

# Schlussbericht

---

zu IGF-Vorhaben Nr. 18897 N

## Thema

Entwicklung eines Reifegradmodells zur Steigerung der Industrie 4.0-Befähigung in Produktion und Logistik am Beispiel von interaktiven Assistenzsystemen (4.0 Ready)

## Berichtszeitraum

01.12.2015 – 31.01.2018

## Forschungsvereinigung

Bundesvereinigung Logistik e.V. - BVL

## Forschungsstellen

Forschungsstelle 1: Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH)

Forschungsstelle 2: International Performance Research Institute gGmbH (IPRI)

Hannover 10.04.2018

Christian Böning (IPH)

ppa.



Sebastian Kasselmann (IPRI)



---

Ort, Datum

---

Name und Unterschrift aller Projektleiter der Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## 1 Zusammenfassung

Im Forschungsprojekt „4.0 Ready“ wurde ein Konzept zur aufwandsarmen Einführung interaktiver Assistenzsysteme in der Produktion und Logistik entwickelt. Dieses Vorgehen ermöglicht kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) den Sprung zur Smart Factory. Diese zeichnet sich durch die intelligente Vernetzung von Menschen und Maschinen in Produktion und Logistik aus. In Konsequenz werden flexiblere, effizientere und kundenindividuellere Produktions- und Logistikprozesse ermöglicht (Kagermann et al. 2013, 26f.). Zentrale Voraussetzung ist die digitale Verfügbarkeit aller erforderlichen Informationen und deren Verarbeitung in Echtzeit mittels innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) (BMW 2014, 2f.). Zur zukünftigen Integration des Menschen in die Smart Factory sind neuartige Mensch-Maschine-Schnittstellen zwingend erforderlich. Diese sollen unter anderem durch interaktive Assistenzsysteme gestaltet werden (Dombrowski und Wagner, 351f.; Spath und Ganschar 2013, 130f.).

Interaktive Assistenzsysteme nehmen Daten mittels Sensoren auf und wandeln diese in elektrische Signale um. Diese werden von integrierten Mikrocomputern zu Anweisungen oder Handlungsempfehlungen verarbeitet und Mitarbeitern in Produktion und Logistik bereitgestellt (Cirillies et al. 2014, 719f.). Typische Beispiele für interaktive Assistenzsysteme im hier gemeinten Kontext sind: Head-Mounted Displays, Pick-by-Technologie und Datenbrillen. Beim Einsatz von Datenbrillen wird beispielsweise die sichtbare Umgebung mit zusätzlichen kontextsensitiven Informationen überblendet (Augmented Reality). Mitarbeitern in der Montage werden spezifische Informationen und Handlungsanweisungen für den jeweiligen Montageauftrag angezeigt (Mayer und Pantförder 2014, 481ff.).

Warum ist dieser technologische Wandel notwendig? Eine Smart Factory zeichnet sich durch dezentrale und fortwährend wandelnde Produktions- und Logistikprozesse aus (selbststeuernde Fabrik). Der Mitarbeiter der Fabrik der Zukunft benötigt kontinuierlich angepasste Informationen um die komplexen Produktions- und Logistiksysteme beherrschen zu können – hier gewährleistet durch interaktive Assistenzsysteme (Bauernhansl et al. 2014b, 509ff.). Insbesondere für Kleinserienfertiger ist die Komplexitätsbeherrschung ein maßgeblicher Treiber des Unternehmenserfolgs (Schuh et al. 2013, 38f.).

Im Rahmen des Forschungsprojekts „4.0 Ready“ wurde dieser Forschungsbedarf aufgegriffen und ein entsprechendes Instrument entwickelt. Dabei wurde zunächst eine Klassifizierung unterschiedlicher interaktiver Assistenzsysteme in Form eines Kompendiums praxisnah aufbereitet. Anschließend wurden die Anforderungen für deren Einsatz in Produktion und Logistik identifiziert. Diese Erkenntnisse dienen zur Ableitung von Reifegradstufen, die den jeweiligen Erfüllungsgrad der 4.0-Readiness darstellen. Dieses Reifegradmodell wurde um eine Aggregationslogik sowie um entsprechende Maßnahmen zur Steigerung des 4.0-Readiness Grades erweitert. Zur Planung und Steuerung dieser Maßnahmen wurden Kennzahlen erhoben und angepasst.

Die Forschungsergebnisse wurden in einen aufwandsarm anwendbaren Softwaredemonstrator überführt. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass das entwickelte Reifegradmodell und die Maßnahmen für KMU nutzbar gemacht werden.

**Die Ziele des Vorhabens wurden erreicht.**

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis (ausführliche Darstellung)</b> .....	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>2 Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Erzielte Ergebnisse</b> .....	<b>8</b>
<b>4 Innovativer Beitrag und Nutzen für KMU</b> .....	<b>52</b>
<b>5 Veröffentlichungen und Transfermaßnahmen</b> .....	<b>56</b>
<b>6 Durchführende Forschungsstellen</b> .....	<b>61</b>
<b>7 Förderhinweis</b> .....	<b>62</b>
<b>8 Anhang</b> .....	<b>63</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>80</b>

## Inhaltsverzeichnis (ausführliche Darstellung)

<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis (ausführliche Darstellung)</b> .....	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>2 Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
2.1 Ausgangssituation.....	1
2.1.1 Wissenschaftliche Fragestellung .....	1
2.1.2 Stand der Forschung.....	2
2.1.3 Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Zielsetzungen laut Einreichung .....	4
2.2 Verwendung der Zuwendung .....	6
2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	6
<b>3 Erzielte Ergebnisse</b> .....	<b>8</b>
3.1 Arbeitspaket 1: Klassifikation unterschiedlicher Typen interaktiver Assistenzsysteme	8
3.1.1 Vorgehen: Technologie-Kompendium .....	8
3.1.2 Auswertung.....	9
3.1.3 Ergebnis: Technologie-Kompendium .....	13
3.1.4 Benötigte und eingesetzte Ressourcen.....	15
3.2 Arbeitspaket 2: Identifikation von Anforderungen für den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik.....	16
3.2.1 Ergebnis: Anforderungen an den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme.....	16
3.2.2 Prozesskettenanalyse .....	22
3.2.3 Benötigte und eingesetzte Ressourcen.....	23
3.3 Arbeitspaket 3: Ableitung von Reifegradstufen zum Erfüllungsgrad der für Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen.....	24
3.3.1 Ergebnis: Ableitung von Reifegradstufen .....	24
3.3.2 Benötigte und eingesetzte Ressourcen.....	30
3.4 Arbeitspaket 4: Ableitung von Maßnahmen mit dem Ziel die Anforderungen stufenweise zu erfüllen.....	31
3.4.1 Ableitung von Maßnahmen .....	31
3.4.2 Ermittlung von Maßnahmen .....	32
3.4.3 Validierung der Maßnahmen .....	32
3.4.4 Benötigte und eingesetzte Ressourcen.....	33
3.5 Arbeitspaket 5: Entwicklung von Kennzahlen zur Planung und Steuerung der Umsetzung der Maßnahmen.....	34
3.5.1 Grundlagen zu Kennzahlen.....	34
3.5.2 Grundsätzliches Vorgehen zur Bestimmung von Kennzahlen .....	35
3.5.3 Exkurs: Planung und Steuerung der Maßnahmenumsetzung.....	37
3.5.4 Ableitung von Kennzahlen .....	40
3.5.5 Bestimmung von Soll-Werten zur Einstufung in das RIAS.....	41
3.5.6 Use-Case.....	42

3.5.7	Benötigte und eingesetzte Ressourcen .....	44
3.6	Arbeitspaket 6: .....	45
3.6.1	Ergebnis:.....	45
3.6.2	Benötigte und eingesetzte Ressourcen .....	50
3.7	Arbeitspaket 7: Dokumentation, Transfer und Projektmanagement.....	51
3.7.1	Ergebnis:.....	51
3.7.2	Benötigte und eingesetzte Ressourcen .....	51
<b>4</b>	<b>Innovativer Beitrag und Nutzen für KMU .....</b>	<b>52</b>
4.1	Innovativer Beitrag der erzielten Ergebnisse .....	52
4.2	Wissenschaftlich-technischer Nutzen der erzielten Ergebnisse für KMU .....	52
4.3	Wirtschaftlicher Nutzen der erzielten Ergebnisse für KMU .....	53
4.4	Industrielle Anwendungsmöglichkeiten der erzielten Ergebnisse .....	54
<b>5</b>	<b>Veröffentlichungen und Transfermaßnahmen.....</b>	<b>56</b>
5.1	Projektbegleitender Ausschuss im Projekt .....	56
5.2	Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft lt. Antrag (Maßnahmen während der Projektlaufzeit) .....	57
5.3	Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft lt. Antrag (Maßnahmen nach Projektende) .....	59
5.4	Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts .....	60
<b>6</b>	<b>Durchführende Forschungsstellen.....</b>	<b>61</b>
6.1	IPH.....	61
6.2	International Performance Research Institute gemeinnützige GmbH .....	61
<b>7</b>	<b>Förderhinweis .....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>63</b>
8.1	Anhang AP1.....	63
8.1.1	Prozesskettenvergleich .....	63
8.1.2	Anforderungskatalog.....	64
8.1.3	Risikoabschätzung.....	65
8.2	Anhang AP3.....	67
8.2.1	Prozessgebiete .....	67
8.3	Anhang AP4.....	70
8.3.1	Ermittlung von Maßnahmen .....	70
8.4	Anhang AP5.....	74
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>80</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Forschungszielen und Arbeitspaketen .....	5
Abbildung 2: Vorgehen zur Fragebogenerstellung .....	8
Abbildung 3: Fragebogen – Eingangsfrage (Ausschnitt) .....	9
Abbildung 4: Auswertung "Welche interaktiven Assistenzsysteme kennen Sie?" .....	10
Abbildung 5: Auswertung "In welchen Bereichen sehen Sie Potenzial bei der Verwendung von interaktiven Assistenzsystemen?" .....	10
Abbildung 6: Auswertung "Welche interaktiven Assistenzsysteme eignen sich in den jeweiligen Einsatzgebieten?" .....	11
Abbildung 7: Auswertung "Welcher Nutzen ergibt sich durch interaktive Assistenzsysteme in den jeweiligen Einsatzgebieten?" .....	11
Abbildung 8: Auswertung "Welcher Nutzen ergibt sich durch interaktive Assistenzsysteme?" .....	12
Abbildung 9: Auswertung "Welcher Nutzen ergibt sich durch die Verwendung der genannten interaktiven Assistenzsysteme?" .....	12
Abbildung 10: Auswertung "Welche Hemmnisse sehen Sie bei der Einführung und Anwendung von interaktiven Assistenzsystemen?" .....	13
Abbildung 11: Zusammenhang interaktive Assistenzsysteme - CPS .....	14
Abbildung 12: Steckbrief Datenbrille .....	14
Abbildung 13: Der Weg zum Anforderungskatalog .....	18
Abbildung 14: Risikoanalyse .....	19
Abbildung 15: Klassifizierung von Risikoereignis .....	20
Abbildung 16: Risikmap – Organisation .....	20
Abbildung 17: Prozesskettenvergleich Kommissionierung .....	22
Abbildung 18: Ablauf eines Einführungsprozesses im Projekt 4.0 Ready .....	24
Abbildung 19: Adaptiertes Vorgehen zur Reifegradmodellentwicklung .....	25
Abbildung 20: Zieldefinition des 4.0 Ready-Reifegradmodells .....	26
Abbildung 21: Ableitung von Prozessgebiete aus den Anforderungen .....	27
Abbildung 22: Auszug aus den Prozessgebieten und dazugehörigen Fähigkeitsgraden .....	27
Abbildung 23: Mindestanforderungen der Fähigkeitsgrade für eine Datenbrille in der Kommissionierung (Auszug) .....	28
Abbildung 24: RIAS - generisch .....	28
Abbildung 25: Vorgehen zur Ableitung von Maßnahmen .....	31
Abbildung 26: Maßnahmen - Mensch .....	32
Abbildung 27: Validierungsvorgehen .....	32
Abbildung 28: Vorgehen zur Beurteilung von Maßnahmen .....	33
Abbildung 29: Übersicht Kennzahlen .....	35
Abbildung 30: Grundkonzept zur Strategieumsetzung .....	36
Abbildung 31: Perspektiven der Kennzahlen am Beispiel „Technologieakzeptanz“ .....	36
Abbildung 32: Erklärung der Kriterien anhand des Beispiels „Qualifikationsniveau“ .....	37
Abbildung 33: Operative Planun .....	38
Abbildung 34: Kontrolle der Ergebnisse .....	39
Abbildung 35: Ursachen von Abweichungen .....	39
Abbildung 36: Zusammenfassung: Regelkreis Planung und Steuerung .....	40
Abbildung 37: Aufbau des Kennzahlenkatalogs vice versa für den Maßnahmenkatalog .....	40

Abbildung 38: Auszug - Einordnung Prozessgebiet – Qualifikationsniveau.....	41
Abbildung 39: Maßnahmen zur Steigerung des Prozessgebiets Qualifikationsniveau .....	41
Abbildung 40: Ausschnitt Aggregationslogik zur Bestimmung des Fähigkeitsgrades aus unterschiedlichen Antwortkombinationen.....	42
Abbildung 41: Ergebnis Use-Case Fall (1/3).....	42
Abbildung 42: Ergebnis Use-Case Fall (2/3).....	43
Abbildung 43: Maßnahmen Use-Case Fall .....	43
Abbildung 44: Ergebnis Use-Case Fall (3/3).....	44
Abbildung 45: Tabellenblatt Cockpit .....	45
Abbildung 46: Tabellenblatt Fragebogen .....	46
Abbildung 47: Tabellenblatt Gewichtung .....	47
Abbildung 48: Tabellenblatt Ergebnis .....	47
Abbildung 49: Tabellenblatt Historie .....	48
Abbildung 50: Tabellenblatt Historie – eingeblendetes Diagramm .....	48
Abbildung 51: Tabellenblatt Detailansicht-Ergebnis.....	49
Abbildung 52: Tabellenblatt Maßnahmen .....	49
Abbildung 53: Prozesskettenvergleich Montage .....	63
Abbildung 54: Prozesskettenvergleich Wartung .....	63
Abbildung 55: Anforderungen (Personal).....	64
Abbildung 56: Anforderungen (Organisation).....	64
Abbildung 57: Anforderungen (Technik) .....	65
Abbildung 58: Grundanforderungen vor dem Einsatz .....	65
Abbildung 59: Risikmap – Technik .....	65
Abbildung 60: Risikmap – Mensch .....	66
Abbildung 61: Prozessgebiete - Mensch .....	67
Abbildung 62: Prozessgebiete - Technik .....	68
Abbildung 63: Prozessgebiete - Organisation.....	69
Abbildung 64: Maßnahmen - Technik (1/2).....	70
Abbildung 65: Maßnahmen - Technik (2/2).....	71
Abbildung 66: Maßnahmen - Organisation (1/2) .....	72
Abbildung 67: Maßnahmen - Organisation (2/2) .....	73
Abbildung 68: Kennzahlenblatt – Beispiel.....	73
Abbildung 69: Kennzahlenkatalog - Mensch.....	74
Abbildung 70: Kennzahlenkatalog – Technik (1/2).....	75
Abbildung 71: Kennzahlenkatalog – Technik (2/2).....	76
Abbildung 72: Kennzahlenkatalog – Organisation (1/3) .....	77
Abbildung 73: Kennzahlenkatalog – Organisation (2/3) .....	78
Abbildung 74: Kennzahlenkatalog – Organisation (3/3) .....	79

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Zielsetzung und erarbeiteten Ergebnissen.....	5
Tabelle 2: Übersicht über die tatsächlich angefallenen PM innerhalb des Forschungsprojektes .....	6
Tabelle 3: Teilnehmer der Delphi-Befragung .....	17
Tabelle 4: Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit .....	19
Tabelle 5: Charakter des Ausmaßes .....	19
Tabelle 6: Risikoabschätzung – Organisation.....	21
Tabelle 7: Merkmalsklassen zur Entwicklung eines Reifegradmodells.....	26
Tabelle 8: Fallstudienunternehmen .....	33
Tabelle 9: Zuordnung der Forschungsergebnisse zu Fachgebieten .....	53
Tabelle 10: Zuordnung der Forschungsergebnisse zu Wirtschaftszweigen.....	53
Tabelle 11: Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses.....	56
Tabelle 12: Sitzungen des pA und inhaltliche Schwerpunkte der jeweiligen Sitzung.....	56
Tabelle 13: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft während der Projektlaufzeit lt. Antrag .....	57
Tabelle 14: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft nach Projektende lt. Antrag .....	59
Tabelle 15: Risikoabschätzung – Technik.....	66
Tabelle 16: Risikoabschätzung – Mensch.....	66

## Abkürzungsverzeichnis

AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.
AP	Arbeitspaket
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CPS	Cyber-physisches System
IAS	Interaktive Assistenzsysteme
IHK	Industrie- und Handelskammer
IKT	Innovative Informations- und Kommunikationstechnologien
IPH	Institut für Integrierte Produktion Hannover
IPRI	International Performance Research Institute
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
pA	Projektbegleitender Ausschuss
PM	Personenmonate
RIAS	Reifegradmodell Interaktive Assistenzsysteme
VBA	Visual Basic for Applications

## 2 Zielsetzung

Das Ziel des Forschungsvorhabens „4.0 Ready“ war die Entwicklung einer Methode, die KMU die Einführung interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik aufwandsarm ermöglicht. Ein geeigneter Ansatz hierfür sind Reifegradmodelle. Dabei soll das zu entwickelnde Reifegradmodell Unternehmen eine klare Orientierung bei der Einführung interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik bieten. Dies ist ein zentraler Schritt hin zur Smart Factory als Kern der Industrie 4.0.

Das Gesamtziel teilt sich in vier Arbeitsziele:

- Ermittlung von personellen, technologischen und organisatorischen Anforderungen für den Einsatz sowie Abschätzung des Nutzens von interaktiven Assistenzsystemen in Produktion und Logistik
- Ableitung von Reifegradstufen zur sequenziellen Erfüllung dieser Anforderungen
- Ableitung und Validierung von Maßnahmen zur Erreichung einzelner Reifegradstufen
- Entwicklung von Kennzahlen zur Planung und Steuerung des Umsetzungsgrads der Maßnahmen

### 2.1 Ausgangssituation

Um die Ausgangssituation für das vorliegende Forschungsvorhaben darzustellen, wird im Folgenden zunächst die wissenschaftliche Fragestellung erläutert und anschließend der Stand der Forschung vorgestellt.

#### 2.1.1 Wissenschaftliche Fragestellung

Industrie 4.0 fokussiert auf die intelligente Vernetzung in Produktion und Logistik mit dem Ziel eine Smart Factory zu schaffen. Interaktive Assistenzsysteme sind notwendige Mensch-Maschine-Schnittstellen der Smart Factory. Mittels interaktiver Assistenzsysteme kann eine deutliche Effizienzsteigerung der Mitarbeiter in Produktion und Logistik erzielt werden. Eine Einführung birgt aber auch Risiken. Beim Einsatz der interaktiven Assistenzsysteme müssen Anforderungen aus den Gestaltungsfeldern Mensch, Technik und Organisation berücksichtigt werden. Bisher existierte keine Methode, welche zur Planung und Steuerung der Erfüllung dieser Anforderungen geeignet ist.

Reifegradmodelle gehen über die stufenweise Bewertung von Entwicklungsniveaus hinaus und ermöglichen das Aufzeigen von Handlungsalternativen. Somit bieten Reifegradmodelle eine geeignete Grundlage für die systematische Ermittlung und Erfüllung der für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen. Bisher wurde kein entsprechendes Reifegradmodell entwickelt.

Die Umsetzung des Konzepts Industrie 4.0 erfordert den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen. Diese führen zu deutlichen Effizienzsteigerungen der Mitarbeiter in Produktion und Logistik. Die Einführung solcher Technologien in den laufenden Betrieb stellt eine Herausforderung dar und ist mit Risiken verbunden. Reifegradmodelle bieten einen methodischen Ansatz zur systematischen Ermittlung und Erfüllung der für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen. Allerdings ist die Anpassung bestehender Reifegradmodelle an die Besonderheiten von interaktiven Assistenzsystemen nicht trivial. Bisher befasst sich kein Forschungsprojekt mit dieser Problemstellung. Das Forschungsvorhaben 4.0-Ready adressiert diese Forschungslücke.

Um die bestehenden Probleme bzgl. der Verbreitung von interaktiven Assistenzsystemen mittels eines Reifegradmodells lösen zu können, muss folgende Frage beantwortet werden:

**Wie können kleine und mittlere Kleinserienfertiger dazu befähigt werden, den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen in Produktion und Logistik notwendigen Anforderungen mittels eines zu entwickelnden Reifegradmodells systematisch zu erfüllen?**

### **2.1.2 Stand der Forschung**

Zunächst wird im ersten Abschnitt der Einsatz interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik dargestellt. Im zweiten Abschnitt werden die Anforderungen an den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme kritisch untersucht. Anschließend erfolgt im dritten Abschnitt eine Kurzfassung über die Eignung von Reifegradmodellen.

#### ***Der Einsatz interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik***

Durch den Einsatz von innovativen Informations- und Kommunikationstechnologien können alle Prozesse in Produktion und Logistik verbessert werden (Gronau 2014, 279f.). Damit der Mensch Zugang erhält zum Produktions- und Logistiksystem einer Smart Factory sind neuartige Mensch-Maschine-Schnittstellen erforderlich. Die Mensch-Maschine-Schnittstellen können durch interaktive Assistenzsysteme, wie mobile Endgeräte (bspw. Smartphones oder Tablets) oder sogenannte Wearables (bspw. Datenbrillen oder Datenhandschuhe) realisiert werden (Amasaka 2015, 1136f.). Zu den typischen Anwendungsfeldern für interaktive Assistenzsysteme zählen Produktionsüberwachung, Montage, Wartung oder Kommissionierung/Materialbereitstellung.

Für die Produktionsüberwachung kommen IT-basierte Anwendungen (Apps) zum Einsatz, die eine Auswertung von Verfügbarkeits- und Qualitätsdaten von Maschinen über mobile Endgeräte in Echtzeit zulassen (Bauernhansl et al. 2014b, 12f.). Somit werden Mitarbeiter rechtzeitig und zielgerichtet über drohende Stillstandzeiten informiert und können entsprechend reagieren, um eine hohe Anlagenverfügbarkeit zu gewährleisten. Über Datenbrillen oder Head-Mounted Displays können Mitarbeiter im Anwendungsbereich der Montage oder Wartung mit notwendigen Informationen versorgt werden. Dabei wird mit Hilfe der Brillengläser oder dem Display die real sichtbare Umgebung mit zusätzlichen Informationen wie Montageanweisungen oder Reparaturinformationen überblendet (Augmented Reality). So bekommen die Mitarbeiter bedarfsgerecht die Informationen bereitgestellt, die sie für die effiziente und fehlerfreie Ausführung ihrer Montage- oder Wartungsaufgaben benötigen (Wang 2002, 465ff.). Auch in der Kommissionierung können Wearables eingesetzt werden. Exemplarisch können Datenhandschuhe und diverse „Pick-by-Technologien“, wie Pick-by-Vision (über Datenbrillen) oder Pick-by-Light, genannt werden. Beim Datenhandschuh handelt es sich um einen Handschuh mit einem integrierten RFID-Lesegerät, welchen der Mitarbeiter beim Kommissionieren trägt. Dabei wird der Mitarbeiter durch optische Signale auf falsch kommissionierte Teile hingewiesen (Günthner et al. 2011, 7f.). Bei Pick-by-Vision kommt ein Head-Mounted Display zum Einsatz. Der Mitarbeiter in der Kommissionierung erhält notwendige Informationen zum Ort und Auftragsstatus auf dem Display angezeigt. Weitere Pick-by-Technologien verwenden Kontrollleuchten oder Geräusche (beispielsweise per Headset). Solche Assistenzsysteme tragen zu einer hohen Kommissionsicherheit bei. Aufgrund der beschriebenen vielfältigen Potenziale werden interaktive Assistenzsysteme auch als „Fähigkeitsverstärker“ physischer und kognitiver Leistungen von Mitarbeitern in Produktion und Logistik gesehen (Botthof 2015, 4f.).

## **Anforderungen an den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme**

Interaktive Assistenzsysteme tragen dazu bei, dass Mitarbeiter in der Produktion und Logistik weniger fehleranfällig und effizienter arbeiten. Allerdings ist die Einführung dieser Technologien in den laufenden Betrieb mit verschiedenen Hürden verbunden. So erfüllen Unternehmen oft nicht die Anforderungen, die für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendig sind. Dabei müssen Anforderungen sowohl an den Menschen, als auch an die Technik und Organisation betrachtet werden (Gronau 2014, 280f.).

Hinsichtlich des Anforderungsbereichs bzw. Gestaltungsfelds „Mensch“ müssen Mitarbeiter für den Umgang mit interaktiven Assistenzsystemen geschult werden. Dabei müssen die Kompetenzprofile verschiedener Beschäftigtengruppen (jüngere/ältere, erfahrene/unerfahrene Mitarbeiter) berücksichtigt werden. Mitarbeiter müssen aktiv in den Einführungsprozess integriert werden, um eine hohe Technologieakzeptanz zu erzielen bzw. eine Ablehnung der neuen Technologie zu vermeiden (Bauernhansl et al. 2014b, 509ff.). Des Weiteren müssen Mitarbeiter bereitgestellt werden, die die Systeme zur Datenbereitstellung aufbauen und pflegen. Hinsichtlich des Gestaltungsfeldes „Technik“ sind die Kompatibilität der interaktiven Assistenzsysteme mit vorhandenen IKT (Bauernhansl et al. 2014b, S. 521) und deren Integration über geeignete Schnittstellen (z.B. Bluetooth, USB, WLAN, 3G) wesentliche Herausforderungen (Vogel-Heuser et al. 2016, 160f.). Bezogen auf das Gestaltungsfeld „Organisation“ muss die Ausgestaltung der Aufbauorganisation (Hierarchie) und der Ablauforganisation (Prozesse) eine dezentrale Entscheidungsfindung zulassen (Gronau 2014, 279f.; Kagermann et al. 2013, 26f.). So sind Prozesse unterschiedlichster Anwendungsbereiche (wie Kommissionierung, Montage oder Wartung) an den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme anzupassen.

Bei der Einführung von interaktiven Assistenzsystemen darf keiner dieser drei Gestaltungsfelder vernachlässigt werden. Da diese Technologien eine hohe Vernetzung mit anderen Systemen und damit spezifische Anforderungen voraussetzen, ist eine Einführung von interaktiven Assistenzsystemen nicht mit der Einführung anderer Technologien vergleichbar. Eine Übertragbarkeit bestehender Methoden ist aus diesem Grund nicht möglich.

Unternehmen müssen in diesem Zusammenhang zunächst den Ist-Zustand des Erfüllungsgrads dieser Anforderungen ermitteln und bestehende Defizite aufdecken. Ausgehend vom Ist-Zustand müssen Unternehmen Maßnahmen ergreifen, welche die Defizite beheben. Ein angestrebter Soll-Zustand ist in diesem Fall gekennzeichnet durch die Erfüllung aller für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen. Bisher existiert noch keine Methode, welche Unternehmen bei der Ermittlung eines solchen Ist-Zustands, der Identifikation eines Soll-Zustands und der Ableitung von notwendigen Anforderungen und passenden Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen unterstützt (Jentsch et al. 2014, 678ff.). Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird solch eine beschriebene Methode benötigt.

In der Praxis werden Reifegradmodelle eingesetzt, um durch ein strukturiertes Vorgehen definierte Ziele zu erreichen und dabei auftretende Problemstellungen zu identifizieren und zu beheben (Specht et al. 2014). Reifegradmodellen wird ein hohes Potenzial zur Einführung von Technologien, welche die mit Industrie 4.0 zusammenhängende intelligente Vernetzung ermöglichen, zugeschrieben (PwC 2014; Jentsch et al. 2014, 678ff.; Feld et al. 2012, 38ff.).

Unter einem Reifegradmodell wird ein vereinfachtes Abbild der Realität verstanden, welches den Entwicklungsstand von Produkten, Prozessen und Organisationen stufenweise beschreibt (Egeli 2016; Huber 2016; Rienhoff et al. 2017). Diese Entwicklungsstufen ermöglichen eine

strukturierte Vorgehensweise bei der Evaluation und Optimierung der Abläufe in Unternehmen. Jede Reifegradstufe beinhaltet spezifische Anforderungen, welche erfüllt werden müssen, um diese Stufe zu erreichen. Über die Reifegradstufen können Schwachstellen und daraus Handlungsmaßnahmen um diese zu beheben, abgeleitet werden (Herbert et al. 2011). Aufgrund der kontinuierlichen Bestimmung von Ist- und Soll-Werten sowie der Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen ist die Reifegradbestimmung als iterativer Prozess umzusetzen (Kübel 2013). Reifegradmodelle eignen sich als methodischer Ansatz für die systematische Ermittlung und Erfüllung der für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen in Produktion und Logistik.

Je nach Zielstellung und Fokus wurden in den vergangenen beiden Jahrzehnten mehr als 100 Reifegradmodelle entwickelt (Mejia et al. 2016). Das Capability Maturity Model Integration (CMMI) gilt als Blaupause für die Mehrheit aller entwickelten Reifegradmodellen. Das CMMI-Modell ist in fünf nacheinander zu durchlaufenden Reifegradstufen unterteilt. Die zur Erreichung der Stufen definierten Anforderungen werden in die vier Prozessgebiete Prozess- und Projektmanagement sowie Engineering- und Supportprozesse aufgeteilt (Staples et al. 2007). Es existieren somit für jedes Prozessgebiet Aktivitäten zur Erreichung der definierten Ziele (Chrissis et al. 2011). Eine einfache Anpassung des Modells ist jedoch nicht möglich, da es für spezifische Prozesstypen, insbesondere der Softwareentwicklung, ausgelegt ist (Reupke und Struck 2014).

Die Vielzahl der entwickelten Reifegradmodelle ist mit der nicht möglichen bzw. nur eingeschränkten Übertragbarkeit bestehender Reifegradmodelle auf neue Zielstellungen zu begründen (Wendler 2012). In Abhängig des Ziels und den damit zusammenhängenden Handlungsfeldern sowie den definierten Entwicklungsstufen zur schrittweisen Zielerreichung muss ein „neues“ Reifegradmodell entwickelt werden. Für die systematische Ermittlung und Erfüllung der für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen in Produktion und Logistik wurde bisher noch kein Reifegradmodell entwickelt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Gestaltungsfelder nicht nur vereinzelt betrachtet werden sollen, sondern das Zusammenwirken von Mensch, Technik und Organisation in dem Reifegradmodell analysiert werden muss.

### **2.1.3 Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Zielsetzungen laut Einreichung**

Ziel des Forschungsprojekts „4.0 Ready“ war es ein Reifegradmodell zur Einführung von interaktiven Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik für KMU zu entwickeln. Konkret leiteten sich aus dem Stand der Wissenschaft und Praxis Forschungsfragen ab, die zu vier Forschungszielen führten. Diese sollten durch sechs Arbeitspakete erreicht werden (vgl. Abbildung 1).

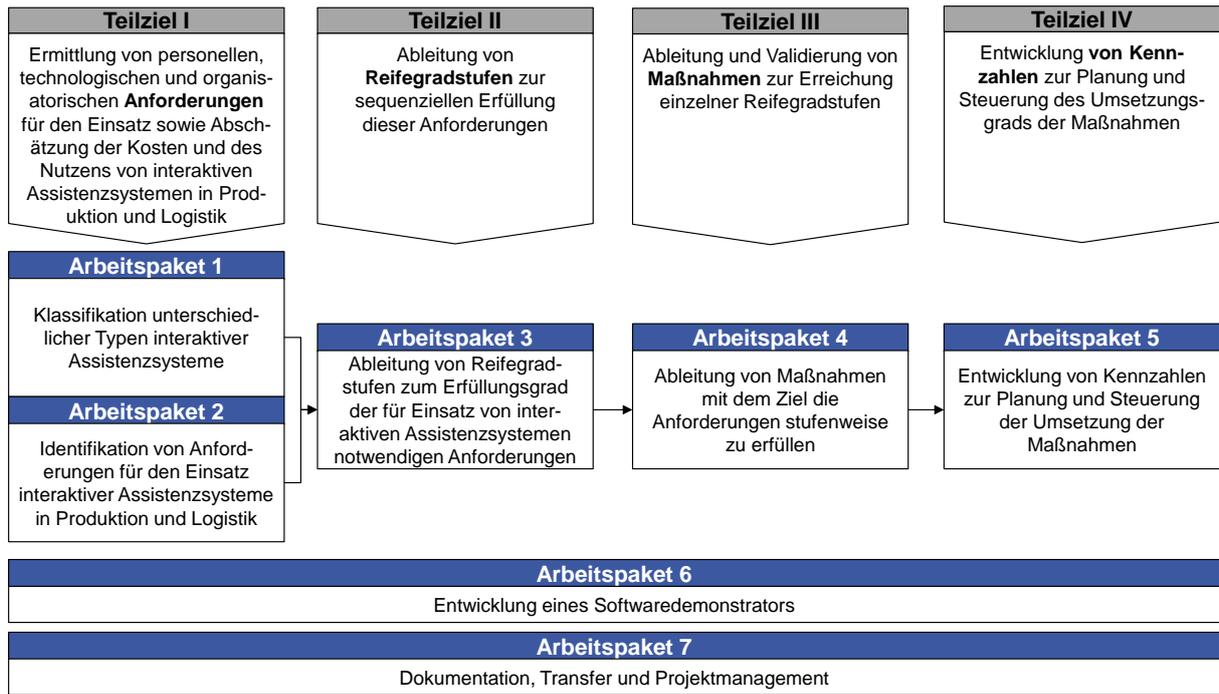


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Forschungszielen und Arbeitspaketen

Nachfolgend sind in der Übersicht die Arbeitspakete und deren geplante sowie die erzielten Ergebnisse abgebildet. Deutlich wird, dass alle Teilziele als auch das Gesamtziel des Vorhabens erreicht wurden.

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Zielsetzung und erarbeiteten Ergebnissen

Arbeitspaket (AP)	Geplante Ergebnisse	Erzielte Ergebnisse	Geplante Ergebnisse erreicht?
AP 1: Klassifikation unterschiedlicher Typen interaktiver Assistenzsysteme	Technologie-Kompodium klassifizierter interaktiver Assistenzsysteme inklusive Nutzenabschätzung	Technologie-Kompodium klassifizierter interaktiver Assistenzsysteme inklusive Nutzenabschätzung	✓
AP 2: Identifikation von Anforderungen für den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik	Systematisierte und dokumentierte Anforderungen für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen in Form eines Anforderungskatalogs ergänzt um eine Risikoabschätzung	Systematisierte und dokumentierte Anforderungen für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen in Form eines Anforderungskatalogs ergänzt um eine Risikoabschätzung	✓
AP 3: Ableitung von Reifegradstufen zum Erfüllungsgrad der für Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen	Exemplarische Reifegradmodelle je Klasse von Anwendungsszenario mit technologieorientierten (in Bezug auf interaktive Assistenzsysteme) Reifegradstufen und den dazugehörigen Anforderungen	Exemplarische Reifegradmodelle je Klasse von Anwendungsszenario mit technologieorientierten (in Bezug auf interaktive Assistenzsysteme) Reifegradstufen und den dazugehörigen Anforderungen	✓
AP 4: Ableitung von Maßnahmen mit dem Ziel die Anforderungen stufenweise zu erfüllen	Validierte Maßnahmen zur Erfüllung der notwendigen Anforderungen	Validierte Maßnahmen zur Erfüllung der notwendigen Anforderungen	✓

Arbeitspaket (AP)	Geplante Ergebnisse	Erzielte Ergebnisse	Geplante Ergebnisse erreicht?
AP 5: Entwicklung von Kennzahlen zur Planung und Steuerung der Umsetzung der Maßnahmen	Validierte Kennzahlen zur Planung und Steuerung der Umsetzung der Maßnahmen; Use-Case zur beispielhaften Veranschaulichung der Verwendung der Kennzahlen	Validierte Kennzahlen zur Planung und Steuerung der Umsetzung der Maßnahmen; Use-Case zur beispielhaften Veranschaulichung der Verwendung der Kennzahlen	
AP 6: Entwicklung eines Softwaredemonstrators	Validierter Softwaredemonstrator inkl. Anwenderleitfaden	Validierter Softwaredemonstrator inkl. Anwenderleitfaden	
AP 7: Dokumentation, Transfer und Projektmanagement	Publikationen in Zeitschriften, Konferenzen, Homepage, Pressearbeit, Präsentationen auf diversen Veranstaltungen, Projektmanagement	Publikationen in Zeitschriften, Konferenzen, Homepage, Pressearbeit, Präsentationen auf diversen Veranstaltungen, Projektmanagement	

## 2.2 Verwendung der Zuwendung

Die Bearbeitung des Projektes hat 53,4-Mann-Monate in Anspruch genommen. Für die einzelnen AP wurden die in Tabelle 2 dargestellten Aufwendungen in Form von wissenschaftlich-technischem Personal beansprucht.

**Tabelle 2: Übersicht über die tatsächlich angefallenen PM innerhalb des Forschungsprojektes**

<b>Personen-Monate Soll</b>	2,00 PM	24,50 PM	26,00 PM	1,50 PM	<b>54,0 PM</b>
<i>IPH (Soll)</i>	<i>1,00 PM</i>	<i>14,50 PM</i>	<i>10,00 PM</i>	<i>0,50 PM</i>	<i>26,00 PM</i>
<i>IPRI (Soll)</i>	<i>1,00 PM</i>	<i>10,00 PM</i>	<i>16,00 PM</i>	<i>1,00 PM</i>	<i>28,00 PM</i>
<b>Personen-Monate Ist</b>	Summe PM	Summe PM	Summe PM	Summe PM	<b>Summe PM</b>
<i>IPH (Ist)</i>	<i>0 PM</i>	<i>11 PM</i>	<i>14 PM</i>	<i>1 PM</i>	<i>26 PM</i>
<i>IPRI (Ist)</i>	<i>0,10 PM</i>	<i>11,00 PM</i>	<i>15,36 PM</i>	<i>0,91 PM</i>	<i>27,37 PM</i>

## 2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die **Notwendigkeit** der geleisteten Arbeit ergibt sich aus der identifizierten Forschungslücke und wird in Gesprächen mit Unternehmen, insbesondere KMU des Maschinen- und Anlagenbaus deutlich. Das Forschungsthema zeigt eindeutige Praxisrelevanz auf. Das Technologie-Kompendium als Überblick klassifizierter interaktiver Assistenzsysteme inklusive Nutzenabschätzung sowie das Reifegradmodell dargestellt im Softwaredemonstrator unterstützen KMU bei der strategischen Implementierung von interaktiven Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik.

Die Erarbeitung der Grundlagen für die Entwicklung und Umsetzung von interaktiven Technologien behebt ein bekanntes Problem des Technologietransfers bei KMU. Die **Angemessenheit** der geleisteten Arbeit beider Forschungsstellen ergibt sich aus der Anwendung geeigneter wissenschaftlicher Methoden und der Befragung von Experten in der unternehmerischen Praxis in angemessener Weise.

Für die durchgeführten Arbeiten wurden je Forschungsstelle wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt. Unterstützt wurde das wissenschaftlich-technische Personal durch studentische

Hilfskräfte. Die geleistete Arbeit entspricht dem begutachteten sowie bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens **notwendig** und **angemessen**.

### 3 Erzielte Ergebnisse

#### 3.1 Arbeitspaket 1: Klassifikation unterschiedlicher Typen interaktiver Assistenzsysteme

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Technologiekompendium klassifizierter interaktiver Assistenzsysteme inklusive Nutzenabschätzung	Technologiekompendium klassifizierter interaktiver Assistenzsysteme inklusive Nutzenabschätzung

Im ersten Arbeitspaket wurde ein Technologie-Review durchgeführt. Dieses soll der Praxis dazu dienen, aufwandsarm Technologien zu überblicken und mit ihrer Nutzenerwartung zu bewerten. Der gesamte Review inklusive der Nutzenabschätzung wurde in einem Technologie-Kompendium zusammengefasst.

