




Jochen Schumacher und Norbert Gronau

# Im Vergleich: Industrie 4.0-Reifegradmodelle





In den letzten Jahren sind zahlreiche Reifegradmodelle entwickelt worden, die je Unternehmen individuell angeben sollen, wie stark die Entwicklung hin zu Industrie 4.0 bereits fortgeschritten ist. Allerdings umfassen nicht alle Modelle alle Aspekte von Industrie 4.0. Auch sind die Modelle nicht gleichermaßen praxistauglich. Exklusiv für Factory Innovation werden in diesem Beitrag die zehn wichtigsten Industrie 4.0-Reifegradmodelle auf Vollständigkeit hin verglichen und beurteilt.

## Welche Reifegradmodelle wurden einbezogen?

Im Rahmen einer Literaturrecherche nach den Begriffen „Reifegradmodell Industrie 4.0“, „Maturity Model Industry 4.0“, Reifegradindex Industrie 4.0“, „Maturity Index Industry 4.0“ konnten 28 Reifegradmodelle sowie sieben Übersichten über Reifegradmodelle (Schumacher, et al., 2016) (Kese & Terstegen, 2017) (Müller, et al., 2018) (Matt, et al., 2018) (Angreani, et al., 2020) (Mrugalska & Stasiuk-Piekarska, 2020) (Domermuth, 2021) identifiziert werden. Nach der Streichung von Doppelnennungen erfolgte eine weitere Durchsicht der Reifegradmodelle nach folgenden Kriterien:

- Ist das Modell noch verfügbar?
- Weist das Modell eine öffentlich zugängliche Dokumentation auf?
- Deckt das Modell einen breiten Handlungsbereich ab? Zu schmal erschienen den Autoren z. B. nur Logistik, Supply Chain Management, Smart Factory, IT-Landschaft oder Organisationsthemen.
- Zeigt das Modell nicht nur den Status-Quo an, sondern auch einen stufenweisen Entwicklungspfad zu einem höheren Grad an Reife?

Tabelle 1: Reifegradmodelle im Vergleich.

Nr.	Industrie 4.0 Reifegradmodell
M1	Industrie 4.0 Maturity Index (Schuh, et al., 2017)
M2	Werkzeugkasten Industrie 4.0 (VDMA, 2017)
M3	Industrie 4.0-Readiness (Lichtblau, et al., 2015)
M4	Industrie 4.0 Assessment (Matt, et al., 2018)
M5	Quick-Check Industrie 4.0 (Pierenkemper, et al., 2019)
M6	Industrie 4.0-Reifegradmodell (Schuh, et al., 2018)
M7	Reifegradmodell (Appelfeller & Feldmann, 2018)
M8	Industrie 4.0-Reifegradmodell (Hübner, 2018)
M9	Industrie-4.0-Reifegradmodell (Puchan & Zeifang, 2017)
M10	InAsPro-Reifegradmodell (Ehemann, et al., 2021)

- Wurde das Modell nicht von Unternehmensberatungen oder Anbietern von Industrie 4.0 Technologien entwickelt? Dieses Kriterium sollte einen Bias aufgrund der Vorbefassung oder aufgrund von besserer Vermarktbarkeit der eigenen Leistungen ausschließen.
- Kann das Modell durch das anwendende Unternehmen selbst durchgeführt werden?

Alle Modelle, bei denen diese Auswahlkriterien erfüllt sind, wurden in die vergleichende Bewertung einbezogen (Tabelle 1).

## Methodik der Bewertung

Auf Basis der notwendigen Technologien, Handlungsbereiche und Erfolgsfaktoren der digitalen Transformation wurden einige wesentlichen Kriterien zur Bewertung der Reifegradmodelle entwickelt. Diese lassen sich in drei wesentliche Bereiche unterteilen, die Industrie 4.0-Abdeckung, den Fokus auf den Dreiklang von Mensch-Organisation-Technik und die praktische Anwendbarkeit des Reifegradmodells.

## 4.0-Abdeckung von Reifegradmodellen

Bei der Bewertung wird geprüft, inwieweit das jeweilige Bewertungskriterium im Reifegrad des zu prüfenden Modells erwähnt und beschrieben wird. Hierzu wird ein vierstufiges Bewertungsschema angewendet:

- 3: Das Kriterium wird erwähnt und im Reifegradmodell ausführlich berücksichtigt
- 2: Das Kriterium wird erwähnt und im Reifegrad teilweise berücksichtigt
- 1: Das Kriterium wird indirekt erwähnt und im Reifegrad teilweise berücksichtigt
- 0: Das Kriterium wird nicht im Reifegradmodell berücksichtigt.

## Anwendbarkeit Reifegradmodell

Mit Hilfe von Reifegradmodellen muss es möglich sein, den Ist-Zustands des Unternehmens zu bewerten und einen stufenweisen Entwicklungspfad zu einem höheren Grad der Reife aufzeigen (Knackstedt, et al., 2009, S. 535). Bei der Bewertung der Reifegradmodelle wird daher geprüft, ob sich mit ihnen der Ist-Zustand ermitteln lässt, ob sich darauf basierend ein Soll-Zustand definieren lässt und ob sich Maßnahmen für die Trans-

Industrie 4.0 Abdeckung	
Dimension	Bewertungskriterien
<b>1. Smart Factory</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Smart Factory allgemein</li> <li>2. Produktion</li> <li>3. Datenerfassung</li> <li>4. Assistenzsysteme</li> <li>5. Produktionsplanung und -steuerung</li> <li>6. Intralogistik</li> <li>7. Instandhaltungsmanagement</li> <li>8. Werkzeugmanagement</li> <li>9. Qualitätsmanagement</li> <li>10. Horizontale- und vertikale Integration</li> <li>11. Big Data Analyse</li> </ol>
<b>2. Smart Supply Chain</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Smart Supply Chain allgemein</li> <li>2. Wertschöpfungsnetzwerke</li> <li>3. Echtzeitstatus &amp; Tracking</li> <li>4. Planung, Steuerung und Überwachung</li> <li>5. Assistenzsysteme</li> <li>6. Transportmanagement</li> <li>7. Horizontale Integration</li> </ol>
<b>3. Smart Products/Digitale Abbildung des Produktlebenszyklus</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digitale Abbildung des Produktlebenszyklus allgemein</li> <li>2. Smart Products (Abbildung des Produktlebenszyklus)</li> <li>3. Digitale Abbildung des Produktlebenszyklus</li> </ol>
<b>4. Neue Geschäftsmodelle</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geschäftsmodelle allgemein</li> <li>2. Smart Products (Geschäftsmodell)</li> <li>3. Smart Services</li> <li>4. Digitale Geschäftsmodelle</li> <li>5. Digitale Plattformen</li> </ol>

Tabelle 2: Kriterien zur Bewertung der Industrie.

formation vom Ist-Zustand zum Soll-Zustand ableiten lassen. Zusätzlich wird bewertet, ob sich die typische Ausgangssituation von KMU und Mittelstand im Reifegradmodell darstellen lässt.

Ebenso werden Fragen zur Berücksichtigung der Unternehmenskultur sowie zur zahlenmäßigen Erfassung von Reifegraden hier zusammengefasst. Insgesamt wurden die in Tabelle 4 dargestellten Kriterien genutzt.

## 1. Bewertung der Modelle

Die Gesamtergebnisse der Bewertung bestehender Industrie 4.0-Reifegradmodelle sind in Tabelle 5 im Überblick dargestellt. Insgesamt sind alle Reife-

gradmodelle dazu geeignet, einen Ist-Zustand zu erfassen, einen Soll-Zustand zu definieren und Maßnahmen abzuleiten. Aufgrund seines insbesondere für KMU sehr erklärungsbedürftigen Aufbaus wurde die Anwendbarkeit des Industrie 4.0 Maturity Index (acatech) gegenüber den anderen Modellen etwas abgewertet. Alle Modelle berechnen einen entsprechenden Reifegradindex je Betrachtungsbereich, das Reifegradmodell InAsPro berechnet als einziges Modell zusätzlich auch einen Gesamtreifegradindex. Große Unterschiede konnten im Hinblick auf die Industrie 4.0-Abdeckung, den sozio-technischen Fokus sowie den Bereich Management und Unternehmenskultur festgestellt werden.

