

Christian Leyh

Gerrit Sames

DigiTAMM - Digital Transformation Assessment Maturity Model: Ein Reifegradmodell zur Einschätzung des Digitalisierungsstands in Industrieunternehmen

THM-Hochschulschriften Band 32

Christian Leyh

Gerrit Sames

DigiTAMM – Digital Transformation Assessment Maturity Model: Ein Reifegradmodell zur Einschätzung des Digitalisierungsstands in Industrieunternehmen

THM-Hochschulschriften Band 32

THM-Hochschulschriften Band 32

© 2024 Christian Leyh, Gerrit Sames

Technische Hochschule Mittelhessen

Fachbereich Wirtschaft

Herausgeber der THM-Hochschulschriften:

Der Präsident der Technischen Hochschule Mittelhessen

Alle Rechte vorbehalten, Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung und Quellenangabe.

Die Hochschulschriften sind online abrufbar:

www.thm.de/bibliothek/thm-hochschulschriften

ISSN (Print) 2568-0846

ISSN (Online) 2568-3020

Wo steht mein Unternehmen aktuell bezüglich Digitalisierung? Wie kann ich den aktuellen Stand im Dschungel der Begrifflichkeiten über die Digitale Transformation, Digitalisierung, Informationstechnologie, Informationssystemen bis hin zu Industrie 4.0 gezielt, einfach und systematisch erfassen? Wie kann ich den aktuellen Stand nutzen als Basis für die Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie für mein Unternehmen?

Mit **DigiTAMM** bietet der vorliegende Beitrag ein nützliches Werkzeug, um diese Fragen zu adressieren. Ziel von **DigiTAMM** ist es, für Unternehmen damit die Grundlage zu bieten für eine systematische Entwicklung einer Digitalisierungs-Roadmap als Einstieg oder für die Erweiterung von bereits laufenden Digitalisierungsmaßnahmen zu legen.

Über die Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Gerrit Sames ist Professor für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt ERP-Systeme am Fachbereich Wirtschaft der Technischen Hochschule Mittelhessen und Leiter des Schwerpunkts Digital Business. Zusätzlich beschäftigt er sich mit der Weiterentwicklung von Digitalisierungslösungen und ist zweiter Vorsitzender im Vorstand des Smart Electronic Factory e.V.

Prof. Dr. Christian Leyh ist Professor für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt ERP-Systeme und Business Analytics am Fachbereich Wirtschaft der Technischen Hochschule Mittelhessen. Seine Lehrtätigkeiten und Forschungsinteressen umfassen die vielfältigen und komplexen Themenfelder der Digitalen Transformation, wobei er sich besonders den Herausforderungen von Digitalisierungsprojekten für klein- und mittelständische Unternehmen widmet.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	5
2	Das Reifegradmodell DigiTAMM	8
2.1	Kategorie Produkte	9
2.2	Kategorie Produktion	12
2.3	Kategorie IT-Organisation und Prozesse	16
2.4	Kategorie Mitarbeiter	18
2.5	Kategorie IT-Sicherheit.....	21
3	Das AWF-Modell zur Vorgehensweise bei der Digitalisierung.....	25
4	Zusammenfassung	28
5	Literaturverzeichnis	30

1 Motivation

Die Gesellschaft durchläuft heute mehr denn je eine rasante Entwicklung des digitalen Wandels. Staatliche Einrichtungen, Haushalte, Unternehmen und ihre Interaktionen verändern sich aufgrund der zunehmenden Verbreitung und des rasanten Wachstumspotenzials digitaler Technologien. Für Unternehmen war es noch nie so wichtig wie heute, sich auf IT-gestützte Fähigkeiten verlassen zu können und ein tiefes Verständnis der Informationstechnologie (IT) im Allgemeinen und der digitalen Innovation im Besonderen zu haben. Die technologischen Möglichkeiten, insbesondere die Verschmelzung der physischen mit der digitalen Welt, führen zu grundlegenden Paradigmenwechseln, die alle Branchen betreffen. Darüber hinaus spielt die fortschreitende und stetige Digitalisierung der Gesellschaft selbst mit den damit verbundenen Veränderungen auch in der täglichen Arbeit der Unternehmen eine gewichtige Rolle. Zweifelsohne müssen sich nahezu alle Unternehmen einer zunehmenden Digitalen Transformation unterziehen, um auf den (globalen) Märkten wettbewerbsfähig zu bleiben. Die Bereiche, die von diesen Veränderungen betroffen sind, sind vielfältig: z.B. der Einsatz von Enterprise Resource Planning (ERP) oder ähnlichen unternehmensweiten Informationssystemen zur ganzheitlichen Unterstützung und Planung von Geschäftsaktivitäten im gesamten Unternehmen und über Unternehmensgrenzen hinweg oder die zunehmende Vernetzung von klassischen horizontalen Wertschöpfungsketten zu einem komplexen Wertschöpfungsnetzwerk.¹ Die Digitalisierung bietet viele Ansätze, um Abläufe zu automatisieren, Transaktionskosten zu senken und die Flexibilität im Umgang mit Kunden und Geschäftspartnern zu erhöhen. Dabei besteht die besondere Herausforderung für Unternehmen darin, die zunehmende Integration virtueller, digitaler Programme mit realen Objekten oder Produkten im Geschäftsalltag zu realisieren, um die Prozesse nachträglich anzupassen, zu erweitern oder zu optimieren.² Dennoch zeigen Untersuchungen an der Technischen Hochschule Mittelhessen seit mehreren

¹ Leyh et al. (2017); Pagani (2013); Leyh et al. (2018); Mathrani et al. (2013); Bley et al. (2016)

² Schlick et al. (2014)

Jahren, dass die Digitalisierung insbesondere bei mittelständischen (Produktions)Unternehmen in Deutschland nur mäßig voranschreitet³. Dies bestätigt sich auch im aktuellen Digitalisierungsindex des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)⁴.

Im Business-to-Customer (B2C) Umfeld ist man weiter. Junge Menschen benutzen für sehr viele Geschäftsprozesse ihr Smartphone oder ihren Tablet-Computer und wickeln diese rein digital ab. Betrachten wir als einfaches Beispiel eine Bestellabwicklung. In aller Regel erhalten Sie bei Online-Bestellungen im B2C-Bereich innerhalb von wenigen Minuten eine Auftragsbestätigung und Versandhinweise. Davon sind die Unternehmen im Business-to-Business Bereich (B2B) leider noch weit entfernt. Hier werden sehr oft noch Bestellungen ausgedruckt und per Post versendet. Oft dauert es Tage, bis dazu dann eine Auftragsbestätigung ebenfalls per Post eingeht.

Die Digitalisierung ist ein komplexes Thema. Es gibt eine Vielzahl von Begriffen, die meist technisch geprägt sind. Oft fehlt potenziellen Anwendern eine Ordnungsstruktur, um diese Begriffe und Technologien in einen Zusammenhang zu bringen. Das aber ist eine Voraussetzung, um die richtigen Schritte im Unternehmen Richtung Digitalisierung beschreiten zu können. Des Weiteren fehlt vielen Unternehmen eine valide Einschätzung oder ein Wissensstand über ihre eigene Digitalisierung und ihre Digitalen Kompetenzen. Mehrere Autoren haben sich diesem Thema in verschiedenen Publikationen⁵ angenommen. In diesen Artikeln diskutieren die Autorenteam, z.B. welche Informations- und Unternehmenssysteme in Unternehmen (insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen [KMU]) eingesetzt werden (sollten) und in welchem Zustand sich die IT-Infrastruktur der Unternehmen befindet und welche Digitalen Kompetenzen in Unternehmen vorhanden bzw. notwendig sind. Dabei zeigt sich, dass diese Diskussionen bereits in den

³ Sames & Diener (2018), Sames & Lapa (2020), Sames & Maibach (2023)

⁴ BMWK (2024)

⁵ z.B. Berghaus et al. (2016); Bley et al. (2016); BVMW (2023); Deloitte (2021); Fitzgerald et al. (2013); Kane et al. (2015); Leyh et al. (2018); Leyh & Schäffer (2024); Schäffer & Beckmann (2023); Zimmermann (2022a); Zimmermann (2022b)

2010er-Jahren geführt wurden, jedoch auch heute noch von essentieller Relevanz sind. Insgesamt lässt sich die Diskussion in diesen Artikeln wie folgt zusammenfassen:

- Ein Grundverständnis für die Bedeutung der digitalen Entwicklung bzw. der Digitalen Transformation ist vorhanden, aber es besteht noch Klärungsbedarf hinsichtlich der jeweiligen Herausforderungen und Auswirkungen.
- Die Chancen, die sich aus der Digitalisierung ergeben, werden zwar erkannt, aber die Umsetzung in den Unternehmen kommt nicht in Schwung. Insbesondere KMU unterschätzen noch immer die Möglichkeiten und Chancen der Digitalisierung.
- KMU haben oftmals nicht den Mut, weitreichende Veränderungen in ihren Wertschöpfungsketten oder Geschäftsmodellen vorzunehmen, obwohl sie flexibler sind als große Unternehmen.
- Die Unternehmen und hier auch die KMU sind sich bewusst, dass eine geeignete IT-Infrastruktur für eine erfolgreiche Digitalisierung unerlässlich ist.
- KMU überschätzen sich oft in Bezug auf die IT-Nutzung und ihren Digitalisierungsgrad und sind dadurch nicht bereit, sich den Herausforderungen der Digitalisierung zu stellen.
- Die Implementierung und Umsetzung digitaler Transformationsprojekte wird in Unternehmen als komplex und zeitintensiv wahrgenommen. Hierbei spielen die Qualifikationen und Kompetenzen der Mitarbeiter eine entscheidende Rolle.
- Es wird die Notwendigkeit betont, dass Unternehmen digitales Denken und Handeln adaptieren und sich kontinuierlich mit neuen Technologien auseinandersetzen müssen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine erste und grundlegende Herausforderung der Digitalen Transformation für Unternehmen darin besteht, zu erkennen und zu bewerten, welche digitalen Tools in welcher Art und Weise und zu welchem Zweck sowie in diesem Zusammenhang auch welche Digitalen Kompetenzen benötigt werden. Viele Unternehmen – nicht

nur, aber insbesondere KMUs und junge (oft schnell wachsende) Unternehmen – haben immer noch Schwierigkeiten zu erkennen und zu bewerten, welche digitalen Tools benötigt werden, wie Prozesse optimiert werden sollten, auf welche Weise oder zu welchem Zweck Änderungen des Geschäftsmodells notwendig werden.