##### 3.1.1 Vorgehen: Technologie-Kompendium

Der Technologie-Review basiert auf der Analyse von Leuchtturmprojekten sowie Fachliteratur zu Industrie 4.0. Im ersten Arbeitsschritt werden die Potenziale verschiedener interaktiver Assistenzsystemen analysiert (Wofür können die Technologien eingesetzt werden?) und deren Nutzen in der Anwendung mittels einer Fragebogenstudie abgeschätzt. Unterstützt wurde dieses Vorgehen durch den projektbegleitenden Ausschuss (pA). Mit Hilfe der Verbreitungspartner (IHK Hannover sowie dem Verband der Metallindustriellen Niedersachsen e.V.) sowie Verteilern der beiden Institute (IPRI und IPH) wurde der Fragebogen an über 985 Adressaten versandt.

Im Zeitraum vom 01. Februar bis zum 31. März 2016 wurden die Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses sowie der Verbreitungspartner (IHK Hannover und Verband der Metallindustriellen Niedersachsen e.V.) zur Teilnahme an der Fragebogenstudie eingeladen. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig und wenn gewünscht vollständig anonym. Zum Erhalt eines Ergebnisberichts konnten die Teilnehmer freiwillig ihre Kontaktdaten angeben. Insgesamt haben sich 49 Teilnehmer bis zur letzten Seite des Fragebogens beteiligt. Dies ergibt eine Rücklaufquote von 4,9%. In Vorbereitung der Verteilung des Fragenbogen-Links wurden zunächst Pretests mit den Teilnehmern des pA durchgeführt (vgl. Vorgehen *Abbildung 2*). Es konnte dadurch die Verständlichkeit, Struktur und Inhalt des Fragebogens angepasst werden (Schnell et al. 2013, 347 ff.).

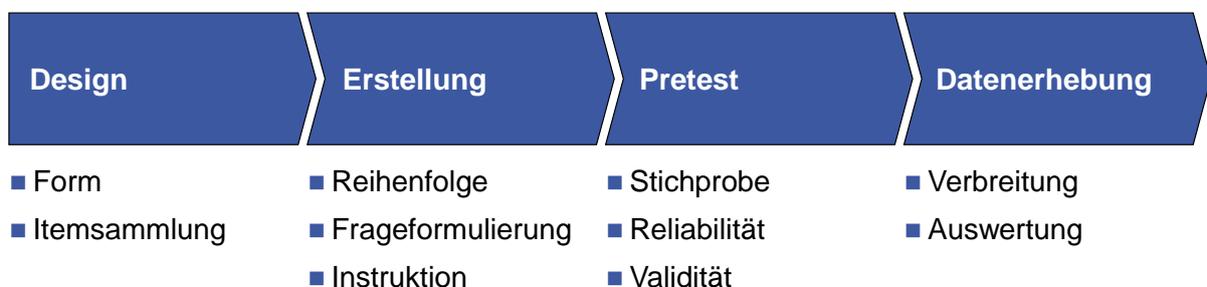


Abbildung 2: Vorgehen zur Fragebogenerstellung (Vgl. Kirchhoff et al., 19 ff.)

Der Fragebogen adressierte die Sicht der Anwender von interaktiven Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik, welche auch die Struktur des Fragebogens darstellt:

- Allgemeines Verständnis interaktiver Assistenzsysteme
- Potenziale in Produktion und Logistik
- Eignung von interaktiven Assistenzsystemen
- Nutzen von interaktiven Assistenzsystemen
- Hemmnisse bei der Einführung interaktiver Assistenzsysteme

Die Teilnehmer waren bei der Beantwortung der Fragen gebeten, entweder ihre Zustimmung zu bzw. ihre Ablehnung von formulierten Aussagen auf einer fünfstufigen Skala anzugeben oder die Wichtigkeit bestimmter Sachverhalte oder den Einsatz von Assistenzsystemen zu beurteilen. Der Aufbau des Fragebogens orientierte sich an den Bedürfnissen der Praxis: leichte Verständlichkeit sowie geringer Zeitbedarf (im Durchschnitt 10 min 36 sec).



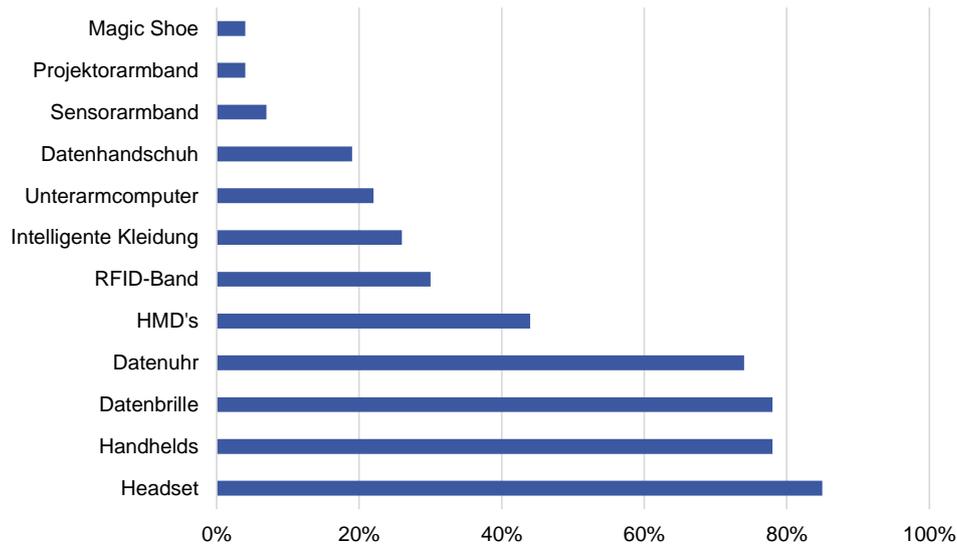
**Abbildung 3: Fragebogen – Eingangsfrage (Ausschnitt)**

Es wurden folgende Fragen gestellt:

- 1.) Welche Assistenzsysteme kennen Sie?
- 2.) In welchen Bereichen sehen Sie Potenzial bei der Verwendung von interaktiven Assistenzsystemen?
- 3.) Welche interaktiven Assistenzsysteme eignen sich in den jeweiligen Einsatzgebieten?
- 4.) Welcher Nutzen ergibt sich durch interaktive Assistenzsysteme in den jeweiligen Einsatzgebieten?
- 5.) Welcher Nutzen ergibt sich durch die Verwendung der genannten interaktiven Assistenzsysteme?
- 6.) Welche Hemmnisse sehen Sie bei der Einführung und Anwendung von interaktiven Assistenzsystemen?

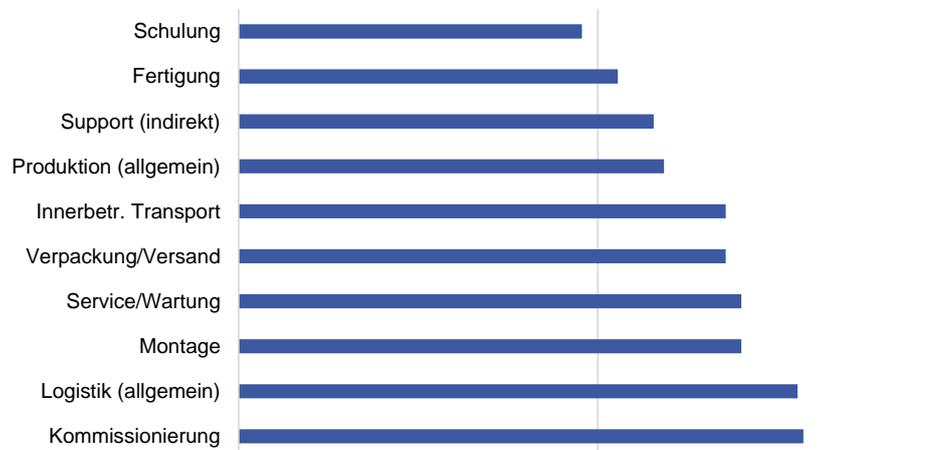
### **3.1.2 Auswertung**

Die Auswertung wurde mittels Expertengesprächen (Hersteller- und Anwendersicht) angereichert. Es wurden interaktive Assistenzsysteme basierend auf ihre Einsatzmöglichkeiten eingestuft (Wo können die Technologien eingesetzt werden?). Ausgehend von ihren Potenzialen wurden verschiedene Klassen für die unterschiedlichen interaktiven Assistenzsysteme gebildet. Die Technologien wurden mit folgenden Klassifizierungskriterien sortiert: Technologieart (Datenbrille, Datenhandschuh, Pick-By-Technologie etc.), Einsatzgebiete in Produktion und Logistik (Montage, Kommissionierung, Wartung etc.) und Potenziale (schnelle Arbeitsabläufe, Vermeidung von Fehlern etc.).



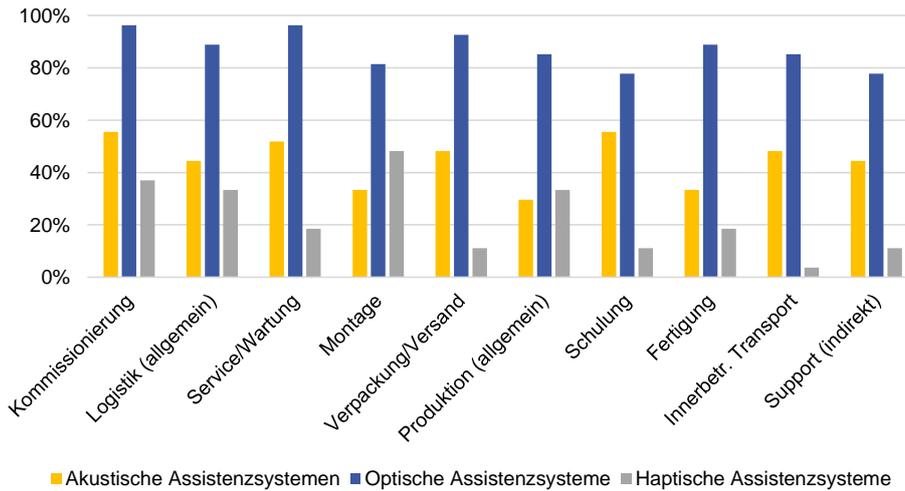
**Abbildung 4: Auswertung "Welche interaktiven Assistenzsysteme kennen Sie?"**

Die *Abbildung 4* zeigt wie undurchsichtig der Markt für interaktive Assistenzsysteme ist, die bekannten Assistenzsysteme (>70% der Teilnehmer) sind Headsets, Handhelds, Datenbrillen und -uhren. Die restlichen zur Auswahl stehenden Assistenzsysteme sind hingegen weniger als 40% der Teilnehmer bekannt. Dieses Ergebnis untermauert die Dringlichkeit für die Verbreitung des Technologie-Kompodiums, da viele Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus sich anscheinend andere Ausprägungen von Assistenzsystemen noch nicht vorstellen können.



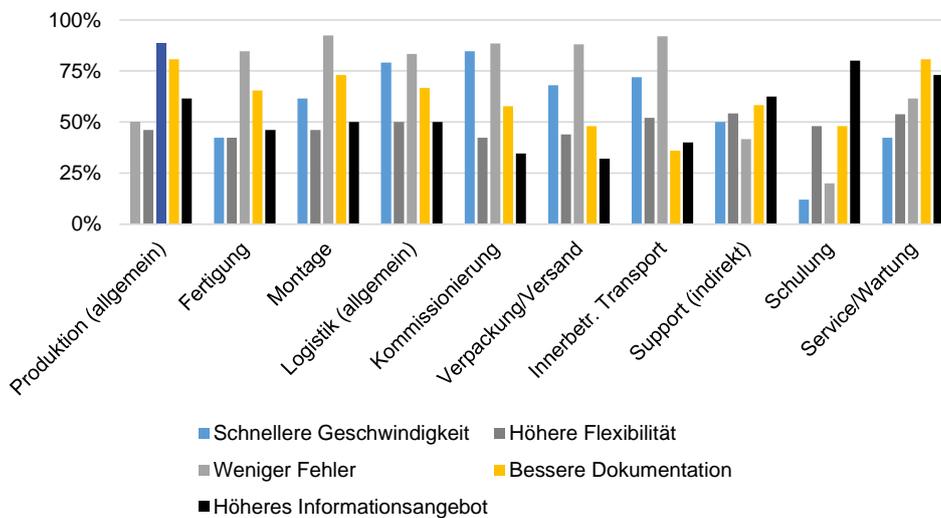
**Abbildung 5: Auswertung "In welchen Bereichen sehen Sie Potenzial bei der Verwendung von interaktiven Assistenzsystemen?"**

Diese Aussage wird durch *Abbildung 5* bekräftigt, da die Teilnehmer der Studie i.d.R. mindestens mittleres Potenzial in den Anwendungsbereichen Produktion, Kommissionierung, Support, Service/Wartung und Schulung sehen. In den Anwendungsbereichen Kommissionierung und Logistik im Allgemeinen sowie Montage wird das höchste Potenzial interaktiver Assistenzsysteme gesehen.



**Abbildung 6: Auswertung "Welche interaktiven Assistenzsysteme eignen sich in den jeweiligen Einsatzgebieten?"**

Unterscheidet man nun in akustische, optische und haptische Assistenzsysteme (siehe *Abbildung 6*), sind optische Systeme klar in allen Anwendungsbereichen von Produktion und Logistik überlegen. In fast allen Anwendungsbereichen, außer in der Montage (teilweise auch in der Produktion) überwiegt die Eignung der akustischen den haptischen Systemen. Eine mögliche Begründung für diesen Zustand stellt laut Expertengesprächen die Lärmbelastung in der Montage dar, wodurch akustische Systeme von den Nutzern u.U. nicht wahrgenommen werden können.



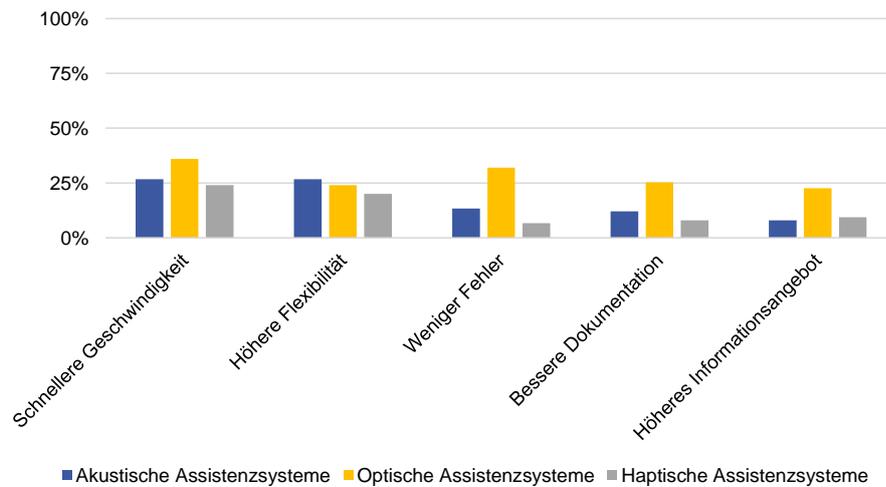
**Abbildung 7: Auswertung "Welcher Nutzen ergibt sich durch interaktive Assistenzsysteme in den jeweiligen Einsatzgebieten?"**

Die *Abbildung 7* zeigt eine Aufstellung möglicher Nutzen in den jeweiligen Einsatzgebieten. In den Haupt- und Untergruppen der Produktion und Logistik dominiert die „geringere Fehlerquote“, gefolgt von der „besseren Dokumentation“, der „höheren Geschwindigkeit“ sowie dem „höheren Informationsangebot“.



**Abbildung 8: Auswertung "Welcher Nutzen ergibt sich durch interaktive Assistenzsysteme?"**

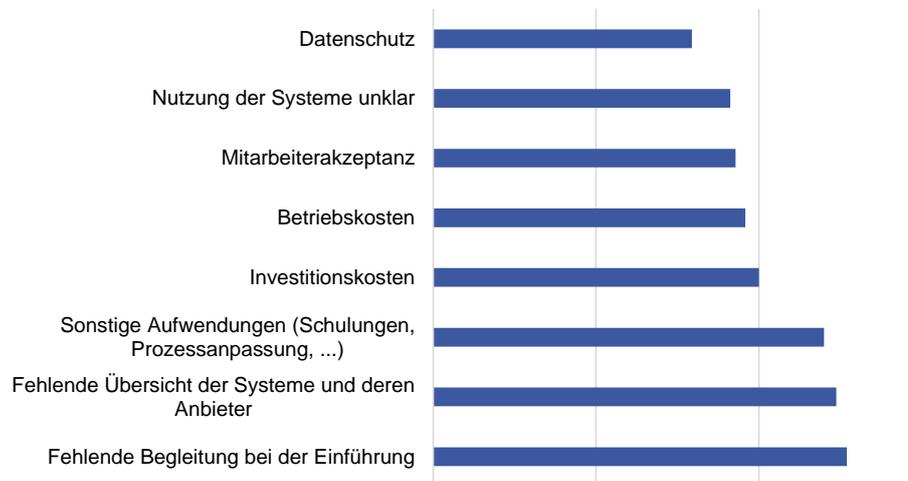
Die *Abbildung 8* verdeutlicht den Trend aus *Abbildung 7*, da auch über alle Einsatzgebiete hinweg die Dominanz der „geringeren Fehlerquote“ bestehen bleibt. Dieser Nutzen ist später auch quantifizierbar und hat ggf. auch personelle Konsequenzen, da dies den Schluss zulässt, dass die Qualifikation der Mitarbeiter mit dem Einsatz der interaktiven Assistenzsysteme herabgesetzt werden kann, um dennoch eine übliche Fehlerquote erzielen zu können. Die *Abbildung 9* untergliedert den Nutzen der einzelnen Assistenzsysteme in die Dreiteilung: akustische, optische und haptische Assistenzsysteme“. Das akustische Assistenzsystem belegt bis auf die Geschwindigkeit bezogen (Platz 1) sonst immer den zweiten Platz, hinter den optischen Assistenzsystemen. Die haptischen Assistenzsysteme sind i.d.R. immer hinter den beiden anderen Kategorien.



**Abbildung 9: Auswertung "Welcher Nutzen ergibt sich durch die Verwendung der genannten interaktiven Assistenzsysteme?"**

Die *Abbildung 10* zeigt die befürchteten Hemmnisse bei der Einführung und bei der späteren Anwendung von interaktiven Assistenzsystemen. Es stellt sich heraus, dass die Teilnehmer der Studie sehr hohe Hemmnisse in der „fehlenden Begleitung bei der Einführung“, in der „fehlenden Übersicht der Systeme“ und in den „Aufwendungen wie z.B. Schulungsaufwand und Prozess-Anpassungen“ sehen. Diese werden gefolgt von den Investitions- und den Betriebskosten. Die Mitarbeiterakzeptanz sowie der Datenschutz sind im Mittelfeld bzw. auf dem letzten Platz zu finden. Entgegen der Erwartungen scheint der Datenschutz, bei diesem Thema nicht besonders hohe Hemmnisse darzustellen.

Die zweite Säule mit hohem Hemmnis für die fehlende Übersicht der interaktiven Assistenzsysteme ist eine Bestätigung der Ergebnisse des Arbeitspakets 1 „Entwicklung eines Technologiekompendiums“, da dies dem Wunsch der Praxis einen Überblick über mögliche Anwendungen und einer Auswahl interaktiver Assistenzsysteme nachkommt.



**Abbildung 10: Auswertung "Welche Hemmnisse sehen Sie bei der Einführung und Anwendung von interaktiven Assistenzsystemen?"**

### 3.1.3 Ergebnis: Technologie-Kompendium

Das Technologie-Kompendium zeigt KMU die unterschiedlichen Arten interaktiver Assistenzsysteme und deren Einsatzmöglichkeiten in Produktion und Logistik auf. Hiermit können KMU geeignete interaktive Assistenzsysteme für das jeweilige Unternehmen identifizieren.

Das Kompendium gliedert sich in die Bereiche:

1. Industrie 4.0 und interaktive Assistenzsysteme
2. Merkmale von interaktiven Assistenzsystemen in Produktion und Logistik
3. Überblick der Einsatzmöglichkeiten/Anwendungsfälle mit Verweis auf Steckbriefe
4. Steckbriefe
5. Fazit

Zur zukünftigen Integration des Menschen in die Smart Factory sind neuartige Mensch-Maschine-Schnittstellen zwingend erforderlich. Diese werden durch interaktive Assistenzsysteme gestaltet. Unter interaktiven Assistenzsystemen versteht man ein mobiles Endgerät oder die Kombination von einem Wearable und einer Rückkopplungseinheit, wobei die Rückkopplungseinheit auch in einem Wearable integriert sein kann. Die Rückkopplung umfasst die Ausgabe von visuellen, akustischen und auch haptischen Informationen an den Anwender und wirkt somit als Fähigkeitsverstärker im industriellen Umfeld. Interaktive Assistenzsysteme können in cyberphysischen Systemen eingebettet sein (siehe *Abbildung 11*). Zudem ist eine Vielzahl von interaktiven Assistenzsystemen Bestandteil von Augmented Reality.

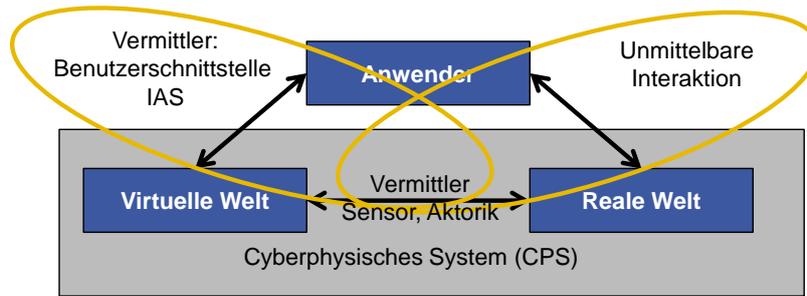


Abbildung 11: Zusammenhang interaktive Assistenzsysteme - CPS

Im Rahmen der ersten Sitzung des pA am 26.01.2016 und nachfolgenden Gesprächen wurde innerhalb des Projekts folgende Definition von interaktiven Assistenzsystemen bestimmt. Im dritten Kapitel des Technologie-Kompendiums findet die Praxis eine Übersichtsgrafik, die es dem Leser erlaubt, die wichtigsten Steckbriefe speziell für seinen Anwendungsfall zu identifizieren. Die Bedürfnisse der Praxis wurden mittels Expertengesprächen und der ersten Sitzung erhoben und in einen Mustersteckbrief überführt. Die 17 Steckbriefe orientieren sich nach der Gliederung Akustik, Optik und Haptik. Die Datengrundlage der realen Steckbriefe basiert auf Expertengesprächen und Recherchen im Internet. Exemplarisch für alle Steckbriefe finden Sie nachfolgend den Steckbrief für Datenbrillen (siehe *Abbildung 12*), der wie schon im Mustersteckbrief zu erkennen war, alle notwendigen Informationen für die Praxis enthält.

Steckbrief Datenbrille	
	Beschreibung
	Kombination von natürlichem Sichtfeld und eingeblendeten Zusatzinformationen über transparentes Display oder Laserprojektion in das Auge (Augmented Reality); Erfassung und Reaktion auf die Umwelt; Content häufig symbolisch, Piktogramm; Referenzierung Auge-Anzeige-Umwelt schwierig
Quelle: Google	
<b>Robustheit</b>	resistent gegen Spritzwasser, Staub und Sand; stoßfest faltbar
<b>Preisspanne</b>	1.500 - 2.700 €
<b>Nutzen</b>	Integration der digitalen und realen Weltinformationen; hohe Flexibilität durch Ortsungebundenheit und hands-free Funktion, Dokumentation mittels eines einfachen Befehls parallel zur Arbeit; komplexe Arbeitsabläufe können in der Produktion fehlerärmer umgesetzt werden (verbesserten Qualität, schnelleres Anlernen neuer Arbeitskräfte, Prozesssicherheit)
<b>Gewichtsspanne</b>	42 - 75 g
<b>Akkulaufzeit</b>	8 Stunden
<b>Einlernphase/-aufwand</b>	hoher Lernaufwand; bei neuen Funktionen und Applikationen neues Einlernen notwendig
<b>Verbindungsstandard</b>	WLAN; Bluetooth, Micro-USB, Verbindung mit Smartphone möglich
<b>Einsatzgebiete</b>	Live Anleitung; Support; Zusatzinformationen während des Arbeitsprozesses; aktiver Abruf von Content, Navigation, Anzeige Messdaten, Anzeige Prozessparameter, Röntgenblick
<b>Nutzerbeeinträchtigung</b>	Verbot beim Steuern von Fahrzeugen; geringe Sichtfeldeinschränkung; teilweise Mehrbelastung durch erhöhte Aufmerksamkeit; begrenzte Bewegungsfreiheit durch mangelhafte Befestigung; Hands-Free
<b>Datenschutz</b>	verdecktes Aufzeichnen von Bild und Ton (Verstoß gegen das Recht auf Informationelle Selbstbestimmung); Bewegungsprofil per GPS
<b>Eingabe</b>	taktil; gestisch, optisch, akustisch
<b>Eingabegerät</b>	Touchfeld; Kamera; Mikrofon; Tasten
<b>Ausgabe</b>	visuell; akustisch

Abbildung 12: Steckbrief Datenbrille

Das Kompendium bietet somit der Praxis einen Überblick über die Potenziale von interaktiven Assistenzsystemen in den Anwendungsbereichen Produktion und Logistik. Zusammen mit der Nutzenabschätzung können KMU dies als Entscheidungsgrundlage nutzen, welche Technologien für ihre Produktion und Logistik geeignet sind sowie welche in Zukunft eingeführt werden sollen.

Für ausführlichere Informationen wird auf das Kompendium verwiesen.

#### **3.1.4 Benötigte und eingesetzte Ressourcen**

Entsprechend des Finanzierungsplans wurde die Forschungsarbeit innerhalb dieses APs durch wissenschaftliches Personal durchgeführt. Seitens der Forschungsstellen wurden dafür (IPRI 4 PM, IPH 4 PM) 8 Personenmonate aufgewendet.

### 3.2 **Arbeitspaket 2: Identifikation von Anforderungen für den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik**

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Systematisierte und dokumentierte Anforderungen für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen in Form eines Anforderungskatalogs ergänzt um eine Risikoabschätzung	Systematisierte und dokumentierte Anforderungen für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen in Form eines Anforderungskatalogs ergänzt um eine Risikoabschätzung

Im zweiten Arbeitspaket wurden zunächst die Anforderungen an den Einsatz der klassifizierten interaktiven Assistenzsysteme identifiziert und anschließend den Gestaltungsfeldern Mensch, Technik und Organisation systematisch zugeordnet. Auf Basis der Anforderungen wurden Risiken für den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme ermittelt und das Schadensausmaß sowie dessen Eintrittswahrscheinlichkeit abgeschätzt.

Im Anschluss erfolgte die Validierung der Anforderungen durch die Analyse von Prozessketten. Es wurden bestehende Prozesse in der Produktion und Logistik (mit und ohne Einsatz interaktiver Assistenzsysteme) aufgenommen. Anschließend wurden Soll-Prozesse, die interaktive Assistenzsysteme berücksichtigen, definiert. Diese wurden dann den Ist-Prozessen gegenübergestellt. Darauf aufbauend wurden Anforderungen abgeleitet, die die Frage klären (was sich durch den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme ändert).

Die ermittelten Anforderungen wurden in einem Anforderungskatalog dokumentiert. Er bildet die Grundlage für die spätere Ermittlung der Reifegradstufen und Prozessgebiete in Arbeitspaket 3 (siehe Kapitel 3.3).

#### 3.2.1 **Ergebnis: Anforderungen an den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme**

Interaktive Assistenzsysteme tragen dazu bei, dass Mitarbeiter in der Produktion und Logistik weniger fehleranfällig sowie effizienter arbeiten. Allerdings ist die Einführung dieser Technologien in den laufenden Betrieb mit verschiedenen Hürden verbunden. So erfüllen Unternehmen oft nicht die Anforderungen<sup>1</sup>, die für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendig sind. Dabei müssen Anforderungen sowohl an den Menschen, als auch an die Technik und Organisation betrachtet werden (vgl. Gronau 2014).

Hinsichtlich des Gestaltungsfeldes „Mensch“ müssen Mitarbeiter für den Umgang mit interaktiven Assistenzsystemen geschult werden. Dabei müssen die Kompetenzprofile verschiedener Beschäftigtengruppen (jüngere/ältere, erfahrene/unerfahrene Mitarbeiter) berücksichtigt werden. Mitarbeiter müssen aktiv in den Einführungsprozess integriert werden, um eine hohe Technologieakzeptanz zu erzielen bzw. eine Ablehnung der neuen Technologie zu vermeiden (Bauernhansl et al. 2014b). Des Weiteren müssen Mitarbeiter bereitgestellt werden, die die Systeme zur Datenbereitstellung aufbauen und pflegen. Hinsichtlich des Gestaltungsfeldes „Technik“ ist die Kompatibilität der interaktiven Assistenzsysteme mit vorhandenen IKT-Systemen (Bauernhansl et al. 2014a) und deren Integration über geeignete Schnittstellen (z.B. Bluetooth, USB, WLAN, 4G) wesentliche Herausforderungen. Bezogen auf das Gestaltungsfeld

<sup>1</sup> In der Qualitätsmanagementnorm DIN EN ISO 9000:2005 wird Anforderung definiert als „ein Erfordernis oder eine Erwartung, dass oder die festgelegt, was üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist“.

„Organisation“ muss die Ausgestaltung der Aufbauorganisation (Hierarchie) und der Ablauforganisation (Prozesse) eine dezentrale Entscheidungsfindung zulassen (Gronau 2014), (Kagermann et al. 2013).). So sind Prozesse unterschiedlichster Anwendungsbereiche (wie Kommissionierung, Montage oder Wartung) an den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme anzupassen.

Bei der Einführung von interaktiven Assistenzsystemen darf keiner dieser drei Gestaltungsfelder vernachlässigt werden. Da diese Technologien eine hohe Vernetzung mit anderen Systemen und damit spezifische Anforderungen voraussetzen, ist eine Einführung von interaktiven Assistenzsystemen nicht mit der Einführung anderer Technologien vergleichbar. Eine Übertragbarkeit bestehender Methoden ist aus diesem Grund nicht möglich (Strohm und Escher 1997, S. 10).

Zunächst wurde zur Identifikation der Anforderungen eine Delphi-Befragung im Expertenkreis (siehe Tabelle 3) durchgeführt. Unter der Delphi-Methode (Vgl. Häder und Häder, S. 15) versteht man eine Befragung mittels eines formalisierten Vorgehens (im Fall von 4.0 Ready wurde darauf geachtet, allen Teilnehmern die gleichen Informationen zukommen zu lassen). Es wurden ausschließlich Experten zum Thema Assistenzsysteme bzw. Digitalisierungstechnologien befragt. Darüber hinaus wurde sichergestellt, dass die Anonymität der Antworten gewahrt blieb. Es wurden zwei Runden zur Evaluation der Ergebnisse vorgenommen.

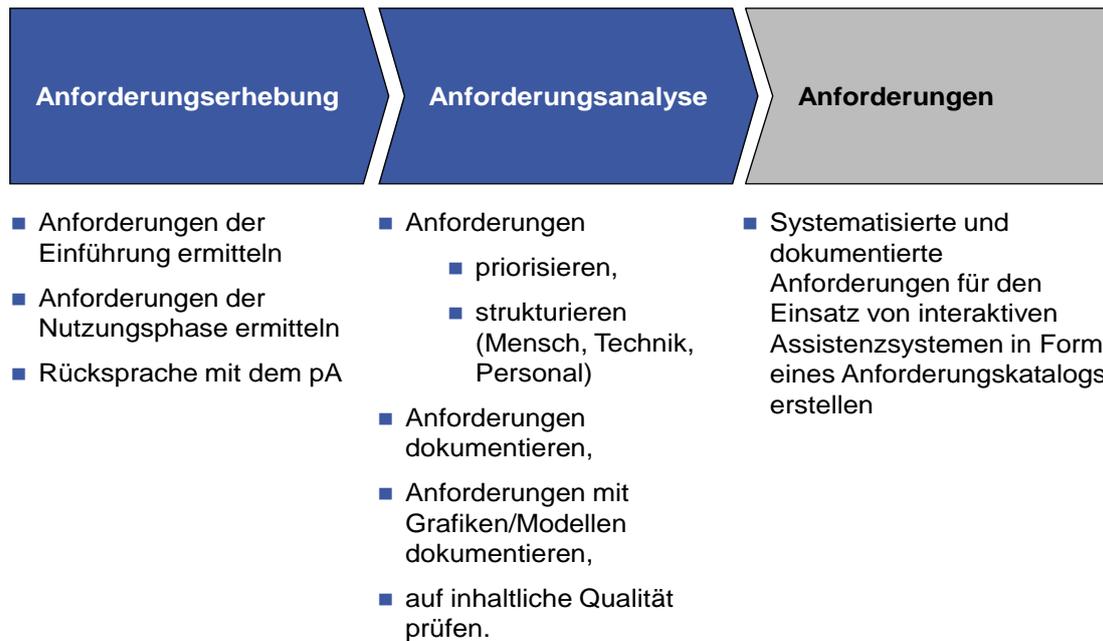
**Tabelle 3: Teilnehmer der Delphi-Befragung**

Unternehmen	Anzahl Vertreter/Experten
Homag Holzbearbeitungssysteme GmbH	1
WAFIOS Aktiengesellschaft	2
topsystem Systemhaus GmbH	2
Ubimax GmbH	1
Gesellschaft für Technologie Transfer (GTT) mbH	1

Es entstand hierbei die erste Rohfassung eines Anforderungskatalogs sowie die dazugehörigen Risiken. Die gesammelten Anforderungen wurden anschließend noch in Experteninterviews mit den gleichen Teilnehmern der Delphi-Befragung evaluiert (vgl. Vorgehen in Abbildung 13).

In den nachfolgenden Abbildungen wurden die gesammelten Anforderungen abgetragen. Es wurde zudem eine Einschätzung über die Priorisierung in den Anwendungsgebieten Kommissionierung, Wartung, Produktion, Schulung vorgenommen.

Hinsichtlich der Anforderungen im Gestaltungsfeld Mensch wurde in den Befragungen beispielsweise die Notwendigkeit genannt, Führungskräfte bezüglich der Datensicherheit fortzubilden. So sollen die interaktiven Assistenzsysteme nicht für eine Auswertung der Geoposition genutzt werden, Daten sollen umsichtig gehandhabt und nach Möglichkeit anonymisiert ausgewertet werden. Diese Anforderung ist in den Anwendungsgebieten Kommissionierung, Wartung und Produktion zu priorisieren. Die Anforderung, die operativen Mitarbeiter im Umgang mit den interaktiven Assistenzsystemen zu schulen, hat in allen vier Anwendungsgebieten (Kommissionierung, Wartung, Produktion, Schulung) Priorität. Die Mitarbeiter müssen über die Funktionsweise und die Bedienung sowie über technische Eigenschaften und selbstständige Problemlösungen informiert und auf etwaige Einschränkungen hingewiesen werden.



**Abbildung 13: Der Weg zum Anforderungskatalog (International Institute of Business Analysis 2012)**

Auf der anderen Seite müssen auch die Instandhalter der interaktiven Assistenzsysteme bezüglich der technischen Eigenschaften und der Wartung der Geräte geschult werden. Auch dies ist in allen vier Anwendungsgebieten von Wichtigkeit.

Aus den Delphi-Befragungen hat sich im Gestaltungsfeld Technik an Unternehmen zum Beispiel die folgende Anforderung ergeben: Daten für einen Testlauf in Form einer Show Case Demonstration bereitzustellen. Dies ist vor allem für die Anwendungsgebiete Kommissionierung, Wartung und Produktion relevant, um auf die Arbeit mit den interaktiven Assistenzsystemen vorzubereiten.

Des Weiteren muss die Anzahl der interaktiven Assistenzsysteme für einen umfassenden Einsatz bestimmt und beschafft werden. In Zusammenhang damit ist auch die Software an den neuen Leistungsumfang für den umfassenden Einsatz anzupassen und gegebenenfalls in neue Arbeits- oder Schulungspläne zu integrieren. Beide Punkte haben in allen vier Anwendungsgebieten Priorität.

An die Organisation von Unternehmen wurde in den Befragungen etwa die Anforderung gestellt, die Anlagen für die Arbeit mit den interaktiven Assistenzsystemen zu digitalisieren. Diese Anforderung betrifft zum einen Anwendungsgebiet der Wartung, da evtl. technische Zeichnungen angefertigt und Marker an den Anlagen angebracht werden müssen. Sie betrifft aber auch das Gebiet Schulung, da die operativen Mitarbeiter den Umgang mit den Markern, die beispielsweise mit einem Tablet abgelesen werden können, beherrschen müssen.

Ebenso müssen die Zugriffsrechte für die erhobenen Daten festlegen und verwalten werden. Das ist vor allem in den Anwendungsgebieten Kommissionierung, Wartung und Produktion prioritär. Von großer Wichtigkeit in allen Anwendungsbereich ist es außerdem, ein Budget für die Einführung der interaktiven Assistenzsysteme im Unternehmen zu erarbeiten. Die identifizierten Anforderungen wurden in einem Anforderungskatalog praxisnah überführt.

Auf Basis der Anforderungen wurden Risiken mithilfe der Experten ermittelt sowie das Schadensausmaß und die dazugehörige Eintrittswahrscheinlichkeit abgeschätzt. Hierzu diente eine Szenarioanalyse (Vorgehen siehe Abbildung 14).

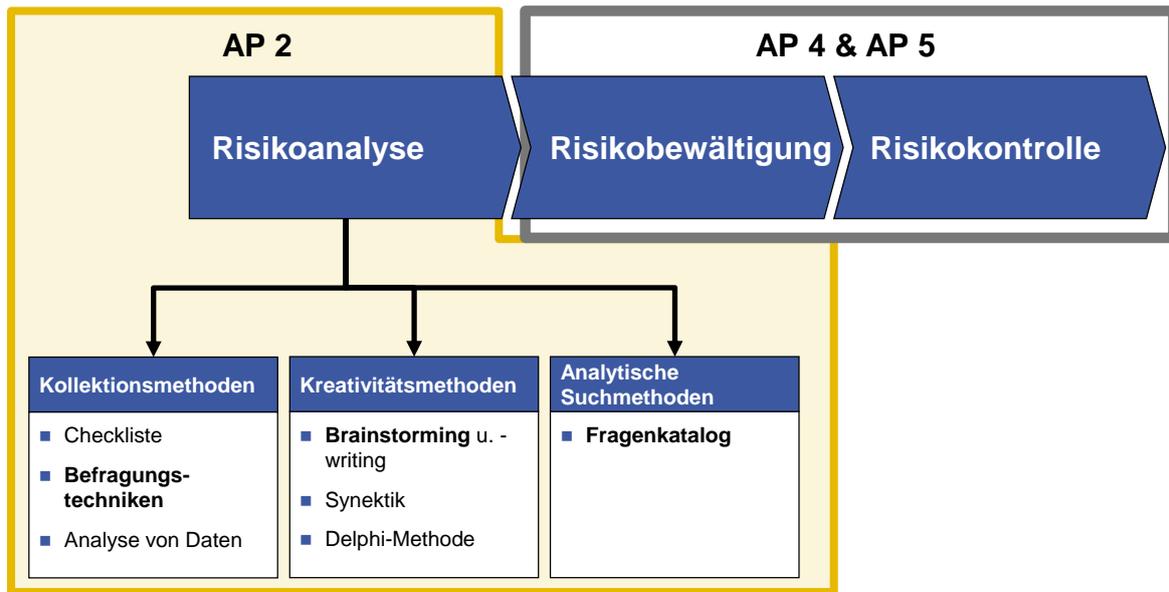


Abbildung 14: Risikoanalyse (in Anlehnung an (Kremers 2002, S. 78))

Das Risiko wird nach folgendem Schema bemessen:

$$R (\text{Risiko}) = W (\text{Wahrscheinlichkeit}) * A (\text{Ausmaß}) \tag{1}$$

Die nachfolgenden Tabellen geben Aufschluss über die möglichen Ausprägungen in Reinform (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5). Diese greifen die Logik der Abbildung 15 auf und geben Beispiele für die Klassifizierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten sowie das Ausmaß des Schadens. (1) verdeutlicht dies in Form einer Gleichung, das Risiko wird definiert durch die Wahrscheinlichkeit sowie dem Schadensausmaß.

