



Abschlussergebnisbericht

KMU-Wissenstransferlabor „Digitale Fabrik“

Sigrid Wenzel, Deike Gliem, Ulrich Jessen,

Jana Stolipin, Robin Sutherland, Nicolas Wittine



Bild: Harry Soremski

Herausgegeben von:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel
Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung
Universität Kassel

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Universität Kassel, Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung

doi:10.17170/kobra-202304267903

ISBN: 978-3-9822278-2-5



<https://www.uni-kassel.de/forschung/kmu-wislab-df/>

Förderhinweis

Das Forschungsprojekt „KMU-Wissenstransferlabor Digitale Fabrik“ mit einer Laufzeit von drei Jahren (01/2020 – 12/2022) wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2014 bis 2020 (IWB-EFRE-Programm Hessen) und aus Mitteln des Landes Hessen gefördert.



EUROPÄISCHE UNION:
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Name und Anschrift der Forschungsstelle

Universität Kassel
Institut für Produktionstechnik und Logistik
Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung
Kurt-Wolters-Straße 3
D-34125 Kassel

Leiterin der Forschungsstelle
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sigrid Wenzel
Tel.: +49 561 / 804 1851
E-Mail: sekretariat-pfp@uni-kassel.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------------|---|----|
| 1 | Beschreibung der erzielten Projektergebnisse..... | 1 |
| 2 | Effizienz des Gesamtprojekts und Wirtschaftlichkeit der Zielerreichung..... | 4 |
| 3 | Bewertung der Verstetigung des Technologietransfervorhabens | 6 |
| 4 | Angebote und Verwertung sowie Verbreitung von Forschungsergebnissen..... | 6 |
| 5 | Bewertung der erreichten Nachhaltigkeitspotentiale | 8 |
| 6 | Fazit und Ausblick | 8 |
| Anhang..... | | 9 |
| I. | Reifegradmodell | 9 |
| II. | Beratendes Gremium | 12 |
| III. | Beispiele für Industrie 4.0-Visionen..... | 12 |
| IV. | Wertstromanalyse..... | 13 |
| V. | Veröffentlichungen..... | 14 |
| VI. | Impressionen aus dem Workshop | 15 |

Ident.-Nr.: 0994-20004884
Antragsteller/in: Universität Kassel
Projekttitle: KMU-Wissenstransferlabor „Digitale Fabrik“

Abschlussergebnisbericht

Wissens- und Technologietransfer

1 Beschreibung der erzielten Projektergebnisse

Das Forschungsvorhaben verfolgt als Projektziel, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bei der digitalen Transformation zu unterstützen. Zu diesem Zweck ist das am Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung (pfp) für die Forschung und Lehre verwendete Kompetenzlabor Digitale Fabrik (DFC-Lab) durch die Ergänzung von unternehmensrelevanten methodischen Inhalten zu einem KMU-Wissenstransferlabor „Digitale Fabrik“ (Wislab) weiterentwickelt worden. Diese praxisnahe Transferumgebung zur strategischen und operativen Planung schafft – auch unter Einsatz von Modellen, Methoden und Werkzeugen der Digitalen Fabrik – für KMU eine Grundlage für zukünftige Industrie 4.0-Projekte. Ergänzend stärkt die Vermittlung von relevantem Wissen zur digitalen Transformation die Wettbewerbsfähigkeit von KMU nachhaltig. Ausgangspunkt der Unterstützung bei der Gestaltung einer eigenen Digitalisierungsstrategie ist die individuelle Situation der Unternehmen innerhalb der digitalen Transformation.

Das Vorhaben wurde entsprechend dem Antrag in sechs Arbeitspaketen (AP) umgesetzt:

- AP 1: Bestimmung der Digitalisierungsgrade von Unternehmen
- AP 2: Erarbeitung KMU-spezifischer Planungs- und Experimentierszenarien
- AP 3: Validierung der Szenarien
- AP 4: Unternehmensspezifische Adaption der Planungs- und Experimentierszenarien
- AP 5: Durchführung von Workshops zur Evaluation der Planungs- und Experimentierszenarien
- AP 6: Dokumentation und Publikation

