

**Universität Stuttgart**  
Institut für Automatisierungstechnik  
und Softwaresysteme

**SIEMENS**

**5. VDI Fachtagung Industrie 4.0**  
**Düsseldorf, 25. Jan. 2017**

Project Team

**Universität Stuttgart**

Michael Weyrich, Matthias Klein, Jan-Philipp Schmidt, Nasser Jazdi

**Siemens**

Kurt D. Bettenhausen, Frank Buschmann, Carolin Rubner, Michael Pirker, Kai Wurm

**Informationstechnische  
Bewertung und Simulation  
von Industrie-4.0-  
Produktionssystemen**

Michael Weyrich  
Kurt D. Bettenhausen

# Agenda

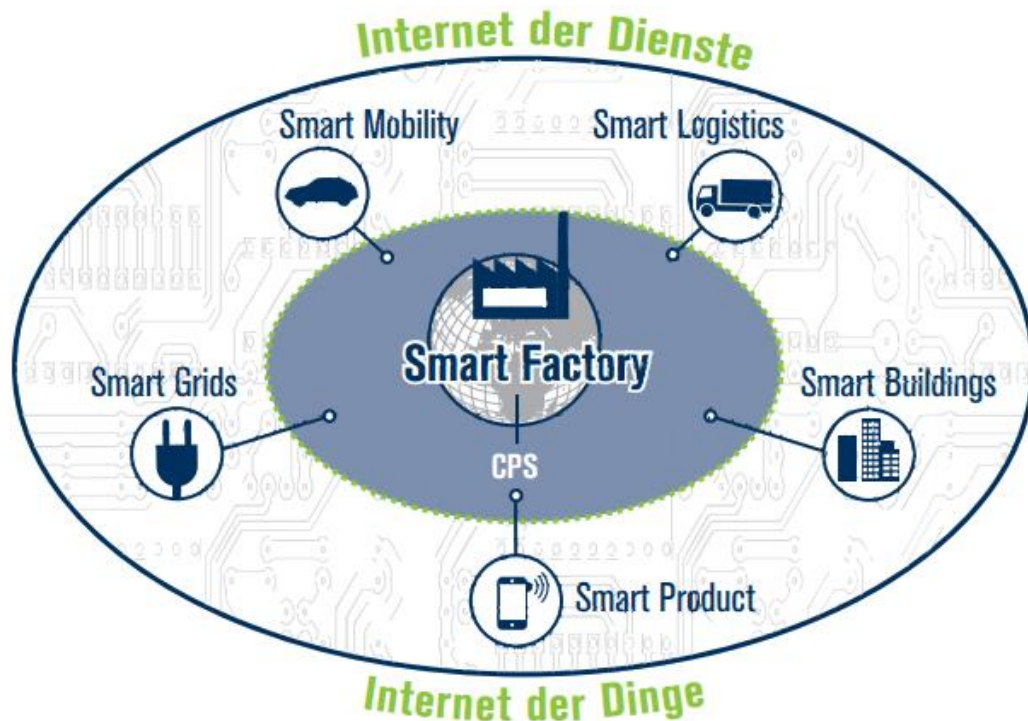
- ❖ Vortragshypothese
- ❖ Informationstechnik für Industrie 4.0
- ❖ Fähigkeitsmodell und KPI für Industrie 4.0
- ❖ Vergleich von Industrie-4.0- mit konventionellen Systemen durch Simulation
- ❖ Typische Muster des Wertebeitrags

# Vortragshypothesen

- Die Digitale Transformation verändert unsere Welt schneller und schneller.
- Industrie 4.0 ist die deutsche Antwort auf die Digitale Transformation der Produktion.
- Die 4. Industrielle Revolution war die erste Revolution, die schon so bezeichnet wurde, bevor sie ihren Nutzen durch Steigerung der Produktivität bewiesen hatte.
- Die frühe Bewertung des Nutzens und eine schnelle Umsetzung sind erforderlich, um den globalen Wettlauf um die Produktion der Zukunft und damit das Rennen um die Wertschöpfung der Zukunft zu gewinnen.
- **... doch wie qualifizieren und bewerten wir den Nutzen?**

# Wertschöpfung durch IT in der Produktion

+++ Maximale Produktivität +++ schnell neue Produkte am Markt platzieren +++  
Produktionsanlagen optimal auslasten +++ Spitzenlasten abfedern +++ Dynamik in der  
Zulieferkette beherrschen +++ Kundenwünsche schnell berücksichtigen +++ Produktion  
anpassen und flexibilisieren +++



In der **intelligenten Fabrik** der Zukunft werden die horizontale und vertikale Integration sowie ein durchgängiges Engineering und intelligente Produkte eine vierte Welle der Industrialisierung verursachen – **INDUSTRIE 4.0**

Acatech und Forschungsunion:  
Umsetzungsempfehlung für das  
Zukunftsprojekt INDUSTRIE 4.0,  
April 2013



[3]