Tabelle 4: Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit

W	Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit	Eintrittswahrscheinlichkeit
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatz vorhandener Methoden und Verfahren in Konstruktion und Fertigung</li> <li>Große Erfahrung des Produkteinsatzes unwahrscheinlich</li> </ul>	unwahrscheinlich
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modifikation vorhandener Methoden und Verfahren in Konstruktion und Fertigung</li> <li>Geringe Erfahrung des Produkteinsatzes selten</li> </ul>	selten
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deutliche Abweichung von vorhandenen Methoden und Verfahren in Konstruktion und Fertigung</li> <li>Keine ausreichende Erfahrung des Produkteinsatzes möglich</li> </ul>	möglich
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Neuartige Methoden und Verfahren in Konstruktion und Fertigung</li> <li>Eventuell negative Erfahrung des Produkteinsatzes häufig</li> </ul>	häufig

Tabelle 5: Charakter des Ausmaßes

A	Charakter des Ausmaßes	Ausmaß
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine bzw. nur sehr kleine Auswirkung auf Projektzeit, Projektkosten und Projektqualität</li> <li>Ohne Einfluß auf Wettbewerbssituation des Unternehmens unbedeutend</li> </ul>	unbedeutend
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geringe Auswirkung auf Projektzeit, Projektkosten und Projektqualität</li> <li>Geringer Einfluß auf Wettbewerbssituation des Unternehmens spürbar</li> </ul>	spürbar
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deutliche Auswirkung auf Projektzeit, Projektkosten und Projektqualität</li> <li>Deutlicher Einfluß auf Wettbewerbssituation des Unternehmens kritisch</li> </ul>	kritisch
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Große Auswirkung auf Projektzeit, Projektkosten und Projektqualität</li> <li>Wettbewerbssituation des Unternehmens gefährdet katastrophal</li> </ul>	katastrophal

Abbildung 15 zeigt ein Musterbeispiel für das Schadensausmaß sowie die Schadenserwartung. Die jeweiligen Einschätzungen der Experten sind in den nachfolgenden Abbildungen zu sehen. Für die spätere Einschätzung ist i.d.R. die rechte obere Ecke relevant, da hier große Risiken mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit zu finden sind. Die nachfolgenden Abbildungen bestätigen die Meinung von Experten, dass bei einem durchdachten Vorgehen die Risiken einer Einführung interaktiver Assistenzsysteme überschaubar sind.

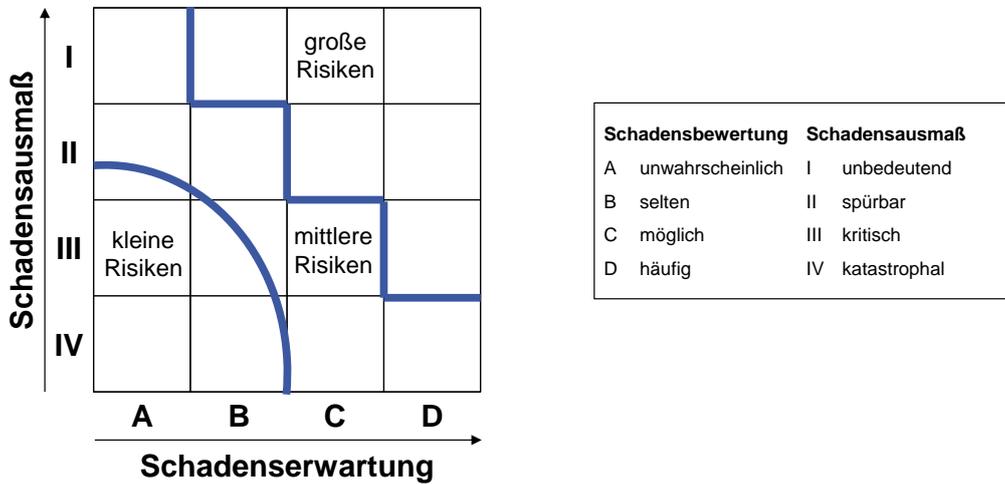


Abbildung 15: Klassifizierung von Risikoereignissen (in Anlehnung an Brühwiler et al. 1999)

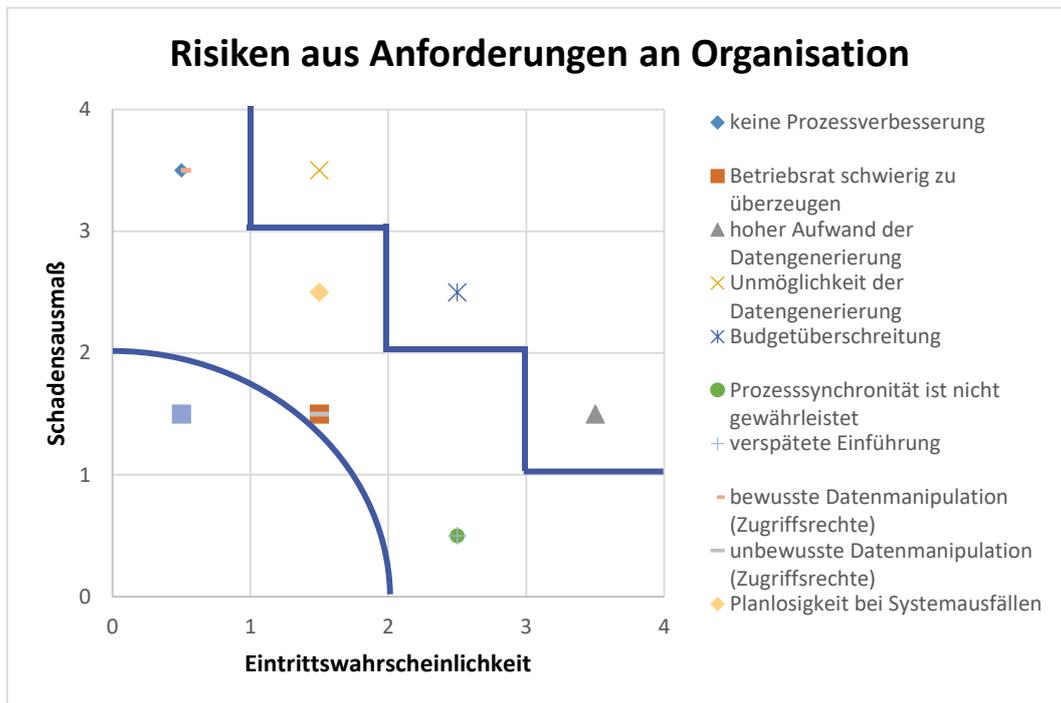


Abbildung 16: Riskmap – Organisation

In der nachfolgenden Tabelle 6 wurden die Risiken (aus Abbildung 16) festgestellt und entsprechende Anforderungen abgeleitet.

Tabelle 6: Risikoabschätzung – Organisation

Organisation	Prob.	Ausmaß	Anforderung
keine Verbesserung des Prozesses hinsichtlich Zeit, Qualität, ... (IAS ist für den Prozess nicht geeignet)	unwahrscheinlich	katastrophal	
Verzögerte/keine Einführung - Betriebsrat u.U. schwierig zu überzeugen	selten	spürbar	Betriebsrat frühzeitig in Planung, Organisation und Durchführung integriert
hoher Aufwand der Datengenerierung	häufig	spürbar	Montageanweisungen digitalisiert; Bauteilzeichnung segmentiert; Schulungsanweisungen digitalisiert; Anlagen digitalisiert; Wartungsanweisungen digitalisiert
Unmöglichkeit der Datengenerierung	selten	katastrophal	Montageanweisungen digitalisiert; Bauteilzeichnung segmentiert; Schulungsanweisungen digitalisiert; Anlagen digitalisiert; Wartungsanweisungen digitalisiert
Budgetüberschreitung	selten	kritisch	Budget festgelegt
Synchronität der Prozessabfolge ist nicht gewährleistet	möglich	spürbar	
verspätete Einführung	möglich	unbedeutend	Zeithorizont und Meilensteine definiert
bewusste Datenmanipulation aufgrund falscher Zugriffsrechte	unwahrscheinlich	katastrophal	Zugriffsrechte festgelegt und verwaltet; Datenschutz über Soft- und Hardware sichergestellt
unbewusste Datenmanipulation aufgrund falscher Zugriffsrechte	selten	spürbar	Zugriffsrechte festgelegt und verwaltet; Datenschutz über Soft- und Hardware sichergestellt
Planlosigkeit bei Systemausfällen (z. B. mangelndes Notfallkonzept)	selten	kritisch	Notfallkonzept für den Ausfall interaktiver Assistenzsysteme entwickelt
Ausfall des IAS durch fehlendes Personal zur Wartung/Instandhaltung/...	unwahrscheinlich	spürbar	neue Funktionsbereiche definiert

Aus Anforderungen an die Organisation können drei Risiken entstehen, die nach Abbildung 16 als große Risiken klassifiziert werden, sie befinden sich jedoch nicht in der ganz äußeren rechten oberen Ecke, die die schlechteste mögliche Kombination von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß darstellt.

Da an die Organisation die Anforderungen gestellt werden, Montage-, Wartungs- und Schulungsanweisungen und Anlagen zu digitalisieren und Bauteilzeichnungen zu segmentieren, besteht das Risiko, dass eben diese Anforderungen zu einem hohen Aufwand der Datengenerierung führen, dem eine sehr hohe Eintrittswahrscheinlichkeit sowie ein spürbares Schadensausmaß zugeordnet wurden. Aufgrund derselben Anforderungen besteht auch das Risiko einer völligen Unmöglichkeit, die geforderten Daten zu generieren. Die Eintrittswahrscheinlichkeit wurde von den Experten als selten eingestuft, das Schadensausmaß jedoch als katastrophal. Die Überschreitung des festgelegten Budgets stellt ebenfalls ein Risiko dar. Der Eintritt dieses Ereignisses wurde als möglich eingeschätzt, die Auswirkungen als kritisch.

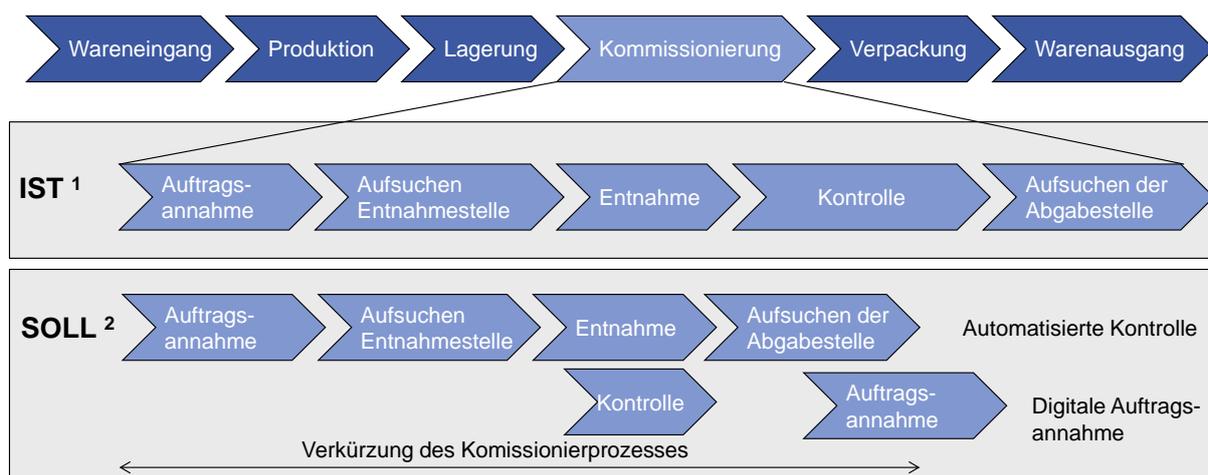
In der Tabelle 15 (im Anhang) wurden die Risiken festgestellt und entsprechende Anforderungen abgeleitet. Auch im Gestaltungsfeld der Technik bestehen zwei Risiken, die nach Abbildung 59 (im Anhang) als große Risiken definiert sind, doch auch sie befinden sich nicht ganz in der äußersten rechten oberen Ecke. Ein Ausfall des WLAN stellt einen der Risikofaktoren bei der Arbeit mit interaktiven Assistenzsystemen dar. Eine der Anforderungen an die Technik besteht darin, die Hardware für den jeweiligen Verbindungsstandard zu beschaffen und zu installieren, also auch das Herstellen einer kabellosen Verbindung für die Datenübertragung. Das Risiko eines Ausfalls dieser Verbindung wurde in den Expertenbefragungen als möglich eingestuft und der dadurch entstehende Schaden als kritisch. Ein anderes Risiko liegt in der Unterdimensionierung der Anzahl an interaktiven Assistenzsystemen. Die Anzahl der interaktiven Assistenzsysteme für einen umfassenden Einsatz zu bestimmen und zu beschaffen gehört ebenfalls zum Anforderungsprofil der Technik. Das Ereignis, diese Anzahl zu gering zu bestimmen, wurde von den Experten als möglich eingeschätzt, mit kritischen Schadensausmaßen im Eintrittsfall.

In der Tabelle 16 (im Anhang) wurden die Risiken festgestellt und entsprechende Anforderungen abgeleitet. Im Gestaltungsfeld Mensch ergaben sich aus den Expertenbefragungen zwei Risiken, die nach Abbildung 60 (im Anhang) als große Risiken einzuordnen sind. Doch beide stellen nicht die schlimmste mögliche Kombination aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß dar. Zum einen besteht das Risiko, dass die Anonymität der Daten nicht gewährleistet ist, da die Anforderungen nicht erfüllt werden, Führungskräfte sowie operative Mitarbeiter hinsichtlich des Datenschutzes zu schulen und diesen auch über Soft- und Hardware sicherzustellen. Den Eintritt dieses Fall schätzten die Experten in der Befragung als möglich ein, mit kritischen Schadensausmaßen. Zum anderen existiert das Risiko von Unfälle mit Personen- und Sachschäden, wenn die geforderte Schulung der operativen Mitarbeiter bezüglich der Arbeitssicherheit ihre Wirkung verfehlt oder nicht stattfindet. Die Häufigkeit eines solchen Ereignisses wurde als selten eingestuft, die folgenden Schadensausmaße jedoch als katastrophal.

### 3.2.2 Prozesskettenanalyse

Gemeinsam mit den Experten (siehe Tabelle 3) wurden typische Prozesse für die Anwendung interaktiver Assistenzsysteme ausgewählt. Es wurden bestehende Prozesse in Produktion und Logistik (Ist-Prozesse ohne den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme) aufgenommen und anschließend Soll-Prozesse (mit dem Einsatz interaktiver Assistenzsysteme) definiert. Die Ist- und Soll-Prozesse wurden anschließend gegenübergestellt, um weitere Anforderungen abzuleiten.

Ein klassischer Musterprozess für den Fall der Auftragsabwicklung ist in Abbildung 17 zu sehen. Es zeigt den Ist-Prozess der Kommissionierung sowie die durch den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme verkürzten Prozess. Dieser zeichnet sich durch parallel ablaufende Prozesse wie beispielsweise Entnahme und Kontrolle aus. Die Kontrollfunktion übernimmt in diesem Fall das interaktive Assistenzsystem. Dies hat zur Folge, dass der Prozess kürzer abläuft und der Mitarbeiter entlastet wird.



<sup>1</sup> ohne interaktivem Assistenzsystem

<sup>2</sup> mit interaktivem Assistenzsystem

**Abbildung 17: Prozesskettenvergleich Kommissionierung**

In der Prozesskette der Kommissionierung wird durch den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme eine Verkürzung des Prozesses erreicht. Während im Ist-Prozess alle Tätigkeiten von der Auftragsannahme über das Aufsuchen der Entnahmestelle, die Entnahme selbst, und die Kontrolle bis zum abschließenden Aufsuchen der Abgabestelle nacheinander durchgeführt werden müssen, können durch den Einsatz interaktiver Assistenzsysteme einige Tätigkeiten

parallel oder überlappend durchgeführt werden. Zunächst kann die Auftragsannahme digital erfolgen, was Laufwege und Wartezeiten einsparen kann. Darüber hinaus kontrolliert während der Entnahme das interaktive Assistenzsystem gleich die Richtigkeit. Schließlich kann während des Aufsuchens der Abgabestelle digital bereits der nächste Auftrag angenommen werden.

Die Prozesskette (siehe Abbildung 53 im Anhang) verdeutlicht das soeben skizzierte Einsparungspotential für den Fall der Montage. Die Teilschritte Handhabung, Produktionsvorgang werden verkürzt, sodass dann zusätzlich die Kontrolle parallel vonstattengehen kann. Dies wird zum einen durch eine digitale Auftragsannahme sowie digitalen Montageanweisungen erreicht. Die Prozesskette der Wartung (siehe Abbildung 54 im Anhang) profitiert ebenfalls durch eine digitale Auftragsannahme, digitalen Anweisungen, einer Lokalisation sowie einer digitalen Systemrückmeldung. Es zeigte sich, dass keine allgemeingültige Aussage zum Einsparpotential der jeweiligen Assistenzsysteme in den unterschiedlichen Prozessketten getätigt werden kann. Jedoch wurden die Tendenz sowie die Einsparpotentiale in den Teilprozessen durch den projektbegleitenden Ausschuss bestätigt.

### **3.2.3 Benötigte und eingesetzte Ressourcen**

Entsprechend des Finanzierungsplans wurde die Forschungsarbeit innerhalb dieses APs durch wissenschaftliches Personal durchgeführt. Seitens der Forschungsstellen wurden dafür 6 Personenmonate (IPRI 1 PM, IPH 5 PM) aufgewendet.

### 3.3 Arbeitspaket 3: Ableitung von Reifegradstufen zum Erfüllungsgrad der für Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Exemplarische Reifegradmodelle je Klasse von Anwendungsszenario mit technologieorientierten (in Bezug auf interaktive Assistenzsysteme) Reifegradstufen und den dazugehörigen Anforderungen	Exemplarische Reifegradmodelle je Klasse von Anwendungsszenario mit technologieorientierten (in Bezug auf interaktive Assistenzsysteme) Reifegradstufen und den dazugehörigen Anforderungen

Ziel von AP 3 war die exemplarische Entwicklung eines Reifegradmodells mit entsprechenden Anforderungen sowie einer Aggregationslogik. Mit dem Reifegradmodell ist eine Aussage über den Erfüllungsgrad einer möglichen Einführung von interaktiven Assistenzsystemen speziell in den Prozessumgebungen Produktion und Logistik möglich. Die Aggregationslogik fasst die unterschiedlichen Erfüllungsgrade in den drei Gestaltungsfeldern (Mensch, Technik und Organisation) zusammen und ermöglicht eine Aussage über den Status einer geplanten Einführung von interaktiven Assistenzsystemen. In Abbildung 18 wird der Einführungsprozess, speziell im Projekt 4.0 Ready, skizziert. Das Reifegradmodell dient zur Einschätzung der Fähigkeiten und beantwortet die Frage: „Ist das Unternehmen heute bereits in der Lage interaktive Assistenzsysteme einzuführen?“. Bei Bejahung ist eine sofortige Einführung möglich, ansonsten muss mittels Maßnahmenkatalog (vgl. Arbeitspaket 4) in den drei Gestaltungsfeldern Mensch, Technik und Organisation nachgebessert werden.

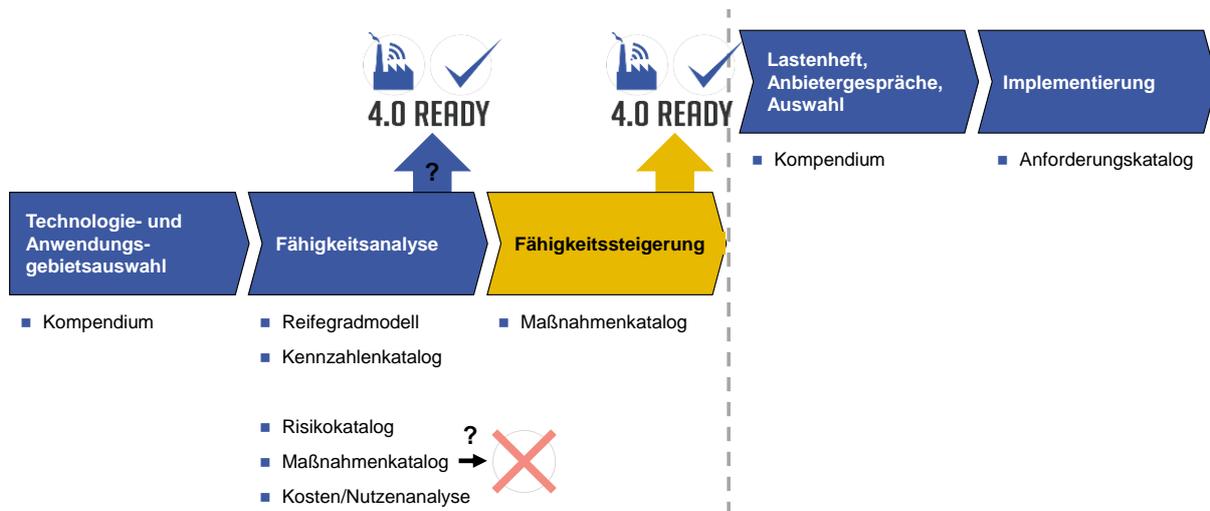


Abbildung 18: Ablauf eines Einführungsprozesses im Projekt 4.0 Ready

#### 3.3.1 Ergebnis: Ableitung von Reifegradstufen

Für die Entwicklung des Reifegradmodells wurden zunächst Vorgehensmodelle für die Erstellung eines Reifegradmodells recherchiert. Reifegradmodelle haben ihren Ursprung in der Softwareentwicklung, wodurch viele Verfahren nicht auf die Einführung neuer Technologien übertragbar sind. Reife ist ein Vergleich zwischen einem Endzustand und einem Ist-Zustand. Ausgehend von einem Anfangszustand impliziert Reife eine evolutionäre Verbesserung hin zu einem Zielzustand „the state of being complete, perfect or ready“ oder zu einem natürlichen Endzustand (vgl. Simpson et al. 1989, 4 f.; Bruin und Rosemann 2005, 1f.).

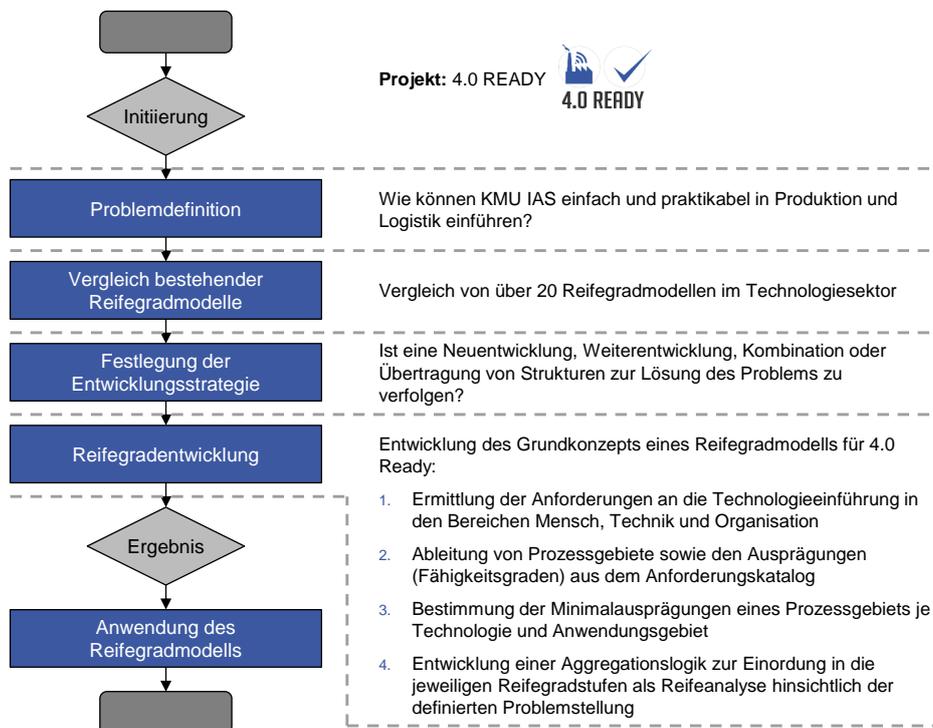
Reifegradmodelle unterstützen Evaluationen, indem sie antizipierte, typische, logische oder gewünschte Evolutionspfade aufzeigen (vgl. Becker et al. 2009, S. 213). Ihnen fehlen jedoch

die methodische Fundierung und eine Vergleichbarkeit. Reifegradforschung befasst sich mit Klassifikationsschemata, Gestaltungsmethoden und -prinzipien im Mittelpunkt (vgl. Biberoglu und Haddad 2002, S. 150; Ahlemann et al. 2005, S. 5).

Grundlegende Elemente von Reifegradmodellen sind:

- Reifegradstufen,
- Dimensionen,
- Bewertungsinstrumente.

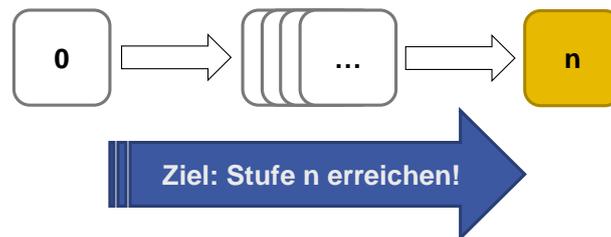
Um ein verwertbares Ergebnis zu erzielen, wurden für die Einflussfaktoren des Reifegradmodells obenstehende Anforderungen untersucht. Diese umfassen unterschiedlichste Merkmale, die sich in nicht zu vernachlässigendem Maße im Ergebnis niederschlagen und bei falscher Dimensionierung dieses verfälschen können. Erfüllen alle Einflussfaktoren die beschriebenen Anforderungen, wird das Reifegradmodell auf seine Eignung geprüft. Hierbei betrachtet man die wesentlichen Nutzenpotentiale durch den Einsatz, bestimmt von Reupke und Struck (2014). Im Rahmen des Projekts wurde mit Absprache des projektbegleitenden Ausschusses das adaptierte Vorgehen nach Höltz (2012) verwendet (siehe Abbildung 19).



**Abbildung 19: Adaptiertes Vorgehen zur Reifegradmodellentwicklung (nach Höltz 2012)**

Die Problemdefinition wurde bereits im Antrag durch die Forschungsfrage: „Wie können produzierende KMU die Einführung interaktiver Assistenzsysteme systematisch planen und steuern, um damit einen zentralen Baustein des Konzepts Industrie 4.0 umzusetzen?“ definiert. Im Rahmen des Projekts wurden 20 unterschiedliche Reifegradmodelle aus dem Technologiesektor auf Eignung untersucht. Es wurden bestehende Reifegradmodelle aus unterschiedlichen Anwendungsfällen verglichen und festgestellt, dass die bestehenden Modelle keine Lösung für das vorliegende Problem darstellen. Die Analyse der Reifegradmodelle hat dazu geführt, dass ein eigenes 4.0 Reifegradmodell entwickelt werden musste. Das Reifegradmodell „4.0 Ready“ besteht aus n-Stufen (vgl. *Abbildung 20*). Der Status quo „noch keine interaktiven Assistenzsysteme eingeführt“ befindet sich auf Stufe 0. Das Ziel, die Einführung interaktiver

Assistenzsysteme ist erst auf Stufe n erreicht. Die Stufe n ist zu erreichen, ansonsten ist die Einführung gescheitert.



**Abbildung 20: Zieldefinition des 4.0 Ready-Reifegradmodells**

Beim zweiten projektbegleitenden Ausschuss (20.10.2016 in Bremen) wurden Ziele für ein strukturiertes Vorgehen definiert:

- Identifikation und Beheben der **Problemstellung**: Einführung eines IAS
- Darstellung eines vereinfachten Abbildes der Realität, welches den **Entwicklungsstand von Mensch, Technik und Organisationen** beschreibt.
- Jede Reifegradstufe beinhaltet **spezifische Anforderungen**, welche erfüllt werden müssen, um die nächste Stufe zu erreichen.
- **Iterativer Prozess** zur Ableitung von Schwachstellen und entsprechenden Handlungsmaßnahmen.

Diese Ziele orientieren sich i. w. S. an den Merkmalsklassen nach Becker et al. (2011, S. 213–222) und Ahlemann et al. (2005, 115f.) (siehe nachfolgende Tabelle 7).

**Tabelle 7: Merkmalsklassen zur Entwicklung eines Reifegradmodells**

Merkmalsklasse	Merkmal	Beschreibung
Übergeordnete Integration	Gleichgewicht	Umfassende und ausgewogene Betrachtung aller Merkmalsklassen und Einzelmerkmale
Modellbezogene Merkmale	Bildung durch Konstruktion	Reifegradmodell als zweckrelevante Repräsentation durch einen Konstruktionsprozess gestaltet
	Definierte Darstellung	Sinnvolle und überblicksvermittelnde Darstellung des Modells
	Strukturierte Anwendung	Das Modell soll einen definierten Anwendungsablauf unterstützen und beinhalten
Informationssystemaspekte	Mensch	Der Mensch mit Qualifikation und Verhalten als Teil jeden Informationssystems berücksichtigt
	Aufgabe	Art und Weise der Aufgaben und ihrer Erfüllung
	Technik	Technische Komponenten als Basisbestandteil

Aufgrund der Komplexität der Einführung von IAS in der Produktion und Logistik kann nicht auf bestehende Reifegradmodelle zurückgegriffen werden. Aus diesem Grund erfolgt eine **Neuentwicklung** eines Reifegradmodells, wobei auf bereits **bewährte Strukturen** und Begriffe des **Capability Maturity Model Integration (CMMI)** zurückgegriffen wird.

Hierzu wurde gemeinsam mit dem projektbegleitenden Ausschuss ein Anforderungskatalog entwickelt, welcher die Gestaltungsfelder Mensch, Technik und Organisation abdeckt. Diese umfassten Themen wie Mitarbeiterschulungen, Lizenzmodelle und Projektmanagement. Die Anforderungen wurden anhand der drei Gestaltungsfelder Mensch, Technik und Organisation gruppiert und anschließend in unterschiedliche Prozessgebiete überführt (siehe Abbildung 21). Die Prozessgebiete wurden in fünf Fähigkeitsgrade je Prozessgebiet überführt, beschrieben und anschließend gewichtet (siehe Abbildung 22).

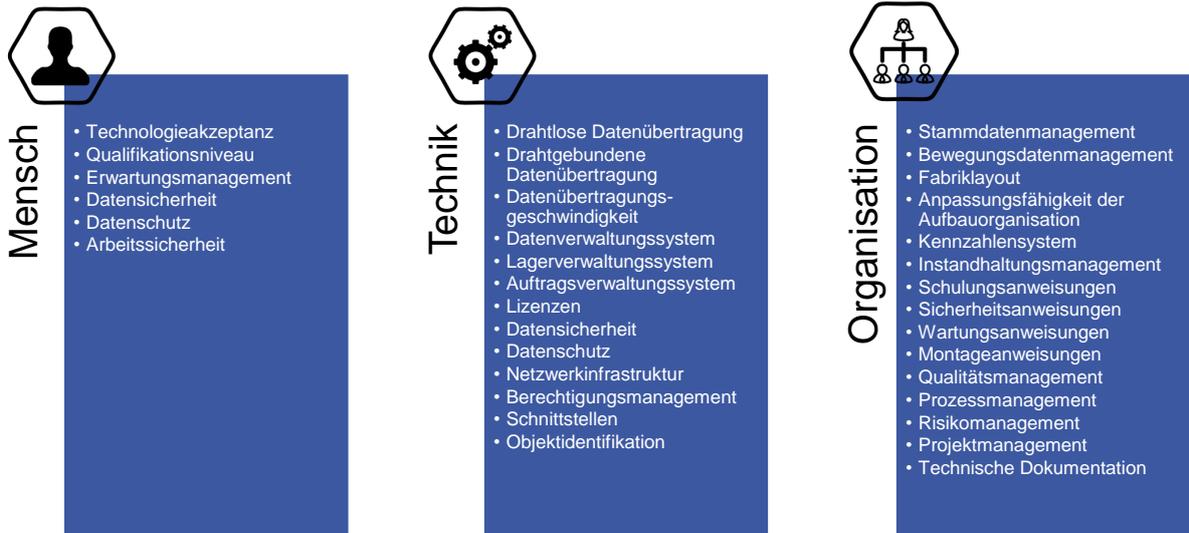


Abbildung 21: Ableitung von Prozessgebiete aus den Anforderungen

Fähigkeitsgrade (FG) sind mögliche Kriterienausprägungen in den einzelnen Prozessgebieten. Ein mögliches Prozessgebiet stellt die drahtlose Datenübertragung (Gestaltungsfeld Technik) dar, welche eine Voraussetzung für die Verwendung von Datenbrillen darstellt. Die niedrigste Ausprägung (FG 0) stellt das Fehlen einer drahtlosen Datenübertragung dar, wogegen die höchste Ausprägung (FG 4) die vollständige Ausleuchtung aller Fabrikbereiche mit einem starken Signal darstellt. Weitere Prozessgebiete sind ein Stammdatenmanagement (Gestaltungsfeld Organisation) und eine Technologieakzeptanz (Gestaltungsfeld Mensch). Je nach Anwendungsgebiet und Assistenzsystem wird dabei eine andere Fähigkeit des Prozessgebietes vorausgesetzt. Beispielsweise ist für die Implementierung eines Sensorarmbandes bei der Montage keine Echtzeit-Datenübertragung nötig, da das Armband nur die richtige Entnahme der zu montierenden Bauteile kontrolliert. Die Stücklisten für den Montageauftrag ändern sich jedoch nicht kontinuierlich.

PG	Klasse	Prozessgebiet	GW	Fähigkeitsgrad 1	Fähigkeitsgrad 2	Fähigkeitsgrad 3	Fähigkeitsgrad 4	Fähigkeitsgrad 5	Beschreibung Prozessgebiet	
Mensch	1	Technologieakzeptanz	3	Mitarbeiter dürfen neuen Technologien ablehnend gegenüber	Mitarbeiter stehen neuen Technologien kritisch gegenüber	Mitarbeiter stehen neuen Technologien neutral gegenüber	Mitarbeiter stehen neuen Technologien offen gegenüber	Mitarbeiter stehen neuen Technologien sehr offen gegenüber	Die Mitarbeiter verfügen über eine innere Haltung gegenüber der Einführung und Verwendung neuer Technologien. Wird ein neues System eingeführt und ein möglicher Nutzen angedeutet, kann die intrinsische Motivation vor allem bei älteren Mitarbeitern, sich die Funktionsweise anzueignen, sehr gering sein. Dies ist auch davon abhängig, ob die Mitarbeiter den Mehrwert des neuen Systems verstehen, welches häufig auch durch Vorteile für sie die Qualitätsanforderung hinsichtlich der Kompetenz der Mitarbeiter bezüglich der Verwendung softwarebasierter technischer Systeme. Dabei ist die Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und es werden keine Qualifikationsmaßnahmen durchgeführt.	
	2	Qualifikationsniveau	3	Die Mitarbeiter haben keine Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und es werden keine Qualifikationsmaßnahmen durchgeführt.	Es ist keine Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen bei den Mitarbeitern vorhanden, bei Bedarf können Qualifikationsmaßnahmen durchgeführt werden.	Die Mitarbeiter verfügen über wenig Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und Qualifikationsmaßnahmen werden nur bei Neuentführung von Systemen durchgeführt.	Die Mitarbeiter verfügen über Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und Qualifikationsmaßnahmen werden bei Neuentführung von Systemen durchgeführt.	Die Mitarbeiter verfügen über viel Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und es werden kontinuierlich Qualifikationsmaßnahmen zu vorhandenen Systemen durchgeführt.	Die Mitarbeiter verfügen über viel Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und es werden kontinuierlich Qualifikationsmaßnahmen zu vorhandenen Systemen durchgeführt.	
	3	Erwartungsmanagement	3	Mitarbeiter werden erst kurzfristig vor Einführung neuer Systeme informiert.	Mitarbeiter werden über den Einführungsprozess neuer Systeme informiert.	Mitarbeiter werden über die Entwicklung, Bewältigung sowie den Einführungsprozess neuer Systeme umfassend informiert.	Mitarbeiter werden in den Einführungsprozess neuer Systeme involviert.	Mitarbeiter werden bereits bei der Entwicklung, Bewältigung sowie über den gesamten Einführungsprozess neuer Systeme involviert.	Die Mitarbeiter werden in den Prozess der Einführung neuer Systeme einbezogen und wie über die Kommunikation in diesem Rahmen informiert, die höher und intensiver die Mitarbeiter, die von der Neuerung betroffen sind, in die Einführung einbezogen werden, desto besser kann das neue System auf die Anforderungen am Arbeitsplatz eingestellt werden. Dabei ist außerdem zu berücksichtigen, ob auch Informationsicherheit umfasst die Eigenschaften von Systemen, sicher gegenüber Eingriffen der unternehmerischen Außenwelt zu sein und die Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität der Daten sicherzustellen. Häufig stellen die Mitarbeiter ein Sicherheitsrisiko durch einen Missbrauch von Daten in gemeinsamen Netzwerken oder Entzogen im geschützten Endgeräten (mobiles Smartphones) in das der Datensicherheit kann auch als Mitarbeiterdatenschutz verstanden werden. Es beschreibt den Schutz des allgemeinen Persönlichkeitsrechts und informationeller Selbstbestimmung. Durch die Digitalisierung innerhalb der Unternehmen ist es immer mehr möglich, Mitarbeiterdaten zu sammeln. Diese können z.B. persönliche Inhalte (z. B. Ankle oder Informationen über die Produktivität einzelner Mitarbeiter sein). Die Arbeitssicherheit spielt im Rahmen der AS eine große Rolle. Im Einsatz kann durch verschiedene Mechanismen der Arbeitssicherheit beeinträchtigt. Zum einen können AS die physische Arbeitsbelastung einschränken, wie dies etwa bei einer Datenbrille der Fall ist, die durch die Anzeige von Informationen die Sichtfeld begrenzt. Außerdem besteht die Gefahr, dass sich Mitarbeiter durch die Komplexität und Quantität der Informationen und	
	4	Datensicherheit	3	Die Mitarbeiter werden nicht über das Thema Datensicherheit informiert.	Die Mitarbeiter werden zu Beginn ihrer Beschäftigung über das Thema Datensicherheit informiert.	Die Mitarbeiter werden laufend über die Verhaltensrichtlinien zur Datensicherheit informiert.	Die Mitarbeiter werden laufend über Verhaltensrichtlinien zur Datensicherheit informiert und sensibilisiert. Es besteht ein unternehmensweites Sicherheitsbewusstsein.	Die Mitarbeiter werden laufend über Verhaltensrichtlinien informiert und es besteht ein unternehmensweites Sicherheitsbewusstsein.	Die Mitarbeiter werden laufend über Verhaltensrichtlinien informiert und es besteht ein unternehmensweites Sicherheitsbewusstsein. Neue kommuniziert.	Die Mitarbeiter werden laufend über Verhaltensrichtlinien informiert und es besteht ein unternehmensweites Sicherheitsbewusstsein. Neue kommuniziert.
	5	Datenschutz	3	Die Mitarbeiterdaten sind für die Führungskraft einsehbar und gelten als Überwachungsinstrument.	Die Mitarbeiterdaten sind für die Führungskraft offen zugänglich und die Mitarbeiter sind darüber informiert.	Die Mitarbeiterdaten sind teilweise für Führungskraft zugänglich aber werden diese behandelt und die Mitarbeiter sind darüber informiert.	Die Mitarbeiterdaten sind geschützt und dies wird unternehmensweit kommuniziert.	Die Mitarbeiterdaten sind geschützt und dies wird über die Unternehmensgrenzen hinaus kommuniziert.	Die Mitarbeiterdaten sind geschützt und dies wird über die Unternehmensgrenzen hinaus kommuniziert.	
	6	Arbeitssicherheit	4	Die Mitarbeiter werden bei Beschäftigungsbeginn auf die Arbeitssicherheitsaspekte in dem Unternehmen hingewiesen.	Die Mitarbeiter nehmen bei Beschäftigungsbeginn an Arbeitssicherheitschulungen teil.	Die Mitarbeiter nehmen bei der Einführung neuer Technologien an Arbeitssicherheitschulungen teil und haben Kontrolle über die Gefahren.	Die Mitarbeiter nehmen regelmäßig an Arbeitssicherheitschulungen teil und sind für physische Personenschäden sowie Sachschäden sensibilisiert.	Die Mitarbeiter nehmen regelmäßig an Arbeitssicherheitschulungen teil und sind für physische Personenschäden sowie Sachschäden sensibilisiert.	Die Mitarbeiter nehmen regelmäßig an Arbeitssicherheitschulungen teil und sind für physische Personenschäden sowie Sachschäden sensibilisiert.	
Technik	7	Drahtlose Datenübertragung	4	Es ist keine drahtlose Datenübertragung in der Fabrik vorhanden.	Die grundlegenden drahtlosen Datenübertragungsformen (Bluetooth, WLAN) sind in den betrachteten Fabrikbereichen vorhanden.	Die grundlegenden drahtlosen Datenübertragungsformen (Bluetooth, WLAN) sind in den betrachteten Fabrikbereichen vorhanden.	Eine variable drahtlose Datenübertragung existiert in den betrachteten Fabrikbereichen.	Eine variable drahtlose Datenübertragung existiert in allen E- und Fabrikbereichen vorhanden.	Die drahtlose Datenübertragung ist für den Einsatz von AS essentiell. Das bspw. eine Datenbrille müssen die Informationen drahtlos übertragen werden, um die richtige Position zu wählen. Die Bewertung dieses Prozessgebietes ist die räumliche Abdeckung der Datenübertragung, nicht die Ausbreitung oder Geschwindigkeit, und die Verfügbarkeit, also welche Arten der Übertragung (Bluetooth, WLAN, ZigBee, NFC, ...), verfügbar sind. Lizenzen werden benötigt, falls das Unternehmen proprietäre Software besitzt, deren Nutzung/Änderung für Nutzer und Dritte aufgrund von Softwarepatenten und Urheberrecht eingeschränkt ist. Die Benutzung von AS erfolgt meist auf Basis sicherer im Unternehmen verwalteter Systeme und daher vor einer Einführung bestmögliche werkspezifische Lizenzmodelle vorliegen. Die Art des Lizenzmodells wird durch Einsatz oder Nicht-Einsatz von AS bestimmt. Die Aufgabenspezifische Datenübertragung ist ein	
	8	Lizenzen	3	Das Lizenzmodell erlaubt keinen Zugriff weiterer Benutzer und es ist nicht möglich zusätzliche Lizenzen zu erwerben.	Das Lizenzmodell ist strikt und der Erwerb neuer Lizenzen für zusätzliche Benutzer ist mit hohen Kosten verbunden.	Es wird mit einem "Named User Model" gearbeitet und neue Lizenzen können in diesem Rahmen erworben werden.	Das Lizenzmodell erlaubt flexible neue Lizenzen bereitzustellen (Pay-Per-Use, Concurant User, etc.)	Im Rahmen des Mehrheitslizenzmodells sind noch ausreichend freie Lizenzen verfügbar oder die verwendete Software ist kundenspezifisch.	Das Lizenzmodell erlaubt flexible neue Lizenzen bereitzustellen (Pay-Per-Use, Concurant User, etc.)	
	4		4	Das System basiert auf einem veralteten Datenverarbeitungssystem, das eine regelmäßige Aktualisierung der Daten	Das System wird manuell aktualisiert	Das System wird automatisch aktualisiert	Das System wird automatisch aktualisiert	Das System wird automatisch aktualisiert	Das System wird automatisch aktualisiert	
			4							

Abbildung 22: Auszug aus den Prozessgebieten und dazugehörigen Fähigkeitsgraden

Anschließend wurden Mindestanforderungen für jede Stufe erhoben und validiert. Die Mindestanforderung ist der mindestens benötigte Fähigkeitsgrad für ein Prozessgebiet sowie für ein IAS in einem spezifischen Anwendungsbereich. Zum Beispiel benötigt eine Datenbrille in der Montage nicht zwingend eine drahtlose Datenübertragung, bei der Anwendung in der Kommissionierung jedoch schon (vgl. Abbildung 23).

