuellen Präferenzen und Gegebenheiten kann das Unternehmen wählen, auf Basis welcher Betriebsvariante es die MIP verwenden will.

Die MIP kann **in der Cloud** betrieben werden. Die Anwendungsfälle reichen von der produktiven Nutzung bis hin zu Kennenlern- und Testinstallationen. Der Betrieb in der Cloud erlaubt den Unternehmen die Konzentration auf das Kerngeschäft und die Verlagerung zahlreicher IT-Themen auf den Dienstleister des Cloud-Angebots.

Die MIP kann auch **on-Premise**, d. h. lokal im Unternehmen vor Ort, betrieben werden. Hierbei kann gewählt werden zwischen dem Betrieb einer oder mehrerer zentraler Instanzen für verschiedene Werke oder dem Betrieb jeweils lokaler Instanzen in den Werken. Der Betrieb als zentrale Instanz unterscheidet sich dann aus technischer Sicht nicht mehr vom Betrieb der MIP in der Cloud, nur das die „Cloud“ in diesem Fall durch das Unternehmen selbst betrieben wird.

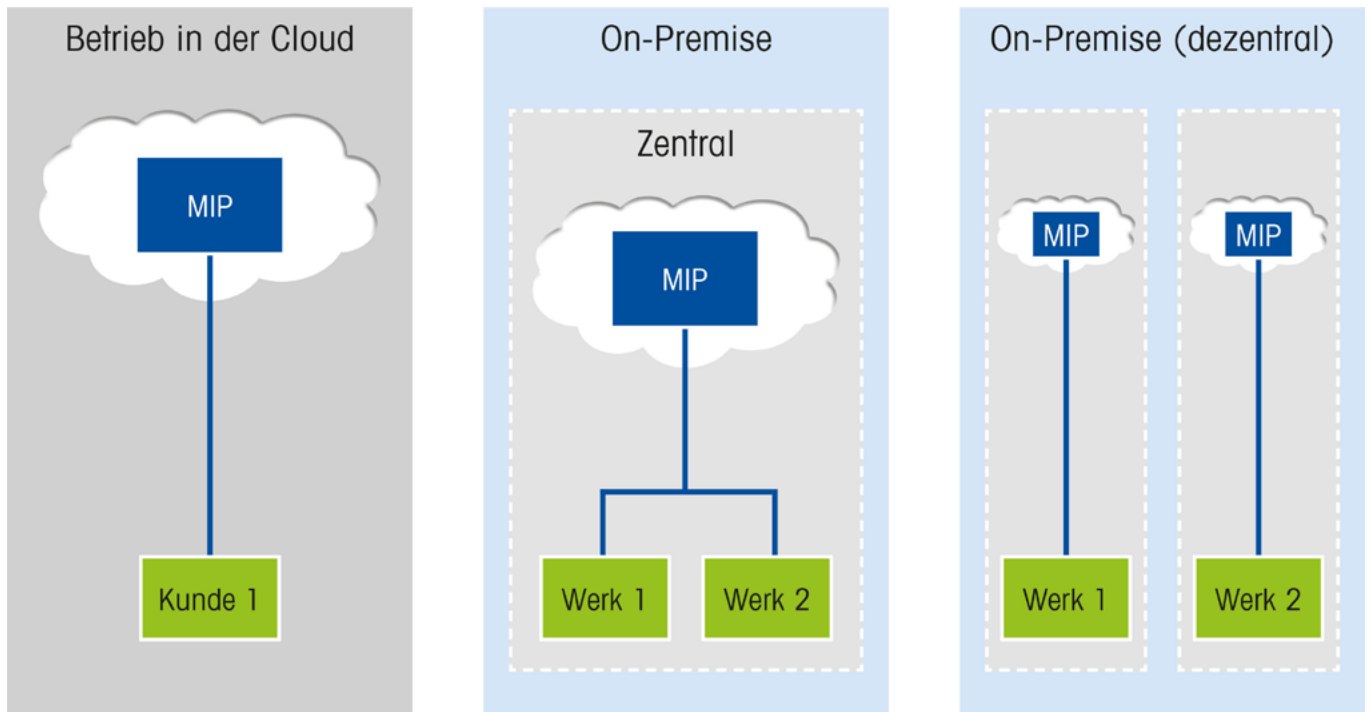


Abbildung 7-1: Darstellung der verschiedenen Betriebsmodelle der MIP ©MPDV