**Tabelle 3: Kriterien zur Bewertung des sozio-technischen Fokus von Reifegradmodellen.**

Sozio-technischer Fokus	
Dimension	Bewertungskriterien
<b>5. Mensch</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dimension Mensch allgemein</li> <li>2. Rolle des Menschen</li> <li>3. Qualifikation</li> </ol>
<b>6. Technik</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dimension Technik allgemein</li> <li>2. Betriebsmittel (Produktion/Logistik)</li> <li>3. Cyber-physische Systeme (CPS)</li> <li>4. Roboter und Assistenzsysteme</li> <li>5. Automatisierungstechnik</li> <li>6. Software</li> </ol>
<b>7. Organisation</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dimension Organisation allgemein</li> <li>2. Aufbauorganisation</li> <li>3. Ablauforganisation</li> <li>4. Arbeitsgestaltung</li> <li>5. Kommunikation</li> <li>6. Wissens- und Kompetenzmanagement</li> </ol>



Anwendbarkeit des Reifegradmodells	
Dimension	Bewertungskriterien
<b>8. Management und Unternehmens-kultur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transformationsstrategie</li> <li>2. Change Management</li> <li>3. Unternehmenskultur</li> </ol>
<b>9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ausgangsbasis von KMU/Mittelstand darstellbar</li> <li>2. Ermittlung des Ist-Zustands</li> <li>3. Definition des Soll-Zustands</li> <li>4. Ableitung von Maßnahmen</li> </ol>
<b>10. Reifegradindex</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reifegradindex gesamt</li> <li>2. Reifegradindex je Betrachtungsbereich</li> </ol>

Tab. 4: Kriterien zur Bewertung der Anwendbarkeit von Reifegradmodellen.

## Industrie 4.0-Abdeckung

Die insgesamt beste Industrie 4.0-Abdeckung haben der Industrie 4.0 Maturity Index (acatech) mit 63 Prozent sowie das Reifegradmodell (InAsPro) mit 60 Prozent. Die Nutzung eines Industrie 4.0-Reifegradmodells, dessen Kern Industrie 4.0 nur teilweise abdeckt, erscheint nicht sinnvoll. Das betrifft den Werkzeugkasten Industrie 4.0 des VDMA mit nur 37 Prozent, den Quick Check Industrie 4.0 von INLUMIA und die Industrie 4.0-Reifegradmodelle des WZL der RWTH Aachen sowie von INTRO 4.0.

Der Industrie 4.0 Maturity Index (acatech) zeigt auch die beste Abdeckung der Bereiche Smart Supply Chain und Smart Products/Digitale Abbildung des Produktlebenszyklus, während die Reifegradmodell InAsPro und Appelfeller und Feldmann den Bereich neuer Geschäftsmodelle am besten abdeckt. Der Bereich Smart Factory wird am besten durch das Industrie 4.0-Reifegradmodell von Puchan und Zeifang abgebildet. Insgesamt kann festgestellt werden, dass bei allen Modellen noch „Luft nach oben“ besteht und teilweise wesentliche Perspektiven von

Industrie 4.0 wie etwa die Supply Chain oder neue Geschäftsmodelle kaum oder gar nicht abgedeckt werden.

## Sozio-technischer Fokus

Den insgesamt besten sozio-technischen Fokus hat mit 74 Prozent das Industrie 4.0-Reifegradmodell von Puchan und Zeifang. Es deckt mit 83 Prozent weitaus am besten die Dimension Organisation ab. Alle anderen Reifegradmodelle haben hier teilweise erhebliche Defizite. Die Dimension Mensch wird mit 89 Prozent am besten vom Industrie 4.0 Assessment (Matt et al.) abgebildet, gefolgt von den Modellen Industrie 4.0-Readiness (IMPULS-Stiftung) und Quick-Check Industrie 4.0 (INLUMIA) mit je 78 Prozent. Die beste Abdeckung der Dimension Technik teilen sich der Industrie 4.0 Maturity Index (acatech), das Reifegradmodell (Appelfeller & Feldmann) sowie das Industrie 4.0-Reifegradmodell (Puchan & Zeifang) mit je 72 Prozent. Insgesamt kann festgestellt werden, dass alle Modelle die Dimensionen Technik mit 39 bis 72 Prozent abdecken, die Dimension Organisation mit 28 bis 83 Prozent und die Dimension Mensch mit 0 bis 89

Prozent. Modelle, die Mensch und Organisation im Reifegrad von Industrie 4.0 nur unzureichend berücksichtigen, sollten in der Praxis nicht verwendet werden.

## Anwendbarkeit des Reifegradmodells

Unter diesem Kriterium werden die drei Aspekte des Managements und der Unternehmenskultur, die Anwendbarkeit und die Detailliertheit des Reifegradindex zusammengefasst.

Die beste Berücksichtigung dieser drei Themen zeigt das Reifegradmodell InAsPro mit 100 Prozent. Auch das Industrie 4.0 Assessment von Matt et al. mit 85 Prozent liegt in der Spitzengruppe. Komplette Ausfälle bei der Anwendbarkeit des Reifegradmodells gibt es nicht, auch wenn der VDMA-Werkzeugkasten Industrie 4.0 und das Reifegradmodell des WZL der RWTH Aachen die Bereiche Management und Unternehmenskultur komplett unberücksichtigt lassen.

## Gesamtbetrachtung

Fünf der verglichenen Modelle für die Reifemessung eines Unternehmens im Hinblick auf Industrie 4.0 können für die Anwendung ohne Einschränkung empfohlen werden. Sie weisen keine erheblichen Defizite auf, decken die gesamte Bandbreite der Industrie 4.0-Themen ab und sind auch gut handhabbar. Ein sechstes Modell kann in der Spitzengruppe sehr gut mithalten, hat sogar die zweitbeste Gesamtbewertung im Vergleich und zeigt lediglich im Bereich der Smart Supply Chain deutliche Schwächen.

Zwei weitere Modelle decken prinzipiell alle Beurteilungskriterien ab, weisen aber ausgerechnet im Bereich Smart Factory Defizite auf. Diese müssen dann individuell kompensiert werden und führen nur zu einer eingeschränkten Nutzungsempfehlung.

Zwei Modelle müssen nach Anwendung der Vergleichskriterien als unbrauchbar eingestuft werden. Die ignorieren für die Entwicklung oder Implementierung von Industrie 4.0 wesentliche Aspekte. Tabelle 6 zeigt die vergebenen Qualitätsurteile.

Tabelle 5: Industrie 4.0-Reifegradmodelle im Vergleich.

	Industrie 4.0 Maturity Index (acatech)	Werkzeugkasten Industrie 4.0 (VDMA)	Industrie 4.0-Readiness (IMPULS-Stiftung)	Industrie 4.0 Assessment (Matt et al.)	Quick-Check Industrie 4.0 (IN-LUMIA)	Industrie 4.0-Reifegradmodell (WZL, RWTH Aachen)	Reifegradmodell (Appelfeller & Feldmann)	Industrie 4.0-Reifegradmodell (INTRO 4.0)	Industrie 4.0-Reifegradmodell (Puchan & Zeifang)	Reifegradmodell (In-AsPro)
<b>Industrie 4.0 Abdeckung</b>	63 %	37 %	57 %	55 %	31 %	40 %	51 %	43 %	55 %	60 %
<b>1. Smart Factory</b>	55 %	36 %	61 %	52 %	36 %	55 %	48 %	64 %	73 %	64 %
<b>2. Smart Supply Chain</b>	62 %	29 %	43 %	43 %	43 %	57 %	33 %	0 %	5 %	38 %
<b>3. Produktlebenszyklus</b>	78 %	44 %	56 %	67 %	11 %	0 %	56 %	56 %	67 %	56 %
<b>4. Neue Geschäftsmodelle</b>	73 %	47 %	67 %	73 %	20 %	13 %	93 %	0 %	47 %	93 %
<b>Sozio-technischer Fokus</b>	54 %	28 %	56 %	65 %	57 %	22 %	54 %	61 %	74 %	54 %
<b>5. Mensch</b>	33 %	0 %	78 %	89 %	78 %	0 %	44 %	67 %	67 %	56 %
<b>6. Technik</b>	72 %	50 %	56 %	67 %	44 %	39 %	72 %	67 %	72 %	50 %
<b>7. Organisation</b>	56 %	33 %	33 %	39 %	50 %	28 %	44 %	50 %	83 %	56 %
<b>Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	72 %	50 %	79 %	85 %	79 %	63 %	65 %	68 %	76 %	100 %
<b>8. Management und Unternehmenskultur</b>	56 %	0 %	67 %	89 %	67 %	0 %	11 %	22 %	56 %	100 %
<b>9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	92 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
<b>10. Reifegradindex</b>	50 %	0 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	100 %
<b>GESAMT</b>	62 %	37 %	61 %	64 %	49 %	39 %	55 %	53 %	65 %	66 %