Aufgrund der Corona-Pandemie sowie den Ergebnissen aus Unternehmensbefragungen sind einige wichtige Änderungen in der methodischen Vorgehensweise zur Erreichung der Arbeitspaketziele notwendig gewesen. Während erste Interviews noch in Präsenz inklusive Unternehmensbegehung stattfanden, mussten mit Beginn der Corona-Pandemie die Interviews in ein Online-Format überführt werden. Aufgrund der Ergebnisse aus den Unternehmensbefragungen erfolgten zudem zweckbezogene inhaltliche Fokussierungen. So standen die befragten Unternehmen eher noch am Anfang der Digitalisierung; komplexe digitale Planungsprozesse sind daher keine adäquaten Inhalte für einen Transfer gewesen. Stattdessen wurden die sich im Rahmen der Befragung ergebenden Herausforderungen der Unternehmen adressiert, sodass ein greifbarer Einstieg in die digitale Transformation für die Unternehmen über ein Workshopkonzept ermöglicht wurde. Die wichtige Rolle der Modellbildung, Simulation und Visualisierung wurde innerhalb des im Projekt entwickelten Reifegradmodells jedoch berücksichtigt und somit den Unternehmen vermittelt.

Insgesamt wurde das Ziel des Projektes, KMU bei der digitalen Transformation durch Methoden zur Bestimmung des Digitalisierungsgrades und einem Workshopkonzept zur

Erstellung einer „Roadmap zur Industrie 4.0“ zu unterstützen, erreicht. Die Ergebnisse werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Die Bestimmung des Digitalisierungsgrades innerhalb der Unternehmen erfolgt durch das entwickelte Reifegradmodell und einen zugehörigen Interviewleitfaden. Das Reifegradmodell ist mittels einer systematischen Literaturrecherche entwickelt worden und gliedert sich in sieben Dimensionen und 29 Indikatoren (vgl. Anhang I). Industrie 4.0-Kenntnisse sind für die Anwendung nicht erforderlich. Mit dem Reifegradmodell wird eine ganzheitliche Betrachtungsweise geschaffen, die nicht nur die rein technischen Kriterien um die oftmals fehlenden sozialen und organisatorischen Aspekte ergänzt, sondern auch ermöglicht, Defizite zu erkennen und Handlungsbedarfe abzuleiten. Das Reifegradmodell sowie das Vorgehen zur Erhebung des Reifegrades sind mittels Fragebogen und durch Anwendung über Mitarbeiter:innen der beteiligten Unternehmen evaluiert worden. Jeder Indikator ist stufenweise (von Stufe 0 = Beginner bis 4 = Exzellenz) beschrieben und liefert KMU Ansätze, die zur Erreichung des nächsthöheren Reifegrades nötig sind. Grundsätzlich ist die Reifegradermittlung im Kontext von Industrie 4.0 ein gängiges Vorgehen, jedoch fehlt in der Regel eine Anleitung, wie der nächsthöhere Reifegrad erlangt werden kann; auch ist die aufwendige Erhebung des Reifegrades nicht offengelegt. In bis zu 6-stündigen Interviewrunden wurden insgesamt 14 Unternehmen zum Stand ihres Unternehmens befragt. Als Ergebnis erhielt jedes Unternehmen anschließend einen Bericht inklusive Reifegradbewertung. Dabei stellt bereits die Selbsteinschätzung während des Interviews für viele Teilnehmer:innen einen Mehrwert dar.

Zur Identifizierung von KMU-spezifischen Problemfeldern aus dem Bereich der digitalen Transformation im Kontext von Industrie 4.0 wurden die Interviewergebnisse ausgewertet. Die teilnehmenden Unternehmen bewegen sich auf der ersten oder zweiten Stufe des entwickelten Reifegradmodells. Basierend auf der ausführlichen Interviewstudie konnten durch eine explorative Datenanalyse Problemfelder (Digitalisierungstreiber) identifiziert werden. Diese zusätzlich gewonnenen Erkenntnisse haben den weiteren Verlauf des Projektes geprägt und eine problem- und praxisorientierte Vorgehensweise in den Vordergrund gestellt. Das Ergebnis dieser Analysen diente als Grundlage für die Formulierung von Planungs- und Experimentierszenarien, die durch eine Kombination von unterschiedlichen Zuständen innerhalb des Reifegradmodells dargestellt werden. Das Vorgehen zur Szenarienbildung sowie die Digitalisierungstreiber wurden durch das beratende Gremium (vgl. Anhang II) evaluiert. Anhand des Vorgehens können unterschiedliche Szenarien über das Reifegradmodell abgebildet werden.