Daher haben wir ein Evaluations-Tool (das Reifegradmodell **DigiTAMM**) entwickelt, das es Unternehmen ermöglicht, sich in Hinblick auf die Anforderungen der Digitalen Transformation einzuschätzen und zu bewerten.

Das Evaluationstool baut auf dem „Reifegradmodell zur Digitalisierung und Industrie 4.0“ der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM) aus dem Jahr 2021 auf⁶.

Der vorliegende Beitrag stellt somit mit dem Reifegradmodell **DigiTAMM** eine Systematik vor, die eine Ordnungsstruktur in die komplexen und vielfältigen Begrifflichkeiten in den Themengebieten von Digitaler Transformation, Digitalisierung und auch von Industrie 4.0 bringt.

Zusätzlich wird mit dem **AWF-Modell** eine systematische Vorgehensweise für die Digitale Transformation vorgestellt. Damit sollen Unternehmen unterstützt werden, eine individuelle Digitalisierungs-Roadmap zu entwickeln.

2 Das Reifegradmodell DigiTAMM

Unser Reifegradmodell **DigiTAMM** greift die Logik des Werkzeugkasten Industrie 4.0 vom VDMA⁷ auf. Dieser forciert ausschließlich **Produkte** und **Produktion** und lässt auch dort verschiedene wichtige Aspekte unbehandelt. In beiden Kategorien sind aktuelle Anpassungen an der THM erfolgt. Der Logik des Werkzeugkasten Industrie 4.0 folgend, um einen stärkeren Fokus auf die Digitale Transformation als Ganzes zu setzen, ist eine Erweiterung

⁶ Sames (2021)

⁷ VDMA (2015)

um die Kategorien **IT-Organisation und Prozesse, Mitarbeiter** und **IT-Sicherheit** vorgenommen worden.

Der Aufbau von **DigiTAMM** sieht zu jeder Kategorie Merkmale vor, die in fünf Ausprägungsstufen existieren können. Dabei ist die Ausprägungsstufe 1 immer die schwächste Form der Digitalisierung, und Ausprägungsstufe 5 die höchste.

In den folgenden beiden Unterkapiteln werden zunächst die Kategorien **Produkte** und **Produktion** des Werkzeugkastens Industrie 4.0 des VDMA mit unseren Anpassungen wiedergegeben. In den Unterkapiteln 2.3 bis 2.5 werden die neuen Kategorien **IT-Organisation und Prozesse, Mitarbeiter** und **IT-Sicherheit** vorgestellt, die als Erweiterung an der THM entwickelt worden sind.

Kapitel 3 schildert dann eine Vorgehensweise, die **DigiTAMM** als zentrales Instrument nutzt. Diese Vorgehensweise ist gemeinsam mit verschiedenen Unternehmen in der „Arbeitsgemeinschaft für Wirtschaftliche Fertigung (AWF)“ erarbeitet worden.

2.1 Kategorie Produkte⁸

Die Kategorie **Produkte** des Werkzeugkastens Industrie 4.0 unterstützt die Ideengenerierung bei der Entwicklung innovativer Industrie-4.0-Produkte. Der Werkzeugkasten kann sowohl auf Produkte als auch auf einzelne Teilkomponenten von Produkten angewendet werden. Die Kernfrage lautet: Inwiefern können mithilfe von Industrie 4.0 neue Produkte entwickelt beziehungsweise bestehende weiterentwickelt werden, sodass für potenzielle Kunden ein Mehrwert entsteht?

Die Kategorie Produkte ist untergliedert in die Merkmale bzw. Anwendungsebenen *Integration von Sensoren und Aktoren, Kommunikation und Connectivity, Funktionalitäten zur Datenspeicherung und Informationsaustausch,*

⁸ Kategorie Produkte i.W. entnommen bei VDMA (2015), S.13

Überwachung (Monitoring), Produktbezogene IT-Services, Geschäftsmodell zu den Produkten sowie Produktlebenszyklus-Management/ Digitaler Zwilling.

PRODUCT X		Digitalisierung/ Industrie 4.0				
Produkte						
Integration von Sensoren/ Aktoren	 Keine Nutzung von Sensoren/Aktoren	 Sensoren/Aktoren sind eingebunden	 Sensordaten werden vom Produkt verarbeitet	 Daten werden vom Produkt für Analysen ausgewertet	 Das Produkt reagiert auf Basis der gewonnenen Daten eigenständig	
Kommunikation/ Connectivity	 Keine Schnittstellen am Produkt	 Das Produkt sendet bzw. empfängt I/O-Signale	 Das Produkt verfügt über Feldbus-Schnittstellen	 Das Produkt verfügt über Industrial Ethernet-Schnittstellen	 Das Produkt verfügt über einen Internetzugang	
Funktionalitäten zur Datenspeicherung und Informationsaustausch	 Keine Funktionalitäten	 Möglichkeit zur eindeutigen Identifikation	 Produkt verfügt über passiven Datenspeicher	 Produkt mit Datenspeicher zum autonomen Informationsaustausch	 Daten- und Informationsaustausch als integraler Bestandteil	
Überwachung (Monitoring)	 Keine Überwachung durch das Produkt	 Detektion von Ausfällen	 Erfassung des Betriebszustands zur Diagnose	 Prognose der eigenen Funktionsfähigkeit	 Selbstständige Maßnahmen zur Steuerung	
Produktbezogene IT-Services	 Kein Service	 Service über Online-Portale	 Service-Ausführung direkt über Produkt	 Selbstständige Ausführung von Serviceleistungen	 Vollständige Eingliederung in IT-Service-Infrastruktur	
Geschäftsmodell zu den Produkten	 Produktion und Verkauf von Produkten	 Zusätzliches Angebot von Wartung/ Service , ggfs. als eigene Unternehmenseinheit	 Zusätzliche Übernahme der Verantwortung der Produktionsverfügbarkeit durch Online-Monitoring	 Zusätzlich vereinzelt Verkauf der Leistung von Produkten	 In erheblichem Umfang Verkauf der Leistung von Produkten	
Produktlebenszyklus-Management/ Digitaler Zwilling	 Keine Datenerfassung über den Produktlebenszyklus (PL)	 Datenerfassung bei Auftrag und Herstellung	 Zusätzlich bei Bereitstellung und Nutzung	 Zusätzlich bei Instandhaltung und Ertüchtigung	 Zusätzlich bei Entsorgung/ Digitaler Zwilling in allen Phasen des PL	

Abbildung 1: Kategorie Produkte

Merkmal *Integration von Sensoren/Aktoren*

Die Integration von Sensoren, Aktoren sowie Rechenkapazitäten in physische Objekte ist eine Kernidee von Industrie 4.0 bzw. cyber-physischer Systeme.

Die Bandbreite reicht hierbei von Produkten gänzlich ohne Sensor- und Akteur-Funktionalitäten bis hin zu Produkten mit eigener Auswertung von Sensordaten und darauf basierenden, eigenständigen Reaktionen.

Merkmal Kommunikation und Connectivity

Geeignete Kommunikationsschnittstellen ermöglichen neue Anwendungen, die physisch entkoppelt bereitgestellt werden können, und von einer verbesserten Verfügbarkeit der gewonnenen Daten profitieren. Auf dem Weg zur Vision einer vollständigen internetbasierten Vernetzung im Sinne des „Internet of Things“ (IoT) sind hierbei Zwischenstufen wie die Vernetzung über Feldbussysteme zu sehen.

Merkmal Funktionalitäten zur Datenspeicherung und Informationsaustausch

Produkte können über verschieden ausgestaltete Funktionalitäten zur Datenspeicherung und Informationsaustausch verfügen. Das Spektrum reicht von einfachen Barcodes über wiederbeschreibbare Datenspeicher bis hin zu Informationsdarstellung und -austausch als integralem Produktbestandteil.

Merkmal Überwachung (Monitoring)

Das breite Anwendungsfeld des Monitorings stellt einen Kernaspekt vieler Industrie-4.0-Anwendungen dar. Die Bandbreite möglicher Anwendungen reicht von der bloßen Detektion von Ausfällen über die Diagnose und Prognose der eigenen Funktionsfähigkeit bis hin zu Möglichkeiten der selbstständigen Steuerung, etwa zur Vermeidung kostspieliger Folgeschäden bei Ausfällen.

