

FORSCHUNGSBEIRAT

**Wandlungsfähige, menschenzentrierte Strukturen
in Fabriken und Netzwerken der Industrie 4.0**

Impressum

Herausgeber

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München

Redaktion

Diese Studie wurde im Auftrag des Wissenschaftlichen Beirates der Plattform Industrie 4.0 erstellt. Der Wissenschaftliche Beirat hat das Ergebnis der Studie nicht beeinflusst; der Auftragnehmer trägt allein die Verantwortung.

Gestaltung und Produktion

PRpetuum GmbH, München

Druck

MKL Druck GmbH & Co. KG,
Ostbevern



Bildnachweis

iStock – chombosan (Titel, S. 1); Freepik – www.flaticon.com (S. 4, 8, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31); Fotolia – lensw0rld (S. 4-5); Fotolia – canjoena (S. 16, 17, 25, 28); Fotolia – lamingo Images (S. 16, 17, 29); Fotolia – alphaspirt (S. 16, 17, 27, 29, 31); Fotolia – zapp2photo (S. 16, 18, 24, 29); Fotolia – James Thew (S. 16, 18); Fotolia – chombosan (S. 16, 19, 25, 30, 31); Fotolia – elzloy (S. 16, 19, 23, 25, 26, 28); Fotolia – Rawpixel.com (S. 16, 19); Fotolia – Jacob Lund (S. 16, 20, 30); Fotolia – Elnur (S. 16, 20, 23, 24, 26); Fotolia – Jumpeestudio (S. 16); wbk (S. 33)

Stand

März 2018

Empfohlene Zitationsweise

Lanza, G., Nyhuis, P., Fisel, J., Jacob, A., Nielsen, L., Schmidt, M., Stricker, N.: *Wandlungsfähige, menschenzentrierte Strukturen in Fabriken und Netzwerken der Industrie 4.0* (acatech Studie), München: Herbert Utz Verlage 2018.

Auftragnehmer:



Institut für
Fabrikanlagen und Logistik



Plattform Industrie 4.0



acatech – Deutsche Akademie
der Technikwissenschaften

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

FORSCHUNGSBEIRAT

**Wandlungsfähige, menschenzentrierte Strukturen
in Fabriken und Netzwerken der Industrie 4.0**

Inhalt

Vorwort	3
Management Summary	4
1 Forschungsziel und Vorgehen	6
1.1 Leitsätze	7
1.2 Zielsetzung und Vorgehen	8
2 Wandlungsfähigkeit durch I4.0	9
2.1 Wandlungsfähigkeit	9
2.2 Industrie 4.0 als Befähiger	9
2.3 Wandlungsfähigkeit durch Industrie 4.0	13
3 Zukunftsbild 2030	16
4 Hypothesen als Leitplanken zur Zielerreichung	22
4.1 Hypothese 1: Die Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens	23
4.2 Hypothese 2: Die Veränderungsbereitschaft von Mitarbeitern wird durch I4.0-Assistenzsysteme deutlich gesteigert	24
4.3 Hypothese 3: Das Systemverständnis der Mitarbeiter ist erfolgsentscheidend	25
4.4 Hypothese 4: Dynamische Organisationsform: Kombination der Vorteile aus Funktions- und Prozessorientierung	26
4.5 Hypothese 5: Horizontale Integration erfordert Standards	27
4.6 Hypothese 6: Optimalität ist trotz Dezentralität erreichbar	28
4.7 Hypothese 7: Industrie 4.0 erhöht Transparenz bei inkonsistenten und unvollständigen Daten	29
4.8 Hypothese 8: Zunehmende Marktvolatilität erfordert Design for Changeability	30
4.9 Hypothese 9: Wandlungsfähigkeit muss in der Unternehmensstrategie verankert sein	31
5 Handlungsfelder	32
5.1 Qualifikation	34
5.2 Transparenz und Entscheidungsunterstützung	40
5.3 Organisation	47
5.4 Strategie	52
5.5 Unternehmenskultur	58
6 Beteiligte Expertinnen und Experten	63
7 Abbildungsverzeichnis	64
8 Literaturverzeichnis	65

Vorwort

Zunehmende Individualisierung und marktbedingt verstärkte Produktinnovationen führen zu Variantenvielfalt und verkürzten Produktlebenszyklen. Für produzierende Unternehmen bedeutet dies, dass die kurzzyklische Produktion neuer Varianten und innovativer Produkte zum Kerngeschäft wird. Um dies erfolgreich zu realisieren, wird die Fähigkeit, rasch auf Veränderungen zu reagieren, damit zu einem wesentlichen Erfolgsfaktor. Erreichen lässt sie sich durch die Integration von Wandlungsfähigkeit im Unternehmen.

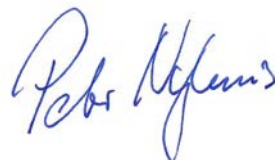
Bereits heute leisten Technologien der Industrie 4.0 in Fabriken und Netzwerken einen zielgerichteten Beitrag zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit. In ihren konkreten Auswirkungen auf die Wandlungsfähigkeit sind die Industrie 4.0-Ansätze jedoch nicht ausreichend untersucht. Interdependenzen zwischen Industrie 4.0-Technologien, Organisation und Mitarbeitern sind hinsichtlich der Wandlungsfähigkeit von Unternehmen nicht abschließend beschrieben. Die Rolle des Menschen benötigt dabei besondere Aufmerksamkeit, um die Zukunft der Arbeit in Deutschland und anderen Industrieländern zu analysieren.

Die menschenzentrierte Wandlungsfähigkeit durch Industrie 4.0-Technologien wird in dieser Studie untersucht, wobei die Arbeitsgruppe 2 „Forschung und Innovation“ der Plattform Industrie 4.0 einbezogen wurde. Die Einbindung von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in Form von einem Kammingespräch, verschiedenen Experteninterviews und einem abschließenden Workshop hat nicht nur die Verdeutlichung der bisherigen Defizite, sondern auch eine Vielzahl von Analyse- und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt. Diese möchten wir Ihnen hier im Folgenden präsentieren.

Eine anregende Lektüre der vorliegenden Studie und viel Erfolg bei der Planung, Einführung und Umsetzung von wandlungsfähigen, menschenzentrierten Systemen und Strukturen wünschen Ihnen



Prof. Gisela Lanza



Prof. Peter Nyhuis

Management Summary

Der Studie „*Wandlungsfähige, menschenzentrierte Strukturen in Fabriken und Netzwerken der Industrie 4.0*“ liegen **3 Leitsätze** zugrunde:

1. **Wandlungsfähigkeit ist und bleibt notwendig.** Sowohl heute als auch in Zukunft wird Wandlungsfähigkeit die wettbewerbsfähige Eigenschaft von Produktionsunternehmen sein.
2. **Industrie 4.0 kann Wandlungsfähigkeit unterstützen.** Durch die neuen Technologien der Industrie 4.0 kann die Wandlungsfähigkeit in Unternehmen auf neue Art und Weise realisiert werden.
3. **Menschbezogene Wandlungsfähigkeit steht im Fokus.** Da die technische Wandlungsfähigkeit nicht mehr der limitierende Faktor ist, stehen die Menschen und die Organisation im Fokus der vorliegenden Untersuchungen zur Wandlungsfähigkeit.

Ziel der Studie ist es, Handlungsfelder für die **Gestaltung von wandlungsfähigen, menschenzentrierten Strukturen für Fabriken und Netzwerke der Industrie 4.0** aufzuzeigen.

Als Ausgangspunkt wurde aus bisherigen Studien das **Zukunftsbild 2030** zusammengeführt. Dieses beinhaltet **10 Charakteristika**, die Unternehmen auszeichnen, welche im Jahr 2030 wettbewerbsfähig agieren können.

Um in der beschriebenen Zukunft eine hohe Wandlungsfähigkeit realisieren zu können, werden Leitplanken für die Ausgestaltung notwendig. Diese sind in Form von **9 Hypothesen** formuliert:



Hypothese 1: Die Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens.



Hypothese 2: Veränderungsbereitschaft von Mitarbeitern wird durch I4.0-Assistenzsysteme deutlich gesteigert.



Hypothese 3: Das Systemverständnis der Mitarbeiter ist erfolgsentscheidend.



Hypothese 4: Dynamische Organisationsform: Kombination der Vorteile aus Funktions- und Prozessorientierung.



Hypothese 5: Horizontale Integration erfordert Standards.



Hypothese 6: Optimalität ist trotz Dezentralität erreichbar.



Hypothese 7: Industrie 4.0 erhöht Transparenz bei inkonsistenten und unvollständigen Daten.



Hypothese 8: Zunehmende Marktvolatilität fordert Design for Changeability.



Hypothese 9: Wandlungsfähigkeit muss in der Unternehmensstrategie verankert sein.

Zur Erreichung der durch die Hypothesen ausgewiesenen Zielrichtungen wurden **5 Handlungsfelder** herausgearbeitet, die jeweils Potentiale, bisherige Aktivitäten und Bei-

spiele enthalten. Die wesentlichen Punkte je Handlungsfeld lauten:

Qualifikation

- Lernfabriken und Testumgebungen verringern die Zeit vom Erlernen der Theorie zum Einsatz im Feld.
- Wissen in den Domänen IT, Elektrotechnik, Maschinenbau und BWL sowie Soft Skills bilden den Kern des Kompetenzbaukastens der Zukunft.
- Eine IT-Grundausbildung ist nicht nur an Hochschulen vorzusehen.

Transparenz und Entscheidungsunterstützung

- Assistenzsysteme sind wandlungsfähig auszugestalten.
- Kognitive IT-Systeme zur autonomen Datenüberprüfung und -aufbereitung sowie Entscheidungsunterstützung sind vielversprechend.
- Unternehmensindividuelle Einführungsstrategien für Assistenzsysteme sind erforderlich.

Organisation

- IT-Sicherheit ist die Voraussetzung der unternehmensübergreifenden horizontalen Vernetzung.
- Die Möglichkeit zum Wechsel zwischen Funktions- und Prozessorientierung schafft wandlungsfähige Arbeitsorganisationen.
- Schnittstellen und Standards ermöglichen Ad-hoc-Wertschöpfungsnetzwerke.

Strategie

- Die zentrale Verankerung von Wandlungsfähigkeit in der Unternehmensstrategie ist notwendig.
- Design for Changeability ist ein notwendiges Gestaltungsprinzip in der Entwicklung von Produkten und Prozessen.
- Eine Orientierung der vorzuhaltenden Wandlungsfähigkeit am Markt ist erforderlich.

Unternehmenskultur

- Mitarbeiterverhalten bestimmt die Kultur.
- Kultur kann durch Unternehmensvision, -werte und -leitlinien gestaltet werden.
- Kerninhalte für wandlungsfähige Unternehmen sind konstruktiver Fehlerumgang, Innovationsoffenheit, demokratische Führungsstile sowie offene Kommunikation.

Sowohl Unternehmen, politische Akteure als auch die Wissenschaft können aus diesen Ergebnissen Ideen für konkrete eigene Initiativen in den Handlungsfeldern

ableiten. Ziel ist es, den Interessengruppen zu ermöglichen, eine **maximale Wandlungsfähigkeit gemäß dem Zukunftsbild im Jahr 2030** zu erreichen.

1 Forschungsziel und Vorgehen

Fabriken und Netzwerke stehen in der heutigen Zeit immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen, anspruchsvolleren Kundenwünschen und gesteigerten Umweltaanforderungen gegenüber. Durch diese dynamischen und in ihren Auswirkungen unvorhersehbaren Veränderungen finden sich Produktionsunternehmen in einem stetig turbulenter werdenden Marktumfeld wieder. Gleichzeitig ergeben sich viele neue Möglichkeiten zur schnellen Reaktion auf die Marktbedingungen, aber auch Anforderungen durch die Ansätze und Technologien der Industrie 4.0. Die technologische Ausstattung sowie das Arbeitsumfeld der Unternehmen werden sich in den nächsten Jahren weiter stark verändern.

Die Wandlungsfähigkeit war und ist ein erfolgversprechendes Konzept zur Reaktion der Unternehmen auf diese permanent veränderlichen Rahmenbedingungen.

Sie beschreibt die Fähigkeit, sich kurzfristig, aber wirtschaftlich durch strukturelle Anpassungen diesen unvorhersehbaren Veränderungen als Unternehmen anzupassen. Die Kernfrage in diesem Zusammenhang lautet, ob Industrie 4.0 helfen kann, sich erfolgreicher in dieser volatilen Welt durchzusetzen, indem die Wandlungsfähigkeit der Produktionsunternehmen durch die Möglichkeiten der Industrie 4.0 weiter gesteigert wird. In diesem Fall stellt die Wandlungsfähigkeit, unter anderem befähigt durch Industrie 4.0, einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil für die Unternehmen dar.

Der technologische Fortschritt im Kontext von Industrie 4.0 kann diese Fähigkeit der Anpassung sowohl für einzelne Fabriken als auch im Verbund für ganze Produktionsnetzwerke steigern und völlig neue Handlungsalternativen zur Ausgestaltung der Wandlungsfähigkeit generieren. Ziel ist es dabei, die langfristige Effizienz und Effektivität der Fabriken und Produktionsnetzwerke zu steigern. Der Mensch nimmt in diesem Kontext in steigendem Maße eine zentrale Rolle als stetiger Initiator und Treiber von Reaktionen auf die internen und externen Veränderungen in den Produktionsunternehmen ein. Gleichzeitig ist der Mensch jedoch auch strukturbestimmender Faktor mit eigenen Kompetenzprofilen und Anforderungen an die Arbeitsorganisation. Dies muss für eine erfolgreiche, wandlungsfähige Ausrichtung der Unternehmen im Zeitalter von Industrie 4.0 mitberücksichtigt werden. Insgesamt stellen damit der Mensch und die von ihm ausgehende Organisation in der Zukunft zentrale Faktoren für produzierende Unternehmen dar.

Auch auf höchster Ebene der Unternehmen wird die Reaktionsfähigkeit auf Veränderungen zur Bewältigung von aktuellen und zukünftigen Herausforderungen strategisch verankert. Hierbei wird in diesem Kontext zwar eine Viel-

Infobox: Wandlungsfähigkeit für Industrieunternehmen – Aussagen aus Geschäftsberichten

*„Wir investieren gezielt in unser Produktionsnetzwerk [...] und stärken so dessen **Leistungsfähigkeit und Flexibilität**.“*

Harald Krüger (BMW AG 2016)

*„Zudem verlangen Zeiten der Veränderung auch **veränderte Formen der Zusammenarbeit**. Große Unternehmen müssen **flexibel und ideenreich mit Wandel umgehen**.“*

Dr. Volkmar Denner
(Robert Bosch GmbH 2016)

*„Grundlage für all diese Erfolge ist die Fähigkeit, uns immer wieder neu zu erfinden. Um die Zukunft der Mobilität von der Spitze aus zu gestalten, haben wir **im besten Jahr unserer Firmengeschichte den größten Wandel angestoßen**. Denn die Automobilindustrie steht vor mehreren fundamentalen Umbrüchen.“*

Dieter Zetsche (Daimler AG 2016)

*„Wir haben also eine **gute Basis, um den Wandel des Unternehmens weiter voranzutreiben**. Ich bin zutiefst davon überzeugt, dass **unser Erfolg ganz entscheidend von unserer Wandlungsfähigkeit abhängt**. [...] [Wir] werden **dezentraler und insgesamt schlanker und agiler**.“*

Dr. Johannes Teyssen
(E.ON SE 2016)

falt von Begrifflichkeiten – wie bspw. Agilität, Flexibilität, Anpassungsfähigkeit – verwendet, die jedoch inhaltlich konsistent die Reaktionsfähigkeit auf Unvorhersehbares adressieren.

Die vorliegende Studie zeigt auf, wie sich Unternehmen im Zeitalter von Industrie 4.0 entwickeln sollten, um auch in Zukunft möglichst wandlungsfähig und damit langfristig wettbewerbsfähig zu sein. Diese Entwicklung basiert auf drei grundlegenden Leitsätzen, die im folgenden Kapitel eingeführt und dargestellt werden.

1.1 Leitsätze

Die drei Leitsätze, welche die Grundannahmen der Studie darstellen, lauten:

1. Leitsatz: „Wandlungsfähigkeit ist und bleibt notwendig“

Aktuelle Megatrends wie Digitalisierung, Urbanisierung, Mass-Customization und Internet-of-Things rufen zunehmende Veränderungen für produzierende Unternehmen hervor. Die konkrete Ausprägung der Zukunft bleibt damit für alle Akteure der globalen Wertschöpfung unvorhersehbar. Da die Wandlungsfähigkeit in der Vergangenheit bereits als adäquates Instrument zur Reaktion auf Megatrends und die damit einhergehenden volatilen Umweltbedingungen identifiziert wurde, ist dessen Notwendigkeit sowohl heute als auch in der Zukunft gegeben. Wettbewerbsfähigkeit wird zukünftig noch mehr als heute durch Wandlungsfähigkeit determiniert werden.

2. Leitsatz: „Industrie 4.0 kann Wandlungsfähigkeit unterstützen“

Durch Technologien und Methoden der Industrie 4.0 werden gänzlich neue Möglichkeiten geschaffen, die Wandlungsfähigkeit von Fabriken und Netzwerken zu steigern. Die Wandlungsbefähiger Universalität, Modularität, Mobilität, Skalierbarkeit und Kompatibilität werden in Produkten, Prozessen und Produktionssystemen zunehmend ermöglicht und verstärkt. Die daraus resultierende Steigerung der Wandlungsfähigkeit lässt bisher ungeahnte Möglichkeiten für die Unternehmen hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit und Reaktionsschnelligkeit entstehen. Die Ansätze und Technologien der Industrie 4.0 stellen sehr mächtige und nutzenstiftende Werkzeuge für die Unternehmen dar.

3. Leitsatz: „Menschbezogene Wandlungsfähigkeit steht im Fokus“

Die grundsätzliche Realisierbarkeit von Wandlungsfähigkeit in Fabriken und Netzwerken ist durch deren Gestaltung auf technischer, organisatorischer oder menschlicher Ebene möglich. Aufgrund der oben genannten Steigerungsmöglichkeiten zur Umsetzung von Wandlungsfähigkeit durch Industrie 4.0 wird die technische Wandlungsfähigkeit in Zukunft keinen limitierenden Faktor mehr darstellen. Vielmehr stellen die Befähigung und Beherrschung der organisatorischen und menschlichen Anteile, wie bspw. Innovationskraft und Gestaltungswillen, die Grenzen der zukünftigen Wandlungsfähigkeit dar. Eine angemessene Gewichtung und Ausgestaltung dieser Bestandteile zueinander stellt die Herausforderung der Zukunft dar. Entgegen der allseitigen bisherigen Technikzentrierung, stellt diese Studie die menschbezogene Wandlungsfähigkeit aus diesem Grund in den Fokus der Betrachtung.

Abbildung 1: Leitsatz 1

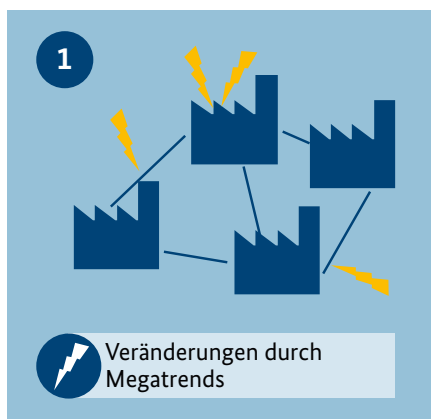


Abbildung 2: Leitsatz 2

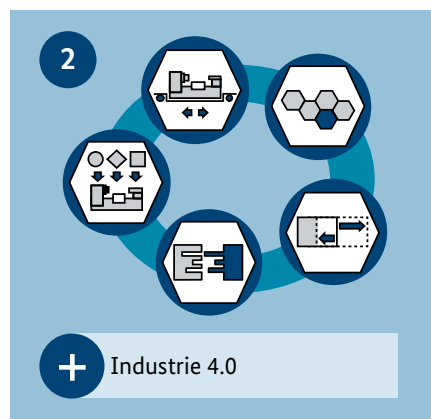
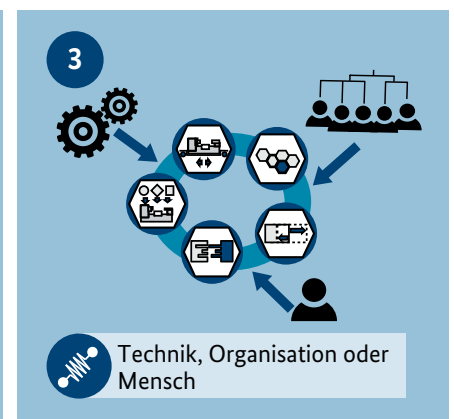


Abbildung 3: Leitsatz 3



1.2 Zielsetzung und Vorgehen

Ziel der Studie ist es, Entwicklungspfade zu einem Zukunftsbild für Fabriken und Netzwerke der Industrie 4.0 zu identifizieren. Zu diesem Zweck sollen konkrete Handlungsfelder für Unternehmen, Politik und Wissenschaft aufgezeigt werden, die zur Erreichung einer idealen Ausprägung der Wandlungsfähigkeit durch technische, organisatorische und menschliche Gestaltungsmöglichkeiten notwendig sind.

Die Studie beantwortet damit die Frage:

Wie müssen wandlungsfähige, menschenzentrierte Strukturen für Fabriken und Netzwerke der Industrie 4.0 gestaltet sein?

Die Leitfragen zur Strukturierung der Studie lauten:

- Wie ist die **Zukunft der Fabriken und Netzwerke** im Kontext der Industrie 4.0 gemäß aktuellen Erkenntnissen charakterisiert?
- Welche **Hypothesen** müssen zur Erreichung dieser

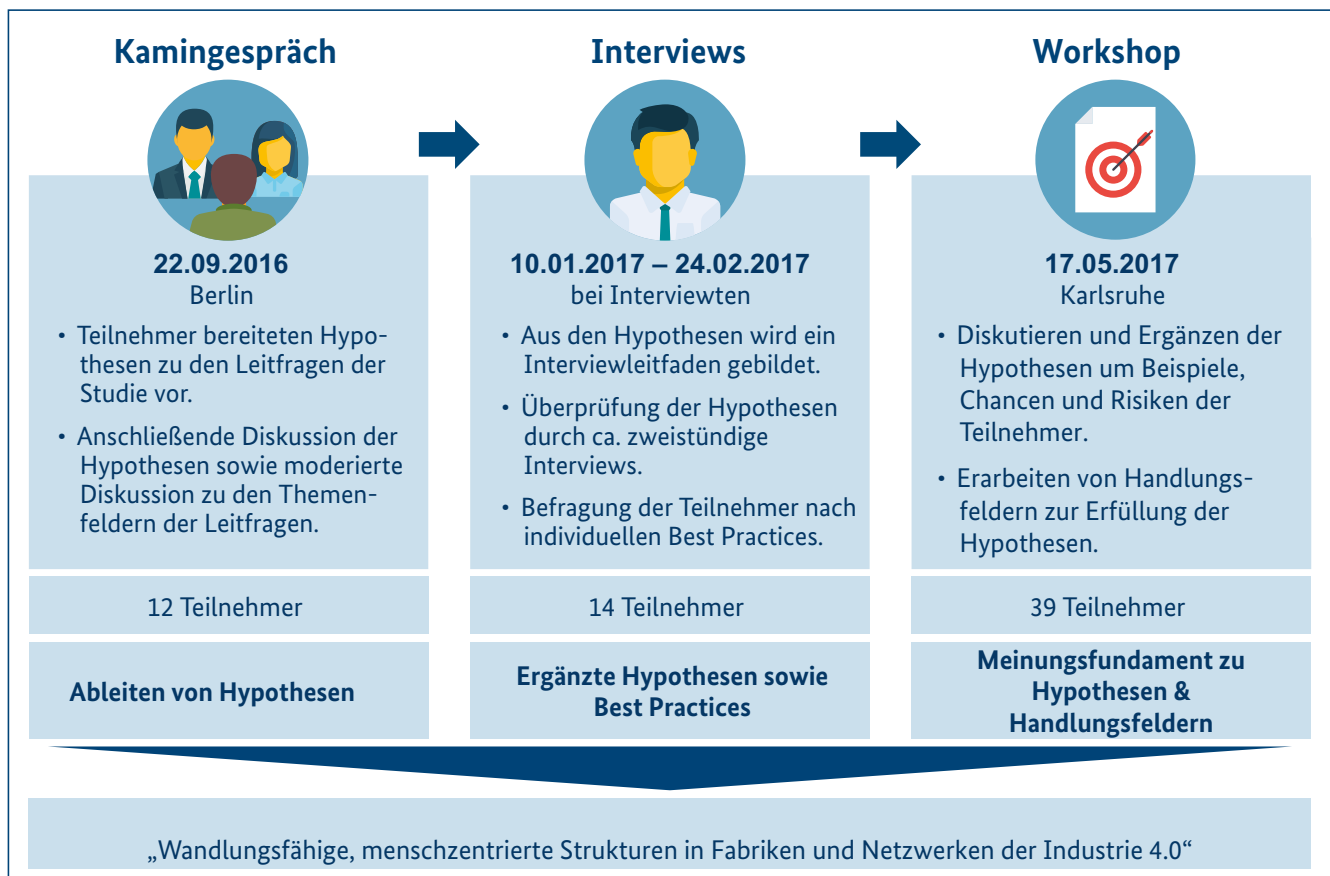
Zukunft erfüllt werden und in welchem logischen Zusammenhang stehen diese?

- Welche **Handlungsfelder** ergeben sich für Unternehmen, Politik und Wissenschaft, um die Erreichung der Hypothesen zu gewährleisten?
- Welche **Best Practices** existieren, mit denen ausgewählte Unternehmen als Vorreiter die Hypothesen bereits heute erfüllen?

Der Leser der Studie kann somit die für ihn relevanten Schritte der Handlungsfelder identifizieren und die Grundlagen zur Erfüllung der Hypothesen legen. Diese führen wiederum perspektivisch zur Erreichung einer maximalen Wandlungsfähigkeit innerhalb des Zukunftsbildes und damit zu einer wettbewerbsfähigen Positionierung des Unternehmens bzw. der Volkswirtschaft.

Das Vorgehen für die Studie ist in drei Projektabschnitte gegliedert (vgl. Abbildung 4). Der Teilnehmerkreis setzt sich aus Unternehmen, Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbänden sowie der Wissenschaft zusammen (vgl. Kapitel 6).

Abbildung 4: Vorgehen zur Erstellung der Studie



2 Wandlungsfähigkeit durch I4.0

2.1 Wandlungsfähigkeit

In einem dynamischen Umfeld stellt die Fähigkeit einer Fabrik oder eines Netzwerkes, mit geringem Aufwand auf eine Veränderung zu reagieren, einen starken Wettbewerbsvorteil dar. Diese Fähigkeit verbirgt sich, je nach Betrachtungsumfang, hinter verschiedenen Begriffen. Hierunter fallen beispielsweise Rekonfigurierbarkeit, Flexibilität, Transformierbarkeit, Wandlungsfähigkeit, Agilität oder auch Veränderungsfähigkeit (Wiendahl et al. 2007). Im Rahmen dieser Studie wird stellvertretend der Begriff Wandlungsfähigkeit gewählt, um diese Fähigkeit zu beschreiben.

Wandlungsfähigkeit beschreibt Veränderungen unterschiedlicher Art außerhalb vorgehaltener Flexibilitätskorridore eines Produktionssystems, welche unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen der Systemelemente durchgeführt werden können (vgl. Abbildung 5). Ein wandlungsfähiges Produktionssystem kann in kurzer Zeit, mit relativ geringen Investitionen so verändert werden, dass notwendige Anforderungen in verschiedenen Dimensionen wie z. B. Stückzahl-, Technologie-, Qualität-, Zeit-, Produkt- und Kostenstrukturveränderungen erreicht werden (Nyhuis 2010).

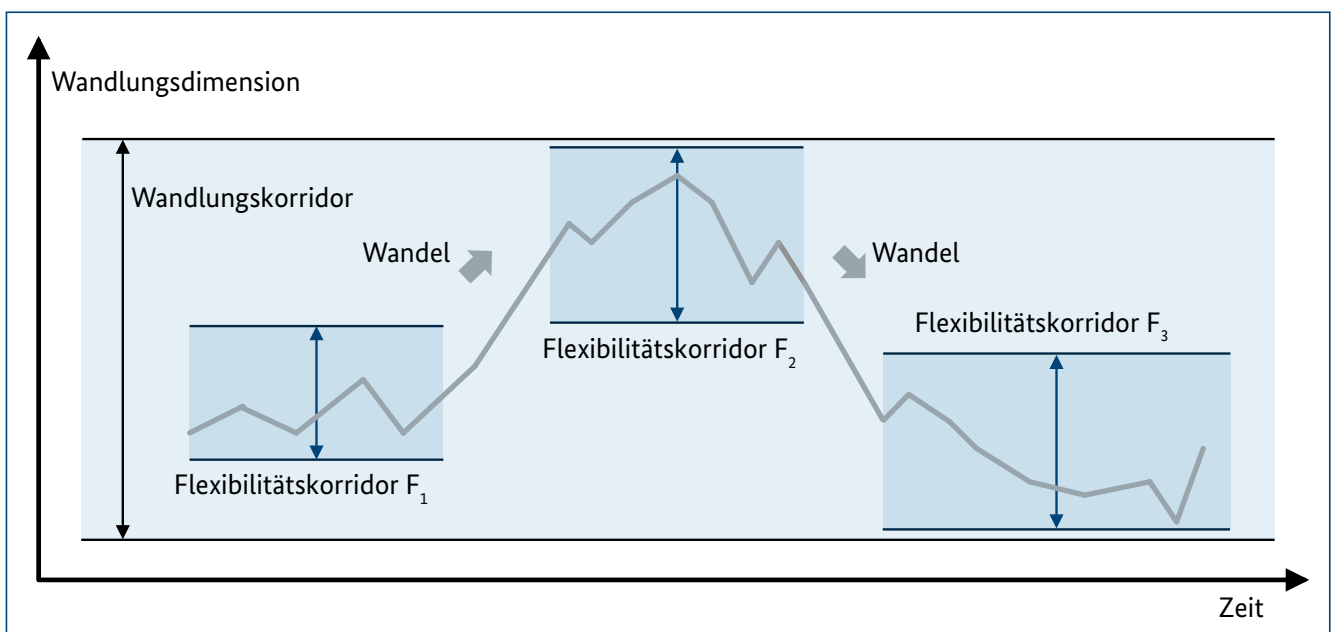
Die Wandlungsfähigkeit eines Produktionssystems wird durch mehrere Eigenschaften, sogenannte Wandlungsbefähiger, unterstützt. Diese sind individuelle und aktivierbare Eigenschaften eines Objektes (z. B. austauschbare Module einer Montagestation), die zum Wandel befähigen (vgl.

Nyhuis et al. 2008; Wiendahl et al. 2014). In der Literatur (Hernández Morales 2003; Wiendahl et al. 2005; Meichsner 2007) werden vor allem fünf Wandlungsbefähiger (vgl. Abbildung 6) unterschieden: Universalität, Mobilität, Skalierbarkeit, Modularität und Kompatibilität. Diese Eigenschaften beziehen sich bislang vor allem auf die physische Beschaffenheit von Objekten. Im Zuge der Digitalisierung ist es erforderlich, die digitalen Aspekte der Wandlungsfähigkeit zu fokussieren.

2.2 Industrie 4.0 als Befähiger

Der Begriff Industrie 4.0 wird nicht einheitlich verwendet und definiert. Von vielen Autoren wird Industrie 4.0 zusammenfassend als digitale Transformation des produzierenden Gewerbes bezeichnet (Roth 2016). Im Rahmen dieser Studie soll keine erneute Beschreibung von Industrie 4.0 erfolgen, sondern die Definition gemäß der Plattform Industrie 4.0 verwendet werden. Laut dieser steht der Begriff Industrie 4.0 „für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette“ und soll einen Bezug zu den bisherigen vergangenen drei Revolutionen herstellen (Plattform Industrie 4.0 2015). Diese Veränderung bietet vielfältige Möglichkeiten, Potentiale zu heben. So kann eine zielgenaue Umsetzung der Konzepte und Technologien der Industrie 4.0 auch eine Verbesserung der Wandlungsfähigkeit bewirken. Im Fokus dieser vierten industriellen Revolution steht sowohl die Vernetzung der Produktions- und

Abbildung 5: Wandel und Wandlungsfähigkeit (in Anlehnung an Wiendahl et al. 2014)



Automatisierungstechnik als auch die Vernetzung zwischen den Hierarchieebenen der IT-Architektur mittels neuester Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Diese reichen vom Einsatz kostengünstiger Sensorik bis hin zu integrierten Manufacturing Execution Systems (MES) und Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP-Systeme). Hierdurch wird die notwendige Transparenz und Infrastruktur geschaffen, um Entscheidungssituationen zu bewerten und im Sinne einer hohen Wandlungsfähigkeit Maßnahmen effizient umsetzen zu können. Die permanente Verfügbarkeit aller relevanten Informationen durch die Vernetzung aller am Wertschöpfungsprozess beteiligten Stufen bildet die Grundlage der Industrie 4.0. Durch die in Echtzeit verfügbaren Daten über den gesamten Wertschöpfungsprozess ist eine stetige Verbesserung der Wertschöpfung auf allen Stufen möglich. Es entstehen neue unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die in der Lage sind, sich selbst zu organisieren und zu optimieren (BITKOM 2016). Darüber hinaus bildet Industrie 4.0 die Grundlage vielfältiger Geschäftsmodell-Innovationen (Emmrich et al. 2015).

Strukturierung und zentrale Bausteine von Industrie 4.0

Industrie 4.0 wird oftmals nur auf den Einsatz neuer Technologien reduziert. Viele dieser Technologien sind zwar essenziell für die erfolgreiche Umsetzung der Industrie 4.0, existieren jedoch bereits seit einiger Zeit auf dem Markt, wie z. B. die Radio-Frequency-Identification-Chips (RFID-Chips). Auch wenn jede Industrie 4.0-Lösung für sich genommen bereits einen Mehrwert für die Fabrik oder das Netzwerk bieten kann, ist häufig erst die zweckmäßige Kombination von Ansätzen und Lösungen mit positiven Ergebnissen für

das Unternehmen verbunden (BMBF 2013). Die Vielzahl der Ansätze erfordert deren Bewertung und Einordnung für die individuelle Fabrik oder das spezifische Netzwerk.

Hierbei kann der acatech Industrie 4.0 Maturity Index (Schuh et al. 2017) eine wertvolle Unterstützung liefern. Er beinhaltet einen reifegradbasierten Ansatz und beschreibt einen Entwicklungspfad hin zu einer voll ausgeprägten Industrie 4.0-Fähigkeit (vgl. Abbildung 7). Dabei ermöglicht jede Stufe dem anwendenden Unternehmen einen zusätzlichen Nutzen.

Die Grundlage der Digitalisierung von Unternehmen ist die **erste Entwicklungsstufe: Computerisierung**. Hierunter wird der isolierte Einsatz von Informationstechnologien verstanden. Als Beispiel kann der Einsatz von CNC-Maschinen angeführt werden. Die Vernetzung der isolierten Informationstechnologien wird als **Konnektivität** bezeichnet und stellt die **zweite Entwicklungsstufe** des Reifegradmodells dar. Sie erlaubt den automatisierten und echtzeitfähigen Datenaustausch zwischen Technologien und Systemen. Die umfangreiche Ausstattung von Prozessen und Objekten mit Sensorik erlaubt eine umfangreiche Aufnahme von Datenpunkten. Hierdurch wird es möglich, ein zu jedem Zeitpunkt aktuelles digitales Modell der Realität – den digitalen Schatten – zu erzeugen. Die Schaffung dieser **Sichtbarkeit** stellt die dritte Entwicklungsstufe des Reifegradmodells dar. Die vierte Entwicklungsstufe beschreibt den Zustand der **Transparenz**, in dem aufbauend auf der dritten Entwicklungsstufe Zusammenhänge und Ursachen verständlich für den Anwender werden. Neue Ansätze aus dem Big-Data-Bereich können eine wesentliche Hilfestellung bieten, um diese Wirkzusammenhänge im digitalen Schatten zu analysieren und zu interpretieren. Die **fünfte Entwick-**

Abbildung 6: Übersicht der Wandlungsbefähiger (in Anlehnung an Hernández Morales 2003; Wiendahl et al. 2005; Meichsner 2007)

Kompatibilität	Fähigkeit, Objekte oder Prozesse durch definierte Schnittstellen aufwandsarm in ein System integrieren zu können
Mobilität	Örtlich uneingeschränkte Beweglichkeit
Modularität	Objektaufbau aus standardisierten, voll funktionsfähigen Einheiten
Skalierbarkeit	Technische, räumliche und organisatorische Atmungsfähigkeit
Universalität	Dimensionierung und Gestaltung eines Systems für unterschiedliche Anforderungen

lungsstufe beschreibt das Vorliegen von **Prognosefähigkeit**. Hierzu werden unterschiedliche Szenarien gebildet und der digitale Schatten in die Zukunft projiziert. Die Bewertung der Szenarien erfolgt aufbauend auf den erkannten Wirkzusammenhängen. Identifizierte Reaktionsmaßnahmen werden in der Regel noch manuell eingeleitet. Die Voraussetzungen der **sechsten Entwicklungsstufe Adaptierbarkeit** wurden durch die Prognosefähigkeit geschaffen. Aus den erzeugten Prognosen werden autonom Entscheidungen abgeleitet und umgesetzt (Schuh et al. 2017).