Um für die Unternehmen relevante Szenarien ableiten zu können, sind mit den Teilnehmer:innen aus insgesamt sieben Unternehmen mögliche Workshopinhalte diskutiert und Wünsche sowie Erwartungen aufgenommen und reflektiert worden. Die Auswertung dieser Gespräche ergab, dass die identifizierten Digitalisierungstreiber „IT und Daten“, „Management, Führung und Kultur“ sowie „Mitarbeiter:innen“ zwar weiterhin Relevanz haben, jedoch ein übergreifender Einstieg in den Themenbereich Industrie 4.0 gewünscht ist. Ausgehend von den ermittelten Reifegraden der Unternehmen ist für den Workshop als Experimentierszenario ein repräsentatives Referenzunternehmen geschaffen worden. Das Referenzunternehmen dient als gemeinschaftliche Ausgangslage und ist demnach hierarchisch organisiert, hat 42 Angestellte, macht 3,9 Mio. € Umsatz und produziert 250.000 Locher pro Jahr. Für die Komponenten des Lochers existiert eine Stückliste, die zur Ableitung der notwendigen Produktionsschritte dient. Diese wiederum sind für die digitale Planung des Fabriklayouts inklusive Produktionsmengen, Taktraten und Logistikabläufe verwendet worden (vgl. Abbildung 1). Zusätzlich ist eine Wertstromanalyse (vgl. Anhang IV) angefertigt worden, die eine Übersicht über die betrieblichen Materialflüsse bietet. Auf diese Weise ist ein praxisnahes Beispiel entstanden, an dem auch die Vorteile von digitalen Planungsmethoden verdeutlicht werden können.



Abbildung 1: Digitales Abbild des Referenzunternehmens

Aufbauend auf den Ergebnissen der bilateralen Transfergespräche sind im Sinne des Antrags für den Workshop zunächst das Qualifikationsziel, die Lernergebnisse und die Kompetenzen formuliert, die Zielgruppe definiert sowie der grobe Ablauf und die Rahmenbedingungen der Veranstaltung (z. B. Dauer, Ort und Anzahl Teilnehmer:innen) festgelegt worden. In der praktischen Umsetzung im Workshop wird – ausgehend von dem o.g. Referenzunternehmen – gemeinsam eine Industrie 4.0-Vision (vgl. Anhang III) erarbeitet und anschließend in eine konkrete Roadmap überführt (vgl. Abbildung 2).

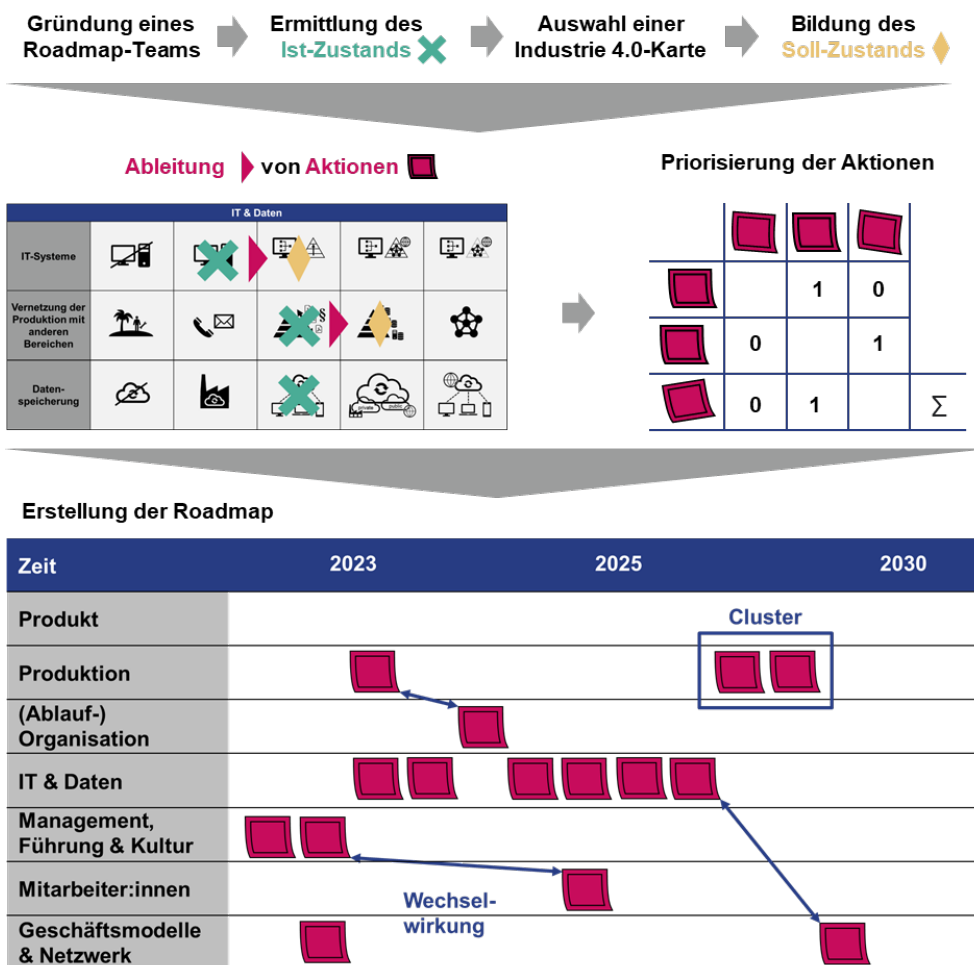


Abbildung 2: Ablauf der Methodik zur Entwicklung einer KMU-spezifischen Roadmap für Industrie 4.0-Visionen