PG	Klasse	Prozessgebiet	GW	Fähigkeitsgrad 1	Fähigkeitsgrad 2	Fähigkeitsgrad 3	Fähigkeitsgrad 4	Fähigkeitsgrad 5
1	Mensch	Technologieakzeptanz	3	Mitarbeiter stehen neuen Technologien ablehnend gegenüber.	Mitarbeiter stehen neuen Technologien kritisch gegenüber.	Mitarbeiter stehen neuen Technologien neutral gegenüber.	Mitarbeiter stehen neuen Technologien offen gegenüber.	Mitarbeiter stehen neuen Technologien sehr offen gegenüber.
2		Qualifikationsniveau	3	Die Mitarbeiter haben keine Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und es werden keine Qualifikationsmaßnahmen durchgeführt.	Es ist keine Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen bei den Mitarbeitern vorhanden, bei Bedarf können Qualifikationsmaßnahmen durchgeführt werden.	Die Mitarbeiter verfügen über wenig Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und Qualifikationsmaßnahmen werden nur bei Neueinführung von Systemen durchgeführt.	Die Mitarbeiter verfügen über Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und Qualifikationsmaßnahmen werden bei Neueinführung von Systemen durchgeführt.	Die Mitarbeiter verfügen über viel Erfahrung im Umgang mit softwarebasierten Systemen und es werden kontinuierlich Qualifikationsmaßnahmen zu vorhandenen Systemen durchgeführt.
3		Erwartungsmanagement	3	Mitarbeiter werden erst kurzfristig vor Einführung neuer Systeme informiert.	Mitarbeiter werden über den Einführungsprozess neuer Systeme informiert.	Mitarbeiter werden über die Entwicklung, Beschaffung sowie den Einführungsprozess neuer Systeme umfassend informiert.	Mitarbeiter werden in den Einführungsprozess neuer Systeme involviert.	Mitarbeiter werden bereits bei der Entwicklung, Beschaffung sowie über den gesamten Einführungsprozess neuer Systeme involviert.
4		Datensicherheit	3	Die Mitarbeiter werden nicht über das Thema Datensicherheit informiert.	Die Mitarbeiter werden zu Beginn ihrer Beschäftigung über das Thema Datensicherheit informiert.	Die Mitarbeiter werden laufend über die Verhaltensrichtlinien zur Datensicherheit informiert.	Die Mitarbeiter werden laufend über Verhaltensrichtlinien zur Datensicherheit informiert und sensibilisiert. Es besteht ein unternehmensweites Sicherheitsbewusstsein.	Die Mitarbeiter werden laufend über Verhaltensrichtlinien zur Datensicherheit informiert und es besteht ein unternehmensweites Verantwortlichkeitsbewusstsein über eine interne Sicherheitspolitik definiert.
5		Datenschutz	3	Die Mitarbeiterdaten sind für die Führungskräfte einsehbar und gelten als Überwachungsinstrument.	Die Mitarbeiterdaten sind für Führungskräfte offen zugänglich und die Mitarbeiter sind darüber informiert.	Die Mitarbeiterdaten sind teilweise für Führungskräfte zugänglich aber werden diskret behandelt und die Mitarbeiter sind darüber informiert.	Die Mitarbeiterdaten sind geschützt und dies wird unternehmensintern kommuniziert.	Die Mitarbeiterdaten sind geschützt und dies wird über die Unternehmensgrenzen hinaus kommuniziert.
6		Arbeitssicherheit	4	Die Mitarbeiter werden bei Beschäftigungsbeginn auf die Arbeitssicherheitsaspekte in dem Unternehmen hingewiesen.	Die Mitarbeiter nehmen bei Beschäftigungsbeginn an Arbeitssicherheitschulungen teil.	Die Mitarbeiter nehmen bei der Einführung neuer Technologien an Arbeitssicherheitschulungen teil und haben Kenntnisse über die Gefahren.	Die Mitarbeiter nehmen regelmäßig an Arbeitssicherheitschulungen teil und sind sowohl für physische sowie psychische Personenschäden sowie Sachschäden sensibilisiert.	Die Mitarbeiter nehmen regelmäßig an Arbeitssicherheitschulungen teil und sind sowohl für physische sowie psychische Personenschäden sowie Sachschäden sensibilisiert.

Abbildung 23: Mindestanforderungen der Fähigkeitsgrade für eine Datenbrille in der Kommissionierung (Auszug)

Die Anwendungsszenarien, die Mindestanforderungen der Fähigkeitsgrade sowie die Prozessgebiete wurden im sogenannten RIAS (Reifegradmodell für interaktive Assistenzsysteme) zusammengeführt.

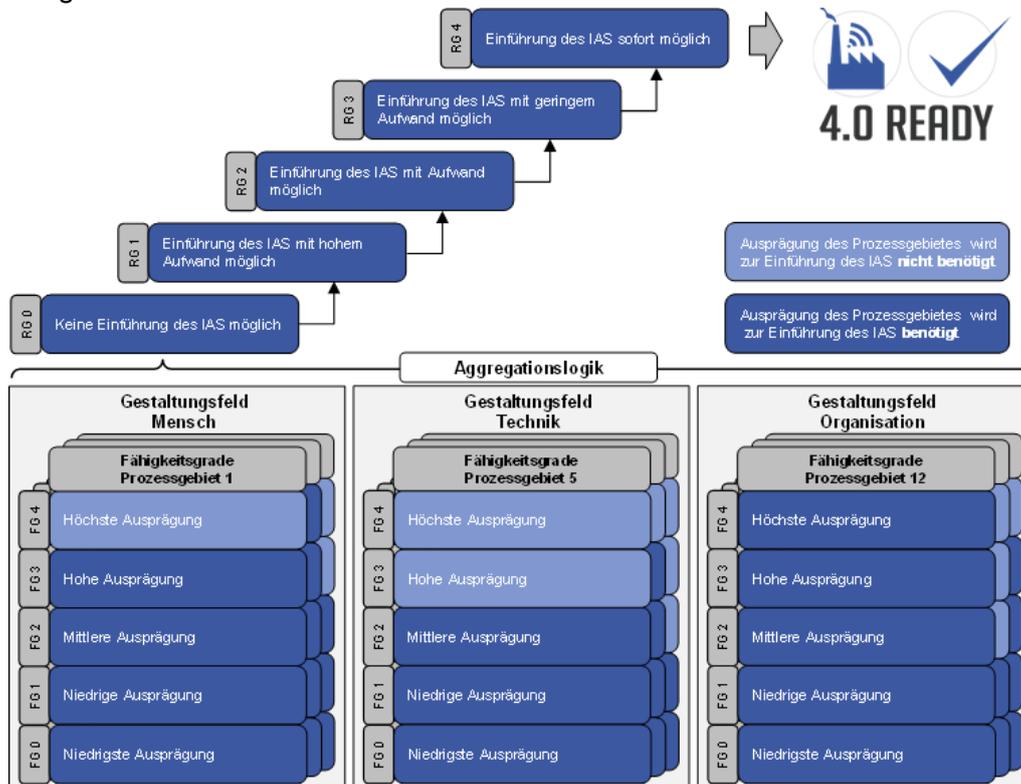


Abbildung 24: Generischer Aufbau des Reifegradmodells RIAS

Die Abbildung 24 zeigt ein Reifegradmodell zur systematischen Planung sowie Steuerung der Einführung von interaktiven Assistenzsystemen. Ein Unternehmen kann somit schnell erkennen, ob und inwieweit es fähig ist, das jeweilige interaktive Assistenzsystem im betrachteten Anwendungsgebiet einzuführen. Sind hingegen in allen Prozessgebieten die benötigten Fähigkeitsgrade erreicht, ist eine sofortige Einführung möglich. Insgesamt entsteht dadurch je Assistenzsystem und Anwendungsgebiet ein eigenes Reifegradmodell. Über die Definition von allgemeinen Maßnahmen werden die Unternehmen zudem bei der Erreichung der nächsthöheren Fähigkeitsgrade im betrachteten Prozessgebiet unterstützt.

Im Folgenden werden die Fähigkeitsgrade der einzelnen Prozessgebiete über eine zu entwickelnde Aggregationslogistik zu einem übergeordneten Reifegrad zusammengefasst. Mit diesem Modell ist ein Unternehmen in der Lage schnell zu erkennen, ob und inwieweit es fähig ist, das jeweilige interaktive Assistenzsystem im betrachteten Anwendungsgebiet einzuführen. Eine sofortige Einführung ist möglich, wenn in allen Prozessgebieten die benötigten Fähigkeitsgrade erreicht sind. Somit entsteht für jedes Assistenzsystem und jedes Anwendungsgebiet ein eigenes Reifegradmodell. Bei Erreichung der nächsthöheren Fähigkeitsgrade werden Unternehmen über die Definition von allgemeinen Maßnahmen im betrachteten Prozessgebiet unterstützt.

Das Reifegradmodell verfolgt eine lineare Einordnung der unterschiedlichen Reifegrade (vgl. nachfolgende Formeln). Mit zunehmender Reife ist eine Einführung eines interaktiven Assistenzsystems per Definition einfacher bzw. mit geringerem Aufwand zu ermöglichen.

Das Vorgehen lässt sich in vier Schritten beschreiben.

1. Bestimmung der minimal erforderlichen Ausprägung.
2. Bestimmung des Ist-Zustands.
3. Ermittlung der Einzelreifegrade.
4. Ermittlung der mittleren Zielerreichung:
  - a. Ungewichtet
  - b. Gewichtet
  - c. Pessimistisch
5. Interpretation der Ergebnisse in Netzdiagrammen.

Die ungewichtete Zielerreichung addiert alle Einzelreifegrade zusammen und wurde vom pA als die für die Praxis relevante Aggregationslogik bestimmt. Die gewichtete Zielerreichung hingegen verzerrt die Gestaltungsfelder, sodass keine Vergleichbarkeit vorherrscht (unternehmensübergreifend). Die pessimistische Zielerreichung gibt ein pessimistisches Bild des Einführungsprozesses wieder, da es nur die jeweils minimalen Ausprägungen ins Kalkül übernimmt. Dies verzerrt nach Meinung des pA die Wirklichkeit, sodass mit dieser Aggregationslogik keine oder nur wenige Einführungsprozesse initiiert werden würden.

Auf der ersten Aggregationsebene werden die Soll- und Ist-Reifegrade der Kennzahlen eines Prozesses zu einem Soll- und einem Ist-Prozessreifegrad aggregiert. Auf der zweiten Aggregationsebene werden die Soll- und Ist-Prozessreifegrade zu einem Abweichungsgrad aggregiert. Dieser ist ein Maß, in wie weit der aktuelle Zustand von der Einführung des interaktiven Assistenzsystems abweicht.

Netzdiagramme zeigen (siehe Abbildung 49) den jeweiligen Vergleich zwischen Ziel- und Istzustand. Die Auswertung erfolgte mit Rücksprache des projektbegleitenden Ausschusses auf Basis einer mittleren Zielabweichung (Begründung: keine Verzerrung der Tatsachen). Das

Beispiel ist auf jeweils drei Prozessgebiete je Gestaltungsfeld reduziert und ermöglicht eine vereinfachte graphische Darstellung.

### **3.3.2 *Benötigte und eingesetzte Ressourcen***

Entsprechend des Finanzierungsplans wurde die Forschungsarbeit innerhalb dieses APs durch wissenschaftliches Personal durchgeführt. Seitens der Forschungsstellen wurden dafür 9 Personenmonate (IPRI 4 PM, IPH 5 PM) aufgewendet.

### 3.4 **Arbeitspaket 4: Ableitung von Maßnahmen mit dem Ziel die Anforderungen stufenweise zu erfüllen**

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Validierte Maßnahmen zur Erfüllung der notwendigen Anforderungen	Validierte Maßnahmen zur Erfüllung der notwendigen Anforderungen

Durch die in AP 2 und AP 3 erarbeiteten Ergebnisse können KMU einschätzen, welche Anforderungen sie für einen umfassenden Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen (Soll-Zustand) erfüllen müssten. Im Rahmen von AP 4 wurden Maßnahmen abgeleitet, die Unternehmen ergreifen müssen, um den Erfüllungsgrad schrittweise bzw. sprunghaft zu steigern, um die Einführung interaktiver Assistenzsysteme zu vereinfachen. Dies hängt maßgeblich von dem Ist-Zustand und den Zwischenschritten bis zum Soll-Zustand ab. Je nach Anforderung sind die Zwischenschritte nicht zu erfüllen bzw. ein direkter Sprung sinnvoller.

Dafür wurden für einzelne Prozessgebiete passende Maßnahmen in allen drei Gestaltungsfeldern (Mensch, Technik, Organisation) abgeleitet. Beispiele für Maßnahmen für das Gestaltungsfeld Mensch sind die Entwicklung von Schulungen bezüglich der Nutzung von interaktiven Assistenzsystemen oder die Einführung eines Wissensmanagementsystems (Prozessgebiet: Technologieakzeptanz). Maßnahmen im Gestaltungsfeld Technik sind die Auswahl und Beschaffung leistungsstärkerer Hardware zur Datenübertragung (Prozessgebiet: Drahtlose Datenübertragung). Beispiele für Maßnahmen im Gestaltungsfeld Organisation ist die Digitalisierung der Montageanweisung in einem bedarfsgerechten Format (Prozessgebiet: Montageanweisung).

Im zweiten Arbeitsschritt wurden die Maßnahmen in Fallstudien in Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses validiert. Im Rahmen der Fallstudien wurden mit Bezug auf die Reifegradstufen unternehmensindividuelle Ziele definiert (beispielsweise die Erreichung einer bestimmten Reifegradstufe). Die (generischen) Maßnahmen wurden dann in den Fallstudien erprobt und auf ihre Eignung zur Erfüllung der Anforderungen bewertet. Die Ergebnisse (validierte Maßnahmen) wurden in den in AP 2 bereits entwickelten Anforderungskatalog ergänzt.

#### 3.4.1 **Ableitung von Maßnahmen**

Die Maßnahmen wurden entsprechend des Mensch-Technik-Organisation Ansatzes (siehe Arbeitspaket 1) abgeleitet. Zur Erreichung der 4.0-Readiness bedarf es diverser Maßnahmen, die sich nicht aus dem alltäglichen Geschäft ergeben. Dies sind z. B. interne Projekte oder Aktivitäten, die wesentliche Ressourcen (finanzielle und personelle Mittel) beanspruchen. Maßnahmen müssen zunächst ermittelt und anhand bestimmter Kriterien selektiert werden, bevor sie implementiert werden können (Abbildung 25).

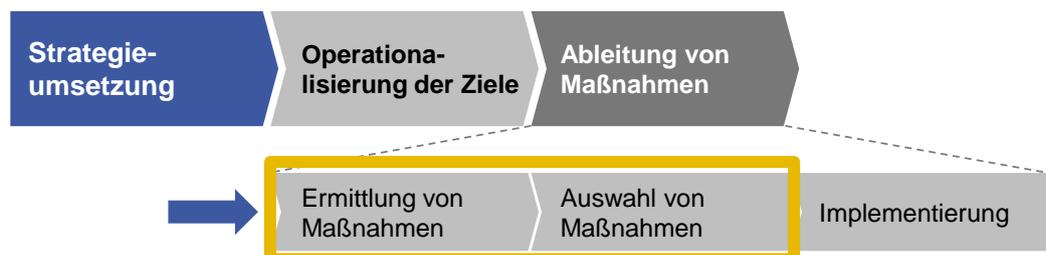


Abbildung 25: Vorgehen zur Ableitung von Maßnahmen

### 3.4.2 Ermittlung von Maßnahmen

Zunächst müssen die Anforderungen eines interaktiven Assistenzsystems identifiziert werden. Hierzu kann auf die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 2 und 3 zurückgegriffen werden. Entsprechend der unterschiedlichen Prozessgebiete (Mensch, Technik und Organisation) ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Fähigkeitsgrade (siehe RIAS – Arbeitspaket 3). Nachfolgend sind einige der entwickelten sowie validierten Maßnahmen dargestellt (siehe Abbildung 26). Das Qualifikationsniveau lässt sich beispielsweise durch Workshops für die operativen Mitarbeiter sowie durch Schulungen und speziellen Weiterbildungsmaßnahmen steigern. Die Maßnahmen können unterschiedliche Ausprägungen annehmen.

Prozessgebiet	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3	Maßnahme 4	Maßnahme 5
<b>Technologieakzeptanz</b>	Durchführung einer Informationsveranstaltung zu dem Thema Industrie 4.0/ Digitalisierung für alle Mitarbeiter, in der die Notwendigkeit der Einführung neuer Technologien erläutert und diskutiert werden.	Durchführung von Informationsveranstaltungen für die operativen Mitarbeiter, in der einzelne neue Technologien vorgestellt und die jeweiligen Hebel zur Effizienzsteigerung dargelegt werden.	Durchführung von Einzelgesprächen mit den von eventuellen Neuerungen betroffenen Mitarbeitern zur Beseitigung von Ängsten.	Gewährung freier Zeiten während der Arbeitszeit, um neue Technologien zu testen.	
<b>Qualifikationsniveau</b>	Durchführung von Workshops für die operativen Mitarbeiter zum Grundlagenverständnis von softwarebasierten Systemen.	Durchführung von Schulungen für die betroffenen Mitarbeiter zur Nutzung softwarebasierter Systeme.	Angebot von Weiterbildungsmaßnahmen bezüglich der Nutzung von softwarebasierten und cyberphysischen Systemen, die nach Bedarf z.B. für einen neuen Mitarbeiter oder bei neuen Systemen durchgeführt werden.		
<b>Erwartungsmanagement</b>	Durchführung eines Workshops für die operativen Mitarbeiter, in dem Prozessoptimierungsvorschläge präsentiert und anschließend diskutiert werden.	Zusammenstellung eines Teams von Mitarbeitern aller Prozessebenen (auch operative), die an allen Planungsveranstaltungen zur Einführung neuer Technologien teilnehmen und Lösungsvorschläge einbringen dürfen.	Bereitstellung von Informationsmaterialien im Shop Floor bezüglich der Planungsfortschritte.		
<b>Datensicherheit</b>	Festlegung oder Einstellung eines Sicherheitsbeauftragten, der für die Maßnahmen zur Datensicherheit verantwortlich ist und maßgeblich die Sicherheitsrichtlinien konzipiert und aktualisiert.	Integration einer Datensicherheitsschulung in den Onboardingprozess neuer Mitarbeiter.	Durchführung quartalsmäßiger Schulungen für alle Mitarbeiter zum Thema Datensicherheit, die laufend auf die neuen Bedingungen und Systeme im Unternehmen angepasst sind.	Formulierung interner Sicherheitsrichtlinien durch einen oder mehrere Sicherheitsbeauftragte, die im Unternehmen auf Postern aushängen und im Intranet zur Verfügung stehen.	Bereitstellung von aktuellen News sowie Informationen über Vorfälle in anderen Unternehmen bezüglich Datensicherheit, für alle Mitarbeiter zugänglich.
	Festlegung der internen Datenschutzrichtlinien durch die Führung und	Beauftragung eines externen Experten, der die Anonymisierung und	Bestimmung		

Abbildung 26: Maßnahmen - Mensch

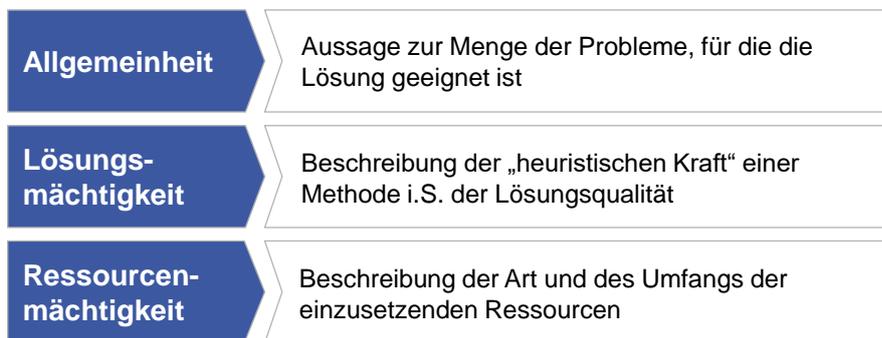
### 3.4.3 Validierung der Maßnahmen

Die entwickelten Maßnahmen zur Zielerreichung auf Basis des Reifegradmodells (siehe Arbeitspaket 3) wurden parallel zu der Bearbeitung des Arbeitspakets zur Sicherung der aufwandsarmen Anwendung für KMU mit dem projektbegleitenden Ausschuss diskutiert. Im Rahmen dreier Referenzanwendungen konnte eine Validierung der Anwendungssystematik erfolgen und Verbesserungspotentiale aufgezeigt werden. Die Validierung (vgl. Abbildung 27) erfolgte in drei Arbeitsschritten:



Abbildung 27: Validierungsvorgehen

Zu Beginn wurden die Ergebnisse in den Unternehmen vorgestellt und angewendet. Anschließend wurden die Ergebnisse mit folgenden Kriterien (siehe Abbildung 28) auf ihre Praxistauglichkeit bewertet (Kirsch/Seidl/van Aaken 2007, S. 205ff.):



**Abbildung 28: Vorgehen zur Beurteilung von Maßnahmen**

Es zeigte sich nach Rücksprache mit dem pA, dass die Maßnahmen objektiv zur Reifegradsteigerung in den einzelnen Gestaltungsfeldern geeignet sind. Die Ressourcen zur Erfüllung dieser Maßnahmen wurden im Maßnahmenkatalog weitestgehend berücksichtigt, welche jedoch von der Praxis im Einzelfall zu bestimmen sind.

Im letzten Schritt wurden die Ergebnisse durch die neuen Erkenntnisse angepasst. Dies umfasste weitestgehend den Maßnahmenkatalog, dessen Aufbau und Anwenderfreundlichkeit. Gegenstand der Validierung waren die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen (2 und 3). Die einzelnen Ergebnisse wurden zuvor mithilfe des PA erarbeitet und ausführlich diskutiert. Dieses Vorgehen sicherte schon vor der Validierungsphase ein praxistaugliches Ergebnis.

Mit Hilfe der drei Fallstudienunternehmen (siehe Tabelle 8) konnten alle zu validierenden Ergebnisse des Forschungsprojekts validiert werden.

**Tabelle 8: Fallstudienunternehmen**

Fallstudienunternehmen	
Wafios AG	Frau Eveline Lippet
topsystem GmbH	Herr Andreas Feese
Lamy GmbH	Herr Bernhard M. Rösner

#### **3.4.4 Benötigte und eingesetzte Ressourcen**

Entsprechend des Finanzierungsplans wurde die Forschungsarbeit innerhalb dieses APs durch wissenschaftliches Personal durchgeführt. Seitens der Forschungsstellen wurden dafür 8 Personenmonate (IPRI 4 PM, IPH 4 PM) aufgewendet.

### 3.5 **Arbeitspaket 5: Entwicklung von Kennzahlen zur Planung und Steuerung der Umsetzung der Maßnahmen**

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Validierte Kennzahlen zur Planung und Steuerung der Umsetzung der Maßnahmen; Use-Case zur beispielhaften Veranschaulichung der Verwendung der Kennzahlen	Validierte Kennzahlen zur Planung und Steuerung der Umsetzung der Maßnahmen; Use-Case zur beispielhaften Veranschaulichung der Verwendung der Kennzahlen

Im ersten Arbeitsschritt wurden Kennzahlen für die Umsetzung der in Arbeitspaket 4 abgeleiteten Maßnahmen definiert. Mithilfe der Kennzahlen können Unternehmen den Umsetzungsgrad der Maßnahmen (und damit die Erreichung der nächsten Reifegradstufen) systematisch planen und steuern. Wie zuvor wurden die Kennzahlen dabei auf die Gestaltungsfelder Mensch, Technik und Organisation aufgeteilt. Beispiele sind die Anzahl durchgeführter Workshops operativer Mitarbeiter, Anzahl von Schulungsmaßnahmen und Anzahl von Weiterbildungsmaßnahmen im Allgemeinen.

Im zweiten Arbeitsschritt wurden Soll-Werte für die einzelnen Kennzahlen definiert. Insbesondere bei einer Diskrepanz zwischen unternehmensindividuellen Ist-Werten und Soll-Werten geben Kennzahlen ein frühes Warnsignal, dass das Erreichen der nächsthöheren Reifegradstufe nicht nach Plan erfolgt. Die Soll-Werte wurden innerhalb von Fallstudien mit Unternehmen des pA beispielhaft erhoben. Hieraus wurde im Anschluss ein Use-Case abgeleitet.

#### 3.5.1 **Grundlagen zu Kennzahlen**

Nach Horváth sollen „Kennzahlen relevante Zusammenhänge in verdichteter, quantitativ messbarer Form wiedergeben“ (Horváth et al. 2015, S. 286). Mit ihnen lassen sich komplexe Sachverhalte nachvollziehen (Uhle und Treier 2015, 248f.). **Kennzahlen im weiteren Sinne** sind quantitative Informationen, die für die spezifischen Bedürfnisse der Unternehmensanalyse und -steuerung aufbereitet worden sind. Dazu gehören Kennzahlen i.e.S. und Indikatoren. **Kennzahlen im engeren Sinne** sind Maßgrößen, die willentlich stark zu absoluten oder relativen Zahlen verdichtet werden, um mit ihnen in einer konzentrierten Form über einen zahlenmäßig erfassbaren Sachverhalt berichten zu können. Mit **Indikatoren** wird über eine Realität, die sich nur schwer abbilden lässt gezwungenermaßen unvollständig berichtet (vgl. Weber und Schäffer 2011, 217ff.).

Zusammenfassend sollen Kennzahlen (Gladen 2014, S. 10):

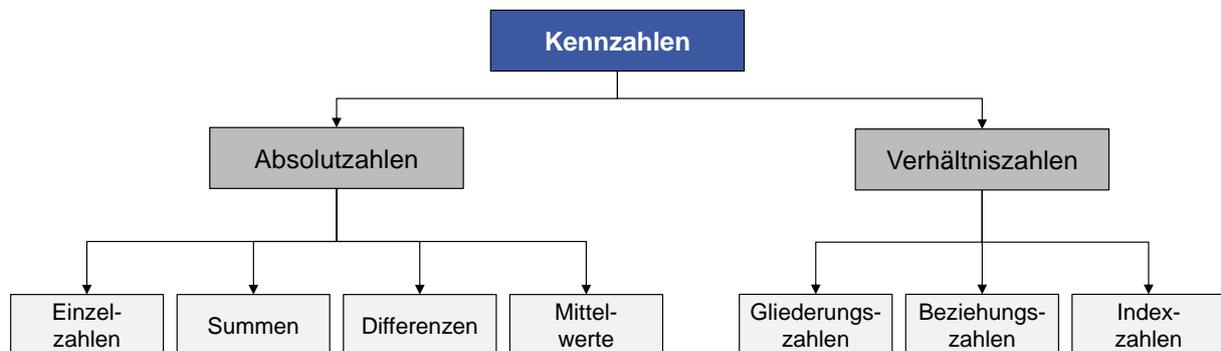
- Komplizierte betriebliche Sachverhalte, Strukturen und Prozesse auf relativ einfache Weise abbilden,
- um damit einen möglichst umfassenden und schnellen Überblick zu garantieren,
- Führungsinstanzen bei (fallweisen) Analysen dienen,
- Führungsinstanzen in der laufenden Planung, Durchsetzung und Kontrolle, durch Ausschaltung irrelevanter Daten dienen.

Kennzahlen können allgemein als statistische Zahlen zusammengefasst werden (Buchner 1985, S. 2). Demzufolge müssen Kennzahlen der Sach- und Zahlenlogik folgen, d.h. unter Sachlogik versteht man, dass äquivalente Sachverhalte gleiche Kennzahlenwerte entspre-

chen und Zahlenlogik erfordert, dass das Zahlenmaterial mit mathematisch-statistischen Verfahren aufbereitet wird. Man unterscheidet zwischen absoluten und relativen Zahlen (Siegwart et al. 2010).

Kennzahlen lassen sich in unterschiedlicher Weise darstellen:

- Absolutzahlen
- Verhältniszahlen



**Abbildung 29: Übersicht Kennzahlen (in Anlehnung an Preißler 2008; Horváth et al. 2015)**

Grundsätzlich können Kennzahlen auf zwei Arten ermittelt werden: durch Messung oder durch (Mitarbeiter-)Befragungen. Es treten in der Praxis oftmals Größen und Sachverhalte auf, die sich nicht direkt ermitteln lassen. In diesen Fällen müssen der Sachverhalt analysiert und entsprechend Kennzahlen gebildet werden, die diesem Sachverhalt entsprechen (Ursache-Wirkungs-Kette). Eine einzelne Kennzahl hat nur begrenzte Aussagekraft. Es ist daher ratsam, mehrere Kennzahlen eines Sachverhalts zu aggregieren (Bildung eines Kennzahlenkatalogs).

KMU des Maschinen- und Anlagenbaus stehen in einem sehr kompetitiven Wettbewerb, mit der Folge, dass innerhalb des Unternehmens für Randthemen eine Ressourcenknappheit besteht. Dies hat zur Folge, dass die Kennzahlen zur Bestimmung der 4.0-Readiness aufwandsarm erhoben werden müssen. Das bedeutet, dass die Gesamtzahl an verwendeten Kennzahlen überschaubar bleiben sollte. Alle Kennzahlen sollen einen klaren Bezug zu der Einführung von interaktiven Assistenzsystemen aufweisen.

### 3.5.2 Grundsätzliches Vorgehen zur Bestimmung von Kennzahlen

Sinnvolle Kennzahlen sind eng mit klaren und verstandenen Zielen verknüpft. Das Vorgehen zur Auswahl geeigneter Kennzahlen lässt sich in drei wesentlichen Schritten darstellen. Zunächst müssen Vorschläge an Kennzahlen erarbeitet werden, die zur Kontrolle und Steuerung der Erreichung der Anforderungen zur Einführung von interaktiven Assistenzsystemen geeignet sind. Anschließend werden aus den Vorschlägen Messgrößen ausgewählt, deren Implementierung letztlich noch sichergestellt werden muss.

Generell lässt sich jedes Ziel messen. Dafür müssen Ziele jedoch klar definiert und verstanden werden. Zudem muss die Perspektive der Zielmessung festgelegt werden (vgl. Abbildung 30). So gibt beispielsweise die Strategie „Einführung eines interaktiven Assistenzsystems“ die Richtung für das gesamte Unternehmen vor. Die dann durch einzelne Prozesse zu erzielen sind (beispielsweise, die Anzahl der Schulungen zur Technologieakzeptanzverbesserung). Diese beiden Richtungen sind jeweils unterschiedlich messbar, d.h. Einführung (ja/nein) und Anzahl Schulungen (quantifizierbar).

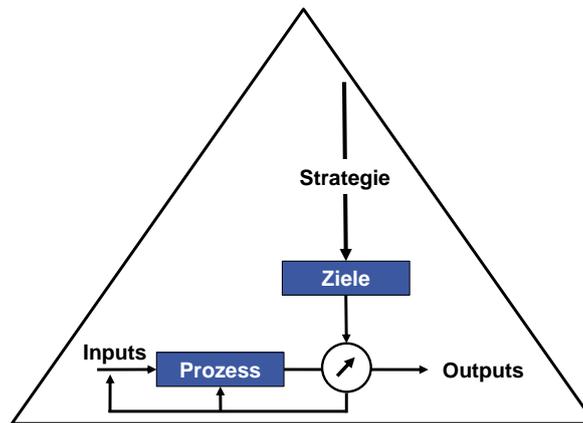


Abbildung 30: Grundkonzept zur Strategieumsetzung (in Anlehnung an Simons 1995, S. 63)

Die Zielerreichung eines Unternehmens kann aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden (vgl. Abbildung 31). In der Eingangsperspektive des Ziels soll mittels der Kennzahl erfasst werden, was in ein System wie beispielsweise das Unternehmen oder den Mitarbeiter, einfließt, um das Ziel zu erreichen. In der Prozessperspektive soll die Kennzahl erfasst werden, wie der Input verarbeitet wird und wirkt. In der Ergebnisperspektive soll durch die Kennzahl erfasst werden, wie die Verarbeitung des Inputs wirkt und was das daraus resultierende Ergebnis ist, wobei die Ursache-Wirkungsbeziehung hier nicht immer eindeutig gegeben ist.

Eingang	Prozess	Ergebnis
<p>• Was fließt in ein System (z.B. Unternehmen, Unternehmensbereich, Mitarbeiter) ein?</p> <p>• <b>Bsp.:</b> <i>Anzahl der Schulungen zur Handhabung neuer Technologien</i></p>	<p>• Wie wird der Input verarbeitet und genutzt?</p> <p>• <b>Bsp.:</b> <i>Durchschnittlich erreichte Personenzahl pro Schulungsmaßnahme</i></p>	<p>• Was ist das Ergebnis der Verarbeitung des Inputs</p> <p>• Ursache-Wirkungs-Beziehung dabei nicht immer eindeutig</p> <p>• <b>Bsp.:</b> <i>Technologieakzeptanzindex</i></p>

Abbildung 31: Perspektiven der Kennzahlen am Beispiel „Technologieakzeptanz“

Deshalb gilt die Operationalisierung zum Teil auch als kreative Tätigkeit. Bei der Auswahl der Kennzahlen gilt es angesichts der beschriebenen Anforderungen an Kennzahlen bei kleinen und mittleren Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus, die Komplexität eines Kennzahlenkatalogs gering zu halten.

Die Kennzahlen müssen bestimmten Anforderungen entsprechen (u.a. Grüning 2002, S. 139–189):

- **Validität** (Wird der Sachverhalt, den die Kennzahl messen soll auch erfasst?)
- **Objektivität** (Ist die Kennzahl für Dritte eindeutig verständlich?)
- **Reliabilität** (Wie zuverlässig ist die Messung?)
- **Beeinflussbarkeit** (Kann die Kennzahl überhaupt beeinflusst werden?)

- **Manipulationsfreiheit** (Kann die Kennzahl nur so beeinflusst werden, dass es für Dritte nachvollziehbar ist?)
- **Wirtschaftlichkeit** (Übertrifft der Nutzen, die mit der Messung im Zusammenhang stehenden Kosten?)

Um dies zu verdeutlichen, zeigt Abbildung 32 Beispiele der einzelnen Kriterien anhand der Bewertung am Beispiel „Qualifikationsniveau“.

	Validität	Objektivität	Reliabilität	Beeinflussbarkeit	Manipulationsfreiheit	Wirtschaftlichkeit
Eingang (Anzahl Schulungsmaßnahmen)	-	+	+	+	+	+
Prozess (Durchschnittlich erreichte Personenzahl)	-	+	+	+	-	+
Ergebnis (Technologieakzeptanzindex)	+	+	+	+	-	-

Abbildung 32: Erklärung der Kriterien anhand des Beispiels „Qualifikationsniveau“

Jedes Unternehmen wird durch den Softwaredemonstrator in Arbeitspaket 6 in die Lage versetzt, die für das Unternehmen wichtigsten Kennzahlen bzw. Kriterien zu bestimmen. Jede Kennzahl, die in Arbeitspaket 5 erhoben wurde, wurde in Rücksprache mit dem PA entsprechend diskutiert und validiert.