Merkmal Produktbezogene IT-Services

Die im Zusammenhang mit Industrie 4.0 häufig diskutierten produktbezogenen IT-Services können entweder physisch vom Produkt entkoppelt (beispielsweise Online-Portale zur Darstellung von Ersatzteil-Listen) oder direkt mit dem Produkt verknüpft sein. Denkbar sind Services zur zustandsabhängigen Instandhaltung oder Produktsupport mit Funktionen der Ferndiagnose.

Merkmal *Geschäftsmodell zu den Produkten*

Innovative Technologien ermöglichen die Entwicklung neuartiger Geschäftsmodelle oder digitale Erweiterungen der Geschäftsmodelle. Klassisches Geschäftsmodell ist die Produktion und der Verkauf von Produkten. Insbesondere bei komplexen Produkten erwarten Kunden ein zusätzliches Angebot von Wartung und Service. Oft wird dazu eine eigene Unternehmenseinheit gegründet. Wird das Produkt, z.B. eine Maschine, „smart“ und damit kommunikationsfähig, ergeben sich weitere Möglichkeiten. Betriebszustände können durch den Hersteller überwacht, Betriebsparameter optimiert, und eine zustandsbasierte Instandhaltung gewährleistet werden.

Das Geschäftsmodell kann noch erweitert werden, indem das Produkt nicht mehr nur verkauft, sondern dem Nutzer/Kunden über Pay-per-Use Vereinbarungen zur Verfügung gestellt wird. In Ausprägungsstufe 4 erfolgt dies einzeln, in Stufe 5 bereits in erheblichem Maße.

Merkmal *Produktlebenszyklus-Management/ Digitaler Zwilling*

Über den Lebenszyklus eines Produktes fallen Daten an, die im digitalen Zwilling verwaltet werden können. Das beginnt spätestens bei der Herstellung, bei der Nutzung und bei der Instandhaltung und Ertüchtigung. In der höchsten Ausprägungsstufe wird auch die Entsorgung abgedeckt.

2.2 Kategorie Produktion⁹

Die zweite Kategorie des Werkzeugkasten Industrie 4.0 des VDMA fokussiert sich auf Ansatzpunkte im Kontext der Produktion. Ausgangspunkt der Überlegungen stellt die Frage dar, wie mithilfe von Industrie 4.0 Produktionsabläufe optimiert und Produktionskosten gesenkt werden können. Der Anwendungsebenen des Bereiches **Produktion** des Werkzeugkasten Industrie 4.0 sind die Merkmale *Datenverarbeitung in der Produktion, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M), Unternehmensweite Vernetzung mit der Produktion, IKT-Infrastruktur in der Produktion* und *Mensch-Maschine-*

⁹ Kategorie Produktion i.W. entnommen bei VDMA (2015), S. 15

Schnittstellen entnommen. Um die Produktion umfänglicher abzubilden, sind das *Werkzeugmanagement* und die *Instandhaltung* hinzugekommen (s. Abb. 2).

Digitalisierung/ Industrie 4.0					
Produktion					
Datenverarbeitung in der Produktion	 Keine Verarbeitung von Daten	 Speicherung von Daten zur Dokumentation	 Auswertung von Daten zur Prozessüberwachung	 Auswertung zur Prozessplanung/-steuerung	 Automatische Prozessplanung/-steuerung
Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M)	 Keine Kommunikation	 Feldbus-Schnittstellen	 Industrial Ethernet-Schnittstellen	 Maschinen verfügen über einen Internetzugang	 Webdienste (M2M-Software)
Unternehmensweite Vernetzung mit der Produktion	 Keine Vernetzung der Produktion mit anderen Unternehmensbereichen	 Informationsaustausch über E-Mail / Telekommunikation	 Einheitliche Datenformate und Regeln zum Datenaustausch	 Einh. Datenformate und Abteilungsübergreifende vernetzte Datenserver	 Abteilungsübergreifende, vollständig vernetzte IT-Lösungen
IKT-Infrastruktur in der Produktion	 Informationsaustausch über E-Mail / Telekommunikation	 Zentrale Datenserver in der Produktion	 Internetbasierte Portale mit gemeinsamer Datennutzung	 Automatisierter Informationsaustausch (z.B. Auftragsnachverfolgung)	 Zulieferer / Kunden sind vollständig in Prozessgestaltung integriert
Mensch-Maschine-Schnittstellen	 Kein Informationsaustausch zwischen Mensch und Maschine	 Einsatz lokaler Anzeigeräte	 Zentrale / dezentrale Produktionsüberwachung/-steuerung	 Einsatz mobiler Anzeigeräte	 Erweiterte und assistierte Realität
Werkzeugmanagement	 Analog identifizierbare Werkzeuge	 Digital identifizierbare Werkzeuge	 Digitale Lokalisierung von Werkzeugen	 Smarte Werkzeuge, Kommunikation Werkzeug-Maschine	 Smarte Werkzeuge mit Möglichkeit zur automat. Datenerfassung und Zustandsmonitoring
Instandhaltung	 Beschreibend: Was ist passiert?	 Diagnose: Warum ist es passiert?	 Vorausschauend: Was wird passieren?	 Prescriptive: Was soll ich unternehmen? Entscheidungsunterstützung	 Prescriptive: Was soll ich unternehmen? Automatische Entscheidung

Abbildung 2: Kategorie Produktion

Merkmal Datenverarbeitung in der Produktion

Die Verarbeitung von Daten für verschiedenste Anwendungen ist ein Kernthema bei Industrie 4.0-Anwendungen in der Produktion. Datenverar-

beitung in der Produktion kann sowohl zur einfachen Dokumentation eingesetzt werden als auch Ziele verfolgen, die von der Prozessüberwachung bis hin zur autonomen Prozessplanung und -steuerung reichen.

Merkmal Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M)

Schnittstellen zum automatisierten Datenaustausch zwischen Maschinen bilden die Grundlage vielfältiger Industrie 4.0-Anwendungen. Industrielle Anwendung finden sowohl Feldbus-, Industrial Ethernet- als auch Internet-Schnittstellen. Internet-Schnittstellen und Anwendungen mit autonomem Informationsaustausch (Webdienste) bieten den Vorteil einer möglichen Trennung von Informationen und Standort.

Merkmal Unternehmensweite Vernetzung mit der Produktion

Eine Verbesserung der Vernetzung unterschiedlicher Unternehmensebenen mit der Produktion erschließt Synergien und vermeidet Doppelarbeit. Durch die Vernetzung der Produktion mit anderen Unternehmensbereichen entstehen vereinheitlichte IT-Lösungen, standardisierte Workflows oder durchgängige Dateiformate, von denen das gesamte Unternehmen profitiert.

Merkmal IKT-Infrastruktur in der Produktion

Die Infrastruktur von Informations- und Telekommunikationstechnologien (IKT) in der Produktion bestimmt die Möglichkeiten der Umsetzung innovativer Anwendungen und damit potenzieller Verbesserungen technischer und organisatorischer Abläufe. Neben der Nutzung zentraler Datenserver können internetbasierte Kommunikationsportale zum Einsatz kommen. Automatisierte Abläufe zum Austausch von Daten mit externen Partnern der Wertschöpfungskette bzw. des Wertschöpfungsnetzes stellen weitere Stufen hin zu einer Vision von Industrie 4.0 dar.

Merkmal Mensch-Maschine-Schnittstellen

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität von Produktionsanlagen rücken Mensch-Maschine-Schnittstellen stark in den Fokus. Den Ausgangspunkt bilden in der industriellen Praxis häufig lokale Anzeigegeräte mit

teils wenig anwenderfreundlichen Bedienkonzepten. Neuartige Bedienkonzepte, wie mobile Tablets oder Datenbrillen, die am jeweils richtigen Ort die richtigen Informationen in geeigneter Weise bereitstellen, versprechen Potenziale zur Entlastung von Mitarbeitern und Steigerungen der Produktionseffizienz.

Merkmal Werkzeugmanagement

Auch den Werkzeugen kommt bei der Digitalisierung in der Produktion eine erweiterte Rolle zu. Klassisch sind Werkzeuge nur analog identifizierbar. Moderne Identifikations- und Kommunikationstechnologien ermöglichen Lokalisierungen von Werkzeugen. Smarte Werkzeuge können Informationen mit der Produktionsmaschine/-anlage austauschen, z.B. eine Meldung an die Maschine, dass das für ein Programm erforderliche Werkzeug eingebaut ist. In der höchsten Ausprägungsstufe kommuniziert das Werkzeug derart mit der Maschine, dass ein Zustandsmonitoring erfolgt. Beispielsweise kann für ein Umformwerkzeug in einer Blechfertigung die Anzahl der Hübe/ der gefertigten Bauteile im Werkzeug gespeichert werden. Das ermöglicht ein zielgenaues Überarbeiten eines Werkzeuges im Werkzeugbau, bevor Qualitätsmängel auftreten können.

Merkmal Instandhaltung

Ein Kernanliegen der digitalen Produktion ist die Optimierung der Maschinen- und Anlagenlaufzeit. Störungen und ungeplante Wartungsaufwendungen sollen vermieden werden. Der Erfassung von Maschinen-/Anlagenzustandsdaten und deren Auswertung kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Im einfachsten Fall wird nur erfasst, was an der Maschine/Anlage einen Stillstand verursacht, gefolgt von der Ursachenanalyse. In der höchsten Ausprägungsstufe werden nicht nur aufgrund der Datenanalytik Entscheidungsvorschläge generiert, sondern Entscheidungen automatisch umgesetzt.