# Was trägt die Forschung an der Universität bei, um ...

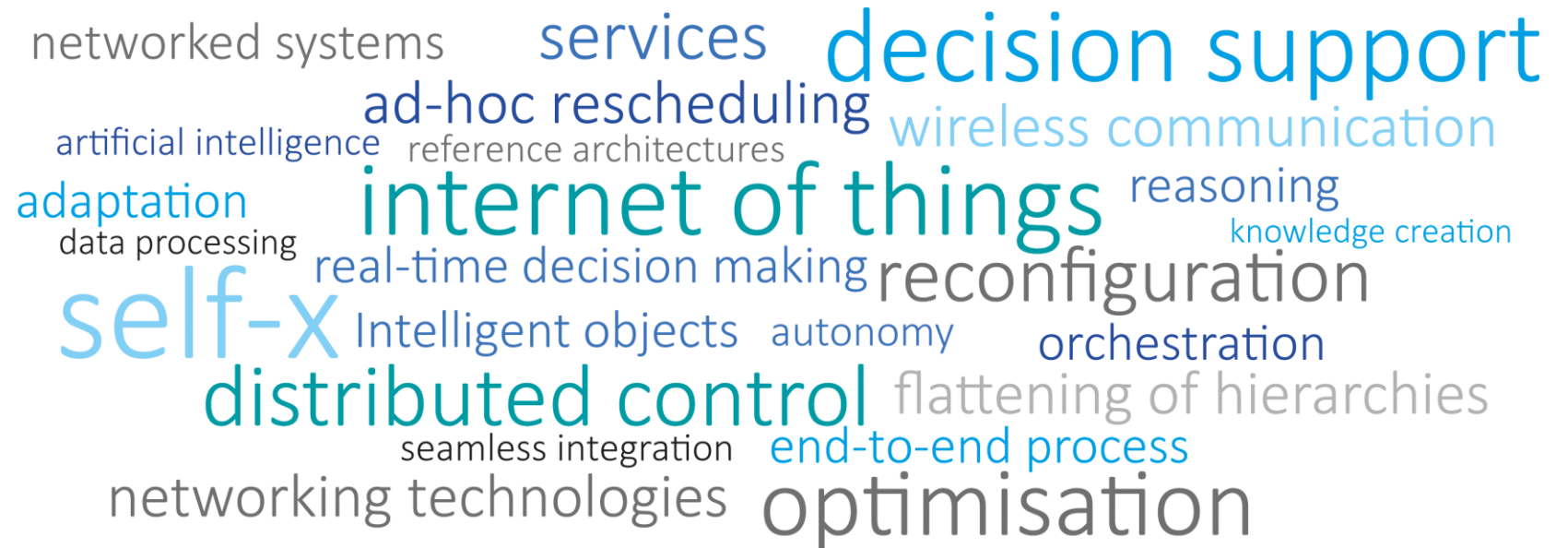
... die Fragen des Wertebeitrags zu beleuchten?

... Innovationspotenziale aufzuzeigen?

# Forschung und Anspruch an die Umsetzung von "Industrie 4.0"

IAS-Analyse (2015): Aussagen zur Wertschöpfung sind oft allgemein und spiegeln die Forschungen in der Automatisierungstechnik und Produktions-IT der letzten Jahre wider

**Forschungs-  
richtungen**



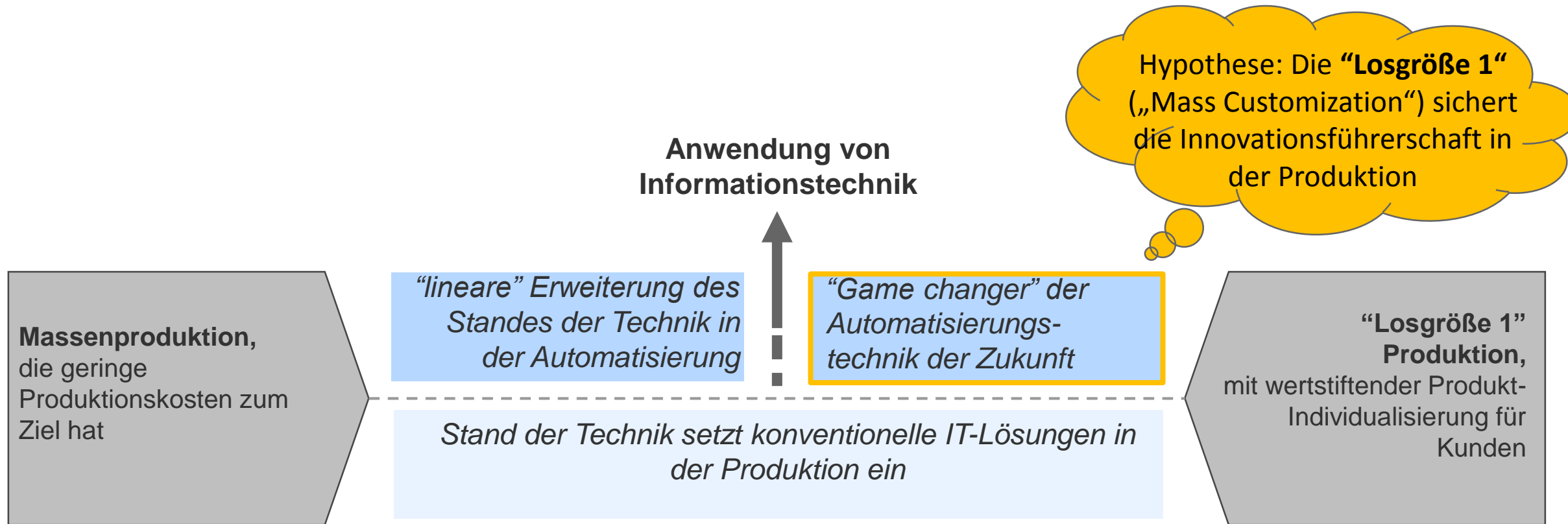
**Anspruch  
bezüglich  
Wertebeitrag**



[1]

