

# Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0

**Ausgewählte Ergebnisse der IMPULS-Studie**

Dr. Eckhard Heidling, ISF München

Industrie 4.0 – Herausforderungen und Wege  
in der Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren

25. Juni 2019, Heidelberg

## **Inhalt**

- 1 Einführung in die Studie
- 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«
- 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0
- 4 Handlungsempfehlungen

# 1 Einführung in die Studie

## Fragestellungen

- Welche Fähigkeiten und **Kompetenzen** haben die Beschäftigten im Hinblick auf Industrie 4.0 in **Unternehmen** des Maschinen- und Anlagenbaus? Und welche wären notwendig?
- Wie ist der aktuelle Stand der **Ingenieurausbildung** hinsichtlich Industrie 4.0 an deutschen **Hochschulen**?

# 1 Einführung in die Studie

## **Ausgangs- und Rahmenbedingungen der Studie**

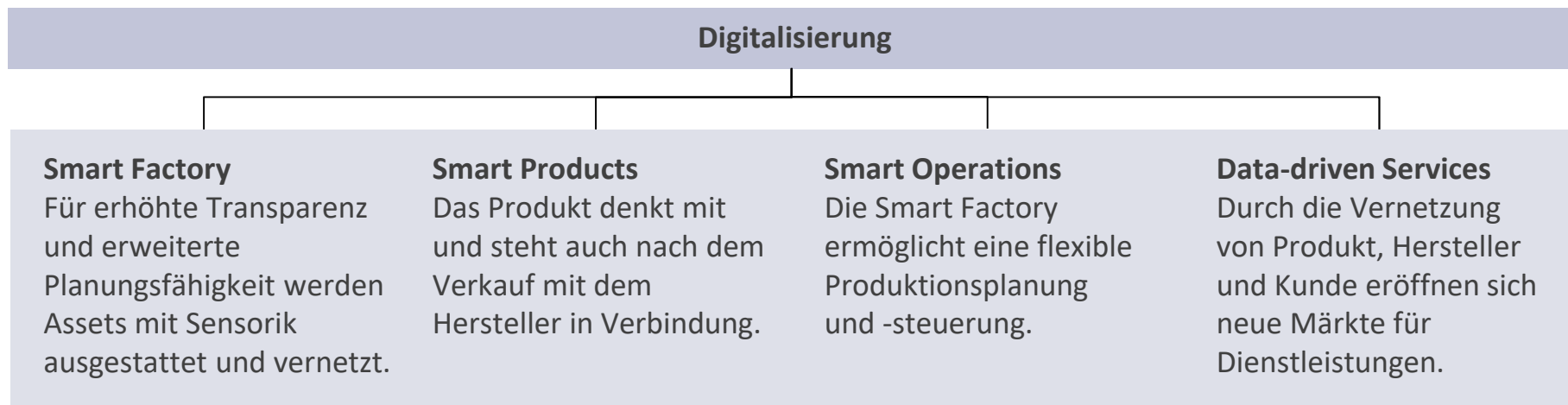
- **Laufzeit** der Studie: 9/2017–12/2018
- Auswahl von **7 Unternehmen** und **9 Hochschulen**
- **Qualitative Erhebungen, Unternehmen** (39 Personen) und **Hochschulen** (32 Personen), 11/2017–3/2018
- **Quantitative Erhebung Unternehmen**, 5/2018–7/2018; 224 Rückmeldungen
- **Online-Tool** (»Kompetenz-Check Industrie 4.0«), 1/2019

# 1 Einführung in die Studie

## Industrie 4.0 – Begriffsklärung

### **Einhellige Aussage aller Befragten (Unternehmen/Hochschulen)**

- „Keine Lehrbuchdefinition“ von Industrie 4.0
- Weitgehende Übereinstimmung, dass die **folgende Bereiche I4.0 angemessen umreißen**