2.3 Kategorie IT-Organisation und Prozesse

Die Kategorie **IT-Organisation und Prozesse** wurde in gleicher Systematik wie der VDMA-Werkzeugkasten an der Technischen Hochschule Mittelhessen entwickelt. Industrie 4.0 bzw. die Digitalisierung werden ebenso geprägt durch die Frage der strategischen Einbettung im Unternehmen. Wichtig ist auch, welche Informationssysteme eingesetzt werden. Weitere Merkmale beschreiben Ausprägungen elementarer Prozesse, die in den meisten Unternehmen anzutreffen sind. Dazu gehört der Beschaffungsprozess, der Kundenauftrags-Abwicklungsprozess und die Abwicklung von Fertigungsaufträgen (s. Abb. 3).

Merkmal Stand der Strategieumsetzung

Die Merkmale beschreiben in den Ausprägungen die Kopplung der Umsetzung von Industrie 4.0 in Bezug auf die Strategie im Unternehmen. In der zweiten Ausprägungsstufe finden Aktivitäten zu Industrie 4.0 nur in bestimmten Fachabteilungen statt. In der höchsten Ausprägungsstufe wird eine Industrie 4.0-Strategie unter Einbezug aller Unternehmensbereiche umgesetzt.

Merkmal Informationssysteme

Eine Grundlage für Geschäftsprozesse bilden die eingesetzten Informationssysteme. Mit zunehmender Digitalisierung werden neben einem Enterprise Resource Planning System (ERP-System) weitere Systeme eingesetzt. Dazu zählen z.B. Manufacturing Execution Systeme (MES), Komponenten des Computer Integrated Manufacturing (CIM), und die Ebene der Betriebsdatenerfassung (BDE). Für ausgewählte Gewerke, die eines besonderen Monitoring bedürfen, können noch Embedded Systems lokal eingesetzt werden. Diese ermöglichen eine Daten-Vorverarbeitung, bevor Informationen gemäß der IT-Pyramide an die übergeordneten Informationssysteme weitergeleitet werden.

Merkmals *Datenerfassung und -analyse*

Datenerfassung und -analyse betrifft eine Vielzahl an Unternehmensbereichen. Das Merkmal beschreibt die möglichen Ausprägungen in Stufen bis hin zu einer automatischen KI-basierten Datenanalyse.



Digitalisierung/ Industrie 4.0

IT-Organisation und Prozesse					
Stand der Strategieumsetzung	 Industrie 4.0 findet keine Betrachtung im Strategieprozess	 Industrie 4.0 findet Betrachtung in Fachabteilungen , ohne Strategiebezug	 Industrie 4.0 wird im Strategieprozess betrachtet und eine Strategie wird erarbeitet und formuliert	 Eine Strategie im Kontext Industrie 4.0 befindet sich in der Umsetzung	 Eine Industrie 4.0-Strategie ist über alle Unternehmensbereiche umgesetzt
Informationssysteme	 Kein ERP-System	 ERP-System	 ERP+ CIM-Komponente + BDE	 ERP+ CIM-Komponente + BDE + MES	 ERP + CIM-Komponente+ BDE+MES+ Embedded Systems für allgemeine Aggregate
Datenerfassung und -analyse	 Keine Erfassung, keine Analyse	 Erfassung und Basisanalyse (Bsp. Excel)	 Datenerfassung und Analyse in der Maschine od. im Informationssystem	 Analyse im Data Warehouse, Anstoß durch Mitarbeiter	 Automatische KI-basierte Datenanalyse
Beschaffungsprozess	 MA ermittelt und bestellt Bedarf manuell	 Bedarfsermittlung durch ERP-System und Bestellung	 ausgewählte Bedarfe werden automatisch über das ERP-System ohne Eingriff bestellt	 Ein Großteil der Bedarfe wird über das ERP-System automatisch beschafft	 Zusätzlich sind ausgewählte Lieferanten über Konsignation, Kanban oder Entnahmeautomaten angebunden.
Abwicklung Kundenauftrag	 Aufträge gehen im Wesentlichen per Papier oder E-Mail ein	 mit vereinzelt Kunden besteht eine ERP-seitige Datenvernetzung zum Austausch von Aufträgen und Auftragsbestätigung	 Kunden erfassen ihren Auftrag per e-Commerce selbstständig	 Kunden konfigurieren ihr Produkt selbstständig	 Kunden können sich online den Status/Fortschritt ihrer Bestellung ansehen
Interne Abwicklung Fertigungsauftrag	 Kundenaufträge müssen manuell erfasst und in das ERP-System eingegeben werden; Fertigungsaufträge werden ohne IT-System erstellt	 Fertigungsaufträge werden im ERP-System erstellt und in Papierform in die Fertigung gegeben	 Fertigungsaufträge werden von dem ERP-System an ein MES-System übergeben; in Papierform gelangen sie von dort an die Maschine	 Fertigungsaufträge werden von dem ERP-System an ein MES-System übergeben; Fertigungsaufträge werden als Datensatz an ein Terminal in der Fertigung übertragen (papierfrei)	 Kundenaufträge werden ohne Medienbruch und manuelle Nachbearbeitung dann als Fertigungsaufträge bis in die Fertigung/ an die Maschine elektronisch durchgereicht

Abbildung 3: Kategorie IT-Organisation und Prozesse

Merkmal *Beschaffungsprozess*

Beschaffungsprozesse können mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad durch Nutzung von Technologien organisiert werden. So bietet sich z.B. die Möglichkeit, C-Teile (gemäß ABC-Klassifikation) weitgehend automatisiert zu beschaffen. Einbindung von Lieferanten durch Konsignationslager, Vending-Machines (Entnahmeautomaten) oder Kanban-Regelkreise dienen zur Entlastung der Mitarbeiter von Routineprozessen.

Merkmal *Abwicklung Kundenauftrag*

Dieses Merkmal beschreibt die Möglichkeiten, wie ein Unternehmen seine Kunden an das eigene ERP-System anbindet. Ohne Anbindung müssen Kundenaufträge manuell eingegeben werden und der Informationsaustausch z.B. für eine Auftragsbestätigung läuft mit Aufwand ab. Digital besonders fortgeschrittene Unternehmen bieten die Möglichkeit, dass Kunden online den Fortschritt ihres eigenen Kundenauftrags einsehen können.

Merkmal *Interne Abwicklung Fertigungsauftrag*

Besonders in mittelständischen Unternehmen herrschen noch immer viele Medienbrüche vor, die das Durchstellen von Fertigungsaufträgen von der Entscheidungsebene (ERP-Ebene) bis zur Maschine oder dem Werker kennzeichnen. Mit zunehmender interner Vernetzung ist es möglich, Fertigungsaufträge auch ohne weitere manuelle Eingriffe an den Ausführungsort durchzustellen.

2.4 Kategorie Mitarbeiter

Mit zunehmender Digitalisierung beginnt sich auch das Tätigkeitsspektrum der Mitarbeiter zu verändern. Rollen verändern sich, Tätigkeiten reichern sich teilweise inhaltlich an. In der Kategorie **Mitarbeiter** sind die Merkmale *Rolle der Mitarbeiter in der Administration*, *Qualifikationsverschiebung*, *Arbeitsteilung in der Fertigung* und *Technologische Unterstützung in der Montage* zu betrachten (s. Abb. 4).



Mitarbeiter (MA)					
Rolle der Mitarbeiter in der Administration	<p>MA führen weitestgehend Routinetätigkeiten aus</p>	<p>MA führen mit Unterstützung von Informationssystemen (ERP, MES,...) weitestgehend Routinetätigkeiten aus</p>	<p>Aufgaben mit hoher Wiederholhäufigkeit laufen teilweise automatisch mit Informationssystemen ab, MA kontrollieren</p>	<p>MA konzentrieren sich auf die Bearbeitung von Sonderfällen, Routinen werden von Informationssystemen erledigt</p>	<p>Schwerpunkt der MA liegt in der Überprüfung von Systemparametern, Gestaltung & Abbildung von Regelkreisen in Informationssystemen</p>
Qualifikationsverschiebung	<p>Helfer, Fachkräfte, Spezialisten, Experten in traditioneller Spezialisierung</p>	<p>Helfer beginnen Aufgaben der Fachkräfte zu übernehmen, Fachkräfte drängen in Aufgaben von Spezialisten ein</p>	<p>Anzahl der Fachkräfte nimmt ab, Zahl der Helfer bleibt weitestgehend unverändert. Spezialisten werden teilweise zu Experten</p>	<p>Einige Aufgaben in der Verantwortung von Helfern; Fachkräfte, Spezialisten und Experten sorgen dafür, dass die Systeme funktionieren</p>	<p>Viele Aufgaben in der Verantwortung von Helfern; wenige verbleibende Fachkräfte, Spezialisten und Experten sorgen dafür, dass die Systeme funktionieren</p>
Arbeitsteilung in der Fertigung	<p>Maschinenführer Einrichter Instandhalter</p>	<p>Maschinenführer richtet selber ein; Instandhalter</p>	<p>Maschinenführer erledigt zusätzlich einfache Aufgaben der normalen Instandhaltung</p>	<p>Maschinenführer erledigt wesentliche Aufgaben der normalen Instandhaltung</p>	<p>Maschine fährt weitgehend mannos, Störungsinformation per App, Smartphone etc. an Maschinenführer oder Instandhalter</p>
Technologische Unterstützung in der Montage	<p>Serie: Der Monteur wird für die Serie trainiert Einzel-/Kleinserie: der Mitarbeiter erhält umfangreiche Papierdokumente (Stückliste/ Zeichnung)</p>	<p>Pick-by-light Systeme zeigen dem Monteur, welche Teile zu verbauen sind, zusätzlich techn. Zeichnung auf Papier</p>	<p>Pick-by-light Systeme zeigen den Monteuren, welche Teile zu verbauen sind. Visuelle Anzeige der digit. techn. Zeichnung an einem Monitor</p>	<p>Erste interaktive Führung des Monteurs, Unterstützung durch Kinect- Systeme; Kamerasysteme überprüfen die Qualität</p>	<p>weitgehend interaktive Führung des Monteurs, Unterstützung durch Kinect- Systeme; Kamerasysteme überprüfen die Qualität</p>