# Welchen Beitrag bietet die IT für Industrie 4.0?

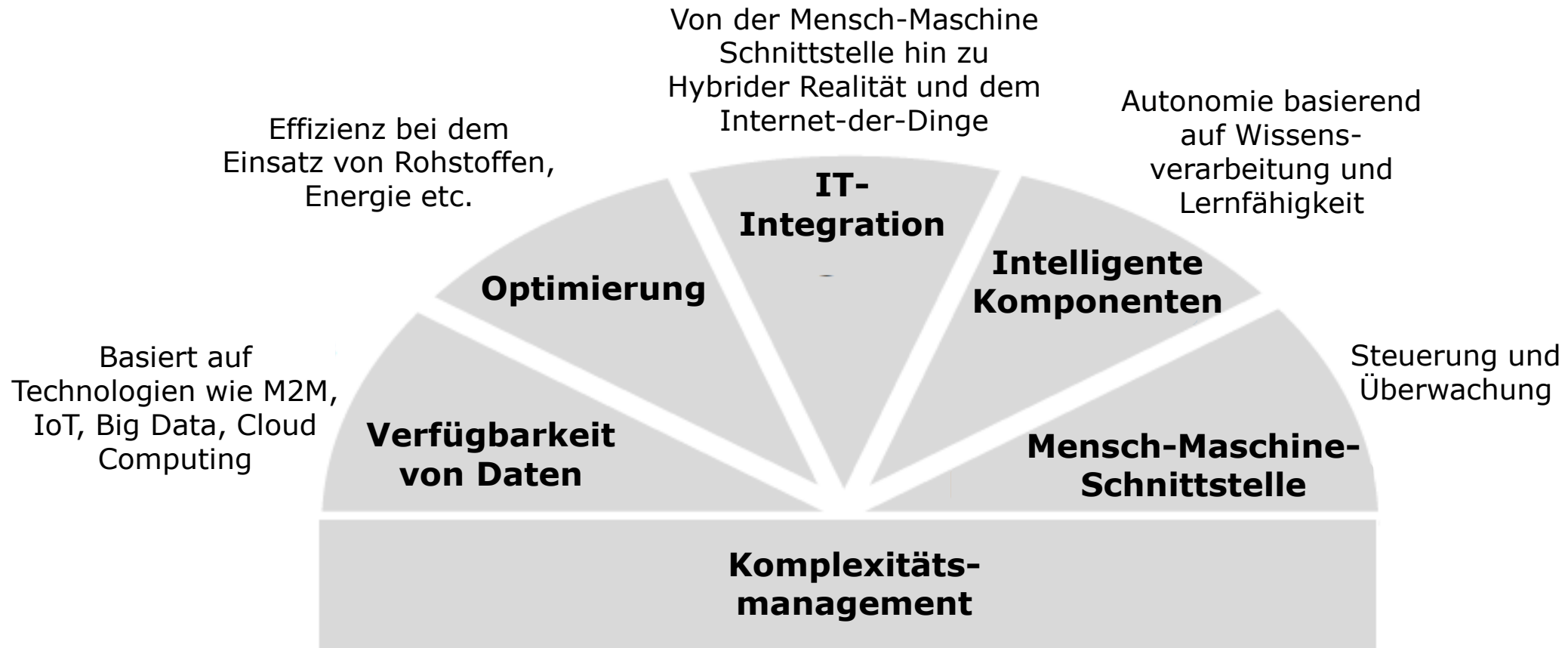
Die Zukunftsvision ist eine hoch-flexible Massenproduktion, die Produktvarianten in einer "Stückzahl 1" mit Hilfe von automatisierten Anlagen effektiv fertigen kann.



[1]

# Was zeichnet IT in Industrie 4.0 aus?

Von der Verarbeitung großer Datenmengen, neuartiger Mensch-Maschine-Interaktion, neuen Ansätzen zu verteilten Steuerungen, Cyber-physischen Systemen bis hin zu Autonomen Produktionszellen.



