

Industrie 4.0

Neue Produkte und Dienstleistungen

Auswirkungen auf Geschäftsmodelle und -prozesse

Technische Universität Kaiserslautern
Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung
Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner





Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner

KURZVITA

- 1968 - 1971** **Werkzeugmacher**
- 1971 - 1976** **Universität Karlsruhe (TH)**
Studium des Maschinenbau und Wirtschaftswiss.
- 1977 - 1980** **Universität Karlsruhe (TH)**
Promotion bei Professor Dr. Hans Grabowski
- 1980 - 1985** **Robert Bosch GmbH**
Technische Datenverarbeitung und Organisation
- 1985 - 2003** **Eigner & Partner GmbH, AG, Inc.**
Systemhaus für e-Engineering Technologien
bis 1997: Geschäftsführender Gesellschafter,
bis 2001: Vorstandsvorsitzender
bis 2003: Aufsichtsratsvorsitzender und CTO
- seit 2003** **Geschäftsführer EIGNER Engineering Consult**
- seit 2004** **TU Kaiserslautern**
Lehrstuhlinhaber

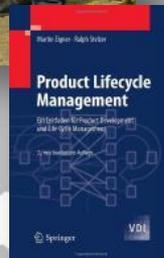
Sonstiges

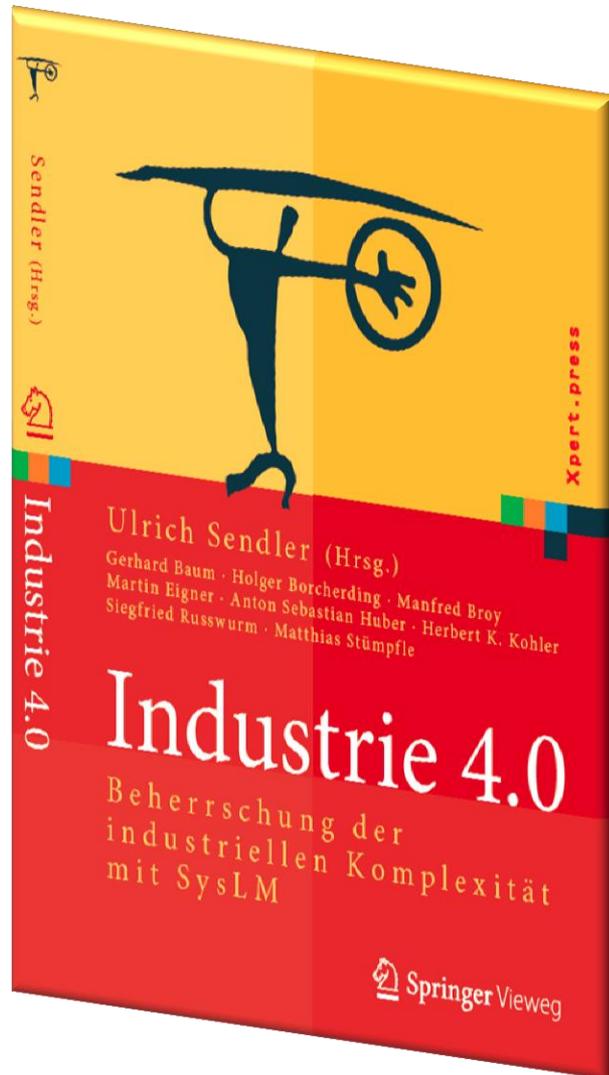
- Seit 1992** **Universität Karlsruhe (TH)**
Gastdozent
- seit 1999** **TU Sofia | Bulgarien**
Gastdozent





Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner







Technische Universität Kaiserslautern
Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung

Industrie 4.0 Auswirkungen auf den PEP

Integration, Interdisziplinarität und Vernetzung

Industrie 4.0 / Internet of Things and Services (IoTaS)

Beispiele von IoTaS Produkten

Auswirkungen auf den Produktentwicklungsprozess (PEP)

Herausforderungen

Wir müssen Querdenken – Zusammenfassung

- **Komplexitätsmanagement technischer Systeme**
Früher ...
 - ein Entwickler eingebunden
 - wenige Ingenieursdisziplinen benötigt
 - keine Organisationen eingebunden
 - keine verteilten Systeme
 - keine spezialisierten Systeme

[Quelle: Systems Engineering Handbook (INCOSE)]



[Quelle: clker.com]

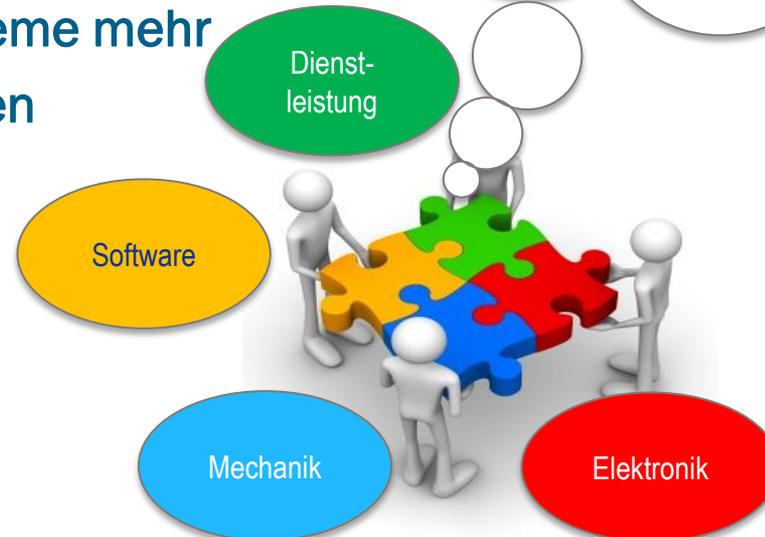
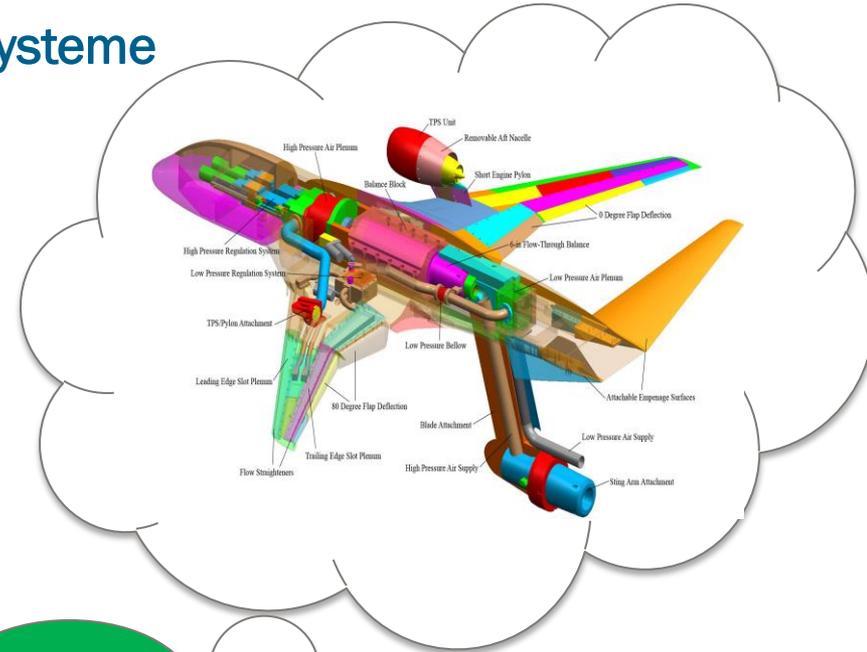
■ **Komplexitätsmanagement technischer Systeme Heute ...**

- Anstieg an Softwareanteilen
- Unterschiedliche Disziplinen benötigt
- Verteilte und spezialisierte Systeme
- Einbindung ganzer Organisationen

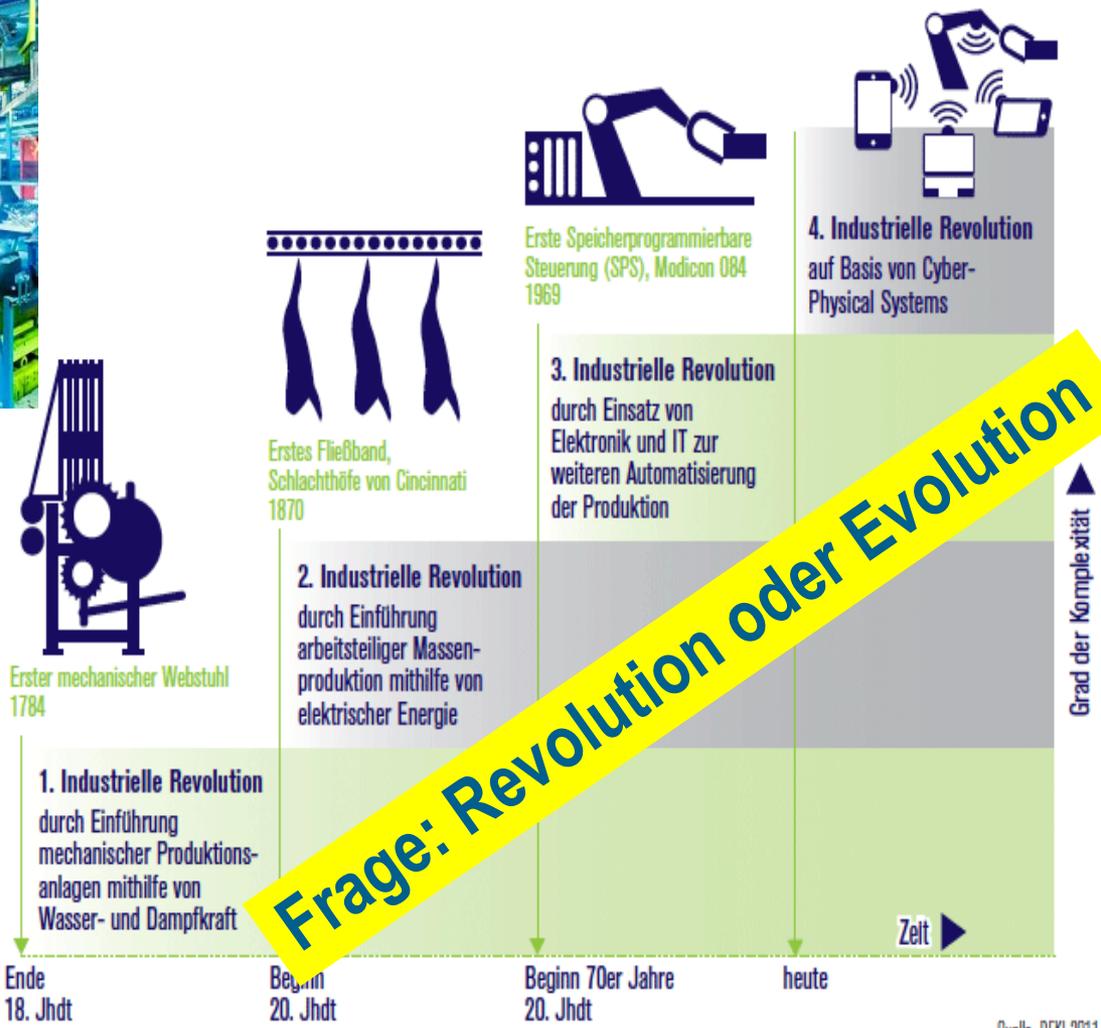
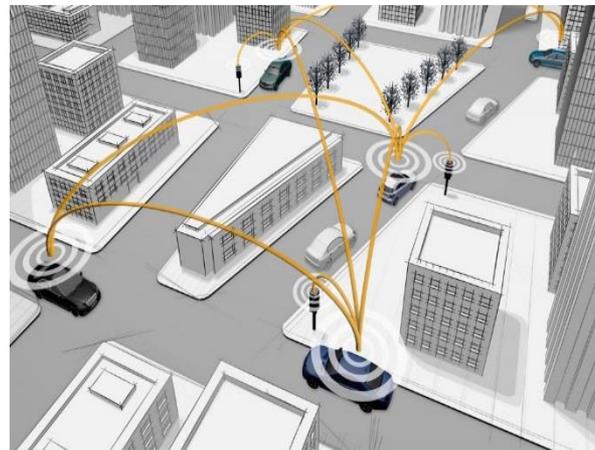
■ **Vernetzung von Subsystemen**

- Keine “stand alone” Systeme mehr
- Teil eines größeren Ganzen

[Quelle: Systems Engineering Handbook (INCOSE)]



[Quelle: execpastor.com]

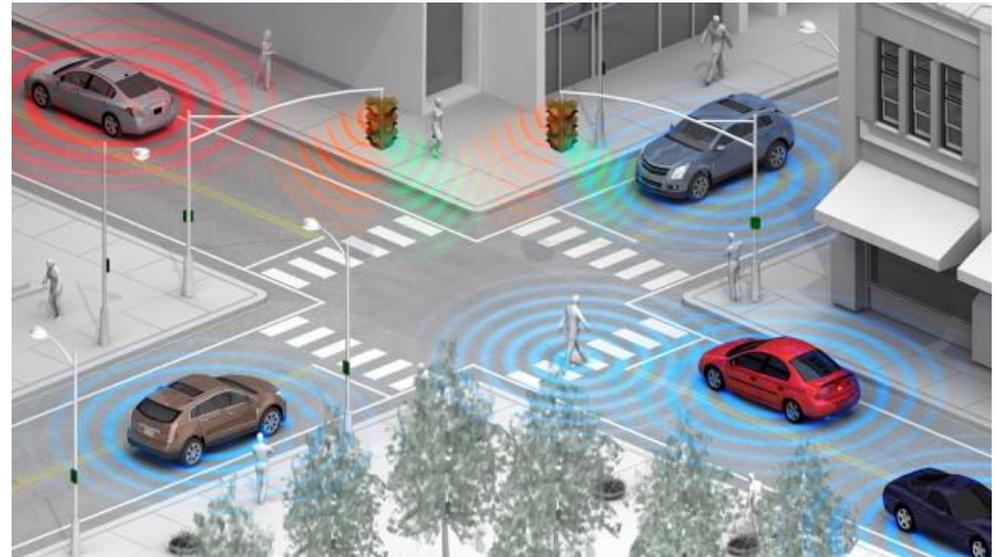


Quelle: DFKI 2011

Cybertronische Produkte oder Produktionssysteme sind mechatronische Produkte, die mit anderen mechatronischen Produkten, smarten Geräten und/oder Dienstleistungen kommunizieren.

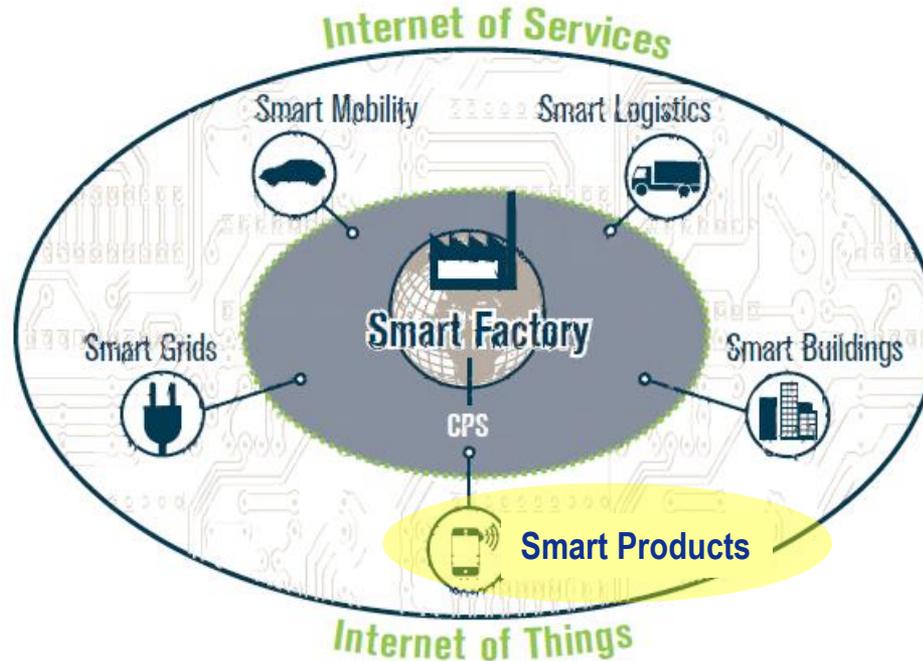


Deutsche Messe



WLAN communication car system

[Image Source: Motorauthority.com]



**Zukunftsprojekt
„Industrie 4.0“**



Der Produktionsstandort Deutschland soll durch die Digitalisierung der Produktion und der Geschäftsprozesse durch IKT in ein neues Zeitalter geführt werden.