Abbildung 4: Kategorie Mitarbeiter

Merkmals Rolle der Mitarbeiter in der Administration

In der niedrigsten Ausprägungsstufe führen die Mitarbeiter weitestgehend Routinetätigkeiten durch. Das können zum Beispiel die Buchung von Rechnungen in ein ERP-System oder die Disposition und Bestellung von Material sein. Mit zunehmendem Einsatz von Informationssystemen werden die Routinetätigkeiten automatisiert. Die Mitarbeiter fokussieren sich dann auf die nicht oder nur schwer zu automatisierenden Sonderfälle. In der höchsten Ausprägungsstufe konzentrieren sich die Mitarbeiter auf die Organisation der automatisierten Ausführung. Sie legen Eingriffsgrenzen fest, definieren, beschreiben und richten Regelkreise in Informationssystemen ein.

Merkmal Qualifikationsverschiebung

Allgemein unterscheidet man in Fertigungsbereichen zwischen Helfern, Fachkräften, Spezialisten und Experten. Durch digitale Hilfsmittel beginnen sich deren Rollen zu verschieben. Helfer können z.B. durch Visual Computing einen Teil der Aufgaben von Fachkräften übernehmen, Fachkräfte dringen durch digitale Technologien in die Rolle von Spezialisten vor.

Merkmal Arbeitsteilung in der Fertigung

In der klassischen Produktion mit Fertigungsmaschinen herrscht typischerweise die Unterscheidung in Maschinenführer, Einrichter und Instandhalter vor. Die höchste Qualifikation kommt dabei dem Instandhalter zu, der in der Lage ist, eine Maschine ordnungsgemäß zu warten und Instand zu setzen. Der Einrichter ist die Tätigkeit mit der zweithöchsten Qualifikation. Der Einrichter ist für die korrekte Einrichtung von Werkzeugen und Vorrichtungen und für das Einfahren eines Produktionsprogrammes zuständig. Der Maschinenführer ist dann derjenige, der das vollständige Fertigungslos abarbeitet, also eine rein repetitive Tätigkeit. Durch Digitalisierung fängt die Rollenverteilung an sich zu verschieben, indem durch Nutzung inzwischen vorhandener Visualisierungstechnologien zunächst der Maschinenführer die Einrichtung der Maschine selber übernehmen kann. In der extremsten Ausprägung fährt dann eine Produktionsmaschine weitgehend mannlos. Störungsinformationen werden per App z.B. auf das Smartphone eines Maschinenführers oder Instandhalters gesteuert.

Merkmal Technologische Unterstützung in der Montage

Bei Unternehmen mit Montagebereichen muss man im Ausgangspunkt zwischen Serienfertigung und Einzel-/Kleinserienfertigung unterscheiden. Bei der Serienfertigung wird der Werker in aller Regel auf das Produkt trainiert. In Folge hat er wenig Dokumentationsmaterial für die Abwicklung eines Fertigungsauftrags zur Verfügung.

Bei der Einzel-/Kleinserienfertigung hingegen herrscht eine Vielzahl kleiner Losgrößen vor. Dem Werker müssen umfangreiche Informationen (Zeichnungen, Montageanweisungen, etc.) zur Verfügung gestellt werden. Diese

muss er sichten, verstehen und beachten. Mit zunehmender Digitalisierung wird die Information über andere, digitale Wege an den Mitarbeiter gebracht. Das kann so weit gehen, dass eine weitgehend interaktive Führung des Monteurs durch Visualisierungstechnologien erfolgt.

2.5 Kategorie IT-Sicherheit

Die zunehmende Vernetzung bei Industrie 4.0 bzw. Digitalisierung zwischen den Teilnehmern der Wertschöpfungskette einerseits und der Verbindung von Office-IT und Fertigungs-IT andererseits birgt Risiken. Diese gilt es abzusichern. Die Kategorie **IT-Sicherheit** beschäftigt sich mit den Merkmalen *Unternehmensleitung (UL) Awareness, Mitarbeiter Awareness, Prüfung der IT-Sicherheit, Zuständigkeit der IT-Sicherheit, Endpunktsicherheit* und *Absicherung von Netzen* (s. Abb. 5).

Merkmal *Unternehmensleitung (UL) Awareness*

Das Bewusstsein der Unternehmensleitung zum Thema IT-Sicherheit ist essenziell für die Ausrichtung des gesamten Unternehmens in Bezug auf diese Thematik. Sie übernimmt dabei auch eine Führungs- bzw. Vorbildfunktion für die gesamte Organisation.

Auf der ersten Ausprägungsstufe befinden sich Unternehmen, deren Leitung sich nicht mit dem gegenwärtigen IT-Risiko befassen. Auf dem zweiten Level erkennt die Unternehmensleitung die Risiken und den Handlungsbedarf. Einzelne Maßnahmen werden bereits durch die Unternehmensleitung angestoßen. Es existieren jedoch keine Prozesse. IT-Sicherheit wird nicht gemanagt. In der dritten Stufe ist sich die Unternehmensleitung bewusst, dass sie die Verantwortung im Sicherheitsprozess trägt. Um dieser Verantwortung gerecht zu werden, wird ein Informationssicherheitsmanagement etabliert. Die Unternehmensleitung ist über den Status quo der IT-Sicherheit informiert und entscheidet rollierend, ob bereits getroffene Maßnahmen ausreichen oder erweitert werden sollen. Auf der vierten Stufe erachtet die Unternehmensleitung IT-Sicherheit als so wichtig, dass sie dies als Teil des Unternehmensziels

integriert. Da der Unternehmensleitung bewusst ist, dass Maßnahmen im eigenen Unternehmen auf Grund der Vernetzung nicht ausreichend sind, um ein sehr hohes Maß an IT- Sicherheit zu garantieren, werden auf der fünften Stufe im Unternehmen zusätzliche Ressourcen bereitgestellt für Kooperationen mit Partnern, Lieferanten, Herstellern oder Kunden.^{10 11}

Digitalisierung/ Industrie 4.0

IT-Sicherheit					
Unternehmensleitung (UL) Awareness	 setzt sich nicht mit dem IT- Risiko auseinander	 erkennt potenzielle Risikoquelle an und hat nur begrenzten Einblick in IT-Management-Praktiken	 übernimmt Verantwortung für IT-Sicherheit, initiiert Informationssicherheitsmanagement und Sicherheitskonzept	 integriert IT-Sicherheit als Teil des Unternehmensziels	 zusätzlich stellt UL Ressourcen für Kooperationen über Unternehmensgrenzen hinweg, IT-Sicherheit ist gemeinschaftliche Aufgabe
Mitarbeiter Awareness	 kein Bewusstsein für IT-Sicherheit. Erhalten keinen thematischen Input an Wissen	 Mitarbeiter erhalten im Rahmen der Einarbeitung IT-Sicherheitsanweisungen	 vereinzelte Mitarbeiter erhalten IT-Sicherheitsschulung	 wdh. Schulungs- und Sensibilisierungskonzept für alle Mitarbeiter	 Belegschaft erkennt Handeln jedes Einzelnen als wichtigen Baustein zur Erreichung hoher IT-Sicherheit
Prüfung der IT-Sicherheit	 keine Prüfung	 Prüfung nur nach Vorfall	 regelmäßige interne Risikoanalyse	 externes Audit und Penetrationstest	 Zertifizierung nach Normen der IT-Sicherheit
Zuständigkeit der IT-Sicherheit	 Unternehmen ohne zuständigen Mitarbeiter für IT-Sicherheit	 IT-Sicherheit wird als selbstverständliche Aufgabe der IT-Abteilung betrachtet	 IT-Sicherheitsbeauftragter benannt	 qualifizierter IT-Sicherheitsbeauftragter steuert Sicherheitsprozess für Produktion und Office-IT	 IT-Sicherheitsbeauftragter wird uneingeschränkt durch die Unternehmensleitung unterstützt
Endpunktsicherheit	 Antivirenprogramm für Office-IT/ Einsetzbarkeit in Produktions-IT geprüft	 zeitnahe Updates und Patches von Antivirenprogrammen und IT-Systemen	 zusätzlich vorsichtiger Umgang mit E-Mails bspw. nur angeforderte Anhänge werden geöffnet	 zusätzlich nicht notwendige Schnittstellen gesperrt/ Einsatz von Datenschlüsse	 zusätzlich Whitelisting für Applikationen und Wechseldatenträger
Absicherung von Netzen	 techn. Trennung Internet und internes Netz	 techn. Zonierung Office- und Produktionsnetz	 techn. Trennung von Anlagen Subnetzen nach Schutzbedarf	 hochsensible, kritische Systeme und Daten sind nicht mit dem Netzwerk verbunden	 zusätzlich Netz – Angriffserkennung Intrusion Detection/ Prevention Systeme

Abbildung 5: Kategorie IT-Sicherheit

¹⁰ Vgl. BITKOM e.V. et al. (2015), S. 72 u. 92

¹¹ Vgl. Schneider (2017), S. 58–59.