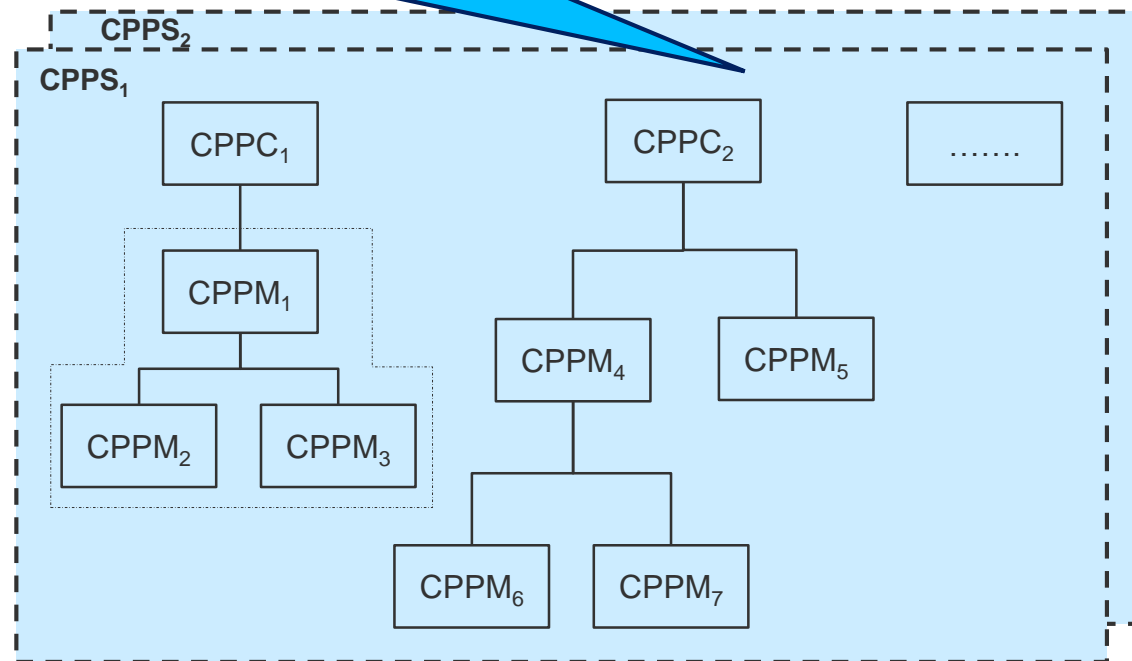
[1]



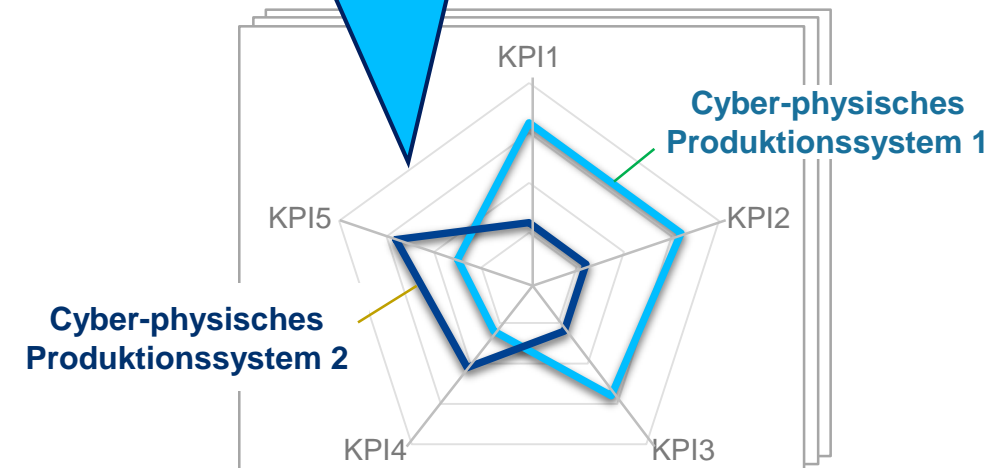
# Wie lässt sich der Nutzen konkret messen?

Ein KPI (Key Performance Indicator) misst, wie gut eine Zielsetzung erreicht wird.

KPI sind im Produktionsmanagement gängig, z.B. Overall equipment effectiveness (OEE)



Wie können KPIs helfen, um den Nutzen von Informationstechnologie (IT) zu bestimmen und zu vergleichen?



[1]

# Welche Forschungsergebnisse liegen dem Institut vor, um ...

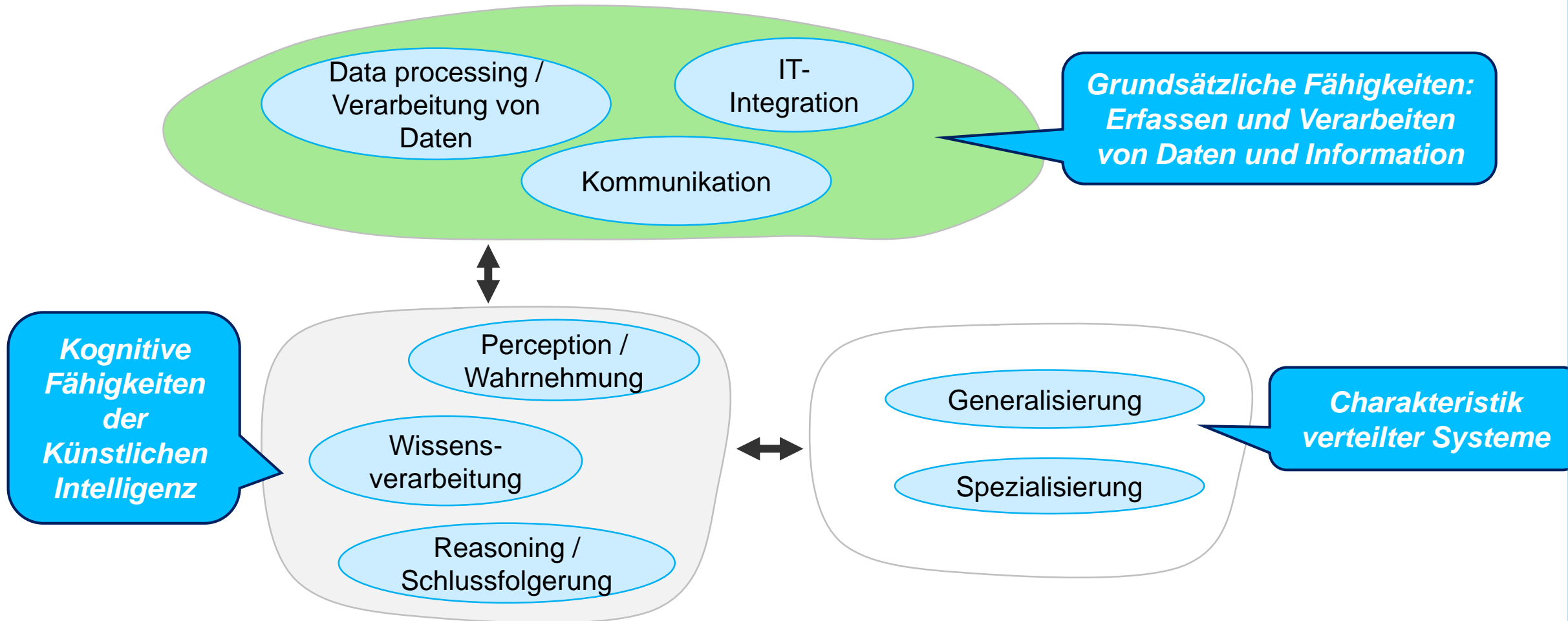
... die IT-Aspekte fassbar zu machen?