Diese 6 Entwicklungsstufen stellen einen Entwicklungspfad für die Industrie 4.0-Fähigkeit von Unternehmen dar. Weiterhin bieten die Entwicklungsstufen einen Anhaltspunkt, um die Unterstützung der Wandlungsfähigkeit durch Industrie 4.0-Methoden und -Technologien einzuordnen.

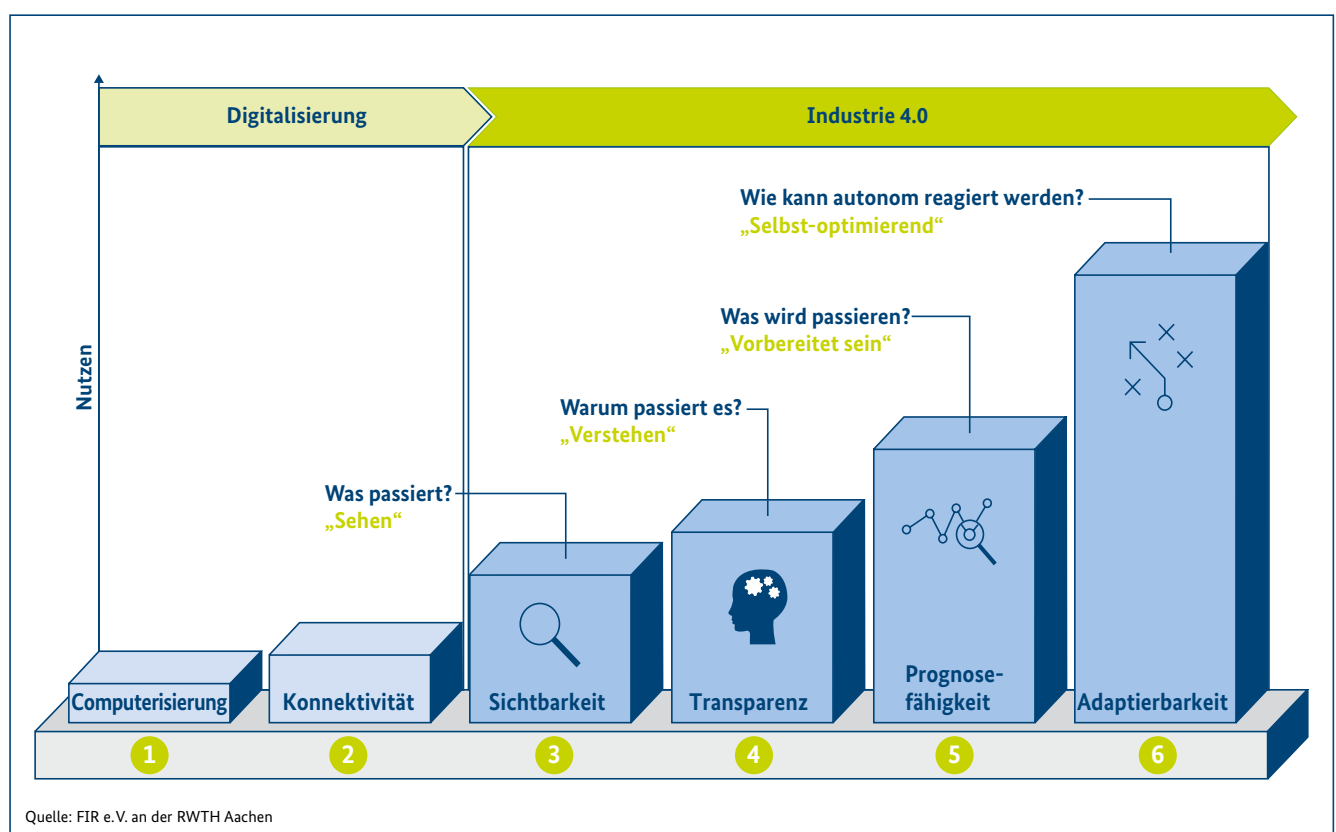
Zentrale Konzepte der Industrie 4.0

Der Begriff Industrie 4.0 beinhaltet verschiedene Konzepte, die unterschiedliche Bereiche von Unternehmen betreffen. Nachfolgend werden die im Kontext der Studie wesentlichen Konzepte vorgestellt.

Die Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungsprozesse erfolgt durch die **vertikale und horizontale Integration**. Die vertikale Integration findet innerhalb eines Unternehmens statt. Dies ist essentiell für eine effiziente Datenerhebung und -verarbeitung durch Cyber-physische Systeme (CPS). Alle unternehmensinternen IT-Systeme vom einzelnen Sensor über die Maschine bis hin zum ERP-System werden miteinander vernetzt und in eine Hierarchie eingeordnet. Dadurch können harmonisierte Schnittstellen aufgebaut werden, die zum Datenaustausch zwischen den Hierarchieebenen genutzt werden (Kagermann et al. 2013; Roth 2016). Die **horizontale Integration** erfolgt über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk. Die IT-Systeme von Kunden, Lieferanten oder den eigenen verteilten Unternehmensstandorten werden in die vertikale Systemlandschaft eingebunden. Eine erfolgreiche horizontale Integration ermöglicht ein durchgängiges und dynamisches Wertschöpfungsnetzwerk. Auf diese Weise wird ein Informationsaustausch in Echtzeit über die Unternehmensgrenzen hinweg ermöglicht (Roth 2016).

Die automatisierte Nutzung der echtzeitbasierten Informationen ist Aufgabe der **autonomen und dezentralen Steuerung**, die mit Industrie 4.0 Einzug in Unternehmen findet.

Abbildung 7: Stufen des Industrie 4.0-Entwicklungspfades (in Anlehnung an Schuh et al. 2017)



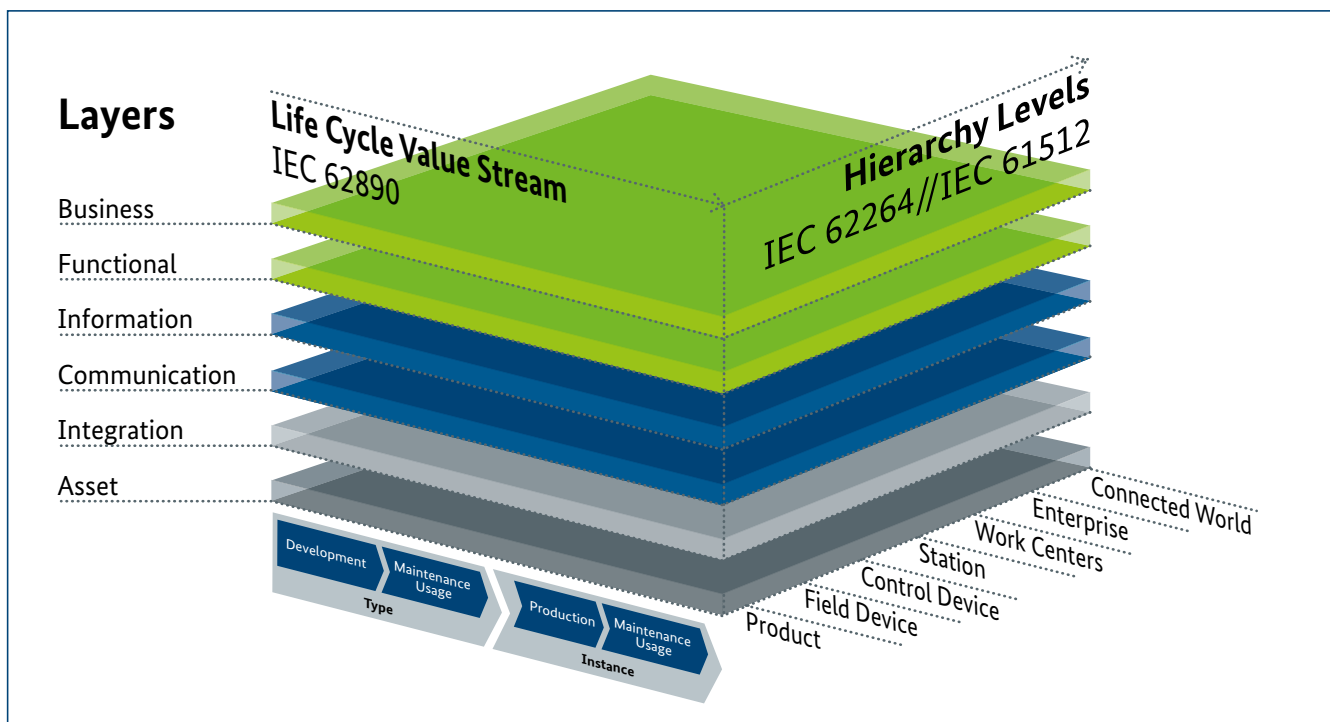
Dieses Element umfasst zwei wichtige Aspekte von Industrie 4.0. Einerseits wird das Aufbrechen von zentralen, starr geplanten Steuerungssystemen durch die Verfügbarkeit von großen Mengen an Echtzeitdaten allein aus Sicht der Übertragungs- und Rechenleistung notwendig (Siepmann 2016a). Anstelle dessen wird eine geographisch verteilte, z. B. über Cloud-Computing dynamisch mit Rechenleistung versorgte, Produktionssteuerungsstruktur entwickelt (Verl und Lechler 2014). Andererseits ermöglicht die dezentrale Steuerung auch den Einsatz von autonomen, automatisierten Entscheidungsunterstützungssystemen (Assistenzsystemen). Diese unterstützen auf Basis der verfügbaren Echtzeitdaten unter Nutzung von künstlicher Intelligenz und mathematischen Modellen Entscheidungen durch Menschen oder treffen manche Entscheidungen eigenständig.

Eine weitere Säule von Industrie 4.0 stellen die **Cyber-physischen Produktionssysteme (CPPS)** dar. Hierbei handelt es sich um Produktionssysteme, die innovative Technologien innerhalb von Cyber-physischen Systemen und neu definierten Schnittstellen zwischen Maschinen untereinander (**M2MK**) sowie zwischen Menschen und Maschinen (**MMI**) zur Durchführung der Produktionsaufgabe nutzen. Diese Kombination ermöglicht die dezentrale, teilautonome, unternehmensübergreifende Produktionssteuerung (Siepmann 2016b). Den Grundbaustein eines Cyber-physischen Produktionssystems stellen **Cyber-physische Systeme (CPS)**

dar. Diese basieren auf den Konzepten des Ubiquitous Computing, der Kommunikation mittels des Internets der Dinge und Dienste sowie der Nutzung des Cloud Computings.

Ubiquitous Computing beschreibt die Nutzung von kleinen, vernetzten, intelligenten, allgegenwärtigen Objekten (Mattern und Flörkemeier 2010). Grundlage ist die Verbindung eines physischen Systems mit Rechenleistung, Speicher und einer Kommunikationsschnittstelle. Durch diese Kombination besteht die Möglichkeit, im Rahmen der Produktion intelligente Produkte, Produktionsmittel und Maschinen zu schaffen. Die technische Möglichkeit der Kommunikation intelligenter Objekte untereinander sowie mit weiteren Diensten wird als **Internet der Dinge und Dienste** bzw. Internet-of-Things-and-Services (IoTS) bezeichnet (Siepmann 2016b). **Cloud Computing** bezeichnet die Bereitstellung von Datenverarbeitungsressourcen über das Internet. In Cyber-physischen Systemen fallen vermehrt sehr große Datenmengen an. Dies macht die bedarfsgesteuerte Verfügbarkeit von dezentraler, hoher Rechenkapazität sowie von Methoden zum Aufbereiten (Big Data) und Analysieren (Analytics) der Informationen notwendig (Siepmann 2016c). Zusammenfassend sind Cyber-physische Systeme ein oder mehrere intelligente Objekte, die über das Internet der Dinge und Dienste kommunizieren können und mit Cloud-gestützten Diensten verknüpft werden (Siepmann 2016b).

Abbildung 8: Übersicht der Ebenen des Referenzarchitekturmodells Industrie 4.0 (in Anlehnung an Plattform Industrie 4.0 2016)



Ein weiteres Element von Industrie 4.0 stellt das Konzept des **durchgängigen digitalen Engineerings** dar. Es umfasst die digitale Abbildung des gesamten realen Produktionsprozesses innerhalb eines Unternehmens von der Produktentwicklung bis zur Fertigstellung des Produkts (Siepmann 2016a). Dabei werden alle Planungs-, Steuerungs- und Kontrollprozesse erfasst. Grundlage ist ein digitales Abbild (digitaler Schatten) der Fabrik mit allen Bestandteilen. Das sind unter anderem Produktionsmittel, Personal, Produkte sowie weitere in der realen Fabrik vorhandene Arbeits- und Betriebsmittel. Wenn dieses Momentabbild der realen Fabrik unter Einbezug der Dimension Zeit dynamisch dargestellt wird, bezeichnet man dieses Modell als virtuelle Fabrik (Siepmann 2016a).

Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0

Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) stellt einen Ansatz dar, die beschriebene Themenlandkarte der Industrie 4.0 einheitlich zu strukturieren (Plattform Industrie 4.0 2016). Auf drei Achsen wird dabei das Themenfeld Industrie 4.0 in die Bereiche Hierarchie der Fabrik, Architektur und Produktlebenszyklus untergliedert (vgl. Abbildung 8). Der Fokus von RAMI 4.0 liegt darin, alle Elemente der drei Bereiche und die IT-relevanten Komponenten in einer serviceorientierten Referenzarchitektur zusammenzufassen (Plattform Industrie 4.0 2016).

Eine Zielstellung dieser Referenzarchitektur ist es, eine grundlegende Kommunikationsstruktur zu entwickeln, sodass ein einheitliches Sprachverständnis der Industrie 4.0 für alle Teilnehmer ermöglicht wird. Im Sinne der Wand-

lungsfähigkeit schafft dies eine Standardisierung und damit eine Voraussetzung, um Systeme kompatibel und modular zu gestalten (vgl. Kapitel 2.1). Ebenso werden unterstützende Aspekte betont. So fokussiert RAMI 4.0 beispielsweise auch die IT-Sicherheit als wesentlichen Stützpfeiler eines digitalisierten Unternehmensumfeldes. Die Orientierung an dieser Referenzarchitektur kann daher eine wertvolle Grundlage in der Gestaltung wandlungsfähiger Unternehmen bieten.

2.3 Wandlungsfähigkeit durch Industrie 4.0

Der in Kapitel 1.1 eingeführte Leitsatz 2 („Industrie 4.0 kann Wandlungsfähigkeit unterstützen“) beschreibt die Durchdringung der Unternehmen durch Industrie 4.0, welche vielfältige Veränderungen in den Unternehmen bewirkt. Diese Veränderungen wirken sich auf die Wandlungsfähigkeit der Unternehmen aus. Daher gilt es die Themenkomplexe Wandlungsfähigkeit und Industrie 4.0 integriert zu betrachten, um den Herausforderungen einer volatilen Umwelt erfolgreich zu begegnen.

Aufwerten der Wandlungsbefähiger durch Industrie 4.0

Technische Neuerungen wie die Echtzeitfähigkeit der Datenübertragung oder standardisierte Schnittstellen ermöglichen eine Verbesserung der Wandlungsfähigkeit in allen Wandlungsbefähigern (vgl. Kapitel 2.1). So kann beispielsweise das Konzept der Kompatibilität effektiv durch die gezielte Ausgestaltung von digitalen Schnittstellen unterstützt werden. Im Bereich der Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken

Abbildung 9: Beispielhafte Aufwertung der Wandlungsbefähiger durch Industrie 4.0

Kompatibilität	Definition und Ausgestaltung digitaler Schnittstellen in und zwischen Unternehmen
Mobilität	Ausbau konventioneller Transportsysteme zu fahrerlosen Transportsystemen
Modularität	Umsetzung von Plug-and-Produce-Konzepten
Skalierbarkeit	Bestimmung von Skalierungszeitpunkten durch Big-Data-Ansätze
Universalität	Automatische Systemanpassung zur Erweiterung der Universalität

stellt dies eine grundlegende Voraussetzung zur Anpassung der Netzwerke dar. Die Nutzung von Schnittstellen in Form von Plug-and-Produce-Konzepten kann als Unterstützung von Modularität verstanden werden. Durch autonome Identifizierung und Anmeldung in einem adaptiven Steuerungs- und Sicherheitssystem können somit Montagestationen innerhalb von Minuten ausgetauscht werden. Die Wandlungsfähigkeit im Bereich der Intralogistik und Materialbereitstellung wird durch den Einsatz von Industrie 4.0 bereits erfolgreich erhöht. So kann der Wandlungsbefähiger Mobilität bspw. im Rahmen der Erweiterung konventioneller Transportsysteme zu fahrerlosen Transportfahrzeugen bedeutend ausgebaut werden. Ein Ansatz, um den geforderten Output und den Betrieb eines Produktionssystems synchron zu halten, ist der Einsatz von skalierbarer Automatisierung. Durch den Einbezug von großen Datenmengen und entsprechenden Algorithmen können hierbei optimale Zeitpunkte für einen Wechsel der Automatisierungsstufen bestimmt werden. Durch optische Sensorsysteme oder Kommunikationstechnologien wie RFID können einem Greifsystem spezifische Bauteileigenschaften übermittelt werden, sodass eine Echtzeitanpassung des Greifsystems erfolgen kann. Hierdurch können bspw. Bauteile mit unterschiedlicher Geometrie ohne Kenntnis der Bauteilreihenfolge gegriffen werden. Durch die flexible Anpassung und die somit erzielte Erhöhung der Universalität kann die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine im Rahmen

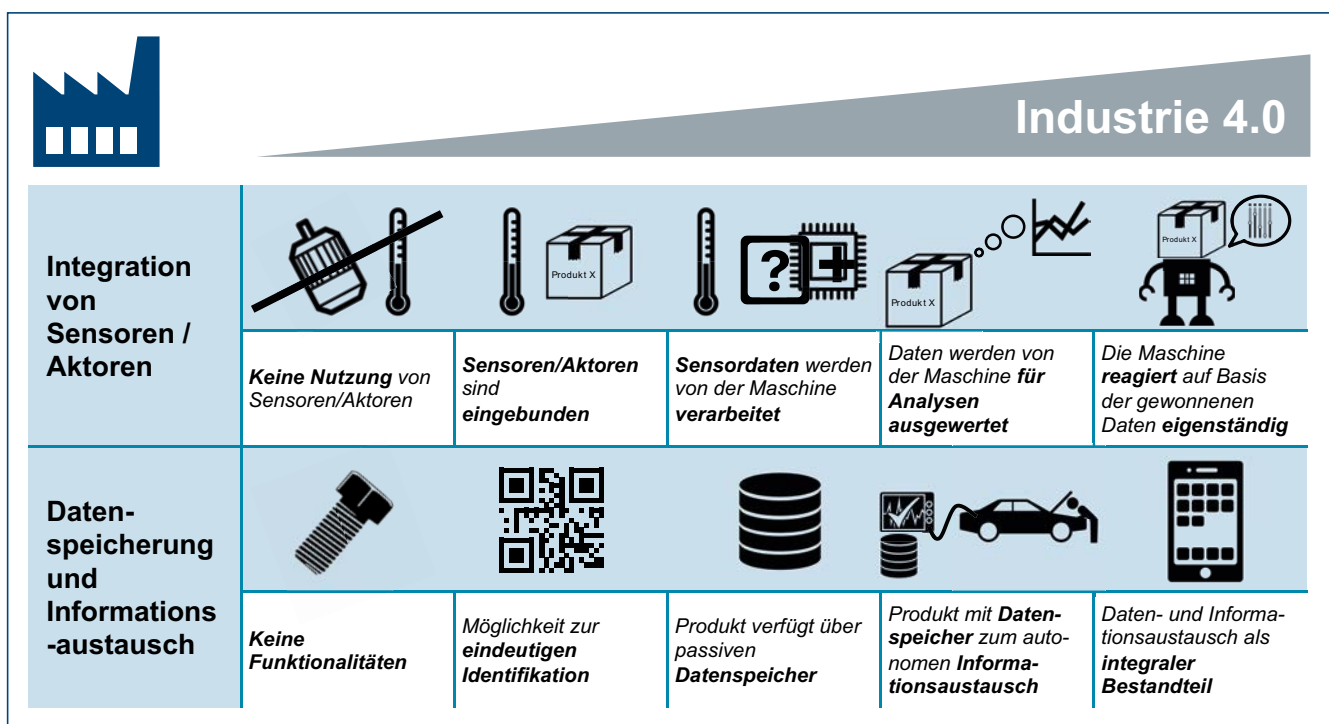
der Mensch-Roboter-Kollaboration weiter verbessert werden. Die angeführten Beispiele sind in Abbildung 9 zusammengefasst dargestellt. Generell ist anzumerken, dass Verbesserungseffekte insbesondere auch durch Überlagerung einzelner Wandlungsbefähiger erzielt werden. So stellt beispielsweise die Gestaltung modularer Montageinseln besonders bei hoher Schnittstellenkompatibilität einen vielversprechenden Ansatz dar.

Um eine Erhöhung der Wandlungsfähigkeit zu erreichen, gilt es den Einsatz von Industrie 4.0-Lösungen strukturiert zu gestalten. Ein unstrukturierter Einsatz von Industrie 4.0-Lösungen kann sich sonst auch zu einem Hemmnis der Wandlungsfähigkeit entwickeln. So verursacht beispielsweise der Einsatz mehrerer IT-Systeme ohne einheitliche Schnittstellen einen hohen Aufwand zur Datenkonvertierung. Der Beitrag zur Wandlungsfähigkeit wird infolgedessen negativ.

Der Mensch ist essentieller Bestandteil der Wandlungsfähigkeit

Die neuen technischen Verbesserungen der Wandlungsfähigkeit sind jedoch für eine ganzheitliche Umsetzung nicht ausreichend. Entsprechend dem in Kapitel 1.1 eingeführten Leitsatz 3 („Menschbezogene Wandlungsfähigkeit steht im

Abbildung 10: Exemplarische Darstellung von Reifegraden unterschiedlicher Industrie 4.0-Lösungen (in Anlehnung an VDMA 2015)



Fokus“) sehen Ansätze im Kontext von Industrie 4.0 einen expliziten Einbezug des Menschen in die Entscheidungen und Vorgänge der Produktion vor. Dieser kann eine schnelle Reaktion auf unvorhergesehene Rahmenbedingungen veranlassen, was den Kern von Wandlungsfähigkeit darstellt. Somit kann auch auf eine Änderung von Rahmenbedingungen reagiert werden, welche für Systeme der sechsten Stufe des Industrie 4.0-Entwicklungspfad (vgl. Kapitel 2.2) nicht als Freiheitsgrade autonomer Systeme definiert sind. Der Mensch und die Organisation im Unternehmen sind somit nicht nur wesentlicher Erfolgsbestandteil der Wandlungsfähigkeit, sondern auch der Industrie 4.0 (Bauernhansl et al. 2014) und damit essentiell für Industrie 4.0-unterstützte Wandlungsfähigkeit.

Auswahl geeigneter Industrie 4.0-Lösungen

Der Einsatz von einzelnen Industrie 4.0-Lösungen zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit ist vom konkreten Anwendungsfall des Einsatzes von Wandlungsfähigkeit abhängig. So kann der Einsatz von Plug-and-Produce-Schnittstellen Lösungen aus dem Bereich der CPS erfordern, wohingegen eine Steigerung der Inbetriebnahme-Geschwindigkeit von Anlagen durch Zugriff auf Daten in einem Cloud-System realisiert werden kann. Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 (VMDA 2015) bietet hier eine Orientierung durch eine Übersicht unterschiedlicher Integrationsstufen und -Möglichkeiten von Industrie 4.0-Lösungen (vgl. Abbildung 10). Um wiederum fortschrittliche Anwendungsfälle von Wandlungsfähigkeit identifizieren zu können, ist eine Analyse der zukünftig prägenden Charakteristika von Industrieunternehmen erforderlich. Diese wird im Rahmen der Erstellung eines Zielbildes im nächsten Kapitel vorgenommen.

3 Zukunftsbild 2030

In diesem Kapitel wird die Zukunft von Unternehmen unter Veränderungen durch Industrie 4.0 aufgezeigt. Damit wird für die Untersuchungen im Rahmen des 2. Leitsatzes („Industrie 4.0 kann Wandlungsfähigkeit unterstützen“) ein grundlegendes Verständnis von Industrie 4.0 dargelegt. Dieses Zukunftsbild basiert auf der konsistenten Zusammenfassung von aktuellen Studien und Forschungsergebnissen und umfasst 10 Charakteristika (vgl. Abbildung 11).

Vertikale und horizontale Integration ermöglichen Unternehmen eine deutlich höhere unternehmensinterne und -externe Vernetzung und damit eine schnellere Entscheidungsfindung und Wandlungsfähigkeit, bedingt durch entsprechende **Schnittstellen & Infrastruktur**. **Echtzeitfähige Künstliche Intelligenz (KI) mit Prognosefähigkeit** wird darauf aufbauend für eine weitsichtigere, präzisere Planung

und eine rechtzeitige Umsetzung des benötigten Wandels in den Unternehmen eingesetzt. Die Anwendung von **plattformbasierten Geschäftsmodellen** erschließt neue Marktpotentiale und wird durch **ganzheitliche Modularität** von Organisation und Technik verstärkt. Diese Modularität ist Grundlage für schnellere Reaktionen auf Veränderungen. Mittels entsprechend **flexibler Organisationen** werden agile Marktaufstellungen realisierbar. Dadurch sind Unternehmen in der Lage kulturell unterschiedliche **Local-for-Local-Produktionen** zu betreiben und somit auf regionale Veränderungen schnell zu reagieren. Bedingung dieser flexiblen Organisation ist eine **flexiblere Arbeitswelt**, die Menschen zusätzlich eine bessere Work-Life-Balance bietet, wobei die Veränderung der **menschlichen Arbeitsfähigkeit** von physischer Leistung zu geistiger Leistung einen elementaren Trend darstellt.

Abbildung 11: 10 Charakteristika bilden das Zukunftsbild 2030





Die Geschwindigkeit des Informationsflusses in einem Unternehmen über verschiedene Abteilungen und Hierarchieebenen hinweg bestimmt maßgeblich dessen Entscheidungsgeschwindigkeit. Diese wird durch vertikale Integration verbessert. **Vertikale Integration** umfasst die Verknüpfung verschiedener IT-Systeme

auf den unterschiedlichsten Hierarchieebenen eines Unternehmens, von der Feldebene über die Steuerungs- und Prozessleitebene bis hin zur Betriebs- und Unternehmensleitebene (Gausemeier et al. 2016). Dazu gehören auch indirekte Bereiche wie beispielsweise Controlling und Human Resource Management. Mittels vertikaler Integration können technische Prozesse einschließlich ihrer Ressourcen mit Geschäftsprozessen über verschiedene Unternehmensebenen hinweg synchronisiert werden. Dies führt zu einer Steigerung der Ablaufgeschwindigkeit von Geschäftsprozessen. Im Bereich der Produktion ist vertikale Integration der Schlüssel zur Smart Factory. Sie ermöglicht auf Basis von Modellen, Daten, Kommunikation und Algorithmen Ad-hoc-Strukturanpassungen, die Grundlage für eine wandlungsfähige, variantenreiche, kundenspezifische und individualisierte Produktion sind (Dumitrescu et al. 2015).



Neben der vertikalen Integration wird die Wertschöpfungsabwicklung durch die Verknüpfung des entsprechenden horizontalen Informationsflusses deutlich gesteigert. Die Vernetzung von Prozessen und Ressourcen entlang der inner- wie überbetrieblichen Wertschöpfungskette wird als **horizontale Integration**

bezeichnet (Bischoff 2015). Es werden IT-Systeme für die unterschiedlichen Prozessschritte über Beschaffung, Produktion und Distribution hinaus zu einer durchgängigen Lösung integriert. Der gesamte Prozess von der Bestellung bis zur Lieferung kann zwischen den beteiligten Partnern dynamisch gesteuert werden (Dumitrescu et al. 2015). Zukünftig werden dynamische Netzwerke von Unternehmen gebildet, die auftrags- und produktionsspezifisch ihre Kapazitäten zu einer virtuellen Produktionsgemeinschaft zusammenschließen (BMBF 2013). Durch einen beschleunigten Informationsfluss kann somit auf wandelnde Marktanforderungen in Zukunft schneller reagiert werden. Neue Produkte lassen sich in flexiblen Kooperationen entwickeln und anbieten, die einzelnen Partner alleine nicht oder nur durch langfristigen Kompetenzaufbau im Unternehmen umsetzen könnten (Schuh et al. 2017). Außerdem bildet die horizontale Integration die Grundlage für durchgängige Transparenz, flexible Reaktion auf Störungen sowie die Echtzeitoptimierung von Wertschöpfungsnetzwerken (Hellinger und Stumpf 2013).



Die Umsetzung eines schnellen Informationsaustauschs durch vertikale und horizontale Integration benötigt eine Technologie, die diese Geschwindigkeit realisieren und die Informationen koordinieren kann. Darüber hinaus muss die zu teilende Information zwischen zwei Parteien in ihrer Bedeutung klar definiert sein.

Entsprechend kritisch ist die Rolle von **Schnittstellen & Infrastruktur**. Die Geschwindigkeit des Informationsaustausches muss durch die private und öffentliche Infrastruktur ermöglicht werden. Zusätzlich sind Schnittstellen zwischen Unternehmen, Kunden und Staat hinsichtlich technischer, organisatorischer und rechtlicher Aspekte zu definieren (Hellinger und Stumpf 2013). Infrastruktur und Schnittstellen erstrecken sich dabei auf mehrere Ebenen (Schwab 2016): den Wissensaustausch im Rahmen von Innovationkooperation, den Ressourcenaustausch zur Bereitstellung von Wertschöpfung und die Koordination von Prozessen, nahezu in Echtzeit.



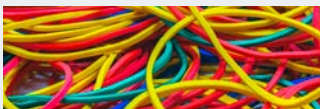
Bei Existenz eines echtzeitfähigen Informationsaustausches innerhalb und zwischen Institutionen werden autonome Prognose- und Entscheidungssysteme notwendig, um Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. **Echtzeit-Künstliche Intelligenz (KI) mit Prognosefähigkeit** beschreibt den Einsatz hochleistungsfähiger Systeme zur Planung, Steuerung und Verbesserung unter Einbezug von Methoden der Datenanalyse. Schon heute nutzen Unternehmen KI-gestützte Computersimulationen, um vorauszusagen, wann eine bestimmte technische Komponente ausfallen wird, beispielsweise ein Zahnrad, ein Werkzeug oder ein Motor. Eine Erweiterung der Systemgrenzen dieses Vorgehens ermöglicht die Steuerung eines Unternehmens oder eines Produktionsnetzwerks. So können Abweichungen auf kleinster Ebene entdeckt werden und deren Implikationen auf alle Ebenen direkt bestimmt werden. Außerdem können dem Mitarbeiter durch entsprechende Assistenzsysteme Handlungsoptionen vorgeschlagen oder diese von System autonom umgesetzt werden (Becker 2017). Der Einsatz von KI erweitert diese Ansätze um die Systeme, die mit nicht vorhersehbaren Problemen adäquat umgehen können. In Kombination mit einer Echtzeitfähigkeit der Berechnungen dieser KI-Systeme werden Unternehmen in die Lage versetzt, umfangreiche, komplexe Steuerungsaufgaben systemunterstützt zu bewältigen. Im Bereich der Produktion werden durch KI eine höhere Flexibilität technischer Systeme und ein reduzierter Engineering-Aufwand bei der Projektierung neuer Lösungen erreicht. Auch die autonome Steuerung von Systemen mittels fallspezifischer Modelle ist möglich. Dadurch wird einerseits der operative Ablauf beschleunigt. Andererseits muss sich der Mensch nicht länger mit repetitiven Aufgaben befassen, sondern kann mehr Zeit für kreative, innovative Aufgaben aufbringen (Vogt 2017).



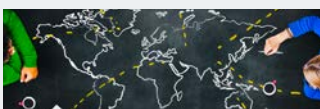
Durch einen schnellen, ganzheitlichen Informationsaustausch und die Entwicklung autonomer Systeme ergeben sich für Unternehmen neue Geschäftsmodelle. Mit einem digitalen **Plattform-Geschäftsmodell** können Unternehmen ihre Produkte schnell und einfach kundenindividuell anbieten, indem Kunden aus einem transparenten Angebot vieler verschiedener Partner ihre individuelle Produktkombination auswählen, unterstützt durch entsprechende Assistenzsysteme. Außerdem sind Plattform-Geschäftsmodelle skalierbar und damit ein Befähiger für eine hohe Wandlungsfähigkeit von Unternehmen und Wertschöpfungsnetzwerken. Diese Plattformen nutzen Big-Data-Technologien, um Informationen aus vielen Datenströmen in Echtzeit zu analysieren. Die Echtzeitanalyse verschafft Unternehmen wiederum die nötige Transparenz und Klarheit über die Gegenwart, sodass zukünftiges Verhalten der Kunden prognostiziert werden kann (Jost 2014). Abhängig vom Auftrag formieren sich durch digitale Plattform-Geschäftsmodelle virtuelle Ad-hoc-Organisationen, aus dem Pool der an einer solchen Plattform beteiligten Unternehmen. Diese plattformbasierten Wertschöpfungsnetzwerke bestehen überwiegend aus einem zentralen Auftraggeber und seinen Zulieferern und Dienstleistern. Oft wird ein Großunternehmen alle Abläufe koordinieren und ist gleichzeitig für die Endmontage und den Kundenkontakt zuständig. Auch können mehrere gleichrangige Unternehmen ihre Fertigung über eine gemeinsame Projektplattform zu einem arbeitsteiligen Prozess zusammenschließen und damit die Potentiale der horizontalen Integration realisieren (BMBF 2013). Ein wesentlicher Aspekt eines Plattform-Geschäftsmodells ist dessen Integrationsfähigkeit, denn diese können leicht in verschiedenste IT-Systemen integriert werden und sind somit leicht an technologische Veränderungen anzupassen (Jost 2014). Plattform-Geschäftsmodelle realisieren höhere Freiheitsgrade bezüglich der Erfüllung von Kundenanforderungen, der Verteilung von Unternehmenskompetenzen und Ressourcen sowie der Skalierbarkeit von Produktionsleistung für die beteiligten Unternehmen.



Um vertikale und horizontale Integration in Plattform-Geschäftsmodellen umzusetzen, spielt die Ausgestaltung von kleinen, austauschbaren Einheiten unterschiedlicher Funktionen eine entscheidende Rolle. **Ganzheitliche Modularität** ermöglicht es, auf immer kürzere Produkt- und Innovationszyklen zu reagieren, indem technische oder organisatorische Einheiten schnell umgebaut werden können. Auch produktseitig spielt Modularität eine entscheidende Rolle zur Erfüllung von kundenindividuellen Anforderungen (BMW 2016). Ein beispielhaftes Konzept zur Umsetzung ist ein modularer Aufbau der Produktion innerhalb einer Fabrik. Intelligente und interoperable Module, die sich weitgehend selbstständig an eine veränderte Konfiguration anpassen, und standardisierte Schnittstellen zwischen diesen Modulen ermöglichen so einen einfachen und schnellen Umbau, der sich geänderten Markt- und Kundenanforderungen anpasst. Ein solcher Produktionsumbau wird als „Plug-and-Produce“ bezeichnet. Bei einer Produktionsumstellung können neue Module einfach hinzugefügt oder nicht benötigte entfernt werden. Die massenhafte Fertigung individueller Produkte wird durch den deutlich schnelleren, einfacheren physischen Umbau wandlungsfähig (BMW 2016; Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum 2017).