Merkmal Mitarbeiter Awareness

Da das Verhalten der Mitarbeiter und deren Bewusstsein von großer Bedeutung sind, ist dies das zweite Merkmal dieser Kategorie. Auf der ersten Stufe weisen die Mitarbeiter kein Bewusstsein für das Thema IT-Sicherheit auf. Sie erhalten keinen thematischen Input an Wissen. Vorhandene Wissensbestände sind auf Eigeninitiative zurückzuführen. Gehandelt wird nach bestem Wissen und Gewissen. Auf Stufe 2 erhalten Mitarbeiter im Rahmen der Einarbeitung IT-Sicherheitsanweisungen. Auf dritter Stufe erhalten vereinzelte Mitarbeiter (z.B. Administratoren) Schulungen. Ausprägungsmerkmal der vierten Stufe ist ein Schulungs- und Sensibilisierungskonzept, welches zur regelmäßigen Bewusstseinsstärkung aller Mitarbeiter beiträgt. Bestandteil eines solchen Konzeptes können regelmäßige Schulungen, Tests und Newsletter sein. Die fünfte Stufe stellt das Wunschergebnis dieses Merkmals dar. Die Belegschaft erkennt das Handeln jedes einzelnen Mitarbeiters als wichtigen Baustein zur Erreichung einer hohen IT-Sicherheit. Die Sinne der Mitarbeiter sind geschärft, Bedrohungen werden erkannt und gemeldet, Kollegen auf Vergehen hingewiesen.

Merkmal Prüfung der IT-Sicherheit

Auf die erste Stufe sind Unternehmen einzuordnen, welche ihre IT-Sicherheit nicht prüfen. Auf der zweiten Stufe erfolgt eine Prüfung, die allerdings ereignisorientiert, also auf Grund eines Sicherheitsvorfalls, angestoßen wird. Die dritte Stufe steht für Unternehmen, welche in einem regelmäßigen Prozess eine interne Risikoanalyse betreiben. In der vierten Stufe ziehen Unternehmen externe Experten hinzu, um eine differenzierte Einschätzung in Form eines Audits zu erhalten. Die Widerstandsfähigkeit der IT-Systeme wird mittels simulierter Angriffe (Penetrationstest) getestet. Auf fünfter Stufe steht die Zertifizierung nach Normen der IT-Sicherheit.

Merkmal Zuständigkeit der IT-Sicherheit

Unternehmen, die in Stufe 1 einzuordnen sind, haben keinen zuständigen Mitarbeiter, dessen Aufgabengebiet sich mit IT-Sicherheit befasst. Stufe 2 beschreibt einen Zustand, in dem IT-Sicherheit als selbstverständliche Aufgabe

der IT-Abteilung gesehen wird. Hier besteht die Gefahr, dass Sicherheit neben dem Tagesgeschäft vernachlässigt wird. Auf Stufe 3 verfügt das Unternehmen über einen Informationssicherheitsbeauftragten. Dass dieser ausreichend qualifiziert ist und sowohl Themenfelder der Produktions-IT als auch der Office- IT bearbeitet, thematisiert Stufe 4. Fünfte Stufe ist die uneingeschränkte Unterstützung des IT-Sicherheitsbeauftragten bei der Durchführung seiner Tätigkeiten durch die Unternehmensleitung.

Merkmal *Endpunktsicherheit*

Stufe 1 ist der Einsatz von Antivirenprogrammen. Diese sollten im Bereich der Office-IT als Grundvoraussetzung implementiert sein. Auch eine Anwendung für die Produktions-IT ist zu prüfen. Die Ausprägungen der Stufe 2 beschreiben das zeitnahe Patchen und Updates von IT-Systemen und Virenprogrammen. Mit Stufe 3 wird die ausgehende Gefahr der E-Mail-Kommunikation aufgegriffen. Stellvertretend für diese Stufe ist ein vorsichtiger Umgang mit E-Mails wie bspw. das Öffnen nur angeforderter Anhänge oder das Verschlüsseln und Verifizieren von E-Mails. Die vierte Stufe legt einen Fokus auf Schnittstellen. Nicht notwendige Ports sind gesperrt. Des Weiteren wird für schlecht gesicherte notwendige Schnittstellen eine Datenträgerschleuse verwendet. Zusätzlich zu den ersten vier Stufen kann ein Whitelisting-Ansatz zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, in dem nur gelistete Anwendungen ausgeführt werden dürfen und gelistete Datenträger benutzt werden können.

Merkmal *Absicherung von Netzen*

Basis für ein sicheres Unternehmensnetz ist die technische Trennung zwischen internem und dem externen Netz, welches Stufe 1 aufgreift. Für den Fall, dass die „Mauer“ zwischen dem internen und externen Netz durch einen Angreifer überwunden wird, sind weitere zonierende, segmentierende Maßnahmen zu treffen, welche mit den Stufen 2 und 3 aufgezeigt werden. Die vierte Stufe beschreibt, dass hochsensible Daten und Systeme mit keinem Netzwerk verbunden sind. In der fünften Stufe werden Netzangriffserkennungssysteme betrieben.

3 Das AWF-Modell zur Vorgehensweise bei der Digitalisierung

Der Arbeitskreis Industrie 4.0 im „Ausschuss für Wirtschaftliche Fertigung (AWF)“ mit Laufzeit 2016 bis 2019 widmete sich mit seinen Teilnehmern den verschiedensten Fragestellungen zum Komplex Industrie 4.0. Die ca. 20 Arbeitskreis-Mitglieder aus bekannten deutschen Unternehmen¹² kamen vier Mal jährlich wechselnd bei den Teilnehmer-Unternehmen zusammen und bearbeiteten Themenstellungen zu Industrie 4.0. Bei einem dieser Arbeitskreis-Treffen stand die Entwicklung einer Vorgehensweise zu Industrie 4.0 und Digitalisierung im Mittelpunkt (vgl. Abb. 6), die nachfolgend vorgestellt wird.

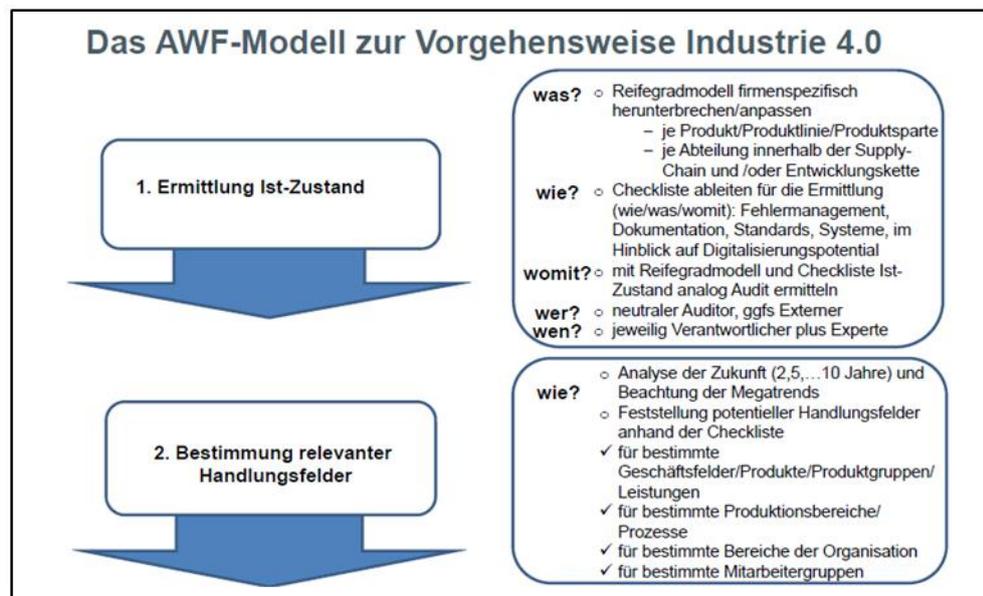


Abbildung 6: Das AWF-Modell, Schritte 1 und 2

Im Ergebnis entstand das im Folgenden näher erläuterte AWF-Modell.

Schritt 1: Ermittlung des Ist-Zustands

Das Modell sieht vor, dass zunächst der Ausgangszustand im Hinblick auf Industrie 4.0/ Digitalisierung im Unternehmen ermittelt wird. Dazu dienen

¹² AWF-Arbeitskreis Industrie 4.0: Siemens AG, Wolf, Arconic, Hekatron, Rittal, Biotronik, CE-SYS Vision, E.G.O., Hottinger Baldwin, Bender, IPOL, Elabo, sense-IT, Braas Monier, IFESCA, Carl Geringhoff, incovia, Technische Hochschule Mittelhessen

die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Kategorien von **DigiTAMM**. Wichtig ist der Hinweis, dass nicht zwangsweise als Zielsetzung das Erreichen der höchsten Ausprägungsstufe pro Merkmal und Kategorie sinnvoll ist.