Modell	Qualitätsurteil
Industrie 4.0 Maturity Index (acatech)	uneingeschränkt empfehlenswert
Werkzeugkasten Industrie 4.0 (VDMA)	nicht empfehlenswert
Industrie 4.0-Readiness (IMPULS-Stiftung)	uneingeschränkt empfehlenswert
Industrie 4.0 Assessment (Matt et al.)	uneingeschränkt empfehlenswert
Quick-Check Industrie 4.0 (INLUMIA)	eingeschränkt empfehlenswert
Industrie 4.0-Reifegradmodell (WZL, RWTH Aachen)	nicht empfehlenswert
Reifegradmodell (Appelfeller & Feldmann)	uneingeschränkt empfehlenswert
Industrie 4.0-Reifegradmodell (INTRO 4.0)	eingeschränkt empfehlenswert
Industrie 4.0-Reifegradmodell (Puchan & Zeifang)	empfehlenswert
Reifegradmodell (InAsPro)	uneingeschränkt empfehlenswert

## Fazit

Durch die Bewertung der Reifegradmodelle konnten wichtige Erkenntnisse zur Eignung bestehender Reifegradmodelle als Werkzeug für die digitale Transformation von KMU und Mittelstand gewonnen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass es bei den bestehenden Reifegradmodellen noch inhaltliche Defizite bzgl. der Industrie 4.0-Abdeckung, des sozio-technischen Fokus sowie des Bereichs Management und Unternehmenskultur gibt. Für KMU und Mittelstand ist es aufgrund ihrer begrenzten Ressourcen aber wichtig, konkrete, vollständige und detaillierte Handlungsempfehlungen zu erhalten. Künftige Modelle müssen daher insbesondere die folgenden Themen weiter konkretisieren, um sie für KMU und Mittelstand nutzbar zu machen:

- Organisatorische Themen in der Produktion (z. B. Lean Production, Modularisierung)
- Wissens- und Kompetenzmanagement

- Datenerfassung und Produktionsplanung und -steuerung
- unterstützende Prozesse, wie Intralogistik, Instandhaltungsmanagement, Werkzeugmanagement und Qualitätsmanagement
- Dezentralisierung von Organisationseinheiten
- die sich ändernde Rolle des Menschen
- kognitive und physische Assistenzfunktionen für den Menschen
- horizontale und vertikale Integration
- Vernetzung in der Supply Chain
- digitale Abbildung des Produktlebenszyklus
- neue datenbasierte Geschäftsmodelle

Die vollständige Datenerhebung mit allen Details der zehn untersuchten Reifegradmodell können unsere Abonnenten kostenlos als Excel-Tabelle im Internet-auftritt von Factory Innovation herunterladen.



## Quellen

**Angreani, L. S., Vijaya, A. & Wicaksono, H.,** 2020. Systematic Literature Review of Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing and Logistics Sectors. *Procedia Manufacturing*, Band 52, pp. 337-343.

**Appelfeller, W. & Feldmann, C.,** 2018. Die digitale Transformation des Unternehmens. Systematischer Leitfaden mit zehn Elementen zur Strukturierung und Reifegradmessung. Berlin: Springer Gabler.

**Dommermuth, M.,** 2021. Entwicklung und Anwendung eines konsekutiven integralen Transformationskonzeptes für Werke von Industrieunternehmen mit variantenreicher Fertigung zur Analyse, Planung, Umsetzung und Kontrolle von Industrie 4.0. Berlin: Springer.

**Ehemann, T. et al.,** 2021. Mit dem InAsPro- Transformationskonzept die Digitalisierung planen. In: W. Bauer, et al. Hrsg. Arbeit in der digitalisierten Welt. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg, pp. 205-222.

**Heppner, H., Schlicher, K. & Hobscheidt, D.,** 2019. INLUMIA – Instrumentarium zur Steigerung der Leistungsfähigkeit durch Industrie 4.0. In: GfA, Hrsg. Frühjahrskongress 2019. Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten C.3.7. Dortmund: GfA.

**Hübner, M.,** 2018. Das Industrie 4.0-Reifegradmodell. In: G. Lanza & P. Nyhuis, Hrsg. Industrie 4.0 für die Praxis. Befähigungs- und Einführungsstrategien. Garbsen: TEWISS, pp. 184-196.

**Kese, D. & Terstegen, S.,** 2017. Benchmark Reifegradmodelle. *IEE Industrie Engineering Effizienz*, 10, pp. 30-34.

**Knackstedt, R., Pöppelbuß, J. & Becker, J.,** 2009. Vorgehensmodell zur Entwicklung von Reifegradmodellen. Wien, Österreichische Computer Gesellschaft, pp. 535-544.

**Lichtblau, K. et al.,** 2015. Industrie 4.0-Readiness (gefördert von der IMPULS-Stiftung des VDMA), Aachen, Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH.

**Matt, D. T. et al.,** 2018. Industrie 4.0 Assessment - Bewertungsmodell zur Identifikation und Priorisierung von Industrie 4.0 Umsetzungsmaßnahmen in KMUs. In: D. T. Matt, Hrsg. KMU 4.0 - Digitale Transformation in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Schriftenreihe der WGAB. Berlin: GITO, pp. 93-112.

**Müller, E., Tawalbeh, M. & Hopf, H.,** 2018. Reifegradbestimmung als Vorstufe der Industrie 4.0-Strategieentwicklung. In: D. T. Matt, Hrsg. KMU 4.0 - Digitale Transformation in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Schriftenreihe der WGAB.. Berlin: GITO, pp. 71-91.

**Pierenkemper, C., Reinhold, J., Dumitrescu, R. & Gausemeier, J.,** 2019. Erfolg versprechende Industrie 4.0-Zielposition. Ermittlung unter Berücksichtigung zukünftiger Umfeldentwicklungen. *Industrie 4.0 Management*, 5, Issue 35, pp. 30-34.

**Puchan, J. & Zeifang, A.,** 2017. Industrie-4.0-Reifegradmodell. In: T. Barton, et al. Hrsg. Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik. Prozesse, Technologie, Anwendungen, Systeme und Management. Tagungsband zur 30. AKWI-Jahrestagung. Heide: mana-Buch, pp. 257-265.

**Schuh, G. et al.,** 2017. Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen steuern (acatech STUDIE). München: Herbert Utz. Schuh, G. et al., 2018. Industrie 4.0: Implement it! – Ein Leitfaden zur erfolgreichen Implementierung von Industrie 4.0-Lösungen. Aachen: s.n.

**Schumacher, A., Erol, S. & Sihn, W.,** 2016. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, Band 52, pp. 161-166.

**VDMA, F. I. 4.,** Hrsg., 2017. Leitfaden Industrie 4.0 Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. Frankfurt: VDMA Verlag GmbH.

## 1. Industrie 4.0 Maturity Index (acatech)

Der Industrie 4.0 Maturity Index von acatech (Schuh, et al., 2017) zielt darauf ab, Unternehmen eine „Digitale Roadmap“ zu Industrie 4.0 aufzuzeigen. Hierzu werden die vorhandenen und aufzubauenden Fähigkeiten anhand von vier Gestaltungsfeldern, fünf Funktionsbereichen und sechs Reifegradstufen ermittelt. Die Funktionsbereiche, jeweils mit den Gestaltungsfeldern Ressourcen, Informationssysteme, Organisationsstruktur und Kultur sind Entwicklung, Produktion, Logistik, Service sowie Marketing/Vertrieb.

Die Ermittlung der Reife in sechs Reifegradstufen (Computerisierung, Konnektivität, Sichtbarkeit, Transparenz, Prognosefähigkeit und Adaptierbarkeit) erfolgt durch die Beantwortung eines Fragebogens mit Fragen zu den Geschäftsprozessen der fünf Funktionsbereiche. Die Antwortmöglichkeiten entsprechen den jeweiligen Reifegradstufen.