### 3.5.3 Exkurs: Planung und Steuerung der Maßnahmenumsetzung

Bei der Planung und Steuerung stellt sich die Frage, wie die Maßnahmen im Unternehmen transferiert und umgesetzt werden können. Der nachfolgende Abschnitt soll Unternehmen in die Lage versetzen, die geforderten Maßnahmen mittels Kennzahlen zu steuern. Die Planungsfunktion im Unternehmen ist ein Managementkonzept zur Unterstützung der Unternehmensführung. Pläne sind die Ergebnisse, welche von den Organisationseinheiten umgesetzt werden müssen. I.d.R. geht mit der Planungsfunktion auch die Kontrolle der Pläne einher. Ein Planungs- und Kontrollsystem wird benötigt, da die komplexe Umwelt, interne Komplexitäten sowie eine Vielzahl von Teilsystemen dies erfordern. Pläne sind demzufolge ein hierarchisches Konzept, das verschiedenartig aufgefasst werden kann (Hammer 2015):

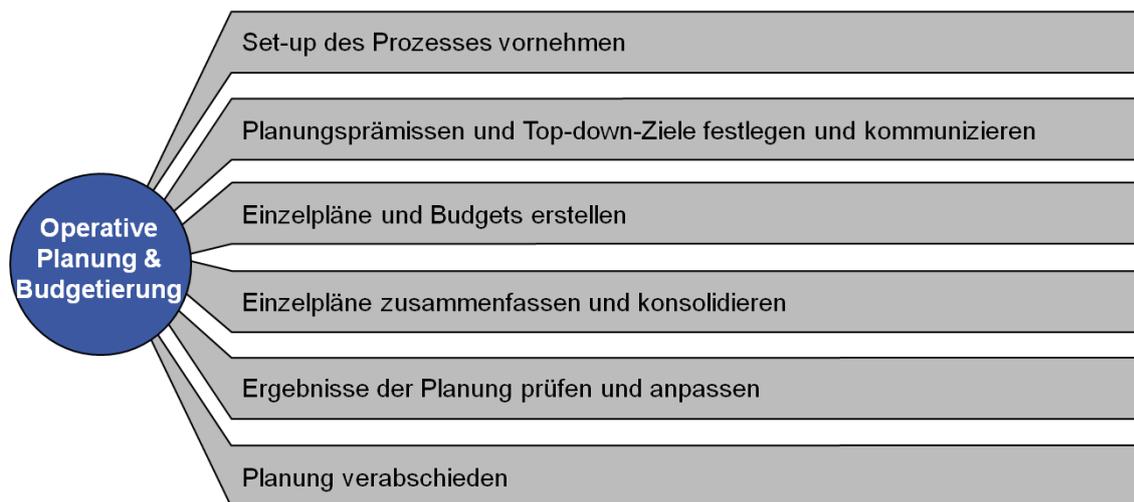
- **Ergebnisorientierter Planungs-begriff:** *Planung ist die Produktion von Plänen, d.h. vereinfachter, symbolischer Modelle zukünftiger realer Systeme. Mit diesen Plänen soll ein Commitment geschaffen werden, innerhalb einer angegebenen Zeit bestimmte Systemzustände zu erreichen.*
- **Prozessorientierter Planungs-begriff:** *Planung ist eine Phase im „Ongoing Process“ der Problemhandhabung von Unternehmen, die v.a. mit Entwurf, Bewertung und Auswahl von Zielprojektionen und Maßnahmen in Zusammenhang steht. Dabei wird auch die Planungsphase selbst als ein komplexer Entscheidungsprozess, bestehend aus Exploration, Analyse, Planung und Steuerung, interpretiert.*
- **Institutioneller Planungs-begriff:** *Planung stellt ein organisatorisches Subsystem (Managementsystem) dar, das bestimmte Funktionen für die Unternehmung erfüllt.*

Im Allgemeinen wird die Planung auf drei Ebenen durchgeführt (vgl. Rieg 2015):

- unternehmenspolitische Rahmenplanung
- strategische Planung
- operative Planung

Der nachfolgende Abschnitt widmet sich der operativen Planung (vgl. Abbildung 33). Sie basiert auf den Vorgaben aus der strategischen Planung, jedoch wird nun diese in zeitliche Perioden (z.B. Jahresplanung) und ausführende Einheiten aufgeteilt. Sie bildet die Grundlage für die Budgetierung und Finanzplanung. Die Maßnahmen werden je nach Umfang, je nach Zeithorizont sowie nach den möglichen Kennzahlen sortiert. In der Planungspraxis lassen sich oftmals die operativen Pläne nicht aus den strategischen Plänen ableiten, da diese meistens sehr abstrakt formuliert sind (vgl. Hammer 2015).

Der Planungsprozess besteht aus der Zielbildung, einer Umfeldanalyse, Umfeldprognose, Optionensuche und -bewertung sowie der eigentlichen Entscheidung. Welche Maßnahmen schließlich umgesetzt werden wird mittels einer systematischen Analyse sowie Bewertung vorgenommen. Diese können sein: Stärken-Schwächen-Analysen, Szenario-Analysen, Investitionsrechnungsverfahren, Nutzwertanalyse, Portfolio-Analysen, Sensitivitätsanalysen.



**Abbildung 33: Operative Planung (in Anlehnung an: Weber et al. 2011)**

Zuerst werden alle organisatorischen Aspekte (Planungskalender, Detailniveau etc.) geklärt. Anschließend werden die Planungsprämissen und -ziele festgelegt, d.h. externe und interne Gegebenheiten, wie auch die Unternehmensstrategie müssen beachtet werden. Der eigentliche Planungsprozess besitzt mehrere Etappen, bis der eigentliche Plan feststeht. Anschließend muss dieser Einzelplan mit den anderen Plänen im Unternehmen abgestimmt werden, evtl. auch angepasst und schlussendlich verabschiedet werden. Jede Planung besitzt ein Realisationsrisiko (Nichterfüllung des Plans). Dies kann durch eine unzureichende Planverfolgung der ausführenden Organe oder durch unvorhersehbare Abweichungen der Prämissen erfolgen. Die Kontrolle kann auf zweierlei Arten erfolgen, am Ende des Projekts (Endkontrolle) oder aber auch zwischendurch (Meilensteine), sodass die Kontrolle fortlaufend erfolgt. Dies hat den Vorteil, dass eine Korrektur der Pläne und der Rahmenbedingungen aufgegriffen werden kann. Als Kontrollziel kann (vgl. Abbildung 34) z.B. die Wirtschaftlichkeit, der Erfolg oder die Qualität dienen.

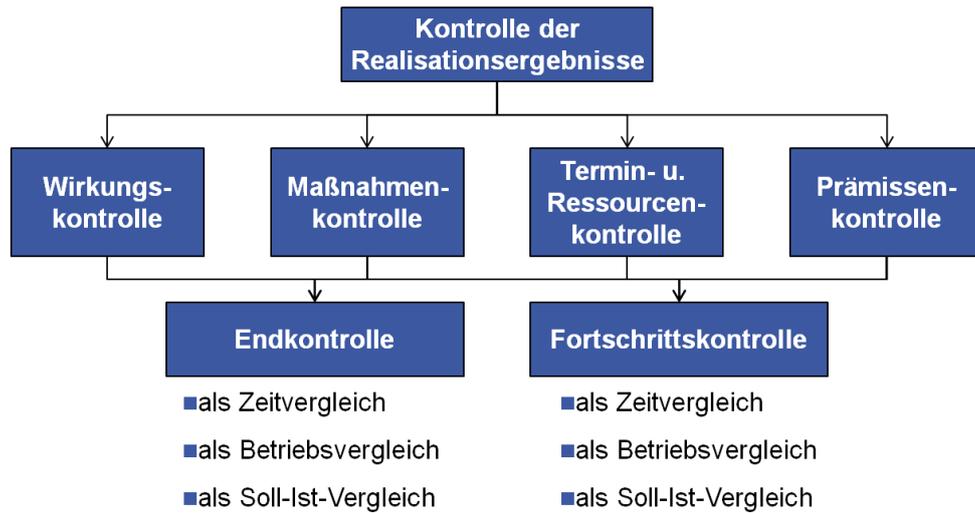


Abbildung 34: Kontrolle der Ergebnisse (in Anlehnung an Scherer et al. 2009, 477ff.)

Abbildung 34 zeigt die Kontrolle der Realisationsergebnisse. Diese dient der Entscheidungsunterstützung, indem zusätzliche Informationen Zielabweichungen gewonnen werden, der laufende sowie zukünftige Entscheidungsprozess verbessert werden kann und natürlich das um Projektergebnis sicherzustellen. Selbstverständlich erfolgt durch die Kontrolle auch eine Verhaltensbeeinflussung, indem Zielkonflikte zwischen der Bereichsleitung und der Unternehmensleitung aufgedeckt werden, Informationsasymmetrien beseitigt und die Bemessungsgrundlage für verhaltensverändernde Maßnahmen angepasst werden kann (Thieme 1982, 22f.; Laux und Liermann 1986, 7f.).

Arten von Teilabweichungen nach der Verantwortlichkeit		Abweichungsursachen
Zu eliminierende Teilabweichungen	Extern verursachte Teilabweichungen	Abweichungen bei Einflussfaktoren der Kontrollgröße, die vom Handlungsträger nicht gestaltbar sind
	Prognosebedingte Teilabweichungen (Planung)	Fehler bei der Prognose der Wirkungen einer Entscheidung auf die Kontrollgröße
	Auswertungsbedingte Teilabweichungen (Kontrolle)	Auswertungsfehler, d.h. Erfassungs-, Prognose- oder Berechnungsfehler bei der Bestimmung der Ist-, Wird- und Sollwerte für die Kontrolle
Vom Entscheidungsträger zu vertretende Fehler		Fehlentscheidungen, die ihre Ursache in Prognosefehlern oder der fehlerhaften Beschreibung von Prämissen oder Alternativen haben
Vom Ausführungsträger zu vertretende Fehler		Beabsichtigtes oder unbeabsichtigtes Abweichen von den Vorgaben eines Planes; Fehlverhalten bei der Planrealisation

Abbildung 35: Ursachen von Abweichungen (in Anlehnung an Bertelsmann 2017, 477ff.)

Betrachtet man die Abweichungen, lassen sich einerseits unterschiedliche Arten nach Verantwortlichkeit, andererseits verschiedene Abweichungsursachen erkennen. (vgl. Abbildung 35). Zu Teilabweichungen, welche es zu eliminieren gilt, zählen beispielsweise extern-, prognose- oder auswertungsbedingte Teilabweichungen. Außerdem können Teilabweichungen den Fehlern von Entscheidungs- oder Ausführungsträger geschuldet sein. Die daraus resultierenden Ursachen sind beispielsweise Fehlprognosen, Auswertungsfehler oder Fehlverhalten der Beteiligten.

Fasst man die genannten Teilbereiche der Planung und Steuerung zusammen, ergibt sich eine zyklische Anordnung der genannten Aspekte. Abbildung 36 beschreibt den Ablauf von Planung und Steuerung mit Einbezug der Zeitachse vom Gesamtprojektplan als Basis bis hin zum aktuellen Plan, nachdem unter anderem Abweichungsanalysen im Plan-Ist-Vergleich und Korrekturen von Plan oder Maßnahmen durchgeführt wurden.

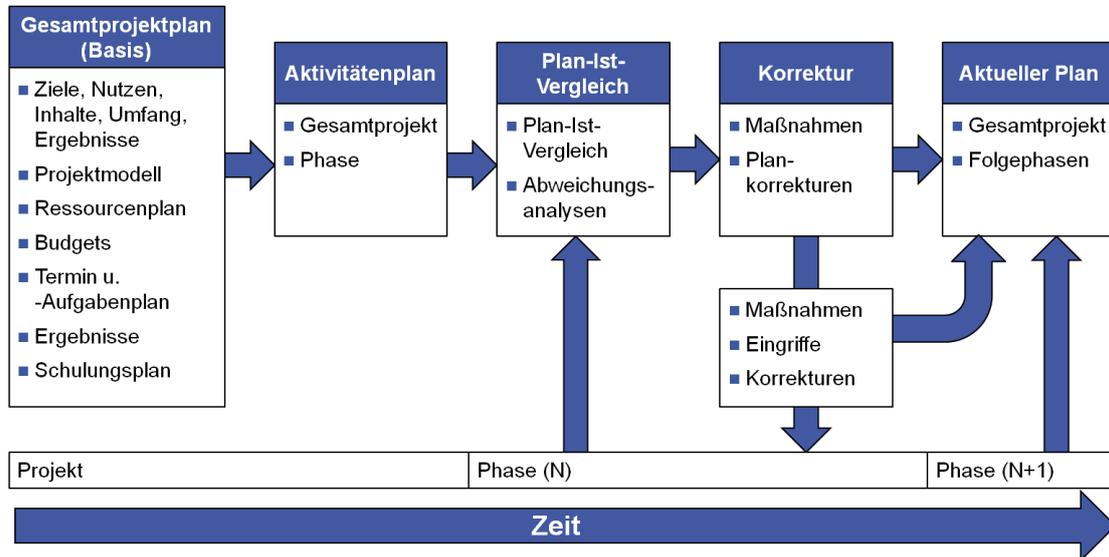


Abbildung 36: Zusammenfassung: Regelkreis Planung und Steuerung (in Anlehnung an Fiedler 2016)

### 3.5.4 Ableitung von Kennzahlen

Im Rahmen des Projekts wurden Kennzahlen für zwei Bereiche erhoben:

- Maßnahmenkatalog,
- Prozessgebiete.

Diese zusätzliche Kennzahlenebene erleichtert die Umsetzung der geplanten Ergebnisse im Softwaredemonstrator. Die Kennzahlen wurden mit Hilfe des projektbegleitenden Ausschusses definiert, diskutiert und validiert.

Der Aufbau des **Prozessgebietskennzahlenkatalogs** ist aus Abbildung 37 ersichtlich. Je Prozessgebiet stehen dem Anwender unterschiedliche Antwortmöglichkeiten mit unterschiedlichen Messmethoden zur Verfügung. Dies wird in Abbildung 38 deutlich, die gelb markierten Felder, sind Messmethoden, die der pA als sinnvoll erachtet. Diese validierten Messmethoden werden nachfolgend ausschließlich verwendet.

PG	Klasse	Prozessgebiet	Frage	A <sub>j</sub>			...
i	MTO	PG i	F1	Antwortmöglichkeit F1j			...
				Messmethode	Messmethode	Messmethode	...
			F2	Antwortmöglichkeit F2j			...
				Messmethode	Messmethode	Messmethode	...

Abbildung 37: Aufbau des Kennzahlenkatalogs vice versa für den Maßnahmenkatalog

Prozessgebiet	Frage	A1			A2			A3			A4			A5		
Qualifikationsniveau	Wie gehen die Mitarbeiter ohne Vorbereitung mit einem neuen softwarebasierten System um?	Die Mitarbeiter wissen nichts mit dem neuen System anzufangen.			Die Mitarbeiter können die Grundfunktion verstehen.			Die Mitarbeiter können die Funktionen des Systems verstehen.			Die Mitarbeiter gehen intuitiv richtig mit dem neuen System und können sich selbstständig alle Funktionen aneignen.			Die Mitarbeiter wissen auf Anhieb mit einem dem neuen System umzugehen und testen alle Funktionen.		
		ja/nein	Anzahl Meldungen Helpdesk		ja/nein	Anzahl Meldungen Helpdesk		ja/nein	Anzahl Meldungen Helpdesk		ja/nein	Anzahl Meldungen Helpdesk		ja/nein	Anzahl Meldungen Helpdesk	
	Schulen Sie Ihre Mitarbeiter im Umgang mit digitalen Technologien (IT-Kompetenzen, nicht-technische Kompetenzen wie Prozess-Know-how, Kommunikationsfähigkeiten)?	Nein, es gibt keine Schulungsmaßnahmen.			Es gibt wenige Maßnahmen, an denen sporadisch teilgenommen wird.			Ja, es gibt mehrere Maßnahmen an denen oft teilgenommen wird.			Ja es gibt bereits viele Maßnahmen, die regelmäßig besucht werden.			Ja, es gibt ein umfassendes Maßnahmenpaket, an dem die Mitarbeiter gerne teilnehmen.		
		ja/nein	Anzahl Schulungsmaßnahmen im Quartal	Anzahl der Teilnehmer an einer Schulung	ja/nein	Anzahl Schulungsmaßnahmen im Quartal	Anzahl der Teilnehmer an einer Schulung	ja/nein	Anzahl Schulungsmaßnahmen im Quartal	Anzahl der Teilnehmer an einer Schulung	ja/nein	Anzahl Schulungsmaßnahmen im Quartal	Anzahl der Teilnehmer an einer Schulung	ja/nein	Anzahl Schulungsmaßnahmen im Quartal	Anzahl der Teilnehmer an einer Schulung

Legende: Validiert durch den projektbegleitenden Ausschuss

Abbildung 38: Auszug – Einordnung Prozessgebiet – Qualifikationsniveau

Insgesamt wurden 60 Kennzahlen bzw. Fragen entwickelt, wobei 1-4 Fragen je Prozessgebiet gestellt werden. Dabei sind 2-5 Antwortmöglichkeiten je Frage möglich, die eine Einordnung des Unternehmens in einen speziellen Fähigkeitsgrad des Prozessgebietes ermöglichen. In Abbildung 38 werden zwei beispielhafte Fragen zum Prozessgebiet Qualifikationsniveau dargestellt. Die Fragen wurden aus den jeweiligen Prozessgebieten bzw. Fähigkeitsgraden hergeleitet.

Der Reifegrad wird mittels individueller Maßnahmen gesteigert und kann anhand des **Maßnahmenkennzahlenkataloges** bewertet werden. Abbildung 39 zeigt dies am Beispiel des Prozessgebiets „Qualifikationsniveau“. Anhand dreier Maßnahmen wie bspw. der Durchführung von Workshops und Schulungen für Mitarbeiter sowie dem Angebot von Weiterbildungsmaßnahmen kann das Qualifikationsniveau der Mitarbeiter gesteigert werden. Später zeigt der Software-Demonstrator dem Anwender die für ihn wichtigsten Maßnahmen, mit denen er die Einführung interaktiver Assistenzsysteme umsetzen kann. Die jeweilige Messmethode ist in diesem konkreten Fall stets die Anzahl, der Workshops/Schulungen/Weiterbildungsmaßnahmen. Der pA erachtet eine Maßnahme als positiv durchgeführt, wenn diese mindestens ( $\geq 1$ ) einmal durchgeführt wurde.

Prozessgebiet	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3
Qualifikationsniveau	Durchführung von Workshops für die operativen Mitarbeiter zum Grundlagenverständnis von softwarebasierten Systemen.  (Systeme werden auch cyberphysische Systeme genannt und interagieren mit der Umwelt durch Sensorik und Aktorik - Diese Systeme sind wiederum mit Netzwerken, wie dem Internet, verbunden können auch untereinander kommunizieren. Dieser Zusammenhang muss den Anwendern/Mitarbeitern klar sein, um flexibel auf verschiedenen Position einsetzbar zu sein.)	Durchführung von Schulungen für die betroffenen Mitarbeiter zur Nutzung softwarebasierter Systeme.  (Anwendung verschiedener Systeme, die in Zukunft im Unternehmen eingesetzt werden könnten, wird von einem Experten (intern/extern) erläutert und daraufhin trainiert.)	Angebot von Weiterbildungsmaßnahmen bezüglich der Nutzung von softwarebasierten und cyberphysischen Systemen, die nach Bedarf z.B. für einen neuen Mitarbeiter oder bei neuen Systemen durchgeführt werden.  (Informationen zu Anwendung und Grundlagen werden monatlich in einem Workshop angeboten; freiwillige Teilnahme bei freien Plätzen wird angeboten.)
	• Anzahl Workshops  positiv $\geq 1$ im Betrachtungszeitraum	• Anzahl von Schulungen  positiv $\geq 1$ im Betrachtungszeitraum	• Anzahl Weiterbildungsmaßnahmen  positiv $\geq 1$ im Betrachtungszeitraum

Abbildung 39: Maßnahmen zur Steigerung des Prozessgebiets Qualifikationsniveau

### 3.5.5 Bestimmung von Soll-Werten zur Einstufung in das RIAS

Abbildung 40 zeigt einen Ausschnitt der validierten Aggregationslogik zur Reifegradfeststellung. Es erfolgt eine Einteilung in die Gestaltungsfelder Mensch, Technik und Organisation sowie die Bestimmung von Fähigkeitsgraden. Die Abbildung ist wie folgt zu interpretieren:

Das Prozessgebiet 2 „Qualifikationsniveau“ beinhaltet zwei Kennzahlen bzw. Fragen (2.1 „Wie gehen die Mitarbeiter ohne Vorbereitung mit einem neuen softwarebasierten System um?“ und 2.2 "Schulen Sie Ihre Mitarbeiter im Umgang mit digitalen Technologien (IT-Kompetenzen, nicht-technische Kompetenzen wie Prozess-Know-how, Kommunikationsfähigkeiten)?").

Frage 2.1 bietet zur Einstufung fünf Antwortmöglichkeiten (A1 bis A5); 2.2 bietet ebenfalls fünf Antwortmöglichkeiten (siehe Abbildung 38). Die Abbildung 40 zeigt nun die unterschiedlichen Kombinationen der beiden Antwortmöglichkeiten sowie die anschließende Einordnung in den spezifischen Fähigkeitsgrad. Die Ausprägungen wurden intensiv mit Unternehmen des pA abgestimmt.

		Fähigkeitsgrad																									
PG	Frage	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
1	1.1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A3	A3	A4	A4	A4	A4	A4	A5	A5	A5	A5	A5	
	1.2	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	
2	2.1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A3	A3	A4	A4	A4	A4	A4	A5	A5	A5	A5	A5	
	2.2	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	
3	3	A1					A2					A3					A4					A5					
4	4	A1					A2					A3					A4					A5					
5	5	A1					A2					A3					A4					A5					
6	6	A1					A2					A3					A4					A5					

Abbildung 40: Ausschnitt Aggregationslogik zur Bestimmung des Fähigkeitsgrades aus unterschiedlichen Antwortkombinationen

### 3.5.6 Use-Case

Der nachfolgende hypothetische Use-Case greift auf den in Arbeitspaket 6 zu entwickelnden Softwaredemonstrator vor.

Zunächst muss beispielsweise ein Produktionsleiter eines Unternehmens den Fragenkatalog (entsprechend dem Ausschnitt in Abbildung 38) beantworten. Als Ergebnis liefert ihm der Softwaredemonstrator basierend auf der validierten Aggregationslogik (vgl. Abbildung 40) das nachfolgende Ergebnis (siehe Abbildung 41).

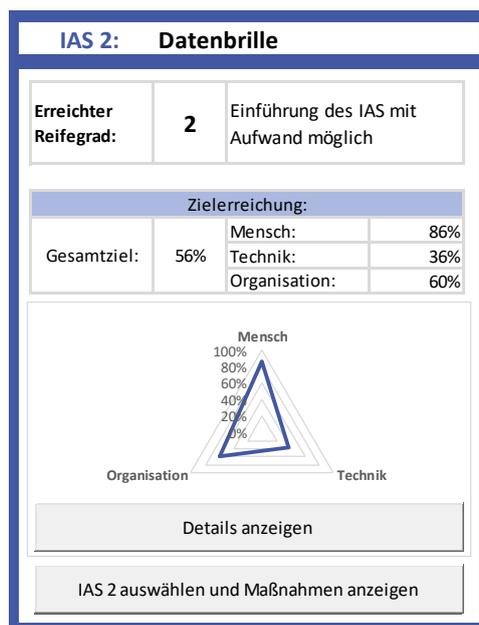


Abbildung 41: Ergebnis Use-Case Fall (1/3)

Es wird deutlich, dass im Prozessgebiet „Mensch“ bereits mit 86% die Zielerreichung fast erreicht wurde, jedoch sind Organisation mit 60% sowie Technik abgeschlagen mit 36%. Nachfolgend wird aus Konsistenzgründen exemplarisch das Prozessgebiet „Qualifikationsniveau“ beschrieben. Die Abbildung 42 zeigt dem Anwender, das er sich bei Prozessgebiet 2, 3 und 4 nicht die Minimalausprägung für die Anwendung des Assistenzsystems erreicht hat.

Mensch		erforderliche Minimalausprägung	erreichter FG		
Prozessgebiete "Mensch"					
1	Technologieakzeptanz	3	3	erfüllt	
2	Qualifikationsniveau	3	2	nicht erfüllt	
3	Erwartungsmanagement	4	3	nicht erfüllt	
4	Datensicherheit	4	3	nicht erfüllt	
5	Datenschutz	3	3	erfüllt	
6	Arbeitssicherheit	4	4	erfüllt	

Abbildung 42: Ergebnis Use-Case Fall (2/3)

Der Softwaredemonstrator liefert im Anschluss an die Reifegradeinordnung unterschiedliche Maßnahmen zur Verbesserung des jeweiligen Prozessgebiets (Ausschnitt siehe Abbildung 43).

PG	Prozessgebiet	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3
2	Qualifikationsniveau	Durchführung von Workshops für die operativen Mitarbeiter zum Grundlagenverständnis von softwarebasierten Systemen.  (Systeme werden auch cyberphysische Systeme genannt und interagieren mit der Umwelt durch Sensorik und Aktorik - Diese Systeme sind wiederum mit Netzwerken, wie dem Internet, verbunden können auch untereinander kommunizieren. Dieser Zusammenhang muss den Anwendern/Mitarbeitern klar sein, um flexibel auf verschiedenen Position einsetzbar zu sein.)  <input type="checkbox"/> nicht möglich <input checked="" type="checkbox"/> erledigt	Durchführung von Schulungen für die betroffenen Mitarbeiter zur Nutzung softwarebasierter Systeme.  (Anwendung verschiedener Systeme, die in Zukunft im Unternehmen eingesetzt werden könnten, wird von einem Experten (intern/extern) erläutert und daraufhin trainiert.)  <input type="checkbox"/> nicht möglich <input checked="" type="checkbox"/> erledigt	Angebot von Weiterbildungsmaßnahmen bezüglich der Nutzung von softwarebasierten und cyberphysischen Systemen, die nach Bedarf z.B. für einen neuen Mitarbeiter oder bei neuen Systemen durchgeführt werden.  (Informationen zu Anwendung und Grundlagen werden monatlich in einem Workshop angeboten; freiwillige Teilnahme bei freien Plätzen wird angeboten.)  <input checked="" type="checkbox"/> nicht möglich <input type="checkbox"/> erledigt

Abbildung 43: Maßnahmen Use-Case Fall

Mit diesen Maßnahmen ist eine Steigerung des Reifegrades zur Einführung einer Datenbrille (siehe Abbildung 44) möglich. So lässt sich das Qualifikationsniveau beispielsweise durch die Durchführung von Workshops oder Schulungen steigern. Der entwickelte Maßnahmenkatalog umfasst 100 validierte Maßnahmen für die drei Gestaltungsfelder Mensch, Technik und Organisation. Diese haben das Ziel Unternehmen für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen zu befähigen sowie etwaige Schwachstellen (siehe Abbildung 44) zu identifizieren und zu beheben.

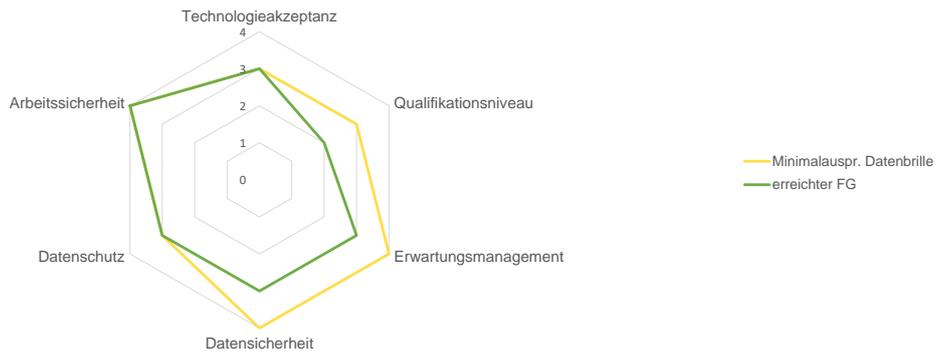


Abbildung 44: Ergebnis Use-Case Fall (3/3)

### 3.5.7 Benötigte und eingesetzte Ressourcen

Entsprechend des Finanzierungsplans wurde die Forschungsarbeit innerhalb dieses APs durch wissenschaftliches Personal durchgeführt. Seitens der Forschungsstellen wurden dafür vom IPRI 6 Personenmonate und vom IPH 1 Personenmonate aufgewendet.

### 3.6 Arbeitspaket 6:

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Validierter Softwaredemonstrator inkl. Anwenderleitfaden	Validierter Softwaredemonstrator inkl. Anwenderleitfaden

#### 3.6.1 Ergebnis:

In AP 6 wurden die in bisherigen Arbeitspaketen entwickelten Ergebnisse zur Planung der Einführung von interaktiven Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik in einem Softwaredemonstrator implementiert. Die Umsetzung erfolgte in Microsoft Excel unter Verwendung von Visual Basic for Applications (VBA). Durch die weite Verbreitung der Software konnte die aufwandsarme Anwendung des Softwaredemonstrators durch KMU sichergestellt werden. Durch einen integrierten Handlungsleitfaden wird der Einsatz des Softwaredemonstrators unterstützt. Der Softwaredemonstrator ist auf der Projekthomepages <http://www.ipri-institute.com/40ready/> und [https://www.iph-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/?we\\_objectID=2319](https://www.iph-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/?we_objectID=2319) verfügbar. Nachfolgend wird die Anwendung des Softwaredemonstrators anhand eines fiktiven Beispiels beschrieben. Innerhalb des Softwaredemonstrators kann mithilfe der Leiste am oberen Bildrand navigiert werden. Dabei werden verschiedene Tabellenblätter durchlaufen.

#### Tabellenblatt „Cockpit“

Im ersten Tabellenblatt „Cockpit“ (siehe Abbildung 45) kann der Anwender zunächst den Anwendungsbereich (Produktion und/oder Logistik) vornehmen. Anschließend kann er aus zehn Assistenzsystemen der drei Kategorien (akustische IAS, optische IAS sowie haptische IAS) wählen. Nicht anwendbare Interaktive Assistenzsysteme sind ausgeblendet. Für diese kann keine Eingabe erfolgen, bis die Auswahl des Anwendungsbereichs revidiert wurde. Durch Anklicken der Schaltfläche „Anwenderleitfaden“ gelangt der Anwender auf eine Hilfeseite, die ihm die Vorgehensweise des Demonstrators sowie nützliche Informationen zum Reifegradmodell bereitstellt. Die Schaltfläche „Förderhinweis“ öffnet ein Fenster mit dem entsprechenden Förderhinweis des Forschungsprojekts 4.0 Ready. Mit der Schaltfläche „Weiter“ gelangt er auf die nächste Seite, dem „Fragebogen“.

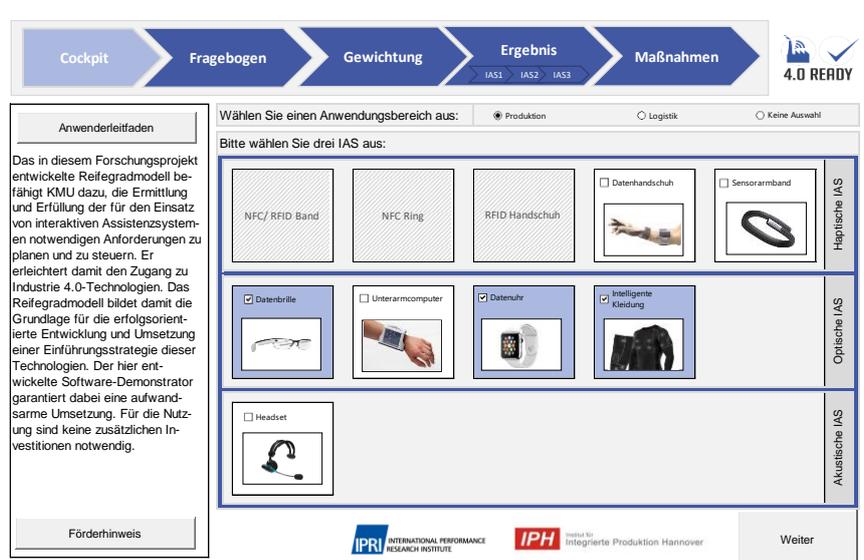


Abbildung 45: Tabellenblatt Cockpit

### Tabellenblatt „Fragebogen“

Im Tabellenblatt „Fragebogen“ (siehe Abbildung 46) sind vom Anwender 60 Fragen aus den Gestaltungsfeldern Mensch, Technik und Organisation zu beantworten. Gegebenenfalls muss dieser Fragebogen mit Hilfe eines Mitarbeiters aus der IT-Abteilung beantwortet werden. Sollte die Beantwortung einer Frage nicht möglich oder irrelevant sein, ist der Anwender angehalten diese auszulassen. Dem Anwender steht eine Schaltfläche „Reset Auswahl der Antworten“ zur Verfügung sowie eine nach der Beantwortung der Fragen zu betätigende Schaltfläche „Weiter“. Diese führt den Anwender zur Gewichtung.

Cockpit		Fragebogen		Gewichtung		Ergebnis		Maßnahmen	
PG	KL	Prozessgebiet	Frage	A1	A2	A3	A4	A5	
Mensch	1	Technologieakzeptanz	Wie reagieren die Mitarbeiter, wenn Sie Ihnen die Einführung einer neuen Technologie ankündigen?  In wie fern können die Führungskräfte die Risiken und Chancen der Digitalisierung für ihre Mitarbeiter (Arbeitsplatzverlust, Vereinfachung von Aufgaben, Bestehen des Unternehmens im Wettbewerb) abschätzen?	Die Mitarbeiter weigern sich den Weg mitzugehen und boykottieren die Einführung.  Sie haben keine Kenntnis über die Risiken und Chancen	Die Mitarbeiter stellen kritische Fragen und lehnen die Einführung zunächst ab.  Sie haben geringe Kenntnis über die Risiken sowie Chancen und können diese auch nicht mit ihrem Mitarbeitern kommunizieren.	Die Mitarbeiter nehmen die Einführung hin und sind bereit mit der neuen Technologie zu arbeiten.  Sie haben eine gute Kenntnis über die Risiken sowie Chancen, aber können nicht mit allen Mitarbeitern offen darüber kommunizieren.	Die Mitarbeiter finden die Einführung gut und stellen sofort Fragen zu der neuen Technologie.  Sie haben sehr gute Kenntnisse über die Risiken sowie Chancen, und können mit den meisten Mitarbeitern offen darüber kommunizieren.	Die Mitarbeiter sind begeistert von der Idee und bieten sofort Hilfe beim Einführungsprozess an.  Sie haben ein umfassendes Kenntnis über die Risiken sowie Chancen und können diese mit ihren Mitarbeitern offen kommunizieren.	
	2	Qualifikationsniveau	Wie gehen die Mitarbeiter ohne Vorbereitung mit einem neuen softwarebasierten System um?  Schulen Sie Ihre Mitarbeiter im Umgang mit digitalen Technologien (IT-Kompetenzen, nicht-technische Kompetenzen wie Prozess-Know-how, Kommunikationsfähigkeiten)?	Die Mitarbeiter wissen nichts mit dem neuen System anzufangen.  Nein, es gibt keine Schulungsmaßnahmen.	Die Mitarbeiter können die Grundfunktion verstehen.  Es gibt wenige Maßnahmen, an denen sporadisch teilgenommen wird.	Die Mitarbeiter können die Funktionen des Systems verstehen.  Ja, es gibt mehrere Maßnahmen an denen oft teilgenommen wird.	Die Mitarbeiter gehen intuitiv richtig mit dem neuen System und könne sich selbstständig alle Funktionen aneignen.  Ja es gibt bereits viele Maßnahmen, die regelmäßig besucht werden.	Die Mitarbeiter wissen auf Anhieb mit einem dem neuen System umzugehen und testen alle Funktionen.  Ja, es gibt ein umfassendes Maßnahmenpaket, an dem die Mitarbeiter gerne teilnehmen.	
	3	Erwartungsmanagement	Wann und in welchem Umfang binden Sie die Mitarbeiter in den Einführungsprozess neuer Technologien ein?	Die Einführung wird kurz vor dem ersten Einsatztag bekannt gegeben.	Nach der Hälfte des Planungs- und Einführungsprozesses werden die Mitarbeiter über diesen informiert.	Bei Planungsbeginn werden die Mitarbeiter über die Einführung der neuen Technologie informiert.	Bei Planungsbeginn wird nach der Meinung der Mitarbeiter bezüglich verschiedener Technologievarianten gefragt.	Bei Planungsbeginn werden die Mitarbeiter nach ihrer Meinung und Ideen bezüglich der neuen Technologie befragt.	
	4	Datensicherheit	Wie gehen die Mitarbeiter mit sensiblen Daten um?	Die Mitarbeiter können sensible nicht von normalen Daten unterscheiden.	Die Mitarbeiter wissen nicht genau, wie sensible Daten sicher gespeichert werden.	Die Mitarbeiter wissen, wie sensible Daten sicher abgelegt werden.	Die Mitarbeiter wissen genau, wie sensible Daten sicher gespeichert und verwaltet werden.	Die Mitarbeiter wissen exakt, welche Daten welche Daten, wie gespeichert und verwaltet werden müssen und passen ihr Verhalten den unternehmensinternen Sicherheitspolitik an.	
	5	Datenschutz	Wie gehen die Führungskräfte mit Mitarbeiterdaten um?	Die Mitarbeiterdaten werden ohne Wissen der Mitarbeiter darüber, zur Leistungsüberwachung genutzt.	Die Mitarbeiterdaten werden zur Leistungsberechnung genutzt und die Mitarbeiter haben Kenntnis darüber.	Die Mitarbeiterdaten können unter Umständen eingesehen werden und die Mitarbeiter darüber informiert.	Die Mitarbeiterdaten werden anonymisiert und die Mitarbeiter wissen dies.	Die Mitarbeiterdaten werden gelocht oder anonymisiert und die Mitarbeiter sowie die externe Interessensgruppen wissen dies.	
	6	Arbeitssicherheit	Wie verhalten sich die Mitarbeiter in einer Gefahrensituation?	Die Mitarbeiter wissen nicht genau, was zu tun ist.	Die Mitarbeiter wissen was in der Situation zu tun ist.	Die Mitarbeiter genau, wie sie sich verhalten sollen.	Die Mitarbeiter können die Situation abschätzen und wissen, wie sie ihr Verhalten anzupassen haben.	Die Mitarbeiter können die Situation genau einschätzen und passen ihr Verhalten an die Situation an.	

Abbildung 46: Tabellenblatt Fragebogen

### Tabellenblatt „Gewichtung“

Auf dem dritten Tabellenblatt „Gewichtung“ (siehe Abbildung 47) werden dem Anwender zunächst Informationen in Form eines Diagramms, der bisher gewählten Risikogewichtung sowie eine Darstellung zur Einordnung von Wahrscheinlichkeit und Risiko. Die im Forschungsprojekt erarbeitete Gewichtung ist voreingestellt, kann jedoch beliebig geändert oder zurückgesetzt werden. Nachfolgend kann der Anwender mittels Schieberegler die Gewichtung der einzelnen Risiken je Prozessgebiet variieren und anschließend mittels Schaltfläche „Diagramm aktualisieren“ die neuen Werte in die Darstellung übernehmen. Mit der Schaltfläche „Weiter“ gelangt der Anwender auf die Ergebnisseite.

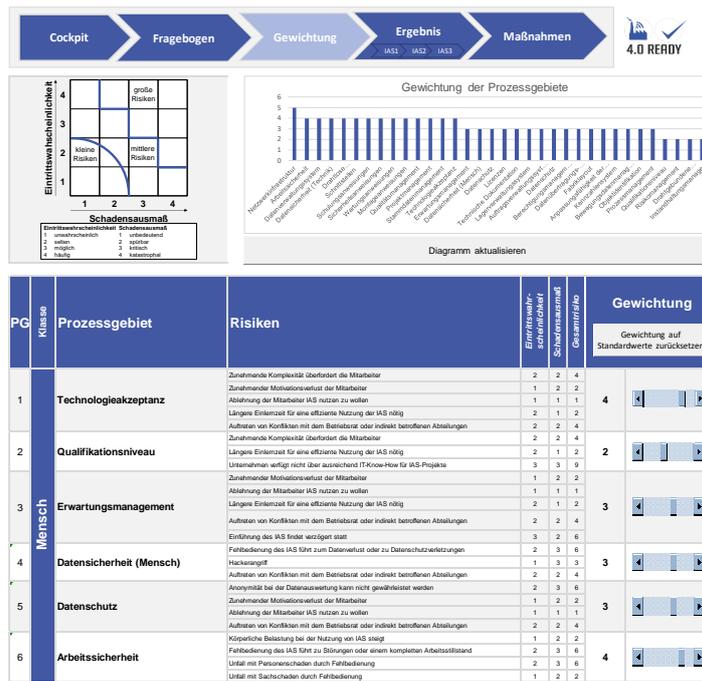


Abbildung 47: Tabellenblatt Gewichtung

Tabellenblatt „Ergebnis“

Im vierten Tabellenblatt „Ergebnis“ (siehe Abbildung 48) bietet sich dem Anwender zunächst eine Ergebnisübersicht, welche das Ergebnis der Aggregationslogik für die ein bis drei zu vergleichenden Assistenzsysteme darstellt. Neben dem Reifegrad werden die Gesamtzielerreichung sowie die Zielerreichung in den Gestaltungsfeldern dargestellt. Über einen Button können die genauen Details für ein Assistenzsystem, wie die Abweichung von Soll- zu Ist-Fähigkeitsgraden, dargestellt werden. An dieser Stelle muss nun ein zu favorisierendes Assistenzsystem ausgewählt werden, für das die möglichen Maßnahmen angezeigt werden.