Basierend auf der Modularität von Technologie und Organisation ergibt sich die Frage, wie der extern geforderte Wandel in den internen Unternehmensstrukturen und -abläufen realisiert werden kann. Eine **flexible Organisation** ermöglicht Unternehmen die reaktionsschnelle, flexible (Re-)Strukturierung der unternehmensinternen Verantwortlichkeiten und Geschäftsprozesse. Hierarchien werden dort flacher, wo eine effiziente Aufgabenerfüllung dies erfordert. Anstatt einer jahrelang stabilen Verantwortlichkeitsstruktur wird diese je nach Aufgabe neu gebildet. Dies gilt ebenso für Geschäftsprozesse. Kurze Innovationszyklen und eine dynamische Marktumwelt lassen die schnelle Etablierung neuer oder die Umstrukturierung von alten Geschäftsprozessen zum Tagesgeschäft werden. Internetbasierte, virtuelle Kommunikation unterstützt dies maßgeblich (BMW 2016). Beispielsweise werden innerhalb von Unternehmen die schnelle Zusammenstellung interdisziplinärer Teams, um komplexe Probleme zu lösen (Schuh et al. 2017), und die Selbstorganisation bestimmter Teilbereiche, um operative Effizienz kurzfristig zu steigern, angestrebt. Durch selbstorganisierte Kapazitätssteuerung können Unternehmen ihre Produktionskapazität unter direkter Beteiligung der ausführenden Mitarbeiter flexibel, kurzfristig sowie unternehmensübergreifend und schnell steuern. Selbst bei schwankender Auftragslage und unbeständigen Märkten können Unternehmen schneller reagieren, unproduktive Zeiten vermeiden und den Aufwand für die Kapazitätssteuerung reduzieren (Becker 2017).



Durch Modularität und flexible Organisationsformen wird ein Unternehmen in die Lage versetzt, Sach- und Dienstleistung je nach Marktanspruch schnell anzupassen. Kombiniert mit einer diversifizierten, regional-fokussierten Aufstellung der Wertschöpfung kann verbessert auf die regionalen und individuellen Anforderungen der Kunden eingegangen werden. Die Marktbearbeitung durch geographisch nahe Organisationseinheiten wird dabei als **Local-for-Local** bezeichnet. Unternehmen stellen sich mit ihren Produktionsstätten geographisch nah am Absatzmarkt auf. Mit der Herstellung der Produkte am Standort des Kunden wird eine schnelle und günstigere Lieferung garantiert. Damit die Produktionsstrategie erfolgreich umgesetzt werden kann, wird in der Regel eine langfristige partnerschaftliche Wertschöpfungsk Kooperation auf operativer und strategischer Ebene genutzt. Dies gestaltet den Markteintritt und die Adaption an kulturelle Änderung effizienter. Dafür werden, abhängig vom Standort, adäquate Lieferketten etabliert und standardisiert (Gausemeier et al. 2016). Durch die gesteigerte Marktnähe und die kulturellen Einblicke kann entsprechend vorausschauend und schnell auf Änderungen der Markt- und Kundenanforderungen reagiert werden, wodurch die Wandlungsfähigkeit der Unternehmen deutlich steigt.



Die Anforderungen einer flexiblen Organisation, die reaktionsschnell auf markt-spezifische Anforderungen eingehen kann, verändern ebenso den Arbeitsalltag der Mitarbeiter. Diese neue **flexible Arbeitswelt** verändert das Verhältnis zur Arbeit und das damit einhergehende soziale Gefüge. Eine Zukunftsvision stellt z. B. die „Human

Cloud“ dar. Arbeitgeber nutzen sie, um Dienstleistungen einzukaufen. Berufliche Tätigkeiten werden in präzise Aufgaben und separate Projekte zerlegt und dann einer sich virtuell koordinierenden Cloud aus Arbeitskräften zugeleitet, die sich an jedem beliebigen Ort der Erde befinden können. Die Anbieter von Arbeitsleistungen sind keine Beschäftigten im traditionellen Sinne mehr, sondern vielmehr selbstständige Dienstleister, die spezifische Aufgaben erledigen. Dabei liegen die Hauptvorteile für die Arbeitnehmer in der Freiheit über die Arbeitswahl und in der geographischen Unabhängigkeit, die sie durch die Teilnahme an einem globalen virtuellen Netzwerk gewinnen (Schwab 2016). Unternehmen steigern entsprechend ihre Flexibilität und fördern gleichzeitig die Eigenverantwortung ihrer Mitarbeiter, wodurch die Wandlungsfähigkeit der Unternehmen erhöht wird (Staufen AG 2017). Amazon realisiert dies bereits heute mit der Plattform „Mechanical Turk“ (Amazon 2017). Neben der Cloud-Organisation der Arbeitswelt bedeutet ebenso der Einsatz von neuen Assistenzsystemen einen Wandel der Arbeitswelt. Dies betrifft einerseits direkt wertschöpfende Bereiche, in denen der Mensch zunehmend bei Tätigkeiten durch mobile Leichtbauroboter und intelligente Assistenzsysteme unterstützt wird. Während sich Roboter durch ihre Ausdauer und Genauigkeit auszeichnen, ist der Mensch manuell deutlich geschickter und kann Entscheidungen spontan treffen sowie Ad-hoc-Verbesserungen einführen (BMBF 2013; Microsoft Deutschland GmbH 2016). Darüber hinaus werden auch indirekt an der Wertschöpfung beteiligte Mitarbeiter durch intelligente Assistenzsysteme unterstützt und standardisierbare Aufgaben in diesen Bereichen verstärkt durch IT automatisiert und gesteuert. Die Vereinbarkeit von Familie und Beruf wird durch flexible Arbeitsmodelle lösbar und verursacht keine zusätzlichen Kosten (BMBF 2013; Microsoft Deutschland GmbH 2016). Zusätzlich ermöglichen Assistenzsysteme die Bewältigung komplexerer Aufgaben für Menschen, die für diese sonst nicht realisierbar oder deutlich ineffizienter wären. Geographische und temporale Flexibilität sowie stärkere Unterstützung durch Assistenzsysteme, gerade bei neuen Aufgaben, verdeutlichen die Relevanz einer flexiblen Arbeitswelt für die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen.



Über die organisatorischen und sozialen Aspekte der Arbeitswelt hinaus ergeben sich auch für die Leistung der individuellen Arbeitsfähigkeit deutliche Veränderungen. Der menschliche Faktor im Sinne der **menschlichen Arbeitsfähigkeit** wird in der Arbeitswelt 4.0 zunehmend wichtiger. Dabei wird der Mensch die Maschinen

und Systeme kontrollieren sowie ihr Verhalten entsprechend dem Unternehmensziel korrigieren. Entsprechend greift der Mensch nur dann in die direkte Steuerung der Maschinen ein, wenn sich wichtige Vorgänge nicht durch ein Programm darstellen lassen können. Wichtige Funktionen wie bei dem Entwurf, der Installation, der Umrüstung, der Wartung und der Reparatur komplexer Cyber-physischer Produktionssysteme und der für das Internet der Dinge notwendigen neuartigen Netzwerkkomponenten werden vom Menschen übernommen (Hellinger und Stumpf 2013). Die Automatisierung ersetzt den Menschen nicht, sondern verteilt die Verantwortung für die Maschinen auf mehr Personen. Besonders im Maschinen- und Anlagenbau werden vermehrt Ingenieure im Maschinenbau, in der Elektronik und in Informatik benötigt. Mitarbeiter werden in Teams mit unterschiedlichen Spezialisierungen zusammenarbeiten, um komplexe Probleme im Rahmen der Vernetzung durch Industrie 4.0 lösen zu können. Interdisziplinäre Kooperationsfähigkeiten werden zur unverzichtbaren Ausbildungsanforderung (Mainzer 2016). Neben dem Spezialwissen in einer Fachdisziplin („Wissen in der Tiefe“) müssen die Mitarbeiter ein Verständnis für das Gesamtsystem haben („Wissen in der Breite“). Um die steigende Komplexität von Industrie 4.0 zu beherrschen, muss das Denken im Gesamtsystem und über Fachdisziplinen hinweg stärker gefördert werden (Dumitrescu et al. 2015). Aufgrund dieser komplexeren Aufgaben werden fallspezifische Assistenzsysteme den Menschen bei Analysen und Entscheidungsfindungen, sowohl bei der Diagnose technischer Probleme und Störungen als auch bei komplexen Arbeitsprozessen, unterstützen, wie im Rahmen des Charakteristikums flexible Arbeitswelt erläutert. Dadurch wird auch für nicht „high potentials“ eine Unterstützung geschaffen, die effektive Arbeit ermöglicht. Hinsichtlich der Wandlungsfähigkeit von Unternehmen ist dabei vor allem die Aneignung von Interdisziplinarität essentiell. Entsprechend flexibel einsetzbar wird der einzelne Mitarbeiter und dadurch in der Gesamtheit das jeweilige Unternehmen.

4 Hypothesen als Leitplanken zur Zielerreichung

Auf Basis der Leitsätze (vgl. Kapitel 1) und der Vision des Zukunftsbildes (vgl. Kapitel 3) wird im Folgenden aufgezeigt, wie Unternehmen durch den Einsatz von Industrie 4.0 wandlungsfähiger werden. Dazu werden in diesem Kapitel Leitplanken in Form von Hypothesen vorgestellt. Ausgangspunkt für die Hypothesenentwicklung sind ein Kamingsgespräch, Experteninterviews sowie der Workshop (vgl. Kapitel 1.2).

Die Ergebnisse des Kamingsgesprächs und der Experteninterviews sind die in Abbildung 13 zusammengefassten 9 Hypothesen.

Die Hypothesen wurden im Rahmen des Workshops ergänzt um Voraussetzungen, Chancen und Risiken. Im Folgenden werden die 9 genannten Hypothesen jeweils detailliert vorgestellt.

Abbildung 13: Die 9 Hypothesen

	1: Die Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens. <i>Ein geplanter Wandel kann ein Gefühl von Unsicherheit und daher Angst beim Mitarbeiter hervorrufen. Dies kann die Wandlungsbereitschaft hemmen. Transparenz über die Auswirkungen und Gründe des Wandels sowie dessen Folgen für Mitarbeiter können diese Angst abbauen.</i>
	2: Veränderungsbereitschaft von Mitarbeitern wird durch I4.0-Assistenzsysteme deutlich gesteigert. <i>Sowohl die Überprüfung von Prognoseergebnissen als auch die Folgenabschätzung bereichsübergreifender Entscheidungen sind komplexe Aufgabenstellungen. Um die ganzheitlichen Auswirkungen abschätzen zu können, muss der Mitarbeiter das Gesamtsystem überblicken und verstehen können.</i>
	3: Das Systemverständnis der Mitarbeiter ist erfolgsentscheidend. <i>Das Systemverständnis ist in der Organisationsform verankert. In der Fabrik ermöglicht die Prozessorientierung entlang des Wertstroms ein besseres Verständnis des Gesamtsystems. Skaleneffekte werden jedoch vorrangig in der Funktionsorientierung erzielt. Eine dynamische Matrixorganisation ist gefordert.</i>
	4: Dynamische Organisationsform: Kombination der Vorteile aus Funktions- und Prozessorientierung. <i>Die Etablierung einer dynamischen Organisation auf der Netzwerkebene ist nur dann möglich, wenn in allen Bereichen standardisierte Schnittstellen geschaffen werden. Dies ermöglicht eine effiziente Kommunikation über Unternehmensgrenzen und ist somit eine Voraussetzung für die Schaffung von Ad-hoc-Supply-Chains.</i>
	5: Horizontale Integration erfordert Standards. <i>Die horizontale Integration erfordert das Vernetzen dezentraler Einheiten. Dezentralität erlaubt eine reduzierte Systemkomplexität durch einen modularen Aufbau. Die lokale Optimierung führt zu einem suboptimalen Gesamtsystem. Industrie 4.0 ermöglicht durch Algorithmen und Echtzeitfähigkeit ein optimales Gesamtsystem.</i>
	6: Optimalität ist trotz Dezentralität erreichbar. <i>Die Steuerung und Beherrschung solcher komplexer Systeme ist bisher nur bei einer entsprechend vollständigen Datengrundlage gegeben. Intelligente Algorithmen erlauben nun eine Verwertung inkonsistenter und unvollständiger Daten.</i>
	7: Industrie 4.0 erhöht Transparenz bei inkonsistenten und unvollständigen Daten. <i>Der modulare Aufbau dezentraler Systeme ermöglicht eine einfache Wandlung des Systems. Damit die Möglichkeiten der Wandlungsfähigkeit voll ausgeschöpft werden können, sind Industrie 4.0-Lösungen proaktiv auf die Etablierung von Wandlungsfähigkeit auszuliegen.</i>
	8: Zunehmende Marktvolatilität fordert Design for Changeability. <i>Wandlungsfähigkeit ist nicht nur in technischen Systemen zu verankern. Eine strategische Integration ist notwendig, weil aufgrund der unsicheren, fallspezifischen Amortisation ein langfristiger Horizont betrachtet werden muss und Industrie 4.0-Technologie, Organisation sowie Mensch koordiniert werden müssen.</i>
	9: Wandlungsfähigkeit muss in der Unternehmensstrategie verankert sein.



4.1 Hypothese 1: Die Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens

Die Implementierung von wandlungsfähigen Lösungen in den direkten und indirekten Unternehmensbereichen war bisher eng an die Entwicklung wandlungsfähiger technischer Systeme gebunden. Die singuläre Anwendung der technischen Wandlungsfähigkeit ist jedoch in der Vielzahl

der Fälle nicht ausreichend, um einen direkten oder indirekten Unternehmensbereich gesamtheitlich wandlungsfähig zu gestalten, da die Aktivierung der Wandlungsfähigkeit häufig organisatorisch eingebettet und durch den Mitarbeiter in der Unternehmenskultur gelebt wird.



Hypothese 1 fokussiert die Elemente „**menschliche Arbeitsfähigkeit**“ sowie „**flexible Organisation**“ des Zukunftsbildes, da durch die Ausgestaltung dieser Charakteristika die Grenzen des technischen Gestaltungsrahmens bestimmt werden.



Mit der Etablierung der Industrie 4.0 erweitert sich der Rahmen der technischen Gestaltungsmöglichkeiten. So erlauben beispielsweise Informations- und Kommunikationstechnologien einen Datenaustausch in Echtzeit über verschiedene Systeme hinweg in einer Art und Weise, wie sie bisher nicht umsetzbar war. Ein weiterer wichtiger Baustein in der Vergrößerung des technischen Gestal-

tungsrahmens ist das Konzept der Modularisierung. Durch den modularen Aufbau von Systemen sowohl in der Softwaregestaltung als auch in der Auslegung von technischen Systemen können Anpassungen der bestehenden Systeme mit deutlich reduziertem Aufwand gegenüber monolithischen Systemen vorgenommen werden.

CHANCEN

- Eine Überdimensionierung technologischer Wandlungsfähigkeit wird aufgrund der Begrenzung durch menschliche, organisatorische und unternehmenskulturelle Wandlungsfähigkeit vermieden.
- Kenntnis des Potentials der technischen Wandlungsfähigkeit kann Weiterentwicklung der Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur auslösen.

RISIKEN

- Die Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Technik, Mensch, Organisation und Unternehmenskultur ist nicht intuitiv.
- Unsicherheit hinsichtlich der benötigten Wandlungsfähigkeit kann sich als Hemmnis der Entwicklung des technischen Gestaltungsrahmens erweisen.



4.2 Hypothese 2: Die Veränderungsbereitschaft von Mitarbeitern wird durch I4.0-Assistenzsysteme deutlich gesteigert

Die Bereitschaft der Mitarbeiter, sich auf eine Veränderung einzulassen, ist ein zentraler Aspekt für die erfolgreiche Bewältigung eines Veränderungsprozesses. Durch Angst und Unsicherheit hinsichtlich der Auswirkungen von Ver-

änderungen kann hierbei ein Veränderungshemmnis entstehen. Die Veränderungsbereitschaft ist unter anderem von der frühzeitigen Kenntnis der Mitarbeiter von einer geplanten Veränderung abhängig.



Der Fokus im Zukunftsbild liegt in Hypothese 2 auf der „**menschlichen Arbeitsfähigkeit**“ sowie der „**Echtzeit-KI mit Prognosefähigkeit**“. Diese Elemente prägen wesentlich die Unterstützung der menschlichen Veränderungsfähigkeit durch Assistenzsysteme.

An dieser Stelle können neue Methoden und Technologien der Industrie 4.0 einen wertvollen Beitrag leisten. So bieten diese beispielsweise Möglichkeiten der Visualisierung von Veränderungen im Arbeitskontext der Mitarbeiter (beispielsweise Layoutmodell eines zukünftigen Fabrikbereichs in einer 3D-Brille). Somit kann Mitarbeitern der Erstkontakt mit dieser Veränderung erleichtert und dadurch Unsicherheit abgebaut werden. Weiterhin können im Veränderungsfall Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung hin-

zugezogen werden. Durch die Prognose von Kennzahlen können Mitarbeiter Entscheidungen in einer bisher nicht erreichbaren Detailtiefe transparent begründen. Zudem bietet sich die Chance, eventuelle Planungsfehler aufgrund von Fehleinschätzungen frühzeitig zu korrigieren. Durch die Unterstützung von Industrie 4.0-Assistenzsystemen kann daher eine erhöhte Veränderungsbereitschaft der Mitarbeiter erzielt werden.

CHANCEN

- Das Einbeziehen von Mitarbeitern schafft eine effiziente Möglichkeit, eine auf breitem Anwenderwissen basierende Rückmeldung zu den Systemen einzuholen, die sich derzeit noch in der Entwicklung befinden.
- Durch die Berücksichtigung des Feedbacks entsteht gleichzeitig eine enge Bindung der Mitarbeiter zu „ihrer“ Veränderungsmaßnahme. Ängste und Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung lassen sich somit abbauen und eine erhöhte Akzeptanz von Veränderungen entsteht. Dies trifft besonders bei eventuell negativen Veränderungen zu.

RISIKEN

- Die Auseinandersetzung mit Veränderungen in frühen Phasen birgt für die Mitarbeiter das Risiko der Informationsüberflutung. Eine Veränderung, welche sich in vielfältiger Weise auf einen Prozess oder ein System auswirkt, in allen Facetten zu beleuchten, kann den Blick auf das Wesentliche der Veränderung verschleiern.
- Die frühe Einbindung von Mitarbeitern durch Assistenzsysteme birgt auch weiterhin das Risiko der Ablehnung der Veränderung durch die Mitarbeiter. Potentiell negative Veränderungen für den Mitarbeiter sind für ihn schon frühzeitig zu erkennen.



4.3 Hypothese 3: Das Systemverständnis der Mitarbeiter ist erfolgsentscheidend

Der Aufbau von Systemen aus einzelnen Modulen stellt in vielen Unternehmensbereichen einen gängigen Standard dar. Die Veränderung einzelner Module in einem ansonsten unveränderten Gesamtsystem bildet die Basis von wandlungsfähigen Unternehmen. Die Vernetzung dieser einzelnen Module, sowohl in der Fabrik als auch im Netzwerk, ist daher eine weitere grundlegende Voraussetzung zur Etablierung von Wandlungsfähigkeit. Die Vernetzung der

Module resultiert jedoch in einer gesteigerten Komplexität des Gesamtsystems. Um diese Komplexität zu beherrschen und Wandlungsfähigkeit zu erzeugen, gilt es Mitarbeiter zu befähigen, die Auswirkungen ihres Handelns auf das Gesamtsystem zu verstehen. In der heutigen Produktionsumgebung ist eine direkte Transparenz aufgrund der Komplexität vieler Systeme nicht mehr ohne weiteres möglich.



Hypothese 3 bezieht sich vorrangig auf die Elemente „**vertikale Integration**“, „**horizontale Integration**“ und „**ganzheitliche Modularität**“ des Zukunftsbildes, da diese Elemente maßgeblich die Komplexität von Systemen prägen.

Diese Transparenz kann im Rahmen der zunehmenden Digitalisierung unter anderem durch den Einsatz von Assistenzsystemen erreicht werden. So kann beispielsweise durch die Simulation einer Prozesskette die Bedeutung einzelner Prozessschritte auf das Gesamtsystem herausgestellt werden. Weiterhin können Assistenzsysteme auch in Schulun-

gen und Weiterbildungen eingesetzt werden, um dort zur Bildung von Systemverständnis beizutragen. Die Technologien der Industrie 4.0 ermöglichen zudem den Umgang mit inkonsistenten und unvollständigen Daten, so dass auch unter diesen Voraussetzungen eine erhöhte Systemtransparenz ermöglicht wird.

CHANCEN

- Der Mitarbeiter kann seine Entscheidungen im Hinblick auf ein positives Gesamtergebnis treffen. Hierdurch können Entscheidungen hinsichtlich der Auswirkungen auf vor- oder nachgelagerte Prozesse klarer bewertet werden.
- Es wird eine Früherkennung von potentiell entstehenden Herausforderungen ermöglicht, was eine erhöhte Vorlaufzeit für benötigte Veränderungen bietet.
- Durch die Einordnung der persönlichen Tätigkeit in das Gesamtsystem erschließt sich die Sinnhaftigkeit dieser Tätigkeit für den einzelnen Mitarbeiter leichter und schafft eine erhöhte Identifikation mit der Arbeitsaufgabe.
- Die Steuerung aller Mitarbeiter eines Prozesses über den Zielerreichungsgrad des Gesamtprozesses wird unterstützt.

RISIKEN

- Das Erkennen von Zusammenhängen in komplexen Systemen stellt hohe Anforderungen an die kognitive Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Dies birgt die Gefahr der Überforderung, welche durch menschliches Versagen oder eine längerfristige Verweigerungshaltung gegenüber Neuerungen erkennbar ist.
- Vergrößert sich auch der Kreis der an der Entscheidungsfindung beteiligten Personen, so kann sich dies nachteilig auf die Entscheidungsfindung auswirken, da Entscheidungen unter Umständen mehr Zeit und Kapazität in Anspruch nehmen.
- Mitarbeiter hin zu einem hohen Systemverständnis zu qualifizieren erfordert Schulungsressourcen sowie weitere Maßnahmen wie etwa On-the-Job-Training.



4.4 Hypothese 4: Dynamische Organisationsform: Kombination der Vorteile aus Funktions- und Prozessorientierung

Die Organisationsform in Fabriken und Wertschöpfungsnetzwerken folgt heute typischerweise einer Funktions- oder einer Prozessorientierung. Hierbei ist ein Wechsel der Organisationsform nur langwierig und mit sehr hohem Aufwand möglich. Die Schaffung einer dynamischen Form, wie bspw.

einer dynamischen Matrixorganisation, erhöht die Wandlungsfähigkeit der Organisation und ermöglicht ihre anforderungsspezifische Anpassung. So kann situationsbedingt sowohl von einer funktionsorientierten Organisation als auch einer Prozessorientierung profitiert werden.



Die Erfüllung von Hypothese 4 wird maßgeblich durch die Charakteristika „**flexible Organisation**“ und „**menschliche Arbeitsfähigkeit**“ bestimmt, weil der Wandel zwischen Prozess- und Funktionsorientierung sowohl aus der organisationellen als auch aus der mitarbeiterindividuellen Perspektive erfolgreich sein muss.

Die adaptive Anpassung einer Organisation zwischen den Extremausprägungen der Prozess- und der Funktionsorientierung erfordert die Realisierung flexibler Organisationen und damit einhergehend einer flexiblen Arbeitswelt, wie im Zukunftsbild ausgeführt. Darüber hinaus müssen auch die menschlichen Arbeitsfähigkeiten an sich ändernde Arbeitsinhalte angepasst werden und trotzdem ein Gesamtverständnis umfassen. Beispielsweise müssen Fachexperten, die im Rahmen einer Funktionsorientierung gearbeitet

haben, ein ganzheitliches Verständnis über die Wertschöpfungsprozesse besitzen, um auch in einer prozessorientierten Organisation effizient agieren zu können. Der Ansatz ganzheitlicher Modularität stellt ebenso eine entscheidende Grundlage für die Umsetzung einer dynamischen Matrixorganisation dar, denn durch Modularität von Organisation und Technik wird der Wandel in der Organisation planbar und damit beherrschbar.

CHANCEN

- Wirtschaftlichkeitssteigerungen sind durch Skaleneffekte möglich. Bei einer funktionsorientierten Organisationsaufstellung wird eine hohe Anzahl an ähnlichen Aufgaben äußerst effizient gehandhabt. Die starke thematische Fokussierung und Zusammenarbeit mit Kollegen an gleichartigen Problemen schaffen ein tiefes Problemverständnis, was die Basis zur Optimierung und Weiterentwicklung genutzter Methoden darstellt.
- Durch prozessorientierte Organisationsformen besteht die Möglichkeit, sehr komplexe oder heterogene Probleme durch die ressortübergreifende Bündelung von Kompetenzen zu realisieren.
- Unternehmen sind sowohl einer strukturell konstanten Marktumwelt (durch funktionale Organisation) als auch disruptiven Trends und kurzen Innovationszyklen (durch prozessorientierte Organisation) gegenüber gewappnet und halten existentielle Wandlungsfähigkeit vor.

RISIKEN

- Die Erfüllung dieser Hypothese unterliegt der Herausforderung, den Wechsel der Organisationsform schnell und reibungslos umsetzen zu können. Bei hohem Wandlungsaufwand drohen enorme Einbußen der Wirtschaftlichkeit und das Unternehmen blockiert sich durch den häufigen strukturellen Wandel, anstatt sich zu optimieren.
- Kritisch ist dabei besonders die Ausbildung, Motivation und Unterstützung der Mitarbeiter im Umgang mit organisatorischem Wandel, die ansonsten bei einem Wechsel der Organisationsform schnell überfordert und orientierungslos werden können. Auch betriebsrechtliche und disziplinar-organisatorische Fragestellung können zu Problemen führen.



4.5 Hypothese 5: Horizontale Integration erfordert Standards

Die horizontale Integration über unterschiedliche Unternehmen sowie Kunden hinweg ermöglicht große Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Um diese Chancen durch Industrie 4.0-Technologien zu nutzen, müssen Daten übertragen werden. Der Austausch von Daten erfolgt über Unternehmensgrenzen hinweg, in

unterschiedlichen Datenformaten und Granularitätsstufen unter Berücksichtigung von Datenschutz und -sicherheit. Rechtliche Aspekte können diesen Austausch behindern, da langwierige Vertragsschlüsse notwendig sind.



In Hypothese 5 werden vor allem die Charakteristika der „**horizontalen Integration**“ und der „**Schnittstellen und Infrastruktur**“ als Grundlage zur Erfüllung der Hypothese angesehen.



Die oben genannten Hemmnisse können durch standardisierte Schnittstellen und Infrastruktur adressiert werden. Die Anwendung von Modularität, auch unternehmensübergreifend, schafft die Voraussetzungen für die Anwendung von horizontaler Integration durch die Bildung funktionaler, kleiner Einheiten. Auf Basis einzelner Module

lassen sich Plattformgeschäftsmodelle anwenden, die wiederum Anforderungen an die Standards sowie die horizontale Integration stellen. Lieferanten- und Kundenmanagementsysteme sind ebenso Schwerpunkte der horizontalen Integration und benötigen standardisierte Geschäftsprozesse, um effizient umgesetzt zu werden.

CHANCEN

- Eine deutliche Komplexitätsreduktion bei der unternehmensinternen und -übergreifenden Wertschöpfungsk Kooperation wird aufgrund standardisierter Informationsflüsse und Schnittstellen realisierbar. Dies resultiert in einer Steigerung der Reaktionszeit.
- Notwendige Anpassungen mit den Partnern am Wertschöpfungsnetzwerk können nahezu ad hoc durchgeführt werden.
- Die Durchlaufzeit in den Netzwerken kann durch effizienteren Informationsaustausch erheblich reduziert werden.
- Schwankungsrisiken auf Beschaffungs- und Absatzmärkten können effizienter ausgeglichen oder proaktiv diversifiziert werden.
- Andere Charakteristika, wie Modularität, Dezentralität oder Plattform-Geschäftsmodelle, werden durch eine standardisierte horizontale Integration deutlich effizienter.

RISIKEN

- Veraltete oder fehlerhafte Standards können Wandlungsfähigkeit hemmen, wenn beispielsweise relevante Informationen in den Standards vernachlässigt werden und kritische Entscheidungen daher falsch oder zu spät getroffen werden.
- Eine Einschränkung des Informationsaustauschs durch Standards ist möglich. Es kann zum Hemmen von Innovationen kommen, wenn nicht fallspezifisch kommuniziert werden kann. Die einzuhaltende Kompatibilität bedingt einen hohen Aufwand für Unternehmen, sich fallspezifisch anzupassen.



4.6 Hypothese 6: Optimalität ist trotz Dezentralität erreichbar

Die Technologien der Industrie 4.0 verstärken die Möglichkeit zur dezentralen Selbststeuerung einzelner, kleiner Teilbereiche in der Fabrik oder des gesamten Liefernetzwerks. Lediglich übergeordnete Rahmenbedingungen und Aufgaben (bspw. globale Produkt-Standort-Allokationen) werden vorgegeben. Hieraus folgt ein großer Gestaltungs-

spielraum zur lokalen Optimierung der dezentralen Elemente. Für die Betrachtung des Gesamtsystems ergibt sich dabei nicht immer ein globales Optimum. Weitere Fortschritte in der Datenanalyse und Systemprognose führen dazu, dass eine Gesamtoptimierung bei einer dezentralen Steuerung möglich wird.



Hypothese 6 fokussiert die Elemente „**vertikale Integration**“ sowie „**flexible Organisation**“ des Zukunftsbildes, weil diese einerseits die notwendigen Informationsflüsse darstellen und andererseits den Handlungsspielraum kleiner Einheiten organisational verankern.

Voraussetzungen für diese Hypothese sind technische, rechtliche und betriebswirtschaftliche Schnittstellen sowie die dazugehörige Infrastruktur. Zusätzlich ist der Einsatz von echtzeitfähiger KI mit einer gesteigerten Prognosefähigkeit einerseits notwendig, um Planungsunsicherheit zu senken, und andererseits relevant für die Unterstützung der dezentralen Steuerung durch entsprechende Assistenzsysteme. Die

Verantwortungsstrukturen werden einhergehend mit einem steigenden Systemverständnis dezentralisiert und Handlungsspielräume zum Schaffen von Synergien zwischen lokalen und globalen Optima geschaffen. Die dezentralen Einheiten werden dabei in einer flexiblen Organisation zusammengefasst, um diese Handlungsspielräume effektiv nutzen zu können.

CHANCEN

- Die Erhöhung des Gestaltungsspielraums dezentraler Einheiten verbessert die Wandlungsfähigkeit und damit die Robustheit von Unternehmen. Diese können besser auf lokale Faktoren und Rahmenbedingungen reagieren und diese zum Vorteil nutzen. Local-for-Local ist somit realisierbar.
- Die Beherrschbarkeit dezentraler Einheiten wird durch höhere Transparenz verbessert. Ein Gleichgewicht von Optimalität und Dezentralität lässt eine steuerbare Diversifikation von Unternehmensrisiko zu und kann zusätzlich die Profitabilität steigern, indem durch lokale Faktorausnutzung bisher nicht bekannte Potentiale gehoben werden.

RISIKEN

- Die Koordination des komplexen Gesamtsystems aus vielen dynamischen, dezentralen Einheiten ist kritisch. Dafür müssen technische, organisatorische und mitarbeiterfokussierte Lösungen und Hilfsmittel eingesetzt werden, um diese Komplexität für alle Beteiligten beherrschbar zu machen. Ansonsten ist der Anstieg von lokalen Optimierungen anstatt der Verfolgung von globalen Unternehmenszielen möglich.



4.7 Hypothese 7: Industrie 4.0 erhöht Transparenz bei inkonsistenten und unvollständigen Daten

Unterschiedliche Systeme sind der Grund für verschiedene Datenquellen und -arten (bspw. Stammdaten im ERP-System und RFID-Daten aus der Produktion), die häufig nicht konsistent sind und in denen teilweise Datensätze fehlen. Außerdem stellt die menschliche Einzel- und Zusammenarbeit grundsätzlich auch eine potentielle Fehlerquelle dar. Die

demzufolge bisher notwendige Datenaufbereitung gestaltet sich als sehr aufwendig. Die Daten- und Konsistenzüberprüfung durch menschliche Intuition und Erfahrungen ist bisher trotz des Aufwandes immer noch ein vielversprechender Ansatz.



Hypothese 7 adressiert insbesondere die Charakteristika „**Echtzeit-KI mit Prognosefähigkeit**“, „**Horizontale Integration**“ sowie „**Schnittstellen und Infrastruktur**“ des Zukunftsbildes. Durch die erhöhte Transparenz bei inkonsistenten und unvollständigen Daten werden die Charakteristika maßgeblich ermöglicht.

Durch moderne Big-Data-Ansätze und kognitive IKT-Systeme ergibt sich die Möglichkeit, inkonsistenten und unvollständigen Daten in einem Data-Lake bereitzustellen und Lücken, Fehler oder Widersprüche in den Daten zu reduzieren. Aus der Analyse dieser resultierenden verbesserten Datenbasis kann eine bisher nicht erreichbare Transparenz über Systemzustände erzeugt werden. Dieses Niveau entspricht der Stufe 4 im acatech Industrie 4.0-Entwicklungspfad (Schuh et al. 2017, vgl. Kapitel 2.2). Es ist jedoch festzustellen, dass mittels Transparenz allein kein Nutzen entsteht, sondern die Transparenz vielmehr den Befähiger zur Erreichung eines gesteigerten Nutzens für das Unternehmen

darstellt. Nach der Erzeugung von Transparenz ist anschließend die Einführung einer Entscheidungsunterstützung möglich. Perspektivisch stellt die maximale Ausprägung dieser Entwicklung ein autonomes System dar, welches in der Lage ist, für bestimmte Aufgabengebiete selbstständig Auswertungen durchzuführen, Datenfehler zu korrigieren, Entscheidungen zu bewerten und zu treffen sowie diese umzusetzen. Die Erreichung dieser vollständig autonomen Lösung ist jedoch für diverse Aufgabenbereiche (bspw. langfristige Absatzplanung) nicht der Soll-Zustand, da menschliche Expertenmeinungen stets die letzte Plausibilitätsprüfung darstellen sollten.

CHANCEN

- Die größte Chance liegt in der erhöhten Datenqualität und -konsistenz durch die Methoden und Technologien der Industrie 4.0.
- Die durch eine höhere Datenqualität von Stamm- und Bewegungsdaten erzielbaren Effizienzsteigerungen in logistischen und betriebswirtschaftlichen Zielgrößen führen zu deutlichen Verbesserungen.
- Datenaufbereitung durch den Menschen ist weniger notwendig, da die manuelle Pflege und Korrektur von Daten auf ein Minimum reduziert werden kann.
- Es bleiben mehr Kapazitäten für andere wertschöpfende Tätigkeiten übrig.

RISIKEN

- Ein Nachteil ist die mögliche Abhängigkeit von Big-Data-Analysen.
- Durch die Übergabe von bspw. Stammdatenpflege oder -korrektur in die Verantwortung von Algorithmen besteht mittelfristig die Gefahr eines Kompetenzverlusts der breiten Mitarbeiterschaft zum Erkennen von Zusammenhängen in Daten.
- Eine verringerte Nachvollziehbarkeit von Analyseergebnissen oder die Nichtaufdeckung von systematischen Entscheidungsfehlern der Algorithmen drohen.
- Die Mitarbeiter stehen vor der Herausforderung, dass die Komplexität der Auswirkungen und Zusammenhänge von individuellen Handlungen bereits heute nicht mehr einfach überblickt werden können.



4.8 Hypothese 8: Zunehmende Marktvolatilität erfordert Design for Changeability

Unternehmensweit werden regelmäßig neue Produkte, Dienstleistungen sowie Prozesse erdacht und von der Ideephase bis zur Implementierung geführt. Diese Lösungen werden zumeist aufgrund externer Impulse durch den Markt oder die direkte Konkurrenz notwendig. Da diese

Anforderungen immer kurzzyklischer auf das Unternehmen einwirken, werden Lösungen gesucht, die sich durch Wandlungsfähigkeit gegenüber dem turbulenten Umfeld auszeichnen.