... Messbarkeit herzustellen?

... den Nutzen qualifizierbar zu machen?

# “Score Card” zur Einschätzung von I40-Fähigkeiten

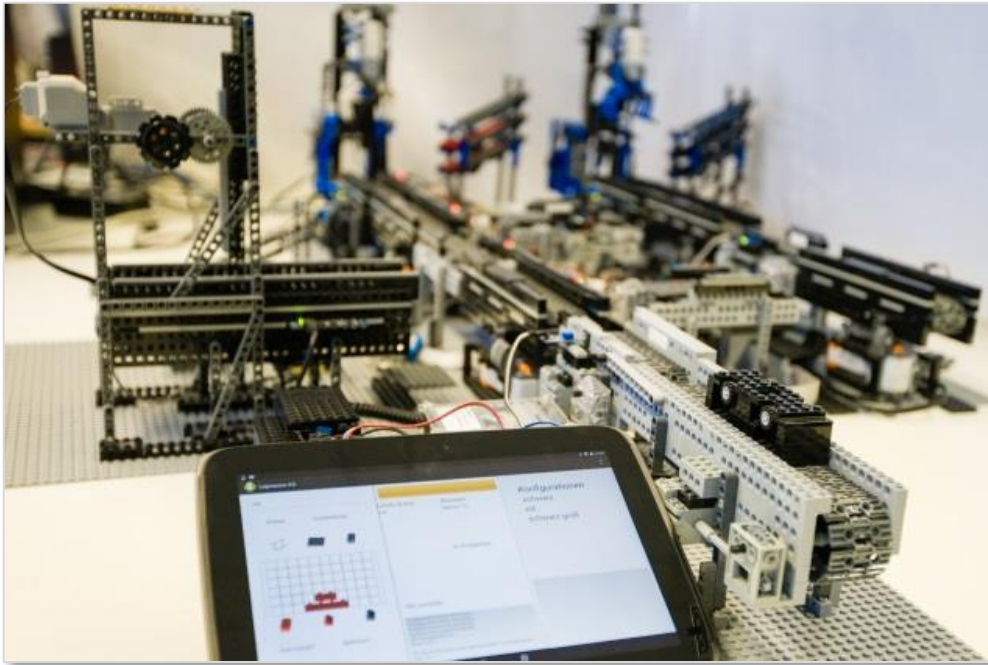
Die Methode der Szenarienanalyse liefert auf Basis von Literaturstudien, Brainstorming und Expertendiskussionen ein “Fähigkeitsmodell” für die IT von Industrie-4.0-Systemen.



[1]

# Beispiel: Vernetzte Industrie-4.0-Produktion von Modellautos

Das Agentenbasierte Industrie-4.0-Produktionssystem weist dank fortschrittlicher Softwarearchitektur, Mikrokontroller-Steuerungen, RFID und Apps Fähigkeiten auf unterschiedlichen Ebenen („Levels“) auf.



Siehe auch: <http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Anwendungsbeispiele/390-uni-stuttgart-agentenbasierte-i40-produktion/beitrag-uni-stuttgart.html> und [http://www.ias.uni-stuttgart.de/?page\\_id=79](http://www.ias.uni-stuttgart.de/?page_id=79)