Die Ermittlung des Ist-Zustands kann dabei beliebig detailliert werden. Das Reifegradmodell lässt sich für Produktbereiche, für Produktlinien, oder auch auf unterschiedliche Sparten oder Bereiche eines Unternehmens anwenden. Um die vorhandene Ausprägung eines Merkmals festzustellen, sind entsprechende Checklisten als Arbeitshilfen abzuleiten. Sie sollen Antwort geben, wie ein Vorgang läuft, welche Hilfsmittel verwendet werden, welche Fehler im Ausgangszustand zu bemängeln sind, und welche Standards verwendet werden. Um die notwendige neutrale Sicht bei der Ermittlung des Ist-Zustands zu behalten, sieht das AWF-Modell vor, dass ein neutraler Auditor, gerne auch ein Externer, zu Rate gezogen wird. Die Ermittlung des Ist-Zustands setzt ebenso voraus, dass ein Verantwortlicher der zu betrachtenden Organisationseinheit zur Verfügung steht. Wichtig ist ein unkomplizierter Zugriff auf weitere Experten des jeweiligen Unternehmensbereichs.

Schritt 2: Bestimmung relevanter Handlungsfelder

Welche Ausprägung im Reifegradmodell ist aber für die Zukunft des Unternehmens sinnvoll? Das AWF-Modell sieht dazu vor, dass die Megatrends, die auf das Unternehmen wirken, analysiert werden. Solche Megatrends können z.B. der sich aufgrund der Demografie abzeichnende Fachkräfte-Mangel sein, Veränderungen in Energiepreisen, Paradigmen-Wandel bei den Kunden, etc. Basierend auf dieser Analyse können anhand der Checkliste potentielle Handlungsfelder identifiziert werden. Die Detaillierungsebene ist wieder unternehmensindividuell festzulegen. So können bestimmte Geschäftsfelder, Produkte oder Produktgruppen, aber auch Leistungen des Unternehmens differenziert betrachtet werden.

Schritt 3: Definition Soll-Zustand (s. Abb. 7)

Industrie 4.0 und Digitalisierung dürfen bei den Unternehmen kein Selbstzweck sein. Vielmehr muss der Soll-Zustand im Einklang mit der Unternehmensstrategie stehen. Auch kann mit Industrie 4.0/ Digitalisierung vieles gemacht werden. Doch im Vordergrund muss die Relevanz für das Unternehmen stehen. Dazu sind die Kosten, der Nutzen, notwendige Ressourcen, aber auch die finanziellen Möglichkeiten des Unternehmens zu beachten. Besonders Prozesse, die fehlerhaft ablaufen, sehr personalintensiv sind, also sogenannte Pain Points, sind dabei zu beachten. Das AWF-Modell sieht vor, dass der Soll-Zustand in Workshops mit Vertretern des Unternehmens festgelegt wird. Es ist zu überlegen, ob das Einschalten eines externen Beraters notwendige Impulse geben kann.

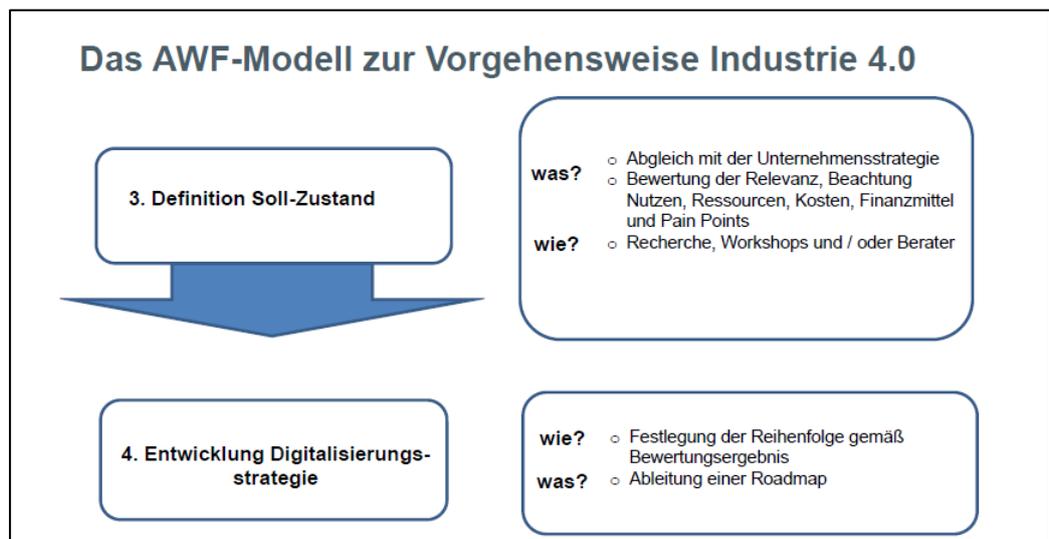


Abbildung 7: Das AWF-Modell, Schritte 3 und 4

Schritt 4: Entwicklung Digitalisierungsstrategie

Aus dem Soll-Zustand gemäß **DigiTAMM** wird schließlich die Digitalisierungsstrategie abgeleitet. Anhand der Bewertungen von Kosten/Nutzen, Dringlichkeit oder anderer Kriterien lässt sich eine Reihenfolge von Projekten ableiten. Diese bilden dann die Roadmap für das Unternehmen.

In einer ersten qualifizierten Abschätzung lassen sich die so identifizierten Projekte in einem Portfolio nach Aufwand und Ertrag einordnen (s. Abb. 8).

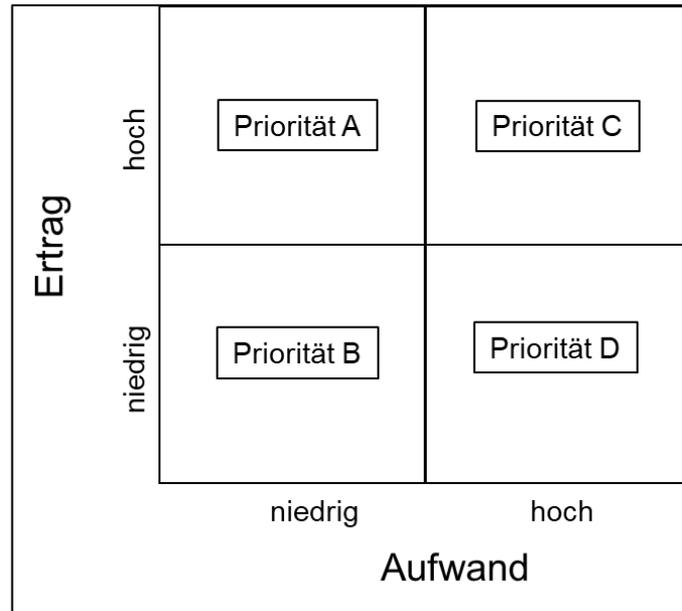


Abbildung 8: Aufwand-Ertrag-Portfolio

Die Roadmap leitet sich dann in der Reihenfolge aus den Nennungen im Feld der Priorität A bis C ab. Priorität D wird sicherlich zunächst nicht weiterverfolgt.