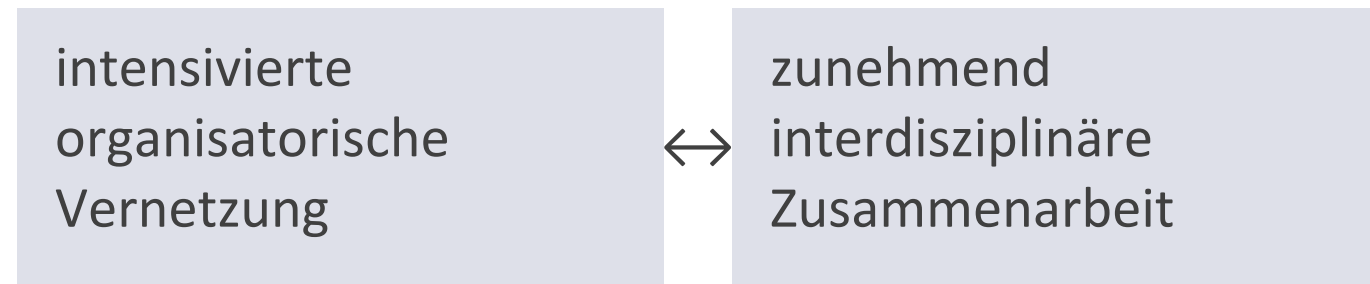


Grafik angelehnt an: Lichtblau et al. 2015, S. 12

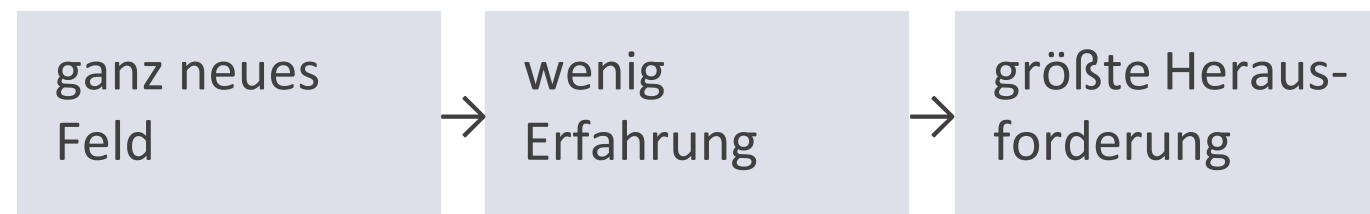
# 1 Einführung in die Studie

## Industrie 4.0 – Herausforderungen

### I 4.0 als Motor für übergreifende Vernetzungsprozesse



### Data-driven Services mit zukünftig stärkster Dynamik



## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Fachlicher Kern

#### **Für Beschäftigte weiterhin und zukünftig erforderlich: Grundlagen in einer fachlichen Kerndisziplin**

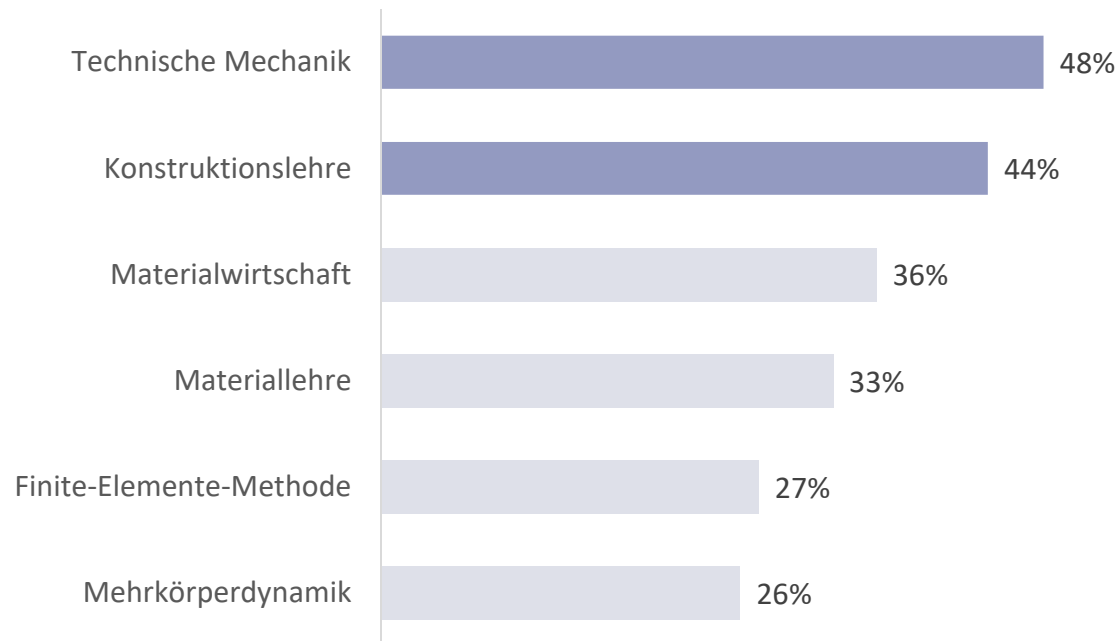


*(...) wenn jemand mit einem **guten Basiswissen aus einer Fachdisziplin** kommt (...), hat er immer ein **gutes Fundament**, auf dem er **grundsätzlich überleben** kann (...). Wie wenn er von allem nur ein bisschen weiß, aber das dafür komplett querbeet.«*

## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Fachlicher Kern

Für wie notwendig halten Sie die folgenden **ingenieurwissenschaftlichen Grundlagenkompetenzen** für Ingenieure in Industrie 4.0 Projekten?



Gesamt (Angaben: »sehr nützlich« bzw. »unverzichtbar« in Prozent).  
Fehlend zu 100 %: »nicht notwendig«, »etwas nützlich« und »nützlich«. N = 224  
FIA Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0



## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Fachlicher Kern

**Prozess- und Systemdenken (fachliche Methodenkompetenzen)** haben stark an Bedeutung gewonnen

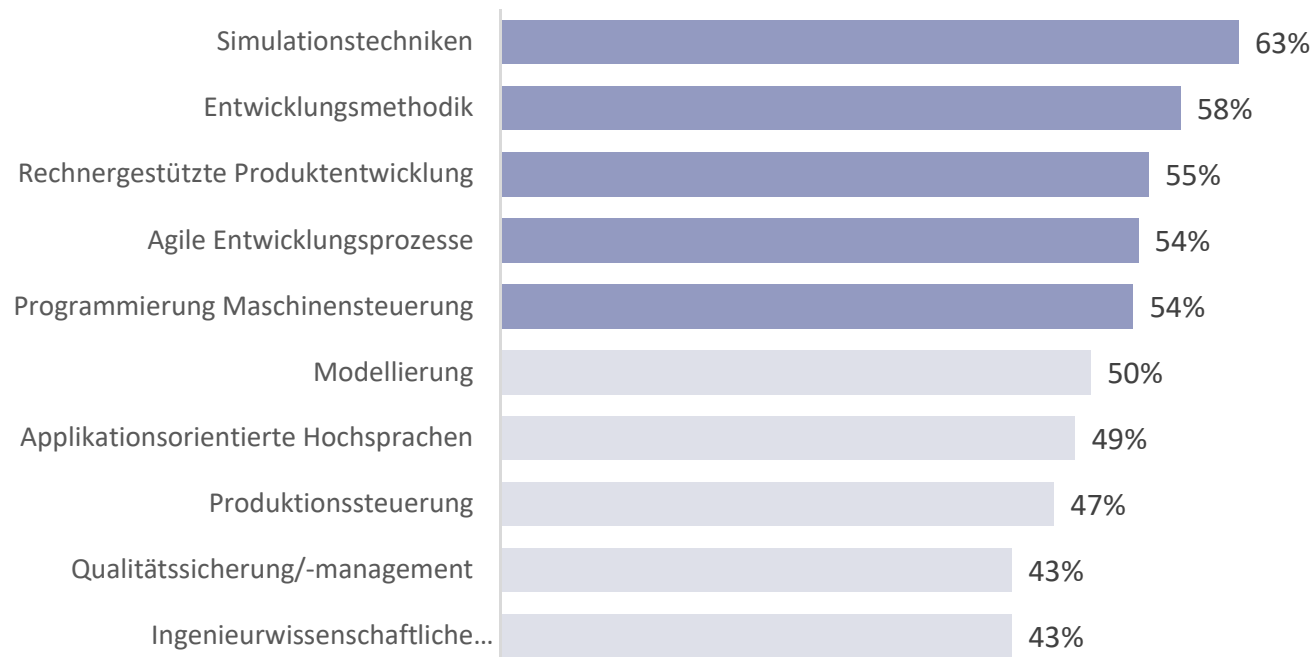


*(...) das wird jetzt **immer wichtiger, dieser Systemgedanke**. Also nicht nur ein komplett reiner Fachidiot zu sein, (...) sondern immer zu wissen, in welchem Zusammenhang wende ich das jetzt gerade an.  
(...) Da kommen wir ja wieder zum Thema **Vernetzung**, alles ist miteinander vernetzt. **Mechanische Komponenten, Softwarekomponenten** und so weiter. Und da braucht man einfach dieses **Systemwissen** immer mehr.«*

## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Fachlicher Kern

Für wie notwendig halten Sie die folgenden **ingenieurwissenschaftlichen Methodenkompetenzen** für Ingenieure in Industrie 4.0 Projekten?