Die unterstützten Betriebsmodelle der MIP bieten zahlreiche Optionen - sowohl für Unternehmen, welche die MIP betreiben oder verwenden wollen als auch für Unternehmen, die eigene Lösungen auf Basis der MIP anbieten wollen. Die Architektur der MIP erlaubt Unternehmen sowohl den Betrieb „on-premise“, mit vollständiger eigener Bereitstellung und Wartung der für den Betrieb der MIP relevanten Infrastruktur (Netzwerk, Speicher, Betriebssystem, RDBMS, ...).

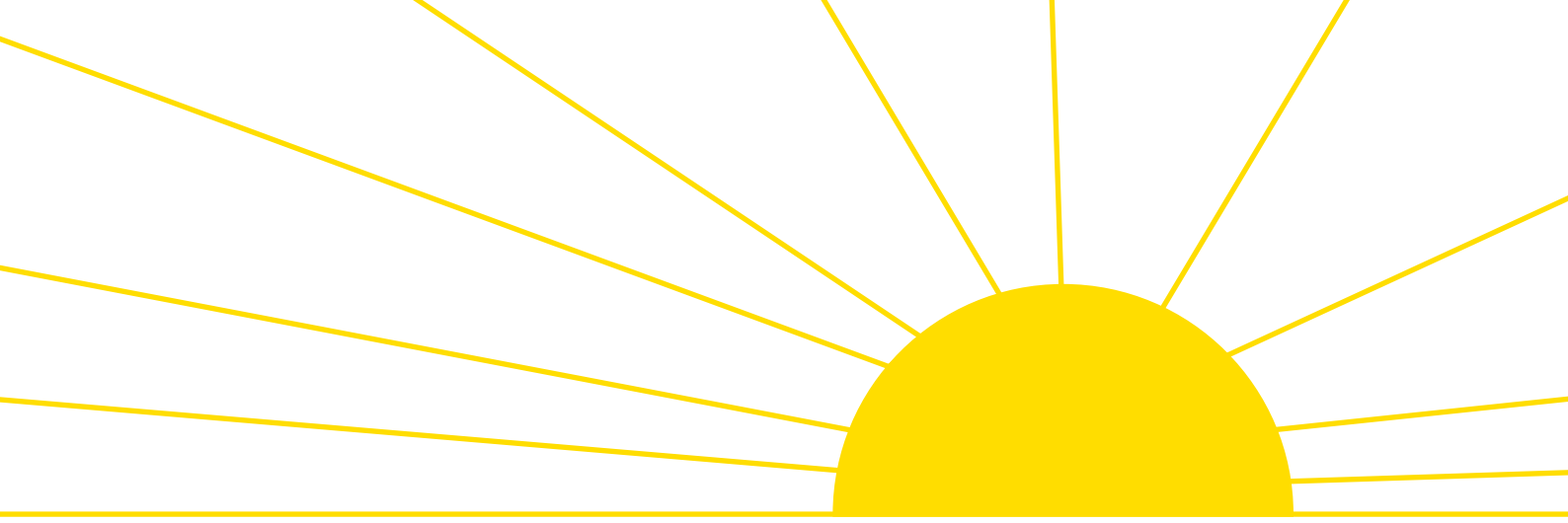
Die MIP lässt aber auch den Betrieb in einer **Infrastructure as a Service (IaaS)** zu, in welcher der Betrieb der Hardware, des Betriebssystems und der Netzwerkintegration durch einen Cloud-Dienstleister erbracht wird. Die Entscheidung über das verwendete Betriebssystem und die verwendete Datenbank verbleiben beim Unternehmen, welches die MIP einsetzt.

Einen Schritt weiter geht der Betrieb der MIP als **Plattform as a Service (Paas)**. Bei dieser Variante erfolgt zusätzlich zu der Bereitstellung der Infrastruktur auch der Betrieb, die Wartung des Betriebssystems und der Runtime-Umgebung durch einen externen Dienstleister. Lediglich der Betrieb der Anwendung und die Verantwortung für die Daten verbleiben beim MIP-Anwender.