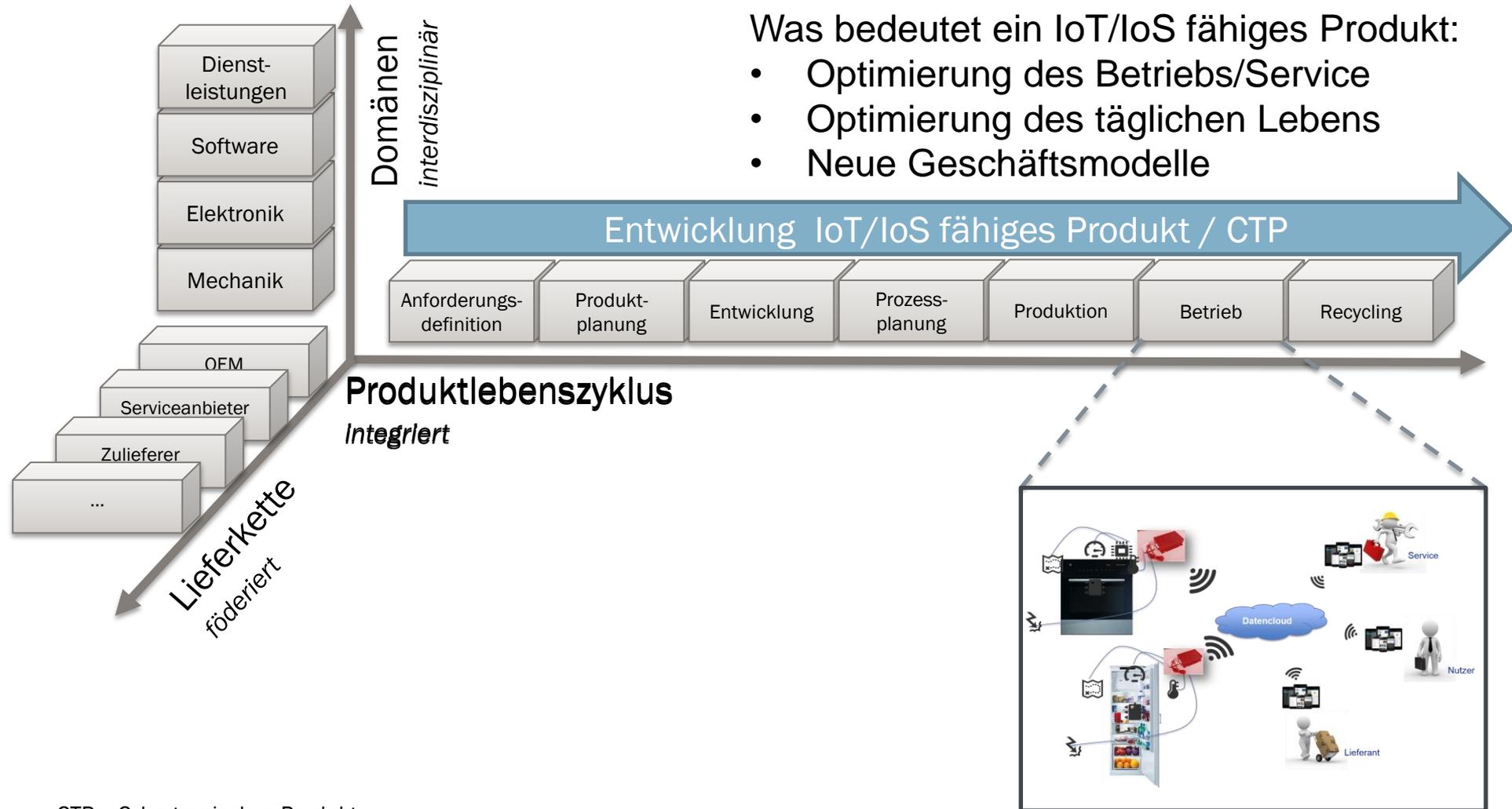
200 Mio €

Zukunftsprojekt „Internetbasierte Dienstleistungen für die Wirtschaft“



Durch Nutzung sicherer Cloud-Infrastruktur und die Bereitstellung von Dienstleistungen soll die Grundlage für die Internetökonomie in Deutschland gelegt werden.

300 Mio €



CTP: Cybertronisches Produkt

CTPS: Cybertronisches Produktionssystem

Bildquelle: V-ZUG;

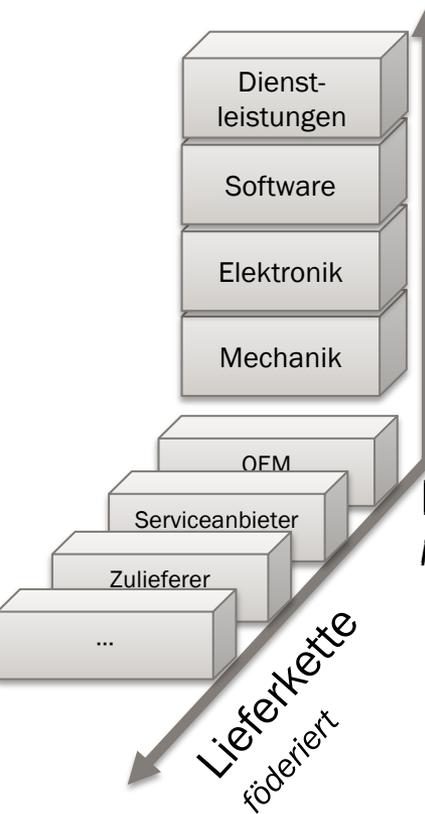
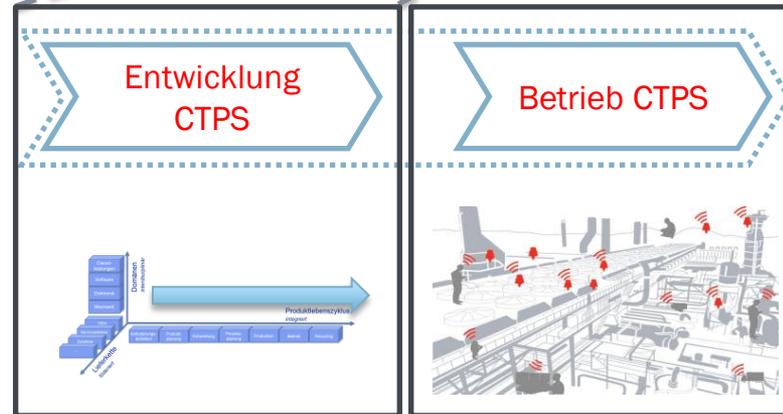
Was bedeutet ein IoT/IoS fähiges Produktionssystem:

- Optimierung des Service
- Optimierung des Betriebes
- Neue Geschäftsmodelle

Entwicklung IoT/IoS fähiges
Produktionssystem CTPS

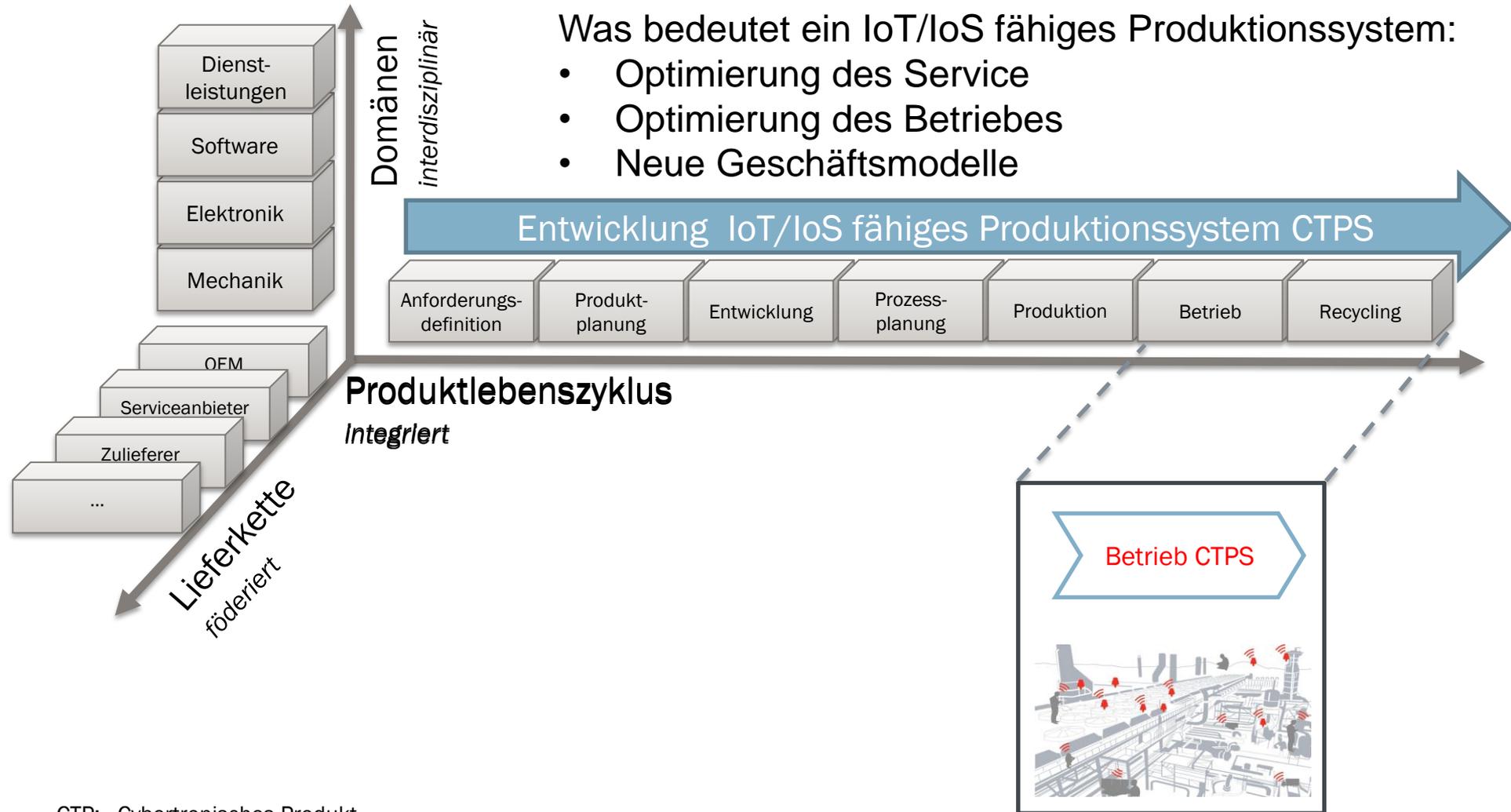


Produktlebenszyklus
Integriert



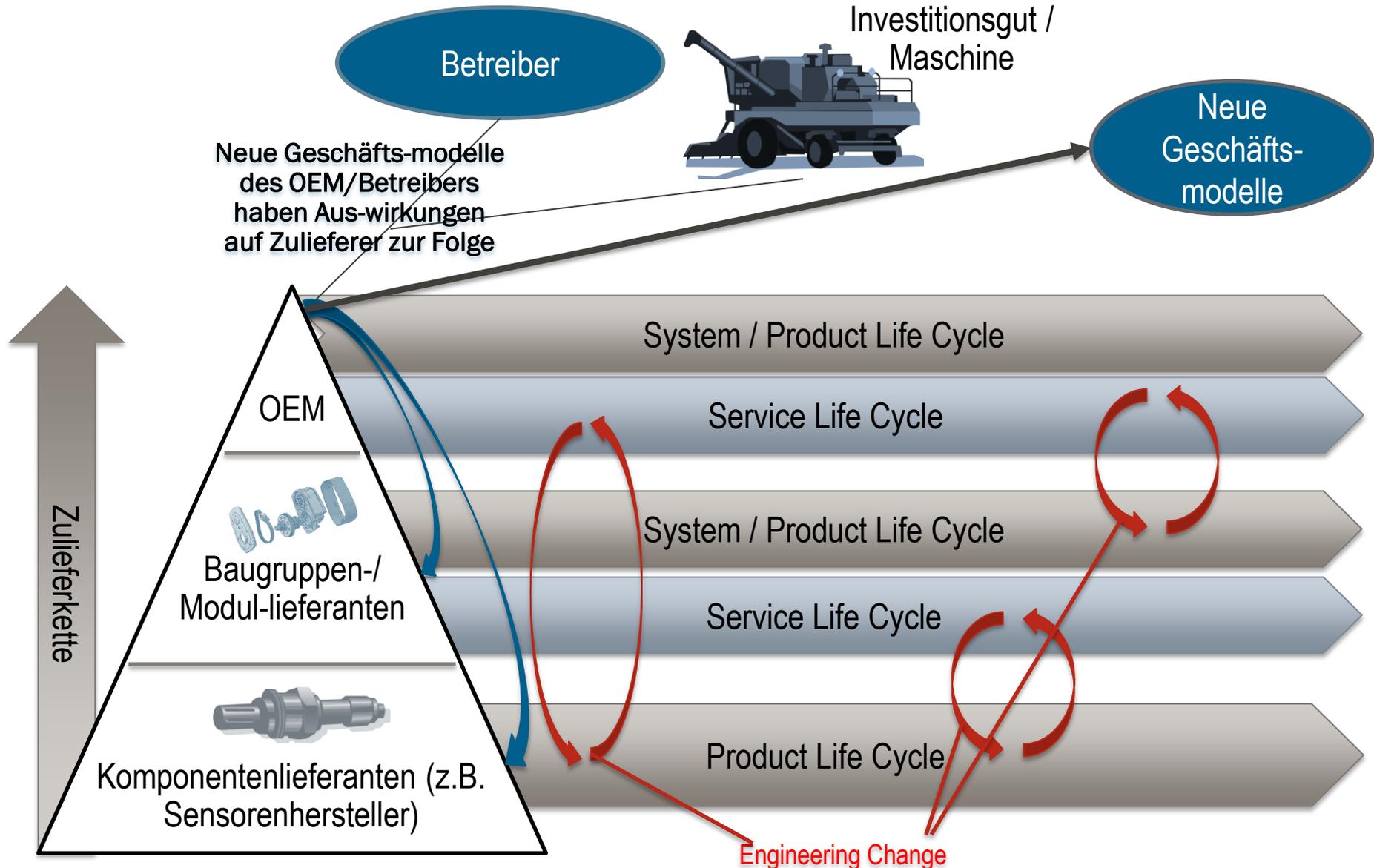
CTP: Cybertronisches Produkt

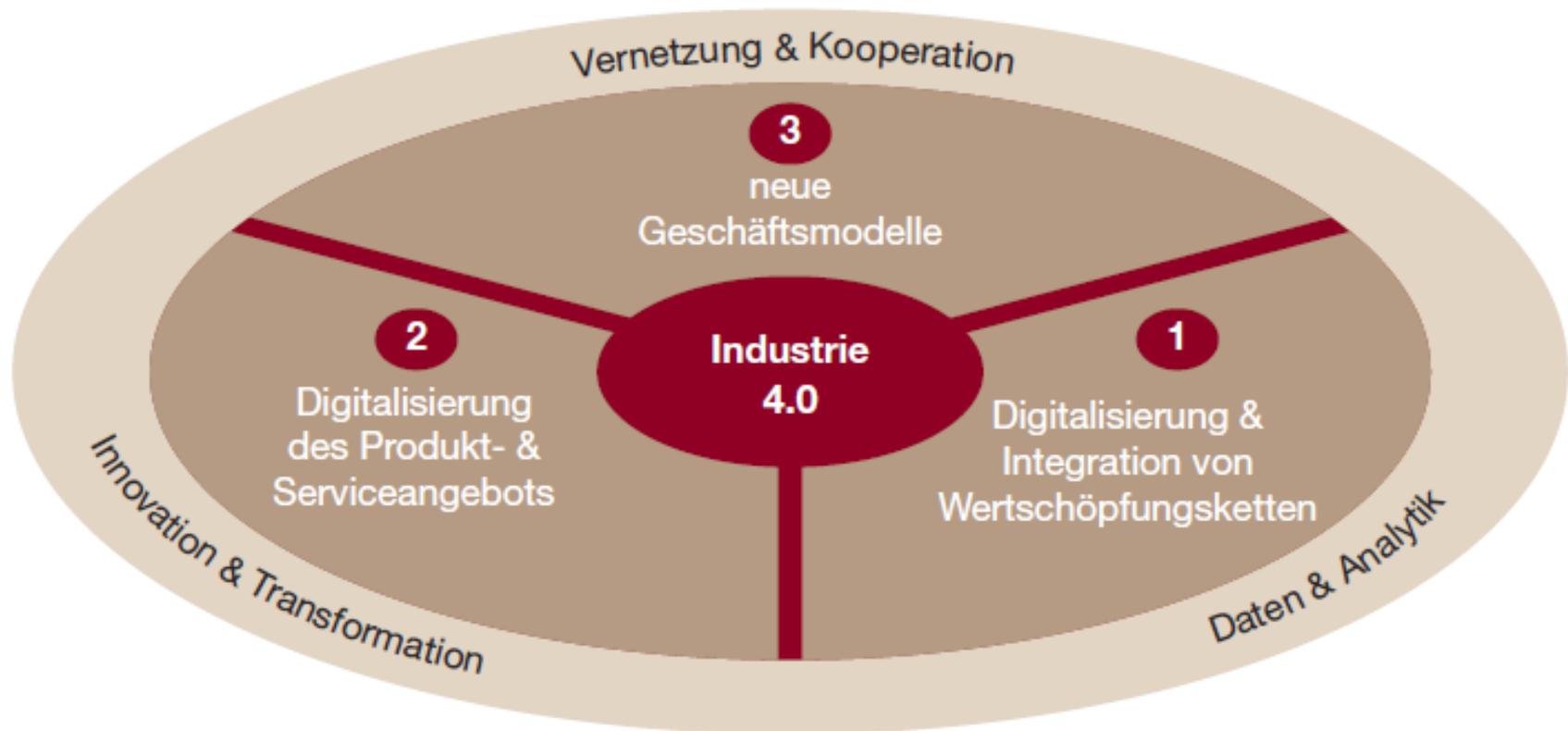
CTPS: Cybertronisches Produktionssystem

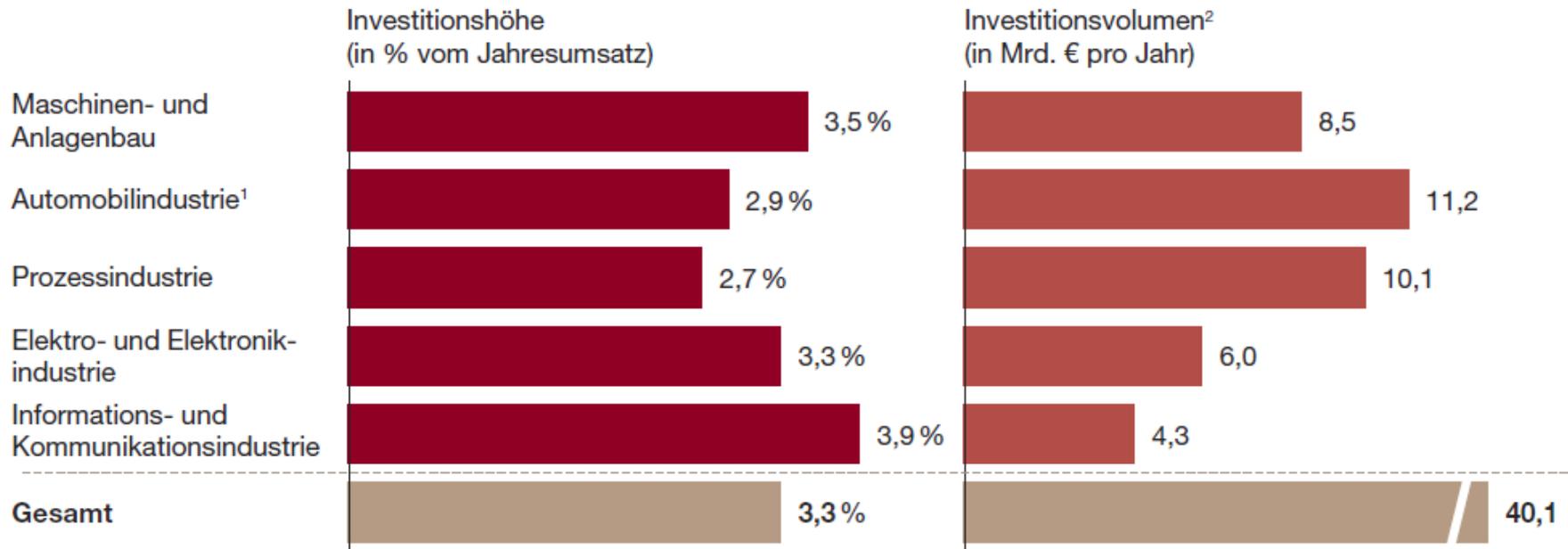


CTP: Cybertronisches Produkt

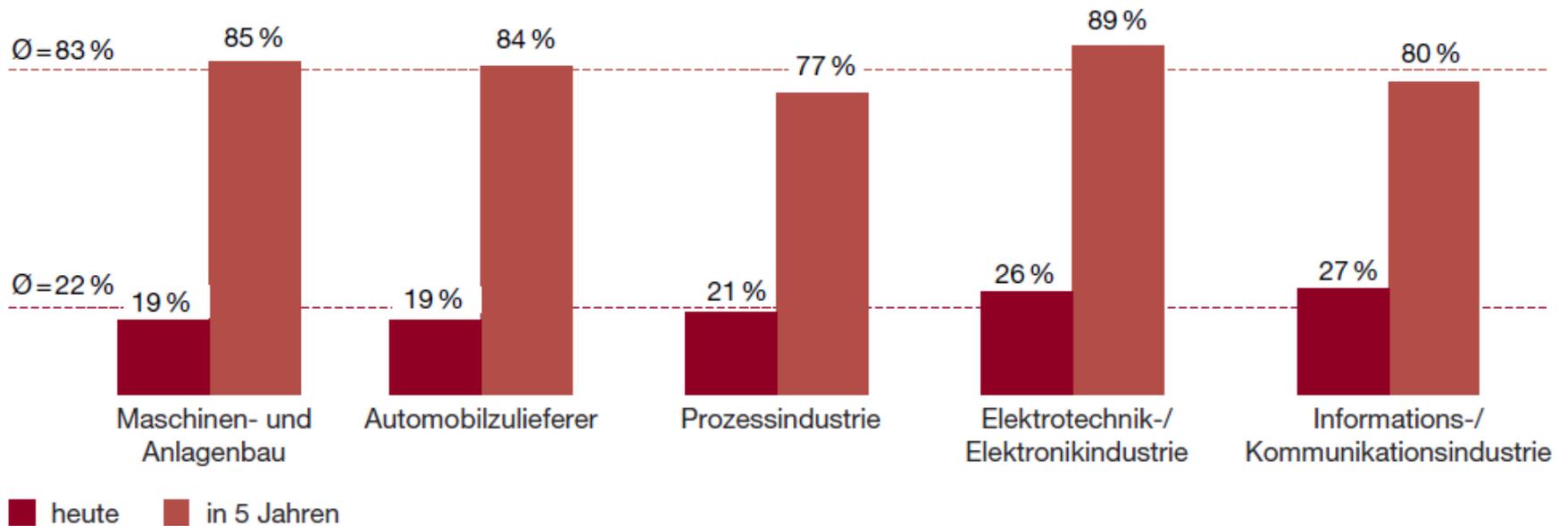
CTPS: Cybertronisches Produktionssystem



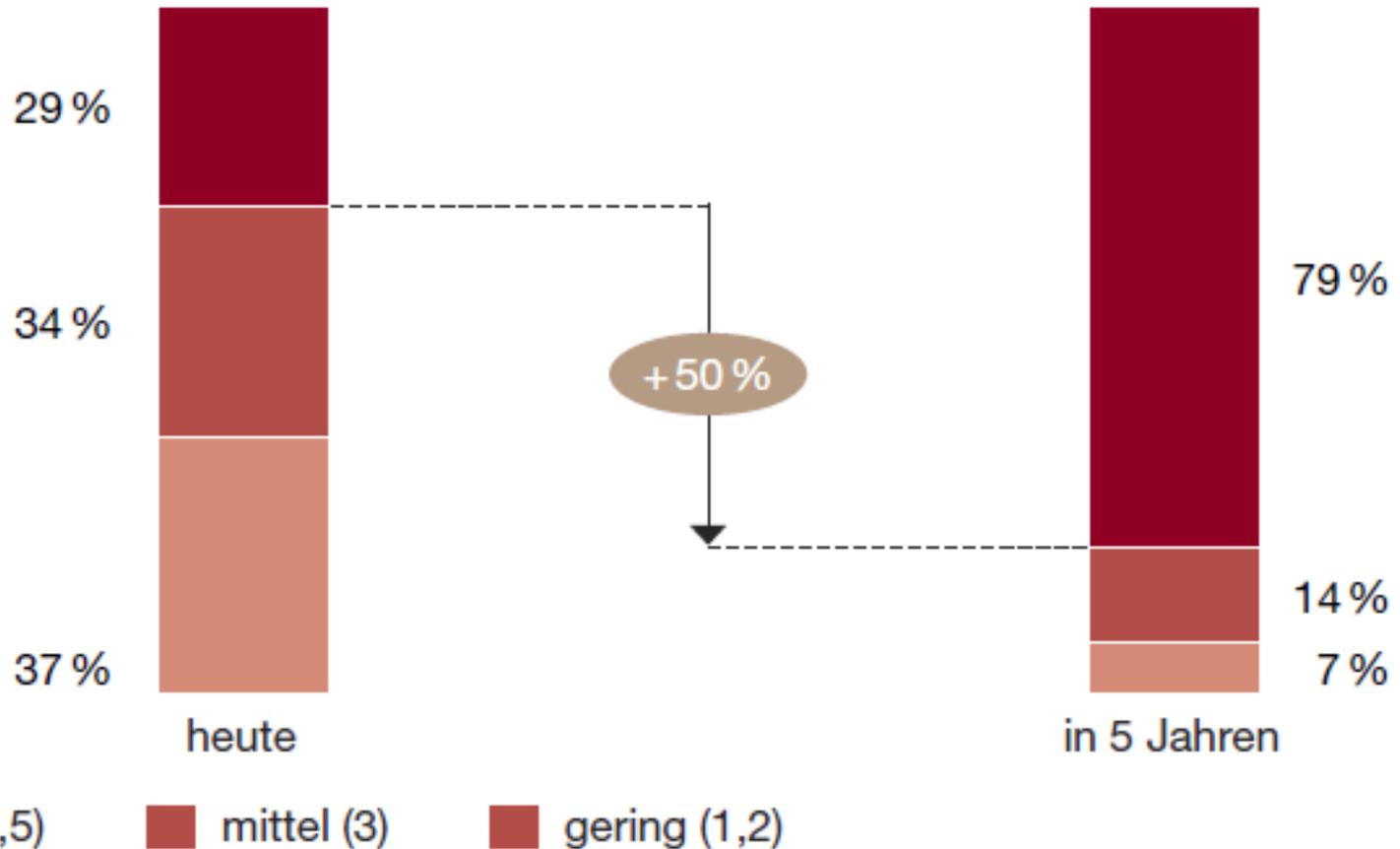




- ¹ Hochrechnung für die gesamte Automobilindustrie (Wirtschaftszweig 29: Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen).
² Hochrechnung auf Basis der Umfrageergebnisse bezogen auf den Gesamtumsatz je Branche in Deutschland in 2012 gemäß Statistischem Bundesamt.



¹ Horizontale und vertikale Wertschöpfungskette.





Technische Universität Kaiserslautern
Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung

Industrie 4.0 Auswirkungen auf den PEP

Integration, Interdisziplinarität und Vernetzung

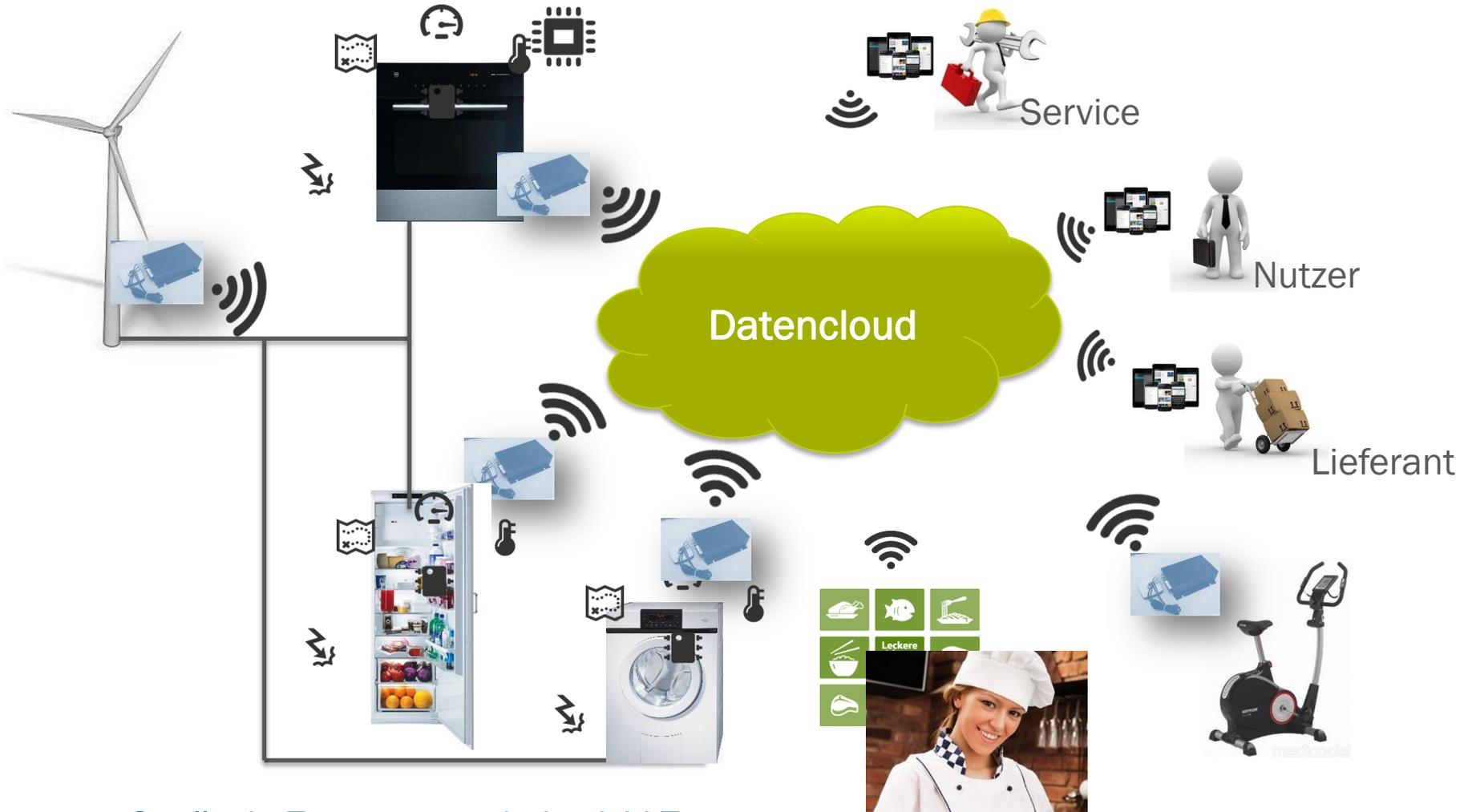
Industrie 4.0 / Internet of Things and Services (IoTaS)