Gesamt (Angaben: »sehr nützlich« bzw. »unverzichtbar« in Prozent).  
Fehlend zu 100 %: »nicht notwendig«, »etwas nützlich« und »nützlich«. N = 224  
FIA Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0

## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Fachlicher Kern

Aktuell und zukünftig verstärkt erforderlich:  
**Querliegende fachliche Grundlagen**, insbesondere in **Informatik** und bei **Data Science**



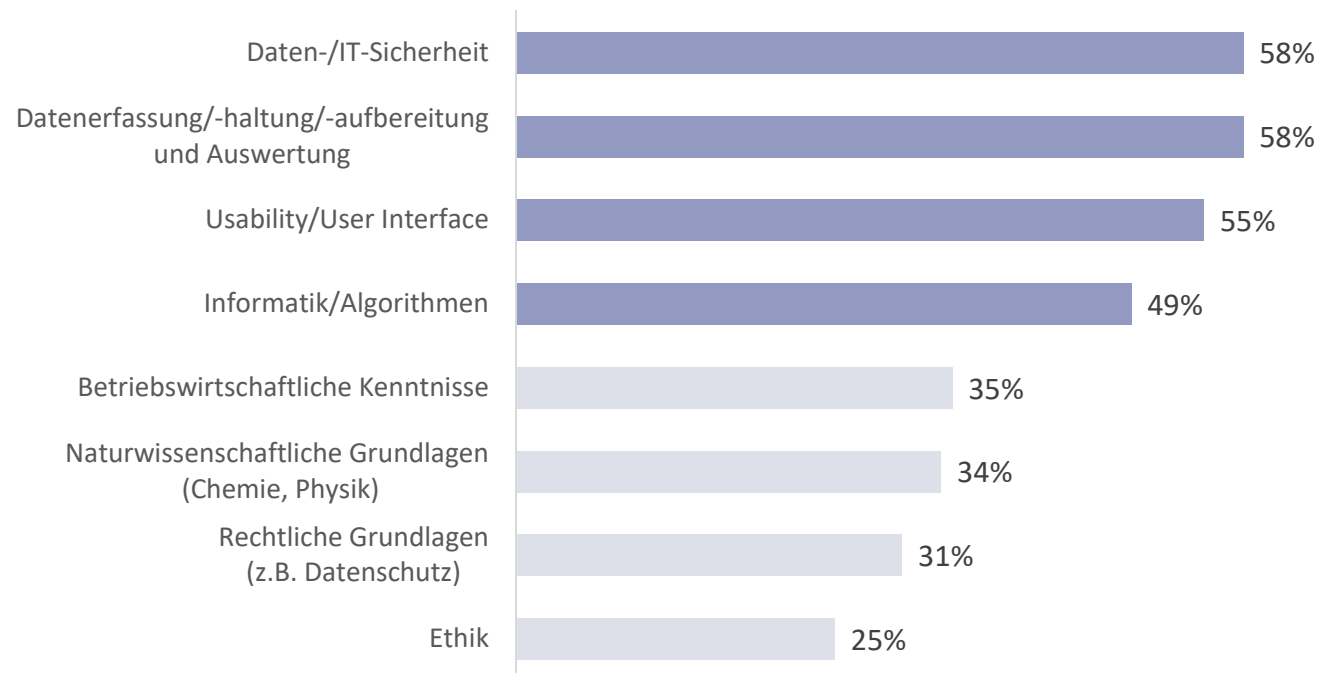
*Sicher in der Informatik, Data Scientist, diese ganze **Flut von Daten**, die ja auch entsteht, die macht ja nur Sinn, wenn man sie **sinnbringend auch wieder auswerten kann** oder **über künstliche Intelligenzprozesse anders auswerten kann**.*

*Das sind sicher **die Bereiche, die am stärksten steigen**, weil es bezogen auf uns, **im Maschinenbau** waren das bisher **eher die schwächeren Bereiche**.«*

## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Fachlicher Kern

Welche ergänzenden Kenntnisse **aus angrenzenden bzw. anderen Fachgebieten** sind für Ingenieure in Industrie-4.0-Projekten notwendig?