Hypothese 8 bezieht sich auf die Charakteristika „**ganzheitliche Modularität**“ und „**Plattform-Geschäftsmodelle**“, da diese Ansätze eine Wandlungsfähigkeit für Unternehmen auch außerhalb der Produktion ermöglichen. Auch die „**flexible Arbeitswelt**“ wird als Bestandteil der Lösung gesehen.

Ein Ansatz vieler Unternehmen in der heutigen Zeit stellt der verstärkte Einsatz von Industrie 4.0-Lösungen dar. So wird bspw. die RFID-Technologie in der Produktion flächendeckend zur echtzeitfähigen dezentralen Datenaufnahme eingesetzt. Jedoch erzeugen auch diese Technologien nicht zwangsläufig von sich heraus eine Steigerung der Wandlungsfähigkeit. Für das Beispiel der RFID-Technologie bedeutet dies unter Umständen eine stark gestiegene Datenmenge, allerdings nicht notwendigerweise eine daraus hervorgehende erhöhte Veränderungsfähigkeit der zugrundeliegenden Prozesse. Um Wandlungsfähigkeit bspw. durch die Implementierung von aktuellen Technologien zu erreichen, muss diese bereits in der ersten Entwicklungsphase

(Design) der Lösungen gezielt vorgesehen werden. Neben technischen Lösungen ist Veränderungsfähigkeit ebenso durch die Organisation oder den Menschen umsetzbar. Dieser explizite Einbezug von Wandlungsfähigkeit in frühen Konzeptphasen wird hier „Design for Changeability“ genannt. Zur systematischen Berücksichtigung der Wandlungsfähigkeit in der Entwicklung von neuen Lösungen muss sie als eigenständige Zielgröße definiert und verlässlich in den unternehmensinternen Entscheidungsprozessen verankert werden. Ein Vorsehen der Wandlungsfähigkeit zu gleichen Teilen in allen Bereichen und auf allen Ebenen wäre jedoch nicht zielführend, da zu hohe Mehrkosten damit einhergehen würden.

CHANCEN

- Bei der frühzeitigen Adressierung der Wandlungsfähigkeit (Design for Changeability) wird häufig eine annähernd kostenneutrale drastische Ausweitung der vorgesehenen Wandlungsfähigkeit ermöglicht.
- Im Falle eines Wandels lassen sich erhebliche Kosten einsparen, welche die initial z.T. verursachten Mehrkosten schnell überkompensieren.
- Die gezielte Adressierung von Wandlungsfähigkeit als Zielgröße erhöht die Chance eines Unternehmens, mögliche Wandlungshemmnisse zu reduzieren.

RISIKEN

- Durch Design for Changeability besteht ein systematisches Risiko, dass Überkapazitäten vorgehalten werden. Dies können bspw. große Erweiterungsflächen sein, die das Gesamtprojekt zum jetzigen Zeitpunkt unwirtschaftlich machen.
- Das Vorsehen eines oder mehrerer Wandlungsbefähiger (siehe Kapitel 2.1) ist zwar grundsätzlich mit einer gesteigerten späteren Reaktionsfähigkeit gekoppelt, jedoch im Falle von stabilen Rahmenbedingungen zumeist die inferiore Lösung hinsichtlich Effizienz und Kosten.



4.9 Hypothese 9: Wandlungsfähigkeit muss in der Unternehmensstrategie verankert sein

Wandlungsfähigkeit kann nicht hinreichend über einen kurzfristigen Zeitraum geplant werden, weil der akute Anwendungsbedarf von Wandlungsfähigkeit durch externe Faktoren bestimmt wird. Da die Amortisation von Investitionen in Wandlungsfähigkeit faktisch erst bei Eintritt des Wandels selbst erfolgt, entfaltet die vorgehaltene Wandlungsfähigkeit erst mittel- bis langfristig ihr volles monetäres Potential. Strategische, langfristige Zeithorizonte sind daher für eine Bewertung der Wandlungsfähigkeit unabdingbar. Um den Nutzen von Wandlungsfähigkeit dennoch in den Unternehmen zu realisieren, ist eine explizite Veran-

kerung in der Unternehmensstrategie notwendig. Dies gilt zur Umsetzung von Wandlungsfähigkeit insbesondere heutzutage, da zum Portfolio von bisherigen technischen oder organisatorischen Lösungen weitere moderne Industrie 4.0-Technologien (wie bspw. Mensch-Roboter-Kollaboration) hinzukommen. Diese erlauben bei vergleichsweise geringen Investitionskosten einen teilweise erheblichen Zugewinn an Wandlungsfähigkeit und sind entsprechend attraktiv für die Unternehmen. Es ist das Ziel der zentralen Verortung von Wandlungsfähigkeit in der Unternehmensstrategie, diese Potentiale zu heben.



Es besteht eine Verbindung dieser Hypothese zu dem Charakteristikum „**Vertikale Integration**“ des Zukunftsbildes, da eine strategische Verankerung alle Ebenen des Unternehmens durchdringen muss. Außerdem ist „**Ganzheitliche Modularität**“ relevant, um die Unternehmung insgesamt wandlungsfähiger zu gestalten.

Die zentrale Voraussetzung zur Aufnahme der Anforderungen an die Wandlungsfähigkeit in die Unternehmensstrategie ist ein unternehmensweites Verständnis der Notwendigkeit von wandlungsfähigen Lösungen zur Begegnung der volatilen werdenden Rahmenbedingungen. Eine klare Verankerung in der Wirtschaftlichkeitsrechnung (Controlling) ist dafür notwendig. Neben der Einführung von Prinzipien der

Wandlungsfähigkeit in offensichtlich damit betroffenen Abteilungen, wie bspw. der Produktentwicklung, ist in weiteren Schritten eine Ausweitung auch auf andere Unternehmensteile vorzusehen, die bspw. nur mittelbar die dynamischen Marktveränderungen für ihre internen Geschäftsprozesse erfahren (bspw. IT-Abteilung).

CHANCEN

- Eine zentrale Vorgabe von Wandlungsfähigkeit als unternehmensweites Prinzip sorgt dafür, dass die zunächst nicht eindeutig definierten Einsatzzwecke und Technologien durch einzelne Umsetzungsprojekte zunehmend geschärft werden.
- Die Einführung eines unternehmensumfassenden, einheitlichen Vorgehens zur Berücksichtigung, Bewertung und Controlling von systematischer Wandlungsfähigkeit sorgt für die notwendige Tragweite.

RISIKEN

- Ein explizites Ziel zur Berücksichtigung von Wandlungsfähigkeit in der Unternehmensstrategie birgt die Gefahr, verschleppt zu werden, wenn keine konkret daraus abgeleiteten Umsetzungsmaßnahmen oder Projektinitiativen hervorgehen.
- Eine Berücksichtigung von Wandlungsfähigkeit in Projektzielen, Budgetierungsprozessen oder Controllinginstrumenten würde unter bisherigen Umständen als „over-engineered“ bewertet und entsprechend sanktioniert werden.
- Eine allumfassende, pauschal vorzusehende Wandlungsfähigkeit ist nicht zielführend.

5 Handlungsfelder

Die Erfüllung der vorgestellten Hypothesen ist der zentrale Baustein der Implementierung von Wandlungsfähigkeit innerhalb des Zukunftsbildes. Sie beschreiben, was in einer Zukunft, in der Wandlungsfähigkeit ein wesentlicher Aspekt industrieller Unternehmen ist, gelten muss. Die Hypothesen betreffen oftmals mehrere Bereiche der Gestaltung und des Betriebs von Unternehmen. Um eine Operationalisierung der Hypothesen zu unterstützen, werden nachfolgend konkrete Handlungsfelder aus den Hypothesen abgeleitet. Abbildung 14 veranschaulicht die Intensität der Verknüpfung von Hypothesen und Handlungsfeldern und dient als Orientierung für das weitere Kapitel.

Das Handlungsfeld **Qualifikation** ergibt sich aus Hypothesen, welche die Kompetenzen von Mitarbeitern adressieren. Es bündelt unter anderem Anforderungen wie die Wandlungsfähigkeit und das Systemverständnis von Mitarbeitern. Um darüber hinaus im Jahr 2030 wandlungsfähige Unternehmen und Netzwerke gestalten zu können, fordern eine Vielzahl von Hypothesen Grund- und Expertenkenntnisse der IT sowie über zukünftig relevante Fachbereiche. Das Zukunftsbild 2030 geht von einer zunehmenden Digitalisierung der Unternehmen und damit einer sich vergrößernden Datengrundlage sowie Komplexität von Systemen aus. Mehrere Hypothesen betonen daher unterschiedliche Aspekte, um mit der Komplexität dieser Systeme umzugehen, mit dem Ziel, Wandlungsfähigkeit zu ermöglichen.

Diese Aspekte werden im Handlungsfeld **Transparenz und Entscheidungsunterstützung** dargestellt. Der Wandel von Strukturen und Systemen erfordert oftmals einen Eingriff in die Aufbau- und Ablauforganisation von Unternehmen. Das Handlungsfeld **Organisation** vereint diese Aspekte und beschreibt Handlungsbedarfe zur Etablierung wandlungsfähiger organisatorischer Strukturen in Unternehmen. Die Umsetzung einiger Hypothesen kann nicht dezentral in Teilbereichen des Unternehmens verortet werden. Vielmehr bedarf es, besonders hinsichtlich bereichsübergreifender Entscheidungen, einer strategischen Verankerung zur Erfüllung dieser Hypothesen, was im Handlungsfeld **Strategie** beschrieben wird. Das abschließende Handlungsfeld stellt die **Unternehmenskultur** dar. Dieses vereint Hypothesen, die in ihrer Umsetzung besonders von einem kulturellen Wandel profitieren oder sogar maßgeblich davon abhängen.

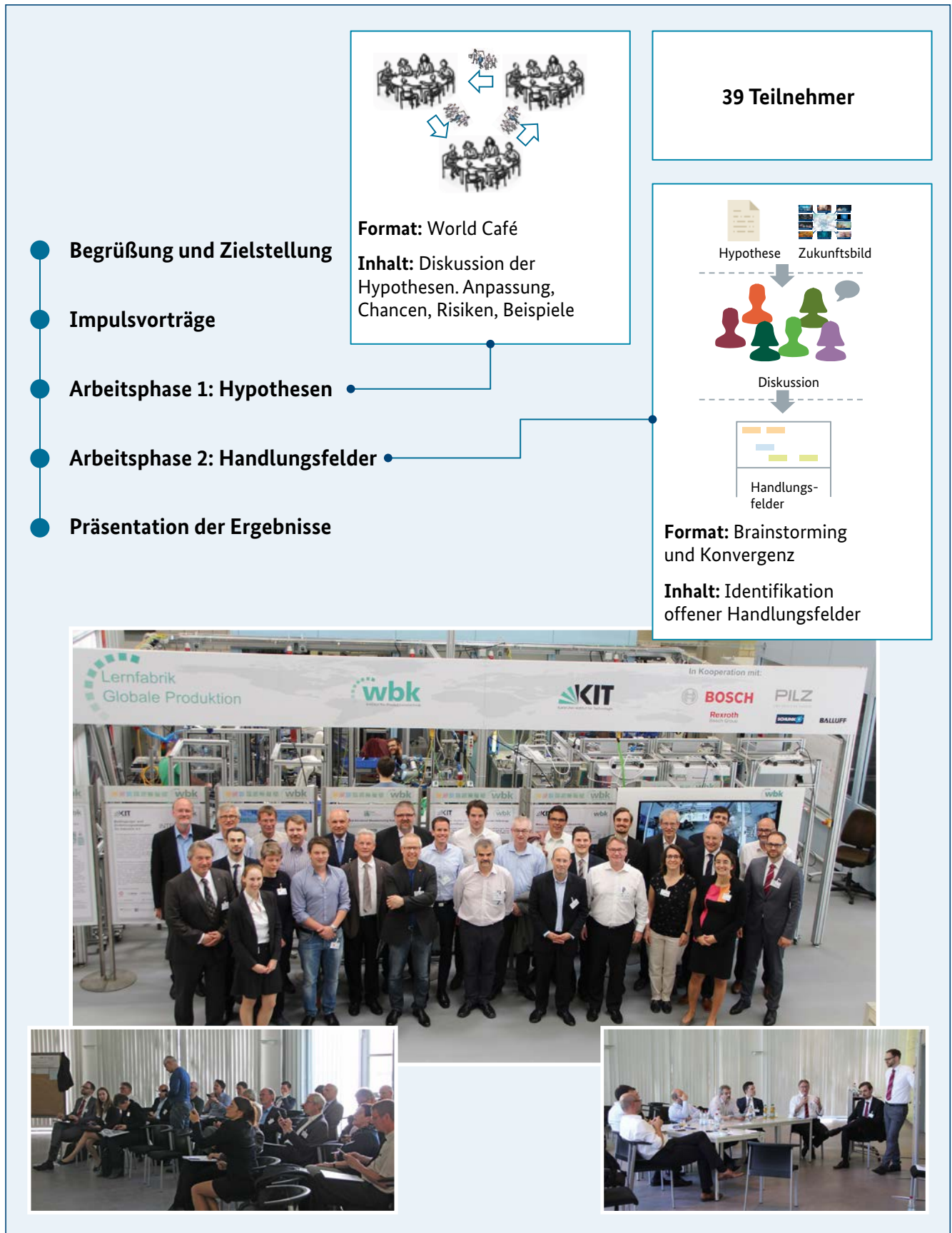
Einleitend werden jeweils eine Definition des Handlungsfeldes gegeben sowie die Potentiale des Handlungsfeldes zur Erfüllung von Hypothesen aufgezeigt. Um den gegenwärtigen Zustand der Entwicklungen im jeweiligen Handlungsfeld anzudeuten, wurde stellvertretend eine Auswahl bisheriger Aktivitäten und Erkenntnisse vorgenommen. Der Handlungsbedarf beschreibt abschließend Ansatzpunkte zur Realisierung der Hypothesen im jeweiligen unternehmensrelevanten Bereich.

Abbildung 14: Übersicht der Verknüpfung von Hypothesen und Handlungsfeldern

	Handlungsfelder	Qualifikation	Transparenz und Entscheidungsunterstützung	Organisation	Strategie	Unternehmenskultur
Hypothesen						
1 Die Veränderungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens						
2 Veränderungsbereitschaft von Mitarbeitern wird durch I4.0-Assistenzsysteme deutlich gesteigert						
3 Das Systemverständnis der Mitarbeiter ist erfolgsentscheidend						
4 Dynamische Organisationsform: Kombination der Vorteile aus Funktions- und Prozessorientierung						
5 Horizontale Integration erfordert Standards						
6 Optimalität trotz Dezentralität						
7 Industrie 4.0 erhöht Transparenz bei inkonsistenten und unvollständigen Daten						
8 Zunehmende Marktvolatilität erfordert Design for Changeability						
9 Wandlungsfähigkeit muss in der Unternehmensstrategie verankert sein						

Legende: Intensität der Verknüpfung hoch mittel gering

Abbildung 15: Impressionen des Workshops



5.1 Qualifikation

Definition

Als Qualifikation wird der formalisierte und nicht formalisierte Kompetenzaufbau zur Erfüllung der Arbeitsziele von Mitarbeitern produzierender Unternehmen bezeichnet (in Anlehnung an Bolder 2002). Die zunehmende Digitalisierung sowie das Aufkommen neuer Technologien und Geschäftsmodelle bergen vielfältige Unsicherheiten hinsichtlich der Arbeitswelt von Mitarbeitern. Es herrscht Unklarheit über die zukünftigen Arbeitsziele und Anforderungen an den Menschen sowie über die essentiellen Qualifikationselemente, die notwendig sind, um in einem digitalisierten und volatilen Marktumfeld bestehen zu können.

Potentiale

Systemverständnis macht erhöhte Vernetzung beherrschbar

Die digitale Transformation erlaubt eine engere Vernetzung von Bereichen, Unternehmen und technischen Anlagen. Ein höherer Grad an Vernetzung erhöht auch die Anzahl der gegenseitigen Beeinflussung zwischen den vernetzten Elementen. In diesen zunehmend komplexen Systemen ist ein übergreifendes Systemverständnis der Mitarbeiter elementar, um die Auswirkungen des Entscheidens und Handelns abschätzen zu können (*Hypothese 3 „Das Systemverständnis der Mitarbeiter ist erfolgsentscheidend“*).

Die Veränderungskompetenz des Menschen als zentrales Element

Die Potentiale der digitalen Transformation werden maßgeblich durch die Weiterentwicklung der Informationstechnik unterstützt. Die Innovation auf den Gebieten der Vernetzung, Rechenleistung und Algorithmik erlauben weitreichende Verbesserungspotentiale hinsichtlich wandlungsfähiger Produktionssysteme. Daher stellen die technischen Systeme nicht länger den beschränkenden Faktor in der Gestaltung wandlungsfähiger Produktionssysteme dar (*Hypothese 1 „Die Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens“*). Die Veränderungskompetenz der Mitarbeiter rückt daher in den Mittelpunkt und fungiert als wesentlicher Baustein in der Gestaltung wandlungsfähiger Produktionssysteme. Ebenso steht die Organisation von Unternehmen und Arbeitsinhalten im Fokus. Diese ist wandlungsfähig auszulegen, um dynamisch in kurzer Frist auf Veränderungen reagieren zu können.

Das Arbeiten in einer solchen dynamischen Organisation gelingt, wenn die Mitarbeiter entsprechende persönliche Kompetenzen und Flexibilität besitzen. Das Resultat ist eine optimale Ausnutzung der Kompetenzbündelung in Funktionseinheiten sowie eine gleichzeitig situationsbedingte hohe Anpassungsgeschwindigkeit der Organisation. Hypothese 4 (*„Dynamische Organisationsform: Kombination der Vorteile aus Funktions- und Prozessorientierung“*) verdeutlicht diesen Aspekt.

Nutzen von erhöhter Transparenz

In Hypothese 7 (*„Industrie 4.0 erhöht Transparenz bei inkonsistenten und unvollständigen Daten“*) wird verdeutlicht, wie durch neue Methoden und Technologien der Industrie 4.0 die Informationstransparenz erhöht werden kann. Dieses Potential kann dann vollständig gehoben werden, wenn Mitarbeiter qualifiziert sind, Entscheidungen durch eigene Plausibilisierung nachzuvollziehen, und somit lernen, auf neue Methoden und Technologien zu vertrauen.

Aktivitäten und Erkenntnisse im Handlungsfeld

Der Kompetenzanpassungsbedarf wurde erkannt

Die Auswirkungen der Digitalisierung und volatilen Unternehmensumwelt auf die benötigten Kompetenzen der Mitarbeiter in Unternehmen sind aktueller Gegenstand der Forschung und wurden in der einschlägigen Literatur vielfältig aufgegriffen (u. a. acatech 2016a, Ittermann et al. 2015). Um die notwendigen Veränderungen zielgerichtet zu gestalten, veröffentlichte beispielsweise das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Förderprogrammlinie „Zukunft der Arbeit“ (BMBF 2016). Zudem definiert das BMBF die Qualifikation als einen von vier zentralen Schwerpunkten im Rahmen der aktuellen Debatte um Industrie 4.0 (BMBF 2018). Die sich verändernden Anforderungen an die Qualifikation von Mitarbeitern werden auch auf europäischer Ebene wahrgenommen und thematisiert (ITRE 2016).

Industrieunternehmen reagieren auf die veränderten Kompetenzanforderungen

Im Rahmen der acatech-Position „Kompetenzen für Industrie 4.0“ wurde untersucht, inwiefern sich die Arbeitszeit und Bedeutung von industriellen Tätigkeiten verändern wird. Hierbei wird davon ausgegangen, dass besonders die Gruppe der abstrakten Tätigkeiten (bspw. Programmieren oder Entwickeln) stark in zeitlicher Beanspruchung und

Bedeutung zunehmen wird (acatech 2016a). Eine Vielzahl von Industrieunternehmen reagiert hierauf bereits mit Industrie 4.0-spezifischen Qualifikations- und Weiterbildungskonzepten (Allianz Industrie 4.0 2017). Um diese Entwicklung weiter voranzutreiben, bieten sowohl Verbände (u. a. ME et al. 2017) als auch durch den Bund geförderte Anlaufstellen wie bspw. „Mittelstand 4.0“ (BMW 2017b) Unterstützung in Form von Checklisten, Vorgehensweisen oder Handlungsempfehlungen an.

Hochschulen passen sich an

Ebenso hat eine Vielzahl von Hochschulen den sich verändernden Kompetenzbedarf erkannt und reagiert mit einer Überarbeitung der angebotenen Studiengänge und -inhalte. Neue Studieninhalte zielen auf die Themen Digitalisierung, Robotik und Vernetzung ab: So bietet beispielsweise das KIT mit der Vorlesung „Industrie 4.0“ im Bereich Informatik und Robotik den Studierenden die Möglichkeit, sich auf die zukünftigen Anforderungen des Arbeitsmarkts vorzubereiten. Die Schnittstelle von Betriebswirtschaft und Digitalisierung wird unter anderem durch die LMU München und die Duale Hochschule Baden-Württemberg in neu eingerichteten Studiengängen bedient. Ergänzend werden auch einzelne Schwerpunktbereiche wie IT-Sicherheit an der Westfälischen Hochschule durch eigene Studiengänge abgedeckt.

Beispiel:

Um den Hochschulen die Erforschung zukünftig notwendiger Expertisen praxisnah zu ermöglichen, sind diverse Kooperationsmodelle zwischen Industrie und Hochschulen umgesetzt worden. Exemplarisch sei hier auf das Industrie 4.0 Collaboration Lab am KIT verwiesen. Hier können Forscher und Studenten praxisnah in einer Virtual-Reality-Umgebung, unterstützt durch digitale Tools, an Themen wie der Prozessautomatisierung oder Produktentwicklung arbeiten und dabei erforderliche Kompetenzen ausbilden und erlernen.

Lernfabriken ermöglichen praxisnahe Kompetenzvermittlung

Lernfabriken sind physische Fabrikmodelle, in denen je nach Einsatzzweck und Ausrichtung der Lernfabrik spezifische Inhalte praxisnah vermittelt werden können. Ihr Einsatz spielt in der Ausbildung von Fach- und Führungskräften eine immer wichtigere Rolle zur Bewältigung der

digitalen Transformation. Ebenso werden sie im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung eingesetzt. So existieren allein im Bundesland Baden-Württemberg mittlerweile 16 Lernfabriken zur Industrie 4.0 an beruflichen Schulen, um Nachwuchskräfte gezielt auf die Anforderungen der Digitalisierung vorzubereiten (BW 2018).

Best Practice bei ABB



Realitätsnahe Lernumgebung durch vernetzte Schulungs-Fertigungslinie

ABB setzt eine vernetzte Schulungs-Fertigungslinie mit modernen Industrie 4.0-Konzepten zur Ausbildung ein. Diese ist an eine reale Fertigungslinie angelehnt und bietet so den Vorteil, Industrie 4.0-nahe Kompetenzen in einer Lernumgebung, aber unter quasi-realen Bedingungen auszubilden (BMW 2017a).

Best Practice bei Henkel



Flexibilitätsunterstützung durch individuelle Konfiguration von Kennzahlenübersichten

Henkel ermöglicht es dem Mitarbeiter, sich entsprechend seinem Wissen und der durchzuführenden Aufgabe individuell Hilfestellung in Form von frei konfigurierbaren Kennzahlenübersichten einzurichten. Mitarbeiter können so bei einer Veränderung der Arbeitsaufgabe oder -zielstellung schnell reagieren und sich die nun benötigten Kennzahlen, welche sie am effektivsten bei der Bearbeitung der Aufgabe unterstützen, anzeigen lassen (Henkel AG & Co. KGaA 2017).

Handlungsbedarf

Das Handlungsfeld Qualifikation gibt einen Überblick der relevanten Industrie 4.0-Kompetenzen und deren Vermittlung im Rahmen der innerbetrieblichen Aus- und Weiterbildung als auch der Bildung an allgemeinbildenden und beruflichen Schulen sowie Hochschulen. Diese werden nachfolgend detailliert vorgestellt. Abbildung 16 gibt eine Übersicht über die Struktur des Handlungsfeldes.

Abbildung 16: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Qualifikation



Relevante Industrie 4.0-Kompetenzen

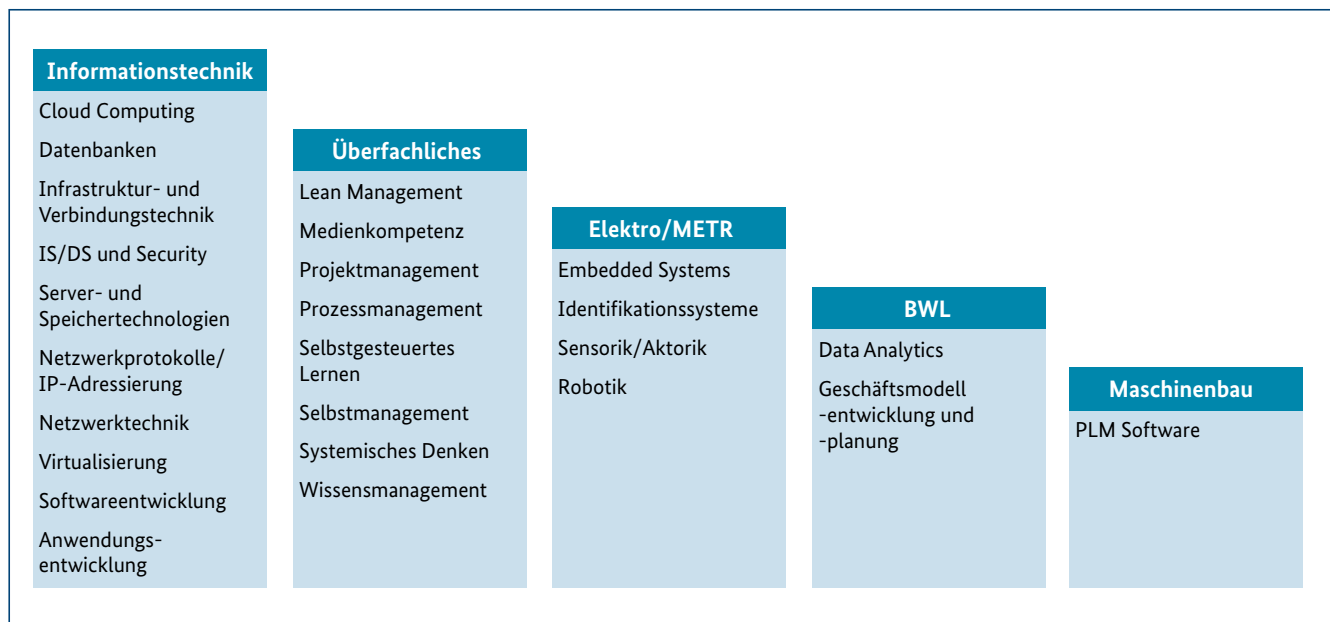
Die Identifikation der für die Industrie 4.0 relevanten Kompetenzen ist aktueller Gegenstand der Forschung. Daher soll im Folgenden zunächst ein Ansatz zur Strukturierung der benötigten Kompetenzen vorgestellt werden. Weiterhin wird der Bezug zur Wandlungsfähigkeit von Unternehmen hergestellt.

Als Grundlage der Einordnung von notwendigen Kompetenzen eines wandlungsfähigen digitalisierten Unternehmens kann die Studie „Next generation competencies for a digital world“ dienen (BiBB 2015). Diese greift die Modularität als Teilaspekt der Wandlungsfähigkeit auf (vgl. Kapitel 2.1) und

untergliedert in einer Baukastenstruktur die Bereiche Informationstechnik, Überfachliches, Elektro/Mechatronik (METR), Betriebswirtschaftslehre (BWL) sowie Maschinenbau. Wie in Abbildung 17 ersichtlich, werden dabei je übergeordneten Bereich konkrete fachliche und methodische Kompetenzfelder definiert. Das „Kursbuch Arbeiten 4.0“ betont im Kontext der Kompetenzentwicklung nachdrücklich die Notwendigkeit des Erwerbs zukünftig relevanter Kompetenzen um den digitalen Wandel erfolgreich zu gestalten (DGB 2017).

Hinsichtlich der Gestaltung von wandlungsfähigen Unternehmen sind hierbei **ausgewählte Kompetenzen** zu betonen.

Abbildung 17: Klassifizierung der Industrie 4.0-relevanten Kompetenzen (in Anlehnung an BiBB 2015)



- Um hohe Stufen des Industrie 4.0-Entwicklungspfades (vgl. Kapitel 2.2) hinsichtlich der Prozessbeherrschung zu erlangen, gilt es die Kompetenzen des **systemischen Denkens** und des **Prozessmanagements** aus dem Bereich Überfachliches mit dem jeweiligen **Domänenwissen** über die ausgeführten Prozesse zu verknüpfen.

Beispiel:

Um ein wandlungsfähiges Unternehmen zu gestalten, ist es unabdingbar, die relevanten Kompetenzfelder zielgerichtet zu kombinieren. Um die Produktqualität in wandlungsfähigen Produktionsnetzwerken zu gewährleisten, gilt es beispielsweise die benötigten Qualitätsdaten über die Wertschöpfungsstufen zu identifizieren. Diese sind in Abhängigkeit der gegenwärtigen Lieferkette zu aggregieren und auszuwerten. Neue Berufsbilder entstehen in Industrieunternehmen, wie beispielsweise der Data Scientist.

- Hinsichtlich der Vernetzung von Unternehmen und der damit verbundenen Möglichkeit, Wertschöpfungsnetzwerke wandlungsfähig zu gestalten, sind netzwerkseitige IT-Aspekte hervorzuheben. Neben der technischen Ausgestaltung gilt es besonders die **IT-Sicherheit** zu betonen, da ein Vertrauen in die Sicherheit von Daten und Datenübertragungen ein wesentlicher Grundpfeiler der Wandlungsfähigkeit dieser Systeme darstellt. Hierbei ist klar herauszustellen, dass sich die Anforderung an Datensicherheit im betrieblichen Kontext vom privaten Kontext unterscheiden kann.
- Als Teil eines wandlungsfähigen Unternehmens sind Mitarbeiter zunehmend mit neuen Entscheidungen konfrontiert. Daher ist hier die **überfachliche Entscheidungskompetenz** zu ergänzen. Mitarbeiter wandlungsfähiger Unternehmen werden bei komplexen Entscheidungen zusätzlich durch digitale Systeme assistiert, wodurch die **Medienkompetenz** als wesentliches Merkmal hervorzuheben ist [Transparenz und Entscheidungsunterstützung].

Die Anwendung dieser Kompetenzen kann durch das Erlernen von **Softskills** wirkungsvoll unterstützt werden.

Beispiel:

Dem Wertschöpfungsnetzwerk eines Unternehmens sollen chinesische Lieferanten hinzugefügt werden. Bei der

Kontaktaufnahme ist zu beachten, dass im Chinesischen der Familienname zuerst genannt wird, der Vorname folgt nach. Auch ist es, im Unterschied zum angloamerikanischen Raum, unüblich, Geschäftspartner mit dem Vornamen anzusprechen.

- Die Gestaltung und Nutzung von Wandlungsfähigkeit in global vernetzten Unternehmen erfordert ein hohes **interkulturelles Verständnis**. Die Kommunikationsfähigkeit der Mitarbeiter muss verstärkt im Fokus stehen, um das Arbeiten in wechselnden Teams und somit die Realisierung einer wandlungsfähigen dynamischen Organisationsform zu ermöglichen [Organisation].
- Speziell in der Phase der Einführung einer dynamischen Organisationsform können Fehler im Arbeitsalltag entstehen. Die unternehmensweite Verankerung einer **offenen Fehlerkultur** ist daher eine essentielle Voraussetzung hierfür [Unternehmenskultur].
- Besonders im Rahmen der Digitalisierung zeigt sich, welche Bedeutung einer kontinuierlichen Weiterbildung zukommt. Hier können Unternehmen effektiv ansetzen und Hilfestellungen geben, um **Lernen wieder zu lernen**.

Hinsichtlich der Gestaltung wandlungsfähiger Unternehmen sind auch die **Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt** zu berücksichtigen. Hierzu gibt die Wissenschaft zwei Stoßrichtungen zu bedenken: Upgrading sowie Polarisierung von Qualifikationen (Ittermann et al. 2015). Je nach zukünftiger Ausprägung sind Schwerpunkte in der Befähigung zu Wandlungsfähigkeit unterschiedlich zu setzen.

- Das Konzept des **Upgrading** beschreibt eine Zukunft, in der alle Tätigkeiten durch IT-Unterstützung aufgewertet werden, um die aus der Digitalisierung folgende Zunahme an Vernetzung und Komplexität zu beherrschen. Ein Upgrading von Qualifikationen geht in der Regel mit einer Vergrößerung des Arbeitsumfanges und des Verantwortungsbereiches einher. Dementsprechend nehmen **übergreifende Kenntnisse von Prozessen, Systemen oder auch Domänen an Bedeutung zu. Assistenzsysteme zur Komplexitätsreduktion und Entscheidungsunterstützung** stellen dabei hinsichtlich der zunehmenden Vernetzung wertvolle Hilfsmittel dar [Transparenz und Entscheidungsunterstützung].

Beispiel:

Die Planung von Logistikprozessen und -systemen durch Prozessingenieure erfordert den Einbezug von IT-Spezialisten, um „intelligente Technologien“ umzusetzen. Das Kompetenzfeld des Prozessingenieurs wird daher im Sinne des Upgrading um die Beherrschung der Logistik-IT-Schnittstelle ergänzt (Windelband 2014). Dementsprechend gilt es ein geeignetes Qualifizierungskonzept für Prozessingenieure zu identifizieren.

- Das Konzept der **Polarisierung** beschreibt hingegen eine zunehmende Divergenz einfacher und anspruchsvoller Tätigkeiten durch Erosion der mittleren Qualifikationsebene. Hiervon können beispielsweise Aufgaben in der Montage oder Überwachung, aber auch Service- und Verwaltungstätigkeiten betroffen sein.

Innerbetriebliche Aus- und Weiterbildung

Um den aufkommenden Herausforderungen erfolgreich zu begegnen, müssen sich die im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen verändern und anpassen. Es ist dabei in den meisten Fällen nicht ausreichend, lediglich externe Kompetenzen einzugliedern. Vielmehr ist es ein sinnvoller Weg, diese intern durch Programme und Projekte zur Qualifizierung von Mitarbeitern zielgerichtet auszubilden. Hierbei ist das Zusammenwirken von **Fach- und Personalbereich** langfristig ein zentrales Element, um das Unternehmen auf kommende Aufgaben vorzubereiten.

- Eine bereichsübergreifende dynamische **Qualifikationsmatrix** schafft dabei Transparenz und erlaubt die strukturierte Ermittlung der Abweichung von vorhandenen und zukünftig benötigten Kompetenzen [Organisation]. Durch diese detaillierte Darstellung kann eine bereichsspezifische Roadmap zur innerbetrieblichen Aus- und Weiterbildung erstellt werden. Weiterhin kann diese genutzt werden, um bottom-up eine ergänzende Einschätzung der zukünftig relevanten Kompetenzen auf dem jeweiligen Fachgebiet zu erlangen.

Beispiel:

Die Beschaffung einer neuen Software zur Unterstützung der Layoutplanung ist zu entscheiden. Durch die Heterogenität aus fachlichem Erfahrungswissen und digitaler Kompetenz in altersgemischten Teams kann die Bewertung der Softwarealternativen auf einer breiten Basis erfolgen.

- Der Einsatz von **altersgemischten Teams** [Organisation] [Unternehmenskultur] ist ein wertvolles Instrument zur Verbreitung von Kompetenzen und Wissen. Die digitale Kompetenz jüngerer Mitarbeiter trifft hier auf das Erfahrungswissen älterer Mitarbeiter. So können einerseits Ergebnisse aus der Anwendung neuer Methoden mit Fachwissen abgeglichen und validiert werden. Andererseits können Hemmnisse in der Anwendung digitaler Hilfsmittel durch begleitetes Anwenden abgebaut werden.
- Eine weitere Möglichkeit, die Mitarbeiter zur Mitgestaltung zu motivieren, kann durch **individuelle Qualifikationspakete** erzielt werden. Dabei stellen Mitarbeiter mit Unterstützung der Personalabteilung und der betroffenen Fachabteilungen ihr eigenes Qualifizierungskonzept aus einem modular aufgebauten Qualifizierungskatalog zusammen.
- Diese Art der Mitgestaltung kann auf die **Gestaltung des persönlichen Arbeitsumfeldes** übertragen werden, da aufgrund der spezifischen Arbeitsaufgaben ganzheitliche Digitalisierungsansätze für alle Arbeitsplätze kaum zielführend umzusetzen sind.