Beispiele von IoTaS Produkten

Auswirkungen auf den Produktentwicklungsprozess (PEP)

Herausforderungen

Wir müssen Querdenken – Zusammenfassung



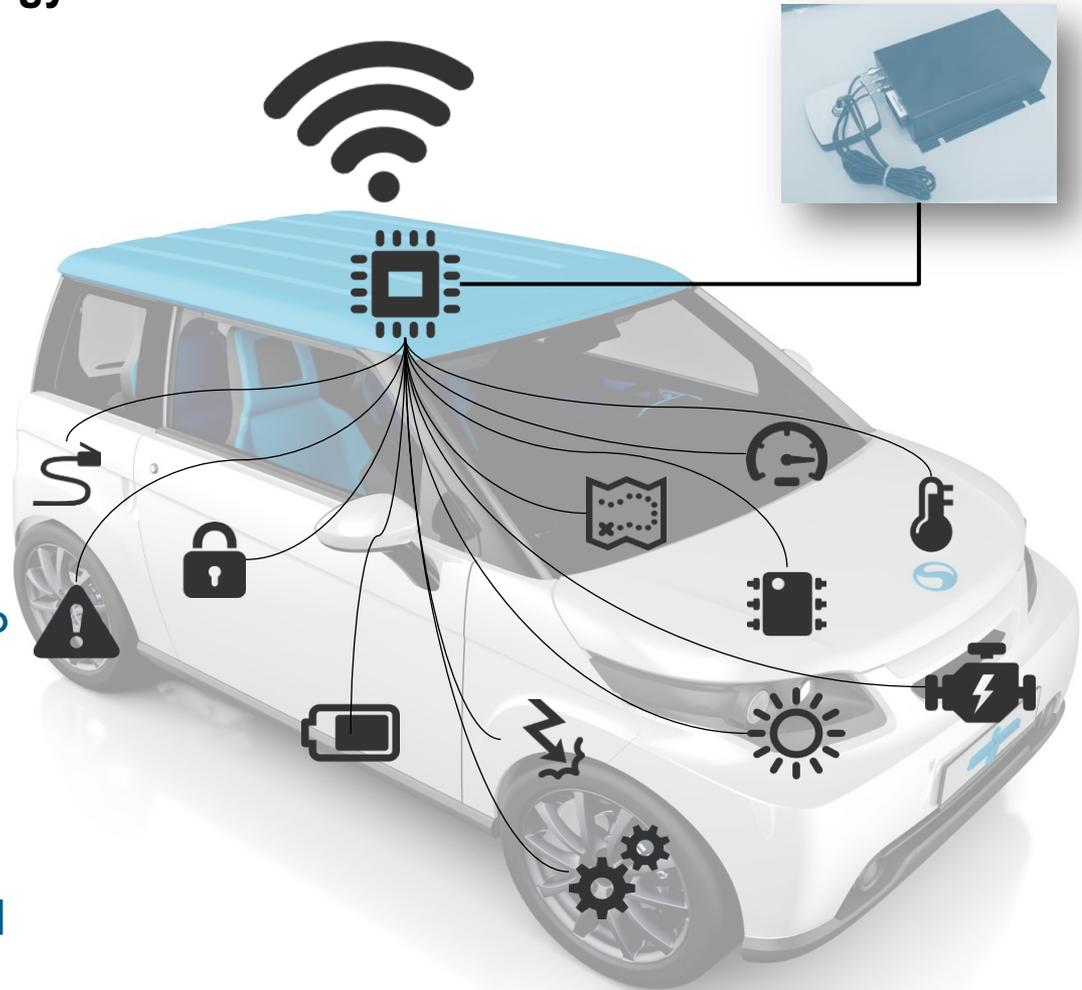
Quelle: in Zusammenarbeit mit V-Zug

StreetScooter Sensor Technology

- 30 installed sensors
 - conneted via C2C box

- Real time connection
 - WLAN, UMTS or GPRS
 - transmission via XMPP

- Current signals
 - 53 signals car to cloud
 - 3 signals cloud to car



Source: PTC, Streetscooter and ThingWorx

Detailed view on the current battery information

ThingWorx

Car 2 Cloud

Current User: sbergner

Source: PTC, Streetscoter and ThingWorx

streetscoter!

- StreetScooter
 - StreetScooterTestFleet
 - StreetScooter1
 - StreetScooter2
 - StreetScooter3
 - StreetScooterPostFleet
 - PostStreetScooter1
 - PostStreetScooter2
 - PostStreetScooter3
 - PostStreetScooter4
 - PostStreetScooter5
 - PostStreetScooter6
 - PostStreetScooter7
 - PostStreetScooter8
 - PostStreetScooter9
 - PostStreetScooter10

Cockpit | Statistics | Reports | Remote Control

56685

D



Cockpit View | Batterie Info | Fehler Report | Wetter

Max Temp

Packspannung

Netzspannung

Min Temp

Batteriestrom

Netzstrom

Außentemperatur 16.00

13° H: 13° T: 5°

Weather Forecast Aachen, Germany

Zeitpunkt	Schneewasser	Barometer	UV-Index
13°	67%	1010.0	2
Klar		mbars	Neigung

Tag	Wetter	Wahrsch.	Temp	Wind
Samstag	☁	50%	11°	2'
Sonntag	☁	40%	10°	2'
Montag	☁	40%	12°	1'
Dienstag	☁	50%	11°	1'
Mittwoch	☁	50%	12°	0'
Donnerstag	☀	50%	15°	3'

aktualisiert vor 2 Stunden

consumption, power course and sensor counter in one overview

Car 2 Cloud

Current User:
sbergner

Reload Fullscreen

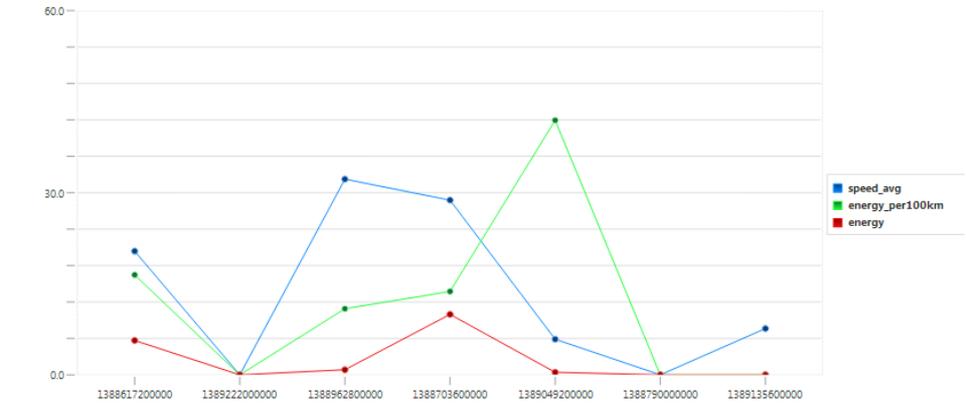
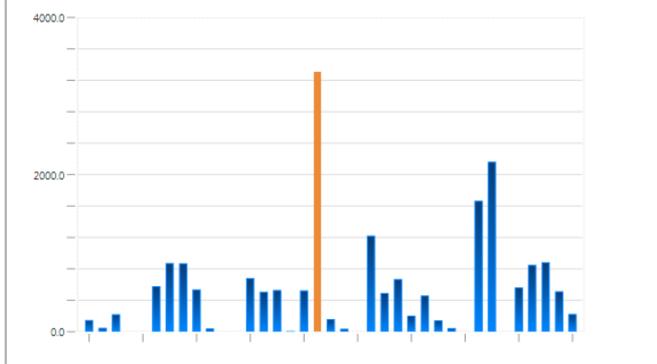
streetscoper!

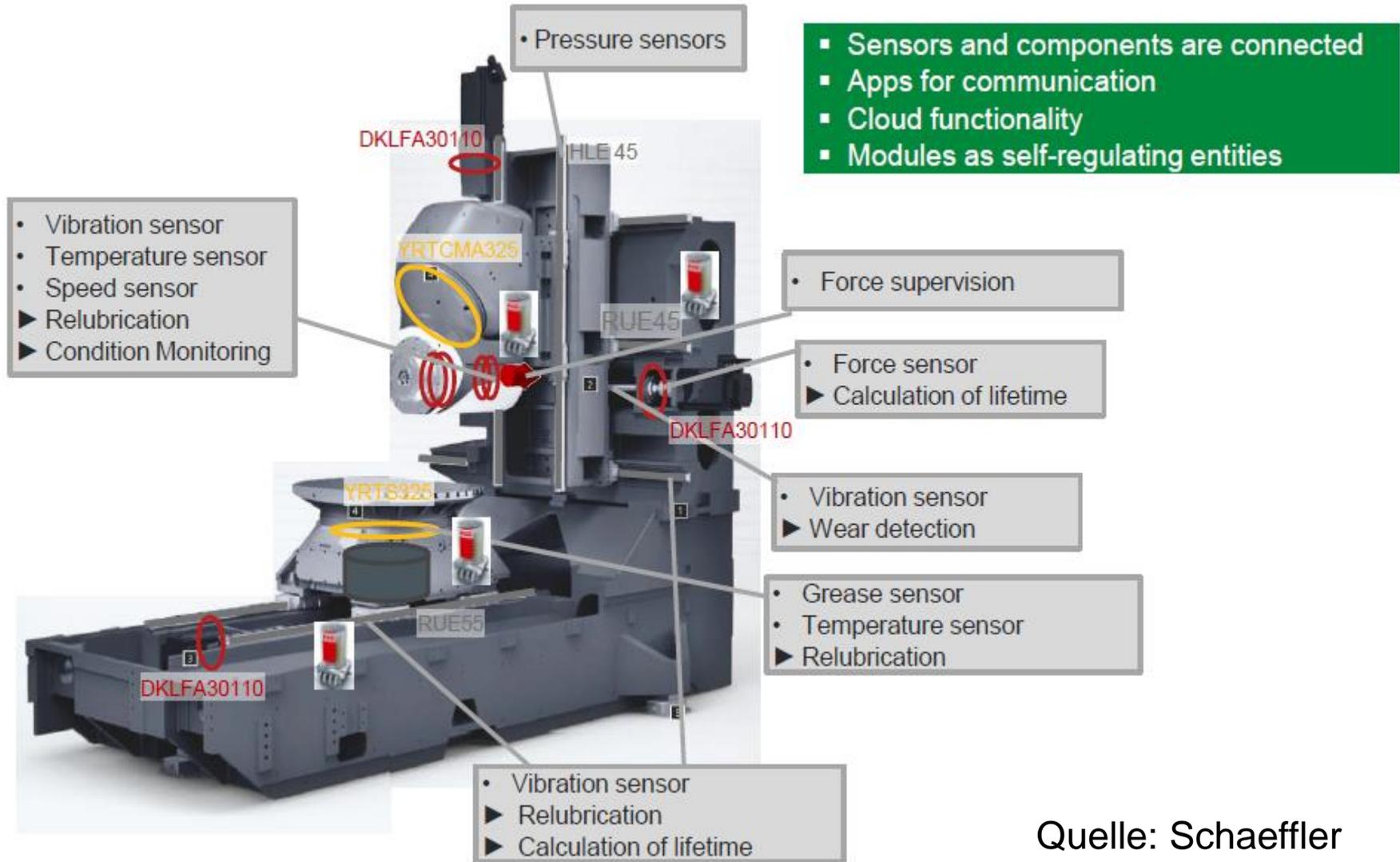
- StreetScooter
 - StreetScooterTestFleet
 - StreetScooter1
 - StreetScooter2
 - StreetScooter3
 - StreetScooterPostFleet
 - PostStreetScooter1
 - PostStreetScooter2
 - PostStreetScooter3
 - PostStreetScooter4
 - PostStreetScooter5
 - PostStreetScooter6
 - PostStreetScooter7
 - PostStreetScooter8
 - PostStreetScooter9
 - PostStreetScooter10

Cockpit Statistics Reports Remote Control

Overview Custom Daily Stats

Bezeichnung	Value
Warnlampe_EBD	866
Engine_Error	533
Inverter_Error	35
Inverter_Overheating1	0
Inverter_Overheating2	0
Isolationsfehler	677
Fehler_Hochvoltladegerät	503
Fehler_Motorsteuergerät	524
Fehler_Batteriestergerät	2
Fehler_Bremssystem	520
Fahrer_oder_Befahrentür_geöffnet	3308
Leistungsreduzierung_des_Antriebes	154
Niedriger_Batterieładezustand	32
Warnlampe_Hochvoltbatterie_Temperatur	0
Fahrstufe_N	1216
Fahrstufe_Reserver	485
Fahrstufe_D	665





Quelle: Schaeffler

Schaeffler offers the possibility
of 360° monitoring of bearings.