Basierend auf den Angaben des Referenzunternehmens wird in Kleingruppen eine Industrie 4.0-Vision ausgewählt. Über einen Ist-/ Sollvergleich werden Ziele und Aktionen abgeleitet und über eine Abhängigkeitsmatrix verglichen und priorisiert. Die priorisierten Ziele werden von den Gruppen in Form einer Roadmap in eine Reihenfolge gebracht. Dabei werden Abhängigkeiten sowie Wechselwirkungen verdeutlicht und die Vision zeitlich eingeordnet. Zum Abschluss präsentiert jede Gruppe ihr Ergebnis den anderen Teilnehmer:innen. Der Workshop selbst läuft interaktiv ab (vgl. Anhang VI). Diskussionen werden in Paaren geführt, die im weiteren Verlauf des Workshops in zwei bis vier Gruppen überführt werden. Dies fördert den Austausch von praktischer Erfahrung und Meinungen aus verschiedenen Perspektiven.

Das Feedback der insgesamt acht Teilnehmer:innen ist durchweg positiv. Gelobt wird der umfassende Einstieg in das Thema und die Diskussionsmöglichkeit in Abhängigkeit einer konkreten Aufgabenstellung. Das abschließende Meinungsbild aller Teilnehmer:innen ist anhand eines Evaluationsbogens erhoben worden und nachfolgend in Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 3: Evaluation des Workshops

Die geschaffene Wissenstransferumgebung besteht aus dem Reifegradmodell, einem Vorgehen zur Anwendung sowie dem Workshop und enthält die Szenarien, Methoden und Modelle, um das Wissen zur strategischen Planung von Industrie 4.0-Projekten zu vermitteln.

Obwohl neben der Roadmap noch weitere Themenwünsche (z. B. Anwendung von Simulation sowie Datenerhebung und -analyse im Unternehmen) identifiziert werden konnten, ist im Gegensatz zum Antrag ein umfassender Einstiegsworkshop ausgearbeitet und durchgeführt worden, da die Ausarbeitung von Industrie 4.0-Visionen sowie der Entwurf eines realistischen und repräsentativen Beispielunternehmens als Vorbereitung zur Erstellung einer Roadmap deutlich umfangreicher als geplant ausgefallen sind. Der entwickelte Workshop deckt durch seine dynamische Szenarienbildung ein breites Anwendungsspektrum ab.

2 Effizienz des Gesamtprojektes und Wirtschaftlichkeit der Zielerreichung

Zur Sicherstellung eines reibungslosen Ablaufs wurden die Aktionen und Meilensteine projektbegleitend mit MS Project verfolgt; bei Abweichungen vom Zeitplan oder nötigen Anpassungen von Arbeitsinhalten sind entsprechende Korrekturmaßnahmen eingeleitet worden. Der Projektverlauf folgte dabei grundsätzlich einer hybriden Projektorganisation in enger Zusammenarbeit mit dem Projektkonsortium. Die hybride Projektorganisation orientierte sich an den gegebenen Arbeitspaketen, die Erarbeitung der Inhalte erfolgte jedoch agil. Das

agile Vorgehen zeichnete sich durch viele kleine Schritte aus, sodass schnell Zwischenergebnisse erzielt werden konnten und eine entsprechende Reaktion auf Erkenntnisse (z. B. in Interviewgesprächen und Projektsitzungen) möglich war. Die allgemeine Projektdokumentation umfasste neben den regelmäßigen Berichten an die WI-Bank auch protokollierte Projektsitzungen. Diese dienten neben dem Transfer bisher gewonnener Erkenntnisse in die Unternehmen auch zur Ausrichtung auf praxisrelevante Themen und der projektbegleitenden Evaluation. Innerhalb der Projektlaufzeit wurden insgesamt vier Sitzungen (ca. 3 h) im Online-Format durchgeführt. Zu jeder Sitzung ist jeweils eine Begleitpräsentation zu aktuellen Themen und bisher erfolgten Arbeiten angefertigt worden. Um trotz der Corona-Pandemie einen Austausch zwischen den Unternehmen zu ermöglichen, wurden kurze Impulsvorträge durchgeführt. Diese dienten einer kurzen Unternehmensvorstellung, die um aktuelle Herausforderungen und individuelle Digitalisierungsansätze der jeweiligen Unternehmen ergänzt wurden.