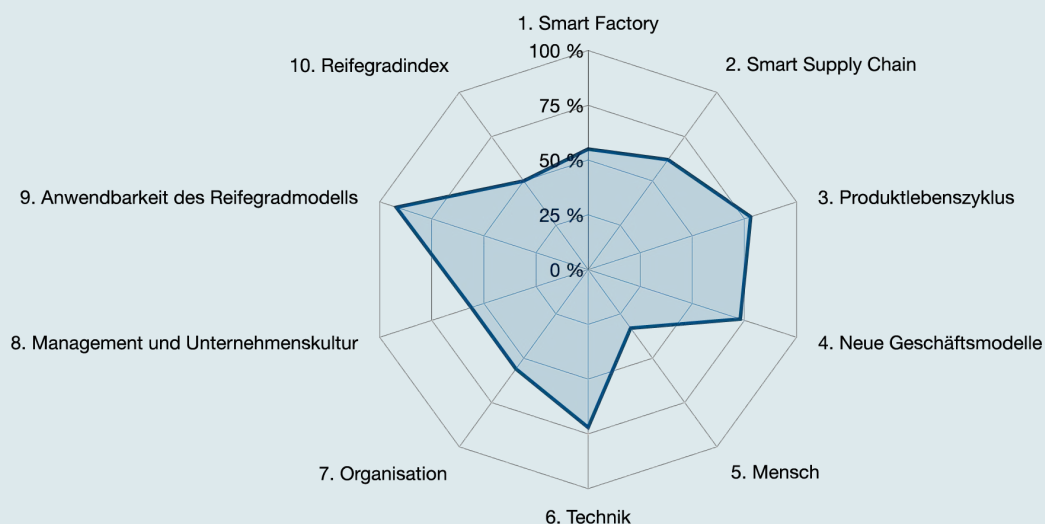
### Bewertung

Die Bereiche Smart Products/Digitale Abbildung des Produktlebenszyklus und neue Geschäftsmodelle haben eine recht gute Industrie 4.0 Abdeckung von 78 Prozent bzw. 73 Prozent. Im Bereich der Smart Factory sind die für produzierende Unternehmen wichtigen Aspekte, wie Produktion, Intralogistik, Instandhaltungsmanagement und Werkzeugmanagement nur oberflächlich beschrieben, Qualitätsmanagement wurde nicht erwähnt. Der Bereich Smart Supply Chain ist gut abgedeckt, es fehlt jedoch an Detaillierungen in den Bereichen Planung, Steuerung und Überwachung sowie Assistenzsysteme in der Supply Chain. Der sozio-technische Ansatz wurde

verfolgt, organisatorische Aspekte sowie die sich verändernde Rolle des Menschen wurden nur oberflächlich bzw. gar nicht beschrieben. Unternehmenskultur und Aspekte des Change Managements wurden beschrieben. Auf die Transformationsstrategie wurde innerhalb des Reifegrads nicht eingegangen, da die Autoren die Strategie als „Input“ vor der Analyse sehen. Das Reifegradmodell lässt sich in allen geforderten Bereichen anwenden. Es ist aufgrund seines mehrdimensionalen Aufbaus jedoch erklärungsbedürftig und könnte manchen KMU/Mittelstand als (zu) komplex erscheinen.

### Fazit: Uneingeschränkt empfehlenswert.

Industrie 4.0-Abdeckung	★★★★☆☆
1. Smart Factory 25 %	★★★★☆☆
2. Smart Supply Chain 10 %	★★★★☆☆
3. Produktlebenszyklus 10 %	★★★★☆☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5 %	★★★★☆☆
<b>Sozio-technischer Fokus</b>	★★★★☆☆
5. Mensch 10 %	★★★★☆☆
6. Technik 10 %	★★★★☆☆
7. Organisation 10 %	★★★★☆☆
<b>Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	★★★★☆☆
8. Management und Unternehmenskultur 5%	★★★★☆☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10 %	★★★★☆☆
10. Reifegradindex 5 %	★★★★☆☆
<b>Gesamturteil</b>	★★★★☆☆



## 2. Werkzeugkasten Industrie 4.0 (VDMA)

Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 des VDMA (VDMA, 2017) wurde insbesondere für die mittelständischen Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus entwickelt, um ihnen Orientierung auf dem Weg zu Industrie 4.0 zu geben und um ihnen die Potenziale im Bereich ihrer Produkte und ihrer Produktion aufzuzeigen. Hierzu werden die Reifegrade von Produkten und Produktion in jeweils sechs Betrachtungsbereichen und fünf Reifegradstufen (von 1 bis 5, ohne inhaltliche Benennung) tabellarisch dargestellt, so dass sich das Unternehmen selbst einordnen kann.

### 1. Produkte

- 1.1. Integration von Sensoren/Aktoren
- 1.2. Kommunikation/Connectivity
- 1.3. Funktionalitäten zur Datenspeicherung und Informationsaustausch
- 1.4. Monitoring
- 1.5. Produktbezogene IT-Services
- 1.6. Geschäftsmodelle um das Produkt

### 2. Produktion

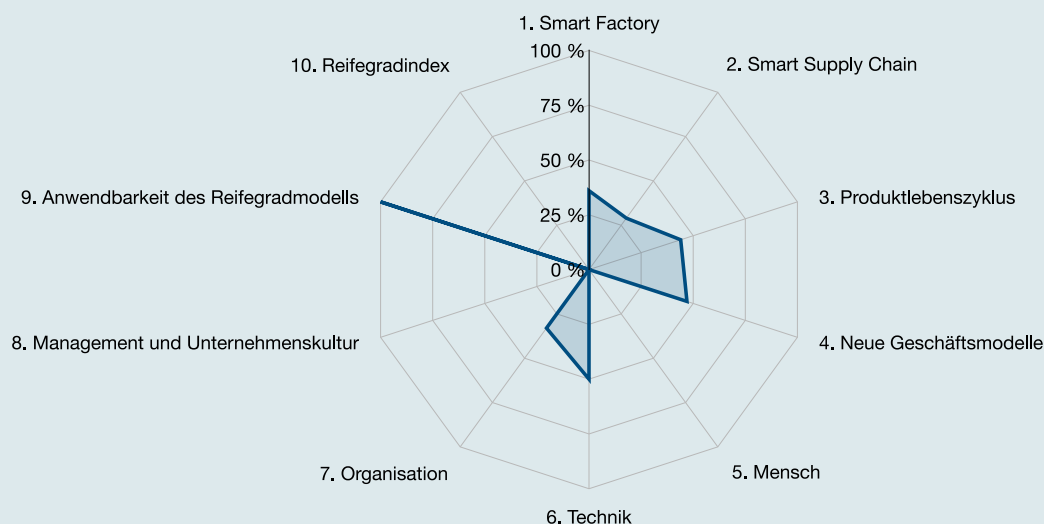
- 2.1. Datenverarbeitung in der Produktion
- 2.2. Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M)
- 2.3. Unternehmensweise Vernetzung mit der Produktion
- 2.4. IKT-Infrastruktur in der Produktion
- 2.5. Mensch-Maschine-Schnittstellen
- 2.6. Effizienz bei kleinen Losgrößen

### Bewertung

Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 fokussiert hauptsächlich auf die Bereiche Smart Products, Smart Services sowie technische Aspekte, wie Datenerfassung, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M) und Kommunikation/Connectivity. Wichtige Themen der Smart Factory, wie Intralogistik, Instandhaltungsmanagement, Werkzeugmanagement und Qualitätsmanagement werden nicht betrachtet. Auch auf den Faktor Mensch, organisatorische Themen sowie Management und Unternehmenskultur wird nicht oder nur eingeschränkt eingegangen. Das Reifegradmodell lässt sich in allen geforderten Bereichen anwenden. Ein Reifegradindex wird nicht berechnet.