FAG GreaseCheck

Measurement of:

- Temperature
- Turbidity
- Water content

ARCANOL Greases

Tested greases with
specific properties

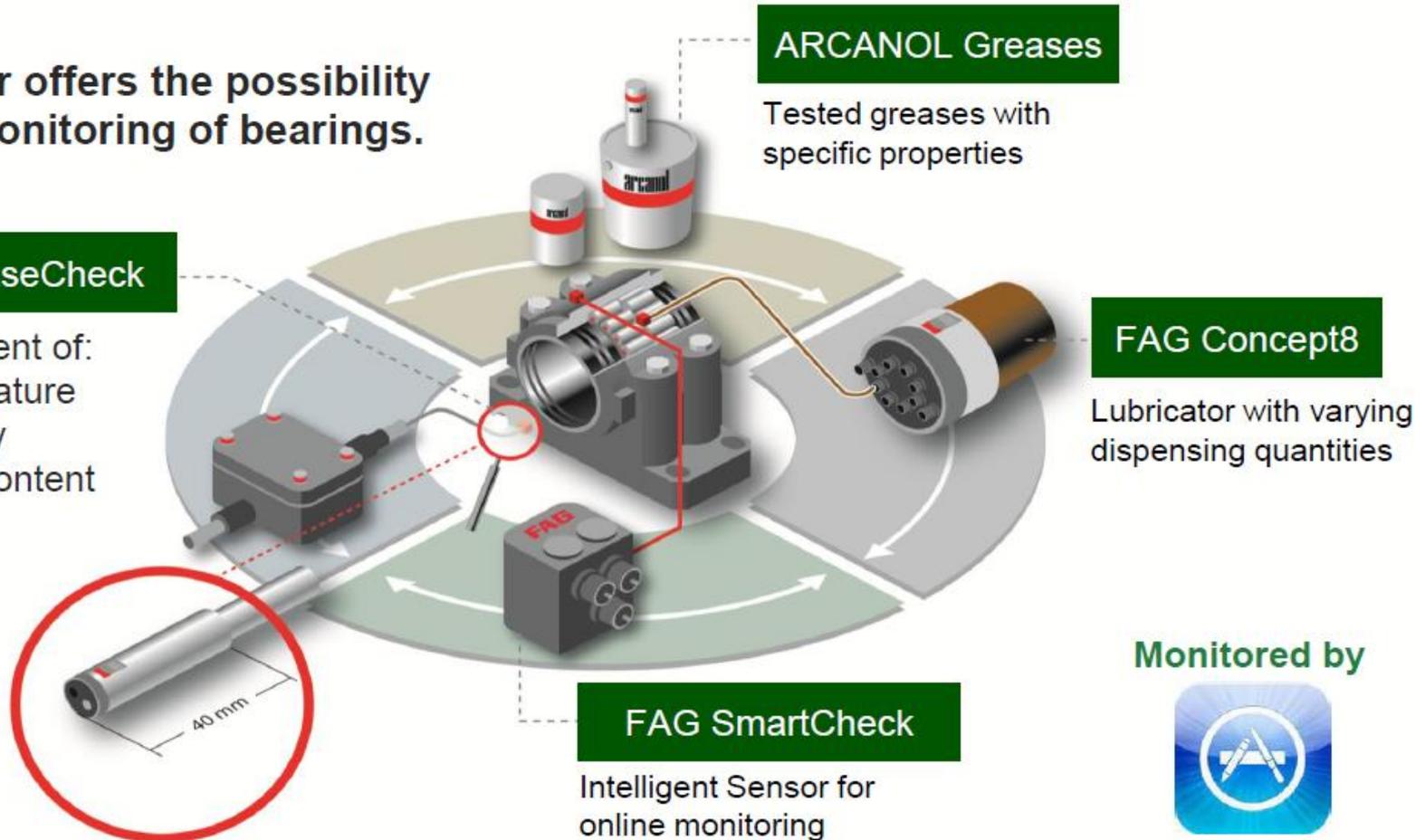
FAG Concept8

Lubricator with varying
dispensing quantities

FAG SmartCheck

Intelligent Sensor for
online monitoring

Monitored by



Quelle: Schaeffler

- **Vernetzung und Kommunikation von Dingen ist grundsätzlich nichts Neues!**
 - Schon 2004 gab es Lösungen um Haushaltsgeräte zu steuern.
 - Bereits in den 80 Jahren wurden Montagestraßen über Werkstückidentifizierung gesteuert
 - Verbindungen wurden über eine Powerline , optisch, Bluetooth oder Kabel hergestellt.
 - Reaktion der Kunden war im Konsumgüterbereich verhalten.

- Industrie 4.0 basiert auf einer Reihe technologischer Neuerungen
 - Breitbandnetze
 - Massendatenspeicher
 - Cloud
 - Big Data und Business Analytics
 - Preisgünstigere und intelligente Sensoren

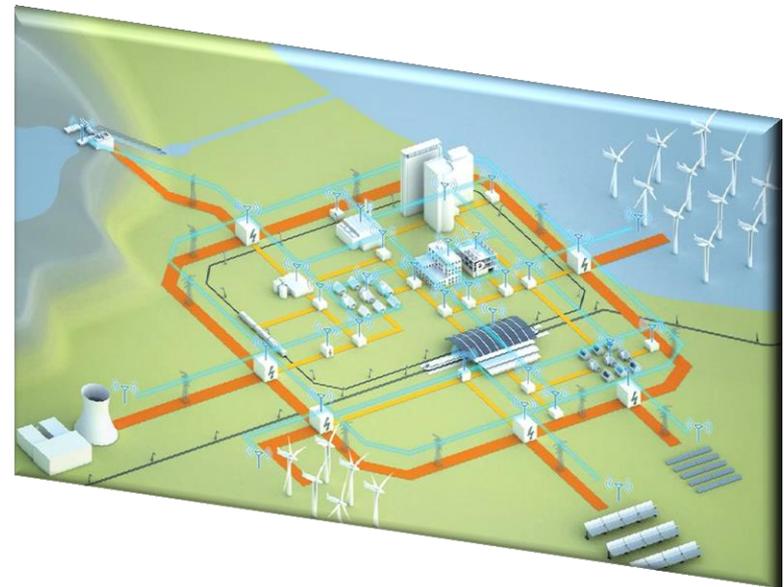


- Die Vernetzung in Infrastrukturen fördert die Entwicklung intelligenter Produkte:
 - Smart Grid
 - Smart Home
 - Smart Shopping
 - Smart Mobility



- Haushaltsgeräte wie z.B. eine Waschmaschine starten erst, wenn Strom im Überschuss vorhanden und somit günstig ist.
- Gefriertruhe startet bei günstigem Stromtarif und kühlt weiter ab. Steigt der Stromtarif wieder, kann die Kühltruhe ohne Stromverbrauch die Zeit überbrücken.

- Vorteile:
 - Kostenersparnis
 - optimale Ressourcennutzung
 - Abfangen von Spitzenlasten
 - Energiepufferung





Technische Universität Kaiserslautern
Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung

Industrie 4.0 Auswirkungen auf den PEP

Integration, Interdisziplinarität und Vernetzung

Industrie 4.0 / Internet of Things and Services (IoTaS)

Beispiele von IoTaS Produkten

Auswirkungen auf den Produktentwicklungsprozess (PEP)

Herausforderungen

Wir müssen Querdenken – Zusammenfassung

- Integration
- Interdisziplinarität
- Vernetzung/Zusammenarbeit

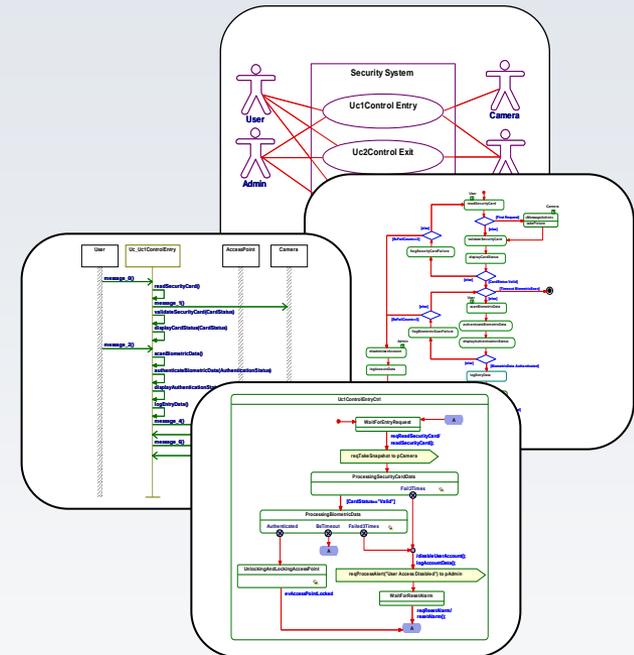


Vergangenheit



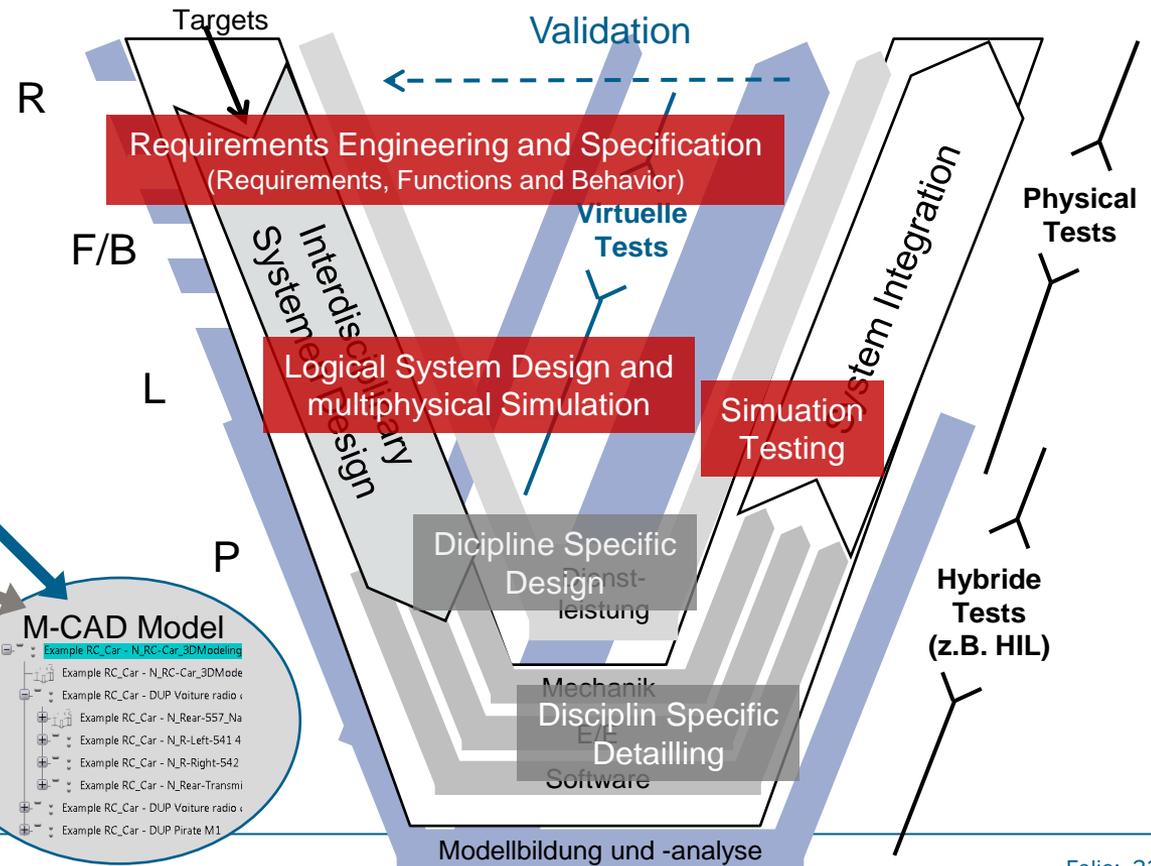
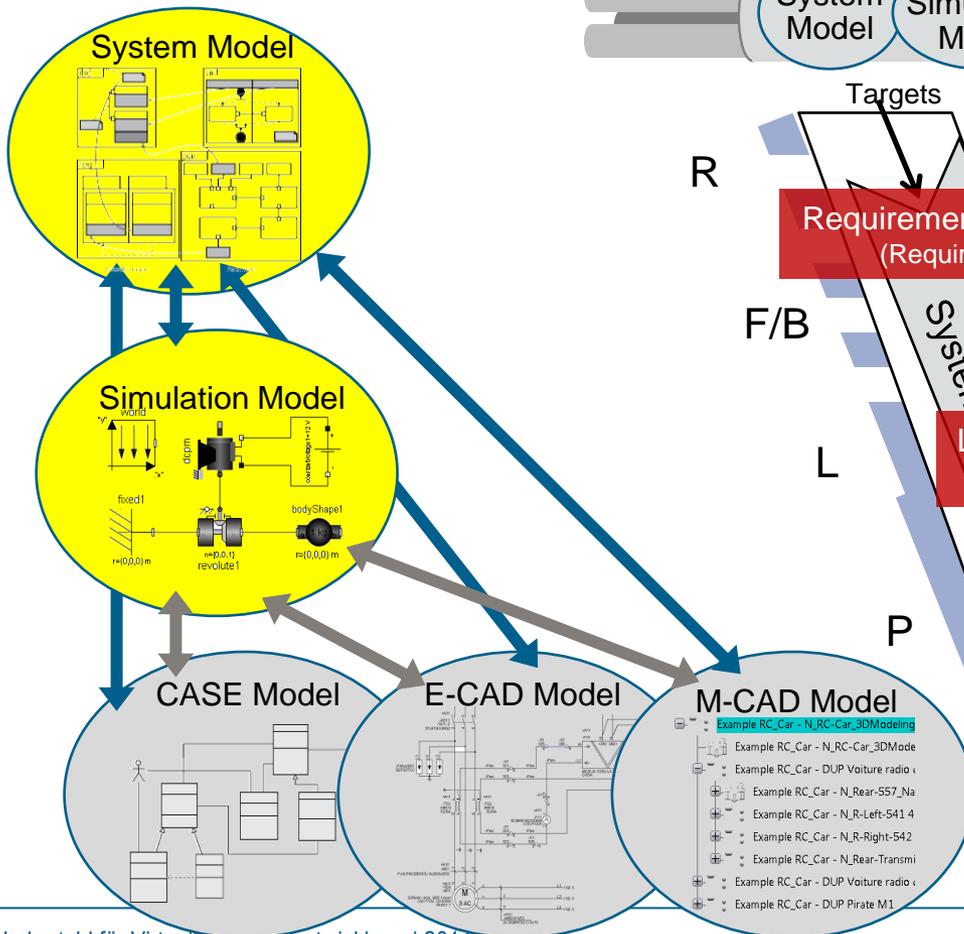
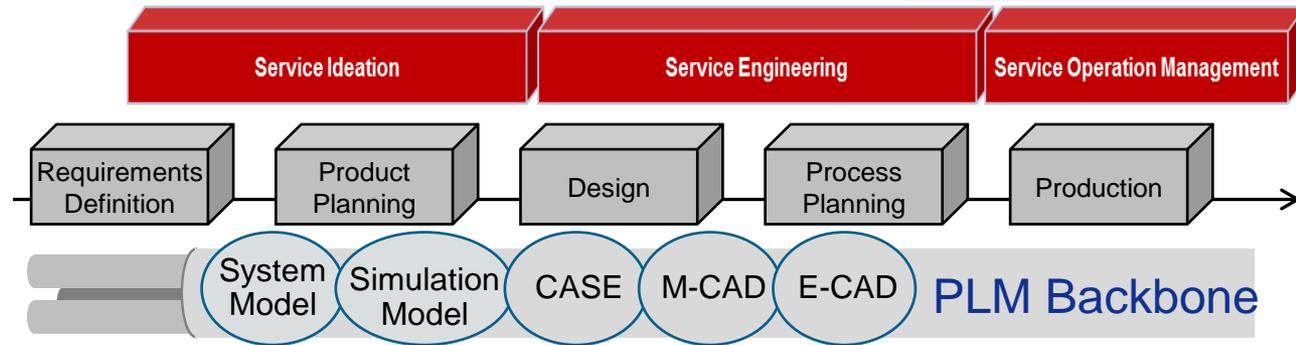
Anforderungen
Spezifikationen
System Design
Architektur
Simulationen
Test-Vorgaben

