Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0

Ausgewählte Ergebnisse der IMPULS-Studie

Forum Industrie 4.0, Hannover-Messe
02. April 2019

Fotografie Thomas Gessner / Marc Wittenborn

1. Einführung in die Studie
2. Soll-Profil „Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0“
3. Wo stehen die Hochschulen? – Ausbildung 4.0
4. Handlungsempfehlungen
5. Online-Tool und Ausblick

Fotografie Thomas Gessner / Marc Wittenborn

1. Ausgangslage

- Maschinenbau ist wichtigster Ingenieurarbeitgeber in Deutschland
- I4.0 stellt neue Anforderungen an die Ingenieurausbildung
- Unklarheit, welche Kompetenzen und welches Wissen für I4.0 notwendig sind

Fotografie Thomas Gessner / Marc Wittenborn

2. Fragestellungen

- Welche **Fähigkeiten und Kompetenzen** sind für die Umsetzung von Industrie 4.0 in **Unternehmen** vorhanden und notwendig?
- Wie ist der **Stand der Ingenieurausbildung** hinsichtlich Industrie 4.0 an deutschen **Hochschulen** heute?

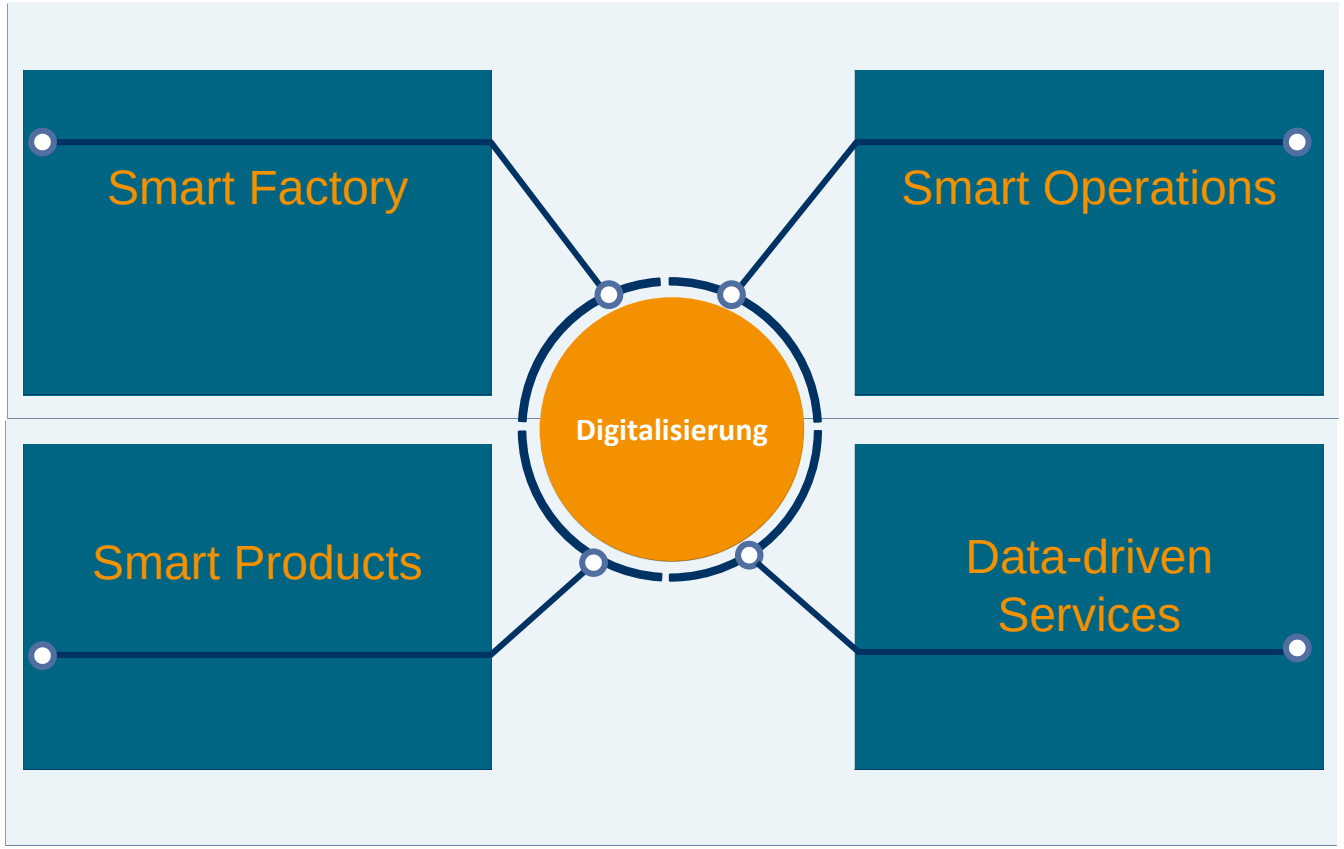
3. Ziele

- Erarbeitung eines **Soll-Profils** für „Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0“
- Abgleich **Stand der Ausbildung hinsichtlich I4.0 an deutschen** Hochschulen heute
- Entwicklung eines **Online-Tools** zum Selbstcheck und Kompetenzabgleich für Unternehmen, Beschäftigte und Studierende
- Erarbeitung von **Handlungsempfehlungen**

4. Vorgehensweise

- Auftrag zur Durchführung der Studie an **ISF München**
- **Laufzeit der Studie** 09/2017 – 12/2018
- Auswahl **7 Unternehmen und 9 Hochschulen** [5 Univ., 3 HaW, 1 DH; Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik; 1 Data Science]
- **Qualitative Erhebung** (leitfadengestützte Interviews) bei Unternehmen (39 befragte Personen) und Hochschulen (32 befragte Personen)
- **Quantitative Erhebung** Unternehmen (05/2018 – 07/2018); 224 Rückmeldungen
- Regelmäßiger **Austausch** über Zwischenergebnisse der Studie mit Unternehmen und Hochschulen auf Workshops und ERFAs

5. Industrie 4.0 – Begriffsklärung (1)



- Einhellige Aussage aller Befragten in Unternehmen und Hochschulen: **„keine Lehrbuchdefinition“** von Industrie 4.0
- Weitgehende Übereinstimmung, dass die **gezeigten Elemente I4.0 angemessen umreißen**

Darstellung angelehnt an Lichblau et al 2015.