Ebenso erlaubt die Architektur der MIP den Betrieb als **Software as a Service (SaaS)** auf der Seite der einsetzenden Unternehmen bzw. auf der Seite von Unternehmen, welche ihre auf Basis der MIP erstellte Lösung auf diese Weise am Markt anbieten wollen. In diesem Szenario werden Wartung und Betrieb der MIP inklusiver der genutzten Anwendungen durch einen Dienstleister erbracht. Unternehmen, welche die MIP auf dieser Basis nutzen wollen, benötigen keine eigene Infrastruktur und kein Know-How zum Betrieb der MIP mehr, sondern mieten die bereitgestellten Services und Anwendungen für eine bestimmte Zeitdauer.







8

Ausblick



8.0 Ausblick

Die Manufacturing Integration Plattform (MIP) ist die Integrationsplattform für die Fertigungs-IT im Zeitalter von Industrie 4.0 und Industrial Internet of Things. Das ist keine zufällige Entwicklung, sondern das Ergebnis einer andauernden Evolution der Fertigungs-IT und deren nächster logischer Schritt.



Dezentralität, der Zerfall monolithischer IT-Strukturen, die Verteilung der Intelligenz auf die Dinge (IIoT) und deren Einbindung in das Netzwerk sind Kennzeichen dieser Entwicklung, für die Industrie 4.0 steht. Die Verlagerung von Intelligenz und Funktionalität in immer kleinteiligere Strukturen ist durch die Ausbreitung des IoT für jeden erlebbar. Die MIP trägt dieser Entwicklung Rechnung - jedoch nicht als monolithisches, abgeschlossenes System, sondern als der Lebensraum für den digitalen Zwilling der Fertigung. In der Virtual Production Reality (ViPR) der MIP entsteht aus vielen einzelnen Daten und Informationspuzzleteilen ein ganzheitliches, digitales Abbild der Fertigung.

Die MIP beschreitet damit einen zukunftsweisenden Weg, indem sie neben der Technologie, als Mittel zur Erreichung von Zielen, vor allem den Inhalt, die Semantik in der Vordergrund stellt und die Struktur des digitalen Zwillings der Fertigung definiert. In den Systemen, Anlagen und Maschinen der Fertigung werden heute viele unterschiedliche Sprachen „gesprochen“ – sowohl technologisch als auch inhaltlich. Viele davon sind herstellersistenspezifisch. Es fehlt ein einheitliches Verständnis, von den Objekten der Fertigung

ebenso wie von deren Struktur und Aufbau. In der MIP sind diese Objekte benannt, ihre Bedeutung beschrieben, ihre Eigenschaften offengelegt und ihre Beziehungen untereinander modelliert. Dies bietet den vielen Dingen des IIoT eine gemeinsame Sprache, um zusammen ein umfassendes Abbild der Fertigung zu zeichnen sowie Daten und Informationen zu verwerten, die andere Dinge im digitalen Abbild bereitgestellt haben.

Das gemeinsame Verständnis über die Objekte der Fertigung stellt die Grundlage für Interoperabilität zwischen verschiedenen Anwendungen dar, völlig unabhängig davon, wer diese Anwendungen erstellt hat. Schaut man auf die Entwicklung im Bereich der Smartphones zurück, dann stellt man fest, dass alle Anbieter geschlossener Systemen in kurzer Zeit die Akzeptanz der Anwender verloren haben. Die als offene Plattformen platzierten Produkte haben es jedem erlaubt, eigene Anwendungen – Apps – zu erstellen und auf der Plattform verfügbar zu machen. Mit der Bereitstellung der App stellt der Entwickler auch sein Expertenwissen für die Allgemeinheit zur Verfügung. Aus der Vielzahl der bereitgestellten Apps entsteht ein Ökosystem.

Im Vergleich mit den geschlossenen Systemen

bietet das **Ökosystem** den Anwendern
deutlich mehr **Auswahl und Individualität**

Im Vergleich mit den geschlossenen Systemen bietet das Ökosystem den Anwendern deutlich mehr Auswahl und Individualität. Das mittlerweile sprichwörtliche „Dafür gibt es doch bestimmt eine App“ ist Ausdruck dieser Entwicklung. Auf Basis der MIP arbeiten die Manufacturing Apps – mApps – auf einem einheitlichen Informationsmodell, was die Interoperabilität der mApps ermöglicht. Damit bietet die MIP die Grundlage zur Entstehung eines neuen Ökosystems, in dem Anbieter mit unterschiedlichstem Know-How, Hintergrund und Branchenwissen ihre Lösungen einbringen.