Ein modernes Konzept im Erwerb von Kompetenzen ist das **Training-into-the-job**. Es beschreibt, dass Fähigkeiten durch den **Einsatz in der arbeitsnahen Praxis** effektiv ausgebildet werden können (Wien und Franzke 2013).

- Der Einsatz von **Lernfabriken und Testumgebungen** ist dabei eine wertvolle Möglichkeit, um eine hohe Praxisnähe bei einer Reduzierung der Fehlerauswirkungen herzustellen. Die Kenntnis von System- und Prozesszusammenhängen unterstützt die Wandlungsfähigkeit von Mitarbeitern.

Beispiel:

In einem Produktionsbereich wird ein neues Produktionssteuerungsverfahren eingeführt. Im Rahmen einer Lernfabrik können sich die Mitarbeiter im praktischen Einsatz vorab mit den neuen Abläufen sowie den Vorteilen des neuen Steuerungsverfahrens vertraut machen.

- Das Konzept der **Jobrotation** [Organisation] stellt eine effektive und einfache Möglichkeit dar, die Folgen des eigenen Handelns an unterschiedlichen Punkten der Wertschöpfung kennen zu lernen und somit das System- und Prozessverständnis zu schulen. Weiterhin kann hierdurch der Einsatzbereich der Mitarbeiter vergrößert und somit Flexibilität geschaffen werden.

Die Digitalisierung bietet nicht nur Möglichkeiten, die Wertschöpfung in Unternehmen direkt zu unterstützen. Vielmehr sollten die **Möglichkeiten digitaler Medien** auch zur Vermittlung von Kompetenzen in Unternehmen eingesetzt werden.

- Der Einsatz von **Learning Nuggets** (Schwuchow und Gutmann 2017) ermöglicht einen einfachen Einstieg in komplexe Themenfelder wie beispielsweise Big Data. Learning Nuggets sind kleine in sich geschlossene Lerneinheiten und können in verschiedenen Formaten wie **Web Based Trainings** oder Youtube-Videoserien eine einfache Zugänglichkeit bieten. Durch die strukturierte Aufbereitung von Learning Nuggets in mehreren kleinen Teilelementen kann ähnlich einem Inhaltsverzeichnis schnell geprüft werden, ob Methoden oder Technologien hinsichtlich spezifischer Problemstellungen angeboten werden. Weiterhin steht einem einmaligen Aufwand bei der Erstellung ein großer Nutzen durch unbegrenzt häufige Nutzung gegenüber. Ebenso können im Sinne der Wandlungsfähigkeit (vgl. Kapitel 2.1) Anpassungen zielgenau innerhalb der betroffenen Nuggets durchgeführt werden, ohne dabei die Struktur des übergeordneten Themas zu verändern.
- Die Ausstattung von **Mitarbeitern mit einer Lehrfunktion** ist eine Möglichkeit, diese in die Bewältigung der Digitalisierung einzubeziehen. Sie können als Tutor auf Mitarbeiterebene Wissen unkompliziert und im Firmenkontext aufbereitet vermitteln. Ein geeigneter Anwendungsfall ist beispielsweise der Umgang mit neu eingeführter Software.
- Um einen Anreiz für die selbstständige Beschäftigung mit neuen Themenfeldern zu schaffen, empfiehlt es sich, dies durch eine Verankerung in einem betriebsinternen Belohnungssystem voranzutreiben. Durch den Einsatz von **Gamification**, also der Integration spieltypischer Elemente zur Motivationssteigerung, kann dieser Anreiz weiter gesteigert werden.
- Das Erlernen neuer Aufgaben und Prozesse kann auch durch **Assistenzsysteme mit einem skalierbaren Unterstützungsgrad** ermöglicht werden [Transparenz und Entscheidungsunterstützung]. Durch die Rücknahme der Unterstützung bei fortgeschrittenen Anwendern wird das Gefühl der Bevormundung abgebaut und die Eigenverantwortung gestärkt.
- Eine bedeutende Voraussetzung, um die Digitalisierung zu beherrschen, ist die **einheitliche Verwendung von Sprache**. Besonders im Rahmen von Veränderungen, die durch Digitalisierung getrieben sind, ermöglicht ein sauberer Umgang mit einheitlich definierten Begriffen eine erhöhte Akzeptanz durch die Vermeidung von Missverständnissen.

Bildung an allgemeinbildenden und beruflichen Schulen sowie Hochschulen

Die innerbetriebliche Aus- und Weiterbildung baut auf dem Qualifikationsfundament der Schulen und Hochschulen auf. Ein möglichst frühzeitiges Erlernen von **zentralen Kompetenzen des modernen Berufslebens** erleichtert den dabei notwendigen Aus- und Weiterbildungsaufwand. Analog der innerbetrieblichen Bildung ist auch hier auf einen **starken Anwendungsbezug** zu achten.

Beispiel:

Der Online-Kurs „Hands on Industrie 4.0“ von Prof. Dr. Kagermann und Prof. Dr. Meinel (Kagermann und Meinel 2018) stellt einen MOOC dar, der einen breiten Überblick über das Themengebiet der Industrie 4.0 gibt. Eine Übersicht weiterer Industrie 4.0-relevanter Workshops und Trainings bietet die Webseite der Plattform Industrie 4.0 unter dem Schlagwort „Industrie 4.0-Kompass“.

- Das Konzept der Learning Nuggets kann auf **Massive Open Online Courses**, kurz MOOCs, ausgedehnt werden. Hier werden Themenkomplexe strukturiert aufbereitet und Teilnehmern in einzelnen Schulungsmodulen vermittelt. Der Vorteil liegt neben der strukturierten Aufbereitung auch in der stetigen Verfügbarkeit des Angebots und der Möglichkeit des individuellen Lerntempos.
- Ein zentraler Aspekt ist dabei die Abkehr vom klassischen Leistungsüberprüfungskonzept der Wissenswiedergabe. Zielführender ist es, die Neugierde auf kreative Lösungsansätze zu fördern.
- Die öffentliche Ausbildung soll die Anforderungen der Arbeit in dynamischen Organisationen berücksichtigen [Organisation]. Hierbei sind wichtige Kompetenzen unter anderem eine **hohe Flexibilität** im Umgang mit neuen Themen, **domänenübergreifendes Denken** sowie **eigenverantwortliches Lernen und Arbeiten in Gruppen**.

Beispiel:

Das digitale Umfeld in der Freizeit von Jugendlichen kann dazu verwendet werden, sie mit den dahinterliegenden Konzepten vertraut zu machen. Aus der Nutzung von Streaming-Diensten kann beispielsweise ein Grundverständnis für Datenübertragung abgeleitet werden.

- Die zunehmende Digitalisierung betrifft im Arbeitsleben bei weitem nicht nur Menschen mit Hochschulabschluss. Daher ist eine Schulung der IT-Kompetenz nur an Hochschulen und Universitäten nicht ausreichend (BMWi 2017a). Bereits in den **weiterführenden Schulen ist eine digitale Grundausbildung** fest zu verankern, um einen einheitlichen IT-Standard erreichen zu können. Die Förderung der IT-Kompetenz an allgemeinbildenden und beruflichen Schulen sowie Hochschulen kann beispielsweise durch themenspezifische IT-Wettbewerbe zur Soft- und Hardwareentwicklung, sogenannte **Hackathons**, unterstützt werden.
- Eine **engere Vernetzung von Lehrenden und Unternehmen**, um anwendungsnah zu lehren, kann durch eine Lehrerqualifizierung, beispielsweise durch kurzzeitige Praktika in der Wirtschaft, erfolgen. Ebenso können Quereinsteiger in den Lehrerberuf Industrierwissen und -Anforderungen gezielt vermitteln.
- Um dem schnellen Wandel von Technologien gerecht zu werden, gilt es den **Kenntnisstand von Lehrenden**, besonders in der Schulbildung, dementsprechend kontinuierlich weiterzuentwickeln.
- Eine Voraussetzung, um die Vermittlung von Kompetenzen im digitalen Umfeld effektiv zu lehren, besteht in der **digitalen Ausstattung** insbesondere von allgemeinbildenden Schulen und Berufsschulen.

Die digital-orientierte Anpassung der betrieblichen Aus- und Weiterbildung sowie der Schul- und Hochschulbildung erlaubt eine effiziente Reaktion auf die digitalisierte und wandlungsfähige Arbeitswelt. Zukünftigen und gegenwärtigen Mitarbeitern von Unternehmen wird so die Chance ermöglicht, effektiv in einer von Wandlungsfähigkeit und Digitalisierung geprägten Zukunft zu agieren.

Zusammenfassung Handlungsfeld Qualifikation

- Lernfabriken und Testumgebungen verringern die Zeit vom Erlernen der Theorie zum Einsatz im Feld.
- Wissen in den Domänen IT, Elektrotechnik, Maschinenbau und BWL sowie Soft Skills bilden den Kern des Kompetenzbaukastens der Zukunft.
- Eine IT-Grundausbildung ist nicht nur an Hochschulen vorzusehen.

5.2 Transparenz und Entscheidungsunterstützung**Definition**

Unter dem Handlungsfeld *Transparenz und Entscheidungsunterstützung* werden in der Industrie die verschiedenartigen Aktivitäten zur Steigerung der Nachvollziehbarkeit des unternehmerischen Handelns zwischen Abteilungen und Mitarbeitern auf gleicher sowie über verschiedene Hierarchieebenen hinweg verstanden. Dazu sind die im Unternehmen vorliegenden Informationsbestandteile hinsichtlich ihrer Wirkzusammenhänge im Kontext zu analysieren und sowohl eine Aggregation der Daten als auch eine semantische Verknüpfung dieser sicherzustellen (Schuh et al. 2017). Insbesondere im Kontext der Industrie 4.0 bietet dieses Handlungsfeld nahezu endlose Möglichkeiten und steht gleichzeitig durch die Notwendigkeit der Reaktion auf eine nie dagewesene Datenflut vor enormen Herausforderungen.

Potentiale*Transparenz ist für Entscheidungsunterstützung notwendig*

Um konsistente und den Zielen des Gesamtunternehmens dienliche Entscheidungen trotz lokal divergierender Entscheidungsprämissen treffen zu können, sind zum einen Informationen zielgruppenspezifisch aufzubereiten und der unternehmensinternen Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Zum anderen kommen zur Entscheidungsunterstützung sogenannte Assistenzsysteme zum Einsatz. Diese verdeutlichen die Auswirkungen des eigenen Handelns auf unmittelbar und auch mittelbar betroffene Unternehmensbereiche. Die Steigerung des Verständnisses von Handlungsauswirkungen auf andere Personen oder Unternehmensbereiche ist ein zentraler Faktor für den Unternehmenserfolg.

(Hypothese 3 „Das Systemverständnis der Mitarbeiter ist erfolgsentscheidend“).

Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen wird verbessert

Das Potential im Handlungsfeld Transparenz und Entscheidungsunterstützung für den unternehmerischen Erfolg resultiert insbesondere aus einer gesteigerten Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen, die bei den Mitarbeitern die Bereitschaft zur Abweichung von bisherigem Verhalten positiv beeinflusst. Es ist klarer nachzuvollziehen, welchem Zweck etwaige Veränderungen dienen (Hypothese 2 „Die Veränderungsbereitschaft von Mitarbeitern wird durch I4.0-Assistenzsysteme deutlich gesteigert“). Das Resultat ist eine stark verbesserte Leistungsfähigkeit des Unternehmens insbesondere bei ansteigender Markt- und Umweltvolatilität sowie wechselnden Kundenanforderungen. Dazu muss das Unternehmen bereits in der Ideenphase von neuen Produkten, Prozessen oder Dienstleistungen die Wandlungsfähigkeit explizit berücksichtigen (Hypothese 8 „Zunehmende Marktvolatilität erfordert Design for Changeability“). Die bisherigen, z.T. über Jahre hinweg etablierten Entscheidungsprozesse innerhalb des Unternehmens werden durch die rapiden Änderungen der verschiedenartigen Rahmenbedingungen keine gesamtunternehmerisch sinnvollen Lösungen mehr erzielen, sondern führen zu lokalen Optima. Eine Erhöhung der Transparenz und eine zielführende Entscheidungsunterstützung wirken dem entgegen.

Entscheidungsunterstützung durch Assistenzsysteme

Für das Handlungsfeld Transparenz und Entscheidungsunterstützung wird die Verwendung hochqualitativer, einheitlicher Daten über alle Assistenzsysteme hinweg angestrebt. Zukünftige Assistenzsysteme werden jedoch fehlerbehaftete Daten umgehen können und trotzdem die Ableitung von gesamtunternehmerisch zielführenden Entscheidungen auf lokaler Ebene unterstützen (Hypothese 7 „Industrie 4.0 erhöht Transparenz bei inkonsistenten und unvollständigen Daten“ und Hypothese 6 „Optimalität ist trotz Dezentralität erreichbar“). Eine Erhöhung der Transparenz im Unternehmen ist dann sinnvoll, wenn daraus eine schnellere und bessere Entscheidungsfindung in den Geschäftsprozessen des Unternehmens ermöglicht wird. Neue Technologien und Ansätze der Industrie 4.0 wie bspw. kognitive IKT-Systeme ermöglichen diese höhere Transparenz für Unternehmen mit dem Resultat, dass eine gesteigerte Wandlungsfähigkeit gegenüber dem Markt erzielt wird. Dieses Potential wird insbesondere durch neue Assistenzsysteme gehoben. Dabei werden die Mitarbeiter nicht durch Algorithmen entmündigt, sondern vielmehr die stark ansteigende Informationsmenge und -verfügbarkeit für den Anwender unter

Berücksichtigung der Gesamtunternehmensziele aufbereitet und bewertet. Es hängt dabei auch stark vom Mitarbeiter ab, inwieweit die in diesem Themenfeld liegenden Potentiale gehoben werden können (Hypothese 1 „Die Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens“). Durch die Entscheidungsunterstützung kann der Mitarbeiter für sein Unternehmen den Bedarf an situationsabhängig sinnvoller Wandlungsfähigkeit zum einen sehr viel früher erkennen und zum anderen die notwendigen Veränderungsmaßnahmen unternehmensintern einfacher veranlassen und begründen. Stark veränderliche Bedingungen am Markt werden damit nicht durch starre Prozessketten übergangen, sondern können von den Mitarbeitern in der Rolle der letzten Entscheidungsinstanz identifiziert und berücksichtigt werden. Darüber hinaus können die durch diese Entlastung freigesetzten Kapazitäten des Personals für Maßnahmen im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses oder für Langfristvorhaben zum Wohle des Unternehmens eingesetzt werden.

Drei Potentialfelder sind identifiziert

Insgesamt können durch verbesserte Transparenz und Entscheidungsunterstützung die Mitarbeiter sowohl bei der Erfüllung für sie neuartiger Aufgaben unterstützt (situatives Lernen), bei der Bewertung von Alternativen in einem ihnen bekannten Sachverhalt begleitet (Aufwands- oder Risikoabschätzung) oder auf sich anbahnende Veränderungen der Rahmenbedingungen frühzeitig aufmerksam gemacht werden (frühe Trenderkennung am Markt schafft mehr Reaktionszeit). Jeder dieser Anwendungsfälle trägt sowohl für sich als auch idealerweise im Zusammenspiel einen sinnvollen Anteil zur Steigerung des Unternehmenserfolges bei.

Aktivitäten und Erkenntnisse im Handlungsfeld

Transparenz in der einschlägigen Literatur

Der Begriff Transparenz wird von Schuh et al. (2017) als vierte Stufe eines sechsstufigen Reifegradmodells gesehen (vgl. Kapitel 2.2). Die Erlangung von Transparenz über einen Unternehmensbereich oder eine Unternehmensaufgabe wird nach Schuh et al. durch die Beantwortung der Frage „Warum passiert es?“ umschrieben. Die Möglichkeit der Erfassung von Ursachen für das beobachtete Systemverhalten ist demzufolge als Transparenz zu verstehen. Bauernhansl et al. (2014) beschreiben Transparenz außerdem als die Hauptaufgabe von ERP-Systemen. Die Herausforderung dabei wird als die nahtlose Vernetzung der einzelnen Sys-

tembestandteile verstanden. Eine gesteigerte Transparenz wird als positive Folge einer verbesserten Benutzerfreundlichkeit von technischen Systemen (bspw. durch neue Arten der Mensch-Maschine-Interaktion) beschrieben (Gausemeier et al. 2016). Chancen durch gesteigerte Transparenz sind in den Dimensionen Produktivität, Wirtschaftlichkeit, aber auch in der Ökologie und dem Sozialen zu sehen (Kagermann 2017, Bauernhansl et al. 2014).

Transparenz als kontrovers diskutiertes Thema mit Chancen und Risiken

Es wird in Betrieben von einer bisher mangelnden Transparenz über die Unternehmensebenen hinweg gesprochen. Dies schränkt die aufwandsarme und schnelle Anpassungsfähigkeit auf neue Rahmenbedingungen ein, da dabei insbesondere die angestrebte Produkt- oder Prozessqualität kontinuierlich sicherzustellen ist (acatech 2016b, BMBF 2015). Innerhalb aktueller, moderner Wertschöpfungsnetzwerke liegt z. T. bereits heute eine vergleichsweise hohe Transparenz vor, wobei diese hohe Transparenz heute häufig nur von erfahrenen Anwendern der im Unternehmen eingesetzten Assistenzsysteme genutzt werden kann. Die hohe Transparenz führt unter anderem zu starkem Wettbewerb unter den Beteiligten (BMBF 2013). Die Diskussion der Sinnhaftigkeit von Transparenz über alle Vorgänge sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch über das Unternehmen hinaus wird aktuell jedoch noch kontrovers diskutiert und ist bisher nicht abschließend beantwortet (Becker und Deuse 2015).

Ittermann et al. (2015) betonen, dass Transparenz zum Überblick und Verständnis der Aktivitäten über den eigenen Arbeitsplatz hinausführt. Dabei wird jedoch ebenfalls vor der Gefahr einer neuen Art der Kontrolle von Mitarbeitern gewarnt (Ittermann et al. 2015). Zum Teil ist von einer Überdrüssigkeit der Mitarbeiter durch Transparenz die Rede (Gausemeier et al. 2016). Geisberger und Broy (2012) warnen vor einer Rückbildung des Bewusstseins für Datenschutzaspekte durch den erhofften Nutzen erhöhter Transparenz.

Entscheidungsunterstützung in der einschlägigen Literatur

Entscheidungsunterstützungssysteme (Assistenzsysteme) dienen den Mitarbeitern auf allen Hierarchieebenen, bessere, begründetere und ggf. langfristiger haltbare Entscheidungen zu treffen (acatech 2016a). Die positiven Attribute der Assistenzsysteme werden als kundenfreundlich, erleichternd und effizienzsteigernd, umweltfreundlich, situationsgerecht und demographiefreundlich als auch der Vereinbarkeit von Familie und Beruf zuträglich beschrieben

(BMBF 2013, BMBF 2015). Insbesondere die letztgenannten Punkte werden damit als Ansatzpunkte zur Bewältigung des Fachkräftemangels gesehen, da bspw. durch ein „Schicht-Doodle“ die Mitarbeiter selbstständig ihre individuellen Verfügbarkeiten für die Dienstplanerstellung eingeben können (Becker und Deuse 2015, Ittermann et al. 2015). Die Folge ist eine gesteigerte Attraktivität der Arbeitgeber, die solche Möglichkeiten anbieten, und damit eine bessere Positionierung auf dem Arbeitsmarkt. Durch die Unterstützung von niedriger qualifizierten Mitarbeitern mittels Assistenzsystemen werden die insgesamt gesteigerten Anforderungen beherrschbar. Zielgruppen, die sich für die Anwendung von Assistenzsystemen eignen, sind grundsätzlich auf allen Hierarchieebenen, von der Unternehmensführung über die Planungsebene bis zum Werker auf dem Shopfloor, zu finden (acatech 2016a).

Menschzentrierte Auslegung von Assistenzsystemen

Bei der Entwicklung und Einführung von Assistenzsystemen werden heute bereits die Maßstäbe der menschenzentrierten Automatisierung verfolgt. Dies bedeutet, dass der Mitarbeiter im Mittelpunkt der Betrachtung steht und durch Entlastung von unergonomischen oder stark repetitiven Aufgaben vermehrte Kapazitäten für wohlüberlegte Entscheidungen und gestaltende Tätigkeiten hat (bspw. die Erprobung neuer Herangehensweisen am Arbeitsplatz, die Verfeinerung der Prozesse oder die Reduktion des Ausschusses) (acatech 2016b). Im Kontrast dazu ist die vollständige Automatisierung von Produktionsabläufen bei volatilen Marktbedingungen häufig nicht anzustreben, da den häufigen Veränderungen der Rahmenbedingungen durch ein rein technisches System nur unzulänglich schnell begegnet werden kann. Der Mensch mit seiner Anpassungsfähigkeit ist in diesem Fall vor Ort äußerst wertvoll (Bauernhansl et al. 2017).

Gemeinsame Entscheidungsbasis bietet Chance und Risiko

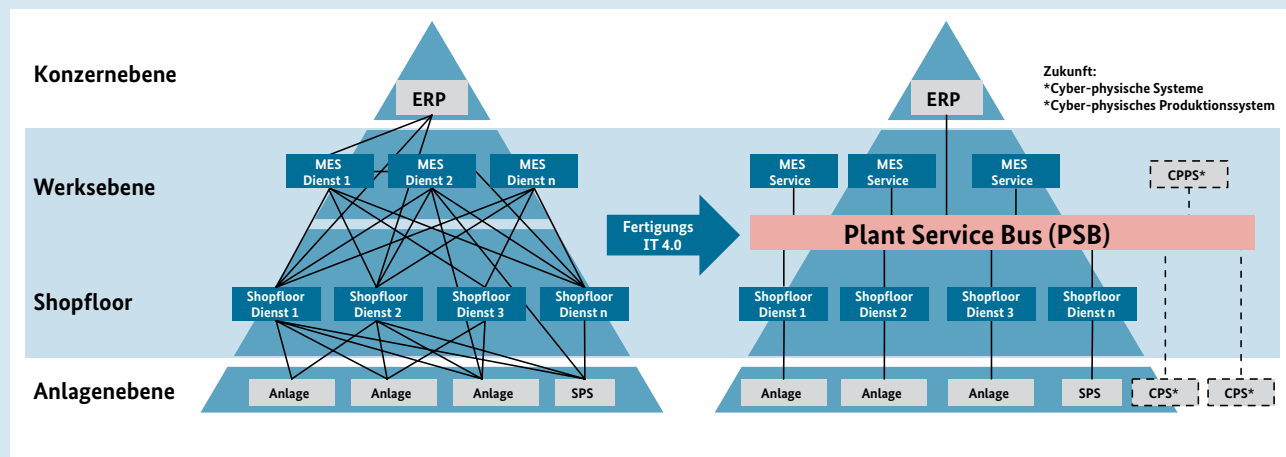
Durch die Zusammenführung von diversen Datenquellen in ein Abbild der Realität entsteht eine primäre Entscheidungsbasis für Assistenzsysteme zur Empfehlung von Maßnahmen an den Anwender, die dieser ohne Zutun des Systems nicht zur Entscheidungsfindung hätte verwenden können (Bauernhansl et al. 2017). Als exemplarisches Risiko durch den Einsatz von zu vielen oder zu weitreichenden Assistenzsystemen ist die Überforderung des Anwenders zu nennen, wenn zu häufige oder zu aufdringlich gestaltete Warnungen oder Hinweise aufblenden. Die Leistungsfähigkeit zum Treffen der richtigen Entscheidung durch den Mitarbeiter ist in der Folge reduziert (Geisberger und Broy 2012).

Best Practice von IBM bei der Volkswagen AG

Nutzung eines konzernweiten Integrationslayers zur Vereinfachung von Veränderungsprozessen

IBM unterstützt den Volkswagen Konzern weltweit bei der Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen zur Steigerung der Transparenz und Entscheidungsunterstützung. Hierzu wird bspw. ein Integrationslayer (Big-Data-Cloud) von IBM gemeinsam mit VW entwickelt, um in der Produktion die unterschiedlichen Hard- und Softwaresysteme in einer Ebene zusammenzuführen. In Abbildung 18 wird diese Entwicklung verdeutlicht.

Abbildung 18: Entwicklung eines konzernweiten Integrationslayers (in Anlehnung an Winkelhake 2017)

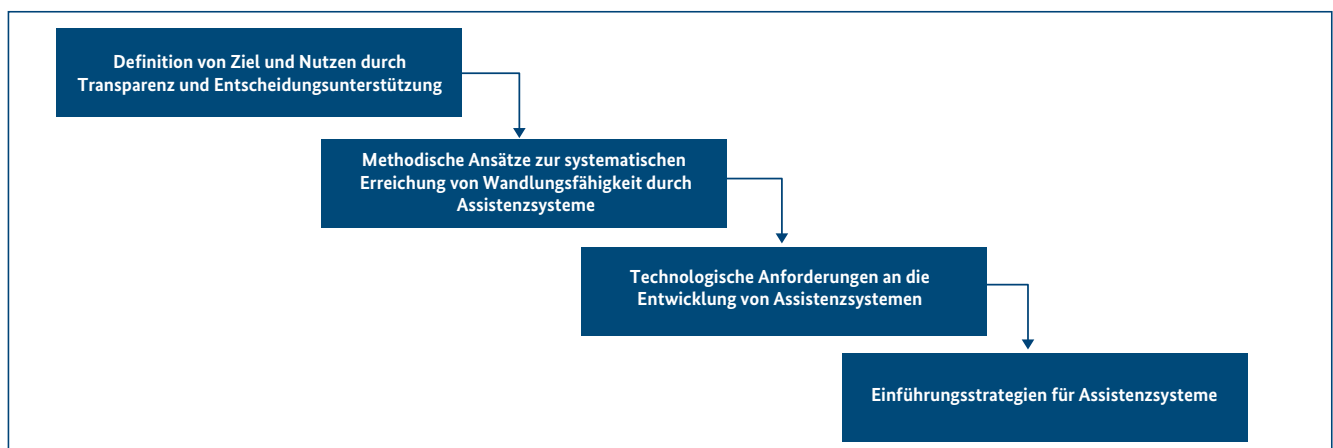


Alle nachgelagerten IT-Systeme (Anwendungen, Auswertungen etc.) sollen von nun an auf die Daten dieses Integrationslayers zugreifen, um im Falle von Veränderungen an Einzelanlagen oder ganzen Fabrikbereichen nicht die Anpassung von allen darauf aufbauenden IT-Systemen vornehmen zu müssen. Dies stellt eine Standardisierung und Modularisierung zur deutlichen Steigerung der Wandlungsfähigkeit dar. Bisher mussten die einzelnen Schnittstellen je Hersteller und Gerätegeneration differenziert angesteuert und im Einzelfall verändert werden (in Anlehnung an Winkelhake 2017).

Die Nutzung von Assistenzsystemen wird bisher in solchen Situationen häufig angestrebt, in denen ein kurzfristiger direkter Nutzen zu erwarten ist (Gausemeier et al. 2016). Als

präferiertes Medium zur Einführung von Assistenzsystemen wird aufgrund der bisher häufigen Nähe zum Shopfloor zumeist von Tablet-PCs ausgegangen (BMBF 2015).

Abbildung 19: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Transparenz und Entscheidungsunterstützung



Handlungsbedarf

Die im Folgenden formulierten Handlungsbedarfe sind für Unternehmen insbesondere auch deshalb von hoher Bedeutung, da nicht nur shopfloornahe Mitarbeiter, sondern ebenfalls Mitarbeiter indirekter Bereiche, die Unternehmensführung oder gar der Kunde durch gesteigerte Transparenz und verbesserte Entscheidungsunterstützung profitieren können. Hierfür ist jedoch ein Commitment des gesamten Unternehmens notwendig.

Um die oben genannten Potentiale zu realisieren, sind vier Schritte zu durchlaufen. Zunächst sind das Ziel und der Nutzen der Transparenz und Entscheidungsunterstützung zu definieren. Anschließend werden methodische Ansätze vorgestellt, mit denen Wandlungsfähigkeit durch Transparenz und Entscheidungsunterstützung gesteigert werden können. Die sich daraus ergebende Ableitung der technologischen Anforderungen an das Assistenzsystem führt abschließend zur Darstellung möglicher Einführungsstrategien. In Abbildung 19 werden die im Handlungsbedarf vorgestellten Schritte dargestellt.

Definition von Ziel und Nutzen durch Transparenz und Entscheidungsunterstützung

In einem ersten Schritt zur Implementierung einer umfassenden Transparenz und Entscheidungsunterstützung für die Mitarbeiter in Unternehmen sind Ziel, Nutzen sowie Rahmenbedingungen zu klären. Dies betrifft insbesondere die folgenden beiden Punkte.

- Das Ziel und der damit angestrebte **Nutzen von Transparenz und Entscheidungsunterstützungssystemen (Assistenzsystemen)** sind im Unternehmen klar zu definieren. Dazu stellt sich zuallererst folgende Frage: „Wie wird durch Assistenzsysteme die Wandlungsfähigkeit im Zeitalter von Industrie 4.0 unterstützt?“ Im ersten Schritt wird durch die Schaffung von Transparenz zunächst eine Bewertung von Entscheidungsalternativen überhaupt ermöglicht. Daraus resultiert eine Reduktion von Komplexität und folglich die Fokussierung auf die wirklich relevanten Daten durch den mit der Entscheidung betrauten Mitarbeiter [Strategie].

Beispiel:

Die eigentliche Entscheidung für oder gegen eine gewisse vorgehaltene Wandlungsfähigkeit bspw. in einem Produkt oder Prozess trifft schlussendlich trotz Assistenzsystemen weiterhin der Mitarbeiter. Er wählt die spezifische

Lösung aus, wie bspw. durch die Verwendung eines Standardmontagegreifers anstatt eines Sonderwerkzeugs. Dies geschieht jedoch unter deutlich transparenteren und damit verbesserten Rahmenbedingungen.

- **Transparenz erfüllt jedoch in keinem Unternehmen einen Selbstzweck.** Die initialen Bedürfnis- und Nutzenabschätzungen für Ansätze zur Steigerung der Transparenz kommen dezentral bottom-up zustande [Organisation]. Anders gesagt: Sobald Ziel und Nutzen von Transparenz nicht klar sind, lohnt es sich nicht, unternehmerische Energie in Transparenz zu investieren. Wandlungsfähigkeit und auch Transparenz und Entscheidungsunterstützung brauchen zeitliche Grenzen, um überdimensionierte Lösungen oder unendliche Amortisationsdauern zu vermeiden.

Methodische Ansätze zur systematischen Erreichung von Wandlungsfähigkeit durch Assistenzsysteme

Methodische Ansätze zur Erzielung von Wandlungsfähigkeit durch Assistenzsysteme sind notwendig, um die im vorangegangenen Schritt festgelegten Ziele systematisch und zielgerichtet anzugehen. Das Gegenteil würde einen „Wildwuchs“ an Einzelinitiativen nach sich ziehen. Dies könnte sich bspw. in Form von unterschiedlichen Reifegraden, technischen Umsetzungen, Konfigurierbarkeiten oder Erscheinungsformen von Assistenzsystemen zeigen. Dadurch könnten bedeutende Nachteile in der Bedienbarkeit und der Pflege der diversen Einzelsysteme auftreten, da Vorkenntnisse oder Erfahrungswerte für den Nutzer nicht übertragbar sind. Insbesondere bei folgenden Aufgaben ist eine methodische Herangehensweise erforderlich:

- Es muss ein klares IT-seitiges Grundgerüst geben, auf welchem aufgebaut wird. Auch hier braucht es klare Schnittstellen und Designrichtlinien.
- Die methodische Stärke von Assistenzsystemen liegt insbesondere in der **sinnvollen Selektion und Aggregation von im Unternehmen bereits vorhandenen Informationen**. Aus diesem Grund ist die oberste Prämisse bei der Erarbeitung eines konkreten Assistenzsystems, dass alle im Unternehmen für den betrachteten Bereich vorliegenden Informationen, Erfahrungen und Expertisen (sowohl explizit als auch implizit) in den Entstehungsprozess der Assistenzsysteme einfließen können, sofern sie objektiv als relevant angesehen werden.

- Die Fülle der vorhandenen Daten und Informationen steigt im Kontext der Industrie 4.0 noch einmal sprunghaft an. Die Auswahl der relevanten Informationen und der wichtigen Personen ist daher notwendig. Dabei muss der **Aufbau des Assistenzsystems modular, skalierbar, individualisierbar und kalibrierbar** sein. Dies hat den Grund, dass sowohl die zügige Erstellung erster Prototypen als auch die spätere Berücksichtigung der oben genannten volatilen Rahmenbedingungen auch nach erstmaliger Implementierung immer wieder Anpassungen notwendig werden lassen.

Beispiel:

Als didaktische Methode empfiehlt sich bspw. der Einsatz der „Gamification“. Hier werden Lernszenarien für die Mitarbeiter derart aufbereitet, dass in einer spielerischen Umgebung die grundsätzlichen Zusammenhänge und Handlungsmöglichkeiten vermittelt werden. Um die soziale Akzeptanz der Mitarbeiter für das Assistenzsystem zu überprüfen, bietet sich bspw. der Net Promoter Score (NPS) an. Dieser fragt die Mitarbeiter nach der Wahrscheinlichkeit, dass sie einem Kollegen die Verwendung des Assistenzsystems empfehlen würden. Dies geschieht auf einer Skala von 0 (äußerst unwahrscheinlich) bis 10 (äußerst wahrscheinlich).

- Um die evolutionäre Entwicklung des Assistenzsystems zu begleiten, braucht es einen **Prozess des gegenseitigen Lernens zwischen Mitarbeiter und Assistenzsystem**, der sowohl in Stufen (Entwicklung einzelner Modulbausteine) als auch graduell gestaltet werden kann (kontinuierlicher Verbesserungsprozess) [Qualifikation]. Hierfür sind geeignete Methoden zur didaktischen Begleitung der Einführung des Assistenzsystems als auch zur laufenden Evaluierung und Messung der Akzeptanz der Mitarbeiter notwendig (siehe Beispiel).
- Bei der Analyse und Ausarbeitung von Ansätzen zur Steigerung von Transparenz und Entscheidungsunterstützung darf sich **keine Entmündigung der Mitarbeiter** als Nebenerscheinung einstellen. Grundsätzlich gilt es mehrere Alternativen durch das Assistenzsystem für den Mitarbeiter aufzubereiten, bewerten zu lassen und eine Maßnahmenempfehlung zu erzeugen. Der Mitarbeiter muss jedoch stets die Möglichkeit haben, die **finale Plausibilitätsüberprüfung** vorzunehmen.

Technologische Anforderungen an die Entwicklung von Assistenzsystemen

Bei dem Design der Assistenzsysteme sind im Kontext der Industrie 4.0 spezifische technologische Anforderungen zu berücksichtigen:

- Eine technologische Herausforderung für einige Assistenzsysteme im Unternehmenskontext ist die sichere **Beherrschung von inkonsistenten oder fehlerhaften Daten**. In diesen Anwendungsfällen wird z.B. durch den Einsatz von „Data Lakes“ (gemeinsamer Datenzugriff aller Assistenzsysteme auf dieselbe Datengrundlage) und kognitiven Systemen ein besserer Umgang mit solchen Daten ermöglicht. Sie unterstützen analytische Lösungen, indem sie Lücken in Daten oder Datenfehler erkennen und als „Brücke zum Menschen“ diese Missstände aufzeigen. Einige Ansätze helfen darüber hinaus bei der Fehlerabschätzung. Es besteht aus Sicht der Unternehmen weiterer Forschungsbedarf zur allgemeingültigen Beschreibung der Validität von Daten.

Beispiel:

Beispiel: Einige Lösungen (bspw. Augmented Reality oder Virtual Reality) können einen geringen Tragekomfort aufweisen oder führen durch die ungewohnte Arbeitsweise zu Übelkeit bei manchen Anwendern. Die Vorteile von multimodalem Feedback sind jedoch die vielseitige Entscheidungsunterstützung des Mitarbeiters, um auf die systemisch bevorzugte Entscheidung einfach und intuitiv hinzuweisen oder aber vor Fehlentscheidungen deutlich zu warnen. Bereits heute geschieht dies bspw. im Auto durch Spurhalteassistenten oder Totwinkel-Assistenten mittels visueller, akustischer und taktiler Hinweise.