Data processing ability: Level 2 – „Real time, **decentral**“

Communication ability: Level 2 – „**Wireless**“

Integration ability: Level 4 – „Objects managed as **Entity**“

Perception ability: Level 2 – „**Detect objects** in the environment“

Knowledge creation ability: Level 0 – „none“

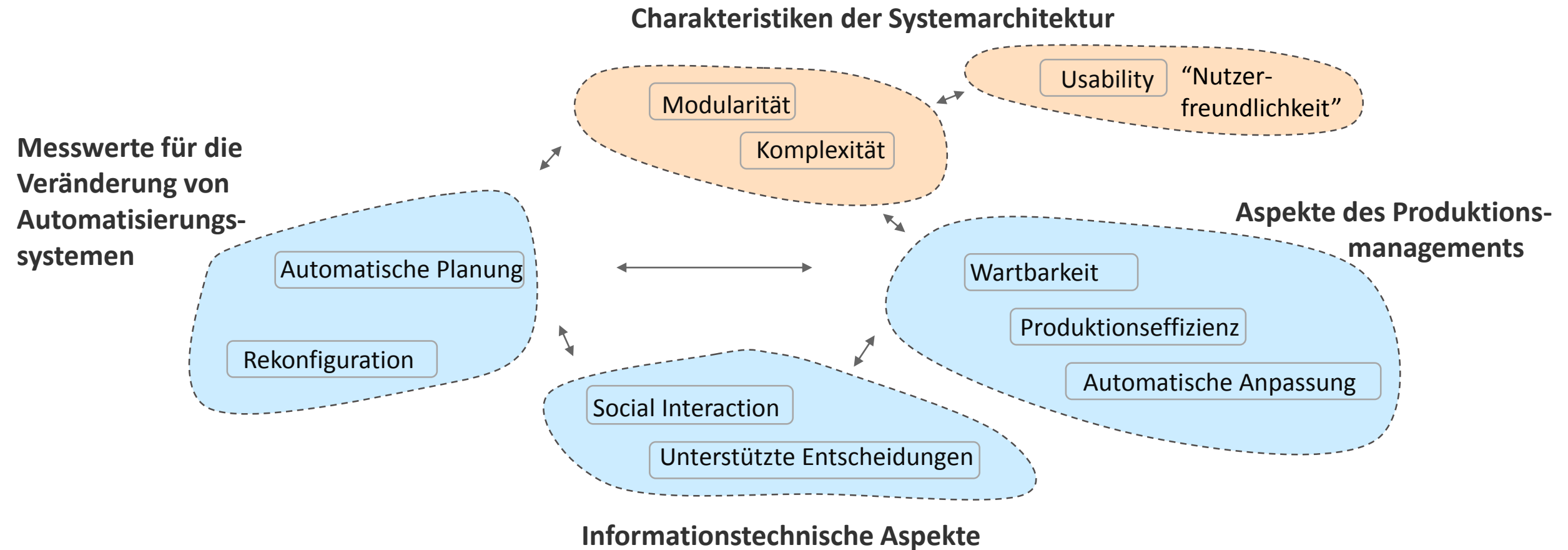
Reasoning ability: Level 2 – „**Algorithms based on rules**“

Generalization ability: Level 0 – „none“

Specialisation ability: Level 2 – „**Partially autonomy of Modules**“

# Messung von KPIs

Neben Einstufungen lässt sich eine Messbarkeit für zahlreiche Charakteristiken umsetzen.



[1]

# Wie interpretiert Siemens die Ergebnisse?

Worin liegt der Nutzen?

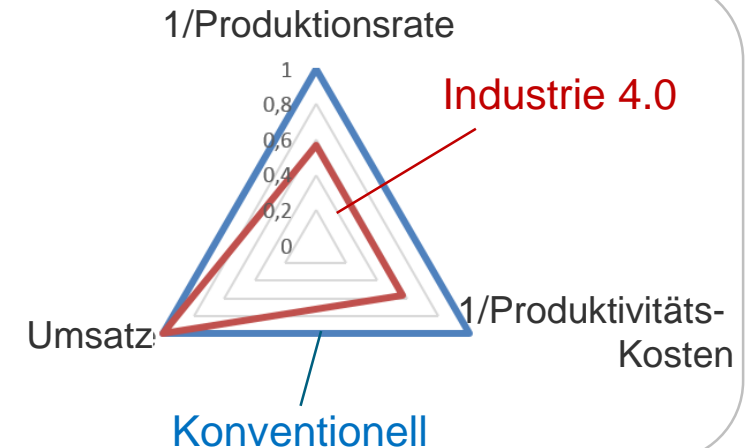
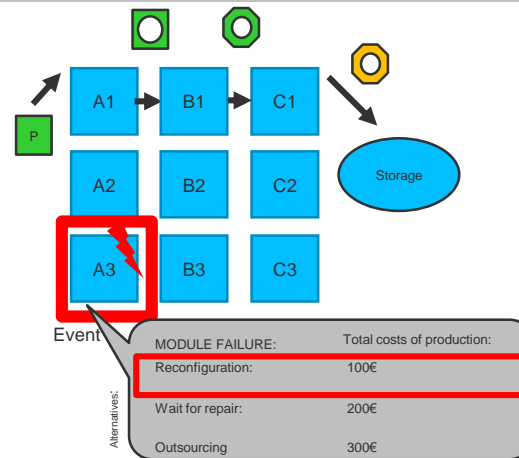
Und was macht den Wertebeitrag aus?

# Zwei Simulationsstudien zur Evaluation

Siemens hat mit dem IAS Untersuchungen durchgeführt, um zukünftige Industrie-4.0-Systeme zu simulieren und Kennzahlen (KPI) zu ermitteln.