In seinem Vorwort hat Herr Dr. Felser bereits den disruptiven Charakter der MIP postuliert. Ja, die MIP hat dieses Potenzial, denn ihr Konzept trägt den Gedanken und die Mechanismen der Plattformökonomie in die Fertigungs-IT. Dies bietet sowohl den Unternehmen, die mApps bereitstellen, als auch den Unternehmen, die diese mApps auf der Basis der MIP verwenden, entscheidende Vorteile.

Hersteller von mApps haben auf Basis der MIP die Möglichkeit, ihr Know-how auf einer offenen Plattform anstatt in einer eigenen, abgeschlossenen und proprietären In-sellösung bereitzustellen. Ihre mApps werden damit Teil des Ökosystems und darüber hinaus der ganzheitlich integrierten Lösung für die Fertigungs-IT. Dadurch erhöhen sich die Attraktivität ihrer Produkte und die Akzeptanz beim Kunden. Für einige Unternehmen mag dies auch den Einstieg in ein neues Geschäftsmodell bedeuten – die Bereitstellung und Vermarktung von Software und den dazugehörigen Dienstleistungen wie Beratung und Wartung.

Für Unternehmen, die mApps auf Basis der MIP einsetzen, eröffnet sich ebenfalls eine Reihe von Vorteilen: es entstehen innovationsfördernder Wettbewerb zwischen

den mApp-Anbietern sowie mehr Auswahl und bessere Vergleichbarkeit von mApps. Durch die MIP müssen sich die Unternehmen nicht mehr einmalig für ganze Systeme entscheiden, sondern haben den Vorteil einer Entscheidungsmöglichkeit auf der Ebene von mApps. Dies erlaubt den Unternehmen, für jeden Anwendungsfall die Best-of-Breed Anwendung zur Abbildung ihrer Anforderungen auszuwählen und dadurch zu einer auf Standardkomponenten aufbauenden individuellen, auf die Anforderungen des Unternehmens maßgeschneiderten Fertigungs-IT zu kommen. Die Verwendung der jeweils für sie optimalen Anwendung unterstützt die Unternehmen, Manufacturing Excellence zu erreichen und in Wettbewerbsvorteile umzusetzen. Darüber hinaus wird der gefürchtete Vendor-Lock-In-Effekt ausgehebelt, da der Wechsel auf Ebene der mApp jederzeit möglich ist. Für den Fall, dass es für die eine oder andere Anforderung noch keine passende mApp gibt, haben Unternehmen die Möglichkeit, diese selbst zu erstellen und mit bereits verfügbaren mApps zu kombinieren. Bezogen auf den Autokauf bedeutet dies sinnbildlich, dass der Kunde nicht mehr nur aus dem Konfigurator eines Herstellers wählen kann, sondern die Möglichkeit hat, die Komponenten unterschiedlicher Hersteller miteinander zu kombinieren. Das ist die Auswirkung von Interoperabilität auf Basis einer gemeinsamen Integrationsplattform.