Fotolia | Netzwerk_© Victoria

5. Industrie 4.0 – Herausforderungen (2)

- I4.0 als **Motor für übergreifende Vernetzungsprozesse** (Disziplinen, Bereiche, Abteilungen, Unternehmens- und Ländergrenzen)
- **Data-driven Services als größte Herausforderung**; stark gestiegene technische Kapazitäten erweitern die Möglichkeiten zur Generierung, Speicherung, Auswertung großer Datenmengen

*„Diese **Data Driven Services sind Dinge, die technologisch da sind, wo wir aber noch wenig Erfahrung haben**.“*

Fotolia | Coloures-Pic

1. Einführung in die Studie
2. Soll-Profil „Ingenieurinnen und Ingenieure“
3. Wo stehen die Hochschulen? – Ausbildung 4.0
4. Handlungsempfehlungen (vorläufig)
5. Online-Tool und Ausblick

1. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen – der fachliche Kern (1)

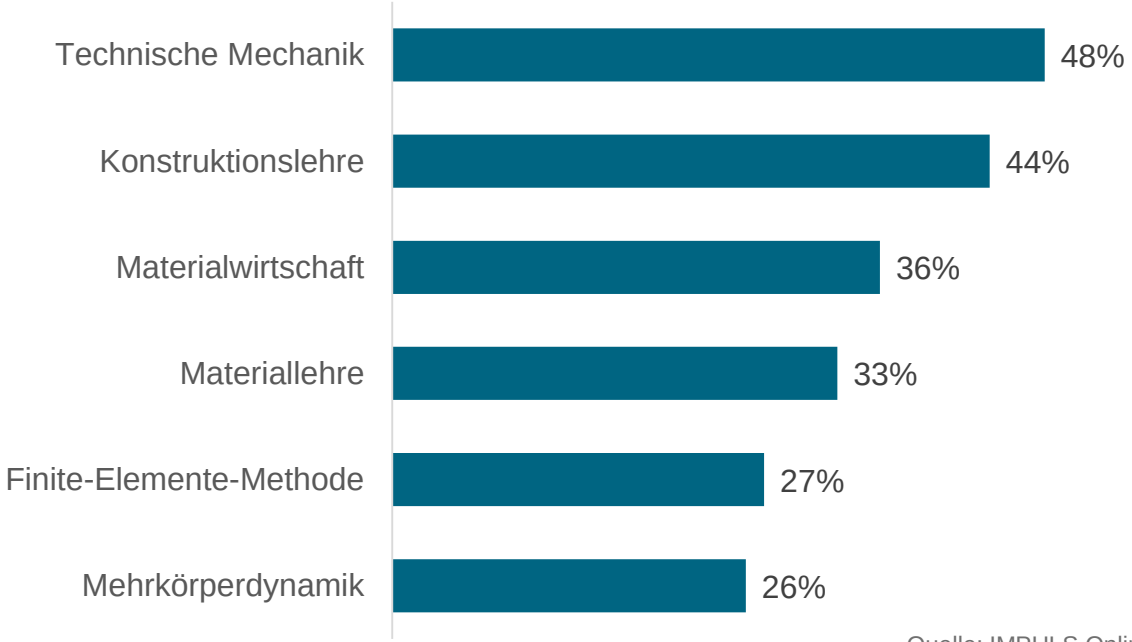
→ Grundlagen in einer fachlichen Kerndisziplin weiterhin und zukünftig erforderlich

*„wenn jemand mit einem **guten Basiswissen aus einer Fachdisziplin** kommt […] hat [er] immer ein gutes **Fundament**, auf dem er grundsätzlich überleben kann in so einer Disziplin.“*

*„[…] ich meine so was wie […] **maschinenbautechnische Allgemeinbildung**. Das ist eine Grundlage. “*

1. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen – der fachliche Kern (2)

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

Quelle: IMPULS Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0, 2019

2. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen – Ingenieurwissenschaftliche Methodenkompetenzen (1)

→ Prozess- und Systemdenken (fachliche Methodenkompetenz) hat stark an Bedeutung gewonnen

*„[…] das wird jetzt immer wichtiger, dieser **Systemgedanke**. Also nicht nur ein komplett reiner Fachidiot zu sein, sag ich jetzt mal, sondern immer zu wissen, **in welchem Zusammenhang** wende ich das jetzt gerade an.“*

*„[…] in Summe glaube ich wäre es gut, wenn die jungen Ingenieure mehr so **Prozessdenken** mitbringen würden, […] das ist das was wir gerade in diesen Workflow-Systemen deutlich brauchen.“*

*„[…] also dieser Blick nicht zu meinen, ‚ich löse jegliche Art an Komplexität, ich muss nur genügend Algorithmen da drauf schmeißen‘, sondern eigentlich **die Kombination**, erst mal seine **Prozesse ordnen**, **vereinfachen**, **sinnig digitalisieren**, weil **Digitalisierung kostet** auch richtig **Geld**.“*

2. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen – Ingenieurwissenschaftliche Methodenkompetenzen (2)

Für wie notwendig halten Sie die folgenden ingenieurwissenschaftlichen Methodenkompetenzen für Ingenieure in I4.0 Projekten?

Gesamt (Angaben:“ sehr nützlich“ bzw. „unverzichtbar“ in Prozent).
Fehlend zu 100%: „nicht notwendig“, etwas nützlich“ und „nützlich“
N = 224

Quelle: IMPULS Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0, 2019

3. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen – Querliegende fachliche Grundlagen (1)

→ Querliegende fachliche Grundlagen, insb. in den Bereichen Informatik und Data Science aktuell und zukünftig notwendig

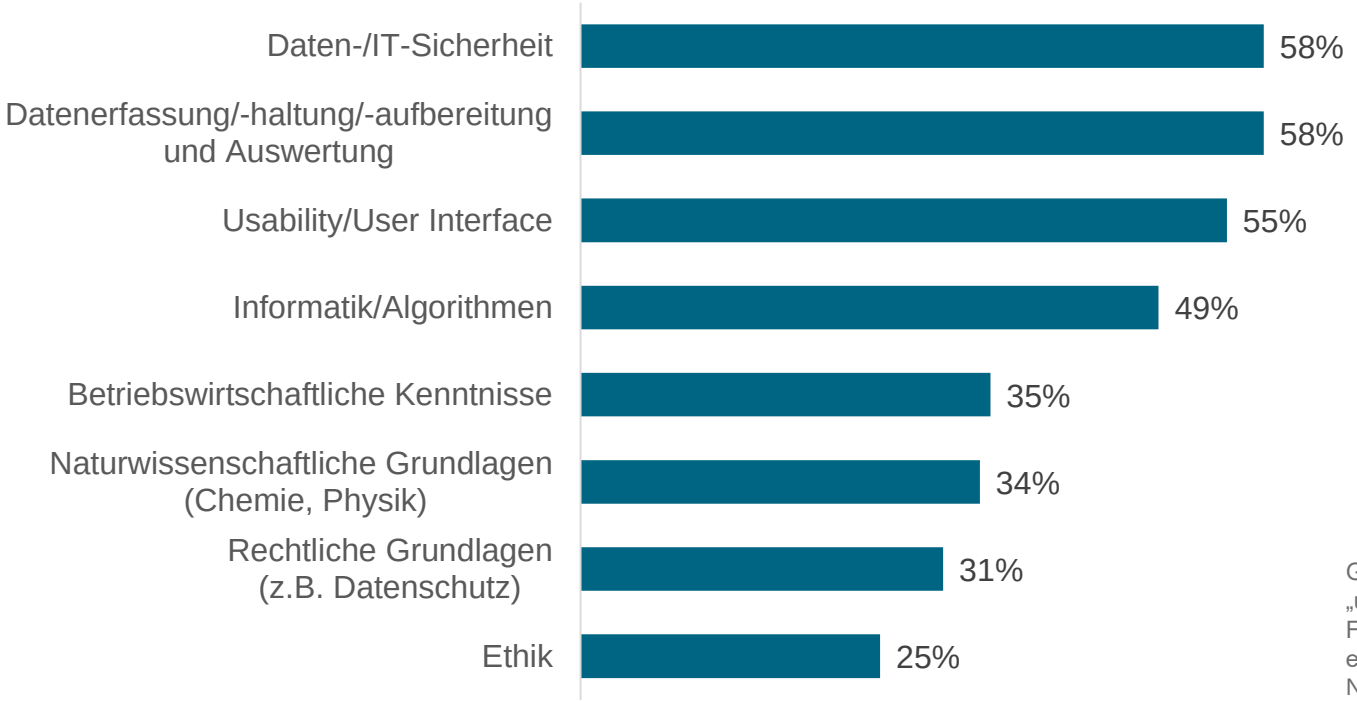
*„Ich sehe einen **weißen Fleck auf der Landkarte**, was alles **Datenmanagement, Datenmodellierung** angeht.“*