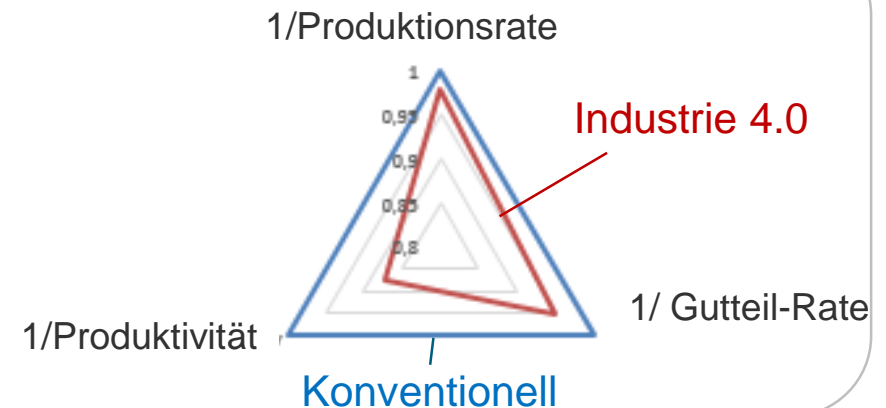
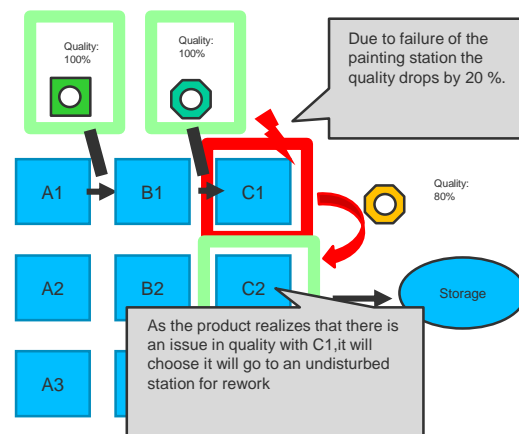
## Szenario 1: Instandhaltung von Produktionslinien

Ansatz: „Abschalten und auf Reparatur warten“ vs. „Durchführen einer automatischen Rekonfiguration und mit Restfunktionen weiter machen“



## Szenario 2: automatische Qualitätserkennung und Nacharbeit

Ansatz: „Fehlerteile gehen der Produktion verloren“ vs. „Qualitätseinbrüche werden erkannt und automatisch nachgearbeitet“



# Welche Muster stecken hinter den I40-Fähigkeiten und KPIs?

Mithilfe einer DSM-Analyse lassen sich vier Cluster mit starken Abhängigkeiten identifizieren.

## Muster 1 – “Smarte Module”

Der KPI „Modularität“ wird unterstützt durch die IT-Fähigkeiten „Kommunikation“ und „IT-Integration“. Kommunikation und Kopplung führt zum modularen Maschinenaufbau

## Muster 3 – “Selbst-Optimierung”:

Ein System kann seinen Zustand wahrnehmen und relevante Daten verarbeiten, um sich selber zu verbessern

## Muster 2 – “Interoperabilität und automatische Konfiguration“

Produktionsmodule oder -systeme passen sich an unterschiedliche Rahmenbedingungen an, z.B. „Plug and Produce“

## Muster 4 – “Entscheidungsunterstützung”

Unterstützung bei Entscheidungen auf Basis von vernetzten Daten bis hin zu sozialer Interaktion durch die Bereitstellung von Informationen

	Modularity	Communication Ability	IT Integration Ability	Automatic Adaption	Automatic Planning	Reconfigurability	Ability of Automatic Scheduling	Complexity	Maintainability	Knowledge Creation and Reasoning Ability	Social Interaction	Support of Decisions	Adaption Ability	Efficiency
Modularity	1	1	1					1						
Communication Ability	1	1	1											
IT Integration Ability	1	1	1											
Automatic Adaption				1	1	1	1							
Automatic Planning				1	1	1	1							
Reconfigurability				1	1	1	1							
Ability of Automatic Scheduling				1	1	1	1							
Complexity								1						
Maintainability									1					
Knowledge Creation and Reasoning Ability										1				
Social Interaction											1			
Support of Decisions												1	1	1
Adaption Ability													1	1
Efficiency														1

**Legend:**

- 1 As per Table: Performance Indicators, characteristics and related CPPx Abilities
- 1 According to Fig. Grouping of Abilities and further Aspects of a CPPx
- 1 According to Fig - Classification of measurable Indicators