**Fazit: nicht empfehlenswert.**

<b>Industrie 4.0-Abdeckung</b>	★☆☆☆☆
1. Smart Factory 25 %	★★★★☆☆
2. Smart Supply Chain 10 %	★★★★☆☆
3. Produktlebenszyklus 10 %	★★★★☆☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5 %	★★★★☆☆
<b>Sozio-technischer Fokus</b>	★☆☆☆☆
5. Mensch 10 %	☆☆☆☆☆☆
6. Technik 10 %	★★★★☆☆
7. Organisation 10 %	★★★★☆☆
<b>Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	★★★★☆☆
8. Management und Unternehmenskultur 5%	☆☆☆☆☆☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10 %	★★★★★★
10. Reifegradindex 5 %	☆☆☆☆☆☆
<b>Gesamturteil</b>	★★★★☆☆





### 3. Industrie 4.0-Readiness (IMPULS-Stiftung des VDMA)

Das Industrie 4.0-Readiness Modell der IMPULS-Stiftung des VDMA (Lichtblau, et al., 2015) wurde entwickelt, um den Unternehmen darzustellen, wo sie aktuell stehen und ob sie bereits die Potenziale von Industrie nutzen. Die Ermittlung der Reife erfolgt durch die Beantwortung eines Fragebogens mit Fragen zu sechs Betrachtungsbereichen und insgesamt 18 Unterpunkten:

#### 1. Strategie und Organisation

- 1.1. Strategie
- 1.2. Investitionen
- 1.3. Innovationsmanagement

#### 2. Smart Factory

- 2.1. Digitales Abbild
- 2.2. Maschinenpark
- 2.3. Datennutzung
- 2.4. IT-Systeme

#### 3. Smart Operations

- 3.1. Cloud-Nutzung
- 3.2. IT-Sicherheit
- 3.3. Autonome Prozesse
- 3.4. Informationsaustausch

#### 4. Smart Products

- 4.1. Datenanalyse Nutzungsphase
- 4.2. IKT-Zusatzfunktionalitäten

#### 5. Data-driven Services

- 5.1. Anteil Datennutzung
- 5.2. Umsatzanteil
- 5.3. Datenbasierte Dienstleistungen

#### 6. Mitarbeiter

- 6.1. Aufbau von Kompetenzen
- 6.2. Kompetenzen der Mitarbeiter Die Antwortmöglichkeiten entsprechen jeweils einer von sechs Reifegradstufen, die von Stufe 0 (Außenstehender) bis Stufe 6 (Exzellenz) reichen.

#### Bewertung

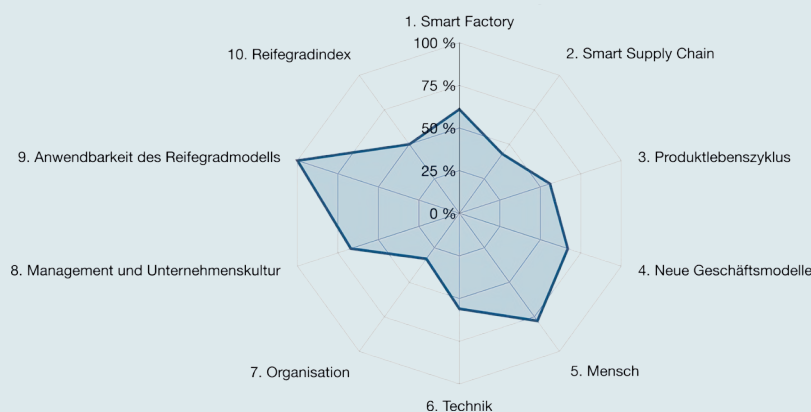
- Das Industrie 4.0-Readiness-Modell fokussiert auf eine recht breite Abdeckung der Industrie 4.0-Themen. Die Bereiche Smart Products und Smart Services sind gut abgedeckt.
- Im Bereich der Smart Factory wurden fast alle Kriterien direkt im Reifegrad berücksichtigt. Werkzeugmanagement fehlt jedoch und Themen der Produktion sowie Assistenzsysteme für den Men-

schen wurden nur indirekt und oberflächlich erwähnt.

- Der Bereich Smart Supply Chain wird überwiegend nur indirekt angesprochen. Beim sozio-technischen Fokus ist der Bereich Mensch gut abgedeckt. Im Bereich Technik fehlen Detaillierungen zu cyber-physischen Produktionssystemen, Robotern und Assistenzsystemen sowie zu Aspekten der Automatisierung.
- Bis auf das Kriterium Wissens- und Kompetenzmanagement wurden organisatorische Themen nur angerissen.
- Im Bereich Management und Unternehmenskultur wurden die Aspekte Transformationsstrategie und Change Management beschrieben, auf die Unternehmenskultur wurde nur indirekt eingegangen.
- Das Reifegradmodell lässt sich in allen geforderten Bereichen anwenden. Ein Reifegradindex wird je Betrachtungsbereich ermittelt.

#### Fazit: uneingeschränkt empfehlenswert!

<b>Industrie 4.0-Abdeckung</b>	★★★★☆
1. Smart Factory 25 %	★★★★☆
2. Smart Supply Chain 10 %	★★★☆☆
3. Produktlebenszyklus 10 %	★★★★☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5 %	★★★★☆
<b>Sozio-technischer Fokus</b>	★★★★☆
5. Mensch 10 %	★★★★☆
6. Technik 10 %	★★★★☆
7. Organisation 10 %	★★★☆☆
<b>Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	★★★★☆
8. Management und Unternehmenskultur 5 %	★★★★☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10 %	★★★★★
10. Reifegradindex 5 %	★★★★☆
<b>Gesamturteil</b>	★★★★☆



## 4. Industrie 4.0 Assessment (Matt et al.)

Das Industrie 4.0 Assessment Modell von Matt et al. (2018) ist Teil einer fünfstufigen Methode zur Einführung von Industrie 4.0 in KMUs. Es dient der Selbstbewertung des Unternehmens bevor eine Potenzialanalyse und ein Implementierungsplan folgen. Die Ermittlung der Reife erfolgt durch die Beantwortung eines Fragebogens mit Fragen zu vier Betrachtungsbereichen mit insgesamt 22 Unterpunkten:

- 1. Operation**
  - 1.1. Agile Manufacturing Systems
  - 1.2. Monitoring & Decision Systems
  - 1.3. Big Data for Production
  - 1.4. Production Planning and Control
- 2. Organization**
  - 2.1. Business Models 4.0
  - 2.2. Innovation Strategy
  - 2.3. Strategy 4.0
  - 2.4. Supply Chain Management 4.0
- 3. Socio-Culture**
  - 3.1. Human Ressource 4.0
  - 3.2. Work 4.0
  - 3.3. Culture 4.0
- 4. Technology**
  - 4.1. Big Data
  - 4.2. Communication & Connectivity
  - 4.3. Cyber Security
  - 4.4. Deep Learning, Machine Learning, Artificial Intelligence
  - 4.5. Additive Manufacturing
  - 4.6. Maintenance
  - 4.7. Robotics & Automation
  - 4.8. Product Design and Development
  - 4.9. Standards 4.0
  - 4.10. Virtual Reality, Augmented Reality and Simulation

Die Reifegradstufen (Maturity Level 1 bis 5) werden aus den jeweiligen Antwortmöglichkeiten aggregiert.

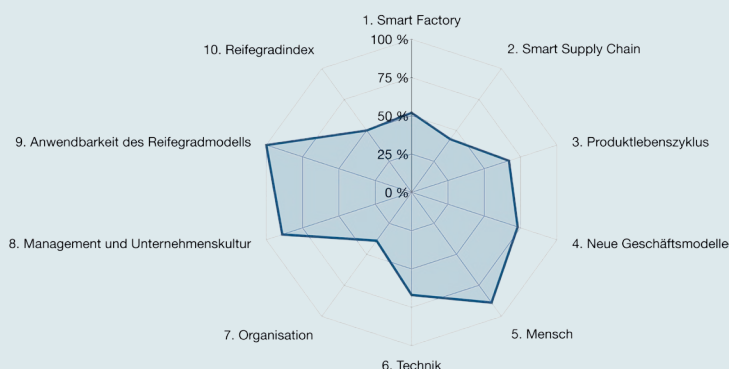
### Bewertung

- Das Industrie 4.0 Assessment Modell fokussiert auf eine recht breite Abdeckung der Industrie 4.0-Themen.
- Am besten werden die neuen Geschäftsmodelle mit Smart Products und Smart Services abgedeckt sowie der Bereich Smart Products/Digitale Abbildung des Produktlebenszyklus.

- Der Bereich Smart Factory ist nur durchschnittlich abgedeckt. Es fehlen die Aspekte Werkzeugmanagement und Qualitätsmanagement, auf die Datenerfassung wird nur indirekt eingegangen. Im sozio-technischen Bereich hat das Modell eine sehr gute Abdeckung der Dimension Mensch, neben Themen der Qualifikation und der Weiterbildung wird auch auf die Rolle des Menschen eingegangen.
- Ebenfalls ausführlich beschrieben ist der Bereich Technik während organisatorische Themen bis auf Wissens- und Kompetenzmanagement nur indirekt angesprochen werden. Auf das Kriterium Kommunikation wird nicht eingegangen. Sehr gut abgebildet ist der Bereich Management und Unternehmenskultur, in dem die Themen Transformationsstrategie, Change Management und Unternehmenskultur aufgegriffen werden.
- Die Anwendbarkeit des Reifegradindex erfüllt alle Kriterien. Der Reifegradindex wird je Betrachtungsbereich berechnet, ein Gesamtreifegradindex wird nicht berechnet.