*„[…] diese ganze **Flut von Daten**, die ja auch entsteht, die macht ja dann auch nur Sinn, wenn man sie **sinnbringend** auch wieder **auswerten** kann.“*

*„Also wir müssen, auch die Maschinenbauer sich ein bisschen mit diesen Dingen auseinandersetzen […] und **dann ein Gefühl zu haben**, was brauch ich denn, wie setze ich denn so einen Prozess auf, und wann brauch ich jetzt den Spezialisten, der meine Daten auswertet? Aber **wie muss ich die Daten auch aufbereiteten, dass nachher ein Spezialist mit Big Data und Algorithmen da draufgehen kann**.“*

3. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen – Querliegende fachliche Grundlagen (2)

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

Quelle: IMPULS Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0, 2019

4. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen - Kontextwissen

→ Kontextwissen; Einbezug von Kenntnissen/Sichtweisen anderer Arbeitsbereiche/Disziplinen

*„Der kann einem **Anwendungsentwickler** […] **eine Anforderung so formulieren, dass der als Programmierer was damit anfangen kann**. Umgekehrt kann er die **Anregungen aus der Produktion** oder aus welchem Umfeld auch immer, **aufnehmen** und versteht die auch.“*

*„ […] ich muss den klassischen **Informatik Nerd** haben, ich muss aber auch den **Projektleiter** haben, der sowohl den Kunden versteht, als auch die Schnittstelle zu diesem Informatiker hin bilden kann.“*

5. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen – Überfachliche Kompetenzen (1)

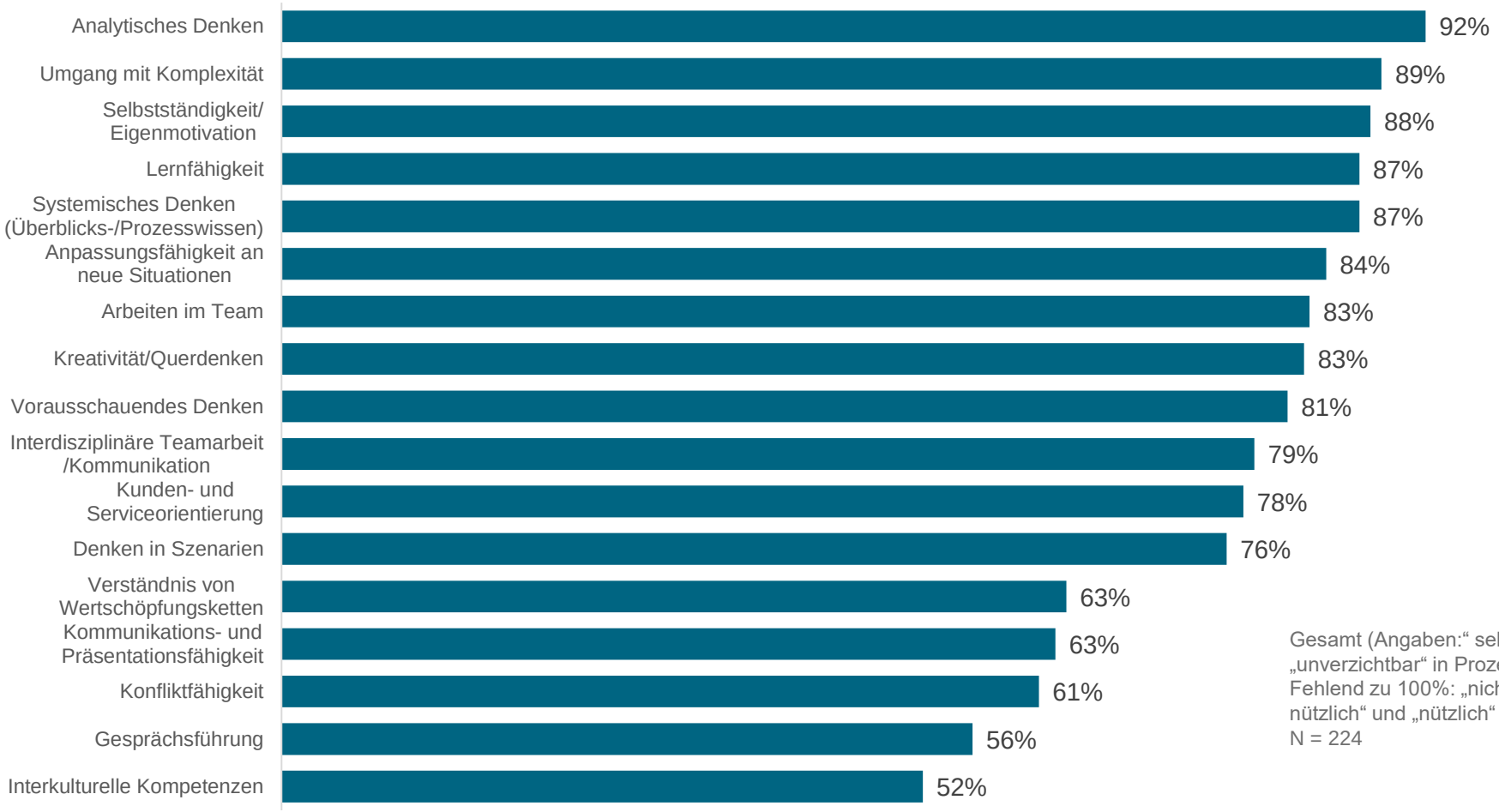
→ Überfachliche Kompetenzen (Personal-, Sozial-, Methodenkompetenzen) erhalten neuen Schub

*„Ich werde es **als Einzelkämpfer nicht mehr hinkriegen.“***

*„Mit Wissen brauch ich nicht konkurrieren, Wissen haben die Systeme, sondern **mit wem ich mich am besten vernetzen** und wer kann was draus machen und wer erkennt die Chancen.“*