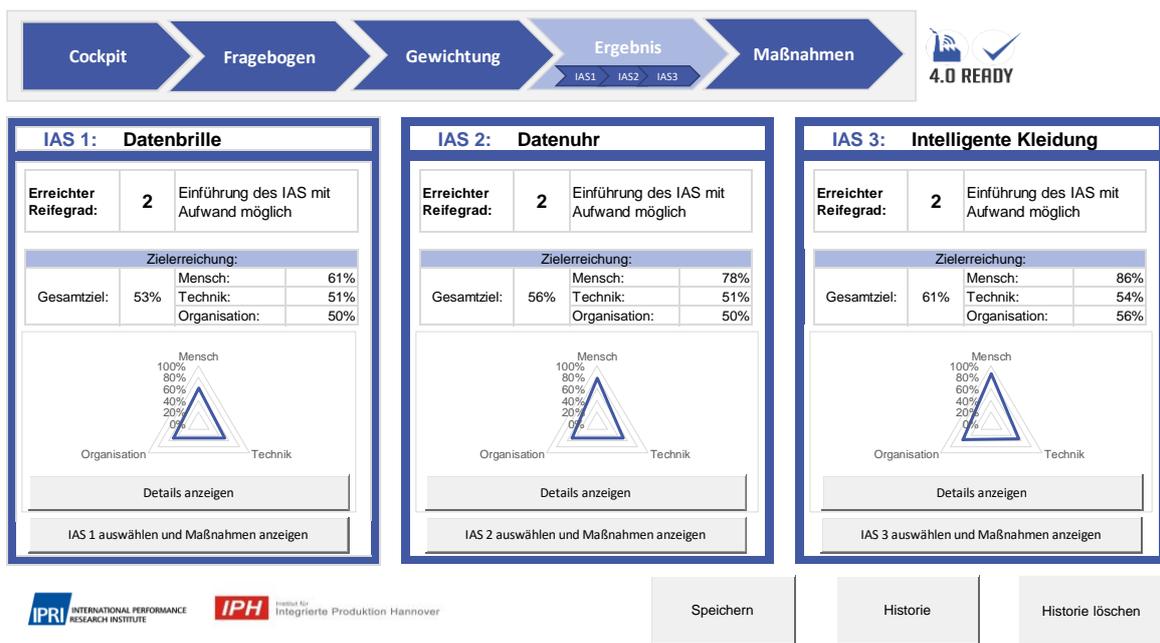


Abbildung 48: Tabellenblatt Ergebnis

Dem Anwender werden auf diesem Blatt neben einer Speichermöglichkeit (über die Schaltfläche „Speichern“) und löschen der Historie (über die Schaltfläche „Historie löschen“) auch der Sprung auf die Unterseite „Historie“ ermöglicht.

### Tabellenblatt „Historie“

Im Tabellenblatt „Historie“ (siehe Abbildung 49) kann der Anwender sich einen Überblick über bisher gespeicherte Ergebnisse verschaffen. Die drei Tabellen zeigen neben dem Speicherdatum, den Teilergebnissen in Mensch, Technik und Organisation auch das jeweilige Assistenzsystem sowie den Gesamtreifegrad in Prozent.



Abbildung 49: Tabellenblatt Historie

Der Anwender hat zudem die Option, sich die Entwicklung seines Einführungsprozesses in Form eines Liniendiagramms anzeigen zu lassen (siehe Abbildung 50). Dieses verdeutlicht den Trend, sodass evtl. aufgezeigt werden kann, dass man sich anfangs zu positiv eingeschätzt hat, anschließend ein weiteres Mal den Fragebogen ausgefüllt hat und diesmal zu einem realistischeren Wert gekommen ist.



Abbildung 50: Tabellenblatt Historie – eingblendetes Diagramm

### Tabellenblatt „Detailansicht-Ergebnis“

Im Tabellenblatt „Detailansicht-Ergebnis“ (siehe Abbildung 51) werden dem Anwender alle Detailinformationen über das gewählte Assistenzsystem sowie ein Soll-Ist-Vergleich in Form eines Netzdiagramms geboten. Dieses zeigt mittels verschiedener Farben, wo akutes Verbesserungspotenzial steckt.

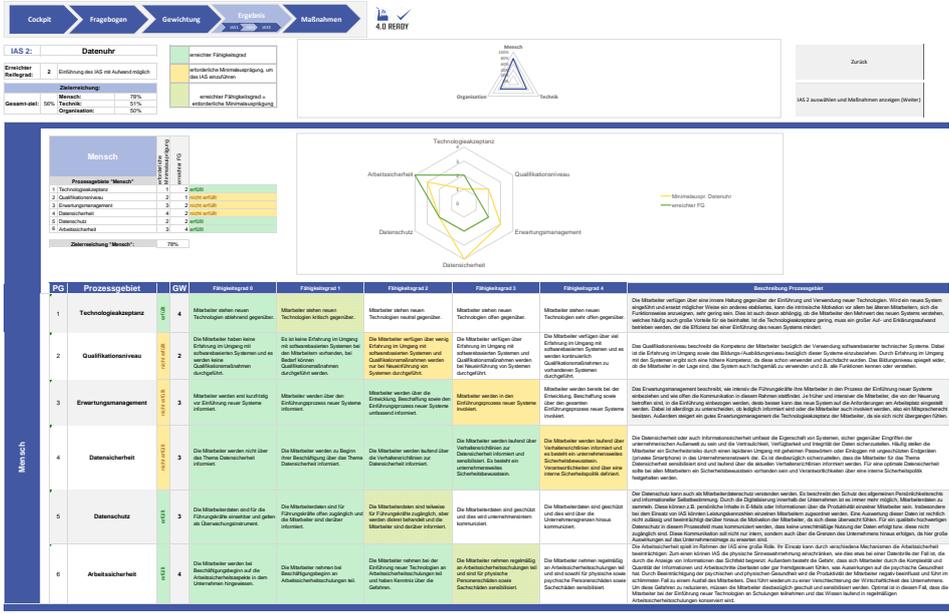


Abbildung 51: Tabellenblatt Detailansicht-Ergebnis

### Tabellenblatt „Maßnahmen“

Im Tabellenblatt „Maßnahmen“ (siehe Abbildung 52) werden die zehn wichtigsten Maßnahmen dargestellt, deren Wichtigkeit sich aus der Zielerreichung und Gewichtung des Prozessgebietes ergibt. Die Maßnahmen können als „nicht möglich“ oder bereits „erledigt“ deklariert werden.

Cockpit		Fragebogen		Gewichtung		Ergebnis		Maßnahmen	
Ausgewähltes IAS: <b>Untercomputer</b>									
<b>TOP 10 Maßnahmen</b>									
PG	Prozessgebiet	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3	Maßnahme 4	Maßnahme 5	Maßnahme 6	Maßnahme 7	Maßnahme 8
28	Wartungsanweisungen	Erstellung von Wartungsanweisungen durch die verantwortliche (Fachbereich) / Abteilung in den Anlagenherstellern, in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Digitalisierung der auf die Anforderungen (insbesondere Wartungsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Monatliche Abstimmung der IT- mit der verantwortlichen (Fachbereich) / Abteilung, in der die digitalisierten Inhalte überprüft und ggf. an die aktuelle Situation angepasst werden.	Erstellung von Wartungsanweisungen durch die verantwortliche (Fachbereich) / Abteilung in den Anlagenherstellern, in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Digitalisierung der auf die Anforderungen (insbesondere Wartungsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Monatliche Abstimmung der IT- mit der verantwortlichen (Fachbereich) / Abteilung, in der die digitalisierten Inhalte überprüft und ggf. an die aktuelle Situation angepasst werden.	Erstellung von Wartungsanweisungen durch die verantwortliche (Fachbereich) / Abteilung in den Anlagenherstellern, in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Digitalisierung der auf die Anforderungen (insbesondere Wartungsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)
27	Sicherheitsanweisungen	Erstellung von Sicherheitsanweisungen durch die verantwortliche (Fachbereich) / Abteilung in den Anlagenherstellern, in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Digitalisierung der auf die Anforderungen (insbesondere Sicherheitsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Monatliche Abstimmung der IT- mit der verantwortlichen (Fachbereich) / Abteilung, in der die digitalisierten Inhalte überprüft und ggf. an die aktuelle Situation angepasst werden.	Erstellung von Sicherheitsanweisungen durch die verantwortliche (Fachbereich) / Abteilung in den Anlagenherstellern, in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Digitalisierung der auf die Anforderungen (insbesondere Sicherheitsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Monatliche Abstimmung der IT- mit der verantwortlichen (Fachbereich) / Abteilung, in der die digitalisierten Inhalte überprüft und ggf. an die aktuelle Situation angepasst werden.	Erstellung von Sicherheitsanweisungen durch die verantwortliche (Fachbereich) / Abteilung in den Anlagenherstellern, in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)	Digitalisierung der auf die Anforderungen (insbesondere Sicherheitsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung. (Struktur der Anweisungen muss von der IT-Abteilung vorgegeben werden. Detaillierte Inhalte müssen von der verantwortlichen Abteilung erarbeitet werden.)
33	Technische Dokumentation	Generierung von technischer Dokumentationen durch die verantwortliche Abteilung in Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern. (Anfrage von detaillierten technischen Dokumenten oder Zeichnungen bei den Anlagenherstellern; Falls Hersteller keine Dokumente bereitstellen, muss die Weitergabe intern erfolgen.)	Digitalisierung der technischen Dokumentate durch die IT-Abteilung in ein bedarfsgerechtes Format.	Überarbeitung der Dokumentation durch die verantwortliche Abteilung und die IT-Abteilung.	Generierung von technischer Dokumentationen durch die verantwortliche Abteilung in Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern. (Anfrage von detaillierten technischen Dokumenten oder Zeichnungen bei den Anlagenherstellern; Falls Hersteller keine Dokumente bereitstellen, muss die Weitergabe intern erfolgen.)	Digitalisierung der technischen Dokumentate durch die IT-Abteilung in ein bedarfsgerechtes Format.	Überarbeitung der Dokumentation durch die verantwortliche Abteilung und die IT-Abteilung.	Generierung von technischer Dokumentationen durch die verantwortliche Abteilung in Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern. (Anfrage von detaillierten technischen Dokumenten oder Zeichnungen bei den Anlagenherstellern; Falls Hersteller keine Dokumente bereitstellen, muss die Weitergabe intern erfolgen.)	Digitalisierung der technischen Dokumentate durch die IT-Abteilung in ein bedarfsgerechtes Format.
7	Drahtlose Datenübertragung	Analyse der relevanten Fachbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die größte Datenübertragung und Ableitung des Bedarfs an Hardware. (Welche Bereiche haben bereits eine drahtlose Ausstattung? Welche Fachbereiche benötigen eine bessere Ausstattung? Welcher Gesamtbedarf? Welche Hardware lässt sich daraus ableiten?)	Bestimmung der relevanten Fachbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die größte Datenübertragung und Ableitung des Bedarfs an Hardware. (Welche Bereiche haben bereits eine drahtlose Ausstattung? Welche Fachbereiche benötigen eine bessere Ausstattung? Welcher Gesamtbedarf? Welche Hardware lässt sich daraus ableiten?)	Bestimmung der relevanten Fachbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die größte Datenübertragung und Ableitung des Bedarfs an Hardware. (Welche Bereiche haben bereits eine drahtlose Ausstattung? Welche Fachbereiche benötigen eine bessere Ausstattung? Welcher Gesamtbedarf? Welche Hardware lässt sich daraus ableiten?)	Analyse der relevanten Fachbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die größte Datenübertragung und Ableitung des Bedarfs an Hardware. (Welche Bereiche haben bereits eine drahtlose Ausstattung? Welche Fachbereiche benötigen eine bessere Ausstattung? Welcher Gesamtbedarf? Welche Hardware lässt sich daraus ableiten?)	Bestimmung der relevanten Fachbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die größte Datenübertragung und Ableitung des Bedarfs an Hardware. (Welche Bereiche haben bereits eine drahtlose Ausstattung? Welche Fachbereiche benötigen eine bessere Ausstattung? Welcher Gesamtbedarf? Welche Hardware lässt sich daraus ableiten?)	Analyse der relevanten Fachbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die größte Datenübertragung und Ableitung des Bedarfs an Hardware. (Welche Bereiche haben bereits eine drahtlose Ausstattung? Welche Fachbereiche benötigen eine bessere Ausstattung? Welcher Gesamtbedarf? Welche Hardware lässt sich daraus ableiten?)	Bestimmung der relevanten Fachbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die größte Datenübertragung und Ableitung des Bedarfs an Hardware. (Welche Bereiche haben bereits eine drahtlose Ausstattung? Welche Fachbereiche benötigen eine bessere Ausstattung? Welcher Gesamtbedarf? Welche Hardware lässt sich daraus ableiten?)	Analyse der relevanten Fachbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die größte Datenübertragung und Ableitung des Bedarfs an Hardware. (Welche Bereiche haben bereits eine drahtlose Ausstattung? Welche Fachbereiche benötigen eine bessere Ausstattung? Welcher Gesamtbedarf? Welche Hardware lässt sich daraus ableiten?)

Abbildung 52: Tabellenblatt Maßnahmen

Nach der Durchführung einiger Maßnahmen kann der Fragebogen zurückgesetzt und erneut durchgeführt. Durch die Erzeugung einer Zielerreichungshistorie kann der zeitliche Verlauf des Reifegrades verfolgt werden.

### **3.6.2 *Benötigte und eingesetzte Ressourcen***

Entsprechend des Finanzierungsplans wurde die Forschungsarbeit innerhalb dieses APs durch wissenschaftliches Personal durchgeführt. Seitens der Forschungsstellen wurden dafür X Personenmonate (IPRI 4,37 PM, IPH 4 PM) aufgewendet.

### 3.7 *Arbeitspaket 7: Dokumentation, Transfer und Projektmanagement*

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
<p>Während der gesamten Projektlaufzeit werden unterschiedliche Möglichkeiten genutzt, um die Fachöffentlichkeit über die (Teil-)Ergebnisse des Forschungsprojekts zu informieren. Durch die Nutzung der verschiedenen Informationskanäle, wie Printmedien, Internet, Vorträge und Seminare wird ein breiter Zugang zu den Forschungsergebnissen sichergestellt und durch die Transfermaßnahmen eine entsprechende Verbreitung gewährleistet. Arbeitstreffen des PA dienen der Validierung der Ergebnisse sowie der Kontrolle des Projektfortschritts.</p>	<p>Während der gesamten Projektlaufzeit werden unterschiedliche Möglichkeiten genutzt, um die Fachöffentlichkeit über die (Teil-)Ergebnisse des Forschungsprojekts zu informieren. Durch die Nutzung der verschiedenen Informationskanäle, wie Printmedien, Internet, Vorträge und Seminare wird ein breiter Zugang zu den Forschungsergebnissen sichergestellt und durch die Transfermaßnahmen eine entsprechende Verbreitung gewährleistet. Arbeitstreffen des PA dienen der Validierung der Ergebnisse sowie der Kontrolle des Projektfortschritts.</p>

#### 3.7.1 *Ergebnis:*

Ziel von AP7 war es die Verbreitung der erzielten Projektergebnisse in Praxis und Wissenschaft sicherzustellen.

Noch im Rahmen der Projektbeantragung wurde ein Transferplan für die Verbreitung der Ergebnisse erarbeitet. Dieser ist nochmals in Kapitel 5: Plan zum Ergebnistransfer ab Seite 56 des vorliegenden Abschlussberichts aufgeführt. Dabei sind ebenfalls die einzelnen Maßnahmen zur Verbreitung der erzielten Ergebnisse beschrieben (vgl. Tabelle 13 und Tabelle 14)

#### 3.7.2 *Benötigte und eingesetzte Ressourcen*

Entsprechend des Finanzierungsplans wurde die Forschungsarbeit innerhalb dieses APs durch wissenschaftliches Personal durchgeführt. Seitens der Forschungsstellen wurden dafür 7 Personenmonate (IPRI 4 PM, IPH 3 PM) aufgewendet.

## 4 Innovativer Beitrag und Nutzen für KMU

### 4.1 *Innovativer Beitrag der erzielten Ergebnisse*

Das Forschungsvorhaben bietet ein **hohes Innovationspotential** für Nachfrager und Anbieter von IAS.

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurden erstmalig die **Anforderungen** des Einsatzes von interaktiven Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik analysiert. Dies ermöglicht eine **umfassende Planung der Einführung von interaktiven Assistenzsystemen** in der Produktion und Logistik. Bisher gab es keinen Ansatz, der sich auch für den Einsatz bei KMU eignet.

Ein Reifegradmodell für die Einführung interaktiver Assistenzsysteme wurde erstmals erstellt. Hierzu wurden Anforderungen, Maßnahmen sowie Kennzahlen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens angepasst. Anbieter werden dadurch befähigt, die Anforderungen einer Einführung zu identifizieren, zu bewerten und adäquat zu steuern.

### 4.2 *Wissenschaftlich-technischer Nutzen der erzielten Ergebnisse für KMU*

Das Forschungsvorhaben richtet sich im Besonderen an die kleinen und mittleren produzierenden Unternehmen, stiftet aber auch Nutzen für die Hersteller von interaktiven Assistenzsystemen.

Der potentielle Nutzerkreis des vorliegenden Forschungsvorhabens setzt sich aus **Nachfragern** und **Anbietern** von interaktiven Assistenzsystemen zusammen.

Zu den **potentiellen Nachfragern** zählen grundsätzlich alle Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus mit einer hohen Variantenvielfalt und einem signifikanten Anteil an Kleinserienproduktion. Die stetig zunehmende Individualisierung der Kundennachfrage hat zu einer hohen Variantenvielfalt im Maschinenbau geführt.

**Potentielle Anbieter** von interaktiven Assistenzsystemen sind in der Regel die Hersteller dieser Systeme. Darüber hinaus zählen Unternehmen, die über das erforderliche Know-how zum Vertrieb sowie zum Einrichten von interaktiven Assistenzsystemen zu den potentiellen Anbietern.

Die erarbeiteten Forschungsergebnisse unterstützen Unternehmen in den Fachgebieten **Management/Organisation, Controlling und Personal**. Das Gebiet **Management/Organisation** wird durch die folgenden Ergebnisse unterstützt: Das Reifegradmodell als Entscheidungsgrundlage für die Einführung eines interaktiven Assistenzsystems.

Im Bereich Controlling können die Forschungsergebnisse die folgenden Beiträge leisten: Unterstützung beim Aufbau des relevanten Informationsversorgungssystems zur Steuerung und Kontrolle der Innovationsplanung. Für die **Personalentwicklung** können das Kompendium sowie der Maßnahmenkatalog herangezogen werden.

Somit sind die Forschungsergebnisse für alle Unternehmen interessant, die intern logistische Leistungen erbringen. Deshalb ist die Anzahl der potentiellen Nutzer der Forschungsergebnisse sehr hoch. In nahezu allen Wirtschaftszweigen sind KMU vertreten, die die Projektergebnisse zur Anwendung bringen können.

Tabelle 9 zeigt den potentiellen Nutzerkreis der Forschungsergebnisse.

Tabelle 9: Zuordnung der Forschungsergebnisse zu Fachgebieten

Fachgebiete	Hauptsächliche Nutzung	Nutzung auch möglich
Produktionstechnologien, auch Konstruktion	x	
Fertigungstechnik		x
Betriebswirtschaft, Organisation, Logistik	x	

Analog zu der Zuordnung der Ergebnisse zu Fachgebieten ist auch eine Einordnung zu verschiedenen Wirtschaftszweigen nur exemplarisch zu verstehen (vgl. *Tabelle 10*), da sich diese auf Grund der methodischen Art der Ergebnisse und ihrer Fokussierung auf die Logistik im Allgemeinen beliebig ausweiten lässt.

Tabelle 10: Zuordnung der Forschungsergebnisse zu Wirtschaftszweigen

Abteilung	Kurzname	Hauptsächliche Nutzung	Nutzung auch möglich
49	Landverkehr	x	
70	Verwaltung und Führung von Unternehmen, Unternehmensberatung	x	
50	Schifffahrt		x
51	Luftfahrt		x

### 4.3 Wirtschaftlicher Nutzen der erzielten Ergebnisse für KMU

„4.0 Ready“ generiert sowohl mittelbare als auch unmittelbare Nutzenpotenziale. Zu den unmittelbaren Nutzenwirkungen zählen folgende Aspekte:

- Das im Forschungsvorhaben entwickelte Technologie-Kompodium bietet KMU eine Übersicht unterschiedlicher Arten interaktiver Assistenzsysteme und derer Einsatzpotenziale. KMU können dies als **Grundlage** nutzen um zu entscheiden, **welche Technologien sie** in ihre Produktion und Logistik **einführen möchten**.
- Das in diesem Forschungsvorhaben entwickelte Reifegradmodell befähigt KMU dazu, die Ermittlung und Erfüllung der für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen notwendigen Anforderungen zu planen und zu steuern. Es **erleichtert** damit den **Zugang zu Industrie 4.0-Technologien**. Das Reifegradmodell bildet damit die Grundlage für die erfolgsorientierte Entwicklung und Umsetzung einer **Einführungsstrategie** dieser Technologien. Der hier entwickelte Software-Demonstrator garantiert dabei eine **aufwandsarme Umsetzung**. Für die Nutzung sind keine zusätzlichen Investitionen nötig.
- Durch das in diesem Forschungsvorhaben erarbeitete Wissen über die Einführung von Industrie 4.0-Technologien können KMU **zusätzliche Beratungsangebote** entwickeln, beispielsweise bei den eigenen Zulieferern. Des Weiteren ist eine **kommerzielle Weiterentwicklung** des Softwaredemonstrators durch die Unternehmen denkbar.

Folgender **mittelbarer Nutzen** ergibt sich durch die Umsetzung der Projektergebnisse und damit der Einführung interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik:

- Durch die Einführung interaktiver Assistenzsysteme können Unternehmen die **Prozesse** innerhalb ihrer Produktion und Logistik **optimieren** und eine deutliche **Komplexitätsre-**

**duktion** erreichen. Durch die höhere Datenverfügbarkeit können beispielsweise Ressourcen besser verteilt und Prozessabläufe (z.B. die Kommissionierung) beschleunigt werden. Hierdurch können Unternehmen **Kosten einsparen**. Des Weiteren ist eine **Erhöhung der Qualitätsstandards** möglich, beispielsweise durch eine Senkung der Fehlerquote in der Produktion.

- Die Einführung interaktiver Assistenzsysteme ermöglicht eine starke **Entlastung von Mitarbeitern**. Durch die digitalisierte Datenaufnahme und Auswertung haben Mitarbeiter Zeit, sich auf ihre eigentlichen Kompetenzen zu konzentrieren. Dies ist insbesondere im Kontext des **demografischen Wandels** nennenswert, da hierdurch Mitarbeiter innerhalb ihres Aufgabenspektrums entlastet werden können.

#### **4.4 Industrielle Anwendungsmöglichkeiten der erzielten Ergebnisse**

Die Wahrscheinlichkeit der industriellen Umsetzung in KMU nach Projektende ist sehr hoch. Die hohe Wahrscheinlichkeit der industriellen Umsetzung begründet sich durch

- die ganzheitliche Ausgestaltung des Reifegradmodells,
- die Einbindung der Forschungsergebnisse in die Forschungsschwerpunkte der Institute sowie
- das Transferkonzept und
- potenzielle Transferprodukte.

Die umfassende Ausgestaltung des Reifegradmodells ermöglicht den Unternehmen eine aufwandsarme und risikominimierende Einführung von interaktiven Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik. Durch die Umsetzung in einem Demonstrator und den Katalog mit Handlungsempfehlungen wird der Einsatz in den Unternehmen deutlich vereinfacht. Somit kann prinzipiell jedes produzierende Unternehmen anhand des entwickelten Reifegradmodells seine Prozessinnovation fundiert und ganzheitlich auf Verbesserungspotenziale prüfen und ausgewählte Maßnahmen umsetzen.

Das Forschungsvorhaben wurde in die Forschungsschwerpunkte am IPH und am IPRI eingebunden. Die erzielten Ergebnisse können damit interessierten Unternehmen zugänglich gemacht werden.

Das umgesetzte Transferkonzept (vgl. Kapitel 5) ermöglicht Unternehmen zudem eine aufwandsarme Integration der Projektergebnisse in mehreren Schritten. Die Veröffentlichung der Projektergebnisse oder die angebotenen Schulungen ermöglichen eine aufwandsarme, aber dennoch detaillierte Beschäftigung mit diesem Thema, sodass sich Vertreter von KMU die erarbeiteten Forschungsergebnisse schnell aneignen können.

Die unternehmensspezifische Anpassung und Einführung des Konzepts werden von den Instituten nach Projektende dauerhaft als Transferprodukt durch IPH und IPRI angeboten. Dies umfasst eine Analyse der Ist-Situation bei Unternehmen zur Aufnahme der Anforderungen, die Adaption und Implementierung des Demonstrators sowie Anwenderschulungen.

Zur Verbesserung der Möglichkeiten der industriellen Umsetzung werden die Projektergebnisse in Form eines Demonstrators angeboten. Da der Demonstrator in Excel umgesetzt wurde, welches faktisch ein Industriestandard ist, werden keine zusätzlichen Investitionen in

Soft- oder Hardware notwendig. Durch den erstellten Anwenderleitfaden benötigen die Unternehmen keine zusätzliche Unterstützung bei der Umsetzung. Umsetzungsaufwände, die dadurch entstehen, dass sich Mitarbeiter in das entwickelte Reifegradmodell während der Arbeitszeit einarbeiten, sollen durch die Ausrichtung auf eine aufwandsarme Umsetzung möglichst gering gehalten werden.

## 5 Veröffentlichungen und Transfermaßnahmen

### 5.1 Projektbegleitender Ausschuss im Projekt

Durch die aktive Einbindung des pA wurden einerseits die Praxisrelevanz und andererseits die Verbreitung der Ergebnisse sichergestellt. Während der Projektlaufzeit wurden die Ergebnisse halbjährlich auf den Sitzungen des pA präsentiert und durch Fachvorträge sowie Veröffentlichungen weiteren Firmen zugänglich gemacht. Die Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses sind die in Tabelle 11 aufgeführten Unternehmen.

**Tabelle 11: Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses**

Unternehmen	KMU	Ansprechpartner
Armbruster Engineering GmbH & Co. KG	X	Aleksandra Postawa
Aventics GmbH		Maik Kausch
Gesellschaft für Technologie Transfer GTT mbH	X	Julia Gerth
HOMAG Holzbearbeitungssysteme GmbH		Ludwig Albrecht
ibk IngenieurConsult GmbH	X	Andre Kandzia
IHK Hannover		Christian Treptow
NiedersachsenMetall e.V.		Helmut Heyne
topsystem Systemhaus GmbH	X	Andreas Feese
Ubimax GmbH	X	Falko Schmid
WAFIOS AG		Eveline Lippet
WAGNER Group GmbH	X	Wagner

Der projektbegleitende Ausschuss trat 4 Mal zu gemeinsamen Sitzungen zusammen, in denen die bisherigen Ergebnisse diskutiert und das weitere Vorgehen abgestimmt wurde. Für jede dieser Sitzungen wurden inhaltliche Schwerpunkte festgelegt (vgl. Tabelle 12).

**Tabelle 12: Sitzungen des pA und inhaltliche Schwerpunkte der jeweiligen Sitzung**

Datum	Ort	Schwerpunkt
26.01.2016	Stuttgart	1. Sitzung des pA (IPRI): Projektstart, Vorgehensbeschreibung, Planung der Einbindung des pA
20.10.2016	Bremen	2. Sitzung des pA (bei Fa. Ubimax): Vorstellung der Projektergebnisse bis AP 3
10.05.2017	Würselen	3. Sitzung des pA (Bei Fa. topsystem): Vorstellung der Projektergebnisse von AP 4 und AP 5
25.10.2017	Hannover	Abschlusssitzung des pA (IPH): Vorstellung der gesamten Projektergebnisse mit Schwerpunkt AP 6

Zwischen den Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses fanden Arbeitstreffen bei den Unternehmen vor Ort und in den Forschungsstellen statt, zudem Telefoninterviews. In diesen wurden einzelne Fragestellungen vertiefend diskutiert und unter Einsatz von verschiedenen Moderationstechniken bearbeitet.

## 5.2 Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft lt. Antrag (Maßnahmen während der Projektlaufzeit)

Tabelle 13: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft während der Projektlaufzeit lt. Antrag

Maßnahme	Ziel	Ergriffene Maßnahmen
Tag der offenen Tür	Breitenwirksame Vorstellung ausgewählter interaktiver Assistenzsysteme, sowie deren Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sitzung der RKW Hessen Arbeitsgemeinschaft „Finanz- und Rechnungswesen, Controlling“, Frankfurt am Main, 11. Oktober 2016.</li> <li>• Siehe Wissenschaftliche und praxisorientierte Veranstaltungen</li> </ul>
Öffentliches Symposium	Vorstellung der Projektergebnisse vor einem breiten Fachpublikum auf einem öffentlichen Symposium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 08. Juni 2016: Vorstellung der Projektergebnisse auf dem I4.0 Symposium 2016, Ulm</li> <li>• 28. Juni 2017: Vorstellung der Projektergebnisse auf dem I4.0 Symposium 2017, Ulm</li> <li>• 07. Juni 2017 Vorstellung der Projektergebnisse auf dem Serviceforum 2016, Fellbach</li> <li>• 04. Juli 2017 Vorstellung der Projektergebnisse auf dem Serviceforum 2017, Fellbach</li> </ul>
Webinar	Validierung und Bewertung der Entscheidungsmethode in Zusammenarbeit mit Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14. September 2016: Prozess zur Technologieeinführung</li> <li>• 15. März 2017: Entwicklung des 4.0 Ready Reifegradmodells RIAS</li> </ul>
Technologie-Kompendium	Verbreitung des Technologie-Kompendiums	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="http://www.ipri-institute.com/fileadmin/pics/Projekt-Seiten/40ready/Technologie-Kompendium.pdf">http://www.ipri-institute.com/fileadmin/pics/Projekt-Seiten/40ready/Technologie-Kompendium.pdf</a></li> <li>• <a href="https://www.iph-hannover.de/_media/files/downloads/Projekt_40-Ready_Technologie-Kompendium.pdf">https://www.iph-hannover.de/_media/files/downloads/Projekt_40-Ready_Technologie-Kompendium.pdf</a></li> </ul>
Präsenz im Internet	Bekanntmachung der Forschungsergebnisse sowie fortlaufende Informationsvermittlung des aktuellen Projektstandes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projekt-Homepage mit Projektinhalten, -zielen, -veröffentlichungen und Projekt-Blog: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <a href="http://www.ipri-institute.com/40ready/">http://www.ipri-institute.com/40ready/</a></li> <li>○ <a href="https://www.iph-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/?we_objectID=2319">https://www.iph-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/?we_objectID=2319</a></li> </ul> </li> <li>• Instituts-Homepages: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <a href="http://www.ipri-institute.com">www.ipri-institute.com</a></li> <li>○ <a href="http://www.iph-hannover.de">www.iph-hannover.de</a></li> </ul> </li> </ul>

Maßnahme	Ziel	Ergriffene Maßnahmen
Pressearbeit	Bekanntmachung des Projektes und weitere Verbreitung der Projektinhalte und -ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IDW - Informationsdienst Wissenschaft: <a href="https://idw-online.de/de/news643676">https://idw-online.de/de/news643676</a></li> <li>• Institute:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <a href="https://www.iph-hannover.de/de/presse/presse-mitteilungen/?we_objectID=3570">https://www.iph-hannover.de/de/presse/presse-mitteilungen/?we_objectID=3570</a></li> <li>○ <a href="http://www.ipri-institute.com/fileadmin/PDFs/pressemeldungen/2015/2015_12_18_Projektstart_40Ready.pdf">http://www.ipri-institute.com/fileadmin/PDFs/pressemeldungen/2015/2015_12_18_Projektstart_40Ready.pdf</a></li> </ul> </li> <li>• Zeitschriften der Institute               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <a href="https://www.iph-hannover.de/_media/files/downloads/Jahresbericht_2016_Projekt_40ready.pdf">https://www.iph-hannover.de/_media/files/downloads/Jahresbericht_2016_Projekt_40ready.pdf</a></li> <li>○ <a href="http://www.ipri-institute.com/fileadmin/PDFs/Journale/IPRI_Journal_Nr.22_Internet.pdf">http://www.ipri-institute.com/fileadmin/PDFs/Journale/IPRI_Journal_Nr.22_Internet.pdf</a></li> </ul> </li> </ul>
Wissenschaftliche und praxisorientierte Publikationen in Fachzeitschriften	Veröffentlichung von ausgewählten Teilergebnissen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Willeke, S.; Kasselmann, S.; Stonis, M.: Einführungsbegleitung für interaktive Assistenzsysteme. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 112. Jg. (2017), H. 12, S. 869-872. ISSN 0947-0085.</li> <li>• Kasselmann, S.; Willeke, S.: Adaptiertes Vorgehen zur Reifegradmodellentwicklung am Beispiel der Einführung interaktiver Assistenzsysteme in der Produktion und Logistik. In: IPRI-Praxis Paper (2017), Nr. 31. ISSN 0947-0085</li> <li>• Willeke, S.; Kasselmann, S.: Einführung interaktiver Assistenzsysteme über Reifegradmodelle. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 111. Jg. (2016), H. 11, S. 691-695. ISSN 0947-0085</li> <li>• Willeke, S.: Interaktive Assistenzsysteme – Fähigkeitsverstärker in der Produktion und in der Logistik. In: unternehmermagazin, Unternehmer Medien, 64. Jg. (2016), H. 3/4, S. 26, ISSN 00226416.</li> <li>• Kasselmann, S.; Willeke, S.: Interaktive Helfer für die Produktion. In: IT&amp;Production, TeDo Verlag, 17. Jg. (2016) H. 06, S. 81-82. ISSN 1439-7722</li> <li>• Willeke, S.; Kasselmann, S.: Einführung interaktiver Assistenzsysteme über Reifegradmodelle. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 111. Jg. (2016), H. 11, S. 691-695. ISSN 0947-0085</li> </ul>

Maßnahme	Ziel	Ergriffene Maßnahmen
Wissenschaftliche und praxisorientierte Veranstaltungen	Vorstellung des Projekts sowie Diskussion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 23. November 2015: Vorstellung der Ergebnisse auf einer Sitzung des Arbeitskreises „Integrationsmanagement für neue Produkte“ der Schmalenbach Gesellschaft</li> <li>• 10. März 2016: Vorstellung der Ergebnisse auf einer Arbeitskreissitzung Industrie 4.0 des IPRI sowie der Universität Ulm <a href="http://www.ipri-institute.com/fileadmin/PDFs/pressemitteilung/ak40/IPRI_Pressemitteilung_4_AK-Sitzung.pdf">http://www.ipri-institute.com/fileadmin/PDFs/pressemitteilung/ak40/IPRI_Pressemitteilung_4_AK-Sitzung.pdf</a></li> <li>• 21. Oktober 2016: Go-Visual – Visuelle Assistenz in der Produktion, Fraunhofer-Forum: Einführung interaktiver Assistenzsysteme mittels Reifegradmodellen</li> <li>• 03. November 2016: Vorstellung der Projektergebnisse im Rahmen des BVL ET Themenkreises, Dingolfing</li> <li>• 15. Juni 2017: IHK-Praxistour Industrie 4.0, RICOH Deutschland, Hannover: Neue Möglichkeiten durch interaktive Assistenzsysteme</li> </ul>
Akademische Ausbildung	Betreuung projektbezogener Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rode, T. (2016): Entwicklung eines Anforderungs- und Risikokataloges für die Einführung und Anwendung von interaktiven Assistenzsystemen in Produktion und Logistik. Masterarbeit, LUH Hannover.</li> <li>• Neumann, E.-C. (2016): Entwicklung einer Methode zur Anforderungsanalyse für die Einführung von interaktiven Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik. Bachelorarbeit, LUH Hannover.</li> <li>• Reinke, T. (2016): Entwicklung eines Reifegradmodells und Ableiten von Reifegradstufen für den Einsatz von interaktiven Assistenzsystemen. Studienarbeit, LUH Hannover.</li> <li>• Coppeneuer, M. C. (2017): Entwicklung von Kennzahlen zur Reifegradermittlung für die Einführung interaktiver Assistenzsysteme in Produktion und Logistik. Bachelorarbeit, LUH Hannover.</li> </ul>

### 5.3 Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft lt. Antrag (Maßnahmen nach Projektende)

Tabelle 14: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft nach Projektende lt. Antrag

Maßnahme	Momentaner Stand
Integration der Ergebnisse in die Forschung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation von weiteren Forschungsvorhaben Überführung der Projektergebnisse in ein neues Projekt „I4.0 Profitabel“ (IGF-Vorhaben 19183 N)</li> <li>• Systematik der Reifegraderstellung wird stetig in die Entwicklung neuer Antragsideen im Kontext von Industrie 4.0 integriert.</li> </ul>

Maßnahme	Momentaner Stand
Weiterverwendung der Forschungsergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung eines spezifischen Digitalisierungsschecks zur Beratung von Industrieunternehmen hinsichtlich Interaktive Assistenzsysteme (u.a. im Kompetenzzentrum Industrie 4.0 für Niedersachsen und Bremen)</li> <li>• Weiterentwicklung des Softwaredemonstrators durch die Anbieter von Interaktiven Assistenzsystemen des pA</li> </ul>
Weiterbildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzept wurde während der Projektlaufzeit erarbeitet und wird anschließend in die Seminarreihe des IPRI (Industrial Services) integriert.</li> </ul>

#### **5.4 *Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts***

Es ist also davon auszugehen, dass die Projektergebnisse in der Praxis unmittelbar angewendet werden und auch einen entsprechenden positiven Wettbewerbsbeitrag leisten können. Da bei Konzeption des Forschungsvorhabens besonderer Wert auf eine möglichst direkte Anwendbarkeit in der Praxis gelegt wurde, ist mit einer hohen Verbreitung in der Praxis zu rechnen.

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten nach Projektende sind groß. Durch die Validierung der Ergebnisse mit den beteiligten Unternehmen und dem umfassenden Transfer der Ergebnisse in die Wirtschaft ist von einer direkten Anwendbarkeit und einer Verbreitung bei den Unternehmen auszugehen. Hierzu dient auch das entwickelte Webinar. Aufgrund der hohen praktischen Relevanz der Fragestellung ist mit einer breiten Anwendung (und Erweiterung) des entwickelten Vorgehens auch nach Projektende zu rechnen. Hierzu dienen darüber hinaus die oben genannten Veröffentlichungen und Vorträge

## 6 Durchführende Forschungsstellen

Für die durchgeführten Recherchen und Untersuchungen wurden mehrere wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt. Die geleistete Arbeit entspricht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

### 6.1 IPH

Das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH ist eine gemeinnützige Forschungseinrichtung. Die Gesellschafter des IPH, Prof. Behrens, Prof. Overmeyer und Prof. Nyhuis, sind zudem Inhaber produktionstechnischer Lehrstühle an der Universität Hannover. Die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung wird durch die drei Abteilungen „Prozesstechnik“, „Produktionsautomatisierung“ und „Logistik“ durchgeführt. Das IPH wurde 1988 mit Unterstützung des niedersächsischen Wirtschaftsministeriums gegründet und ist besonders der technologischen Förderung mittelständischer Industriebetriebe verpflichtet. Der Technologietransfer erfolgt dabei hauptsächlich über mit der Industrie durchgeführte, öffentlich geförderte Verbundforschungsprojekte sowie über Fortbildungsseminare und Arbeitskreise. Darüber hinaus stellt das IPH laufend in einer Vielzahl ausschließlich industriefinanzierter Projekte seine Praxisorientierung und Wettbewerbsfähigkeit unter Beweis.