Gesamt (Angaben: »sehr nützlich« bzw. »unverzichtbar« in Prozent).  
Fehlend zu 100 %: »nicht notwendig«, »etwas nützlich« und »nützlich«. N = 224  
FIA Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0

## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Modulare Ergänzungen

**Kontextwissen: Einbezug von Kenntnissen/Sichtweisen anderer Arbeitsbereiche/Disziplinen als Folge der vernetzten Zusammenarbeit**



*Ein Maschinenbauingenieur kann einem **Anwendungsentwickler (...)**, der irgendwo extern sitzt, eine **Anforderung so formulieren, dass der als Programmierer was damit anfangen kann.** Umgekehrt kann er die **Anregungen aus der Produktion (...)** aufnehmen und versteht die auch.«*

## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Modulare Ergänzungen

#### **Überfachliche Kompetenzen (Personal-, Sozial-, Methodenkompetenzen) erhalten einen neuen Schub**

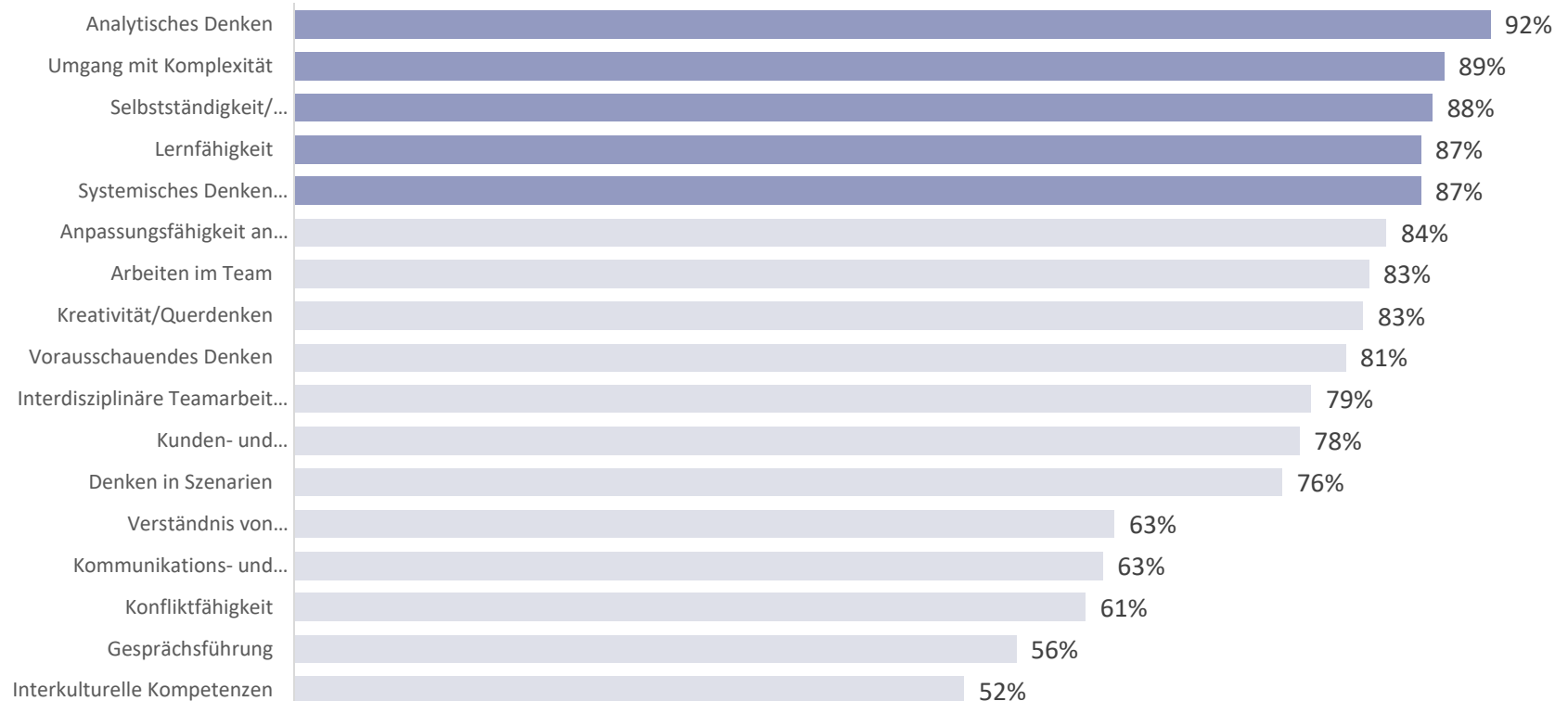
» *Mit Wissen brauche ich nicht zu konkurrieren, Wissen haben die Systeme, sondern **mit wem ich mich am besten vernetzen und wer kann was draus machen und wer erkennt die Chancen.**«*