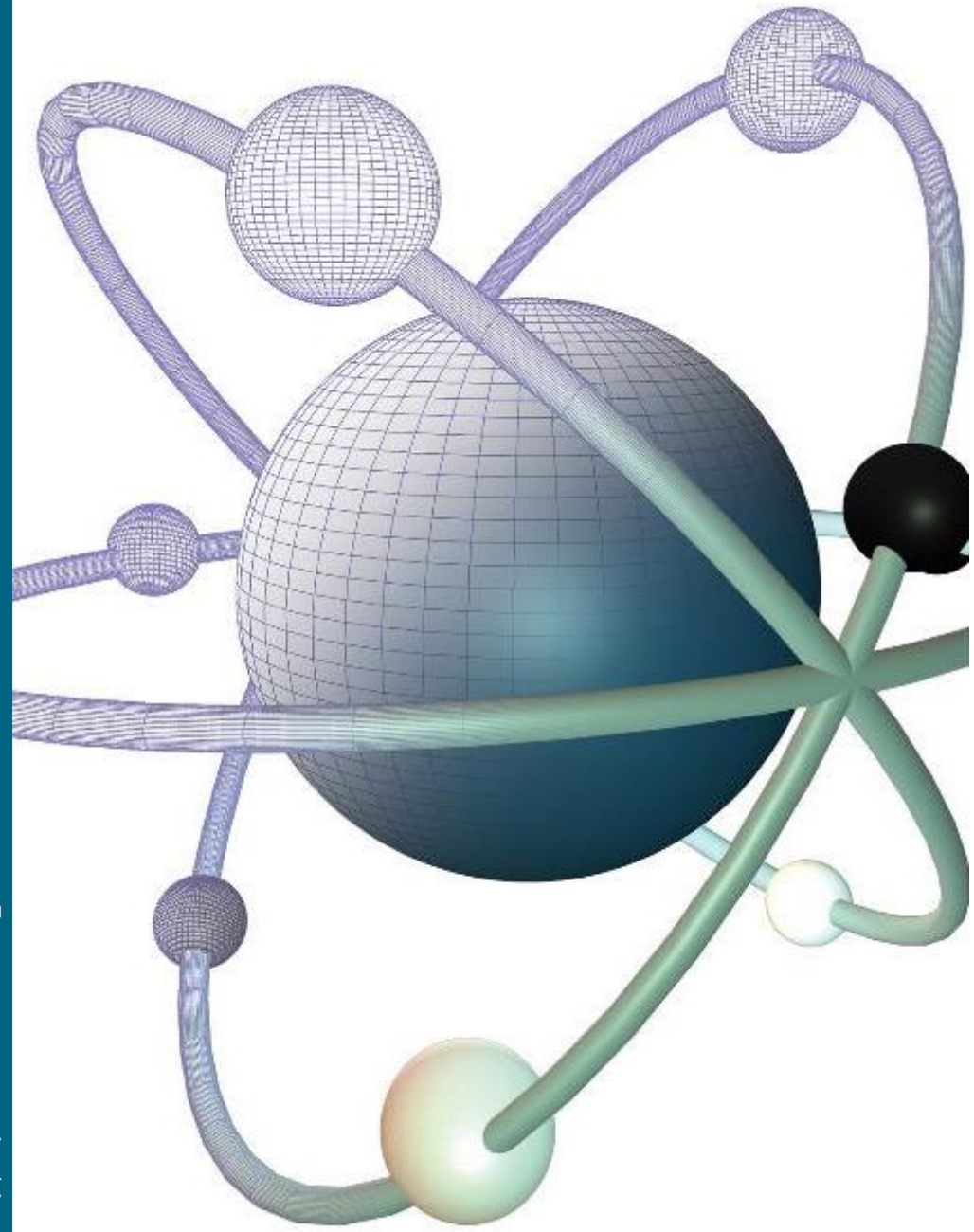
5. Qualifikations- und Kompetenzbedarf I4.0 der Unternehmen – Überfachliche Kompetenzen (2)

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

Quelle: IMPULS Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0, 2019



Pixabay | NinjaBeaver atom-1776792_1920

6. Wesentliche Struktur des Soll-Profil IngenieurInnen I4.0

Fachlicher Kern

- Solides Fundament in Kerndisziplin
- Methodische Grundlagen: Prozess- und Systemdenken
- Querliegende fachliche Grundlagen insb. In den Bereichen IT und Data Science

Flexible Ergänzungen

- Unternehmens-, bereichs- und positionsspezifische Vertiefung in Anwendungsbereichen
- Kontextwissen aus anderen Disziplinen und Bereichen
- Überfachliche Kompetenzen

Fotolia | goodluz

1. Einführung in die Studie
2. Soll-Profil „Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0“
3. Wo stehen die Hochschulen?
   - Ausbildung 4.0
4. Handlungsempfehlungen
5. Online-Tool und Ausblick

1. Inhalte der Lehre – Grundlagen (1)

→ Weiterhin Vermittlung wesentlicher Grundlagen, Methoden und Systematiken in einer fachlichen Disziplin

*„diese **Grundlagen und diese Methodik**, die man vermittelt den Studenten […] das bleibt eigentlich gleich. Das ändert sich nicht.“*

*„Das ist einmal eine sehr **solide grundlagenorientierte Ausbildung in dem Stammfach** zum Beispiel Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik […] Und für mich ist eigentlich der Kernpunkt, […] **stärkeres Denken in Systemen**, also Systemtheorie und Systems Engineering […].“*

1. Inhalte der Lehre – fakultätsübergreifende Lehrangebote (2)

→ **In ersten Ansätzen neu und darauf aufbauend fakultätsübergreifende Lehrangebote (Maschinenbau/Elektrotechnik/Informatik, tw. Big Data)**

I4.0 Themen stark durch Forschungsaktivitäten getrieben; zeitlich verzögerte Wirkung auf Lehre

„Komponenten halte ich für sehr sinnvoll […] ***ein Informatiker und ein Produktentwickler machen zusammen eine Veranstaltung****, wie kann ich mit Big Data die Produktentwicklung verfeinern.“*

1. Inhalte der Lehre – Thematische Lücken (3)

Thematische Lücken in der Lehre

- IT (in der Lehre Maschinenbau / Elektrotechnik)

  *„Die **Informationstechnik kommt** bei uns **deutlich zu kurz**.“*

  *„Also **Programmiergrundkenntnisse fehlen einfach**, und da hat man natürlich Leute, die aus persönlichem Interesse damit arbeiten, die im Rahmen von einer Hiwi-Tätigkeit damit arbeiten, die sind dafür ausgebildet und das sind auch die, die dann weiterkommen, aber **es wird einfach nicht ausgebildet**.“*

- Data Science (in der Lehre Maschinenbau / Elektrotechnik / Informatik)

  *„ […] wir unseren Ingenieuren **keine Themen der großen Datenmengen, der Anomaliebewältigung, des Wissensaufbaus, des Data Minings, das vermitteln wir nicht** […] was Data Driven bedeutet, viel stärker noch in die Ausbildung hinein zu nehmen. Aber vor 2019 wird da nichts passieren.“*

1. Inhalte der Lehre – Streichung ‚alter' Inhalte (4)

Kann auf „altes Wissen" in der Lehre verzichtet werden? Wenn ja, welches?