- Für Assistenzsysteme sind nicht nur klassische Elemente der Mensch-Maschine-Interaktion via Graphical-User-Interface (GUI) vorzusehen, sondern je nach Anwendungsfall ebenfalls die Verwendbarkeit von audiovisuellen oder taktilen Feedback. Dabei ist die **Technologieauswahl durchaus entscheidend für die Akzeptanz und somit den Erfolg des Assistenzsystems**.
- Auch in Unternehmensdaten können Assistenzsysteme heute bereits Vergangenheitstrends erkennen und Warnmeldungen bspw. nach der Logik einer Qualitätsregelkarte ausgeben. Entgegen diesen bereits im Alltag zu finden-

den Assistenzsystemen müssen **Assistenzsysteme in der Zukunft stets dazu in der Lage sein, sich zu erklären**.

Dies bedeutet, dass auch wenn Zusammenhänge in den Daten durch das Assistenzsystem selbstständig erkannt werden, der Mitarbeiter immer die Möglichkeit haben muss, die hinter der Analyse befindlichen Logiken und Daten einzusehen und nachzuvollziehen.

Nach der Definition der Ziele und des Nutzens, der methodischen Ansätze und der technologischen Anforderungen sollte mittels eines **Stage-Gate-Prozesses im Unternehmen** eine Überprüfung des avisierten Umsetzungsaufwandes in Relation zum erwarteten Nutzen des Assistenzsystems stattfinden.

Einführungsstrategien für Assistenzsysteme

Rahmenbedingungen, die bei der Einführung von Maßnahmen zur Steigerung der Transparenz und dem vermehrten Einsatz von Assistenzsystemen beachtet werden sollen, müssen in **einer Einführungsstrategie berücksichtigt werden**. Diese Rahmenbedingungen wirken sich in der Strategie [Strategie] bspw. auf die Aspekte des gewählten Zeitpunktes der Einführung, der Einführungsgeschwindigkeit, des Umfangs der angestrebten Assistenzleistung und des Modus der Einführung (top-down, bottom-up) aus (vgl. auch BMBF Projekt *Intro 4.0* – Förderkennzeichen 02P14B161).

- Insgesamt ist eine klare Kommunikation an alle unmittelbar und mittelbar betroffenen Personen im Unternehmen notwendig. Ziel ist dabei insbesondere das **Nehmen von unbegründeten Ängsten der Mitarbeiter**. Die Vorteile für die Mitarbeiter (bspw. situationsbedingte Aufbereitung von Rohdaten inkl. Maßnahmenempfehlung) sollten direkt für den Mitarbeiter erfahrbar sein und als konkrete Entlastung ausgewiesen werden [Unternehmenskultur]. Für das Unternehmen bieten sich der Einsatz von Pilotanwendungen, Leuchtturmprojekten oder Mock-ups sowie ein agiles Projektmanagement an.
- Es lassen sich nicht alle technologischen Anforderungen vor der eigentlichen Erstellung des Assistenzsystems vorhersehen. Es ist daher geboten, **den Anwender in den Mittelpunkt des Entwicklungsprozesses zu stellen**, um kurzzyklisch eine Rückmeldung zum Fortschritt zu erhalten und in temporären Sprints nach Maßgabe der agilen Softwareentwicklung die Reaktionen einzubeziehen.

- Darüber hinaus gelten die in den vorangegangenen Kapiteln genannten Anforderungen an die Assistenzsysteme hinsichtlich der **Lernförderlichkeit und Anpassungsfähigkeit** nach Feedback durch die Anwender. Für die Wissenschaft stellt sich die Frage nach der Umsetzbarkeit von generischen Baukastenmodellen für die schnelle individuelle Ausgestaltung von Assistenzsystemen.

- Vor der Implementierung des Assistenzsystems ist außerdem ein **ausführlicher Stresstest zur Prüfung des Aussagegehalts** bspw. durch vordefinierte Szenarien oder via Monte-Carlo-Methode durchzuführen.

Beispiel:

Zur Reduktion der Bedenken ggü. Assistenzsystemen kann Mitarbeitereinbeziehung bereits in frühen Entwicklungsstufen des Assistenzsystems Verwendung finden. Vergleichsweise erfahrene Kollegen können anschließend als Change-Agents oder Coaches für die anderen Mitarbeiter zur Verfügung stehen.

- Ein zu beachtendes Risiko bei der Einführung von Maßnahmen zur Steigerung der Transparenz und Entscheidungsunterstützung ist die Wahrnehmung einer **Bedrohung von flächendeckender Überwachung** (gläserner Mitarbeiter). Ansätze des Change-Managements bieten in diesem Kontext Lösungsmöglichkeiten. Weitere Akzeptanzmodelle von Assistenzsystemen befinden sich derzeit in der Erforschung und müssen ihre Praxisrelevanz im Anschluss behaupten (vgl. auch BMBF-Projekt *SafeMate* – Förderkennzeichen 02P15A080).

Zusammenfassung Handlungsfeld Transparenz und Entscheidungsunterstützung

- Assistenzsysteme sind wandlungsfähig auszugestalten.
- Kognitive IT-Systeme zur autonomen Datenüberprüfung und -aufbereitung sowie Entscheidungsunterstützung sind vielversprechend.
- Unternehmensindividuelle Einführungsstrategien für Assistenzsysteme sind erforderlich.

5.3 Organisation

Definition

In dieser Studie wird Organisieren als das zielgerichtete Integrieren und Koordinieren von Ressourcen verstanden (Nolte-Ebert 1999) und umfasst damit sowohl die Aufbau- als auch die Ablauforganisation. Die Aufbauorganisation stellt den disziplinarischen Aufbau und die Strukturierung der Verantwortlichkeiten dar. Die Ablauforganisation hingegen umfasst die Planung und operative Abwicklung der Arbeitsprozesse. Entsprechend behandelt die Aufbauorganisation die Aufteilung der Funktionen innerhalb eines Unternehmens, wohingegen die Ablauforganisation eine Prozessperspektive einnimmt. Innerhalb dieser Studie wird dieses Organisationsverständnis genutzt, um die Umsetzung von Wandlungsfähigkeit durch Industrie 4.0 zu untersuchen.

Potentiale

Die Dynamische Organisationsform

Die Wandlungsfähigkeit, die durch die richtige Organisationswahl erreicht werden kann, ist in Hypothese 4 (*„Dynamische Organisationsform: Kombination der Vorteile aus Funktions- und Prozessorientierung“*) beschrieben. Durch die Kombination der hohen Fachkompetenz innerhalb der Funktionsorientierung und der operativen Effizienz aus einer prozessorientierten Organisation wird die interdisziplinäre Zusammenarbeit und der ständige Austausch zwischen Fachexperten und Prozessexperten gesteigert. Dabei kann projektabhängig auf die jeweils ideale Kombination aus Fach- und Gesamtprozessexperten zugegriffen werden. Darüber hinaus wird innerhalb einer derartigen Organisationsform die Bedeutung des Gesamtverständnisses der Mitarbeiter deutlich (*Hypothese 3 „Das Systemverständnis der Mitarbeiter ist erfolgsentscheidend“*). Dies steigert die Mitarbeiterkompetenzen, sodass die Delegation von Entscheidungen an entsprechend qualifizierte Mitarbeiter einfacher wird. Delegierte Verantwortung und entsprechende dezentrale Entscheidungen sind eine Grundvoraussetzung für eine reaktionsschnelle Organisation.

Dezentralität und Integration

Um im Rahmen einer globalen, dynamischen Umwelt die richtigen dezentralen Entscheidungen treffen zu können, ist Hypothese 6 (*„Optimalität ist trotz Dezentralität erreichbar“*) zu erfüllen. Eine Organisation muss es schaffen, eine

dezentrale Verteilung von Verantwortlichkeiten und Arbeitsinhalten zu realisieren, die dennoch lokale sowie globale Ziele verfolgt und Zielkonflikte auflöst. Dies ermöglicht aufgrund kleinerer Einheiten eine schnellere Reaktion und damit eine höhere Wandlungsfähigkeit. Zusätzlich werden die lokalen Auswirkungen globaler Entscheidungen direkt in den kleinen Einheiten sichtbar. Allerdings benötigt dies einen entsprechenden effektiven Informationsaustausch, auch über Organisationsgrenzen hinweg. Ansätze zur Realisierung sind dabei vertikale und horizontale Integration. Kritisch ist dabei Hypothese 5 (*„Horizontale Integration erfordert Standards“*), denn nur wenn definiert ist, welche Informationen wo benötigt werden, und dieses Wissen auch allen Beteiligten vorliegt, kann eine flexible, dezentrale Organisation realisiert werden. Digitalisierung und Virtualisierung sind dabei entscheidende Ansätze, die in unterschiedlichen Assistenzsystemen eingesetzt werden.

Rahmenbedingungen einer wandlungsfähigen Organisation

Die Bedeutung der Organisation für die Wandlungsfähigkeit zeigt Hypothese 1 (*„Die Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens“*) auf. Eine dezentrale, dynamische Organisation wird benötigt, damit Wandlungsfähigkeit nicht durch die Organisation selbst gehemmt wird.

Die Grundlagen der Potentiale einer solchen wandlungsfähigen Organisation liegen in der Auflösung der Arbeitsbindung an zeitliche und räumliche Bedingungen. Beispielsweise können Organisationen zu jeder Uhrzeit ihren Operationsmodus aufrechterhalten und Leistungen anbieten. Mitarbeiter müssen dafür nicht im Büro, nicht auf demselben Kontinent und nicht in derselben Zeitzone sein. Die Erschließung und Bearbeitung von allen Märkten weltweit wird damit deutlich vereinfacht. Die Leistungsfähigkeit des Unternehmens wird gesteigert und das Unternehmen durch die Steigerung seiner Wandlungsfähigkeit für zukünftige Ereignisse, Innovationen oder Disruptionen gewappnet.

Aktivitäten und Erkenntnisse im Handlungsfeld

Die Wandlungsfähigkeit von Organisationen ist essentiell in einem dynamischen, global verteilten Beschaffungs- und Absatzmarkt. Nur wenn Organisationen in der Lage sind, sich den ändernden Bedingungen der unterschiedlichen Marktumfelder schnell und aufwandsarm anzupassen, ist ihr Bestehen gesichert.

Lean und agil

Klassische, produktionsgetriebene Ansätze übertragen die Methoden des Lean Managements auf die Digitalisierung und die daraus resultierende Wandlungsfähigkeit von Organisationen (Bauernhansl et al. 2017, Schuh et al. 2017). Hierbei kommen zusätzlich Aspekte der organischen Organisation, also der erhöhten Eigenverantwortung, Entscheidungsdelegation, und Methoden aus der Software-Entwicklung hinzu (Schuh et al. 2017). Diese flexiblen Methoden aus der Software-Entwicklung sind durch eine iterative, kurzfristige Zusammenarbeit mit definierten, anpassbaren Zielen reaktionsschnell und damit wandlungsfähig (z. B. SCRUM) (BMW 2017a). Außerdem werden verstärkt Assistenzsysteme zur Optimierung der Ablauforganisation eingesetzt, die beispielsweise in der Lage sind, kundenindividuelle Produkte automatisiert fertigen zu lassen.

Darüber hinaus existieren disruptive Ansätze, basierend auf der Idee der Soziokratie, bei denen durch Lenkungskreise eine kollektive Intelligenz alleine durch Argumentation, Veto-Funktionen und unter Vermeidung von Wahlen die Unternehmensentscheidungen steuert (Waldherr 2009). Hierbei hängt der Erfolg einer solchen Organisation, auch hinsichtlich ihrer Wandlungsfähigkeit, von dem individuellen Gesamtverständnis des Unternehmens und seiner externen Faktoren ab. Kurzfristig kann das Vorhalten von Wandlungsfähigkeit Nachteile für Mitarbeiter und das Unternehmensergebnis bedeuten, wobei die langfristigen Vorteile von Wandlungsfähigkeit eventuell nicht erkannt werden.

Der fließende Rahmen einer Organisation

Weitere Ansätze der Organisation der Zukunft greifen verstärkt das Konzept der dynamischen Organisation auf. Hierbei hält eine Organisation nicht konstant an einer Organisationsform fest, sondern besteht aus einer Mischform unterschiedlicher Formen (Funktions- vs. Prozessorientierung), deren exakte Zusammensetzung sich konstant wandelt. Aus diesem Verständnis kommen auch die Begriffe fluider, resilienter Organisationen sowie der Schwarmorganisation (Kühmayer 2015; Eckert 2017). So kann beispielsweise je nach Marktlage fließend allokiert werden, welche Mitarbeiter und Ressourcen für eine Linienproduktion und welche für Optimierungs- und Entwicklungsprojekte eingesetzt werden. Dabei wird ein Unternehmen nicht mehr als klar definierbar und abgrenzbar verstanden, sondern als organisch, sich evolutionär weiterentwickelndes Konstrukt. Dies spiegelt sich auch in der zunehmenden Vielzahl an Parteien in Unternehmen, von Kernbelegschaft bis zu Partnerunternehmen oder temporären Mitarbeitern, Dienstleistern und Beratern, wider. Auch kritische Bereiche, wie For-

schung und Entwicklung, werden immer mehr den anderen Parteien sowie der Öffentlichkeit gegenüber geöffnet, um Innovation voranzutreiben. Dieses Verständnis hat mehrere Implikationen für die Aufgabenerfüllung und den Gestaltungsspielraum der Mitarbeiter. Aufgaben werden als Transaktion spezifisch und zeitlich beschränkt wahrgenommen, sodass die Arbeitsinhalte von Mitarbeitern stark variieren können. Andererseits erhöht dies deutlich die Wandlungsfähigkeit. Der Gestaltungsspielraum der Mitarbeiter und vor allem des Managements erstreckt sich in einem solchen Organismus nicht nur auf die eigenen Mitarbeiter, sondern wird auf das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk ausgedehnt, sodass eine ganzheitliche Aufgabenerfüllung und Planung möglich werden. So können sich Partner in einem Netzwerk effizient gegenseitig unterstützen, aber auch in kritischen Phasen ihre Zusammenarbeit schnell beenden (Kühmayer 2015).

Best Practice Daimler

DAIMLER

Partielle Schwarmorganisation

Der Automobilkonzern **Daimler** hat seine Organisationsstrategie

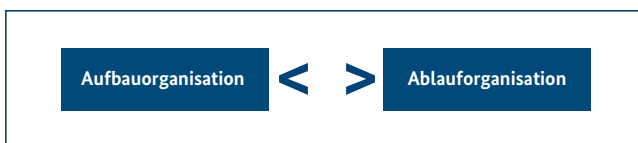
angepasst, um der Herausforderung des Innovationswettbewerbs im Mobilitätsbereich gerecht zu werden. Die Anpassung erfolgt hin zu einer partiellen Schwarmorganisation, wobei 20 Prozent der Mitarbeiter in einer derartigen Struktur arbeiten sollen. In Schwarmorganisationen werden interdisziplinäre Teams losgelöst von den klassischen Hierarchien und Entwicklungsbereichen aufgebaut. Die externe Steuerung dieser Teams erfolgt lediglich über die Unternehmensvision sowie die Vorgabe von strategischen Fragestellungen. Die operative Erreichung dieser Themen durch unterschiedliche Produkt- oder Geschäftsmodellinnovationen obliegt dabei der Eigenverantwortung des Teams. Herausforderung hierbei ist neben der Mitarbeiterqualifikation für derartige Strukturen die Sensibilisierung der klassischen Unternehmensbereiche zur Zusammenarbeit mit den Schwarmorganisationsteilen. Die Innovationsstärke und auch die Wandlungsfähigkeit des Unternehmens werden so durch die partielle Schwarmorganisation deutlich erhöht im Vergleich zu einer reinen klassischen Organisation. (Eckert 2017)

Der Trend zu dynamischen, fluiden, organischen Organisationen wird in der Theorie als auch in der Anwendung deutlich. Dies geht einher mit einer Steigerung der Wandlungsfähigkeit, was Ziel der Untersuchungen dieser Studie darstellt.

Handlungsbedarf

Um die beschriebenen Potentiale heben zu können, wird nachfolgend der Handlungsbedarf bezüglich der Organisation von Unternehmen und Netzwerken dargestellt. Die Darstellung der Bedarfe gliedert sich nachfolgend in die Bereiche Aufbauorganisation und Ablauforganisation. Hierbei werden sowohl unternehmensinterne als auch unternehmensübergreifende relevante Aspekte diskutiert. Aufgrund der vielfältigen wechselseitigen Abhängigkeiten der Aufbau- und Ablauforganisation gilt es deren Weiterentwicklung hin zu einem wandlungsfähigen Unternehmen synchron zu gestalten. Abbildung 20 verdeutlicht die Interdependenz der beiden Strukturierungselemente des Handlungsbedarfs.

Abbildung 20: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Organisation



Aufbauorganisation

Eine dynamische Organisationsform ermöglicht einen situationsbedingten **Wechsel zwischen Prozess- und Funktionsorientierung je nach Anforderung** an Expertenwissen und Projektgeschwindigkeit. Die Projektform stellt durch ihren zeitlich und inhaltlich klar definierten Rahmen ein essentielles Vehikel in der Gestaltung wandlungsfähiger Unternehmen dar.

- Die Besetzung von Projektteams mit einzelnen Mitarbeitern oder Mitarbeiterverbänden ist modular in Rollen auszugestalten. Hierzu gilt es eine standardisierte Projektstruktur aufzusetzen, welche klar die **Schnittstellen zwischen den Projektrollen** benennt und eine flexible Besetzung von Projektteams erlaubt.
- Um das „Plug-and-Produce-Konzept“ wandlungsfähiger Produktionssysteme auf die Organisationsform übertragen zu können, muss dieses eindeutig und explizit im **Unternehmen verankert** werden. Durch das Aufheben fester Arbeitsplätze im Rahmen eines **Shared-Desk-Konzepts** kann die notwendige Flexibilität geschaffen werden.
- Die Aufbauorganisation ist so zu gestalten, dass die **temporäre Ergänzung der Projektteams** durch Experten ermöglicht wird. Neben der Integration unternehmensinterner Experten oder Dienstleister können fachbezogene Problemstellungen auch durch Freelancer oder Crowd Worker bearbeitet werden. Die schnelle Besetzung von Projektteams wird durch eine einheitliche Kompetenzverwaltung möglich.
- Um die Einbindung externer Partner schnell zu realisieren, können **externe Kapazitätskontingente vorgehalten** werden. Hierbei werden Kapazitätskontingente pro Zeiteinheit vereinbart, welche flexibel abrufbar sind und somit übliche Projektanbahnungszeiten reduzieren. So können abteilungs- oder unternehmensübergreifende Projekte mit hoher Geschwindigkeit und den erforderlichen Kompetenzen besetzt werden.
- Auch weiterhin wird das domänenbezogene Expertenwissen ein wesentlicher Erfolgsfaktor bleiben [Qualifikation]. Es gilt daher vorhandenes implizites Domänenwissen der Mitarbeiter und Teams aufzubereiten und entsprechende Ansprechpartner zu benennen. Besonders in mitarbeiterstarken Unternehmen stellt die Identifikation der verfügbaren Kompetenzen eine Herausforderung dar. Hierbei unterstützen modulare **Plattform-Konzepte zur Koordination der Kompetenzen**. Diese können als Funktionen oder Angebote auf der Plattform in Anlehnung an den Aufbau eines App-Shops bereitgestellt werden. Offene Kompetenzschwerpunkte können hierbei zentral recherchiert und besetzt werden.
- Durch die Verlagerung von Verantwortung auf dezentrale Bereiche (bspw. auf dezentrale Teams) kann ein Geschwindigkeitsvorteil in der Entscheidungsfindung erzielt werden. Im Besonderen profitiert die Bearbeitung von nicht-standardisierten Aufgaben von einer **dezentralen Entscheidungsbefugnis** der Mitarbeiter, da für Aufgaben dieser Art unter Umständen keine standardisierten

Beispiel:

Im Rahmen von Entwicklungsprojekten werden unregelmäßig verschiedene Mess- und Prüftätigkeiten benötigt. Die Einbindung eines externen Partners, der die benötigten Verfahren beherrscht und flexibel über ein Rahmenprojekt abrechnen kann, erlaubt eine kurzfristige und flexible Versuchsplanung. Die jeweilige Anbahnung eines Projekts entfällt.

Prozesse festgelegt sind. Im Einsatz von Projektteams ist darauf zu achten, dass die Kompetenzprofile und Verantwortungsbereiche des betroffenen Bereichs und des Projektteams klar voneinander abgegrenzt sind.

Die Konnektivität und damit die Vernetzung von Systemen stellt eine wesentliche Voraussetzung der digitalen Durchdringung dar (Schuh et al. 2017). Diese Vernetzung ist, vor allem über Unternehmen hinweg, IT-seitig abzusichern. Ohne das Vertrauen in eine **gesicherte IT-Umwelt** lassen sich Ad-hoc-Zusammenschlüsse oder eine wandlungsfähige Wertschöpfungskette nicht realisieren. Eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit wird somit erschwert.

- Die Aufgabe der Informationssicherheit wird von einem **IT-Sicherheitsteam** gefördert und koordiniert. Je nach Unternehmensgröße ist eine Implementierung als **IT-Stabsstelle** möglich.

Beispiel:

Das IT-Sicherheitskonzept für Mitarbeiter umfasst klare Handlungsvorschriften. Gleichzeitig werden dem Mitarbeiter IT-Lösungen angeboten, die im Einklang mit den IT-Richtlinien stehen. Es sind bspw. nur firmeninterne Speichermedien zu nutzen. Um eine Verwendung privater Speichermedien zu vermeiden, werden zudem ausreichend firmeninterne Speichermedien zur Verfügung gestellt.

- Die IT-Sicherheit ist auch maßgeblich vom **Benutzer der IT-Systeme** abhängig. Handelt dieser nicht den Standards entsprechend, können IT-Sicherheitssysteme ausgehebelt werden. Daher ist die IT-Sicherheit im Verantwortungsbereich jedes Mitarbeiters zu verankern. Um den Themenbereich in der täglichen Arbeit zu verstetigen, erfüllt ein verantwortungsvoller Umgang der **Führungskräfte** mit der IT auf allen Ebenen eine **Vorbildfunktion** [Unternehmenskultur].

Ähnlich der Vernetzung von Teilsystemen besteht ein Kernaspekt der IT-Sicherheit in der Gestaltung von Schnittstellen. Um die Heterogenität der IT-Sicherheit zu beschränken, bietet die Identifikation von Zonen ähnlichen Schutzbedarfes einen Ansatzpunkt. Die ISO/IEC-20000-Reihe zu IT-Managementsystem-Standards (DIN ISO/IEC 20000), die ISA/IEC 62443 zur IT-Sicherheit in industriellen Automatisierungssystemen (ISA/IEC 62443) sowie die VDI/VDE RICHTLINIE 2182 zur Sicherheit in industriellen Automatisie-

rungssystemen (VDI/VDE 2182) stellen hierbei Grundlagen zur weiteren Verfolgung des Themenkomplexes dar.

Die schnelle Reaktion auf veränderte externe oder interne Anforderungen betrifft auch das Anlagevermögen der Unternehmen. In Zeiten einer hohen Nachfragevolatilität und erhöhter Individualitätsansprüche der Kunden wird die schnelle Verfügbarkeit von Produktionsanlagen bzw. Produktionskapazität zu einem entscheidenden Wettbewerbsvorteil. Hier bieten sich Ansätze der **Shared Economy** an. Der Besitz von beispielsweise Produktionsanlagen ist hierbei auf mehrere Nutzer aufgeteilt, die in Absprache die Produktionsanlagen nutzen.

- Diese Form stellt **hohe Ansprüche an die unternehmensübergreifende Organisation und Planung** der Anlagen. Hierbei werden Aspekte der Vernetzung von Planung und Kapazitäten auf mehrere Werke bzw. Unternehmen fokussiert.

Beispiel:

Zur Verwendung eines gemeinschaftlich genutzten „3D-Druckers“ wird ein webbasiertes Tool zur Belegungsplanung erstellt. Es beinhaltet die vereinbarten Rahmenbedingungen wie eine maximale wöchentliche Belegungsdauer oder Instandhaltungsverpflichtungen. Buchungen im System sind für die Nutzung der Anlage ausreichend und werden entsprechend abgerechnet.

- Die organisatorische Verankerung dieser Partnerschaften schließt neben den vertraglichen und finanziellen Inhalten auch eine **klare Regelung der Kommunikation** im Umgang mit dem geteilten Vermögenswert und die sichere Vernetzung als Basis ein.
- Eine organisatorische Fragestellung ist dabei die **vertragliche Situation der Mitarbeiter**. Leistungs-, zeit- oder ergebnisbezogene Vertragsgestaltung müssen gegeneinander abgewogen werden.
- Die **Vertragsinhalte** sind an den jeweiligen beabsichtigten **Nutzungsprofilen** der Partner auszurichten. Hierbei sind auch kurzfristige Kapazitätsüberangebote oder -engpässe zu berücksichtigen. Der Nutzungsgrad der Shared Economy ist je nach Unternehmensstrategie individuell festzulegen [Strategie]. So können auch verwandte Modelle wie eine bilaterale Pay-per-use-Nutzung von Anlagen geeignete Vehikel zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit sein.

Ablauforganisation

Ein wesentlicher Bestandteil von unternehmensinternen und -externen Abläufen ist die **Organisation und Weitergabe von Informationen**.

- In digitalisierten Unternehmen sind Regelungen zur Organisation von Daten essentiell, um eine angemessene Datenqualität und -verfügbarkeit sicherzustellen. So gilt es **Dateninseln zu vermeiden**, um das Risiko von unvollständigen oder inkonsistenten Daten zu verringern.
- Mit der fortschreitenden Digitalisierung entstehen **neue Kommunikationsplattformen**, welche das gängige Kommunikationsmedium der E-Mail ablösen können. Dabei ist es an den Unternehmen, **digitale Workspaces** für global verteilte heterogene Teams einzurichten. Als Ideengerüst können dabei existierende Lösungen des Marktes analysiert oder übernommen werden. Die Kommunikation ist mit dem Aspekt des **Wissensmanagements** verknüpft. Die zielführende Ausgestaltung eines digitalen Workspace bedeutet einerseits, Informationen aus der Kommunikation als Wissen kennzeichnen und ablegen zu können, als auch während der Kommunikation auf bestehende Informationen zugreifen zu können.

Beispiel:

Der Prozess zur Freigabe einer externen Beauftragung erfordert die Bestätigung mehrerer Personen im ERP-System des Unternehmens. Es ist hierbei darauf zu achten, dass Entscheider sowie Stellvertreter in kurzer Frist darüber informiert werden, dass Handlungsbedarf besteht, um Verzögerungen zu vermeiden.

- Der Ansatz, Prozesse zu verschlanken, ist für Industrieunternehmen nicht neu. Im Zuge der Digitalisierung ist dieser Ansatz jedoch neu zu denken. Bei der **Digitalisierung von Prozessen** ist im ersten Schritt die fehlerfreie Funktionalität des Prozesses sicherzustellen. Nachfolgend ist darauf zu achten, dass Prozesse durch die Digitalisierung nicht an Trägheit zunehmen und folglich **Geschwindigkeit und Wandlungsfähigkeit** verlieren. Ein operativer Ansatz, um hierbei gegenzusteuern, ist beispielsweise die Implementierung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses für digitalisierte Prozesse.

Die **organisatorische Ordnung des Arbeitsrahmens** bietet vielfältige Möglichkeiten, die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen zu unterstützen.

- Die Entwicklung des rechtlichen Rahmens der Arbeitszeitregelung ist genau zu beobachten. Sofern mit den geltenden Bestimmungen des jeweiligen Standorts in Einklang zu bringen, kann die Festlegung einer **wöchentlichen Höchst Arbeitszeit**, anstelle einer täglichen Höchst arbeitszeit einen Kapazitätsausgleich ermöglichen und so eine Anpassung an die Projektsituation erlauben.

Beispiel:

Im Rahmen der Einarbeitung können Schwerpunkte der Tätigkeit durch digitale Fallstudien vermittelt werden. Hierbei werden stellenspezifisch typische Fragestellungen vorbereitet, anhand derer sich neue Mitarbeiter selbst einordnen können. Hieraus kann eine direkte Hilfestellung in Form von Tutorials gegeben oder ein konkreter Ansprechpartner benannt werden.

- Im industriellen Umfeld ist die berufliche Neuorientierung unternehmensintern und unternehmensübergreifend eine häufige Gegebenheit. Dementsprechend ist bei der Gestaltung der **Onboarding-Prozesse**, also der Aufnahme und Eingliederung neuer Mitarbeiter, auf einen schlanken Prozess und eine somit hohe Geschwindigkeit in der Einarbeitungsphase zu achten. Einen wertvollen Ansatz, dieses Ziel zu erreichen, stellt die **Integration von Assistenzsystemen** und Tutorials dar [Transparenz und Entscheidungsunterstützung].
- Es gilt die Einsatzplanung, beispielsweise im Rahmen der Schichtplanung, an die Anforderungen eines wandlungsfähigen Unternehmens anzupassen. Durch **Anreizsysteme** kann der Ausgleich von Arbeitsspitzen durch Mitarbeiter abgefangen werden. Ähnlich einem Versteigerungsprinzip kann sich dabei die Entlohnung des Mehraufwandes an der Bereitschaft zur Mehrarbeit ausrichten. Die Anreize sind dabei flexibel an die jeweilige Arbeitssituation anzupassen. Um eine möglichst gute Annahme der gebotenen Prämien zu realisieren, gilt es die betroffenen Mitarbeiter aktiv in deren Entwicklungsprozess einzubeziehen.

Der **aufwandsarme und situationsbezogene Wechsel der Partner im Wertschöpfungsnetzwerk** ist notwendig, um Wandlungsfähigkeit zu gewährleisten. In hochentwickelten Netzwerken kann dies auch automatisiert erfolgen.

- Hierzu sind **Schnittstellen und Standards** zu definieren, um Reibungsverluste in der Anpassung zu vermeiden.

Beispiel:

Ein Unternehmen bindet Partner ein, um Kapazitätsengpässe der eigenen Produktion aufzulösen. An welchen Partner konkrete Aufträge vergeben werden, wird durch eine automatisierte Versteigerung festgelegt, da die Partner ihre Kapazitäten je nach Verfügbarkeit bepreisen.

- Ebenso sind **Verhandlung und Vertragsabschluss in automatisierten Wertschöpfungsnetzwerken** rechtlich abzusichern und zu realisieren.
- Im Rahmen der Netzworkebildung und -auflösung sind die ablauforganisatorischen Gegebenheiten begleitend zu regeln. Zentrale Fragestellungen betreffen beispielsweise das **Entstehen und Auflösen von Verantwortlichkeiten** an Schnittstellen sowie die Integration der Schnittstelle in die unternehmensinternen Prozesse.
- Weiterhin ist die Entwicklung von **Weisungsbefugnissen für schnittstellenübergreifende Prozesse** festzulegen. Festzulegen ist, ob Unternehmen die jeweils internen Prozessabschnitte verantworten oder ob auch übergreifende Prozessverantwortlichkeiten realisierbar sind. Auch bei der Ausgestaltung von Prozessen, in denen digitale Systeme und Menschen zusammenarbeiten, sind die **Weisungsbefugnisse von Systemen** zu klären. Die Fragestellung, ob autonome Systeme arbeitsvertragliche Weisungen erteilen können, wird rechtlich zu klären sein und ist entsprechend in der Prozessplanung zu beachten.
- Die enge Vernetzung über Unternehmen hinweg betrifft auch die **Entstehung von Schutzrechten**. Eine nicht klar getroffene Vereinbarung hierzu kann zu unkontrollierten Entstehungssituation, und damit verbundenen rechtlichen Auseinandersetzungen führen. Daher sind klare Prozesse zu den Eigentumsverhältnissen von Schutzrechten zwischen kooperierenden Unternehmen abzustimmen und zu verankern.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sowohl die Ausgestaltung der Aufbau- als auch der Ablauforganisation vielfältige Chancen zur Integration von Wandlungsfähigkeit bieten. Dabei sind nicht nur die Potentiale in lokalen Standorten, sondern darüber hinaus auch Potentiale in der unternehmensübergreifenden Organisation zu heben.

Zusammenfassung Handlungsfeld Organisation

- IT-Sicherheit ist die Voraussetzung der unternehmensübergreifenden horizontalen Vernetzung.
- Die Möglichkeit zum Wechsel zwischen Funktions- und Prozessorientierung schafft wandlungsfähige Arbeitsorganisationen.
- Schnittstellen und Standards ermöglichen Ad-hoc-Wertschöpfungsnetzwerke.

5.4 Strategie**Definition**

Die Strategie eines Unternehmens zeichnet sich durch die Vorgabe von grundsätzlichen und langfristigen Prinzipien der Unternehmung aus (Mintzberg 1978). Klassische generische Strategien sind die Kostenführerschaft durch Preiskampf, Differenzierung vom Wettbewerb durch Alleinstellungsmerkmale oder die Adressierung von Nischenmärkten (Porter 1985). Heute wird Strategie unter Einbezug der sozio-ökonomischen Aspekte des Menschen betrachtet und als die Ausgestaltung von internen und externen Aspekten der Unternehmung definiert (Terra und Passador 2016).

Potentiale*Wandlungsfähigkeit auf strategischer Unternehmensebene ergibt neue Möglichkeiten*

Eine bisher häufig kaum auf strategischer Ebene beachtete Zielgröße für Unternehmen ist die Wandlungsfähigkeit. Insbesondere in der Zeit von kürzer werdenden Produktlebenszyklen und wechselhafteren Marktanforderungen stellt die Wandlungsfähigkeit einen essentiellen Erfolgsfaktor für die Unternehmen dar. Die für die Wandlungsfähigkeit notwendigen Voraussetzungen sollten demzufolge in der Unternehmensstrategie verankert werden (*Hypothese 9 „Wandlungsfähigkeit muss in der Unternehmensstrategie verankert sein“*). Damit Unternehmen eine konkrete Wandlungsfähigkeit erreichen, die zu ihrer Unternehmensstrategie passt, müssen die in Kapitel 2.1 vorgestellten allgemeingültigen Wandlungsbefähiger individuell für das Unternehmen an-

gewendet werden. Die explizite Positionierung der Wandlungsfähigkeit in der Strategie führt zu der notwendigen wirtschaftlichen Berücksichtigung auf operativer Ebene. Im Zusammenspiel von Wandlungsfähigkeit mit den neuen Möglichkeiten der Industrie 4.0 (vgl. Kapitel 2.3) ergeben sich so für das Gesamtunternehmen strategisch höchstrelevante Gestaltungsmöglichkeiten.

Wandlungsfähigkeit ermöglicht neue Geschäftsmodelle

Durch die strategische Berücksichtigung von Wandlungsfähigkeit werden auch neue Geschäftsmodelle für Unternehmen lukrativ. So ist es bspw. möglich, dass ein Unternehmen, statt eines Verkaufs von Werkzeugmaschinen, durch den Verkauf ihrer Anlagenverfügbarkeit sein Ertragsmodell wandelt. Zusätzlich könnte das gleiche Unternehmen durch das Marktumfeld häufiger zum Wechsel zwischen der Herstellung von Komplettsystemen für diverse Endkunden und der Rolle als Zulieferer für andere Unternehmen gezwungen werden. Diese kurzzyklischen und zum Teil parallelen Veränderungen des Geschäftsmodells und der Positionierung im Wertschöpfungsnetzwerk (Ad-hoc-Supply-Network) erfordern eine Standardisierung der Schnittstellen (*Hypothese 5 „Horizontale Integration erfordert Standards“*). Gelingt es dem Unternehmen, eine durch Verwendung der Wandlungsbefähiger Kompatibilität, Universalität, Modularität, Mobilität und Skalierbarkeit realisierte Wandlungsfähigkeit zuverlässig auch bei strategischen Unternehmensentscheidungen zu realisieren, sind klare Wettbewerbsvorteile gegenüber solchen Mitbewerbern realisierbar, die in wandlungshemmenden Strukturen agieren.