» *Das (...) Team besteht (heute) aus einer gemischten, teilweise **über mehrere Hierarchiestufen hinweg zusammengesetzten Projektgruppe. Teamfähigkeit (...) hat eine vertikale Komponente gekriegt.**«*

## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

### Modulare Ergänzungen

#### Welche **überfachlichen Kompetenzen** sind insbesondere für Industrie 4.0 Projekte notwendig?



Gesamt (Angaben: »sehr nützlich« bzw. »unverzichtbar« in Prozent).  
Fehlend zu 100 %: »nicht notwendig«, »etwas nützlich« und »nützlich«. N = 224  
FIA Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0

## 2 Soll-Profil »Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0«

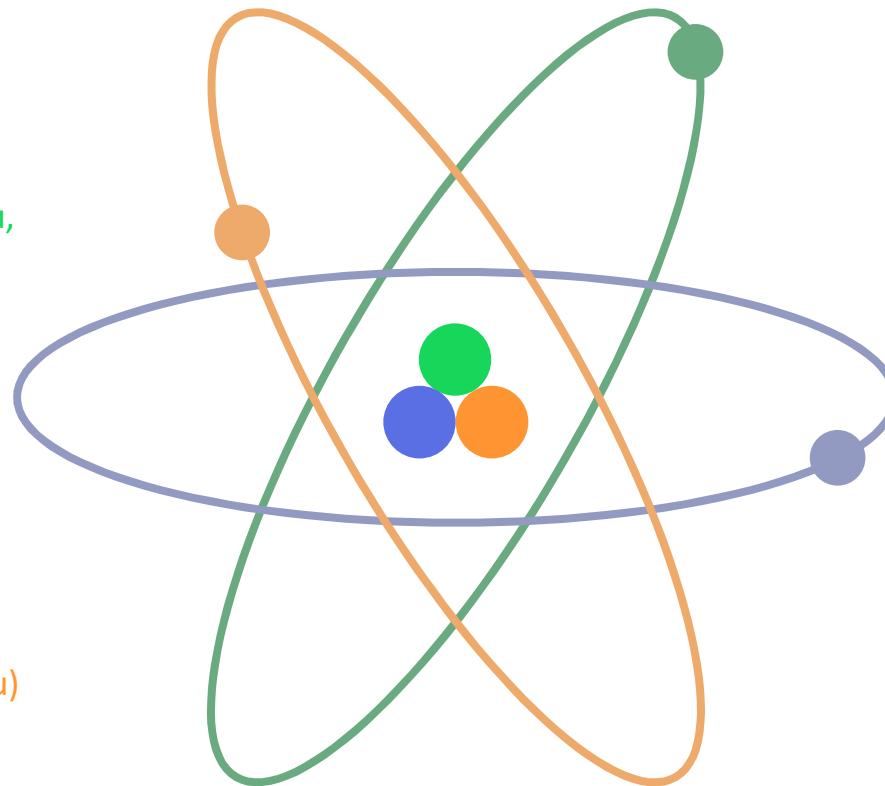
### Struktur des Soll-Profiles »IngenieurInnen I4.0«

#### Fachlicher Kern

Solides Fundament:  
Kerndisziplin (Maschinenbau,  
Elektrotechnik, Informatik)

Fachlich-methodische  
Grundlagen:  
Prozess- und Systemdenken

Querliegende  
fachliche Grundlagen:  
IT (MAB) + Data Science (neu)



#### Flexible modulare Ergänzungen

Vertiefungswissen in  
konkreten  
Anwendungsbereichen

Kontextwissen aus anderen  
Disziplinen (z. B. BWL) und  
Unternehmensbereichen  
(z. B. Vertrieb)

Überfachliche Kompetenzen

**»IngenieurInnen I4.0«: Disziplinärer Kern und Satelliten**



### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Inhalte** der Lehre

**Weiterhin Vermittlung wesentlicher Grundlagen,  
Methoden und Systematiken  
in einer fachlichen Disziplin in der Lehre**