**Fazit: uneingeschränkt empfehlenswert.**

Industrie 4.0 Abdeckung	★★★★☆
1. Smart Factory 25%	★★★★☆
2. Smart Supply Chain 10%	★★★★☆
3. Produktlebenszyklus 10%	★★★★☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5%	★★★★☆
<b>Sozio-technischer Fokus</b>	★★★★☆
5. Mensch 10%	★★★★☆
6. Technik 10%	★★★★☆
7. Organisation 10%	★★★★☆
<b>Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	★★★★☆
8. Management und Unternehmenskultur 5%	★★★★☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10%	★★★★★
10. Reifegradindex 5%	★★★★☆
<b>Gesamturteil</b>	★★★★☆



## 5. Quick-Check Industrie 4.0 (INLUMIA)

Der Quick-Check Industrie 4.0 ist im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojekts INLUMIA entstanden (Pierenkemper, et al., 2019). Das Ziel bestand in der Entwicklung eines „Instrumentarium zur Steigerung der Leistungsfähigkeit durch Industrie 4.0“ für KMU (Heppner, et al., 2019). Die Ermittlung der Reife erfolgt durch die Beantwortung eines (Online) Fragebogens mit Fragen zu den drei Dimensionen Technik, Business und Mensch. Jeweils werden vier Handlungsbereiche dargestellt:

- 1. Technik**
  - 1.1. Technikorganisation
  - 1.2. Engineering
  - 1.3. Produktion
  - 1.4. Produkt
- 2. Business**
  - 2.1. Strategie
  - 2.2. Innovationskultur
  - 2.3. Geschäftsmodell
  - 2.4. Daten
- 3. Mensch**
  - 3.1. Arbeitsgestaltung
  - 3.2. Qualifikation
  - 3.3. Innerbetr. Kommunikation
  - 3.4. Interaktion.

Die Antwortmöglichkeiten entsprechen jeweils einer von vier Reifegradstufen.

### Bewertung

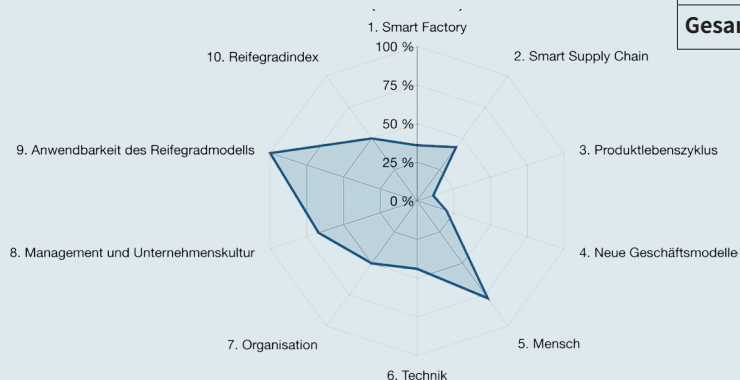
- Der Quick-Check Industrie 4.0 deckt die Handlungsbereiche von Industrie 4.0 nur teilweise ab. Die Bereiche Smart Products/Digitale Abbildung

des Produktlebenszyklus und neue Geschäftsmodelle werden nur indirekt beschrieben, indem auf die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle eingegangen wird, nicht aber auf den Reifegrad der verschiedenen Formen neuer Geschäftsmodelle.

- Im Bereich der Smart Factory fehlen die Bereiche Intralogistik, Instandhaltungsmanagement, Werkzeugmanagement und Qualitätsmanagement. Auf organisatorische Themen in der Produktion und Produktionsplanung und -steuerung wurde nur indirekt eingegangen.
- Die Berücksichtigung der Dimension Mensch ist gut, die Rolle des Menschen sowie die Qualifikation wurden berücksichtigt. Die Bereiche Technik sowie organisatorische Aspekte wurden nur oberflächlich berücksichtigt. Das Thema Kommunikation wurde nicht beschrieben.
- Der Bereich Management und Unternehmenskultur wurde gut beschrieben, es wurde auf alle drei Kriterien direkt bzw. indirekt eingegangen. Das Reifegradmodell lässt sich in allen geforderten Bereichen anwenden. Ein Reifegradindex wird je Betrachtungsbereich ermittelt.

### Fazit: eingeschränkt empfehlenswert.

Industrie 4.0-Abdeckung	★★★★☆
1. Smart Factory 25 %	★★★★☆
2. Smart Supply Chain 10 %	★★★★☆
3. Produktlebenszyklus 10 %	★★★★☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5 %	★★★★☆
Sozio-technischer Fokus	★★★★☆
5. Mensch 10 %	★★★★☆
6. Technik 10 %	★★★★☆
7. Organisation 10 %	★★★★☆
Anwendbarkeit des Reifegradmodells	★★★★☆
8. Management und Unternehmenskultur 5%	★★★★☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10 %	★★★★☆
10. Reifegradindex 5 %	★★★★☆
Gesamturteil	★★★★☆





## 6. Industrie 4.0-Reifegradmodell (WZL, RWTH Aachen)

Das Industrie 4.0-Reifegradmodell des WZL (Schuh, et al., 2018) ist Teil eines Leitfadens zur Implementierung von Industrie 4.0-Lösungen. Es dient in produzierenden Unternehmen der Bewertung des Status-Quo sowie der Definition konkreter Ziele bzgl. der Umsetzung von Industrie 4.0. Die Ermittlung der Reife erfolgt durch die Beantwortung eines Fragebogens mit Fragen zu acht Betrachtungsbereichen, die sich an den Unternehmensfunktionen entlang der Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen orientieren:

1. Marketing & Vertrieb
2. Produktentwicklung
3. Supply Chain Management & Einkauf
4. Produktionsplanung und -steuerung
5. Logistik
6. Produktion
7. Qualitätssicherung
8. Unterstützende Funktionen

Die Antwortmöglichkeiten werden jeweils einer von sechs Reifegradstufen (1 - Computerisierung, 2 - Vernetzung, 3 - Visualisierung, 4 - Transparenz, 5 - Vorhersage und 6 - Adaptabilität) zugeordnet.

### Bewertung

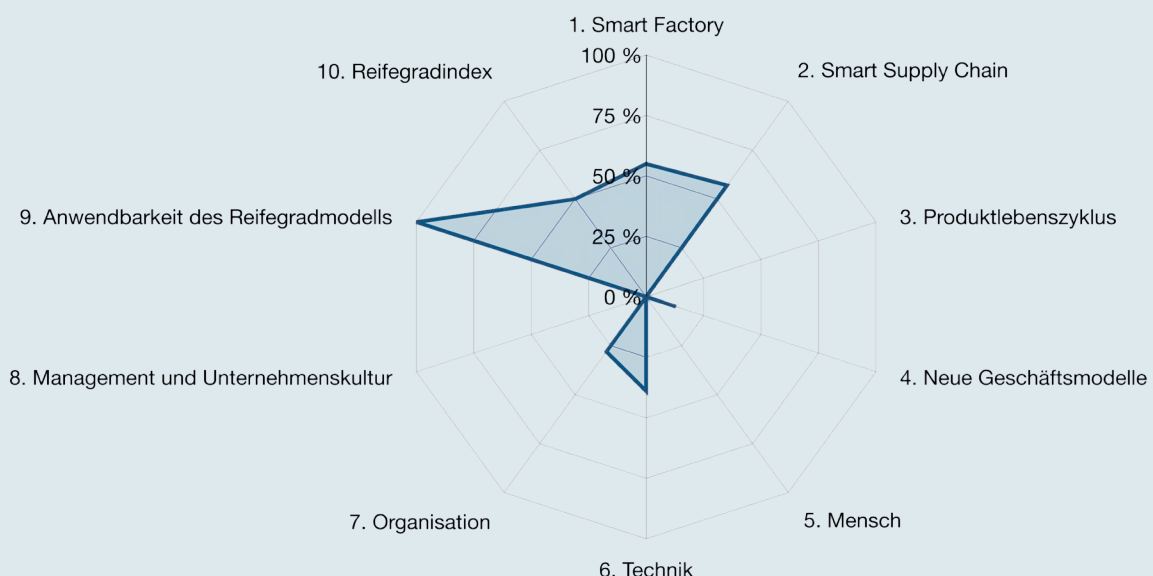
- Das Industrie 4.0-Reifegradmodell fokussiert hauptsächlich auf die innerbetrieblichen Prozesse der Smart Factory sowie auf die Vernetzung mit den Wertschöpfungspartnern in der Supply Chain. Neue Geschäftsmodelle und die digitale Abbildung des Produktlebenszyklus werden nicht thematisiert.
- Das Modell hat keinen sozio-technischen Ansatz. Die Dimension Mensch wird nicht beschrieben, technische und organisatorische Aspekte werden

lediglich indirekt erwähnt. Organisatorische Themen der Produktion sowie Wissens- und Kompetenzmanagement werden nicht beschrieben.