Forschungsstelle 1	IPH Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
Anschrift	Hollerithallee 6, 30419 Hannover
Leiter der Forschungsstelle	Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis
Projektleitung	Stefan Willeke, M.Sc.
Kontakt	Tel: 0511/27976-442, <a href="http://www.iph-hannover.de">www.iph-hannover.de</a>

### 6.2 International Performance Research Institute gemeinnützige GmbH

Die IPRI – International Performance Research Institute gemeinnützige GmbH wurde gegründet mit der Zielsetzung, Forschung auf dem Gebiet des Performance Management von Organisationen, Unternehmen und Unternehmensnetzwerken zu betreiben. Unter Leitung von Prof. Dr. Mischa Seiter untersucht IPRI in Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen und kleinen und mittelständischen Unternehmen die Wirkungszusammenhänge und Potenziale in den Bereichen Controlling, Finanzen, Logistik und Produktion. Forschungsschwerpunkt des Gründers Prof. Horváth ist die Erarbeitung neuer Methoden im Bereich des Controllings und der Transfer dieser Ergebnisse in die Praxis. Die Forschungsstelle arbeitet eng mit der Bundesvereinigung Logistik e. V., dem VDMA und Unterverbänden (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V., Forschungsvereinigung Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik e. V.) sowie der IHK zusammen. Zudem wird der Kontakt zu Experten aus der Praxis über regelmäßige Veranstaltungen und Workshops hergestellt. Für die durchgeführten Recherchen und Untersuchungen wurden mehrere wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt. Die geleistete Arbeit entspricht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Forschungsstelle 2	IPRI International Performance Research Institute gGmbH
Anschrift	Königstraße 5, 70173 Stuttgart
Leiter der Forschungsstelle	Prof. Dr. Mischa Seiter
Projektleitung	Sebastian Kasselmann, M.Sc.
Kontakt	Tel.: 0711/ 6203268-8030, <a href="http://www.ipri-institute.com">www.ipri-institute.com</a>

## **7 Förderhinweis**

Das IGF-Vorhaben 18897 N der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e.V. - BVL, Schlachte 31, 28195 Bremen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

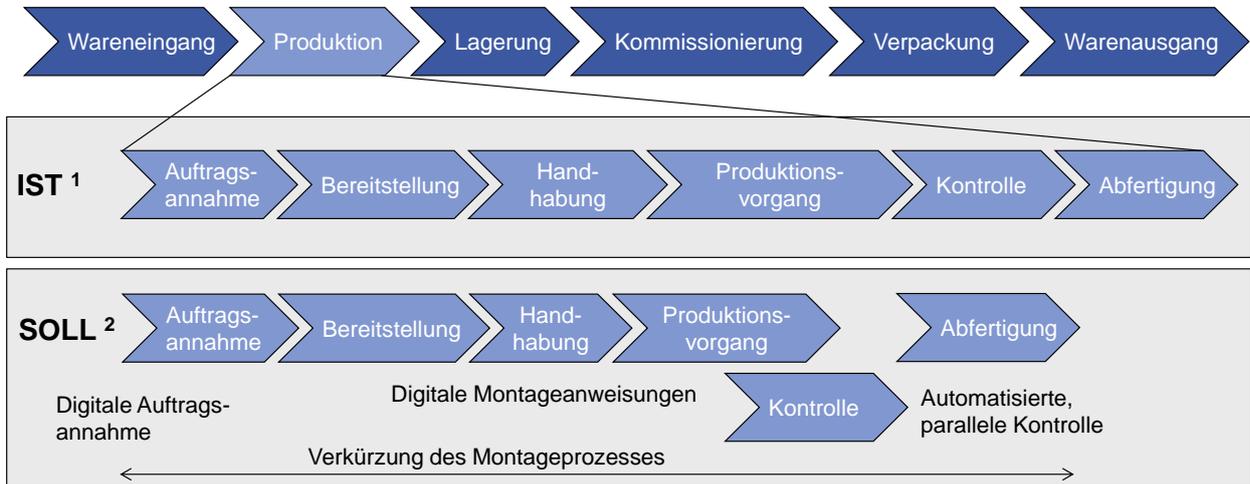
Für die Förderung und Unterstützung sei gedankt.

## 8 Anhang

### 8.1 Anhang AP1

#### 8.1.1 Prozesskettenvergleich

##### Klassischer Auftragsabwicklungsprozess

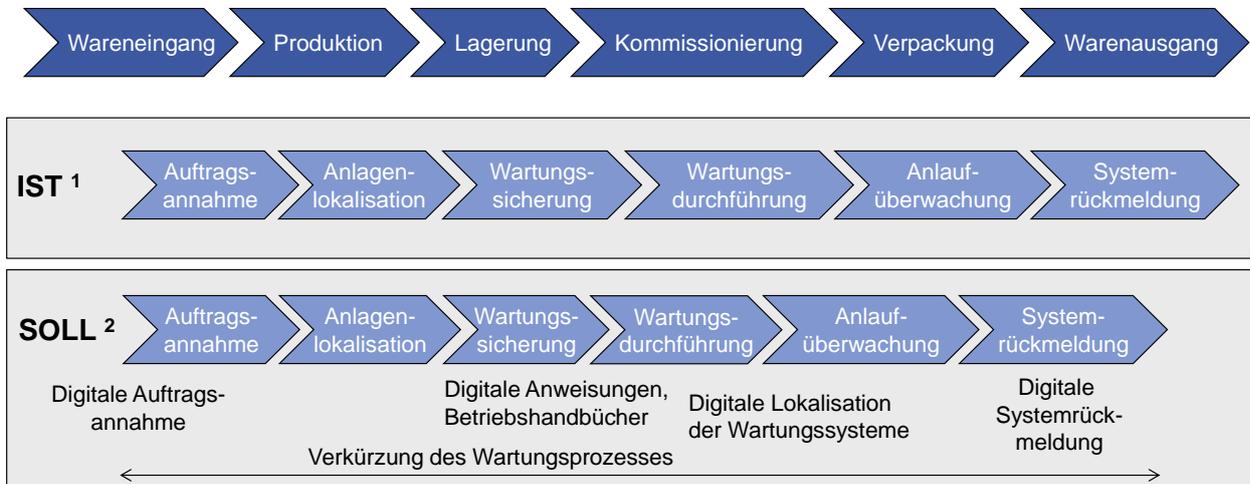


<sup>1</sup> ohne interaktivem Assistenzsystem

<sup>2</sup> mit interaktivem Assistenzsystem

Abbildung 53: Prozesskettenvergleich Montage

##### Klassischer Auftragsabwicklungsprozess



<sup>1</sup> ohne interaktivem Assistenzsystem

<sup>2</sup> mit interaktivem Assistenzsystem

Abbildung 54: Prozesskettenvergleich Wartung

### 8.1.2 Anforderungskatalog

Personal	Kommissionierung	Wartung	Montage	Schulung
Führungskräfte zu Datensicherheit (z.B. keine Auswertung der Geoposition; Sensibler Umgang mit Daten, rechtliche Rahmenbedingungen, ggf. anonymisierte Auswertung der Daten ermöglichen) geschult	X	X	X	
Führungskräfte zu Mitarbeiterakzeptanz (Überzeugungskraft fördern - Argumentationsgrundlage pro IAS liefern) geschult	X	X	X	
Operative MA zu Umgang mit IAS (Bedienung, techn. Eigenschaften - Problemlösung, Funktionsweise, Einschränkung) geschult	X	X	X	X
Operative MA zu Technologieakzeptanz (Fähigkeitsverstärker, kein MA Ersatz, keine Nutzerbeeinträchtigung) geschult	X	X	X	
Operative MA zu Datenschutz (z.B. keine Auswertung der Geoposition; Sensibler Umgang mit Daten, private Nutzung, rechtliche Rahmenbedingungen) geschult	X	X	X	
Operative MA zu Arbeitssicherheit (Gefährdungspotenziale aufzeigen und Umgang darstellen) geschult	X	X	X	X
Instandhalter der IAS zu technischen Eigenschaften, Wartungen geschult	X	X	X	X
Betriebsrat frühzeitig in Planung, Organisation und Durchführung integriert	X	X	X	X

Abbildung 55: Anforderungen (Personal)

Organisation	Kommissionierung	Wartung	Montage	Schulung
Projektleiter bestimmt	X	X	X	X
Projektteam (Integration der Erfahrung der operativen MA bei der Einführung) gebildet	X	X	X	X
Zeithorizont und Meilensteine definiert	X	X	X	X
Budget festgelegt	X	X	X	X
Montageanweisungen digitalisiert (Fotos, Zeichnungen)			X	X
Bauteilzeichnung segmentiert			X	X
Zugriffsrechte festgelegt und verwaltet	X	X	X	
Schulungsanweisungen digitalisiert				X
Anlagen (technische Zeichnungen, Marker anbringen ==> Erkennung z.B. mittels Ipad ermöglichen) digitalisiert		X		X
Wartungsanweisungen digitalisiert		X		X
Kennzahlensystem angepasst (z.B. Fehlerraten überdenken; Entlohnungssystem anpassen)	X	X	X	
Stammdaten angepasst (Prozesszeiten)	X	X	X	
Arbeitsplan angepasst (Zeiten, Prozesse mit IAS berücksichtigen)	X	X	X	
Arbeitsplan digitalisieren + Überführung in die Software	X	X	X	
neue Funktionsbereiche definiert (IAS Verantwortlicher; Anzahl MA)	X	X	X	X
veränderte Organisationsstruktur in Organigramm integriert	X	X	X	X
Notfallkonzept für den Ausfall interaktiver Assistenzsysteme entwickelt	X	X	X	

Abbildung 56: Anforderungen (Organisation)

Technik	Kommissionierung	Wartung	Montage	Schulung
Daten für Testlauf (Pilotanwendung - Show Case Demonstration) in Abstimmung mit Anbieter bereitgestellt (z.B. Barcode)	X	X	X	
Anzahl der IAS für exemplarischen Einsatz bestimmt und beschafft	X	X	X	X
Datenschutz über Soft- und Hardware sichergestellt	X	X	X	
Beschränkter Zugriff auf Daten des ERP-Systems (z.B. Lageraufträge) sichergestellt	X	X	X	
Software für den exemplarischen Einsatz angepasst ggf. Arbeitsplan/digitale Anlage/Schulungspläne integriert	X	X	X	
Hardware für den jeweiligen Verbindungsstandard beschafft und installiert	X	X	X	X
Anzahl der IAS für umfassenden Einsatz bestimmt und beschafft	X	X	X	X
Akkus und Ladestationen beschafft und installiert	X	X	X	X
Software an neuen Leistungsumfang für den umfassenden Einsatz angepasst ggf. neue Arbeitspläne/neue Schulungspläne integriert	X	X	X	X
Vollständiger Zugriff auf ERP System sichergestellt	X	X	X	
Datenbanksystem (bspw. ERP, Cloud, ...) integriert/angepasst (damit Datenauswertung der IAS möglich werden)	X	X	X	X
Schnittstelle für Datenbanksystem geschaffen	X	X	X	X

Abbildung 57: Anforderungen (Technik)

Technik
Workshop mit MA (operativ + Führung) der beteiligten Prozesse zur Identifizierung der Anforderungen an ein IAS
Lastenheft für Hard- u. Software definieren (Objektidentifikation, Spracherkennung, Verbindungsstandard, IAS Gattung, Robustheit, Preisobergrenze, Akkulaufzeit, Ein- und Ausgabe der Information)
Pflichtenheft für Hard- u. Software definieren (Objektidentifikation, Spracherkennung, Verbindungsstandard, IAS Gattung, Robustheit, Preisobergrenze, Akkulaufzeit, Ein- und Ausgabe der Information)
Workshop mit Entscheidern zur Auswahl der Anbieter
Anbieter für Soft- und Hardware auswählen und beauftragen
Workshop mit MA (operativ + Führung) der beteiligten Prozesse zur Identifizierung der Anforderungen an ein IAS
Lastenheft für Hard- u. Software definieren (Objektidentifikation, Spracherkennung, Verbindungsstandard, IAS Gattung, Robustheit, Preisobergrenze, Akkulaufzeit, Ein- und Ausgabe der Information)

Abbildung 58: Grundanforderungen vor dem Einsatz

### 8.1.3 Risikoabschätzung

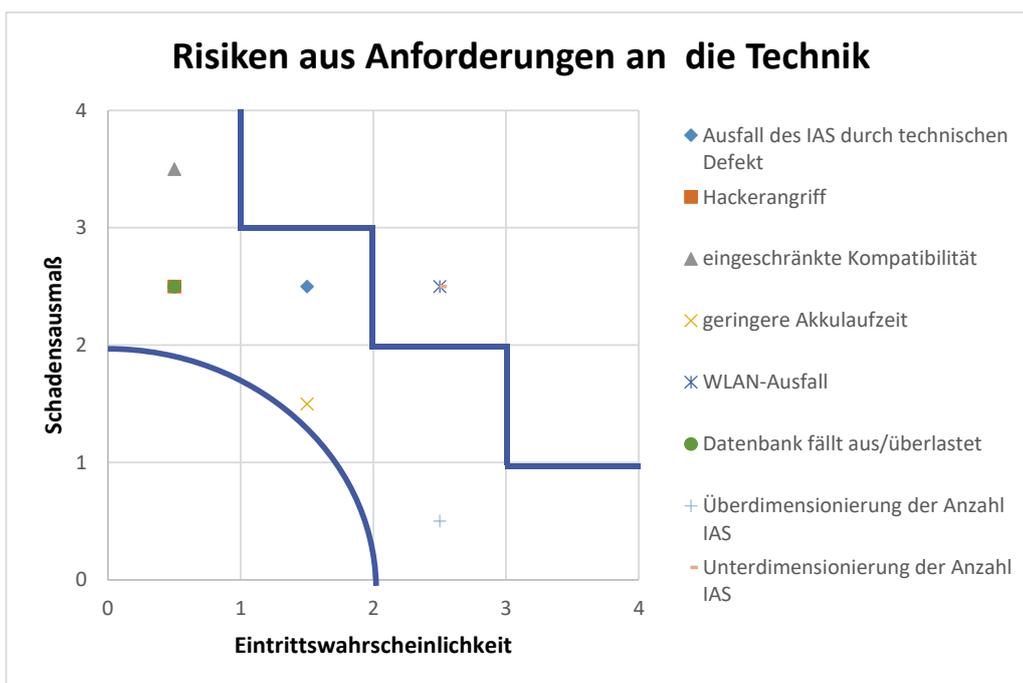


Abbildung 59: Riskmap – Technik

Tabelle 15: Risikoabschätzung – Technik

Technik	Prob.	Ausmaß	Anforderung
Ausfall des IAS (IAS selbst) durch technischen Defekt	selten	kritisch	
Hackerangriff	unwahrscheinlich	kritisch	Datenschutz über Soft- und Hardware sichergestellt
eingeschränkte Kompatibilität z.B. der Objekterkennung (Barcode nicht lesbar für eine Kamera)	unwahrscheinlich	katastrophal	
geringere Akkulaufzeit als im Angebot versprochen	selten	spürbar	
Wlan Ausfall (zu schwach, Störeinflüsse,	möglich	kritisch	Hardware für den jeweiligen Verbindungsstandard beschafft und installiert
Datenbank fällt aus/überlastet	unwahrscheinlich	kritisch	Schnittstelle für Datenbanksystem geschaffen; Datenbanksystem integriert/angepasst
Überdimensionierung der Anzahl IAS	möglich	unbedeutend	Anzahl der IAS für umfassenden Einsatz bestimmt und beschafft
Unterdimensionierung der Anzahl IAS	möglich	kritisch	Anzahl der IAS für umfassenden Einsatz bestimmt und beschafft

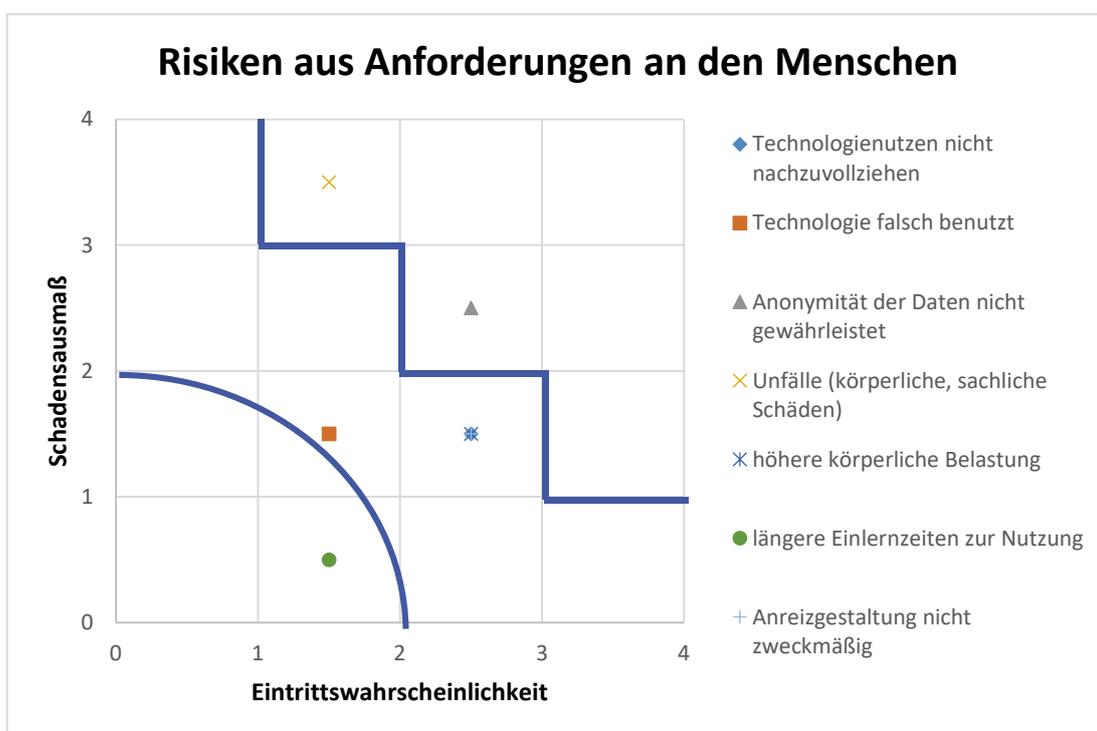


Abbildung 60: Riskmap – Mensch

Tabelle 16: Risikoabschätzung – Mensch

Mensch	Prob.	Ausmaß	Anforderung
Nutzen neuer Technologie wird nicht gesehen, Folge Ablehnung des IAS, schleppende Einführung	möglich	spürbar	Mitarbeiterakzeptanz geschult; Technologieakzeptanz geschult
Technologie falsch benutzen - als Folge keine Prozessverbesserung	selten	spürbar	Operative MA zu Umgang mit IAS
Datenschutz - Anonymität der Daten nicht gewährleistet	möglich	kritisch	Führungskräfte zu Datensicherheit geschult; Operative MA zu Datenschutz geschult; Datenschutz über Soft- und Hardware sichergestellt
Unfälle (körperliche, sachliche Schäden)	selten	katastrophal	Operative MA zu Arbeitssicherheit geschult
höhere körperliche Belastung	möglich	spürbar	Operative MA zu Arbeitssicherheit geschult
längere Einlernzeiten zur Nutzung	selten	unbedeutend	Technologieakzeptanz geschult
Anreizgestaltung nicht zweckmäßig (Entlohnung)	möglich	spürbar	Kennzahlensystem angepasst



7	<b>Datensatz Datenübertragung</b>	Es ist keine drahtlose Datenübertragung in der Fabrik vorhanden.	Es existiert eine drahtlose Datenübertragung in den Blaupausen.	Eine reduzierte drahtlose Datenübertragung ist im gesamten Fabrikgebäude vorhanden.	Die drahtlose Datenübertragung ist für den Einsatz von IS essentiell. Bei bzw. einer Datenstelle müssen die Informationen, die übertragen werden, um die räumliche Flexibilität zu wahren. Die Bewertung dieses Kriteriums ist abhängig von der Datenmenge, die übertragen werden soll, und der Reichweite, die die Datenübertragung abdecken muss.
8	<b>Lizenzen</b>	Das Lizenzmodell erlaubt keinen Zugriff auf die Daten, wenn die Lizenz nicht aktiviert ist.	Das Lizenzmodell ist strikt und der Erwerb der Lizenz ist mit hohen Kosten verbunden.	Das Lizenzmodell ist strikt und der Erwerb der Lizenz ist mit hohen Kosten verbunden.	Das Lizenzmodell ist strikt und der Erwerb der Lizenz ist mit hohen Kosten verbunden. Die Lizenzierung von IS erfolgt über eine zentrale Lizenzverwaltung. Die Lizenzierung von IS erfolgt über eine zentrale Lizenzverwaltung. Die Lizenzierung von IS erfolgt über eine zentrale Lizenzverwaltung.
9	<b>Datenverwaltungssystem</b>	Das System wird manuell aktualisiert und die Daten sind nicht für Systemfehler anfällig.	Das System wird automatisch aktualisiert und die Daten sind für Systemfehler anfällig.	Das System wird automatisch aktualisiert und die Daten sind für Systemfehler anfällig.	Das System wird automatisch aktualisiert und die Daten sind für Systemfehler anfällig.
10	<b>Objektidentifikation</b>	Die relevanten Objekte sind nicht identifizierbar.	Die CAD-Daten für die relevanten Objekte sind mit RFID-Technologien oder QR-Barcodes versehen.	Die relevanten Objekte sind mit CAD-Daten im System implementiert.	Die relevanten Objekte sind mit CAD-Daten im System implementiert.
11	<b>Datensicherheit</b>	Die sicheren Datenübertragung wird nicht gewährleistet.	Alle Endgeräte im Unternehmen sind durch eine Sicherheitssoftware geschützt.	Das Unternehmen verfügt über eine einheitliche Sicherheitsstrategie und die Daten sind durch eine Sicherheitsstrategie geschützt.	Das Unternehmen verfügt über eine einheitliche Sicherheitsstrategie und die Daten sind durch eine Sicherheitsstrategie geschützt.
12	<b>Netzwerkstruktur</b>	Es existiert eine Netzwerkstruktur, die anfällig für Ausfälle und Überlastung ist.	Es existiert eine Netzwerkstruktur, die anfällig für Überlastung ist.	Es existiert eine robuste Netzwerkstruktur.	Es existiert eine robuste Netzwerkstruktur.
13	<b>Berechtigungsmanagement</b>	Die Zugriffsberechtigungen werden dynamisch und intransparent verwaltet.	Die Zugriffsberechtigungen werden dynamisch verwaltet und transparent.	Es existiert ein durchgängiges Berechtigungsmanagement, das die Zugriffe dynamisch und transparent verwaltet.	Es existiert ein durchgängiges Berechtigungsmanagement, das die Zugriffe dynamisch und transparent verwaltet.
14	<b>Drahtgebundene Datenübertragung</b>	Es existiert keine drahtgebundene Datenübertragung zur Verfügung.	Es existiert eine drahtgebundene Datenübertragung in den Blaupausen zur Verfügung.	Es existiert eine drahtgebundene Datenübertragung in den Blaupausen zur Verfügung.	Durch den Einsatz von IS werden viele Daten benötigt und generiert. Diese Daten müssen abhängig von der Datenmenge zum Teil drahtgebunden übertragen werden. Die Abdeckung des Fabrikbereichs durch drahtgebundene Datenübertragung ist daher von hoher Bedeutung.
15	<b>Drahtlose Datenübertragung</b>	Es existiert keine drahtlose Datenübertragung zur Verfügung.	Es existiert eine drahtlose Datenübertragung in den Blaupausen zur Verfügung.	Es existiert eine drahtlose Datenübertragung in den Blaupausen zur Verfügung.	Durch den Einsatz von IS werden viele Daten benötigt und generiert. Diese Daten müssen abhängig von der Datenmenge zum Teil drahtgebunden übertragen werden. Die Abdeckung des Fabrikbereichs durch drahtgebundene Datenübertragung ist daher von hoher Bedeutung.
16	<b>Schnittstellen</b>	Die Schnittstellen sind nicht kompatibel und die Datenübertragung ist nicht möglich.	Die Schnittstellen sind kompatibel und die Datenübertragung ist möglich.	Die Schnittstellen sind kompatibel und die Datenübertragung ist möglich.	Im gesamten Umfeld der Industrie 4.0 sind Schnittstellen ein wichtiges Thema. Durch die zunehmende Kommunikation der Anlagen, Maschinen und weiterer Systeme untereinander, müssen Schnittstellen harmonisiert und standardisiert werden, um eine Kommunikation zu gewährleisten. Die Harmonisierung von Schnittstellen ist ein zentrales Thema der Industrie 4.0 und wird durch die zunehmende Kommunikation von Systemen und Systemen gefördert.

Abbildung 62: Prozessgebiete - Technik



### 8.3 Anhang AP4

#### 8.3.1 Ermittlung von Maßnahmen

Prozessgebiet	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3	Maßnahme 4	Maßnahme 5
<b>Drahtlose Datenübertragung</b>	Analyse der relevanten Fabrikbereiche durch die IT-Abteilung und den jeweiligen Prozessverantwortlichen im Hinblick auf die drahtlose Datenübertragung und Ableitung des Bedarfes an Hardware.	Beschaffung und Installation neuer Übertragungshardware (Router, Repeater, Bluetooth Adapter) durch die interne IT-Abteilung oder externer IT-Experten, um eine räumliche Abdeckung auf Basis des Bedarfs herzustellen.	Bedarfsgerechte Wartung der Hardware durch IT-Experten, um einen Ausfall der Datenübertragung zu verhindern.	Sicherstellung eines alternativen Übertragungsmediums (z.B. Bluetooth) in den betrachteten Fabrikbereichen durch IT-Experten, um die Auswirkungen eines Ausfalls des primären Mediums abzufangen.	
<b>Lizenzen</b>	Analyse der IT-Abteilung, welche Lizenzmodelle im Unternehmen vorliegen und ob diese anpassbar sind.	Umstellung der Lizenzmodelle durch die IT-Abteilung, auf flexiblere Varianten beim gleichen Softwareanbieter oder ggf. Wechsel zu einem neuen Anbieter.	Erstellung eines eigenen Systems bzw. Software, durch die interne Entwicklungsabteilung oder durch Beauftragung externer Experten, für das keine Lizenzen benötigt und das frei innerhalb des Unternehmens genutzt werden kann.		
<b>Datenverwaltungssystem</b>	Durchführung eines Workshops der IT-Abteilung mit den Führungskräften und den jeweiligen Prozessverantwortlichen, in dem die Anforderungen an das Datenverwaltungssystem erarbeitet werden.	Beschaffung eines neuen Systems durch die IT-Abteilung, welches die Anforderungen aus Maßnahme 1 erfüllt oder Adaption des bestehenden Systems durch die interne IT-Abteilung oder externe Experten.	Bestimmung/Einstellung eines Verantwortlichen für die Systempflege und -wartung.		
<b>Lagerverwaltungssystem</b>	Durchführung eines Workshops der IT-Abteilung mit den Führungskräften und den jeweiligen Lagerprozessverantwortlichen, in dem die Anforderungen an das Lagerverwaltungssystem erarbeitet werden.	Beschaffung eines neuen Systems durch die IT-Abteilung, welche die Anforderungen aus Maßnahme 1 erfüllt oder Adaption des bestehenden Systems durch die interne IT-Abteilung oder externe Experten.	Bestimmung/Einstellung eines Verantwortlichen für die Systempflege und -wartung.		
<b>Auftragsverwaltungssystem</b>	Durchführung eines Workshops der IT-Abteilung mit den Führungskräften und den jeweiligen Prozessverantwortlichen, in dem die Anforderungen an das Auftragsverwaltungssystem erarbeitet werden.	Beschaffung eines neuen Systems durch die IT-Abteilung, welche die Anforderungen aus Maßnahme 1 erfüllt oder Adaption des bestehenden Systems durch die interne IT-Abteilung oder externe Experten.	Bestimmung/Einstellung eines Verantwortlichen für die Systempflege und -wartung.		
<b>Objektidentifikation</b>	Auflistung der für die Objektidentifikation in Frage kommenden Objekte unter Angabe von Notwendigkeit für den Digitalisierungsgrad durch die Fachabteilungen, wobei die Verantwortung und Koordination der Listen zentral einer (Projekt-) Abteilung zugeordnet werden muss.	Analyse der Listen durch die verantwortliche Abteilung und Ausarbeitung einer bedarfsgerechten Beschaffung.	Bestellung oder Beauftragung der sich aus Maßnahme 2 ergebenden Ergebnisse durch das Projektmanagement unter Einbezug der Unternehmensführung.	Sicherstellung der funktionsgerechten Installation der Objekterkennungstechnologie durch das Projektmanagement.	
<b>Datensicherheit</b>	Erarbeitung einer unternehmensspezifischen Sicherheitsstrategie durch die Unternehmensführung, interne IT-Abteilung und eines externen Sicherheitsexperten.	Sicherheitsstrategiegerechte Beschaffung neuer Systeme für die Datensicherheit durch die IT-Abteilung.	Bestimmung eines Verantwortlichen für die Umsetzung und Überwachung der Datensicherheit bzw. der Sicherheitsstrategie.	jährliche Durchführung von sog. Penetrationstests durch vertrauenswürdige dritte IT-Unternehmen, die die Schwachstellen im System aufzeigen.	
<b>Netzwerkinfrastruktur</b>	Protokollierung der Netzwerkeigenschaften durch die interne IT-Abteilung oder externe Experten.	Auflistung der Optimierungsmöglichkeiten mit Hilfe der Analyse aus Maßnahme 1, ausgeführt durch die interne IT-Abteilung oder externen Experten.	Auswahl der Optimierungsschritte aus Maßnahme 2 durch die Unternehmensführung und Durchführung dieser durch die verantwortliche Abteilung.		
<b>Datenschutz</b>	Generierung der Optimierungsmöglichkeiten für das Datenverarbeitungsprogramm durch die interne IT-Abteilung/externe Experten, mit Beachtung der internen Datenschutzrichtlinien aus PG 5 - Maßnahme 1.	Auswahl der Optimierungsmöglichkeiten durch die Unternehmensführung und der/den Datenschutzbeauftragten (aus PG 5 - Maßnahme 3).	Umsetzung der Optimierungsmöglichkeiten durch die interne IT-Abteilung oder externer Experten unter Aufsicht bzw. Einbindung des Datenschutzbeauftragten.	Wöchentliche Überwachung der Technologie durch den Datenschutzbeauftragten, der auch dazu berechtigt ist, einen externen Experten zur Beratung heranzuziehen.	

Abbildung 64: Maßnahmen - Technik (1/2)

Prozessgebiet	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3	Maßnahme 4	Maßnahme 5
<b>Berechtigungsmanagement</b>	Erarbeitung von Optimierungsmöglichkeiten für das Verteilungssystem der Berechtigungen durch die IT-Abteilung oder externe Experten.	Auswahl (Unternehmensführung) und Implementierung (IT-Abteilung) eines Systems vom Markt, das die Optimierungsmöglichkeiten aus Maßnahme 1 abdeckt.	Adaption des bestehenden Systems durch die IT-Abteilung mit Beachtung der Optimierungsmöglichkeiten aus Maßnahme 1.		
<b>Drahtgebundene Datenübertragung</b>	Auflistung der betrachteten Fabrikbereiche bzw. der Bereiche, in denen eine drahtgebundene Datenübertragung für die Einführung neuer Technologien in Betracht kommt und Angabe über die Qualität der Medien zur Datenübertragung in diesen Bereichen, ausgeführt von der IT-Abteilung mit den Prozessverantwortlichen der Bereiche.	Berechnung, welche Datenmengen in den in Frage kommenden Fabrikbereichen übermittelt werden würden und Ermittlung der Übertragungsdefizite unter Zuhilfenahme der in Maßnahme 1 erstellten Liste durch die IT-Abteilung.	Entscheidung der Unternehmensführung über die zu tätigen Investitionsmöglichkeiten bzw. Notwendigkeiten, die in Maßnahme 2 ermittelt wurden sowie die Durchführung der Investitionsmaßnahmen durch die IT- und Planungsabteilung.		
<b>Datenübertragungsgeschwindigkeit</b>	Analyse der IT-Abteilung, welche Fabrikbereiche eine schnelle Datenübertragung benötigen und wie die örtliche Voraussetzungen zur Datenübertragung sind.	Ausarbeitung der IT-Abteilung, welche Möglichkeiten auf Basis der in Maßnahme 1 entstandenen Analysen bestehen, die die Übertragungsgeschwindigkeit verbessern.	Auswahl und Abwägung der erarbeiteten Möglichkeiten aus Maßnahme 2 durch die Unternehmensführung sowie die Ausführung durch die IT-Abteilung.		
<b>Schnittstellen</b>	Erstellung einer Referenzarchitektur durch die IT-Abteilung in Zusammenarbeit mit Fachkräften der Prozessplanungsabteilung, die eine optimale Struktur der Schnittstellen beschreibt.	Dokumentation der bestehenden und standardisierten Schnittstellen innerhalb des Unternehmens durch die IT-Abteilung in Zusammenarbeit mit den Prozessverantwortlichen.	Beauftragung interne oder externe Experten, die die Unternehmenssystemarchitektur derart anpassen, sodass alle notwendigen Schnittstellen standardisiert sind, bzw. die notwendigen Systeme miteinander kommunizieren können.		

Abbildung 65: Maßnahmen - Technik (2/2)

Prozessgebiet	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3	Maßnahme 4	Maßnahme 5
<b>Stammdatenmanagement</b>	Durchführung eines Workshops, mit den MA der jeweiligen Fachbereiche, die für die Eingabe der Stammdaten verantwortlich sind, in dem die Motive für ein qualitativ hochwertiges Stammdatenmanagement erläutert werden.	Erstellung einer Checkliste als Qualitätskontrolle für die Fachbereichsmitarbeiter, die bei der Eingabe von Stammdaten abgearbeitet wird.	Festlegung eines Stammdatenverantwortlichen, der die Stammdaten in einer bedarfsgerechten Regelmäßigkeit auf Konsistenz und Aktualität überprüft und bei Defiziten die verantwortlichen Fachabteilungen darauf hinweist.	Entwicklung einer Qualitätsschleife für die Stammdaten, sodass Fehler umgehend behoben werden.	
<b>Fabriklayout</b>	Zusammenstellung eines Projektteams, das die Digitalisierung der vorhandenen Layoutzeichnungen vollzieht und bedarfsgerecht mit Hilfe eines Softwarewerkzeuges in eine 2-/3- D Form bringt.	Beauftragung eines Mitarbeiters aus dem Projektteam, das digitale Layout bei Layoutänderungen anzupassen.			
<b>Anpassungsfähigkeit Aufbauorganisation</b>	Durchführung eines Workshops mit den Führungskräften und dem Ziel, zentrale Fragestellungen bezüglich einer neu zu schaffenden Abteilung/ Bereichs zu beantworten.	Entwicklung und Einführung der neuen Abteilung durch ein Projektteam und der Unternehmensleitung anhand der im Workshop erarbeiteten Lösungen.			
<b>Kennzahlensystem</b>	In einem Workshop der Unternehmensleitung und den Fachbereichsleitern sind unternehmensspezifische Wirtschaftlichkeits- und Qualitätskennzahlen zu erarbeiten.	Erarbeitung eines Kennzahlensystems durch ein Projektteam, dass die Kennzahlen in eine sachlich sinnvolle Beziehung bringt sowie auf ein übergeordnetes (Unternehmens-) Ziel ausrichtet.	Durchführung einer halbjährlichen Diskussion über die Sinnhaftigkeit der einzelnen Kennzahlen.	Durchführung monatlicher Diskussionsrunden über die Einhaltung und des Niveaus der Soll-Kennwerte.	
<b>Instandhaltungsmanagement</b>	Erstellung eines Instandhaltungsplans durch ein Projektteam in Zusammenarbeit mit den Maschinenherstellern und -bedienern, um bei einem nicht vorhandenen Management die Instandhaltung von Mitarbeitern durchführen lassen zu können, die den Plan abarbeiten.	Zusammenstellung eines Instandhaltungsteams aus den operativen Mitarbeitern und mindestens einem Ingenieur/Facharbeiter, denen die Durchführung des Instandhaltungsplans obliegt.	Durchführung eines Projektes zur Erarbeitung eines unternehmensweiten Störfall- und Meldemanagements, das bestimmte Prozessketten zur Behebung vorsieht und klar definiert, wer in welchem Fall für die Behebung verantwortlich ist.		
<b>Bewegungsdatenmanagement</b>	Durchführung eines separaten Workshops bzw. anknüpfen an den Workshop "PG20 (Stammdatenmanagement.) - Maßnahme 1" in dem die Motive für ein gutes Bewegungsdatenmanagement dargelegt werden.	Erstellung einer Checkliste als Qualitätskontrolle für die Fachbereichsmitarbeiter, die bei der Eingabe von Bewegungsdaten abgearbeitet wird.	Festlegung eines Bewegungsdatenverantwortlichen, der die Bewegungsdaten in einer bedarfsgerechten Regelmäßigkeit auf Konsistenz und Aktualität überprüft und bei Defiziten die verantwortlichen Fachabteilungen darauf hinweist.	Entwicklung einer Qualitätsschleife für die Bewegungsdaten, sodass Fehler umgehend behoben werden.	
<b>Schulungsanweisungen</b>	Erarbeitung von Schulungsanweisungen durch die verantwortliche Abteilung in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine zu erfolgende Digitalisierung vorgibt.	Digitalisierung der auf die Anforderungen passenden Schulungsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung.	Monatliche Abstimmung der IT- mit der Trainings/ Schulungsabteilung, in der die digitalisierten Inhalte überprüft und ggf. an die aktuelle Situation angepasst werden.		
<b>Sicherheitsanweisungen</b>	Erarbeitung von Sicherheitsanweisungen durch die verantwortliche (Sicherheits-) Abteilung in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt.	Digitalisierung der auf die Anforderungen passenden Sicherheitsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung.	Monatliche Abstimmung der IT- mit der verantwortlichen (Sicherheits-) Abteilung, in der die digitalisierten Inhalte überprüft und ggf. an die aktuelle Situation angepasst werden.		
<b>Wartungsanweisungen</b>	Erarbeitung von Wartungsanweisungen durch die verantwortliche (Instandhaltungs-) Abteilung und den Anlagenhersteller, in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt.	Digitalisierung der auf die Anforderungen passenden Wartungsanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung.	Monatliche Abstimmung der IT- mit der verantwortlichen (Instandhaltungs-) Abteilung, in der die digitalisierten Inhalte überprüft und ggf. an die aktuelle Situation angepasst werden.		

Abbildung 66: Maßnahmen - Organisation (1/2)

Prozessgebiet	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3	Maßnahme 4	Maßnahme 5
Montageanweisungen	Erarbeitung von Montageanweisungen durch die verantwortliche Abteilung in Abstimmung mit der IT-Abteilung, die die Struktur im Hinblick auf eine später erfolgende Digitalisierung vorgibt.	Digitalisierung der auf die Anforderungen passenden Montageanweisungen in ein bedarfsgerechtes Format durch die IT-Abteilung.	Monatliche Abstimmung der IT- mit der verantwortlichen Abteilung, in der die digitalisierten Inhalte überprüft und ggf. an die aktuelle Situation angepasst werden.		
Qualitätsmanagement	Erarbeitung eines unternehmensspezifischen KVP-Konzeptes, das die Produkt-, Prozess- und Servicequalität im Unternehmen verbessert.	Durchführung eines KVP-Workshops für alle Mitarbeiter, in dem das Vorgehen und die KVP-Struktur erläutert werden.	Bestimmung eines KVP- bzw. Qualitätsbeauftragten, der die Umsetzung des KVP-Konzeptes gewährleistet und verantwortlich für alle Prozessschritte ist.	Bildung einer Qualitätsarbeitsgruppe, die dem Qualitätsbeauftragten untersteht/unterstützt und sukzessive, mit dem Ziel der Bildung einer eigenen kostenintensiver Verbesserungs-vorschläge zu diskutieren.	Durchführung monatlicher Meetings der Unternehmensführung mit dem Qualitätsbeauftragten/Arbeitsgruppe, um die Umsetzung kostenintensiver Verbesserungs-vorschläge zu diskutieren.
Prozessmanagement	Eingliederung der Prozessverbesserung in das KVP-Konzept aus PG 30 – Maßnahme 1.	Festlegung der Prozessanforderungen durch die Unternehmensleitung mit den Prozessverantwortlichen, im Hinblick auf die übergeordneten Unternehmensziele.	Dokumentation der Prozesse durch die Prozessverantwortlichen, um die Prozessqualität im Hinblick auf die Anforderungen zu bewerten, zu verbessern und ggf. zu standardisieren.	Standardisierung etablierter Prozesse, um so eine durchgängige Prozessqualität zu gewährleisten.	
Risiko-management	Bestimmung von Risikobeauftragten in jeder Abteilung, denen freie Kapazitäten gewährleistet werden, um die internen Risiken zu identifizieren, zu bewerten und ein weiteres Verfahren mit den Risiken in Absprache mit den Vorgesetzten zu definieren.	Durchführung von zentralen Workshops mit den Risikobeauftragten, um diese hinsichtlich ihres abteilungsinternen Risikomanagements zu schulen.	Zentralisierung des Risikomanagements, um die Kompetenz zur Risikoanalyse an einem Punkt zu bündeln.		
Technische Dokumentation	Generierung von technischen Dokumentationen durch die verantwortliche Abteilung in Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern.	Digitalisierung der technischen Dokumente durch die IT-Abteilung in ein bedarfsgerechtes Format.	Ereignisorientierte Aktualisierung und Überarbeitung der Dokumentation durch die verantwortliche Abteilung und die IT-Abteilung.		
Projektmanagement	Bestimmung eines Projektmanagers aus den Mitarbeitern, der für die Ausführung kleiner, einfacher Projekte verantwortlich ist und Mitarbeiter aus der Linienorganisation für die Bearbeitung von Projektschritten heranziehen kann.	Bildung einer Projektgruppe aus den Mitarbeitern, die für die Dauer des Projektes aus ihrer Linienorganisation in die Projektorganisation eingebunden werden.	Bildung einer langfristigen Projektgruppe, die für die Abwicklung aller Projekte verantwortlich ist.		