» Generelles Problem: bisher kaum strukturierte Entscheidungen zum Verhältnis ‚neue Inhalte/Streichung alter Inhalte'

*„Ja, das ist genau das Problem. **Das ist ein wirkliches 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."*

*„Vielleicht auch bei **Felder und Wellen**. Also Felder und Wellen, da quälen wir auch unsere Studierenden hier. Da bin ich ein **bisschen hin und her gerissen, weil das auch das abstrakte Denkvermögen schult**."*

*„[…] **darstellende Geometrie** […] das macht halt jetzt der Rechner. Also muss man schon ein bisschen gucken, **dass man nicht mit lauter alten Grundlagen**, Sachen **die ganze Vorlesung zupflastert**."*

2. Herausforderungen für Hochschulen bei den Lehrinhalten (1)

» Fakultätsübergreifende Zusammenarbeit erst punktuell realisiert

*„[…] dass **vielleicht 50% der Kollegen** da **offen** sind […] und **die anderen 50%** wollen eigentlich eine **fachdisziplinorientierte Aufstellung der Fakultäten**“*

*„Und es gibt dort einige **ausgesuchte Veranstaltungen**, **wo wir ganz bewusst systemisch denken**, also den Maschinenbau und die Elektrotechnik zusammenbringen, aber das **Lehrangebot ist, wenn man ehrlich ist, 95% fakultätsbezogen**.“*

Fotolia | SFIO CRACHO

2. Herausforderungen für Hochschulen bei den Lehrinhalten (2)

- **Administrative Hürden: Veränderung von Curricula langwieriger Prozess**

  „[…] 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.“

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

Fotolia | SFIO CRACHO

3. Neue Lehr- und Lernformate (1)

→ Laborübungen, Szenarien und Technologien I4.0/IoT in heterogenen Teams

→ „kompetenzorientierte Lehre“ – Integrierte Produktentwicklung in Zusammenarbeit mit Unternehmen

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

*„[…] viel mehr **Laborübungen, Case Studies, Use Cases** [..] unten in unserer Halle“*

3. Neue Lehr- und Lernformate (2)

→Ansätze fakultätsübergreifender Neuausrichtung

*„[…] die **interdisziplinäre Zusammenarbeit** bereits in **frühen Praktika** zu schulen. Wir setzen jetzt gerade eine Software im Innovation Lab auf, wo wir mit fünf Studierenden, […] wo ein Maschinenbauer dabei ist, ein Wirtschaftswissenschaftler und drei E-Techniker, ein **kreatives Kleinprojekt** machen.“*

*„[…] Professur **Wirtschaftsingenieur, die sich ja auch mit einer Datenanalyse beschäftigt, Big Data beschäftigt, wo wir gesagt haben, wir haben vielleicht einen passenden Anwendungsfall aus Fabriklogistik, Instandhaltung.** Aber eigentlich ist es Fakultät Wirtschaftswissenschaften.“*

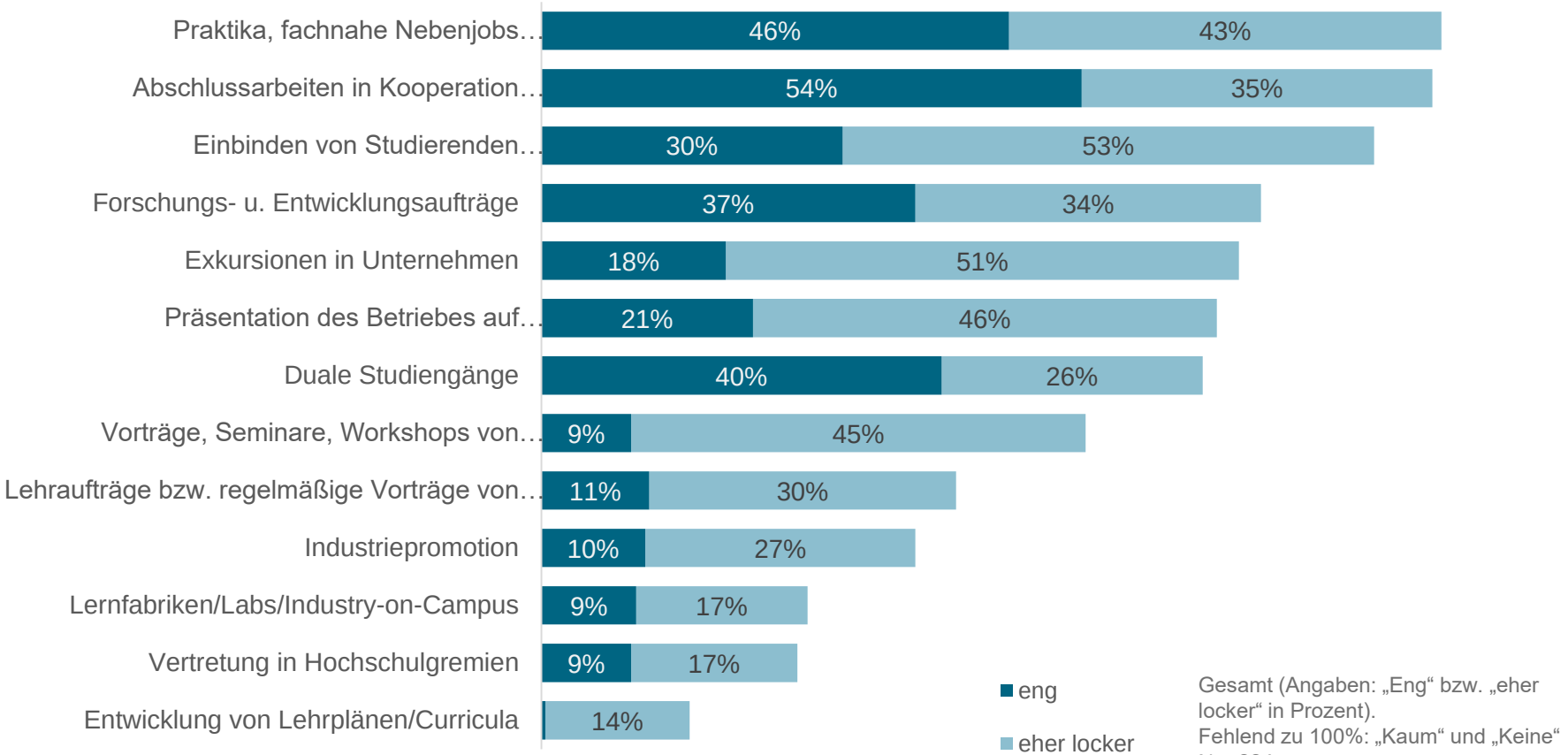
3. Neue Lehr- und Lernformate (3)

→ Neuer Schub der Kooperation zwischen Unternehmen/Hochschulen

- Errichtung und Betrieb gemeinsamer Lern- und Forschungsfabriken
- Verbreitet: Erstellung von Abschlussarbeiten in/mit Unternehmen
- Mitarbeit Studierender in Forschungslabs der Unternehmen - Einrichtung eines Forschungscampus als Ableger der F&E Abteilung eines Unternehmens

4. Kooperationsformen Unternehmen – Hochschulen

Wie kooperiert Ihr Unternehmen mit Hochschulen?