- Der Bereich Management und Unternehmenskultur ist nicht Bestandteil des Reifegradindex, wird jedoch im oben erwähnten Leitfaden ausführlich behandelt. Das Reifegradmodell lässt sich in allen geforderten Bereichen anwenden. Ein Reifegradindex wird je Betrachtungsbereich ermittelt.

### Fazit: nicht empfehlenswert.

Industrie 4.0-Abdeckung	★★★★☆☆
1. Smart Factory 25 %	★★★★☆☆
2. Smart Supply Chain 10 %	★★★★☆☆
3. Produktlebenszyklus 10 %	☆☆☆☆☆☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5 %	★☆☆☆☆☆
<b>Sozio-technischer Fokus</b>	★☆☆☆☆☆
5. Mensch 10 %	☆☆☆☆☆☆
6. Technik 10 %	★★★★☆☆
7. Organisation 10 %	★☆☆☆☆☆
<b>Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	★★★★☆☆
8. Management und Unternehmenskultur 5%	☆☆☆☆☆☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10 %	★★★★★★
10. Reifegradindex 5 %	★★★★☆☆
<b>Gesamturteil</b>	★★★★☆☆



## 7. Reifegradmodell (Appelfeller & Feldmann)

Das Reifegradmodell von Appelfeller & Feldmann ist Teil eines umfangreichen Leitfadens (Appelfeller & Feldmann, 2018) zur Strukturierung der digitalen Transformation und Reifegradmessung von Unternehmen. Es basiert auf einem von den Autoren entwickelten Referenzmodell eines digitalen Unternehmens. Die Ermittlung der Reife erfolgt durch die Beantwortung eines Fragebogens mit Fragen zu zehn Betrachtungsbereichen. Die Antwortmöglichkeiten entsprechen jeweils einer von vier Reifegradstufen:

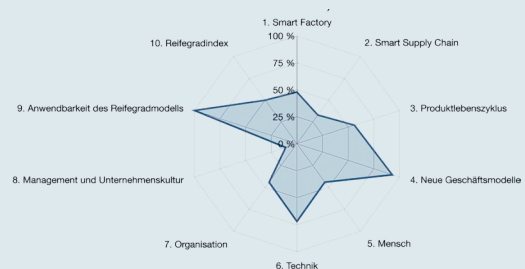
- 1. Prozesse**
  - 1.1. Digitalisierungsgrad
  - 1.2. Digitaler Automatisierungsgrad
  - 1.3. Digitaler Integrationsgrad
  - 1.4. Digitaler Selbststeuerungsgrad
- 2. Kundenanbindung**
  - 2.1. Phase 1: Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen
  - 2.2. Phase 2: Vorverkauf (Presales)
  - 2.3. Phase 3: Kauf
  - 2.4. Phase 4: Nach dem Kauf (After Sales)
  - 2.5. Phasenübergreifende Kriterien
- 3. Lieferantenanbindung**
  - 3.1. Anbahnung
  - 3.2. Vereinbarung
  - 3.3. Abwicklung
  - 3.4. Lieferantenmanagement
- 4. Mitarbeiter (geistige/körperliche Tätigkeit)**
  - 4.1. Papierverwendung und IT-Unterstützung
  - 4.2. Prozesscharakter
  - 4.3. Arbeitszeit
  - 4.4. Hardware
  - 4.5. Kollaboration
  - 4.6. Vernetzung
  - 4.7. Arbeitsplatz
- 5. Daten**
  - 5.1. Integrationsgrad der Systeme
  - 5.2. Umfang digitaler Daten
  - 5.3. Anteil digitaler Daten
  - 5.4. Datenqualität
  - 5.5. Struktur der Daten
  - 5.6. Datenmanagementprozess (Data Governance)
  - 5.7. Stammdatenharmonisierung
  - 5.8. Umfang der Datenauswertungen
  - 5.9. Art der Datenauswertungen
- 6. Produkte**
  - 6.1. Überwachung
  - 6.2. Steuerung
  - 6.3. Optimierung
  - 6.4. Autonomie
  - 6.5. Vernetzung
- 7. Maschinen und Roboter**
  - 7.1. Datengenerierung
  - 7.2. Datenverarbeitung und -analyse
  - 7.3. Integrationsfähigkeit: Vernetzung und IT-Infrastruktur
  - 7.4. Integrationsfähigkeit: Horizontale und vertikale Vernetzung
  - 7.5. Integrationsfähigkeit: Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M)
  - 7.6. Unterstützung selbststeuernder Prozesse
  - 7.7. Wandlungsfähigkeit
- 8. IT-Systeme**
  - 8.1. Anpassungs- und Entwicklungsfähigkeit
  - 8.2. Integrationsfähigkeit
  - 8.3. Analysefähigkeit und kontinuierliches Lernen
- 9. Vernetzung**
  - 9.1. Dichte des Netzwerks
  - 9.2. Reichweite der Vernetzung
  - 9.3. Internet of Things: Vernetzung von Maschinen und Robotern
  - 9.4. Internet of Things: Vernetzung von Produkten
  - 9.5. Internet of Things: Vernetzung von Mitarbeitern
  - 9.6. Cybersicherheit
- 10. Geschäftsmodell**
  - 10.1. Bedeutung der Digitalisierung für die Geschäftsidee
  - 10.2. Bedeutung der Digitalisierung für die Leistungserstellung
  - 10.3. Interaktion mit Kunden
  - 10.4. Produkte und Dienstleistungen
  - 10.5. Ziele der Digitalisierung

### Bewertung

- Von den Industrie 4.0-Handlungsbereichen wird am besten der Bereich der neuen Geschäftsmodelle mit datenbasierten Produkten und Services, digitalen Geschäftsmodellen und digitalen Plattformen abgedeckt.
- Im Bereich der Smart Factory liegt der Fokus auf der horizontalen und vertikalen Integration, der Datenerfassung und -analyse sowie der Assistenz für den Menschen. Auf unterstützende Prozesse, wie Instandhaltungsmanagement, Werkzeugmanagement und Qualitätsmanagement wird nicht eingegangen. Im Bereich der Smart Supply Chain liegt der Fokus auf der horizontalen Integration, auf andere Kriterien wird nicht oder nur indirekt eingegangen.
- Das Modell geht sehr detailliert auf die Dimension Technik ein, die Qualifikation des Menschen, Wissen- und Kompetenzmanagement und sonstige organisatorischen Themen werden jedoch nicht oder nur indirekt thematisiert. Der Bereich Management und Unternehmenskultur ist auch nicht im Reifegradmodell verankert. Das Reifegradmodell lässt sich in allen geforderten Bereichen anwenden. Ein Reifegradindex wird je Betrachtungsbereich ermittelt.