Das Beispiel der Entwicklung im Smartphone-Markt hat die Auswirkungen von offenen Ökosystemen im Wettbewerb mit geschlossenen Systemen eindrucksvoll vor Augen geführt. Hersteller, die sich diesem disruptiven Ansatz verweigern, werden ihre Bedeutung am Markt verlieren, da sich der Mehrwert der vielen einzelnen mApps durch die lückenlose Integration auf der Manufacturing Integration Plattform multipliziert.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1	Die Evolution der Fertigungs-IT	20
Abbildung 1-2	Anwendungssicht der Manufacturing Integration Platform	29
Abbildung 2-1	Aufbau und Struktur der Manufacturing Integration Platform	40
Abbildung 3-1	Die Kategorien der Virtual Prodction Reality ViPR	48
Abbildung 3-2	Verteilung des Objekts Auftrag zu den Kategorien der ViPR	52
Abbildung 3-3	Verteilung des Objekts Maschine bzw. Arbeitsplatz zu den Kategorien der ViPR	53
Abbildung 3-4	Verteilung des Objekts Materialcharge zu den Kategorien der ViPR	54
Abbildung 3-5	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0	55
Abbildung 3-6	Gliederung der Objektwelt nach RAMI 4.0 und Zuordnung der ViPR-Kategorien	56
Abbildung 3-7	Schematischer Aufbau der Shopfloor Connectivity Services	65
Abbildung 3-8	Auflösung eines realen Ereignisses in mehrere digitale Events	66
Abbildung 3-9	Kategorisierung der SCS	69
Abbildung 3-10	Darstellung der Verbindung zwischen dem physischen Asset (Maschine) über den Netzwerkstecker mit dem Internet/Netzwerk und damit der MIP, speziell der ViPR und der Kontextbildung in der ViPR für den digitalen Zwilling des physischen Assets	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-11	Entstehung des digitalen Abbilds der Fertigung durch Integration vielfältiger Daten und Informationen aus unterschiedlichen Quellen und Bereitstellung von Informationen für die Dinge des IIoT	79
Abbildung 4-1	Process Communication Controller (PCC) und Treiber	89
Abbildung 4-2	Der Aufbau der Edge Computing Suite	90
Abbildung 5-1	Userexit-Optionen	101
Abbildung 5-2	Das SDK der Manufacturing Integration Platform	103
Abbildung 6-1	Detailed Scheduling mApp zur Auftragsplanung	107
Abbildung 6-2	Quellen für mApps	110
Abbildung 6-3	Analytics-mApps Maschinenstatusanalyse	111
Abbildung 6-4	mApps „Digitale Produktionsbesprechung“	112
Abbildung 6-5	Darstellung verschiedener produktionsbezogener Kennzahlen	113
Abbildung 6-6	Beispiel der Grundansicht eines Erfassungs-Clients für die manuelle Datenerfassung in der Fertigung und zur Darstellung von Kennzahlen über die aktuelle Produktion als Informationsquelle für das Fertigungspersonal	114
Abbildung 7-1	Darstellung der verschiedenen Betriebsmodelle der MIP	120

Stehen wir vor einer Zeitenwende in der Fertigungs-IT? 1992 wurde der Begriff MES durch ARM Research (heute ein Teil von Gartner) geprägt und durch die Gründung der Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA) im gleichen Jahr aufgegriffen. Nun mehr als ein viertel Jahrhundert später symbolisieren erneut drei Buchstaben – MIP für die Manufacturing Integration Platform – eine Disruption der bisherigen Software-Landschaft.

Es ist im Rahmen von Digitalisierung, Industrie 4.0 und Internet of Things nur konsequent, dass die Ideen der Plattformökonomie und Prinzipien wie Individualisierung und Integration auch nicht vor der Smart Factory halt machen. Das ist keine zufällige Entwicklung, sondern das Ergebnis einer andauernden Evolution der Fertigungs-IT und deren nächster logischer Schritt. Dezentralität, der Zerfall monolithischer IT-Strukturen, die Verteilung der Intelligenz auf die Dinge (IIoT) und deren Einbindung in das Netzwerk sind Kennzeichen dieser Entwicklung, für die Industrie 4.0 steht. Die MIP trägt dieser Entwicklung Rechnung - jedoch nicht als monolithisches, abgeschlossenes „Standardsystem“, sondern als gestaltbarer Lebensraum für den digitalen Zwilling einer individualisierten Fertigung und Fertigungs-IT.

In der Virtual Production Reality (ViPR) der MIP entsteht aus vielen einzelnen Daten und Informationspuzzleteilen ein ganzheitliches digitales Abbild der Fertigung. Die MIP beschreitet damit einen zukunftsweisen Weg, indem sie neben der Technologie, als Mittel zur Erreichung von Zielen, vor allem den Inhalt, die Semantik und Objektstrukturen in den Vordergrund stellt und die Struktur des digitalen Zwillings der Fertigung definiert. Dies bietet sowohl den Unternehmen, die mApps bereitstellen, als auch den Unternehmen, die diese mApps auf der Basis der MIP verwenden, entscheidende Vorteile.

Auch Leser, die nicht oder nicht sofort eine Plattformlogik für ihre eigene Fertigungs-IT anstreben, profitieren so von einem Werk, das erstmalig in großer Detaillierung einen solchen Plattformansatz der Fertigungs-IT beschreibt.