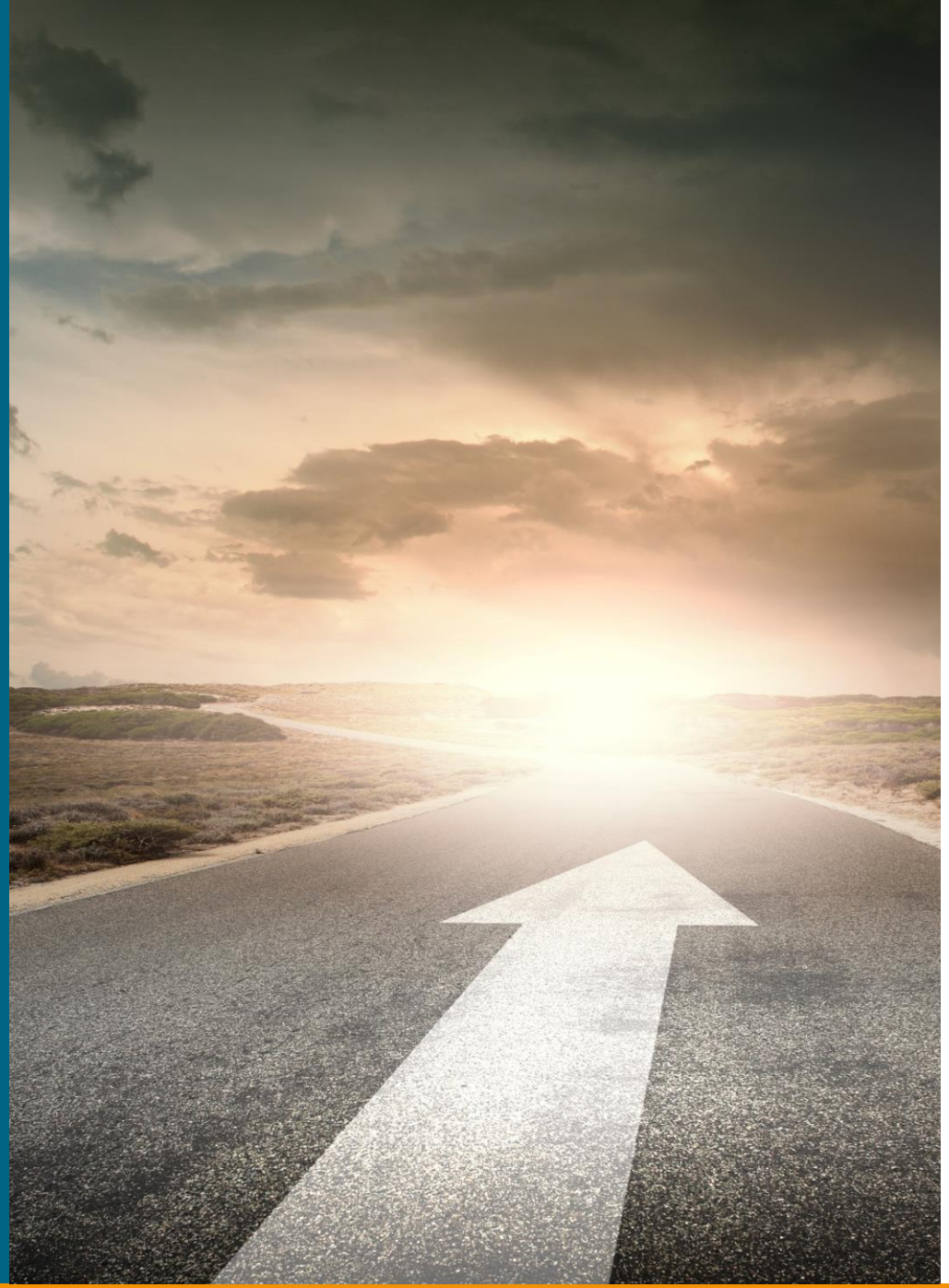
Gesamt (Angaben: „Eng“ bzw. „eher locker“ in Prozent).
Fehlend zu 100%: „Kaum“ und „Keine“
N = 224

Quelle: IMPULS Online-Erhebung: Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0, 2019

5. Herausforderungen neue Lehr- und Lernformate

- Neue Lehr- und Lernformate sind betreuungs- und materialintensiv
- Reichweite bzw. Verbreitung von Labs eher noch begrenzt; nur eine begrenzte Anzahl Studierender können beteiligt werden

Fotolia | Boggy



Fotolia | Sergey Nivens

1. Einführung in die Studie
2. Soll-Profil „Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0“
3. Wo stehen die Hochschulen? – Ausbildung 4.0
4. Handlungsempfehlungen
5. Online-Tool und Ausblick

Handlungsempfehlungen (1)

Change Prozess in Hochschule anstoßen
Silodenken überwinden: strukturierter, interdisziplinärer auf Dauer angelegter Prozess der Entwicklung eines Grundlagenkanons

- Vernetzung herstellen zwischen Fakultäten
- Curricula übereinander legen und abstimmen
- Gleichwertigkeit von Forschung und Lehre
- notwendige Voraussetzung: angemessene Ressourcen, Ausstattung, Zeit, Geld, Beratung von außen

Handlungsempfehlungen (2)

Zwei Semester allgemeine Grundlagen für alle Ingenieurswissenschaften zu Beginn des jeweiligen Fachstudiums

- Stärkere Verschränkung von Fach- und Methodenwissen und überfachlichen Kompetenzen
- Erweiterte fachliche Grundlagen sollten Bereiche Informatik und Data Science umfassen; Adressierung von IT-Sicherheitsfragen
- Akzent auf „Lernen lernen“, dafür weniger starke fachliche Vertiefungen
- Stärkere Kooperation und Verständigung zwischen ProfessorInnen
- Studierende könnten besser entscheiden, in welche Richtung es weiter gehen soll

Handlungsempfehlungen (3)

Kooperationen zwischen Unternehmen und Hochschulen ausweiten

- Ausweitung der bestehenden Angebote gemeinsamer Lehr-/Lernfabriken und disziplinübergreifender Labs von HS und Unternehmen
- „Lernnetzwerke“ Unternehmen / Hochschulen bilden; gemeinsam an konkreten Problem- und Fragestellungen lernen
- wechselseitige Lernprozesse initiieren
- regionale Nähe von Unternehmen / Hochschulen und bestehende Vernetzungen nutzen; Integration von KMU
- frühzeitige Einbindung von StudentInnen in Praktiker-Netzwerke
- Förderung der Verbreitung von Good-Practice Beispielen, z.B. durch die Maschinenhaus-Toolbox