4 Zusammenfassung

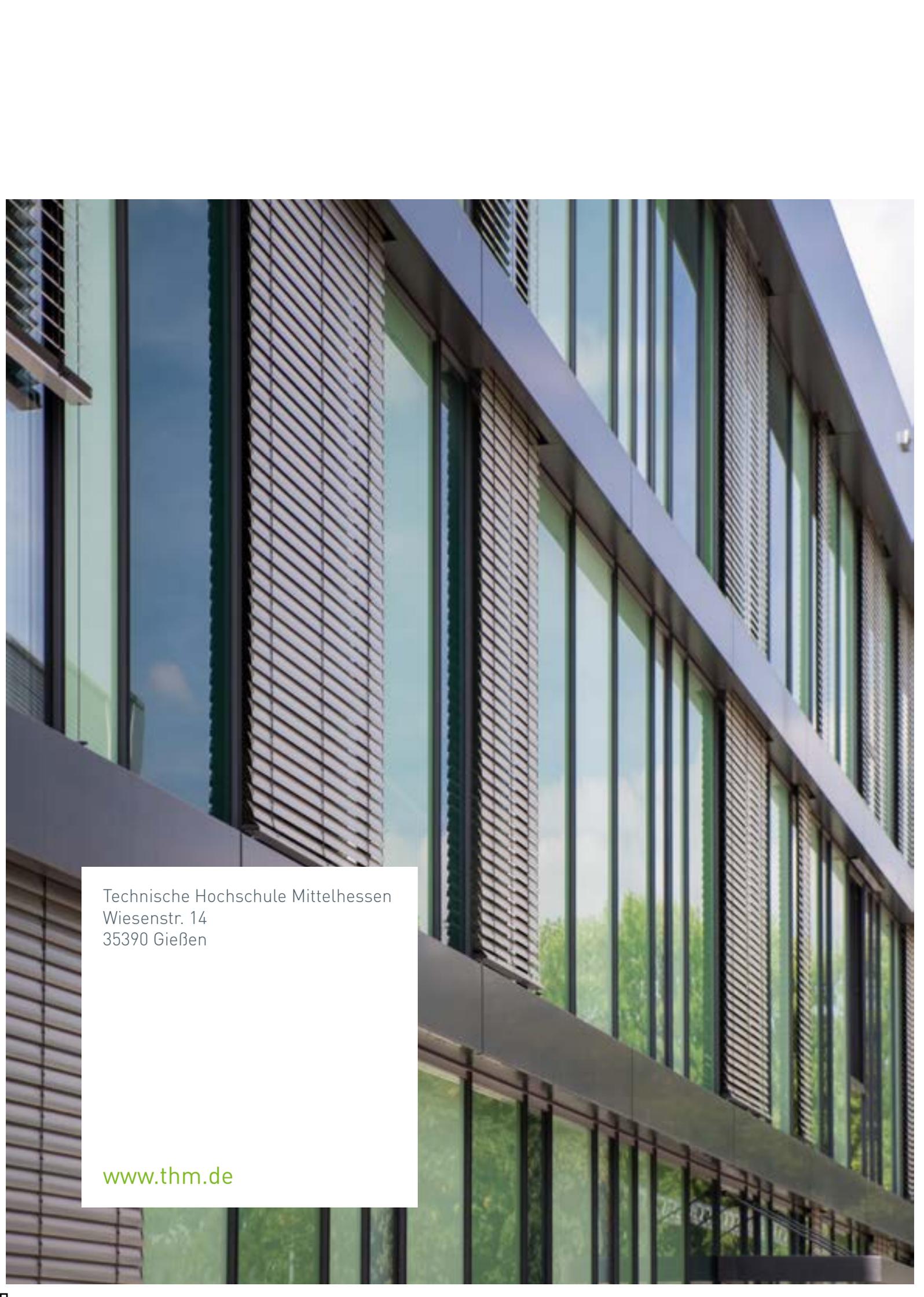
Aufbauend auf dem VDMA-Werkzeugkasten Industrie 4.0 mit den Kategorien **Produkt** und **Produktion** ist mit **DigiTAMM** eine Weiterentwicklung um die Kategorien **IT-Organisation und Prozesse**, **Mitarbeiter** und **IT-Sicherheit** vorgenommen worden. Alle fünf Kategorien sind über Merkmale beschrieben. Diese können in unterschiedlichen Ausprägungsstufen im Unternehmen vorliegen. Die Ausprägungsstufen folgen der Logik, von links (beginnend bei Stufe 1) nach rechts (bis hin zu Stufe 5) einen höheren Digitalisierungsgrad bzw. Stand von Industrie 4.0 zu repräsentieren. Mit diesem Tool kann der Reifegrad eines Unternehmens zur Digitalisierung/ Industrie 4.0 bestimmt werden. Im Weiteren wurde eine Vorgehensweise, das AWF-Modell, erläutert. Die Anwendung des AWF-Modells greift auf **DigiTAMM** als Tool zurück. Es dient dazu, abgeleitet von den zukünftigen Herausforderungen für ein Unternehmen, Defizite in der Digitalisierung aufzuzeigen. Diese Defizite

werden als Projekte in strukturierter Form in eine Roadmap für die Digitalisierung überführt. Natürlich ist es dann noch erforderlich, jedes identifizierte Projekt in der gebotenen Tiefe zu betrachten. Das AWF-Modell wurde mehrfach erfolgreich bei Unternehmen eingesetzt.

5 Literaturverzeichnis

- Berghaus, S.; Back, A.; Kaltenrieder, B. (2016): Digital Maturity & Transformation Report 2016, Crosswalk AG. Online verfügbar unter <https://www.digitaleschweiz.ch/wp-content/uploads/2016/06/digital-maturity-transformation-report-2016-mit-best-practices.pdf>, zuletzt geprüft am 01.07.2024.
- BITKOM e.V.; VDMA e.V.; ZVEI e.V. (Hg.) (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Online verfügbar unter <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/umsetzungsstrategie-2015.html>, zuletzt geprüft am 01.07.2024.
- Bley, K.; Leyh, C.; Schäffer, T. (2016): Digitization of German Enterprises in the Production Sector – Do they know how “digitized” they are? In: Proceedings of the 22nd Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2016).
- BMWK (2024): Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland - Digitalisierungsindex 2023. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Berlin.
- BVMW (2023): Transformation und Zukunftskompetenzen im deutschen Mittelstand. Der Mittelstand, BVMW e.V., Berlin.
- Deloitte (2021): Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Deloitte. Online verfügbar unter https://www2.deloitte.com/de/de/pages/mittelstand/contents/kuenstliche-intelligenz-im-mittelstand.html?id=de:2ps:3gl:eng_li:cc-ki-mittelstand-studie, zuletzt geprüft am 01.07.2024.
- Fitzgerald, M.; Kruschwitz, N.; Bonnet, D.; Welch, M. (2013): Embracing digital technology: A new strategic imperative. MIT Sloan Management Review, Research Report.
- Kane, G. C.; Palmer, D.; Philips Nguyen, A.; Kiron, D.; Buckley, N. (2015): Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation. MIT Sloan Management Review, Research Report.
- Leyh, C.; Bley, K.; Ott, M. (2018): Chancen und Risiken der Digitalisierung: Befragungen ausgewählter KMU. In: Hofmann, J. (ed.) Arbeit 4.0 – Digitalisierung, IT und Arbeit (HMD Edition), pp. 29–51. Springer, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21359-6_3
- Leyh, C., Schäffer, T. (2024): Digitale Kompetenzen als notwendige Voraussetzung der Digitalen Transformation. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, vol. 61, no. 1, pp. 12–26. <https://doi.org/10.1365/s40702-024-01044-9>
- Leyh, C.; Schäffer, T.; Bley, K.; Forstenhäusler, S. (2017): Assessing the IT and Software Landscapes of Industry 4.0-Enterprises: The Maturity Model SIMMI 4.0. In: Ziemba, E. (ed.) Information Technology for Management: New Ideas and Real Solutions (LNBIP, vol. 277), pp. 103–119. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53076-5_6
- Mathrani, S.; Mathrani, A.; Viehland, D. (2013): Using enterprise systems to realize digital business strategies. In: Journal of Enterprise Information Management, vol. 26 no. 4, pp. 363–386. <https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2012-0003>
- Pagani, M. (2013): Digital Business Strategy and Value Creation: Framing the Dynamic Cycle of Control Points. In: MIS Q., vol. 37, no. 2, pp. 617–632.
- Sames, G. (2021): Reifegradmodell zur Digitalisierung und Industrie 4.0. In: THM-Hochschulschriften, no. 18. <http://dx.doi.org/10.25716/thm-39>

- Sames, G.; Diener, A. (2018): Stand der Digitalisierung von Geschäftsprozessen zu Industrie 4.0 im Mittelstand – Ergebnisse einer Umfrage bei Unternehmen. In: THM Hochschulschriften, no. 9. <http://dx.doi.org/10.25716/thm-46>
- Sames, G.; Lapa, J. (2020): Stand der Digitalisierung von Geschäftsmodellen zu Industrie 4.0 im Mittelstand – Ergebnisse einer Umfrage bei Unternehmen. In: THM Hochschulschriften, no. 13. <http://dx.doi.org/10.25716/thm-106>
- Sames, G.; Maibach, T. (2023): Vergleich der Digitalisierung von Geschäftsprozessen und Geschäftsmodellen in Japan und Deutschland. In: THM Hochschulschriften, no. 26. <http://dx.doi.org/10.25716/thm-248>
- Schäffer, T.; Beckmann, H. (2023): Trendstudie Stammdatenqualität 2022 – Erhebung der aktuellen Situation zur Stammdatenqualität in Unternehmen und daraus abgeleitete Trends. Schriftenreihe Wirtschaftsinformatik, Steinbeis-Edition, Stuttgart
- Schlick, J.; Stephan, P.; Loskyll, M.; Lappe, D. (2014): Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. In: Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (eds.) Industrie 4.0 in der Produktion, Automatisierung und Logistik. pp. 56–84. Springer, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8_3
- Schneider, Ralf (2017): IT-Sicherheit: Gemeinsam sind wir Stärker. In: Abolhassan, F. (ed.) Security Einfach Machen. IT-Sicherheit als Sprungbrett für die Digitalisierung. Springer Gabler, Wiesbaden, pp. 52–64. https://doi.org/10.1007/978-3-658-14945-1_6
- VDMA (2015): Leitfaden Industrie 4.0. Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. Online verfügbar unter https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/5356229/VDMA_Leitfaden_I40_neu.pdf/762e5ad4-978a-4e4a-bece-47fac3df4a86, zuletzt geprüft am 01.10.2020.
- Zimmermann, V. (2022a): Vielfältige Hemmnisse bremsen die Digitalisierung im Mittelstand. KfW Research - Fokus Volkswirtschaft, no. 380. Online verfügbar unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2022/Fokus-Nr.-380-April-2022-DigiHemmnisse.pdf>, zuletzt geprüft am 01.07.2024.
- Zimmermann, V. (2022b): Digitalisierungsstrategien in kleinen, regional agierenden und nicht-innovativen Unternehmen selten. KfW Research - Fokus Volkswirtschaft, no. 382. Online verfügbar unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2022/Fokus-Nr.-382-Mai-2022-Digi-Strategie.pdf>, zuletzt geprüft am 01.07.2024.

A photograph of a modern building facade featuring large glass windows and a white brick-like pattern. The building is viewed from a low angle, looking up. The glass reflects the sky and surrounding greenery. The white brick pattern is composed of small, rectangular tiles arranged in a grid.

Technische Hochschule Mittelhessen
Wiesenstr. 14
35390 Gießen

www.thm.de