*Das ist einmal eine sehr solide grundlagenorientierte  
Ausbildung in dem Stammfach zum Beispiel  
Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik (...)  
der Kernpunkt (ist), (...) stärkeres Denken in Systemen,  
also Systemtheorie und Systems Engineering, weil (...)  
diese ganzen Produktlösungen werden immer definiert  
aus der Fachexpertise der verschiedenen Fächer.«*

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### Inhalte der Lehre

#### **Interfakultativer Austausch modularer Lehrangebote (Maschinenbau/Elektrotechnik/IT, tw. Big Data)**



***Komponenten halte ich für sehr sinnvoll (...) ein Informatiker und ein Produktentwickler machen zusammen eine Veranstaltung, wie kann ich mit Big Data die Produktentwicklung verfeinern.«***

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Inhalte der Lehre – Thematische Lücken**

#### **IT – in der Lehre Maschinenbau/Elektrotechnik**



*Die Informationstechnik kommt bei uns deutlich zu kurz.«*



*Also, Programmiergrundkenntnisse fehlen einfach.«*

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Inhalte der Lehre – Thematische Lücken**

##### **Data Science –**

in der Lehre Maschinenbau/Elektrotechnik/Informatik



*(...) Themen der großen Datenmengen, der Anomaliebewältigung, des Wissensaufbaus, des Data Minings, das vermitteln wir unseren Ingenieuren nicht (...).*

*Wir wollen jetzt Felder wie Data Driven Services viel stärker in die Ausbildung hinein nehmen. Aber vor 2019 wird da nichts passieren.»*

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Inhalte der Lehre – Herausforderungen**

**Auf welches »alte Wissen« kann bei begrenzter Studiendauer in der Lehre verzichtet werden, wenn neues Wissen vermittelt werden soll?**

Bisher kaum strukturierte Entscheidungsprozesse zum Verhältnis »Integration neuer Inhalte / Streichung alter Inhalte«



*Ja, das ist genau das Problem. (...)*

*Das Wegfallen von alten Lehrinhalten ist schon auf einer Fakultätsebene schwierig, weil da sich jeder drüber definiert. Curriculare Änderungen werden nur ganz behutsam gemacht.«*

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Inhalte der Lehre – Herausforderungen**

**Auf welches »alte Wissen« kann bei begrenzter Studiendauer in der Lehre verzichtet werden, wenn neues Wissen vermittelt werden soll?**

Fakultätsübergreifende Zusammenarbeit erst punktuell realisiert



*(...) dass vielleicht **50 % der Kollegen da offen sind** (...) und die **anderen 50 % wollen eigentlich eine fachdisziplinentorientierte Aufstellung der Fakultäten.**«*

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Inhalte der Lehre – Herausforderungen**

**Auf welches »alte Wissen« kann bei begrenzter Studiendauer in der Lehre verzichtet werden, wenn neues Wissen vermittelt werden soll?**

Veränderung von Curricula langwieriger Prozess – objektive administrative Hürden



*(...) Derjenige, der einmal einen Studiengang durch eine Akkreditierung durchgekriegt hat, der hat kein Interesse, daran was zu ändern.*

*Und derjenige, der was ändern möchte, hat kein Interesse, das durch eine Akkreditierung durchzukriegen.«*

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Inhalte der Lehre – Herausforderungen**

**Auf welches »alte Wissen« kann bei begrenzter Studiendauer in der Lehre verzichtet werden, wenn neues Wissen vermittelt werden soll?**

**Man braucht auch weiterhin die klassisch fachlich fokussierten Ingenieure, die nicht nur/ausschließlich auf Digitalisierung ausgerichtet sind.**



### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Neue Lehr- und Lernformate – fakultätsintern**

#### **Stärkere Ausdifferenzierung: weniger Frontalvorlesungen, mehr Lehrlabore und Seminare**



*Wir bieten **mehr Labore** an, wo wir wirklich diese **cyber-physischen Dinge** in einem **Mix plus neue** (vermitteln), wir lassen die Leute dann **selber damit Erfahrungen sammeln**, die sollen **selber Aufgaben lösen in heterogenen Teams.**«*

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Neue Lehr- und Lernformate – fakultätsintern**

#### **Stärkere Ausdifferenzierung: weniger Frontalvorlesungen, mehr Lehrlabore und Seminare**

#### **»Kompetenzorientierte Lehre«**

- integrierte Produktentwicklung in Zusammenarbeit mit Unternehmen
- Teams à 6 Studierende
- kompletter Entwicklungsprozess in 4 Monaten (Marktanalyse, Kundenanalyse, Kundenprofile, prototypische Lösungen, Businessmodelle, Apps)