Zukunft



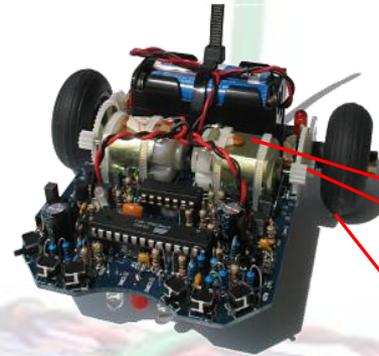
Service Lifecycle Management

Product Lifecycle Management

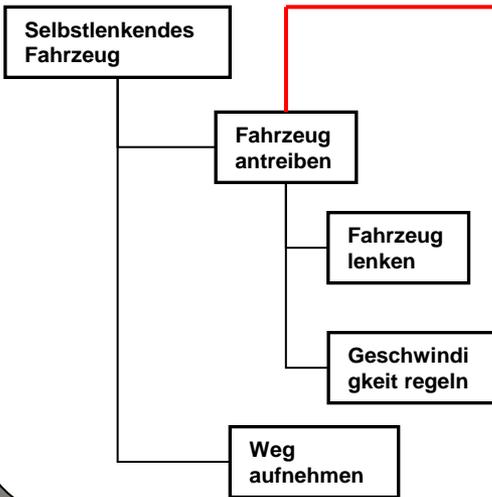


Werden die Informationen nicht über Dokumente sondern über digitale Modelle ausgetauscht, spricht man von MBSE (Model Based System Engineering)

Domänenübergreifende Stückliste

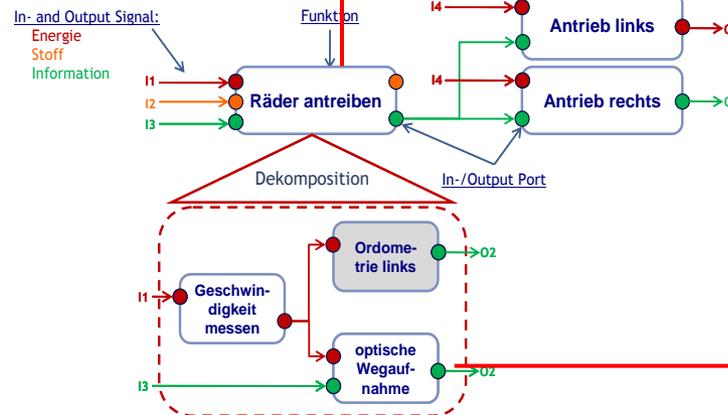


Domänenübergreifende Anforderungsmodellierung

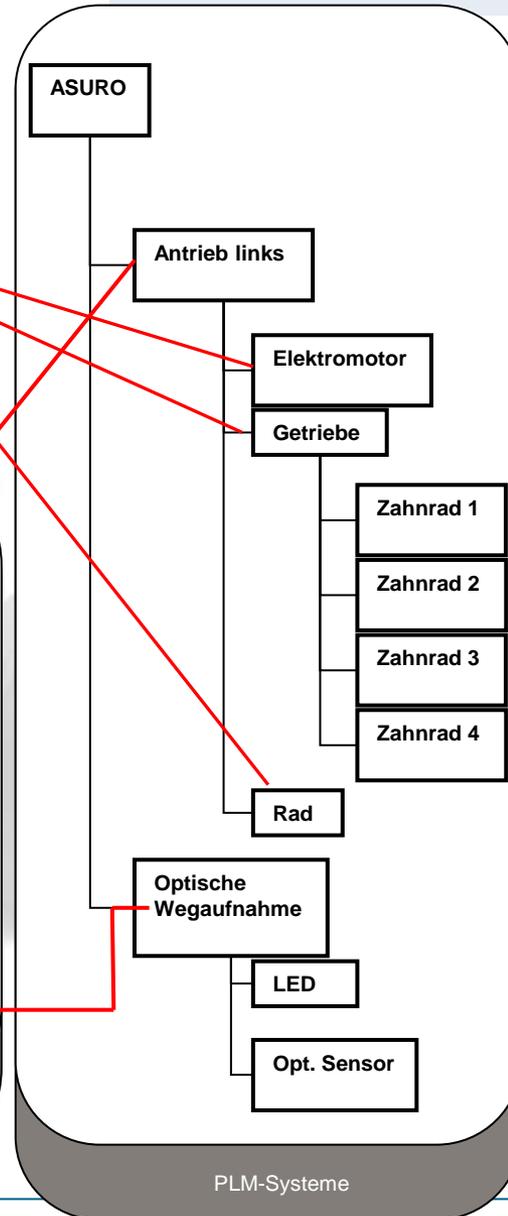


Systeme: Doors, Requisit Pro, XML

Domänenübergreifende Funktions- und Architekturmodellierung

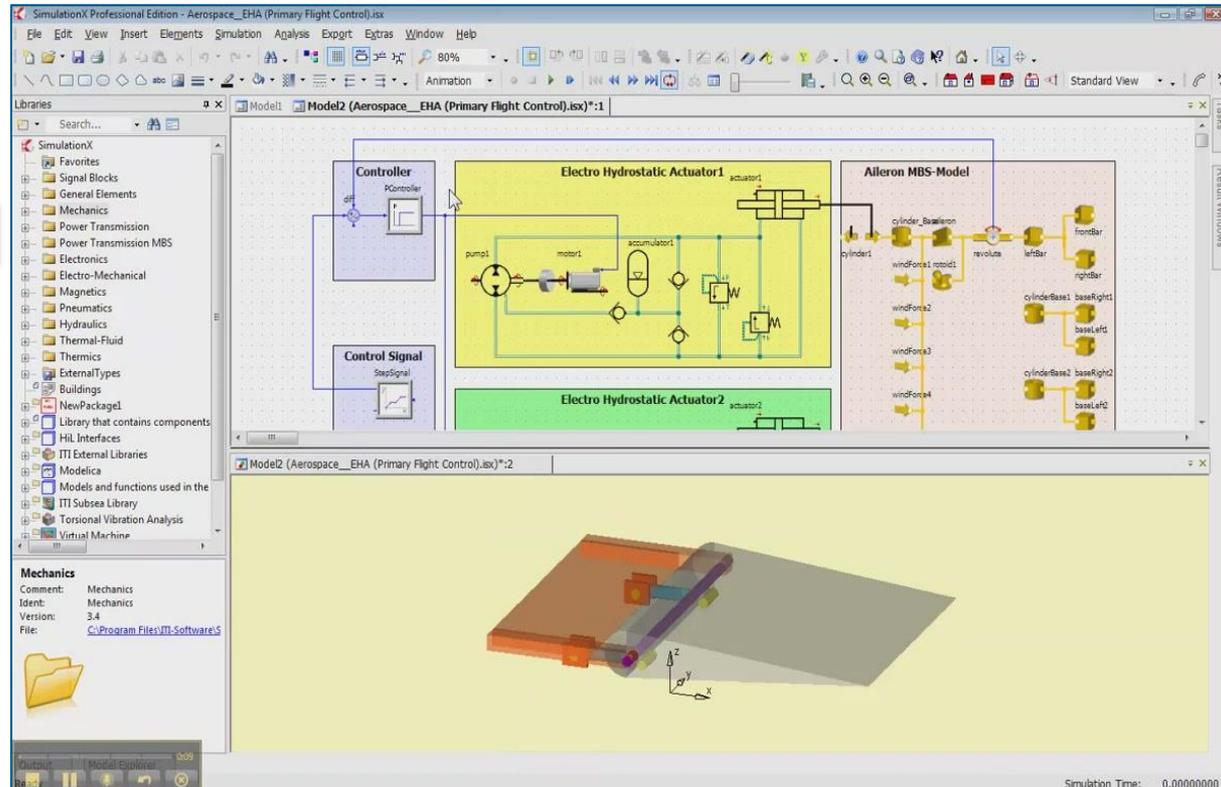


SE Systeme



PLM-Systeme

- Modellbildung und Simulation mit Modelica (language) using SimulationX (tool)
 - Benutzeroberfläche zur Erstellung mathematischer Modelle als Blockdiagramme
 - Ermöglicht die frühe Auslegung mechanischer Systeme (z.B. Probleme der Dynamik)
 - Ermöglicht die frühe Auslegung von Regel-/Steuereinheiten
 - Nicht nur für die frühen Phasen geeignet!

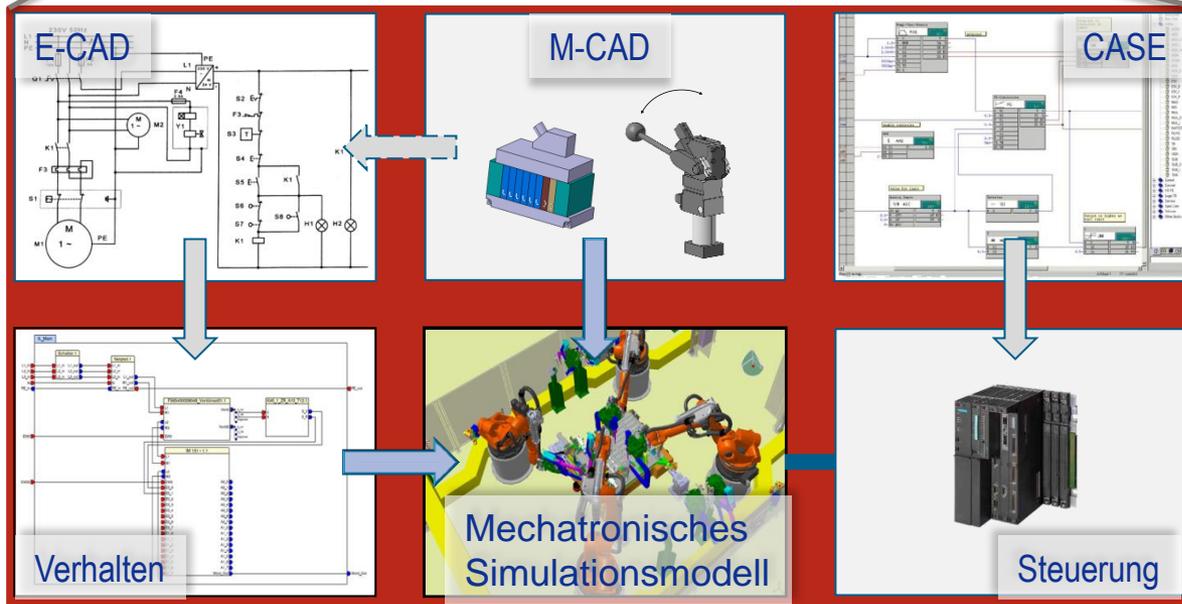


Beispiel:
Konzept für die Steuerung eines
Flugzeugaktuators mit Multi-Body Simulation,
unter Anwendung von geschätzter Masse und
keiner Detailgeometrie

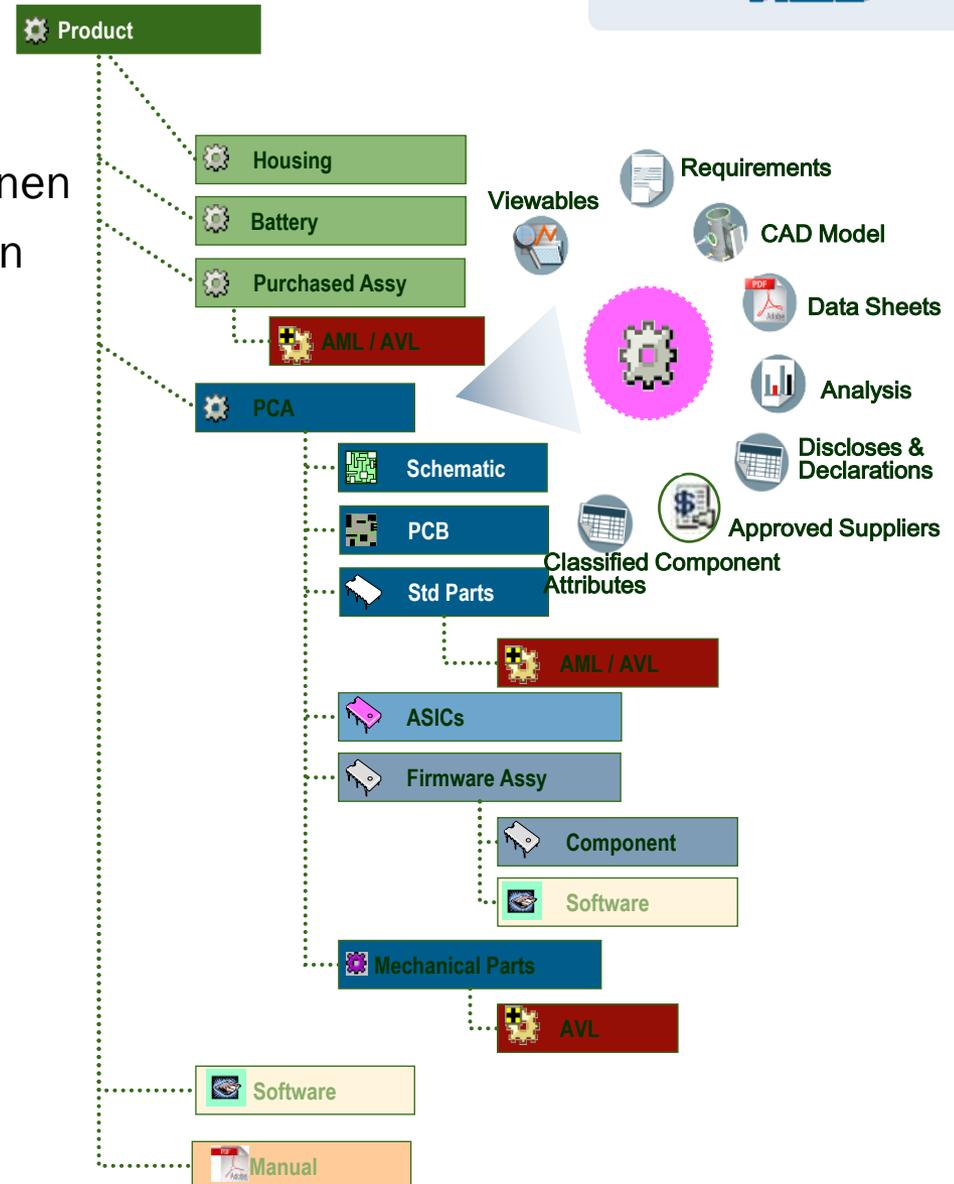
Multidisziplinäre Modellierung und Absicherung von mechatronischen Produkten und Produktionssystemen