Abbildung 67: Maßnahmen - Organisation (2/2)

Prozess		Technologieakzeptanz (1/3)	Allgemein
Bezeichnung der Kennzahl		Anzahl Informationsveranstaltungen für alle MA/für operative MA	
Beschreibung		Durchführung einer Informationsveranstaltung zu dem Thema Industrie 4.0/Digitalisierung für alle Mitarbeiter, in der die Notwendigkeit der Einführung neuer Technologien erläutert und diskutiert werden.	
Kritischer Erfolgsfaktor		Mitarbeiterakzeptanz, Zusammensetzung, Meinungsführer, Arbeitsplatzverlust, Vereinfachung von Aufgaben, Bestehen des Unternehmens im Wettbewerb	
Adressat		Technologiemanagement	
	Zielwert	Individuell festzulegen und zu kommunizieren	Es-kalation
	Toleranzwert	positiv ≥ 1 im Betrachtungszeitraum	
	Verantwortlicher	Geschäftsführung	Über-wachung
	Definitionscheck	1 Jahr nach Inkrafttreten	
	Datenquelle	Personalabteilung	Messung
	Messverfahren	Abgleich mit internem Veranstaltungskalender	
	Messintervall	quartalsweise	
	Verantwortlicher	Technologiemanagement	
	Berechnungsweg	Anzahl Informationsveranstaltungen für alle MA im Betrachtungszeitraum	Berechnung & Darstellung
	Intervall	quartalsweise	
	Verantwortlicher	Personalabteilung	

Abbildung 68: Kennzahlenblatt – Beispiel

### 8.4 Anhang AP5

PG	GF	Prozessgebiet	Frage	A1	A2	A3	A4	A5
1	Mensch	Technologieakzeptanz	Wie reagieren die Mitarbeiter, wenn Sie Ihnen die Einführung einer neuen Technologie ankündigen?	Die Mitarbeiter weigern sich den Weg mitzugehen und boykottieren die Einführung.	Die Mitarbeiter stellen kritische Fragen und lehnen die Einführung zunächst ab.	Die Mitarbeiter nehmen die Einführung hin und sind bereit mit der neuen Technologie zu arbeiten.	Die Mitarbeiter finden die Einführung gut und stellen sofort Fragen zu der neuen Technologie.	Die Mitarbeiter sind begeistert von der Idee und bieten sofort Hilfe beim Einführungsprozess an.
			In wie fern können die Führungskräfte die Risiken und Chancen der Digitalisierung für ihre Mitarbeiter (Arbeitsplatzverlust, Vereinfachung von Aufgaben, Bestehen des Unternehmens im Wettbewerb) abschätzen?	Sie haben keine Kenntnis über die Risiken und Chancen	Sie haben geringe Kenntnis über die Risiken sowie Chancen und können diese auch nicht mit ihrem Mitarbeitern kommunizieren.	Sie haben eine gute Kenntnis über die Risiken sowie Chancen, aber können nicht mit allen Mitarbeitern offen darüber kommunizieren.	Sie haben sehr gute Kenntnisse über die Risiken sowie Chancen, und können mit den meisten Mitarbeitern offen darüber kommunizieren.	Sie haben eine umfassende Kenntnis über die Risiken sowie Chancen und können diese mit ihren Mitarbeitern offen kommunizieren.
			Wie gehen die Mitarbeiter ohne Vorbereitung mit einem neuen softwarebasierten System um?	Die Mitarbeiter wissen nichts mit dem neuen System anzufangen.	Die Mitarbeiter können die Grundfunktion verstehen.	Die Mitarbeiter können die Funktionen des Systems verstehen.	Die Mitarbeiter gehen intuitiv richtig mit dem neuen System und können sich selbstständig alle Funktionen aneignen.	Die Mitarbeiter wissen auf Anhieb mit einem dem neuen System umzugehen und testen alle Funktionen.
			Schulen Sie Ihre Mitarbeiter im Umgang mit digitalen Technologien (IT-Kompetenzen, nicht-technische Kompetenzen wie Prozess-Know-how, Kommunikationsfähigkeiten)?	Nein, es gibt keine Schulungsmaßnahmen.	Es gibt wenige Maßnahmen, an denen sporadisch teilgenommen wird.	Ja, es gibt mehrere Maßnahmen an denen oft teilgenommen wird.	Ja es gibt bereits viele Maßnahmen, die regelmäßig besucht werden.	Ja, es gibt ein umfassendes Maßnahmenpaket, an dem die Mitarbeiter gerne teilnehmen.
			Wann und in welchem Umfang binden Sie die Mitarbeiter in den Einführungsprozess neuer Technologien ein?	Die Einführung wird kurz vor dem ersten Einsatztag bekannt gegeben.	Nach der Hälfte des Planungs- und Einführungsprozesses werden die Mitarbeiter über diesen informiert.	Bei Planungsbeginn werden die Mitarbeiter über die Einführung der neuen Technologie informiert.	Bei Planungsbeginn wird nach der Meinung der Mitarbeiter bezüglich verschiedener Technologievarianten gefragt.	Bei Planungsbeginn werden die Mitarbeiter nach ihrer Meinung und Ideen bezüglich der neuen Technologie befragt.
			Wie gehen die Mitarbeiter mit sensiblen Daten um?	Die Mitarbeiter können sensible nicht von normalen Daten unterscheiden.	Die Mitarbeiter wissen nicht sensible Daten sicher gespeichert werden.	Die Mitarbeiter wissen, wie sensible Daten sicher abgelegt werden.	Die Mitarbeiter wissen genau, wie sensible Daten sicher gespeichert und verwaltet werden.	Die Mitarbeiter wissen exakt, welche Daten, wie gespeichert und verwaltet werden müssen und passen ihr Verhalten den unternehmens-internen Sicherheitspolitik an.
2	Mensch	Datenschutz	Wie gehen die Führungskräfte mit Mitarbeiterdaten um?	Die Mitarbeiterdaten werden ohne Wissen der Mitarbeiter darüber, zur Leistungsüberwachung genutzt.	Die Mitarbeiterdaten werden zur Leistungsüberwachung genutzt und die Mitarbeiter haben Kenntnis darüber.	Die Mitarbeiterdaten können unter Umständen eingesehen werden und die Mitarbeiter darüber informiert.	Die Mitarbeiterdaten werden anonymisiert und die Mitarbeiter wissen dies.	Die Mitarbeiterdaten werden gelocht oder anonymisiert und die Mitarbeiter sowie die externe Interessensgruppen wissen dies.
			Wie verhalten sich die Mitarbeiter in einer Gefahrensituation?	Die Mitarbeiter wissen nicht genau, was zu tun ist.	Die Mitarbeiter wissen was in der Situation zu tun ist.	Die Mitarbeiter genau, wie sie sich verhalten sollen.	Die Mitarbeiter können die Situation genau einschätzen und passen ihr Verhalten an die Situation an.	Die Mitarbeiter können die Situation genau einschätzen und passen ihr Verhalten an die Situation an.

Abbildung 69: Kennzahlenkatalog - Mensch

7	Drahtlose Datenübertragung	Kein Fabrikbereich ist mit einer DD abgedeckt.	Die Bürobereiche sind mit einer DD abgedeckt.	Die wichtigsten Teile der Fabrikgebäude sind mit einer DD abgedeckt.	Alle Fabrikgebäude sind mit einer DD abgedeckt.	Die Fabrikgebäude sowie das Fabrikgelände sind mit einer DD abgedeckt.
	Welche Fabrikbereiche sind mit einer drahtlosen Datenübertragung (DD) abgedeckt? Ist die drahtlose Datenübertragung durch eine Redundanz abgesichert?	Kein Fabrikbereich ist mit einer DD abgedeckt.	Die Bürobereiche sind mit einer DD abgedeckt.	Die wichtigsten Teile der Fabrikgebäude sind mit einer DD abgedeckt.	Alle Fabrikgebäude sind mit einer DD abgedeckt.	Die Fabrikgebäude sowie das Fabrikgelände sind mit einer DD abgedeckt.
	Mit welchem Lizenzmodell wird in Ihrem Unternehmen gearbeitet? Können weitere Lizenzen innerhalb Ihres Lizenzmodells erworben werden? Kann das Lizenzmodell in Ihrem Unternehmen umgestellt werden?	Ja Named-User-Modell Ja Ja	Concurrent-User-Modell Nein Nein	Pay-Per-Use-Modell	Lizenzfrei	Andere
8	Lizenzen					
9	Datenverwaltungssystem	Wie werden die Daten in ihrem Datenverwaltungssystem eingegeben bzw. aktualisiert? Sind die Daten zuverlässig gespeichert?	Die Daten werden manuell eingegeben und aktualisiert. Es gibt häufig Systemausfälle und die Daten gehen verloren.	Die Daten werden automatisch eingegeben bzw. aktualisiert. (bspw. per Barcode-Scan). Es gibt häufig Systemausfälle aber die Daten sind redundant gespeichert.	Die Daten werden in Echtzeit gelesen und aktualisiert. (bspw. per RFID). Es gibt wenige Systemausfälle und die Daten sind Redundant gespeichert.	
10	Lagerverwaltungssystem	Wie werden die Daten in ihrem Lagerverwaltungssystem eingegeben bzw. aktualisiert? Sind die Daten zuverlässig gespeichert?	Die Daten werden manuell eingegeben und aktualisiert. Es gibt häufig Systemausfälle und die Daten gehen verloren.	Die Daten werden automatisch eingegeben bzw. aktualisiert. (bspw. per Barcode-Scan). Es gibt häufig Systemausfälle aber die Daten sind redundant gespeichert.	Die Daten werden in Echtzeit gelesen und aktualisiert. (bspw. per RFID). Es gibt wenige Systemausfälle und die Daten sind Redundant gespeichert.	
11	Auftragsverwaltungssystem	Wie werden die Daten in ihrem Auftragsverwaltungssystem eingegeben bzw. aktualisiert? Sind die Daten zuverlässig gespeichert?	Die Daten werden manuell eingegeben und aktualisiert. Es gibt häufig Systemausfälle und die Daten gehen verloren.	Die Daten werden automatisch eingegeben bzw. aktualisiert. (bspw. per Barcode-Scan). Es gibt häufig Systemausfälle aber die Daten sind redundant gespeichert.	Die Daten werden in Echtzeit gelesen und aktualisiert. (bspw. per RFID). Es gibt wenige Systemausfälle und die Daten sind Redundant gespeichert.	
12	Objektidentifikation	Wie sind die für eine Identifikation relevanten Objekte von ihrem System identifizierbar bzw. wie werden ihre Informationen übertragen? Liegen CAD-Daten für die Objekte vor?	Sie sind nicht identifizierbar. Es liegen keine CAD-Daten vor.	Sie sind mit QR-/Barcodes versehen. Es liegen CAD-Daten vor, diese sind aber nicht in das System implementiert.	Sie sind mit RFID-Technologie versehen. Die CAD-Daten der Objekte sind in das System implementiert.	
13	Datensicherheit	Werden die Daten in ihrem Unternehmen verschlüsselt übermittelt? Sind die Endgeräte durch eine Sicherheitssoftware geschützt? Verfolgt ihr Unternehmen eine Sicherheitsstrategie?	Die Daten werden ungeschützt übertragen. Die Endgeräte sind nicht geschützt. Das Unternehmen verfügt über keine Sicherheitsstrategie.	Die Datenübertragung findet durchgängig verschlüsselt statt. Alle Endgeräte sind durch eine Sicherheitssoftware geschützt. Das Unternehmen verfolgt eine einheitliche Sicherheitsstrategie.	Das Unternehmen verfolgt eine einheitliche und individuelle Sicherheitsstrategie.	

Abbildung 70: Kennzahlenkatalog – Technik (1/2)

14	<b>Netzwerkinfrastruktur</b>	Wie robust ist ihre Netzwerkinfrastruktur? Ist die Netzwerkinfrastruktur durch Redundanzen abgesichert? Ist das Netzwerk konsolidiert?	Die Netzwerkinfrastruktur ist anfällig für Ausfälle. (Ausfallrate > 50 %) Es ist kein Ausweichmedium verfügbar. Das Netzwerk besteht aus mehreren Einzelnetzwerken.	Die Netzwerkinfrastruktur ist anfällig für Überlastung. (Häufigkeit der Überlastung > 20 %) Es ist ein Ausweichmedium verfügbar, falls das Netzwerk ausfällt oder Überlastet ist. Das Netzwerk ist zu einem Netzwerk konsolidiert.	Die Netzwerkinfrastruktur ist robust. (Ausfallrate und Überlastungshäufigkeit < 1 %)
15	<b>Datenschutz</b>	Durch wen oder was werden die Mitarbeiterdaten verarbeitet? (Verarbeiten meint das speichern, verändern, übermitteln, sperren und löschen.)	Die Daten werden nicht verarbeitet, sondern lediglich in einer Datenbank gespeichert.	Die Daten werden durch interne Datenschutzbeauftragte verarbeitet.	Die Daten werden von automatisierten Datenverarbeitungsprogrammen verarbeitet und einem Datenschutzbeauftragten überwacht.
16	<b>Berechtigungsmanagement</b>	Wie werden die Zugriffsrechte für Ressourcen (z.B. Computerprogramm) verwaltet? Wie werden die Zugriffsrechte verteilt?	Die Zugriffsrechte werden nicht verwaltet, lediglich verteilt. Die Zugriffsrechte werden dezentral und intransparent verteilt.	Die Zugriffsrechte werden über ein zentrales Berechtigungsmanagement verteilt. Die Zugriffsrechte werden zentral verteilt.	Die Zugriffsrechte werden durch ein durchgängiges System verwaltet. Die Zugriffsrechte werden dezentral und gruppenbezogen verteilt.
17	<b>Drahtgebundene Datenübertragung</b>	In welchen Fabrikbereichen steht eine drahtgebundene Datenübertragung zur Verfügung?	Es steht keine drahtgebundene Datenübertragung zur Verfügung.	Es steht eine drahtgebundene Datenübertragung in den Bürobereichen zu Verfügung.	Es steht eine drahtgebundene Datenübertragung auf dem gesamten Fabrikgelände zur Verfügung.
18	<b>Datenübertragungsgeschwindigkeit</b>	Wie hoch ist die Qualität der Datenübertragung im Hinblick auf die Geschwindigkeit?	Es steht keine Datenübertragung zur Verfügung. Die Daten werden in verschiedenen Systemen verwaltet.	Es steht eine langsame und volatile Datenübertragung zur Verfügung.	Es steht eine schnelle Verbindung für die Datenübertragung zur Verfügung.
19	<b>Schnittstellen</b>	Findet die Datenverwaltung in verschiedenen IT-Systemen statt? Wie ist die Beschaffenheit der Schnittstellen?	Es gibt keine Schnittstellen.	Die Schnittstellen sind veraltet.	Die Schnittstellen sind standardisiert. Es sind verschiedene Schnittstellen vorhanden, die eine Softwarekompatibilität gewährleisten.

Abbildung 71: Kennzahlenkatalog – Technik (2/2)

20	Stammdatenmanagement	Gibt es in Ihrem Unternehmen ein eigenständiges Stammdatenmanagement?	Es gibt kein eigenständiges Stammdatenmanagement, Stammdaten werden bei Bedarf von den jeweiligen Mitarbeitern eingepflegt.	Es gibt kein eigenständiges Stammdatenmanagement, das die Pflege der Daten der vollzieht bzw. überwacht und alle Daten in einem System vereinhlicht.	Das Fabriklayout liegt in drei-dimensionaler digitaler Form vor.
21	Fabriklayout	Wie hoch ist der Aktualisierungsgrad der Stammdaten?	Die Stammdaten werden täglich gepflegt bzw. ihre Konsistenz zentral überprüft und von den jeweiligen Mitarbeiter bei Generierung neuer Daten eingegeben.	Die Stammdaten werden täglich gepflegt bzw. ihre Konsistenz zentral überprüft und von den jeweiligen Mitarbeiter bei Generierung neuer Daten eingegeben.	Das Fabriklayout liegt in zwei-dimensionaler digitaler Form vor.
22	Anpassungsfähigkeit Aufbauorganisation	In welcher Form liegt das Fabriklayout bei Ihnen vor?	Die Stammdaten werden nicht aktualisiert.	Das Fabriklayout liegt für wenige Unternehmensbereiche in digitaler Form vor.	Das Fabriklayout liegt in drei-dimensionaler digitaler Form vor.
23	Kennzahlensystem	Wie hoch ist die Aktualität des Fabriklayouts?	Die Layoutdaten werden nicht aktualisiert.	Die Layoutdaten werden bei Layoutveränderungen aktualisiert.	Die Aktualität wird Quartalsweise überprüft und ggf. angepasst.
24	Instandhaltungsmanagement	Wie flexibel kann eine neue Abteilung in Ihrem Unternehmen integriert werden?	Es ist möglich eine neue Abteilung in die Unternehmensorganisation zu integrieren.	Es ist möglich eine neue Abteilung in die Unternehmensorganisation zu integrieren.	Es kann nach Wirtschaftlichkeitsprüfung umgehend ein Projekt zur Integration einer neuen Abteilung erfolgen.
		In welchem Umfang werden Kennzahlen in Ihrem Unternehmen analysiert?	Es werden keine Kennzahlen erhoben.	Es werden einzelne Kennzahlen erhoben und analysiert.	Es werden Kennzahlen transparent und zielgerichtet zu einem Kennzahlensystem zusammengefügt und dieses analysiert.
		Werden die Soll-Kennzahlen angepasst?	Die Soll-Kennzahlen sind starr und werden nicht angepasst.	Die Soll-Kennzahlen können angepasst werden.	Es werden Kennzahlen transparent und zielgerichtet zu einem Kennzahlensystem zusammengefügt und dieses analysiert.
		Wie wird die Instandhaltung in Ihrem Unternehmen organisiert?	Maschinen und Anlagen werden von den jeweiligen Mitarbeitern kurzfristig bei Störungen repariert.	Die Instandhaltung wird durch ein Instandhaltungsmanagement organisiert, das aus ausgewählten Mitarbeitern besteht, die diese Aufgabe neben ihrer eigentlichen Tätigkeit ausführen.	Es werden Kennzahlen transparent und zielgerichtet zu einem Kennzahlensystem zusammengefügt und dieses analysiert.
		Werden die Anlagen in Ihrem Unternehmen vorbeugend instandgehalten?	Die Anlagen werden lediglich bei Störung bzw. Ausfall repariert.	Das Instandhaltungsmanagement koordiniert die von den jeweiligen Mitarbeiter durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen.	Das Instandhaltungsmanagement plant, organisiert und sichert die finanziellen Mittel zur Durchführung der Instandhaltungsmaßnahmen.

Abbildung 72: Kennzahlenkatalog – Organisation (1/3)

Organisation	
25	<p><b>Bewegungsdatenmanagement</b></p> <p>Gibt es in Ihrem Unternehmen ein eigenständiges Bewegungsdatenmanagement?</p> <p>Wie hoch ist der Aktualisierungsgrad der Bewegungsdaten?</p> <p>In welcher Form liegen Schulungsanweisungen in Ihrem Unternehmen vor?</p> <p>Wie hoch ist die Aktualität der Schulungsanweisungen?</p> <p>In welcher Form liegen Sicherheitsanweisungen in Ihrem Unternehmen vor?</p> <p>Wie hoch ist die Aktualität der Sicherheitsanweisungen?</p> <p>In welcher Form liegen Wartungsanweisungen in Ihrem Unternehmen vor?</p> <p>Wie hoch ist die Aktualität der Wartungsanweisungen?</p> <p>In welcher Form liegen Montageanweisungen in Ihrem Unternehmen vor?</p> <p>Wie hoch ist die Aktualität der Montageanweisungen?</p>
26	<p>Es gibt ein eigenständiges Bewegungsdatenmanagement, das die Pflege der Daten der vollzeit bzw. überwacht und alle Daten in einem System vereinheitlicht.</p> <p>Es gibt ein eigenständiges Bewegungsdatenmanagement, das die Pflege der Daten vollzeit bzw. überwacht.</p> <p>Die Bewegungsdaten werden täglich gepflegt bzw. ihre Konsistenz zentral überprüft und von den jeweiligen Mitarbeiter bei Generierung neuer Daten eingegeben.</p> <p>Die Schulungsanweisungen liegen in digitaler Form vor.</p> <p>Die Schulungsanweisungen werden laufend, also in regelmäßigen Abständen aktualisiert und sind immer auf dem neuesten Stand.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen liegen in digitaler Form vor.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen werden laufend, also in regelmäßigen Abständen aktualisiert und sind immer auf dem neuesten Stand.</p> <p>Die Wartungsanweisungen liegen in digitaler Form vor.</p> <p>Die Wartungsanweisungen werden laufend, also in regelmäßigen Abständen aktualisiert und sind immer auf dem neuesten Stand.</p> <p>Die Montageanweisungen liegen in digitaler Form vor.</p> <p>Die Montageanweisungen werden laufend, also in regelmäßigen Abständen aktualisiert und sind immer auf dem neuesten Stand.</p>
27	<p>Es gibt kein eigenständiges Bewegungsdatenmanagement, Bewegungsdaten werden bei Bedarf von den jeweiligen Mitarbeitern eingepflegt.</p> <p>Die Bewegungsdaten werden bei wöchentlich aktualisiert.</p> <p>Die Schulungsanweisungen liegen in Papierform vor.</p> <p>Die Schulungsanweisungen werden bei Bedarf aktualisiert.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen liegen in Papierform vor.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen werden bei Bedarf aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Schulungsanweisungen vor.</p> <p>Die Schulungsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Sicherheitsanweisungen vor.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Wartungsanweisungen vor.</p> <p>Die Wartungsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Montageanweisungen vor.</p> <p>Die Montageanweisungen werden nicht aktualisiert.</p>
28	<p>Es gibt kein eigenständiges Bewegungsdatenmanagement, Bewegungsdaten wird keine Beachtung geschenkt.</p> <p>Die Bewegungsdaten werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Schulungsanweisungen vor.</p> <p>Die Schulungsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Sicherheitsanweisungen vor.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Wartungsanweisungen vor.</p> <p>Die Wartungsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Montageanweisungen vor.</p> <p>Die Montageanweisungen werden nicht aktualisiert.</p>
29	<p>Es gibt kein eigenständiges Bewegungsdatenmanagement, Bewegungsdaten werden bei Bedarf von den jeweiligen Mitarbeitern eingepflegt.</p> <p>Die Bewegungsdaten werden bei wöchentlich aktualisiert.</p> <p>Die Schulungsanweisungen liegen in Papierform vor.</p> <p>Die Schulungsanweisungen werden bei Bedarf aktualisiert.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen liegen in Papierform vor.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen werden bei Bedarf aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Schulungsanweisungen vor.</p> <p>Die Schulungsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Sicherheitsanweisungen vor.</p> <p>Die Sicherheitsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Wartungsanweisungen vor.</p> <p>Die Wartungsanweisungen werden nicht aktualisiert.</p> <p>Es liegen keine Montageanweisungen vor.</p> <p>Die Montageanweisungen werden nicht aktualisiert.</p>

Abbildung 73: Kennzahlenkatalog – Organisation (2/3)

30	Qualitätsmanagement	Wer erfüllt in Ihrem Unternehmen die Aufgaben eines Qualitätsmanagements?	Für das Qualitätsmanagement werden keine Ressourcen aufgewendet.	Die Aufgaben werden von einzelnen Mitarbeitern in den jeweiligen Prozessschritten erfüllt.	Die Aufgaben werden von Bereichsinternen Qualitätsbeauftragten in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Mitarbeitern der Prozesse erfüllt.	Es gibt ein eigenständiges Qualitätsmanagement, das die Aufgaben in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Mitarbeitern der Prozesse erfüllt.	Es gibt ein erfahrenes Qualitätsmanagement, das die Aufgaben in Zusammenarbeit mit den jeweiligen erfüllt.
31	Prozessmanagement	Welche Aufgaben werden im Zuge des Prozessmanagements in Ihrem Unternehmen durchgeführt?	Es werden keine Aufgaben im Zuge des Prozessmanagements erfüllt.	Die Aufgabe im Zuge des Prozessmanagements ist die Dokumentation der Prozesse.	Die Aufgaben im Zuge des Prozessmanagements sind die Dokumentation, Verbesserung und Standardisierung von bestehenden Prozessen.	Die Aufgaben im Zuge des Prozessmanagements sind die Dokumentation, Verbesserung und Standardisierung von bestehenden Prozessen sowie die Gestaltung neuer Prozesse.	
32	Risikomanagement	Wer führt die Aufgaben, die im Zuge des Prozessmanagements bestehen, aus?	Es werden keine Aufgaben im Zuge des Prozessmanagements ausgeführt.	Die Aufgaben werden von den einzelnen Mitarbeitern in den jeweiligen Prozessabschnitten ausgeführt.	Die Aufgaben werden von einem eigenständigen Prozessmanagement ausgeführt.		
		Wer hat in Ihrem Unternehmen die Verantwortung für die Bewertung der Risiken?	Risiken werden keine Beachtung geschenkt.	Die Bewertung wird von einzelnen Mitarbeitern in der jeweiligen Abteilung/Bereich übernommen.	Die Bewertung wird von Risikobeauftragten in den jeweiligen Abteilungen/Bereichen übernommen.	Die Bewertung wird durch ein eigenständiges Risikomanagement durchgeführt.	
33	Technische Dokumentation	Wie erfolgt die Bewertung von Risiken innerhalb des Risikomanagements?	Die Bewertung erfolgt Risikospezifisch.	Die Bewertung erfolgt nach klar definierten Mustern.	Es liegen technische Dokumentationen in digitaler Form vor.		
		In welcher Form liegen technische Dokumentationen vor?	Es liegen keine technischen Dokumentationen vor.	Die technischen Dokumentationen unterliegen einer regelmäßigen, mindestens halbjährlichen Aktualisierung.	Zur Durchführung neuer Projekte werden Projektteams gebildet.	Es gibt ein eigenständiges Projektmanagement, das die Durchführung neuer Projekte begleitet.	Es gibt ein eigenständiges Projektmanagement, das die Durchführung neuer Projekte plant und begleitet.
		Wie hoch ist die Aktualität der technischen Dokumentation?	Die technischen Dokumentationen werden nicht aktualisiert.	Neue Projekte werden von den Führungskräften durchgesetzt und die Aufgaben an die Mitarbeiter weitergegeben.	Es wird umfassend über diese Planungsdokumente diskutiert und die Erstellung von Dokumenten diesbezüglich läuft aktuell.		Ja, es liegen bereits umfassende Vorgehensprotokolle dafür vor.
34	Projektmanagement	Gibt es ein strukturiertes Vorgehen für die Planung und Steuerung von digitalen Innovationen?	Nein, über dieses Projektgebiet wird nicht nachgedacht.	Es wird teilweise über die über dieses Thema diskutiert.			

Abbildung 74: Kennzahlenkatalog – Organisation (3/3)

## Literaturverzeichnis

Ahlemann, Frederik; Schroeder, Christine; Teuteberg, Frank (2005): Kompetenz- und Reifegradmodelle für das Projektmanagement. Grundlagen, Vergleich und Einsatz. Osnabrück: Univ. FB Wirtschaftswiss. Organisation u. Wirtschaftsinformatik (ISPRI-Arbeitsbericht, 01/2005).

Amasaka, Kakuro (2015): New JIT, new management technology principle. Boca Raton: CRC Press.

Bauernhansl, Thomas; Hoppel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit (Hg.) (2014a): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg (SpringerLink). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>.

Bauernhansl, Thomas; Hoppel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit (Hg.) (2014b): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Becker, Jörg; Beverungen, Daniel; Knackstedt, Ralf; Matzner, Martin; Müller, Oliver; Pöppelbuß, Jens (2011): Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke (Flexnet). Forschungsprojekt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme Integration von Produktion und Dienstleistung. Münster, Hannover: Inst. für Wirtschaftsinformatik; Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek (Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 130). Online verfügbar unter <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb11/668435534.pdf>.

Becker, Jörg; Knackstedt, Ralf; Pöppelbuß, Jens (2009): Dokumentationsqualität von Reifegradmodellentwicklungen. Münster: Inst. für Wirtschaftsinformatik (Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, 123).

Bertelsmann, René (2017): Die Abweichungsanalyse als Instrument des Controllings in der Bundesverwaltung. In: Controlling : Konzeptionen – Instrumente – Anwendungen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 477–488.

Biberoglu, Erol; Haddad, Hisham (2002): A Survey of Industrial Experiences with CMM and the Teaching of CMM Practices: DigitalCommons@Kennesaw State University.

BMWI (2014): Eckpunkte für eine Strategie "Intelligente Vernetzung" - Mehr Leistung, höhere Qualität - Öffentliche Basissysteme optimieren.

Botthof, Alfons (2015): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Hg. v. Ernst Andreas Hartmann. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (SpringerLink : Bücher).

Brühwiler, Bruno; Stahlmann, Bert H.; Gottschling, Henner D. (1999): Innovative Risikofinanzierung. Neue Wege im Risk Management. Wiesbaden, s.l.: Gabler Verlag. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-10363-9>.

Bruin, Tonia de; Rosemann, Michael (2005): Towards an integrated maturity model of asset management capabilities: Springer London.

Buchner, Robert (1985): Finanzwirtschaftliche Statistik und Kennzahlenrechnung. München: Vahlen (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften).

- Chrissis, Mary Beth; Shrum, Sandy; Konrad, Mike (2011): CMMI for Development®. Guidelines for Process Integration and Product Improvement, Third Edition: Addison-Wesley Professional. Cirullies, J.; Hackstein, L.; Hesse, K.; Hohaus, C.; Jung, E.-N.; Klingebiel, K.; Parlings, M. (2014): Ressourceneffiziente Logistik. In: Reimund Neugebauer (Hg.): Handbuch ressourcenorientierte Produktion. [Elektronische Ressource]. München: Hanser (Hanser eLibrary).
- Dombrowski, U.; Wagner, T.: Arbeitswandel im Wandel von Industrie 4.0. In: *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 2014 (5), S. 351.
- Egeli, Martin (2016): Erfolgsfaktoren von Mobile Business. Ein Reifegradmodell zur digitalen Transformation von Unternehmen durch Mobile IT. 1. Aufl. 2016. Wiesbaden: Springer Vieweg (SpringerLink : Bücher).
- Feld, T.; Hofman, M.; Schmidt, R. (2012): Industrie 4.0: Vom intelligenten Produkt zur intelligenten Produktion. In: *Information Management und Consulting* (3), S. 38–42.
- Fiedler, Rudolf (2016): Controlling von Projekten. Mit konkreten Beispielen aus der Unternehmenspraxis - Alle Aspekte der Projektplanung, Projektsteuerung und Projektkontrolle. 7. Aufl. 2016. Wiesbaden: Springer Vieweg (SpringerLink : Bücher).
- Gladen, Werner (2014): Performance Measurement. Controlling mit Kennzahlen. 6., überarb. Aufl. 2014. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH (Lehrbuch), zuletzt geprüft am 15.08.2017.
- Gronau, Norbert (2014): Der Einfluss von Cyber-Physical Systems auf die Gestaltung von Produktionssystemen. In: Wolfgang Kersten, Hans Koller und Hermann Lödding (Hg.): Industrie 4.0. Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern. Berlin: Gito (Schriftenreihe der Hochschulgruppe für Arbeits- und Betriebsorganisation e.V. (HAB)), S. 279–295.
- Grüning, Michael (2002): Performance-Measurement-Systeme. Messung und Steuerung von Unternehmensleistung. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag (Gabler Edition Wissenschaft).
- Günthner, W.; Wölfle, M.; Fischer, R (2011): Wearable Computing und RFID in Produktion und Logistik – Ansätze zur bereichsübergreifenden Nutzung digitaler Informationen. Häder, Michael; Häder, Sabine: Die Delphi-Methode als Gegenstand methodischer Forschungen.
- Hammer, Richard (2015): Unternehmensplanung. Planung und Führung. 9th revised and expanded edition. Berlin/Boston: De Gruyter Oldenbourg (De Gruyter Studium). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1515/9783110413731>.
- Herbert, Matthias; Kicherer, Florian; Schneider, Patrick (2011): Business process management tools 2011. Hg. v. Dieter Spath, Anette Weisbecker, Dietmar Kopperger und Rainer Nägele. Stuttgart: Fraunhofer-Verl.
- Höltz, Norman (2012): Lean logistics maturity model. Ein Reifegradmodell zur Bewertung schlanker intralogistischer Unternehmensstrukturen. Cottbus.
- Horváth, Péter; Gleich, Ronald; Seiter, Mischa (2015): Controlling. 13., komplett überarbeitete Auflage. München: Verlag Franz Vahlen.
- Huber, Walter (2016): Industrie 4.0 in der Automobilproduktion. Ein Praxisbuch. Wiesbaden: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-12732-9>.

International Institute of Business Analysis (2012): Leitfaden zur Business Analyse IIBA BABOK Guide 2.0. Version 2.0. Gießen: Schmidt.

Jentsch, D.; Riedel, R.; Jäntsche, A.; Müller, E. (2014): Fabrikaudit Industrie 4.0 – Strategischer Ansatz zur Potenzialermittlung und schrittweisen Einführung einer Smart Factory. In: *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 109 (9), S. 678–681.

Kagermann, Henning; Helbig, Johannes; Hellinger, Ariane; Wahlster, Wolfgang (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern; Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin, Frankfurt/Main: Forschungsunion; Geschäftsstelle der Plattform Industrie 4.0. Kirchhoff, Sabine; Kuhnt, Sonja; Lipp, Peter; Schlawin, Siegfried: Der Fragebogen. 5. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.

Kremers, Markus (2002): Risikoübernahme in Industrieunternehmen. Der Value-at-Risk als Steuerungsgröße für das industrielle Risikomanagement, dargestellt am Beispiel des Investitionsrisikos. Sternenfels: Verlag Wissenschaft und Praxis (Schriftenreihe Finanzmanagement, Bd. 7). Kübel, Moritz (2013): Corporate M & A. Reifegradmodell und empirische Untersuchung. Dordrecht: Springer.

Laux, Helmut; Liermann, Felix (1986): Grundfragen der Erfolgskontrolle. Berlin u.a.: Springer (Heidelberger betriebswirtschaftliche Studien).

Mayer, F.; Pantförder, D. (2014): Unterstützung des Menschen in Cyber-Physical-Production-Systems. In: Thomas Bauernhansl, Michael ten Hompel und Birgit Vogel-Heuser (Hg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Mejia, Jezreel; Muñoz, Mirna; Rocha, Álvaro; San Feliu, Tomas; Peña, Adriana (2016): Trends and Applications in Software Engineering. Proceedings of CIMPS 2016. Cham: Springer International Publishing (Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 537).

Preißler, Peter R. (2008): Betriebswirtschaftliche Kennzahlen. Formeln, Aussagekraft, Sollwerte, Ermittlungsintervalle. München: Oldenbourg. Online verfügbar unter [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2912541&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2912541&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm). PwC (2014): Industrie 4.0: Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Frankfurt am Main.

Reupke, Ulf; Struck, Thomas (2014): Reifegradmodellanalysen. In: *CON* 26 (10), S. 574–579.

DOI: 10.15358/0935-0381\_2014\_10\_574. Rieg, Robert (2015): Planung und Budgetierung. Was wirklich funktioniert. 2., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Springer. Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=939402>.

Rienhoff, Otto; Dickmann, Frank; Oroszi, Franziska (Hg.) (2017): Der IT-Reifegrad von Krankenhäusern. Modell der KIT-CON für ein effizientes Krankenhaus-IT-Controlling. KIT-CON - AG IT-Controlling der Universitätsklinik Erlangen, Göttingen, Jena und Münster sowie der Klinikverbände Asklepios und Vivantes. 1. Auflage. Glückstadt: Hülsbusch, W.

Scherer, Andreas Georg; Kaufmann, Ina Maria; Patzer, Moritz (Hg.) (2009): Methoden in der Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden (Gabler Edition Wissenschaft). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-9473-8>.

- Schnell, Rainer; Esser, Elke; Hill, Paul B. (2013): Methoden der empirischen Sozialforschung. 10., überarb. Aufl. München [u.a.]: Oldenbourg.
- Schuh, Günther; Krumm, Stephan; Amann, Wolfgang (2013): Chefsache Komplexität. Navigation für Führungskräfte. Wiesbaden: Springer Gabler. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-01614-2>.
- Siegwart, Hans; Reinecke, Sven; Sander, Stefan (2010): Kennzahlen für die Unternehmensführung. 7., vollst. überarb. und erg. Aufl. Bern: Haupt.
- Simons, Robert (1995): Levers of control. How managers use innovative control systems to drive strategic renewal. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- Simpson, John Andrew; Weiner, Edmund S. C.; Murry, James Augustus Henry (1989): The Oxford English dictionary. 2. ed. Oxford: Clarendon Press.
- Spath, Dieter; Ganschar, Oliver (Hg.) (2013): Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0. [Studie]. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Stuttgart: Fraunhofer-Verl. Online verfügbar unter [http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie\\_Produktionsarbeit\\_der\\_Zukunft-Industrie\\_4\\_0.pdf](http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4_0.pdf).
- Staples, Mark; Niazi, Mahmood; Jeffery, Ross; Abrahams, Alan; Byatt, Paul; Murphy, Russell (2007): An exploratory study of why organizations do not adopt CMMI. In: *Journal of Systems and Software* 80 (6), S. 883–895. DOI: 10.1016/j.jss.2006.09.008.
- Strohm, Oliver; Escher, Olga Pardo (Hg.) (1997): Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation. Zürich: vdf Hochschulverl. an der ETH Zürich (Mensch, Technik, Organisation, 10).
- Thieme, Hans-Rudolf (1982): Verhaltensbeeinflussung durch Kontrolle. Wirkung von Kontrollmaßnahmen und Folgerungen für die Kontrollpraxis. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1981. Berlin: Schmidt (Betriebswirtschaftliche Studien, 42).
- Uhle, Thorsten; Treier, Michael (2015): Betriebliches Gesundheitsmanagement. Gesundheitsförderung in der Arbeitswelt - Mitarbeiter einbinden, Prozesse gestalten, Erfolge messen. 3., überarb. und erw. Aufl. Berlin: Springer.
- Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael ten (2016): Handbuch Industrie 4.0 Bd.2. Automatisierung. 2nd ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (VDI Springer Reference).
- Wang, Kelvin C. P. (2002): Applications of advanced technologies in transportation. Proceedings of the 7th international conference, August 5-7, 2002, Boston, Massachusetts, USA. [Reston, VA]: American Society of Civil Engineers.
- Weber, Jürgen; Schäffer, Utz (2011): Einführung in das Controlling. 13., überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. Online verfügbar unter <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-7910-2963-4>.
- Wendler, Roy (2012): The maturity of maturity model research. A systematic mapping study. In: *Information and Software Technology* 54 (12), S. 1317–1339. DOI: 10.1016/j.infsof.2012.07.007.