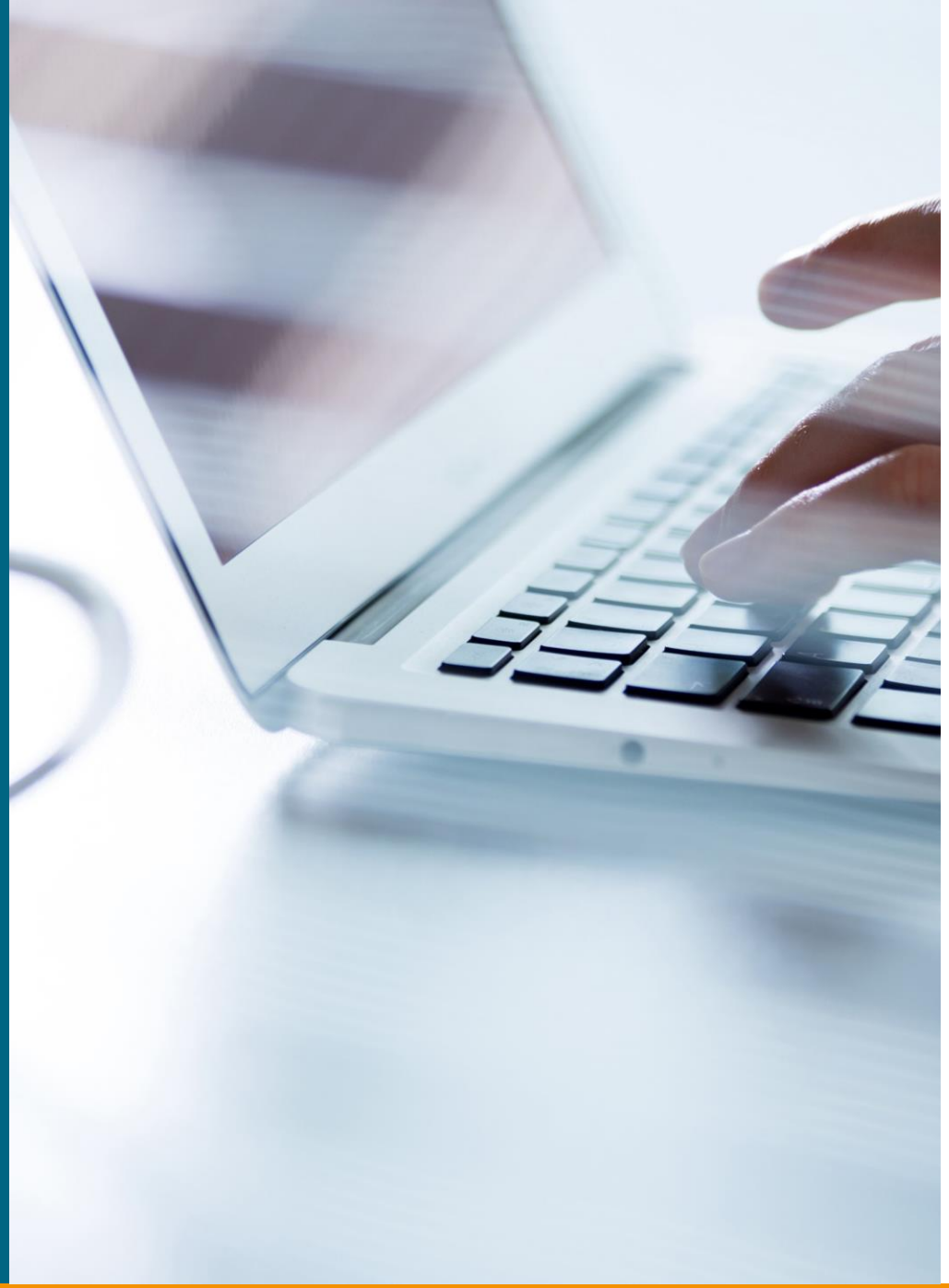
Handlungsempfehlungen (4)

Weiterbildung umfassender begreifen

- neue Organisation von Weiterbildung als „lebenslanges Lernen“
- Abwechselnde Phasen von Lernen und Arbeiten über die gesamte Berufsbiographie ermöglichen
- Etablierung von lernförderlichen Arbeitsstrukturen
- Abgleich der Erfahrungen und Nachfragen seitens der Unternehmen mit dem Angebot und den Erfahrungen der Hochschulen

Fotolia | jk1991

1. Einführung in die Studie
2. Soll-Profil „Ingenieurinnen und Ingenieure I4.0“
3. Wo stehen die Hochschulen? – Ausbildung 4.0
4. Handlungsempfehlungen
5. Online-Tool und Ausblick