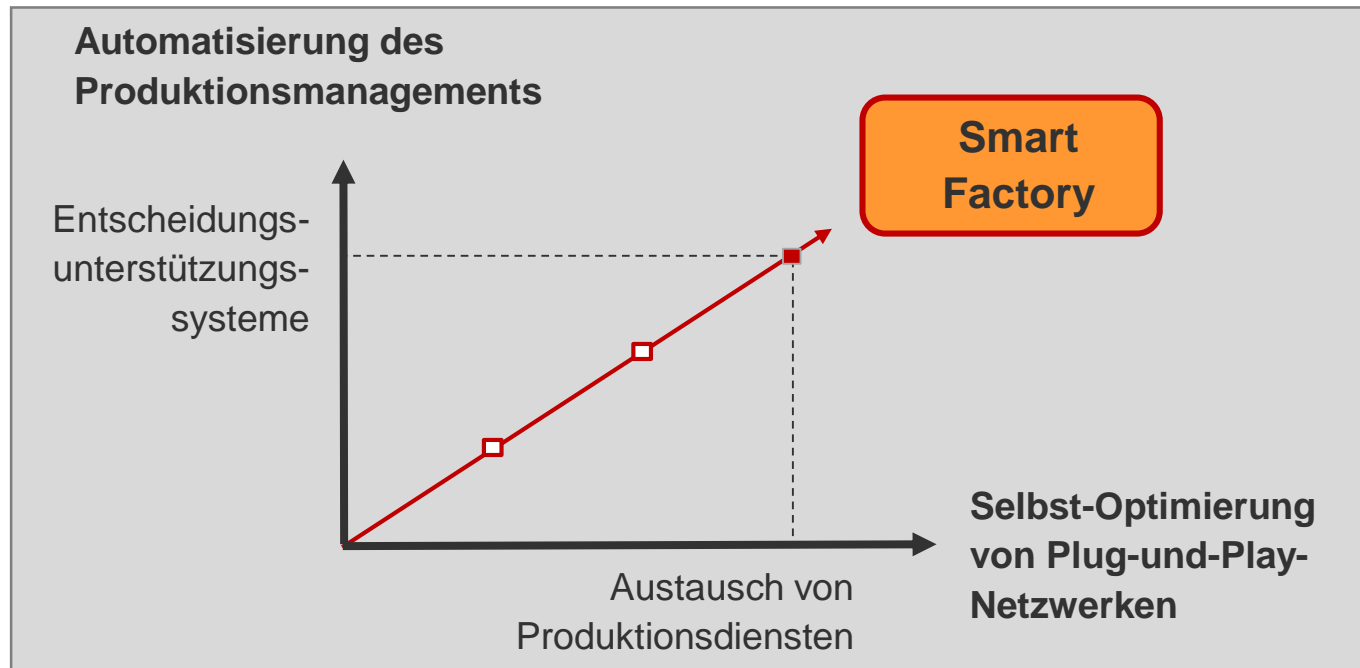
[1]



# Auf dem Weg zur Smarten Fabrik ...

Informationstechnische Bewertung und Simulation unterstützt die Einschätzung von technischen Möglichkeiten

- Verarbeitung von Information mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz



- Modulare und anschlussfähige Maschinenmodule
- Autonomie von Einheiten und Teilsystemen unterstützen die Optimierung

[1]

# Zusammenfassung

- Industrie 4.0 ist die deutsche Antwort auf die Digitale Transformation der Produktion.
- Die frühe Bewertung des Nutzens und eine schnelle Umsetzung sind erforderlich, um den globalen Wettlauf um die Produktion der Zukunft und damit das Rennen um die Wertschöpfung der Zukunft zu gewinnen.
- **... wir qualifizieren und bewerten den Nutzen!**

# References

- (1) Michael Weyrich, Matthias Klein, Jan-Philipp Schmidt, Nasser Jazdi, Kurt D. Bettenhausen, Frank Buschmann, Carolin Rubner, Michael Pirker and Kai Wurm: Evaluation Model for Assessment of Cyber-Physical Production Systems. In: Industrial Internet of Things Cyber manufacturing Systems: Jeschke, S., Brecher, C., Song, H., Rawat, D.B. (Eds.), , Springer Verlag 2016
- (2) Weyrich, M.; Göhner, P.; Diedrich, C.; Vogel-Heuser, B.; Fay, A.; Wollschlaeger, M.; Kowalewski, S.: Flexibles Management einer dezentralen Automatisierungsverbundanlage als Beispiel für Industrie 4.0. Automation 2014, Baden-Baden, 2014

---

- (3) Acatech and Forschungsunion: Recommendation for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, April 2013
- (4) Bitkom und FhG IAO: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland Studie, 2014. <https://www.bitkom.org/Publikationen/2014/Studien/Studie-Industrie-4-0-Volkswirtschaftliches-Potenzial-fuer-Deutschland/Studie-Industrie-40.pdf>
- (5) BCG study: Industrie 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, 2015. [https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry\\_40\\_Future\\_of\\_Productivity\\_April\\_2015\\_tcm80-185183.pdf](https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf)
- (6) Landkarte Industrie 4.0: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Karte/karte.html>
- (7) BitCOM Industrie 4.0 - Status und Perspektiven. Studie, 2016. <https://www.bitkom.org/Publikationen/2016/Leitfaden/Industrie-40-Status-und-Perspektiven/160421-LF-Industrie-40-Status-und-Perspektiven.pdf>
- (8) Deutsche Bank Research: New challenges for a land on expedition. Frankfurt 2017. [https://www.dbresearch.com/PROD/DBR\\_INTERNET\\_EN-PROD/PROD000000000210852/Germany\\_2020\\_-\\_New\\_challenges\\_for\\_a\\_land\\_on\\_expedi.pdf](https://www.dbresearch.com/PROD/DBR_INTERNET_EN-PROD/PROD000000000210852/Germany_2020_-_New_challenges_for_a_land_on_expedi.pdf)
- (9) Plattform Industrie 4.0: Struktur der Verwaltungsschale Fortentwicklung des Referenzmodells für die Industrie 4.0-Komponente. 2016 [http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/struktur-der-verwaltungsschale.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/struktur-der-verwaltungsschale.pdf?__blob=publicationFile&v=7)