Wandlungsfähigkeit als Bestandteil der Produktstrategie sorgt für frühe Berücksichtigung

Ein Unternehmen muss individuell normative Vorgaben hinsichtlich des notwendigen Vorhaltens von Wandlungsfähigkeit bei zukünftigen Investitionen und organisatorischen Entscheidungen in den Dimensionen Kosten und Zeit machen. Unter anderem für Leitanbieter von Industrie 4.0-Technologien gilt, dass die Wandlungsfähigkeit fest in der Produktstrategie verankert ist und damit bereits in der Ideenphase eines Produkts oder einer Dienstleistung berücksichtigt wird (*Hypothese 8 „Zunehmende Marktvolatilität erfordert Design for Changeability“*). Dies führt für den Leitanwender mittel- bis langfristig zu einer Stärkung der unternehmerischen Reaktionsfähigkeit auf die zunehmend wechselhaften Einflüsse des Marktes.

Strategische Verankerung von Wandlungsfähigkeit hat Strahlkraft auf Organisation und Kultur

Nicht zuletzt ist durch eine strategische Vorgabe der Wandlungsfähigkeit im Unternehmen ebenfalls eine Veränderung des Selbstverständnisses der Mitarbeiter zu erwirken, die wiederum die Organisation ausmachen und gestalten. Eine agile Organisation kann damit bestärkt werden.

Aktivitäten und Erkenntnisse im Handlungsfeld

Politik und Wirtschaft sehen Industrie 4.0 als Veränderungs-auslöser auf strategischer Ebene

Für die Reaktion auf die Neuerungen, die im Zeitalter von Industrie 4.0 auf die Unternehmen wirken, ist eine langfristige und ausdauernde strategische Adressierung der daraus resultierenden Herausforderungen durch die Unternehmensleitungen notwendig (Geisberger und Broy 2012, McKinsey & Company 2015, Hightech-Forum 2017). Die Bundesregierung (2014) hat mit der „High-Tech Strategie“ die strategische Relevanz einer anpassungsfähigen Produktionslandschaft im Kontext der Industrie 4.0 zu einer ressortübergreifenden Angelegenheit erklärt und mit zahlreichen Forschungsprojekten gefördert (Bundesregierung 2014, Bundesregierung 2017).

Strategische Adressierung in Unternehmensleitung ist notwendig

Durch die Beeinflussung der Unternehmen durch Industrie 4.0 auf de facto jeder Ebene und in jedem Geschäftsbereich (bspw. Geschäftsmodelle, Aus- und Weiterbildung sowie Produktionstechnik und -technologie) liegt die strategische Adressierung der notwendigen Veränderungsfähigkeit im Fokus (BMBF 2013, acatech 2016a). Die Unternehmensstrategie wird als Ausgangspunkt zur Definition der individuellen digitalen Roadmap eines Unternehmens zur Einführung von Industrie 4.0 beschrieben (Schuh et al. 2017), ohne dabei selbst zentraler Gestaltungsbestandteil zu sein.

Eine Vielzahl wissenschaftlicher Vorarbeiten betont folglich die Relevanz der Unternehmensstrategie zur Begegnung der neuen Herausforderungen und Chancen durch die Wandlungsfähigkeit in Zeiten der Industrie 4.0. Die Formulierung von strategischen Umsetzungsvorgaben zur Reaktion auf die volatileren Marktbedingungen durch den Einsatz von Wandlungsfähigkeit wird in einzelnen Vorarbeiten erwähnt. Insgesamt ist die normative Vorgabe von Wandlungsfähigkeit zur Adressierung der neuen Rahmenbedin-

gungen jedoch nicht detailliert ausgearbeitet und stellt damit einen Handlungsbedarf dar (Geisberger und Broy 2012, Bundesregierung 2014, McKinsey & Company 2015, High-tech-Forum 2017).

Handlungsbedarf

Im Handlungsfeld Strategie ergeben sich zur Erreichung der oben genannten Potentiale vier Schritte, die im Folgenden dargestellt werden. Zunächst ist ein klares Zielbild für die strategische Adressierung von Wandlungsfähigkeit im

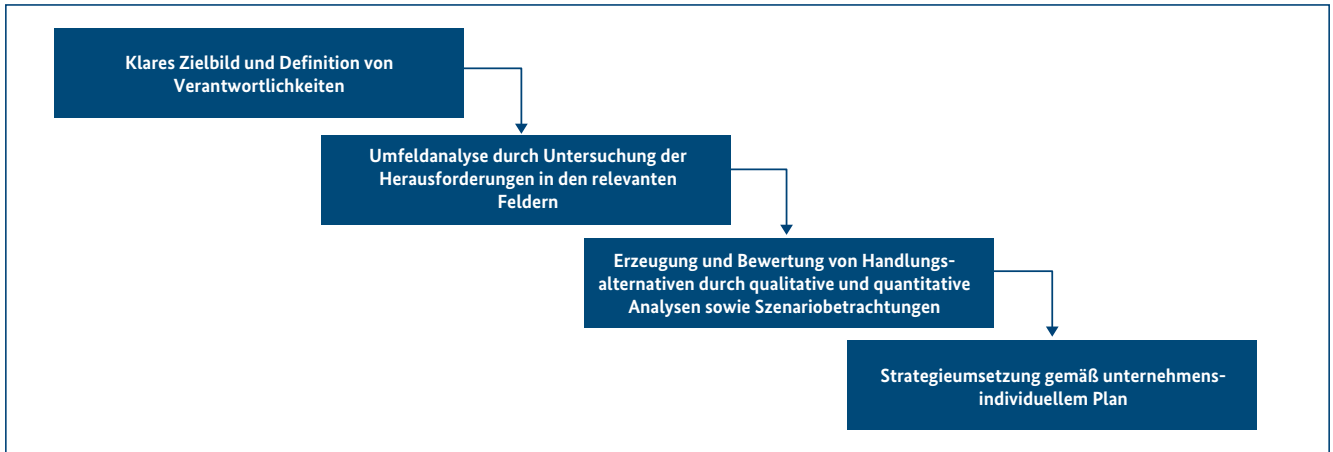
Unternehmen zu erreichen sowie eine eindeutige Definition von Verantwortlichkeiten zur Durchsetzung der formulierten strategischen Vorgaben vorzunehmen. Anschließend sind mittels einer Umfeldanalyse die Herausforderungen zu identifizieren. Darauffolgend sind Handlungsalternativen zu erzeugen und deren Bewertung durch qualitative und quantitative Analysen sowie Szenariobetrachtungen durchzuführen. Abschließend hat eine Umsetzung der ausgewählten Handlungsoptionen entlang eines unternehmensindividuellen Plans zu erfolgen. Die im Handlungsbedarf vorgestellten Schritte werden in Abbildung 21 dargestellt.

Beispiele für strategische Verankerungen von Wandlungsfähigkeit in Unternehmen – Aussagen aus Geschäftsberichten

- „Fokussieren auf unsere **strategischen Säulen – Schnelligkeit** [...]“ Kasper Rorsted (adidas AG 2016)
- „In der Summe der Einzelmaßnahmen sind wir noch **wettbewerbsfähiger, effizienter und agiler geworden.**“ Stefan F. Heidenreich (Beiersdorf AG 2016)
- „Wir investieren gezielt in unser Produktionsnetzwerk [...] und stärken so dessen **Leistungsfähigkeit und Flexibilität.**“ Harald Krüger (BMW AG 2016)
- „Zudem verlangen Zeiten der Veränderung auch **veränderte Formen der Zusammenarbeit.** Große Unternehmen müssen **flexibel und ideenreich mit Wandel umgehen.**“ Dr. Volkmart Denner (Robert Bosch GmbH 2016)
- „Grundlage für all diese Erfolge ist die Fähigkeit, uns immer wieder neu zu erfinden. Um die Zukunft der Mobilität von der Spitze aus zu gestalten, haben wir **im besten Jahr unserer Firmengeschichte den größten Wandel angestoßen.** Denn die Automobilindustrie steht vor mehreren fundamentalen Umbrüchen.“ Dieter Zetsche (Daimler AG 2016)
- „Wir haben also eine **gute Basis, um den Wandel des Unternehmens weiter voranzutreiben.** Ich bin zutiefst davon überzeugt, dass **unser Erfolg ganz entscheidend von unserer Wandlungsfähigkeit abhängt.** [...] [Wir] werden **dezentraler und insgesamt schlanker und agiler.**“ Dr. Johannes Teyssen (E.ON SE 2016)
- „[...] auf globale Herausforderungen und lokale Marktveränderungen **sehr schnell und flexibel zu reagieren.**“ Dr. Bernd Scheifele (HeidelbergCement AG 2016)
- „Wir wollen unser Wachstum vorantreiben, **Digitalisierung beschleunigen, Agilität weiter steigern** [...]“ Hans Van Bylen (Henkel AG & Co. KGaA 2016)
- „**Der Wandel des Unternehmens** schlägt sich auch in vielen erfolgreichen Projekten des abgelaufenen Geschäftsjahres von Siemens Österreich nieder.“ Ing. Wolfgang Hesoun (Siemens AG Österreich 2016)

Im erweiterten Begriffsverständnis beinhalten die von den Unternehmen verwendeten Begriffe damit die in diesem Dokument als Wandlungsfähigkeit beschriebenen Eigenschaften und sehen eine strategische Berücksichtigung vor. Eine flächendeckende strategische Benennung von Wandlungsfähigkeit als Mittel der Wahl zur Begegnung der kommenden Herausforderungen ist jedoch nicht zu finden.

Abbildung 21: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Strategie



Klares Zielbild und Definition von Verantwortlichkeiten

Insbesondere unter dem Einfluss immer höherer Marktvolatilität und daraus resultierenden dynamischeren, dezentraleren Organisationen sind zur Erreichung eines klaren Zielbildes folgende Punkte notwendig:

- Eine klare Kommunikation von Vision, Werten und Leitsätzen ist von gesteigerter Bedeutung [Unternehmenskultur]. **In einem Zielbild muss die Berücksichtigung von Wandlungsfähigkeit explizit formuliert und fixiert sein.**

Beispiel:

In einzelnen Umsetzungsprojekten können konkrete Maße der Wandlungsfähigkeit festgelegt werden. So ist es für den Produktionsbereich bspw. möglich, die Notwendigkeit zur Erhebung von sehr weitreichenden Bewegungsdaten der Produktion in Echtzeit zur Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit mit einem höheren Invest zu begründen. Auf der anderen Seite könnte der Beschaffungsprozess aufgrund von funktionierendem Gleichteilmanagement mit einer wesentlich geringeren Wandlungsfähigkeit ausgestattet werden.

- **Wandlungsfähigkeit ist als unternehmensweite Zielgröße zu verankern und gültig.** Ohne strategische Verankerung können Mitarbeiter bei Entscheidungen, die sie vorzubereiten oder zu treffen haben, nicht mit Berufung auf die Wandlungsfähigkeit argumentieren oder diese gegen Widerspruch verteidigen.

- Eine **individuelle Einschätzung des Unternehmens** ist notwendig, um die konkret notwendige Ausprägung der Wandlungsfähigkeit in Orientierung am verfolgten Geschäftsmodell zu bewerten und festzulegen. Ein Maximum an Wandlungsfähigkeit ist durch ein individuell sinnvolles Maß zu ersetzen.

Die eindeutige Definition von Verantwortlichkeiten wird durch Erfüllung dieser Faktoren erreicht:

- Unternehmen müssen auf der obersten Hierarchieebene klären, wer für **Wandlungsfähigkeit verantwortlich** ist, und Initiativen der Wandlungsfähigkeit bündeln. Die Zuordnung der Wandlungsfähigkeit zu einer Verantwortlichkeit ist notwendig, da bspw. neben Technologien der Industrie 4.0 auch durch bereits etablierte technische oder organisatorische Maßnahmen in unterschiedlichsten Geschäfts- und Verantwortungsbereichen Wandlungsfähigkeit erreicht werden kann. Die Entscheidung ist abhängig von den unternehmensinternen Strukturen und dem grundsätzlichen Umgang mit zentraler oder dezentraler Verteilung von Verantwortlichkeiten.

Beispiel:

Überlegungen zur zentralen strategischen Bedeutung von Wandlungsfähigkeit legen die Empfehlung nahe, diese Verantwortung beim CEO zu platzieren. Alternativ wären Teilverantwortungen beim Chief Information Officer (IT), Chief Customer Officer (Vertrieb) oder Chief Operations Officer (Produktion) denkbar. Eine andere Möglichkeit stellt die Einführung eines Chief Digitalization Officer dar, der alle Maßnahmen zur Digitalisierung im Unternehmen bündelt.

- Ausgehend von der auf der obersten Ebene geklärten Verantwortlichkeit ist diese **Festlegung für alle Hierarchieebenen bis zum Shopfloor**, aber auch in den indirekten Bereichen zu treffen, um eine laufende Überprüfung und Nachverfolgung des Zielbildes sicherzustellen [Unternehmenskultur].

Umfeldanalyse durch Untersuchung der Herausforderungen in den relevanten Feldern

Die Unternehmensstrategie zur Umsetzung von Wandlungsfähigkeit muss durch eine Umfeldanalyse kritischer Einflussgrößen laufend auf ihre korrekte Dimensionierung, Umsetzbarkeit und Anfälligkeit geprüft werden:

- Zu den schneller wechselnden Marktbedingungen kommen außerdem politische, rechtliche und sozioökonomische Rahmenbedingungen hinzu. Bei der Gestaltung von Unternehmensstrategien ist demzufolge neben der Marktkonformität stets auf die Anfälligkeit gegenüber Veränderungen der Legislatur, Rechtsprechung oder gesellschaftlicher Zusammensetzungen zu achten. Die Planung von Maßnahmen zur Umsetzung der **Wandlungsfähigkeit sollte immer vom Markt abgeleitet sein** und demzufolge selbst eine angemessene Anpassungsfähigkeit aufweisen.

Beispiel:

Ein vom Grundsatz nicht wandlungsfähiges Produkt kann durch eine entsprechende Rahmenvertragsgestaltung des strategischen Einkaufs vergleichsweise aufwandsarm wandlungsfähig gestaltet werden, um den jeweils vorherrschenden Bedürfnissen kurzfristig besser gerecht zu werden. Ein seit einiger Zeit praktiziertes Beispiel ist das Leasing der Fahrzeugflotte. Ähnliche Geschäftsmodelle für Produktionsanlagen liegen heute ebenfalls vor. So kann bspw. statt einer kompletten Fräsmaschine auch deren Verfügbarkeit oder die Anzahl der produzierten Gutteile durch den Anwender eingekauft werden. Häufig werden diese Geschäftsmodelle und deren Potential jedoch nicht im Gesamtkontext der Wandlungsfähigkeit verortet.

- Gemäß üblicher **Make-or-Buy-Entscheidungen** ist das eigene Vorhalten von Wandlungsfähigkeit speziell bei besonders schützenswertem Know-how, häufiger Inanspruchnahme eines externen Produkts oder bei Nichtverfügbarkeit auf dem Beschaffungsmarkt sinnvoll. Unternehmen sollten ihre Geschäftsmodelle folglich auf die Veränderung hin zu „outgesourcter Wandlungsfähigkeit“ prüfen. Diese stellt ggü. der „Inhouse-Wandlungs-

fähigkeit“ eine geringere konzeptionelle Beschäftigung mit einzelnen Aspekten zum Vorhalt der Wandlungsfähigkeit dar, bietet aber dennoch eine Reihe der Vorteile. Bei der Entscheidung zur Verwendung externer Wandlungsfähigkeit stellen jedoch die Anforderungen hinsichtlich der Schnittstellen zu anderen Firmen und Unternehmensbereichen die hauptsächlichen Herausforderungen dar (siehe Hypothese 5).

- **Investitionen in Industrie 4.0-Technologien** werden von vielen Unternehmen als einer der Bausteine für die langfristige Umgestaltung der Produktion angesehen. Sie müssen daher auch bei vermeintlich negativem Business Case strategisch unterstützt werden, da erst ein Zusammenspiel diverser Bausteine zu den gewünschten Effekten führen wird.
- **Widersprüche in der Strategieformulierung sind systematisch aufzudecken.** Sollten die Rahmenbedingungen in einem bestimmten Markt derart instabil sein, dass sämtliche Marktteilnehmer keine konkreten Vorhersagen treffen können, so bietet sich ein reaktives Vorgehen an. Dies kann bspw. durch Vorhalten wandlungsfähiger Organisationsstrukturen charakterisiert werden. Im Falle der nächsten anstehenden Änderung ist dadurch Reaktionsschnelligkeit gegeben.

Beispiel:

Aufgrund von Echtzeitrückmeldedaten in den Montagelinien kann der Vertriebsprozess gewandelt werden, um bei der Kundenverhandlung auf Live-Daten basierende Lieferterminzusagen treffen zu können.

- Die durch Industrie 4.0 in den Produktionsbereich eines Unternehmens eingebrachten neuen Möglichkeiten müssen strategisch in das Gesamtkonzept der **Digitalisierungsroadmap** (vgl. Schuh et al. 2017) des Unternehmens eingegliedert werden. Anhand des aufgeführten Beispiels wird deutlich, wie technische Veränderungen auf dem Shopfloor durch neue Technologien der Industrie 4.0 zu einschneidenden Veränderungen in einem gänzlich anderen Unternehmensbereich führen können [Transparenz und Entscheidungsunterstützung].

Ziel der Unternehmensführung muss es sein, die genannten Herausforderungen und Veränderungsmöglichkeiten zu identifizieren, hinsichtlich der Bedeutung für die Unternehmensstrategie zu bewerten und deren konsequente Umsetzung zu forcieren.

Erzeugung und Bewertung von Handlungsalternativen durch qualitative und quantitative Analysen sowie Szenario-betrachtungen

Aufgrund des volatiler werdenden Marktumfeldes werden auch die Strategiezyklen für Unternehmen immer kürzer. Die Wandlungsfähigkeit sollte jedoch auch eine Limitierung aufweisen.

- Diese Einstellung einer notwendigen, aber angemessenen Wandlungsfähigkeit sollte idealerweise eine Auswirkung auf **die langfristige Geisteshaltung der Mitarbeiter** bis hoch zum Vorstandsvorsitzenden haben [Unternehmenskultur].
- Das Konzept der Wandlungsfähigkeit sollte **allen Beteiligten im Unternehmen** (Designer, Entwickler, Nutzer, Entscheider sowie nur indirekt betroffenen Personenkreisen) durch eine Berücksichtigung in qualitativen und quantitativen Analysen [Transparenz und Entscheidungsunterstützung] zur Bewertung ihrer alltäglichen Entscheidungsalternativen bewusstmacht werden.

Wurde aufgrund der hier dargestellten vorherigen zwei Schritte ein grundsätzlicher Bedarf an Wandlungsfähigkeit erkannt, so ist in einem wiederkehrenden Prozess der Szenarioerstellung die konkret vorzuhaltende Wandlungsfähigkeit in den einzelnen Unternehmensaktivitäten abzuleiten bzw. zu überprüfen.

- Zu diesem Zweck existieren bereits verschiedene wissenschaftliche Ansätze wie bspw. die „Wandlungswirtschaftlichkeitsanalyse“ (Heger 2007). Diese stellen die Unternehmen jedoch in der Anwendungspraxis vor die Herausforderung der Bewertung einer Vielzahl von Einzelaspekten. Dennoch ist eine **richtungssichere Entscheidung** für die Unternehmen zumeist bereits mit den heutigen Modellen möglich und ermöglicht daher die grundsätzliche Verankerung von Wandlungsfähigkeit in der Unternehmensstrategie. Gleichwohl besteht in dieser Richtung weiterer Forschungsbedarf, um die Praktikabilität und Anwendungsnähe weiter auszugestalten.
- Ein Unternehmen sollte seine Wandlungsfähigkeit an solchen Stellen gezielt und bewusst begrenzen, an denen **Markteintrittsbarrieren für Wettbewerber** vorliegen, die losgelöst von der Wandlungsfähigkeit begründet sind. Der Grund hierfür ist, dass ein Unternehmen an diesen Stellen nicht so schnell auf potentielle Wettbewerber reagieren muss wie an solchen ohne Eintrittsbarrieren. Die durch Wandlungsfähigkeit erzielbare höhere Reaktions-

fähigkeit durch schnellere oder monetär günstigere Anpassungen an die neue Marktsituation kann in Fällen hoher Markteintrittsbarrieren zu Gunsten von spezialisierten und damit häufig effizienteren Lösungen reduziert werden.

- Unternehmen sollten hierzu eine **klare Segmentierung der Produkte, Prozesse, Produktionssysteme, Gebäude etc.** vornehmen und dabei deren Wandlungsbedarf individuell innerhalb der fünf Wandlungsbefähiger (siehe Kapitel 2.1) durch Kennzahlen wie bspw. der Anpassungsfähigkeit auf Mengenschwankungen quantifizieren. Eine Verkürzung auf den Kern des Zielkonflikts stellt die Phrase „keep it simple vs. changeable“ dar.

Beispiel:

Ein Lösungsansatz für Wandlungsfähigkeit ohne Mehrkosten könnte bspw. ein gesteigerter Softwareanteil im Produkt-Dienstleistungsbündel sein. So wäre eine spätere Weiterentwicklung neuartiger Features auf (weitgehend) unveränderter Hardware gemäß den gewandelten Kundenansprüchen denkbar. Weiterhin wird bspw. durch die gezielte Verwendung von Plattformkonzepten die Umsetzung aller fünf Wandlungsbefähiger (siehe Kapitel 2.1) unterstützt.

- Heute kann eine gesteigerte Wandlungsfähigkeit in wenigen ausgewählten Fällen sogar ohne eklatante Mehrkosten oder -aufwände möglich sein. Dies ist insbesondere bei einer frühzeitigen Berücksichtigung der Wandlungsfähigkeit möglich. Unter dem Begriff des **Design for Changeability** wird in der vorliegenden Studie die gezielte Berücksichtigung von Wandlungsfähigkeit bspw. im Produkt- bzw. Dienstleistungsentstehungsprozess verstanden. Von der ersten Ideenphase an die Wandlungsfähigkeit als Anforderung aufzunehmen ist ein essentieller Faktor für geringere Kosten in der Umsetzung und resultiert in einer grundsätzlich erhöhten Anpassungsfähigkeit von bspw. Produkt, Dienstleistung, Prozess oder Struktur.

Außerdem sind für die ganzheitliche Bewertung der Handlungsalternativen noch die Innovationsfähigkeit und eine Risikoeinschätzung zu berücksichtigen:

- Bei einem konkret auf Design for Changeability ausgerichteten Zielsystem ist die grundsätzlich zufällig und ad hoc **auf tretende Innovationskraft der Mitarbeiter**

auf allen Unternehmensebenen weiterhin zu goutieren.

Die Innovationsnotwendigkeit könnte durch das Ziel-system unterbewusst auf einzelne Prozesse und einen damit verbundenen eingeschränkten verantwortlichen Personenkreis abgewälzt werden und wäre folglich nicht mehr eine breit gestreute Standardaufgabe aller Mitarbeiter [Qualifikation und Unternehmenskultur].

- Aufgrund der genannten Herausforderungen ist eine **Risikoanalyse** der aktuell vorgehaltenen und durch die Unternehmensstrategie vorgegebenen Wandlungsfähigkeit für die Unternehmen notwendig. Die Unschärfe bei der Bestimmung von Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadenshöhen liegt in der Natur der Wandlungsfähigkeit und macht sie aus. Folglich ist eine Risikoanalyse mit den heute bekannten Vorgehensweisen des Risikomanagements nur als Ausgangsbasis anzusehen. Eine Weiterentwicklung dieser Methoden ist aus Sicht der Wissenschaft geboten.

Strategieumsetzung gemäß unternehmensindividuellem Plan

Im Falle einer Entscheidung für die Umsetzung von konkret vorgehaltener Wandlungsfähigkeit, bspw. in einem Produkt, Prozess oder Produktionssystem, bestehen weitere Entscheidungsmöglichkeiten, deren schlussendliches Ergebnis in einem **individualisierten Umsetzungsplan** festgehalten werden.

- Trotz aus oben genannten Gründen z. T. **unklaren Amortisationsdauern** ist die Umsetzung der strategisch vorgegebenen Wandlungsfähigkeit zu gewährleisten. Wandlungsfähigkeit gilt in der Praxis derzeit als „erster Streichposten“ in Budgetierungsprozessen oder der Platzierung auf einem Umsetzungsplan.

Beispiel:

Ein Vorschlag zur Steigerung der vorzusehenden Wandlungsfähigkeit in Umsetzungsprojekten trotz deren anspruchsvoller Quantifizierung und herausgehobener Langfristigkeit stellt z. B. eine Platzierung als eigenständiger Punkt auf dem Projektsteckbrief zur Projektfreigabe dar. Dieses Vorgehen sorgt für eine entsprechend prominente Betrachtung der Wandlungsfähigkeit und im Falle einer dennoch vorgenommenen Streichung für eine dokumentierte, willentliche Entscheidung durch den Verantwortlichen.

- Die Vertragsgestaltung innerhalb des Unternehmens (bspw. zwischen Einkauf und Zulieferern oder zwischen Personalabteilung und führenden Angestellten oder Vorständen) ist derart zu gestalten, dass **keine Beeinflussung der Entscheider durch kurzfristige Incentivierung** erfolgt.
- Bei der Gestaltung des Umsetzungsplans ist eine zentrale Aufgabe der Unternehmen, die durch einen Wandel veränderten Prozesse zunächst wieder „einschwingen“ zu lassen, bevor eine nächste Welle der Veränderung vorgenommen wird. **Permanente, anhaltende Veränderung sorgt für Verunsicherung der Mitarbeiter und Ineffizienz der Prozesse**, was bereits kurzfristig Stimmen gegen das Prinzip der Wandlungsfähigkeit laut werden lassen könnte.

Als Ergebnis der letzten Phase und damit des Gesamtprozesses liegt ein unternehmensindividueller Plan zur Umsetzung von Wandlungsfähigkeit in allen relevanten Unternehmensbereichen vor, die durch gezielte strategische Adressierung der Wandlungsfähigkeit den volatilen Marktbedingungen standhält.

Zusammenfassung Handlungsfeld Strategie

- Die zentrale Verankerung von Wandlungsfähigkeit in der Unternehmensstrategie ist notwendig.
- Design for Changeability ist ein notwendiges Gestaltungsprinzip in der Entwicklung von Produkten und Prozessen.
- Eine Orientierung der vorzuhaltenden Wandlungsfähigkeit am Markt ist erforderlich.

5.5 Unternehmenskultur

Definition

Unternehmenskultur umfasst die Verhaltensart und -weise, wie die Geschäfte innerhalb eines Unternehmens getätigt werden (Homma 2015). Dies bedeutet für erfolgreiche Wandlungsfähigkeit, dass die Haltung gegenüber Innovationen sowie die Akzeptanz notwendiger Veränderungen von der Unternehmenskultur abhängen.

Potentiale

Das Beispiel der Lean-Kultur

Um zu verstehen, wie die Unternehmenskultur die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen steigert, kann das Beispiel der Lean-Philosophie, erst in produzierenden und heutzutage auch in indirekten Bereichen, herangezogen werden. Nur durch ein Ausprägen neuer Werte (keine Verschwendung, Sauberkeit, kontinuierliche Verbesserung) in den Unternehmenskulturen lassen sich viele Lean-Ansätze vollständig umsetzen. Es lässt sich ableiten, dass nur durch ein ganzheitliches Change-Management, inklusive der Unternehmenskultur, Wandlungsfähigkeit ebenso wie Aspekte der Digitalisierung und Industrie 4.0 nachhaltig umsetzbar sind.

Wandlungsfähigkeit durch Unternehmenskultur

Die entscheidende Rolle der Unternehmenskultur spiegelt sich in Hypothese 1 („Die Wandlungsfähigkeit von Mensch, Organisation und Unternehmenskultur bestimmt den Nutzungsgrad des technischen Gestaltungsrahmens“) wider. Das Verhalten der Menschen im Sinne des Einsatzes ihrer Kompetenzen/Fähigkeiten wird langfristig und intrinsisch durch eine entsprechende Unternehmenskultur motiviert.

Für die Einführung von Assistenzsystemen ist eine Verankerung der Akzeptanz und Offenheit für deren Funktionsweise innerhalb der Unternehmenskultur vorteilhaft (Bauernhansl et al. 2017). Somit lässt sich der Einsatz von Unterstützungssystemen nicht mehr als Hindernis, sondern als Chance realisieren. Dies steigert ebenso die Akzeptanz für den Einsatz von autonomen Maschinen. Um eine organisatorische, nicht automatisierte Dezentralisierung und Selbstorganisation zu realisieren, ist die Integration von Eigenverantwortlichkeit auf Mitarbeiterebene als zentrales Element in der Unternehmenskultur notwendig (Hypothese 6 „Optimalität ist trotz Dezentralität erreichbar“).

Aus Hypothese 4 („Dynamische Organisationsform: Kombination der Vorteile aus Funktions- und Prozessorientierung“) folgt der Bedarf nach einer wandlungsfähigen Organisationsform, deren Realisierung auch in der Unternehmenskultur verankert sein muss. Wenn Mitarbeiter selbstständig Wandel antreiben, wird die Wandlungsgeschwindigkeit des gesamten Unternehmens gesteigert und der Wandel bottom-up getrieben.

Problemlösungsorientierung und Innovation

Darüber hinaus sollte eine Problemlösungs-Fokussierung in der Unternehmenskultur vorhanden sein. Dies ermöglicht die deutlich schnellere Identifizierung von Problemen sowie die Implementierung geeigneter Lösungsmaßnahmen, im Sinne von Industrie 4.0-Methoden sowie anderer Ansätze.

Außerdem kann durch eine Integration von Wandlungsfähigkeit in die Unternehmenskultur der Innovationsgrad, aber auch die Mitarbeiterzufriedenheit gesteigert werden. Das Verständnis der Potentiale einer Unternehmenskultur ist Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung von Wandlungsfähigkeit mittels Industrie 4.0.

Aktivitäten und Erkenntnisse im Handlungsfeld

Veränderungsfähigkeit als Teil der Unternehmenskultur

Untersuchungen der Unternehmenskultur im Kontext von Industrie 4.0 adressieren einerseits den verstärkten notwendigen Stellenwert von Daten und Fakten als Entscheidungsgrundlage. Darüber hinaus wird die Veränderungsbereitschaft als kritischer Aspekt der Unternehmenskultur benannt (Henke 2016), was ebenso der Auffassung in dieser Studie entspricht. Konkrete Ausprägungen der Unternehmenskultur sind Lernen aus Fehlern, Offenheit für Innovation, demokratische Führungsstile, offene Kommunikation sowie Vertrauen in Prozesse und Systeme (Bauernhansl et al. 2017, Brühl 2015). Wie das Zitat von Peter Drucker „Culture eats strategy for breakfast“ (Henke 2016, General Electric 2016) eindrücklich nahelegt, ist auch die Abstimmung der Unternehmenskultur mit der jeweiligen Unternehmensstrategie notwendig, um einen erfolgreichen Wandel der Kultur und des Gesamtunternehmens umzusetzen (Andorfer 2016).

Parallel-Kulturen in Unternehmen

In der Realität werden derartige kulturelle Änderungen in Unternehmen nicht ganzheitlich, sondern häufig durch das Implementieren von Parallel-Kulturen umgesetzt, was in unterschiedlich hohen, zur Lösung der spezifischen Aufgaben notwendigen Kreativitätsanforderungen und Freiheitsgraden begründet ist (Schissler 2015). Beispiele sind hier Start-up-Garagen bzw. -Labs innerhalb von Großunternehmen, wo eine entsprechend wandlungsfähige Unternehmenskultur gelebt wird (z. B. Bosch: grow, Daimler: Lab1886).

Die Notwendigkeit von tief verankerten, aber dennoch adaptiven, agilen Kulturen wurde erkannt und wird fall-spezifisch in definierten Bereichen umgesetzt. Es wird allerdings nicht detailliert aufgezeigt, welche Elemente einer ganzheitlichen Unternehmenskultur zur Umsetzung von Wandlungsfähigkeit durch Industrie 4.0 vorhanden sein müssen und wie diese in einem Unternehmen vollständig verankert werden können.

Best Practice General Electric



„Digital Industrial Transformation Playbook“

Der internationale Mischkonzern GE (General Electric) beschreibt in seinem „Digital Industrial Transformation Playbook“ deutlich die Herausforderungen und Lösungsansätze, um einen Kulturwandel hin zu einer agilen Kultur zu vollziehen. Dabei werden Unternehmenswerte und -leitlinien kombiniert als „GE Beliefs“ formuliert (General Electric 2016):

- “Customers determine our success
- Stay lean to go fast
- Learn and adapt to win
- Empower and inspire each other
- Deliver results in an uncertain world”

Basierend auf diesen Werten wurde eine neue, an SCRUM angelehnte, Organisationsstruktur namens „FastWork“ entwickelt. Zusätzlich wurde eine damit verknüpfte Personalmanagement-Methode zur Talentförderung und Echtzeitleistungsmessung implementiert. (General Electric 2016)

Handlungsbedarf

Die Bestandteile einer Unternehmenskultur

Die Verankerung von Prinzipien der Wandlungsfähigkeit in der Verhaltensweise der Mitarbeiter erfolgt durch das Ausbilden einer Unternehmenskultur. Es existieren dabei drei Aspekte, die die Kultur in einem Unternehmen definieren (Homma 2015):

- Die **Unternehmensvision** beschreibt den Zielzustand des Unternehmens, aus welchem das kulturelle Selbstverständnis der Unternehmung entsteht und in welchem sich die strategischen Ziele einer Unternehmung widerspiegeln [Strategie].

Best Practice Google Inc.



Die Kultur eines wandlungsfähigen IT-Konzerns

Der Unternehmensaufstieg von Google Inc. vom Start-up über die marktbeherrschende Suchmaschine bis hin zu einem der wertvollsten Technologiekonzerne weltweit mit Fokus auf disruptive und neue Technologien (Alphabet Inc.) zeigt den Erfolg der Wandlungsfähigkeit des Unternehmens. Seit dem dritten Betriebsjahr wurden konstant neue Geschäftsbereiche erschlossen und neue Geschäftsmodelle erfolgreich angewendet.

Der Internetkonzern Google ist durch eine Start-up-ähnliche Unternehmenskultur geprägt, die sich in verschiedenen Aspekten, wie beispielsweise der Mitarbeitermotivation und dem konstruktiven Umgang mit Fehlern als Chance, zeigt. Die intrinsische Motivation von Mitarbeitern wird durch das eigenständige Setzen von Zielen erhöht. Für die Erhebung der Zielerreichung ist der Mitarbeiter selbst zuständig, wobei sehr ambitionierte Ziele gesetzt werden sollen, deren knappe Verfehlung dennoch eine Steigerung der bisherigen Mitarbeiterleistung darstellt. Entsprechend gibt es keine Auswirkungen auf die Karriere oder das Gehalt des Mitarbeiters. Darüber hinaus wird der Umgang mit Fehlern durch ein mehrstufiges Vorgehen analytisch begleitet. Nach Fehlereintritt werden die Fakten über den Fehler gesammelt. Anschließend wird die Ursache identifiziert, um diese abschließend in das Fehlerbewusstsein zu überführen und aus diesem Fehler zu lernen. (Storz 2012)

- Die aus der Vision abgeleiteten **Unternehmenswerte** sind die kulturelle Grundlage für die Realisierung der Vision und definieren die **Einschätzung von gut und schlecht** bezüglich des Verhaltens innerhalb eines Unternehmens.
- Basierend auf den Werten werden die **Verhaltensvorstellungen** für die Mitarbeiter und die Bereiche in Form von **Unternehmensleitlinien** festgehalten. In der Anwendung ist das Verhalten der Mitarbeiter durch das alltägliche Umsetzen der Leitlinien der Kern einer gelebten Unternehmenskultur.

Wandlungsfähigkeit in der Unternehmenskultur

Unternehmensvision, -werte und -leitlinien definieren dabei die formalen Bestandteile der Kultur. Dabei nimmt

das Führungspersonal eine entscheidende Rolle ein, denn ihr Vorleben dieser Bestandteile und eine Mitarbeiterführung basierend auf diesen prägen die **Werteinschätzung der Mitarbeiter und deren Denkweise** [Qualifikation]. Aus der Denkweise resultieren die Handlungen des Mitarbeiters, welche in ihrer Gesamtheit als **Verhalten** wahrgenommen werden. Dabei ist essentiell für eine wandlungsfähige Kultur, ständig auf eine **Verbesserung der Unternehmensvision, -werte und -leitlinien** hinzuarbeiten, falls diese notwendig erscheint. Wandel stellt somit nicht nur den Inhalt der idealen Kultur dar, sondern den **Rahmen ihrer repetitiven Neuentstehung bzw. Anpassung**. Abbildung 22 ordnet die Begrifflichkeiten ein.