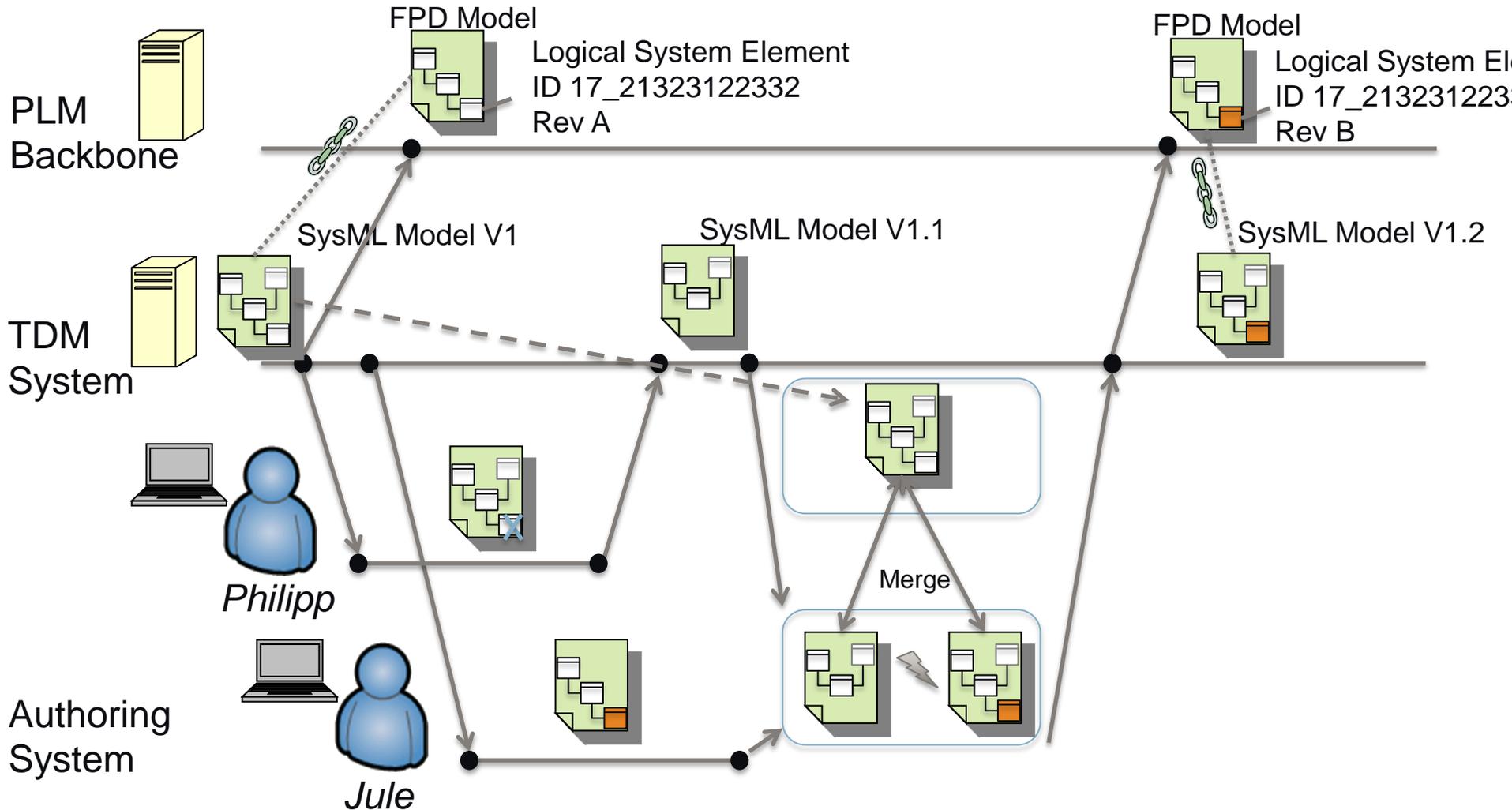
Produktlebenszyklus

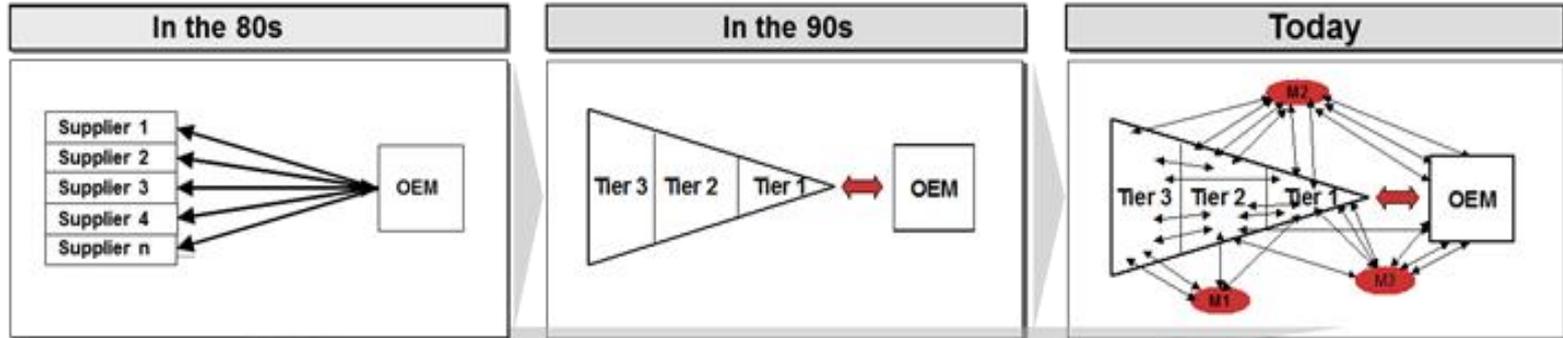


- MBSE und Mechatronik BOM
 - Anpassung an verschiedene Disziplinen
 - Integration zu verschiedenen Autoren Systemen (M, E/E, SW, Simulation)
 - One single source of truth
- Die Mechatronik BOM ist die Basis für Engineering Change Management (ECM) und Configuration Management (CM) und damit für Traceability

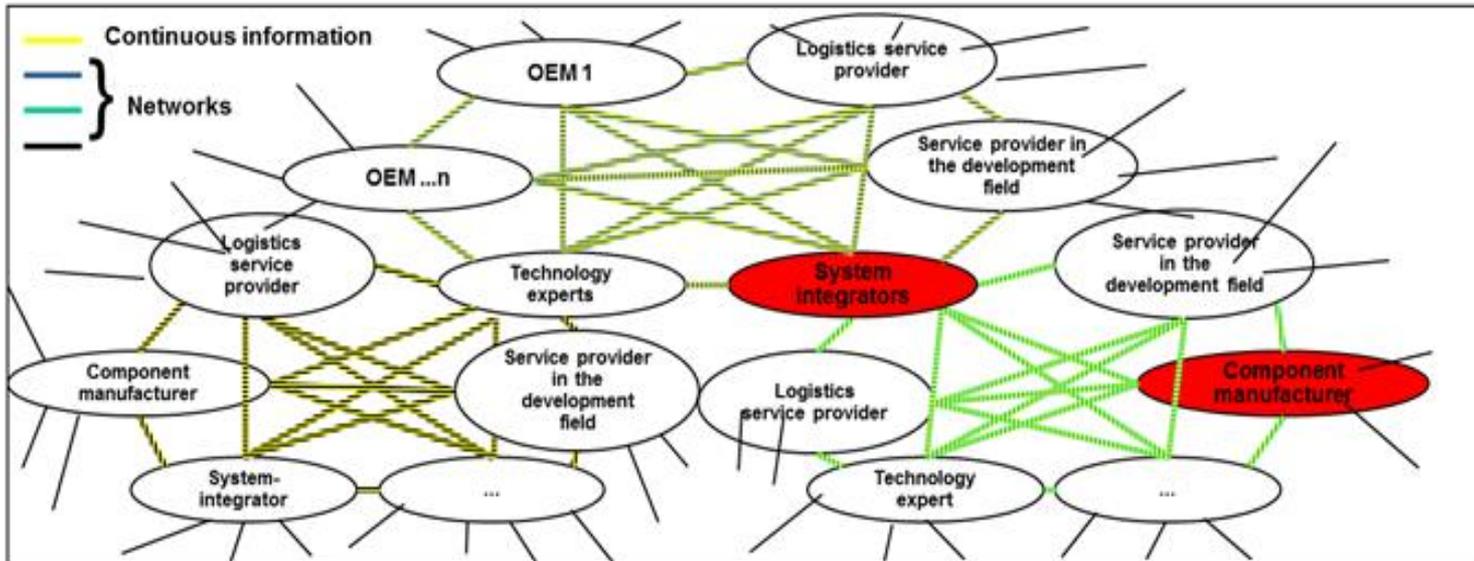


Source: PTC

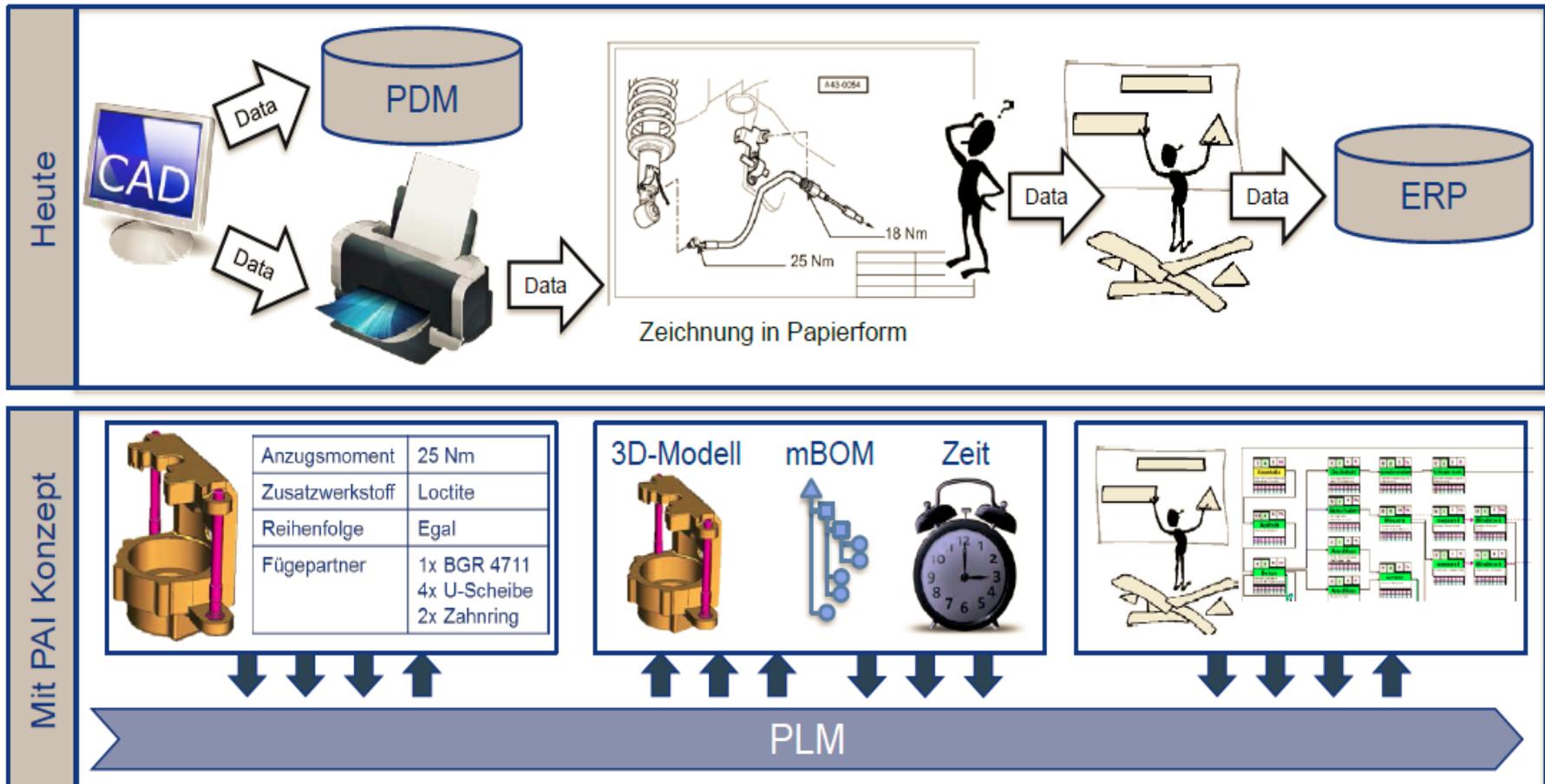




In the future



- Die montagerelevante Information wird durch PAI in einer digitalen Form abgespeichert und bedarfsgerecht aufbereitet.
- Zentrale Speicherung der Daten vereinfacht die Suche.



- Die Domänen Maschinenbau, Elektronik, Informatik und Dienstleistungen müssen noch enger, abgestimmter und früher zusammenarbeiten. 
- Durch die Vernetzung verschiedenartigster Geräte und Apparate sowie der Einbindung von Dienstleistungen gewinnt die Interdisziplinarität enorm an Bedeutung.
- Gerade bei den Themen Smart Grid und Smart Home müssen neben den Domänen auch verschiedenartige Branchen wie z.B. Stromlieferanten, Braune Industrie etc. miteinander arbeiten.
- **Neue Geschäftsmodelle sind die eigentliche Revolution**

- Durch die Vernetzung von Produkten steigt die Komplexität im PEP.
- Da in Verbindung mit den Produkten Dienstleistungen angeboten werden, müssen hybride Leistungsbündel entwickelt werden.
- Verstärkte Einbeziehung des Kunden.
- Die Brüche zwischen den Phasen müssen beseitigt werden. Schon in den frühen Phasen muss der Betrieb der vernetzten Geräte berücksichtigt werden.
- Durch die Vernetzung der Produkte können bei der Entwicklung Daten von sich bereits im Betrieb befindlicher Produkte verwendet werden.
- Es können viele Datentöpfe aus unterschiedlichsten Quellen genutzt und somit in die Entwicklung mit einbezogen werden.





- Das Zulieferernetzwerk wird noch komplexer.
- Das Produkt und Prozessmodell ist global verteilt
- Neben OEM, Zulieferern und Systemanbietern kommen verstärkt Dienstleistungsanbieter hinzu.



Technische Universität Kaiserslautern
Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung

Industrie 4.0 Auswirkungen auf den PEP

Integration, Interdisziplinarität und Vernetzung

Industrie 4.0 / Internet of Things and Services (IoTaS)

Beispiele von IoTaS Produkten

Auswirkungen auf den Produktentwicklungsprozess (PEP)

Herausforderungen

Wir müssen Querdenken – Zusammenfassung

- **Standardisierung**
 - **Wie sehen die Schnittstellen zwischen den Geräten aus?**
 - **Wie können Systeme unterschiedlicher Anbieter miteinander kommunizieren?**
 - **Wie können Dienstleistungsanbieter angebunden werden?**
 - **Es bilden sich IoTaS Standardisierungs-Konsortien in den USA um Apple und Google**

- **Produkthaftung**
 - Wer haftet für welchen Schaden in einem vernetzten, kommunizierenden System?
 - Wie können Störungen und Auswirkungen rückverfolgt werden?
- **Sicherheit**
 - Welches Produkt/ System darf welches Produkt/System steuern?
 - Welche neuen Risiken entstehen und wie können Sie beseitigt werden? (Bsp: Anschalten des Herdes durch einen Hackangriff, Abfangen von Lieferdaten für eine Kühlschranksbefüllung,...)