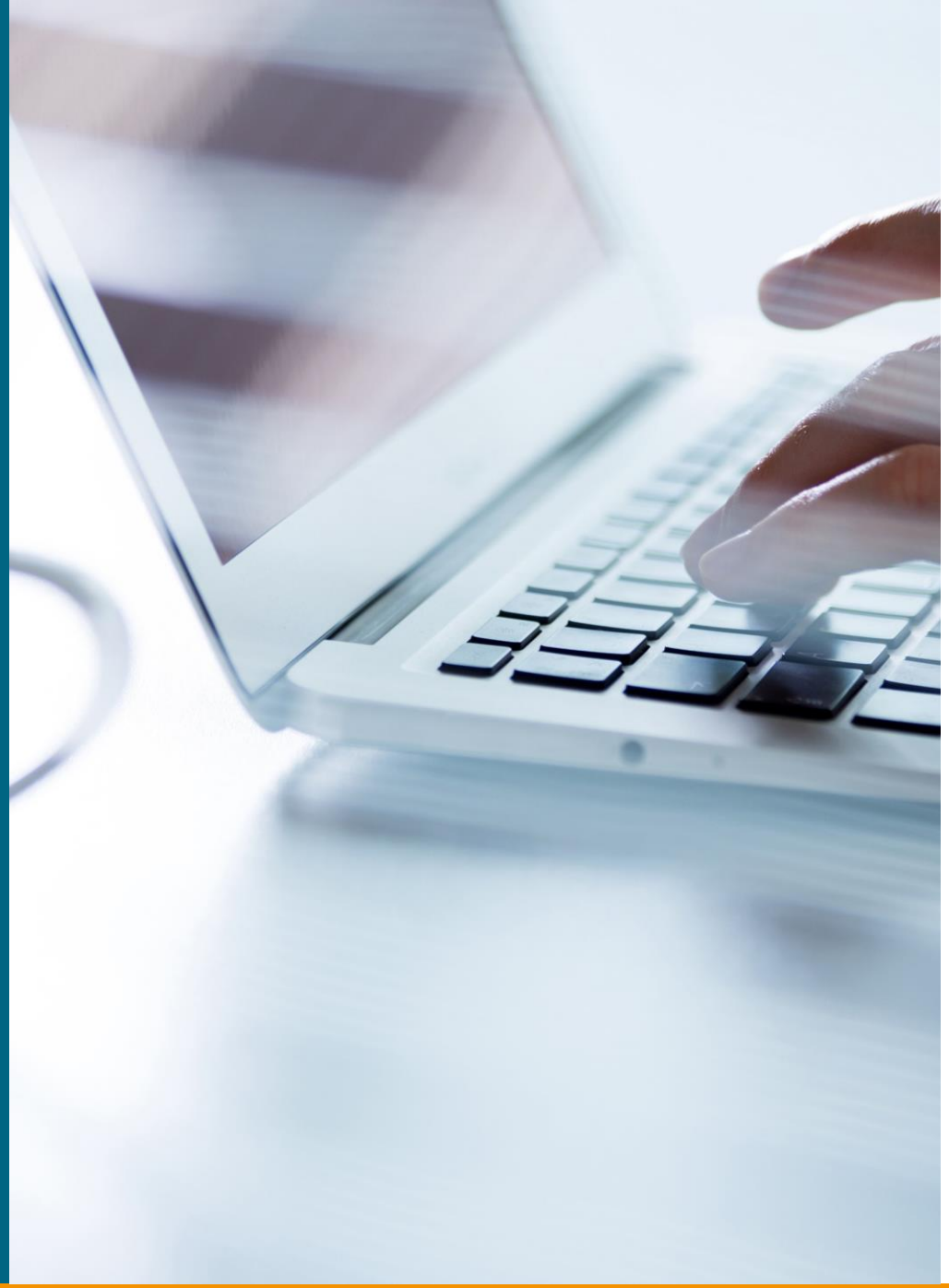


Shutterstock | Konstantin Chagin

Wie fit sind Sie für Industrie 4.0?

https://www.ingenieure40-online-tool.vdma.org/

- Online-Kompetenzcheck für Studierende, Mitarbeiter und Unternehmen
- Basiert auf den Ergebnissen der Online-Befragung der Unternehmen



Shutterstock | Konstantin Chagin

Download der Studie

Vollversion der Studie

http://www.impuls-stiftung.de/studien

Englische und deutsche Kurzfassung „IMPULS Kompakt“

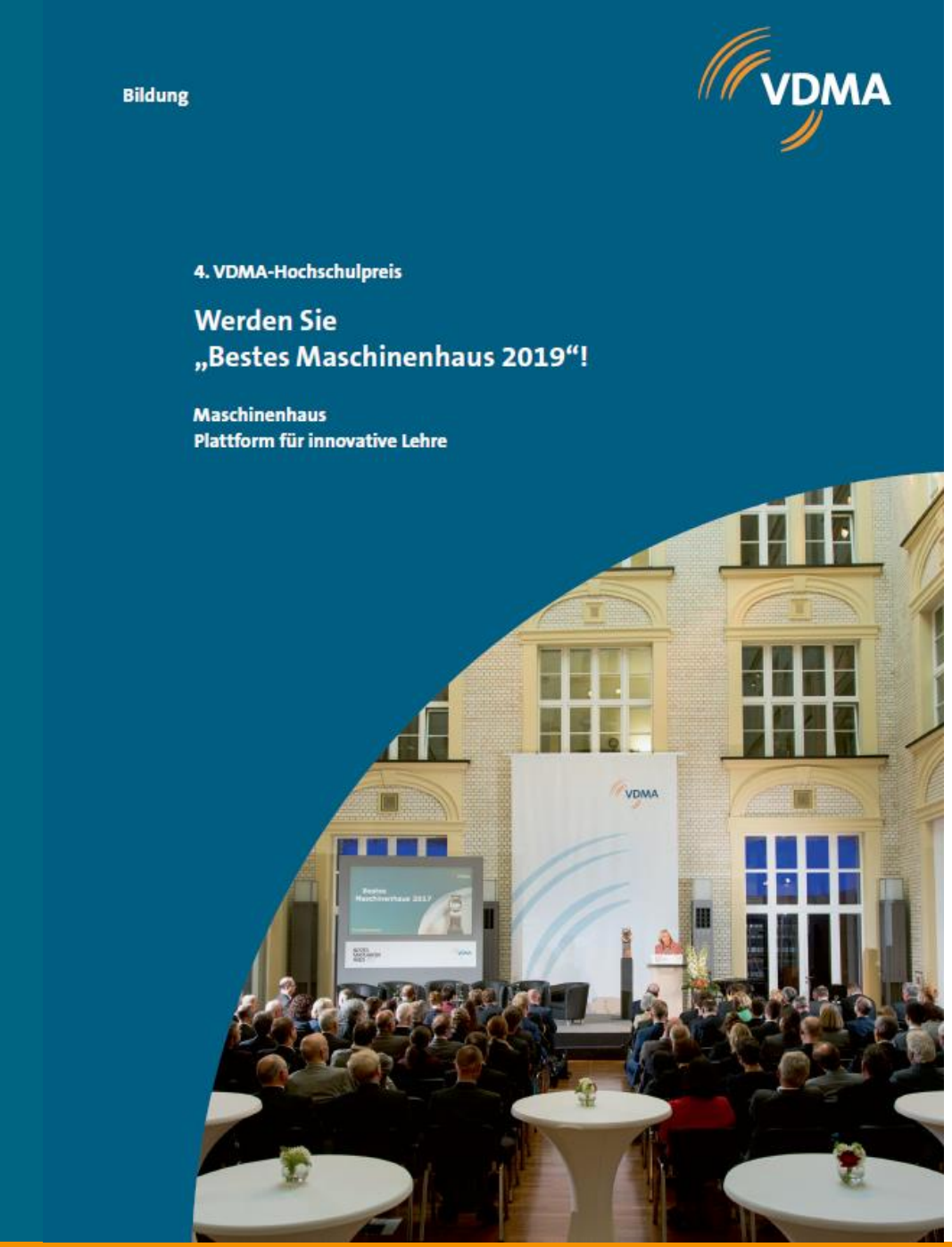
bildung.vdma.org/hochschule

Fotolia | jk1991

Jetzt anmelden!

- **VDI/VDMA-Tagung „Industrie 4.0 – Herausforderungen und Wege in der Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren“**
- **25. Juni 2019** in Heidelberg, Print Media Academy der Heidelberger Druckmaschinen
- Werksführung im Innovationszentrum bei Heidelberger Druck am Vortag

https://www.vdi-vdma-kongress.de/



VDMA-Hochschulpreis

Werden Sie „Bestes Maschinenhaus 2019“!

- Preisgelder in Höhe von insgesamt 125.000 €
- Fokusthema „Innovation in der Lehre für Industrie 4.0“
- Fakultäten und Fachbereiche der Fachrichtungen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik
- Bewerbungsfrist bis zum 02. Juni 2019

bildung.vdma.org/hochschulpreis

Ihr Kontakt

Dr. Franziska Schmid
Referentin für Bildungspolitik

VDMA Bildung
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

Telefon 069 6603-1787
E-Mail franziska.schmid@vdma.org