Beispiel:

Eine sichtbare Motivation von Führungskräften bei dem Umgang mit neuen Themen und dem Erlernen neuer Fähigkeiten prägt maßgeblich das Verhalten von Mitarbeitern. Wenn diese Mitarbeiter selbst mit neuen Themen arbeiten sollen, fällt dies deutlich leichter, falls dies als Erweiterung des eigenen Horizonts und nicht als zusätzlich Belastung empfunden wird. Das Lernen im Umgang mit neuen Themen soll daher als Kern der Beschäftigung verstanden werden und nicht als Zweck zum Erreichen eines Ziels.

Die Unternehmensvision als Ausgangspunkt der Unternehmenskultur

Die **Vision** ist der unternehmensspezifischste Teil einer wandlungsfähigen Unternehmenskultur.

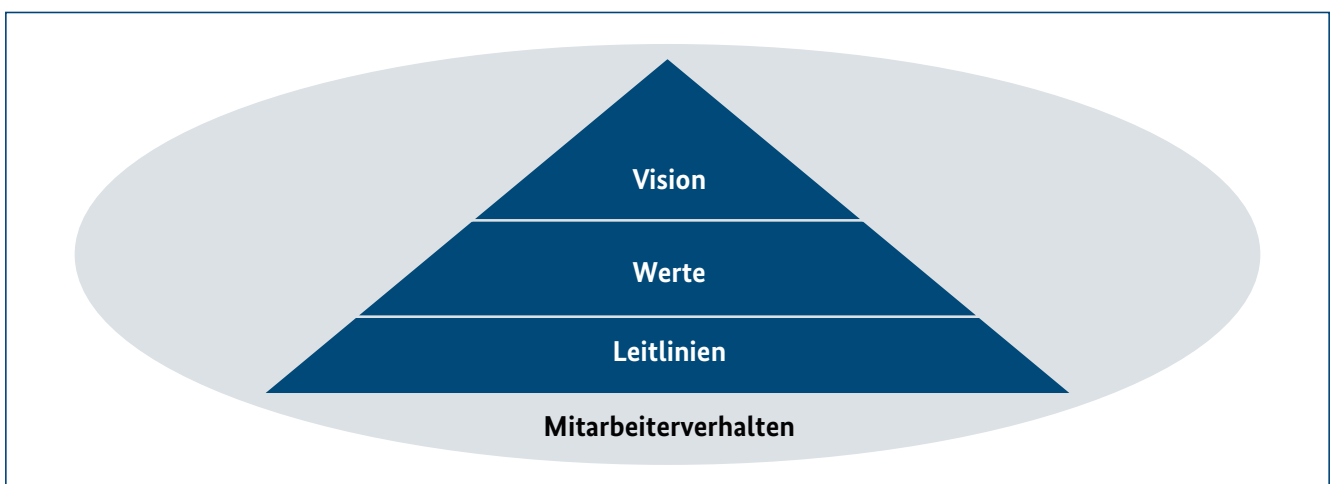
- Die Vision sollte dabei einerseits eine Abgrenzungsfunktion gegenüber anderen Unternehmen ermöglichen, beispielsweise hinsichtlich des **Stellenwerts von Dynamik und Wandlungsfähigkeit**.
- Mitarbeiter in einer sich häufig wandelnden Unternehmung sollten in der Lage sein, sich **an der Vision orientieren** zu können. Grundlegende Prinzipien sind damit eindeutig, auch kulturell, fixiert.
- Zusätzlich neben dem Einverständnis über die Prinzipien wird Mitarbeitern durch die Vision eine indirekte Steuerung hinsichtlich der Art der Zielerreichung ermöglicht [Strategie]. Im Rahmen von Wandlungsfähigkeit steht dabei insbesondere die intrinsische Motivation der Mitarbeiter im Vordergrund.
- Abschließend ist für wandlungsfähige Unternehmen die **Stabilisierungsfunktion** ein essentieller Anker für die Mitarbeiter, die trotz hoher Dynamik in einer sich wandelnden Organisation einen definierten Fixpunkt in der Unternehmensvision finden [Organisation].

Die Unternehmenswerte definieren gut und schlecht innerhalb der Unternehmenskultur

Die **Werte**, die innerhalb einer wandlungsfähigen Kultur gelebt werden, bestimmen maßgeblich die Umsetzung von Wandlungsfähigkeit durch die Mitarbeiter.

- Insbesondere die **Akzeptanz und Unterstützung von Wandel** im Unternehmen sind von hoher Bedeutung. Darüber hinaus ist die **Offenheit für Digitalisierung** und auch andere Innovationen essentiell, damit eine

Abbildung 22: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Unternehmenskultur



Unternehmung sich an verändernde Einflussfaktoren anpassen kann.

- Technologien der Digitalisierung sollten nicht als Ersatz des Menschen bewertet werden. Stattdessen ist die Erkenntnis, dass die **Synergien aus Mensch und Technologie** optimale Lösungen ermöglichen, die durch Technologien allein nicht erreicht werden können, ein zentraler Wert [Transparenz und Entscheidungsunterstützung].
- Ein weiterer Wert, der geschätzt werden sollte, ist die Betrachtung von **Fehlern als Chancen**, um sich zu verbessern. Damit einher geht die Fokussierung auf Problemlösung anstelle von bloßer Zielerfüllung.
- Darüber hinaus soll dezentrale, delegierte Verantwortung als Belohnung für erfolgreiches Arbeiten gesehen werden. Ebenso zur Eigenverantwortung gehört ein hoher Freiheitsgrad der Arbeitseinteilung, der die strikte Trennung zwischen beruflichem Leben und privatem Leben erschwert, allerdings in beiden Bereichen Vorteile für die Mitarbeiter ermöglicht [Organisation].

Beispiel:

Mitarbeiter, die sich selbstständig und erfolgreich in neue Themengebiete eingearbeitet haben, bekommen inhaltliche Verantwortung für weitere Projekte in diesen Themenbereichen. Zusätzlich dürfen diese zur Weiterbildung an entsprechenden Fachmessen und Kongressen teilnehmen und dies eigenständig planen.

Diese **Werte sind stimmig zu der Vision** sowie den daraus abgeleiteten Leitlinien zu definieren und allen Mitarbeitern zu erklären sowie vorzuleben.

Die Unternehmensleitlinien beschreiben das idealtypische Handeln

Inhalte für **Leitlinien**, die eine wandlungsfähige Kultur stützen, basieren dabei auf der Unternehmensvision sowie den -werten. Dabei sind die wichtigsten Leitlinien aktiv innerhalb der Führung des Unternehmens zu verbreiten und vorzuleben, damit **Veränderungswillen und -kompetenzen für Mitarbeiter erlernbar** werden [Qualifikation].

- Dazu zählt das Schaffen eines grundlegenden **Verständnisses für agile, sich wandelnde Organisationen** und Arbeitsinhalte. **Veränderung** soll nicht als Aufwand vermieden, sondern als **Lösung** genutzt werden.

- Dies schließt in einer selbstorganisierten, intrinsisch motivierten Unternehmung ein, dass **Mitarbeiter sich eigene Ziele setzen** können, die im Rahmen der Unternehmensvision und der persönlichen Motivation einen Kompromiss ermöglichen. Ebenso sollte die **Partizipation** für interessierte Mitarbeiter an allen kritischen Entscheidungen ermöglicht werden [Organisation].
- Der Umgang mit neuen Technologien sollte den Mitarbeitern nicht als Bedrohung, sondern mit **technikbegeisterter Neugier** vermittelt werden. Auch lernende, KI-getriebene Systeme sind auf diese Weise in den Alltag zu integrieren [Transparenz und Entscheidungsunterstützung].
- Die Unternehmenskultur ist auch in die Unternehmenssteuerung zu integrieren. Dies bedeutet, dass neben den angesprochenen, intrinsischen Zielen auch **extrinsische Belohnungssysteme für das Vorantreiben von Veränderung** einzusetzen sind. Ebenso ist eine **faire, einheitliche Zielvorgabe und Messung** notwendig, um Wandlungsfähigkeit durch eine integrierte Unternehmenskultur zu unterstützen [Strategie].

Durch die Implementierung dieser Aspekte hinsichtlich der Änderung von Unternehmensvision, -werten und -leitlinien kann ein **Unternehmen seine Unternehmenskultur nutzen, um im Zeitalter von Industrie 4.0 wandlungsfähiger** zu werden.

Zusammenfassung Handlungsfeld Unternehmenskultur

- Mitarbeiterverhalten bestimmt die Kultur.
- Kultur kann durch Unternehmensvision, -werte und -leitlinien gestaltet werden.
- Kerninhalte für wandlungsfähige Unternehmen sind konstruktiver Fehlerumgang, Innovationsoffenheit, demokratische Führungsstile sowie offene Kommunikation.

6 Beteiligte Expertinnen und Experten

Kamingespräch (22.09.2016)

Wilfried Eberhardt (Kuka AG)
 Andreas Kirsch (GUARDUS Solutions AG)
 Konrad Klingenburg (IG Metall)
 Prof. Dr. Gisela Lanza (wbk Institut für Produktionstechnik)
 Dr. Ulrich Löwen (Siemens AG)
 Prof. Dr. Peter Nyhuis (IFA Institut für Fabrikanlagen und Logistik)
 Dr. Joachim Schulz (Aesculap AG)
 Prof. Lars Vollmer (Freier Redner und Autor)
 Michael Wächter (TU Chemnitz)
 Dr. Thorsten Widmer (Robert Bosch GmbH Reutlingen)
 Dr. Uwe Winkelhake (IBM Deutschland GmbH)
 Dr. Manfred Wittenstein (WITTENSTEIN AG)

Interviews (10.01.2017 – 24.02.2017)

Alexander Dahm (Airbus S.A.S.)
 Dr. Abaid Goda (Schnellecke Group AG & Co. KG)
 Andreas Kirsch (GUARDUS Solutions AG)
 Konrad Klingenburg (IG Metall)
 Claudius Link (SAP SE)
 Dr. Ulrich Löwen (Siemens AG)
 Holger Regber (Festo Didactic SE)
 Thomas Ripp (ITK Engineering GmbH)
 Marcus Schaffranka (Hörmann Automotive Wackersdorf GmbH)
 Dr. Axel Schmidt (Sennheiser electronic GmbH & Co. KG)
 Dr. Joachim Schulz (Aesculap AG)
 Prof. Lars Vollmer (Freier Redner und Autor)
 Michael Wächter (TU Chemnitz)
 Dr. Thorsten Widmer (Robert Bosch GmbH Reutlingen)
 Dr. Uwe Winkelhake (IBM Deutschland GmbH)
 Dr. Manfred Wittenstein (WITTENSTEIN AG)

Workshop (17.05.2017)

Michael Bernas (Festo AG & Co. KG)
 Dr. Andreas Burger (ABB AG)
 Siegfried Czock (Robert Bosch GmbH)
 Dr. Peter Dern (Software AG)

Stefan Fischer (ITK Engineering GmbH)
 Johannes Fisel (Institut für Produktionstechnik wbk)
 Peter Franz (Dürr Systems AG)
 Dr. Matthias Gebauer (Projektträger Karlsruhe PTKA)
 Alexander Jacob (Institut für Produktionstechnik wbk)
 Prof. Jürgen Jasperneite (Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation IOSB-INA)
 Andreas Kirsch (GUARDUS Solutions AG)
 Thomas Koch (BENTELER Steel/Tube GmbH)
 Martina Kohlhuber (acatech Geschäftsstelle)
 Prof. Gisela Lanza (Institut für Produktionstechnik wbk)
 Prof. Peter Liggesmeyer (Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE)
 Christopher Lock (Technische Universität München)
 Dr. Ulrich Löwen (Siemens AG)
 Raphael Menez (IG Metall)
 Prof. Rainer Müller (ZeMA – Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gGmbH)
 Prof. Wolfram Münch (EnBW Energie Baden-Württemberg AG)
 Lars Nielsen (Institut für Fabrikanlagen und Logistik IFA)
 Prof. Peter Nyhuis (Institut für Fabrikanlagen und Logistik IFA)
 Karen Oßmann (Robert Bosch GmbH)
 Dr. Reinhard Pittschellis (Festo AG & Co. KG)
 Thomas Ripp (ITK Engineering GmbH)
 Dr. Christian Ripperda (ISRA VISION AG)
 Dr. Irmhild Rogalla (Institut für praktische Interdisziplinarität – Institut PI)
 Daniela Schiermeier (ABB AG)
 Dr. Matthias Schmidt (Institut für Fabrikanlagen und Logistik IFA)
 Veit Schmucker (emz-Hanauer GmbH & Co. KGaA)
 Dr. Harald Schöning (Software AG)
 Christel Schwab (Projektträger Karlsruhe PTKA)
 Dieter Seidel (Daimler AG)
 Dr. Nicole Stricker (Institut für Produktionstechnik wbk)
 Dr. Thorsten Widmer (Robert Bosch GmbH)
 Dr. Uwe Winkelhake (IBM Deutschland GmbH)
 Dr. Manfred Wittenstein (WITTENSTEIN SE)

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Leitsatz 1	7
Abbildung 2: Leitsatz 2	7
Abbildung 3: Leitsatz 3	7
Abbildung 4: Vorgehen zur Erstellung der Studie	8
Abbildung 5: Wandel und Wandlungsfähigkeit (in Anlehnung an Wiendahl et al. 2014)	9
Abbildung 6: Übersicht der Wandlungsbefähiger (in Anlehnung an Hernández Morales 2003; Wiendahl et al. 2005; Meichsner 2007)	10
Abbildung 7: Stufen des Industrie 4.0-Entwicklungspfades (in Anlehnung an Schuh et al. 2017)	11
Abbildung 8: Übersicht der Ebenen des Referenzarchitekturmodells Industrie 4.0 (in Anlehnung an Plattform Industrie 4.0 2016)	12
Abbildung 9: Beispielhafte Aufwertung der Wandlungsbefähiger durch Industrie 4.0	13
Abbildung 10: Exemplarische Darstellung von Reifegraden unterschiedlicher Industrie 4.0-Lösungen (in Anlehnung an VDMA 2015)	14
Abbildung 11: 10 Charakteristika bilden das Zukunftsbild 2030	16
Abbildung 12: Word Cloud des Expertenworkshops am 17.05.2017 in Karlsruhe	21
Abbildung 13: Die 9 Hypothesen	22
Abbildung 14: Übersicht der Verknüpfung von Hypothesen und Handlungsfeldern	32
Abbildung 15: Impressionen des Workshops	33
Abbildung 16: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Qualifikation	36
Abbildung 17: Klassifizierung der Industrie 4.0-relevanten Kompetenzen (in Anlehnung an BiBB 2015)	36
Abbildung 18: Entwicklung eines konzernweiten Integrationslayers (in Anlehnung an Winkelhake 2017)	43
Abbildung 19: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Transparenz und Entscheidungsunterstützung	43
Abbildung 20: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Organisation	49
Abbildung 21: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Strategie	55
Abbildung 22: Strukturierung der Bestandteile des Handlungsbedarfs im Handlungsfeld Unternehmenskultur	61

8 Literaturverzeichnis

acatech 2016a

acatech (Hrsg.) (2016): Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag.

acatech 2016b

acatech (Hrsg.) (2016): Smart Service Welt – Digitale Serviceplattformen – Praxiserfahrungen aus der Industrie – Best Practices. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Kooperationspublikationen/BerichtSmartService2016_DE_barrierefrei.pdf [15.11.2017].

adidas AG 2016

adidas AG (2016): Geschäftsbericht 2016 – Calling all Creators. https://www.adidas-group.com/media/filer_public/02/17/0217f527-4082-4ee8-9467-b691c002feec/2016_deu_gb.pdf [15.11.2017].

Allianz Industrie 4.0 2017

Allianz Industrie Baden-Württemberg (2017): Arbeiten in der Industrie 4.0 in Baden-Württemberg. http://www.i40-bw.de/wp-content/uploads/Kurzstudie_Arbeit-4.0_BW-1.pdf [23.01.2018].

Amazon 2017

Amazon.com, Inc. (2017): Amazon Mechanical Turk. <https://www.mturk.com/mturk/welcome> [07.12.2017].

Andorfer 2016

Andorfer, C. (2016): Unternehmenskultur 4.0: Die Revolution der Zusammenarbeit. <https://zweikern.com/blog/unternehmenskultur-40> [15.11.2017].

Bauernhansl et al. 2014

Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Springer Vieweg, Wiesbaden.

Bauernhansl et al. 2017

Bauernhansl, T.; Krüger, J.; Reinhart, G.; Schuh, G. (2017): WGP-Standpunkt Industrie 4.0. http://www.wzl.rwth-aachen.de/cms/www_content/de/7d2193a6aab49409c125801200355467/wgp-standpunkt_industrie_4-0.pdf [12.08.2017].

Becker 2017

Becker, M. (2017): Automatisierung und Ausbeutung. Was wird aus der Arbeit im digitalen Kapitalismus?, Promedia, Wien.

Becker und Deuse 2015

Becker, K-D. (2015): Arbeit in der Industrie 4.0 – Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaft e.V., und Deuse, J.; Weisner, K.; Hengstebeck, A.; Busch, F. (2015): Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. In: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Beiersdorf AG 2016

Beiersdorf AG (2016): Geschäftsbericht 2016. <https://www.beiersdorf.de/~media/Beiersdorf/local/de/investors/financial-reports/2017/Beiersdorf-Geschaeftsbericht-2016.pdf> [15.11.2017].

BiBB 2015

Bundesinstitut für Berufsbildung (BiBB) (2015): Next generation competencies for a digital world – Erfahrungen aus dem Siemens-Projekt »Industrie 4.0@SPE«. In: BWP – Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, Nr. 6, S. 33-35.

BITKOM 2016

BITKOM, Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien (2016): Was Industrie 4.0 (für uns) ist. <https://www.bitkom.org/Themen/Digitale-Transformation/Branchen/Industrie-40/Was-ist-Industrie-40-2.html> [25.01.2017].

Bischoff 2015

Bischoff, J. (2015): Erschließen der Potentiale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand. http://www.zenit.de/fileadmin/Downloads/Studie_im_Auftrag_des_BMWi_Industrie_4.0_2015_agiplan_fraunhofer_uml_zenit_Langfassung.pdf [15.11.2017].

BMBF 2013

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2013): Zukunftsbild Industrie 4.0 – Hightech Strategie. https://www.bmbf.de/pub/Zukunftsbild_Industrie_4.0.pdf [15.11.2017].

BMBF 2015

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2015): Industrie 4.0 – Innovationen für die Produktion von morgen. https://www.bechtle-update.com/assets/IT-Architektur/Industrie-4.0-Linksammlung/Industrie_4.0_bmbf.pdf [26.01.2018].

BMBF 2016

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016): Zukunft der Arbeit – Innovationen für die Arbeit von morgen. https://www.bmbf.de/pub/Zukunft_der_Arbeit.pdf [22.01.2018].

BMBF 2018

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018): Industrie 4.0. <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html> [22.01.2018].

BMWi 2016

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Fortschreibung der Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0. http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/fortschreibung-anwendungsszenarien.pdf?__blob=publicationFile&v=6 [15.11.2017].

BMWi 2017a

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): Die digitale Transformation im Betrieb gestalten – Beispiele und Handlungsempfehlungen für Aus- und Weiterbildung. [http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digitale-transformation-im-betrieb-aus-und-weiterbildung.pdf?__blob=publicationFile& \[15.11.2017\].](http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digitale-transformation-im-betrieb-aus-und-weiterbildung.pdf?__blob=publicationFile& [15.11.2017].)

BMWi 2017b

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): Pressemitteilung: Bundeswirtschaftsministerium baut das Netz der Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren erheblich aus. [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2017/20170221-mittelstand-4-0-kompetenzzentrum-wird-ausgebaut.html \[24.01.2018\].](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2017/20170221-mittelstand-4-0-kompetenzzentrum-wird-ausgebaut.html [24.01.2018].)

BMW AG 2016

BMW AG (2016): Geschäftsbericht 2016 – Eine neue Ära. [https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/ir/downloads/de/2016/BMW_GB16_de_Finanzbericht.pdf \[15.11.2017\].](https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/ir/downloads/de/2016/BMW_GB16_de_Finanzbericht.pdf [15.11.2017].)

Bolder 2002

Bolder, A. (2002): Arbeit, Qualifikation und Kompetenzen. In: Handbuch Bildungsforschung (pp. 651-674). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Brühl 2015

Brühl, K. (2015): Gesucht: Unternehmenskultur 4.0. [https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/gesucht-unternehmenskultur-40/ \[15.11.2017\].](https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/gesucht-unternehmenskultur-40/ [15.11.2017].)

Bundesregierung 2014

Bundesregierung (2014): Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland. [https://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschüre_Web.pdf \[15.11.2017\].](https://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschüre_Web.pdf [15.11.2017].)

Bundesregierung 2017

Bundesregierung (2017): Fortschritt durch Forschung und Innovation – Bericht zur Umsetzung der Hightech-Strategie. [https://www.bmbf.de/pub/Fortschritt_durch_Forschung_und_Innovation.pdf \[15.11.2017\].](https://www.bmbf.de/pub/Fortschritt_durch_Forschung_und_Innovation.pdf [15.11.2017].)

BW 2018

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2018): Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg. [https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesselforschungstechnologien/industrie-40/lernfabrik-40/ \[22.01.1987\].](https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesselforschungstechnologien/industrie-40/lernfabrik-40/ [22.01.1987].)

Daimler AG 2016

Daimler AG (2016): Daimler Geschäftsbericht 2016. [https://www.daimler.com/dokumente/investoren/berichte/geschaeftsberichte/daimler/daimler-ir-geschaeftsbericht-2016.pdf \[15.11.2017\].](https://www.daimler.com/dokumente/investoren/berichte/geschaeftsberichte/daimler/daimler-ir-geschaeftsbericht-2016.pdf [15.11.2017].)

DGB 2017

Deutscher Gewerkschaftsbund (2017): Kursbuch Arbeiten 4.0. Projekt Arbeit der Zukunft.

DIN ISO/IEC 20000 Series

DIN ISO/IEC 20000 Series: Informationstechnik – Service Management, Beuth Verlag.

Dumitrescu et al. 2015

Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Kühn, A.; Luckey, M.; Plass, C.; Schneider, M.; Westermann, T. (2015): Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Erfolgsfaktor Referenzarchitektur. [http://www.its-owl.de/fileadmin/PDF/Informationsmaterialien/2015-Auf_dem_Weg_zu_Industrie_4.0_Erfolgsfaktor_Referenzarchitektur.pdf \[15.11.2017\].](http://www.its-owl.de/fileadmin/PDF/Informationsmaterialien/2015-Auf_dem_Weg_zu_Industrie_4.0_Erfolgsfaktor_Referenzarchitektur.pdf [15.11.2017].)

E.ON SE 2016

E.ON SE (2016): Geschäftsbericht 2016 E.ON. [https://www.eon.com/content/dam/eon/eon-com/investors/annual-report/EON_Geschaeftsbericht_2016.pdf \[15.11.2017\].](https://www.eon.com/content/dam/eon/eon-com/investors/annual-report/EON_Geschaeftsbericht_2016.pdf [15.11.2017].)

Eckert 2017

Eckert, R. (2017), Warum Daimler auf die Schwarm-Organisation setzt. [https://www.springerprofessional.de/organisationsentwicklung/innovationsmanagement/warum-daimler-auf-die-schwarm-organisation-setzt/12000092 \[15.11.2017\].](https://www.springerprofessional.de/organisationsentwicklung/innovationsmanagement/warum-daimler-auf-die-schwarm-organisation-setzt/12000092 [15.11.2017].)

Emmrich et al. 2015

Emmrich, V.; Döbele, M.; Bauernhansl, T.; Paulus-Rohmer, D.; Schatz, A.; Weskamp, M. (2015): Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0: Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau. München, Stuttgart: Dr. Wieselhuber & Partner, Fraunhofer IPA.

Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum 2017

Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum (2017): Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. [http://www.hightech-forum.de/fileadmin/PDF/autonome_systeme_abschlussbericht_kurzversion.pdf \[26.01.2018\].](http://www.hightech-forum.de/fileadmin/PDF/autonome_systeme_abschlussbericht_kurzversion.pdf [26.01.2018].)

Gausemeier et al. 2016

Gausemeier, J.; Klocke, F.; Dülme, C.; Eckelt, D.; Kabasci, P.; Kohlhuber, M.; Schön, N.; Schröder, S.; Wellensiek, M. (2016): Industrie 4.0: Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung. [http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Sonderpublikationen/INBENZHAP_dt_web.pdf \[15.11.2017\].](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Sonderpublikationen/INBENZHAP_dt_web.pdf [15.11.2017].)

Geisberger und Broy 2012

Geisberger, E.; Broy, M. (Hrsg.) (2012): agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. [http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech_takes_position_no3_gesamt.pdf \[15.11.2017\].](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech_takes_position_no3_gesamt.pdf [15.11.2017].)

General Electric 2016

General Electric (2016): GE's Digital Industrial Transformation Playbook. <https://www.ge.com/de/karriere/unsere-kultur> <https://www.ge.com/uk/sites/www.ge.com.uk/files/ge-digital-industrial-transformation-playbook-whitepaper.pdf> [15.11.2017].

Heger 2007

Heger, C. L. (2007): Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Fabrikobjekten. Dissertation, Berichte aus dem IFA Band IFA 01/2007.

HeidelbergCement AG 2016

HeidelbergCement AG (2016): Geschäftsbericht 2016 – Zusammen wachsen. http://www.heidelbergcement.com/de/system/files_force/assets/document/geschaeftsbericht-2016.pdf [15.11.2017].

Hellinger und Stumpf 2013

Hellinger, A., Stumpf, V. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf [15.11.2017].

Henke 2016

Henke, M. (2016): 10 Thesen zum Management der Industrie 4.0. <http://www.wiwo.de/erfolg/vordenker-spezial/vordenker-10-thesen-zum-management-der-industrie-4-0/14734142-all.html> [15.11.2017].

Henkel AG & Co. KGaA 2016

Henkel AG & Co. KGaA (2016): Geschäftsbericht 2016 – Nachhaltig Werte schaffen. <https://geschaeftsbericht.henkel.de/blob/736998/b33ce1d62f91dadf7c86f3ffa5801f/data/2016-geschaeftsbericht.pdf> [15.11.2017].

Henkel AG & Co. KGaA 2017

Henkel AG & Co. KGaA (2017): Themenwelt Industrie 4.0. <https://www.henkel.de/spotlight/themenwelten/themenwelt-industrie-4-0> [20.12.2017].

Hernández Morales 2003

Hernández Morales, R. (2003): Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. Dissertation, Universität Hannover, VDI.

Hightech-Forum 2017

Hightech-Forum (2017): Gute Ideen zur Wirkung bringen – Umsetzungsimpulse des Hightech-Forums zur Hightech-Strategie. http://www.hightech-forum.de/fileadmin/PDF/hightech-forum_umsetzungsimpulse.pdf [15.11.2017].

Homma 2015

Homma, N. (2015): Unternehmenskultur und Führung. Den Wandel gestalten – Methoden, Prozesse, Tools, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

ISA/IEC 62443

ISA/IEC 62443: Security for Industrial Automation and Control Systems.

ITRE 2016

European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (2016): Industry 4.0. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) [22.01.2018].

Ittermann et al. 2015

Ittermann, P., Niehaus, J., Hirsch-Kreinsen, H. (2015): Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. https://www.boeckler.de/pdf/p_study_hbs_308.pdf [22.01.2018].

Jost 2014

Jost, W. (2014): Das Unternehmen der Zukunft ist digital. <https://www.computerwoche.de/a/das-unternehmen-der-zukunft-ist-digital,3090910,2> [22.01.2018].

Kagermann et al. 2013

Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf [19.01.2017].

Kagermann 2017

Kagermann, H., Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Vogel-Heuser, B. (Hrsg.) (2017): Handbuch Industrie 4.0. Bd. 4. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Kagermann und Meinel 2018

Kagermann, H.; Meinel, C. (2018): Hands on Industrie 4.0. <https://mooc.house/courses/industrie40-2016> [22.01.2018].

Kühmayer 2015

Kühmayer, Franz (2015): Fluide Organisationen. <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/fluide-organisationen-durchlaesig-statt-starr/> [15.11.2017].

Mainzer 2016

Mainzer, K. (2016): Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen?, Springer, Berlin, Heidelberg.

Mattern und Flörkemeier 2010

Mattern, F., Flörkemeier, C. (2010): „Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge.“ In: Informatik-Spektrum, Bd. 33, Nr. 2, S. 107–121.

McKinsey & Company 2015

McKinsey & Company (2015): Industry 4.0 – How to navigate digitization of the manufacturing sector. https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwivomJvqsHXAhWCKewKHSTPBaoQFggq-MAA&url=https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf&usq=AOvVaw1mbLn0rwz7tfjiCrFKPVst [15.11.2017].

ME et al. 2017

Arbeitgeberverband Gesamtmetall; IG Metall; Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau; Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (2017): Ausbildung und Qualifizierung für Industrie 4.0. https://www.gesamtmetall.de/sites/default/files/downloads/basispapier_agiles_verfahren_versand_17-03-28.pdf [22.01.2018].

Meichsner 2007

Meichsner, T. P. (2007): Migrationskonzept für einen modell- und variantenflexiblen Automobilkarosserierohbau. Dissertation, Berichte aus dem IPH Band 01/2007.

Microsoft Deutschland GmbH 2016

Microsoft Deutschland GmbH (2016): Die kluge Fabrik. Industrie 4.0 Lösungen in Deutschland. <https://vdivde-it.de/system/files/pdfs/die-kluge-fabrik-industrie-4.0-loesungen-in-deutschland.pdf> [15.11.2017].

Mintzberg 1978

Mintzberg, H. (1978): Patterns in Strategy Formation. In: Management Science. Vol. 24, No. 9, S. 934-948.

Nolte-Ebert 1999

Nolte-Ebert, Heike (1999): Organisation. Ressourcenorientierte Unternehmensgestaltung. München: Oldenbourg (Lehr- und Handbücher der Betriebswirtschaftslehre).

Nyhuis et al. 2008

Nyhuis, P.; Heins, M.; Pachow-Frauenhofer, J.; Reinhart, G.; Krebs, P.; Abele, E.; Wörn, A. (2008): Wandlungsfähige Produktionssysteme – Fit sein für die Produktion von morgen. In: ZWF ZEITSCHRIFT FÜR WIRTSCHAFTLICHEN FABRIKBETRIEB, Nr. 5, S. 333-337.

Nyhuis 2010

Nyhuis, P. (2010): Wandlungsfähige Produktionssysteme, GITO-Verlag, Berlin.

Plattform Industrie 4.0 2015

Plattform Industrie 4.0 (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0., S. 8.

Plattform Industrie 4.0 2016

Plattform Industrie 4.0 (2016): Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0): Eine Einführung. https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/rami40-eine-einfuehrung.pdf?__blob=publicationFile&v=7 [15.11.2017].

Porter 1985

Porter, M. E. (1985): The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. NY: Free Press.

Robert Bosch GmbH 2016

Robert Bosch GmbH (2016): Geschäftsbericht 2016. https://assets.bosch.com/media/global/bosch_group/our_figures/pdf/bosch-geschaeftsbericht-2016.pdf [15.11.2017].

Roth 2016

Roth, A. (2016): Industrie 4.0 – Hype oder Revolution? In: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis, Hrsg. A. Roth, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 1-16.

Siemens AG Österreich 2016

Siemens AG Österreich (2016): Geschäftsbericht 2016 – Daten und Fakten 2016. http://w5.siemens.com/web/at/de/corporate/portal/Presse/ZahlenDatenFakten/Documents/Geschaeftsbericht_Siemens_2016_de.pdf [15.11.2017].

Siepmann 2016a

Siepmann, D. (2016): Industrie 4.0 – Fünf zentrale Paradigmen. In: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis, Hrsg. A. Roth, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 35-46.

Siepmann 2016b

Siepmann, D. (2016): Industrie 4.0 – Struktur und Historie. In: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis, Hrsg. A. Roth, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 17-34.

Siepmann 2016c

Siepmann, D. (2016): Industrie 4.0 – Technologische Komponenten. In: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis, Hrsg. A. Roth, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 47-72.

Schissler 2015

Schissler, T. (2015): Agilität als Unternehmenskultur – Schock oder Chance? <https://www.computerwoche.de/a/agilitaet-als-unternehmenskultur-schock-oder-chance,3099413> [15.11.2017].

Schuh et al. 2017

Schuh, G.; Anderl, R.; Gausemeier J.; ten Hompel, M.; Wahlster, W. (Hrsg.) (2017): Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech STUDIE), München: Herbert Utz Verlag.

Schwab 2016

Schwab, K. (2016): Die vierte industrielle Revolution. Pantheon, München.

Schwuchow und Gutmann 2017

Schwuchow, K.; Gutmann, J. (2017): HR-Trends 2018: Strategie, Kultur, Innovation, Konzepte. Haufe-Lexware.

Staufen AG 2017

Staufen AG (2017): Studie: Gut jedes dritte Unternehmen in Deutschland ist schon auf dem Weg in die Arbeitswelt 4.0. <http://www.presseportal.de/pm/107923/3665098> [15.11.2017].

Storz 2012

Storz, S. (2012): Die Google-Unternehmenskultur. <http://www.storz.net/blog/postings/die-google-unternehmenskultur/> [15.11.2017].

Terra und Passador 2016

Terra, L. A. A.; Passador, J. L. (2016): Symbiotic Dynamic: The Strategic Problem from the Perspective of Complexity. In: Systems Research and Behavioral Science. 33 (2). S. 235–248.

VDI/VDE 2182

VDI/VDE 2182, Informationssicherheit in der industriellen Automatisierung, Beuth Verlag.

VDMA 2015

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hrsg.); Anderl, R.; Picard, A.; Wang, Y.; Fleischer, J.; Dosch, S.; Klee, B.; Bauer, J. (2015): Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. In: VDMA Forum Industrie.

Verl und Lechler 2014

Verl, A., Lechler, A. (2014): Steuerung aus der Cloud. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration, Hrsg. T. Bauernhansl, M. ten Hompel, B. Vogel-Heuser, Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 235–248.

Vogt 2017

Vogt, M. (2017): Künstliche Intelligenz und Produktion – eine Liebesheirat. <http://www.management-circle.de/blog/kuenstliche-intelligenz-und-produktion/> [22.01.2018].

Waldherr 2009

Waldherr, G. (2009): Die ideale Welt. <https://www.brandeins.de/archiv/2009/wirtschaft-neu/die-ideale-welt/> [15.11.2017].

Wien und Franzke 2013

Wien, A.; Franzke, N. (2014): Systematische Personalentwicklung: 18 Strategien zur Implementierung eines erfolgreichen Personalentwicklungskonzepts. Springer Gabler, Wiesbaden.

Wiendahl et al. 2005

Wiendahl, H.-P.; Nofen, D.; Klußmann, J. H.; Breitenbach, F. (2005): Planung modularer Fabriken. Carl Hanser Verlag München Wien.

Wiendahl et al. 2007

Wiendahl, H.-P.; ElMaraghy, H. A.; Nyhuis, P.; Zäh, M. F.; Wiendahl, H.-H.; Duffie, N.; Brieke, M. (2007): Changeable Manufacturing – Classification, Design and Operation. In: CIRP Annals – Manufacturing Technology 56 (2), S. 783–809.

Wiendahl et al. 2014

Wiendahl, H.-P.; Nyhuis, P.; Reichardt, J. (2014): Handbuch Fabrikplanung. Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. 2., überarb. und erw. Aufl. München, Hanser.

Windelband 2014

Windelband, L. (2014): Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. In: Journal of Technical Education, 2. Jg. (2014), H. 2, S. 138–160.

Winkelhake 2017

Winkelhake, U. (2017): Die digitale Transformation der Automobilindustrie – Treiber Roadmap Praxis, Springer, Berlin, Heidelberg.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

Prof. Dr.-Ing. Peter Nyhuis

Johannes Fisel, wbk Institut für Produktionstechnik

Alexander Jacob, wbk Institut für Produktionstechnik

Lars Nielsen, IFA Institut für Fabrikanlagen und Logistik

Dr.-Ing. Matthias Schmidt, IFA Institut für Fabrikanlagen und Logistik

Dr.-Ing. Nicole Stricker, wbk Institut für Produktionstechnik