### Fazit: uneingeschränkt empfehlenswert.

Industrie 4.0-Abdeckung	★★★★☆☆
1. Smart Factory 25 %	★★★★☆☆
2. Smart Supply Chain 10 %	★★★★☆☆
3. Produktlebenszyklus 10 %	★★★★☆☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5 %	★★★★★★
<b>Sozio-technischer Fokus</b>	★★★★☆☆
5. Mensch 10 %	★★★★☆☆
6. Technik 10 %	★★★★★★
7. Organisation 10 %	★★★★☆☆
<b>Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	★★★★☆☆
8. Management und Unternehmenskultur 5%	★☆☆☆☆☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10 %	★★★★★★
10. Reifegradindex 5 %	★★★★☆☆
<b>Gesamturteil</b>	★★★★☆☆



## 8. Industrie 4.0-Reifegradmodell (INTRO 4.0)

Das Industrie 4.0-Reifegradmodell (Hübner, 2018) entstand im Rahmen des Forschungsprojekts INTRO 4.0. Es ist Teil eines vierstufigen Vorgehensmodells zur Einführung von Industrie 4.0. Die Ermittlung der Reife erfolgt durch die Beantwortung eines Online-Fragebogens mit Fragen zu fünf Handlungsfeldern mit jeweils mehreren Gestaltungsgebieten:

### 1. Organisation und Administration

- 1.1. IT-Infrastruktur
- 1.2. Allgemeine Organisation
- 1.3. Mitarbeiter
- 1.4. Physische Assistenzsysteme
- 1.5. Datenspeicherung
- 1.6. Datenanalyse

### 2. Produktionsplanung und -steuerung

- 2.1. Allgemeine Produktionsplanung und -steuerung
- 2.2. Bedarfsplanung
- 2.3. Eigenfertigungsplanung und -steuerung
- 2.4. Bestandsmanagement
- 2.5. Produktionscontrolling

### 3. Qualitäts- und Störungsmanagement

- 3.1. Qualitätsmanagement
- 3.2. Störungsmanagement

### 4. Station

- 4.1. Schnittstellen
- 4.2. Rückmeldedaten
- 4.3. Condition-Monitoring-Technologie
- 4.4. Bestandsmanagement
- 4.5. Stationssteuerung

### 5. Produkt

- 5.1. Kommunikation
- 5.2. Datenerfassung

Die Antwortmöglichkeiten entsprechen jeweils einer von vier Reifegradstufen.

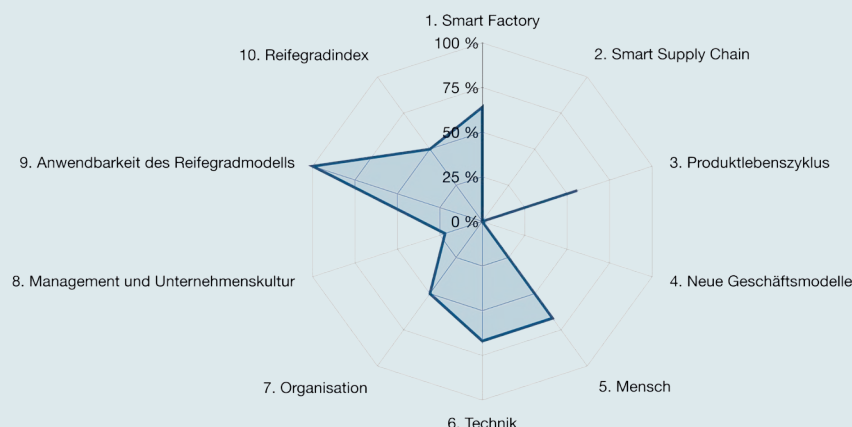
### Bewertung

- Dieses Industrie 4.0-Reifegradmodell fokussiert auf die Anwendung von Industrie 4.0 innerhalb der Smart Factory. Dabei werden die Aspekte Datenerfassung, Produktionsplanung und -steuerung, Qualitätsmanagement, Assistenzsysteme und Datenanalysen überwiegend ausführlich betrachtet.

- Instandhaltungsmanagement und Werkzeugmanagement werden nicht betrachtet, auf Aspekte der Intralogistik wird nur indirekt eingegangen. Die Bereiche Smart Supply Chain und neue Geschäftsmodelle werden nicht betrachtet. Smart Products sowie die digitale Abbildung des Produktlebenszyklus sind im Reifegradmodell enthalten.
- Der sozio-technische Fokus ist gegeben. Es werden alle Dimensionen Mensch, Technik und Organisation im Reifegradmodell berücksichtigt. Lediglich die Themen Kommunikation und Wissens- und Kompetenzmanagement wurde nicht bzw. nur indirekt angesprochen.
- Aspekte der Transformationsstrategie sind teilweise enthalten, auf die Bereiche Change Management und Unternehmenskultur wird nicht eingegangen. Das Reifegradmodell lässt sich in allen geforderten Bereichen anwenden. Ein Reifegradindex wird je Betrachtungsbereich ermittelt.

### Fazit: eingeschränkt empfehlenswert

Industrie 4.0-Abdeckung	★★★★☆
1. Smart Factory 25 %	★★★★☆
2. Smart Supply Chain 10 %	☆☆☆☆☆
3. Produktlebenszyklus 10 %	★★★★☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5 %	☆☆☆☆☆
<b>Sozio-technischer Fokus</b>	★★★★☆
5. Mensch 10 %	★★★★☆
6. Technik 10 %	★★★★☆
7. Organisation 10 %	★★★★☆
<b>Anwendbarkeit des Reifegradmodells</b>	★★★★☆
8. Management und Unternehmenskultur 5%	☆☆☆☆☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10 %	★★★★★
10. Reifegradindex 5 %	★★★★☆
<b>Gesamturteil</b>	★★★★☆





## 9. Industrie 4.0-Reifegradmodell (Puchan & Zeifang)

Das Industrie 4.0-Reifegradmodell der Hochschule München (Puchan & Zeifang, 2017) basiert auf einem Fragebogen mit Fragen zu fünf Handlungsfeldern mit insgesamt 29 Handlungselementen.

### 1. Schlüsselfaktoren

- 1.1. Geschäftsmodell
- 1.2. IT-Sicherheit
- 1.3. Kommunikation
- 1.4. Management
- 1.5. Rechtsrahmen
- 1.6. Normen & Standards
- 1.7. Stellung der IT
- 1.8. Vernetzung der IT

### 2. Mitarbeiter

- 2.1. Arbeitsstrukturen
- 2.2. Assistenzsysteme
- 2.3. Engagement
- 2.4. Informationssysteme
- 2.5. I4.0 Kompetenz

### 3. Organisation

- 3.1. Informationsaustausch
- 3.2. Innovations- und Technologie-management
- 3.3. Kennzahlensystem
- 3.4. Prozessmanagement
- 3.5. I4.0 Strategie
- 3.6. Wissensmanagement

### 4. Produkt

- 4.1. Datenanalytik
- 4.2. Produktfunktion
- 4.3. Produktsystem
- 4.4. Systemintegration

### 5. Produktion

- 5.1. Datenerfassung
- 5.2. Datennutzung
- 5.3. Kommunikation
- 5.4. Produktionslogistik
- 5.5. Produktionsressourcen
- 5.6. Produktionssystem

Die Antwortmöglichkeiten entsprechen jeweils einer von fünf Levels von Standard über Novice, Advanced und Expert bis hin zu Pioneer.

### Bewertung

- Dieses Industrie 4.0-Reifegradmodell geht nicht auf die Vernetzung in der Supply Chain ein, deckt aber sonst die Industrie 4.0-Handlungsbereiche sehr gut ab.
- Im Bereich der Smart Factory gilt dies eingeschränkt, es fehlen lediglich die Aspekte Instandhaltungsmanagement, Werkzeugmanagement, und Qualitätsmanagement.
- Das Modell hat auch einen sehr guten sozio-technischen Fokus. Es wird auf alle drei Dimensionen Mensch, Technik und Organisation ausführlich eingegangen. Im Bereich Management und Unternehmenskultur ist das Kriterium Transformationsstrategie gut abgedeckt, Change Management und Unternehmenskultur sind indirekt erwähnt.
- Das Reifegradmodell lässt sich in allen geforderten Bereichen anwenden. Ein Reifegradindex wird je Betrachtungsbereich ermittelt.

### Fazit: empfehlenswert.

Industrie 4.0-Abdeckung	★★★★☆☆
1. Smart Factory 25 %	★★★★☆☆
2. Smart Supply Chain 10 %	☆☆☆☆☆☆
3. Produktlebenszyklus 10 %	★★★★☆☆
4. Neue Geschäftsmodelle 5 %	★★★★☆☆
Sozio-technischer Fokus	★★★★☆☆
5. Mensch 10 %	★★★★☆☆
6. Technik 10 %	★★★★☆☆
7. Organisation 10 %	★★★★☆☆
Anwendbarkeit des Reifegradmodells	★★★★☆☆
8. Management und Unternehmenskultur 5 %	★★★★☆☆
9. Anwendbarkeit des Reifegradmodells 10 %	★★★★☆☆
10. Reifegradindex 5 %	★★★★☆☆
Gesamturteil	★★★★☆☆