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Neue Lehr- und Lernformate** – fakultätsübergreifend

#### **Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit**

- » *(...) Wir setzen jetzt gerade eine **Software im Innovation Lab** auf, wo wir mit fünf Studierenden, auch 2019 Ziel, mit **fünf Studierenden, wo ein Maschinenbauer dabei ist, ein Wirtschaftswissenschaftler und drei E-Techniker, ein kreatives Kleinprojekt machen.**«*
- » ***Planung, mit den Maschinenbauern Entwurfslabore gemeinsam nutzen für Themen, wo man Informatik, Softwareentwurf, Maschinenelementeentwurf, Konstruktionslehre zusammen betreiben muss.**«*

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

**Neue Lehr- und Lernformate** – hochschulübergreifend

**I 4.0 löst einen neuen Schub in der Kooperation zwischen Unternehmen und Hochschulen aus**

- Verbreitet: Erstellung von **Abschlussarbeiten in/mit Unternehmen**
- **Mitarbeit Studierender in Forschungsprojekten und Forschungslabs** von Unternehmen
- Mit Unternehmen Errichtung und Betrieb **gemeinsamer Lern- und Forschungsfabriken**, Bearbeitung realer Aufgabenstellungen

### 3 Hochschulen – Ausbildung Industrie 4.0

#### **Neue Lehr- und Lernformate – Herausforderungen**

**Neue Lehr-/Lernformate erfordern zusätzliche Ressourcen und sind betreuungs- und materialintensiv**



*(...) neue Lehrveranstaltungen, also eine engere Verknüpfung von Theorie und Umsetzung.*

*(...) wirklich interaktiv, selber aktiv werden, selber forschen, selber herausfinden, qualifiziert quantifizieren und solche Sachen.*

*(...) der Kernpunkt, das ist (...) die Finanzierung (...), viel Hands-on, und das ist natürlich sehr betreuungsintensiv und materialintensiv.*

*(...) Man braucht quasi viel Betreuung von qualifizierten Leuten, weil, es ist wirklich ein Erfahrungsthema.«*

## 4 Handlungsempfehlungen

### **Ingenieurwissenschaftliches Grundlagenstudium und Grundlagenkurse entwickeln (2 Semester)**

- stärkere Verschränkung von Fach- und Methodenwissen
- Akzent auf „Lernen lernen“, dafür weniger starke fachliche Vertiefungen
- verstärkte Kooperation zwischen ProfessorInnen
- Studierende könnten besser entscheiden, in welche Richtung es weiter gehen soll

## 4 Handlungsempfehlungen

### **Hochschulen im Change-Prozess unterstützen**

- Silo-Denken überwinden: strukturierter, interdisziplinärer auf Dauer angelegter Prozess zur Entwicklung eines Grundlagenkanons
- Vernetzung herstellen zwischen Fakultäten
- Curricula übereinander legen und abgleichen
- Gleichwertigkeit von Forschung und Lehre herstellen
- notwendige Voraussetzung:  
angemessene Ressourcen/Ausstattung  
(Zeit, Geld, Beratung von außen)

## 4 Handlungsempfehlungen

### **Kooperationen zwischen Unternehmen und Hochschulen ausweiten**

- »Lernnetzwerke« Unternehmen/Hochschulen bilden  
→ gemeinsam an konkreten Problem- und Fragestellungen lernen
- regionale Nähe von Unternehmen/Hochschulen und bestehende Vernetzungen nutzen
- frühzeitige Einbindung von StudentInnen in Praktiker-Netzwerke



## 4 Handlungsempfehlungen

### **Fort- und Weiterbildung für Digitalisierung und Industrie 4.0 als lebenslanges Lernen organisieren**

- Abgleich der Erfahrungen und Nachfragen der Unternehmen mit den Angeboten und Erfahrungen der Hochschulen zur Fort- und Weiterbildung
- Abwechselnde Phasen von Lernen und Arbeiten über die gesamte Berufsbiografie ermöglichen
- Etablierung von lernförderlichen Arbeitsstrukturen

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

Dr. Eckhard Heidling

ISF München

Jakob-Klar-Straße 9

80796 München

089 272921-0

[eckhard.heidling@isf-muenchen.de](mailto:eckhard.heidling@isf-muenchen.de)