Technische Universität Kaiserslautern
Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung

Industrie 4.0 Auswirkungen auf den PEP

Integration, Interdisziplinarität und Vernetzung

Industrie 4.0 / Internet of Things and Services (IoTaS)

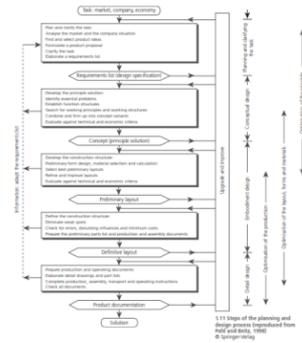
Beispiele von IoTaS Produkten

Auswirkungen auf den Produktentwicklungsprozess (PEP)

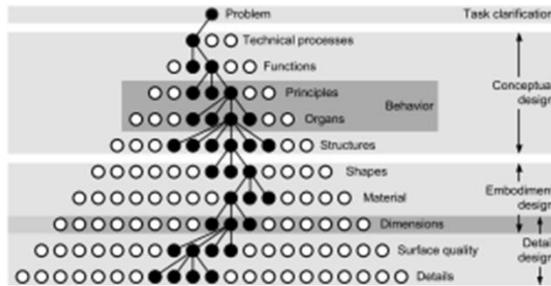
Herausforderungen

Wir müssen Querdenken – Zusammenfassung

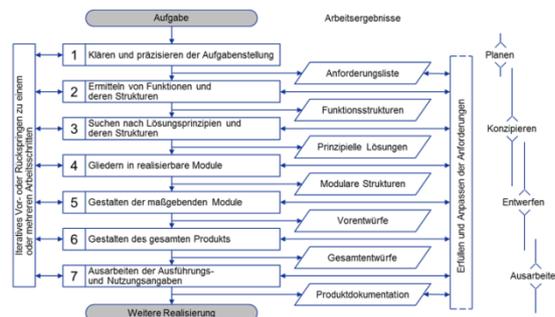
- Pahl/Beitz (1996)



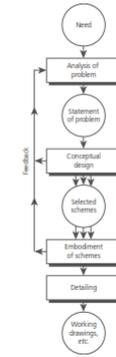
- Andreasen&Hein (1987)



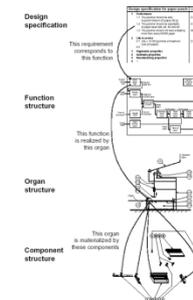
- VDI 2221 (1993)



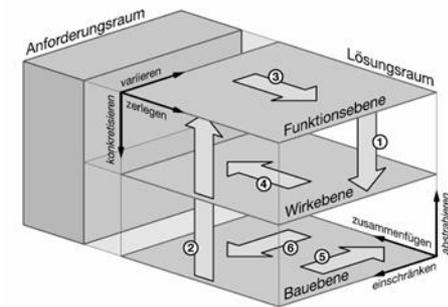
- French (1999)



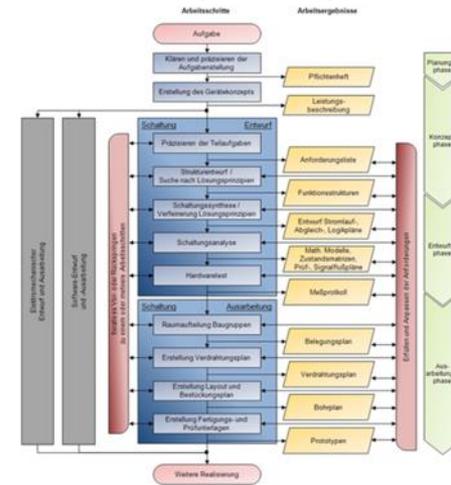
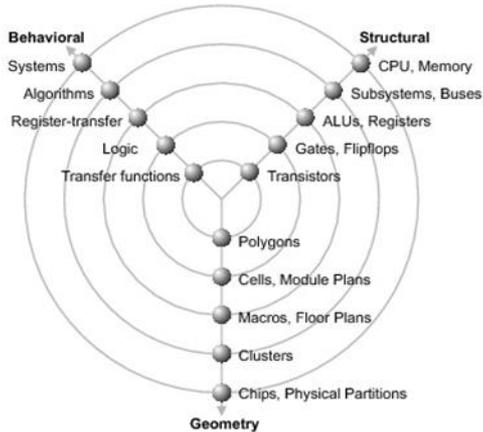
- Malmqvist (1999)



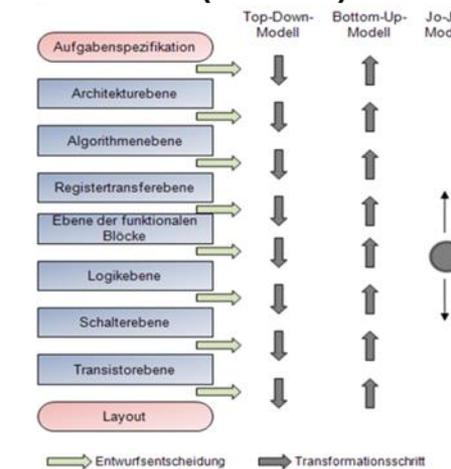
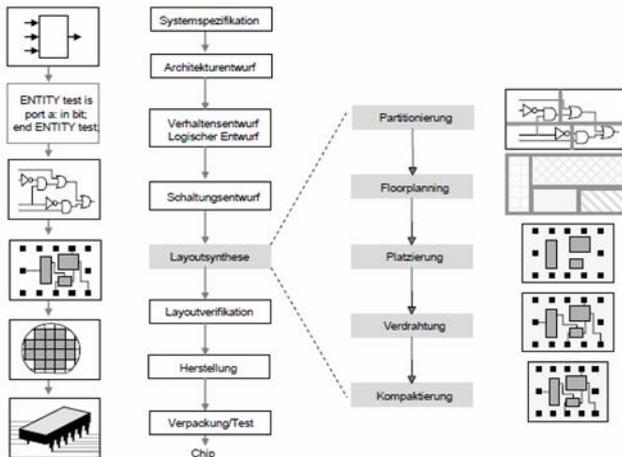
- MKM Ponn & Lindemann (2011)



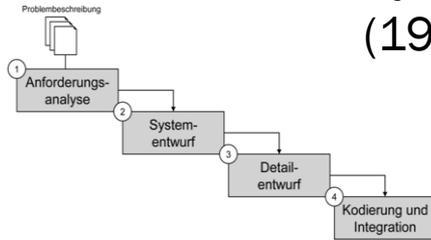
- Y-Chart Gajski and Kuhn (1983)
- VDI/VDE (1993)



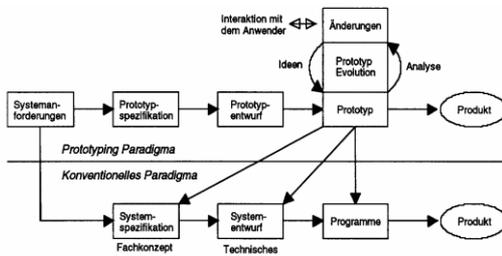
- Layout Synthesis Lienig (2006)
- Rauscher (1996)



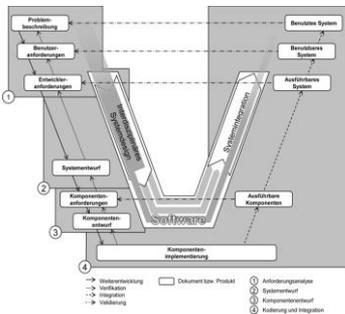
- Wasserfallmodell Royce/Boehm (1970/1981)



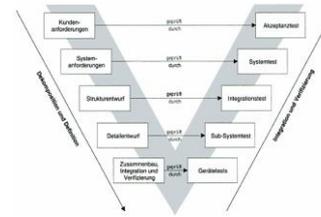
- Iteratives Prototypenmodell Agresti (1986)



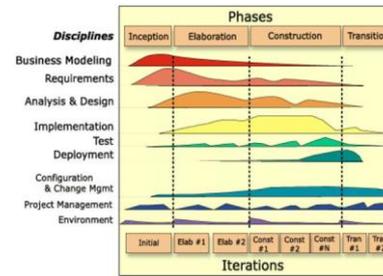
- V-Modell der SW Boehm (1979)



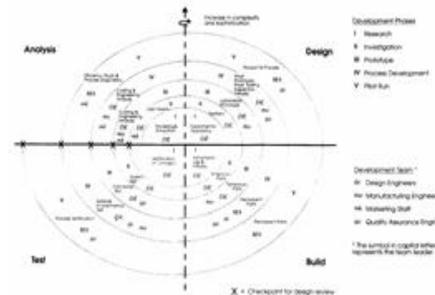
- V-Modell der Nasa Bradley (2000)



- Rational Unified Process Kruchten (1999)



- Agile Methoden z.B. Beck, Andres (2008)





Mechanical

Electronic / Electrical

Pneumatic

Hydraulic

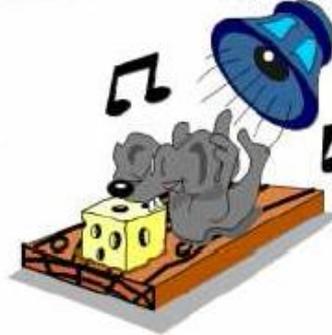
Chemical



Thermal



Optical

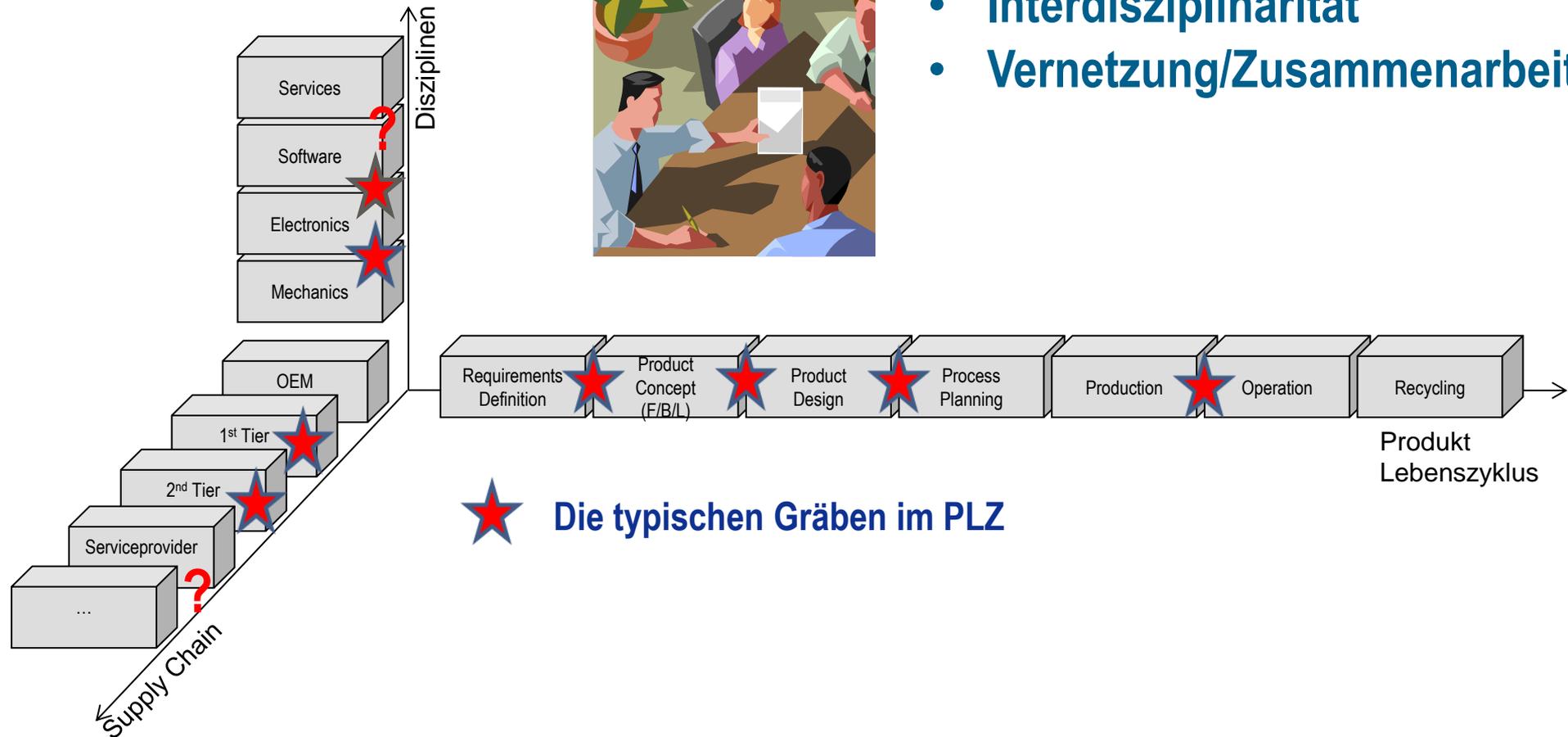


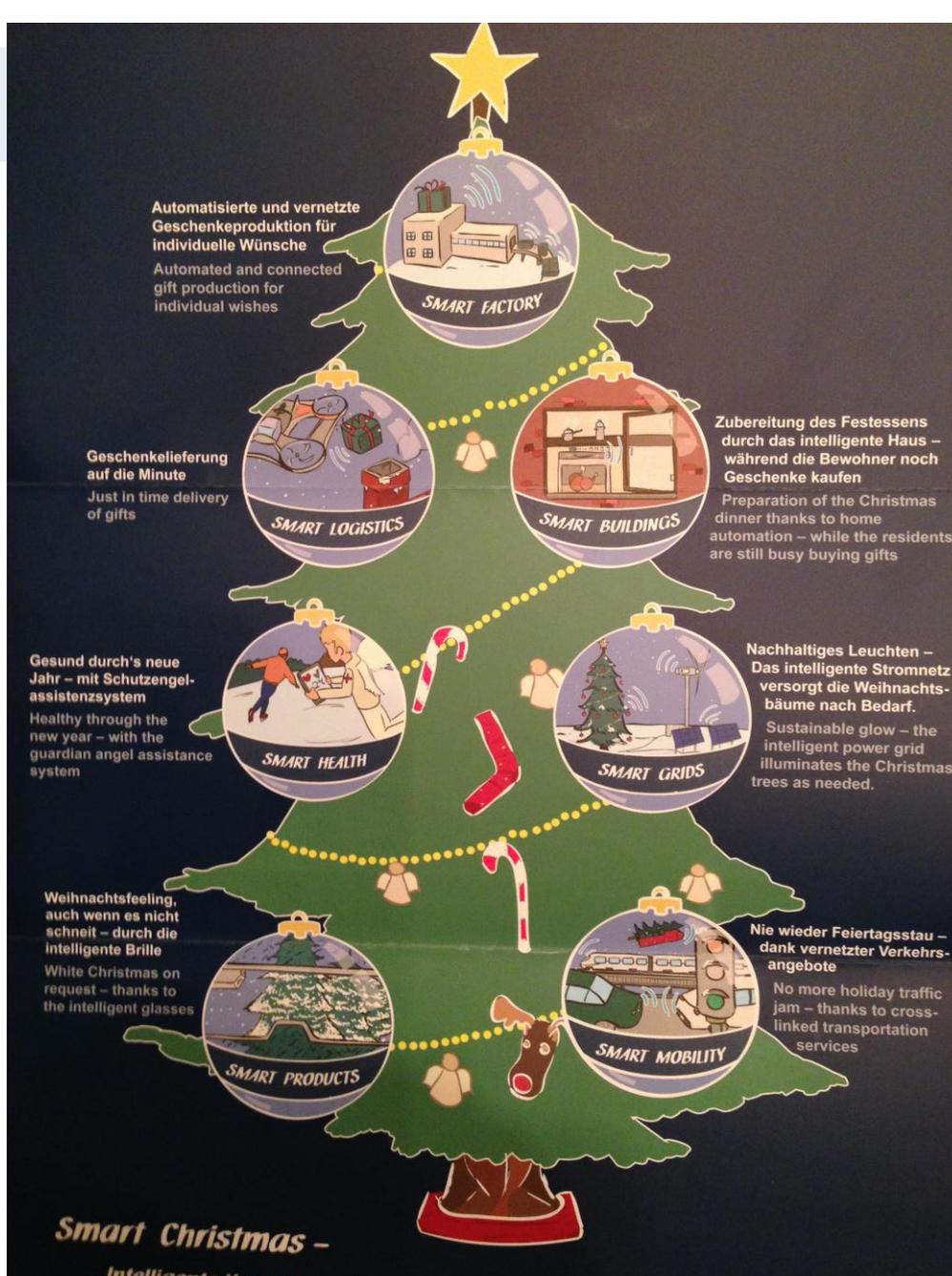
Acoustical



Software

- Integration
- Interdisziplinarität
- Vernetzung/Zusammenarbeit





Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung
 Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik
 Technische Universität Kaiserslautern
 Gottlieb-Daimler-Str., Geb. 44, Raum 316
 67663 Kaiserslautern
 Telefon: +49 (0)631 - 205 3787
 Fax: +49 (0)631 - 205 3872
 E-mail: Eigner@mv.uni-kl.de

<http://vpe.mv.uni-kl.de>