Das Projekt konnte mit den beantragten Mitteln erfolgreich und vollumfänglich durchgeführt werden; eine kostenneutrale Verlängerung wurde beantragt und bewilligt, da die bilateralen Transforgespräche deutlich mehr Zeit benötigten als ursprünglich veranschlagt. Zusätzlich konnte so der entwickelte Workshop in Präsenz stattfinden. Da insbesondere die Sachausgaben geringer ausgefallen sind, hat sich kein finanzieller Mehrbedarf ergeben. Weitere Änderungen oder zusätzliche Aufwände ergaben sich nicht. Die Ziele des Vorhabens konnten mit den kalkulierten Mitteln adäquat erreicht werden; damit kann die Wirtschaftlichkeit der Zielerreichung bestätigt werden. Bei der Projekt- und Zeitplanung hat sich herausgestellt, dass der Aufwand für die Erstellung des Reifegradmodells sowie für die anschließend durchgeführten Interviews höher war als bei der Antragsstellung erwartet. Zudem ist ein zeitlicher und personeller Mehraufwand bei der Erstellung des Referenzunternehmens und der Konzeption des Workshops angefallen, da ein grundlegender Einstiegsworkshop aufwendiger zu erstellen ist als die Adaption von bestehenden Inhalten an die Bedarfe von KMU. Dieser Mehraufwand wurde durch die kostenneutrale Verlängerung kompensiert.

Das wissenschaftliche Personal verfügt über ein abgeschlossenes wissenschaftliches Hochschulstudium und vertiefte Kenntnisse in Produktion und Logistik sowie in der digitalen Fabrikplanung. Das Forschungsteam zeichnet sich durch seine interdisziplinäre Ausrichtung aus, die sich über die Schwerpunkte der unterschiedlichen Studienabschlüsse (Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen und Informatik) sowie über die vorhandene Berufserfahrung ergibt. Zudem sind über die individuellen Fähigkeitsprofile und die Erfahrung der jeweiligen Mitarbeiter:innen Kenntnisse zu Methoden der Informations- und Datenerhebung sowie der Analyseverfahren bedarfsgerecht ergänzt worden. In das Aufgabenfeld der wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen fiel auch die Anleitung der studentischen Hilfskräfte. Diese unterstützten das Forschungsteam und lieferten durch ihr Engagement im Studium sowie Interesse an den Forschungsinhalten einen wertvollen Beitrag zum Projektergebnis. Durch die Einbindung der verschiedenen interdisziplinären Kompetenzen erfolgte die Projektdurchführung effizient und stets reflektiert.

Eingesetzte Methoden:

- Delphi-Studie
- Explorative Datenanalyse
- Fragebogen
- Impulsvortrag
- Interviewgespräch
- Literaturrecherche
- Mapping
- Modellierung
- Morphologische Analyse
- Planspiel
- Priorisierungsmatrix
- Reifegradmodell
- Statistische Datenanalyse
- Szenariotechnik
- Visualisierung
- Wertstromanalyse
- Workshop

3 Bewertung der Verstetigung des Technologietransfervorhabens

Eine Verstetigung des Vorhabens über das Förderende hinaus ist über die Professionalisierung des Workshopangebotes und die Entwicklung weiterer unternehmensspezifischer Angebote (z. B. Reifegraderfassung) vorgesehen. So soll 2023 über den Verein für Sozialpolitik, Bildung und Berufsförderung e. V. (VSB) – Akademie der Wirtschaft – der entwickelte eintägige Workshop angeboten werden. Seitens des VSB wird der Workshopinhalt als interessante Erweiterung des bisherigen Schulungsangebotes angesehen. Eine weitere Verstetigung bildet ein geplantes Zertifikatsangebot der Management School der Universität Kassel (UNIKIMS). Zudem ist es denkbar, die individuelle Reifegradermittlung als unternehmensspezifisches Angebot im Sinne einer Schulung oder Dienstleistung über das Fachgebiet anzubieten.

Weitere Verstetigungen in den beteiligten Unternehmen ergaben sich über in den Unternehmen durchgeführte Abschlussarbeiten. Ausgehend vom eigenen Reifegrad konnten Themenfelder identifiziert und Studierende in Kooperation mit der Forschungsstelle betreut werden.

Des Weiteren ist die Universität Kassel ausgezeichnet mit dem Status einer EXIST-Gründerhochschule und weist eine klare Patent- und Transferstrategie auf: Im Entwicklungsplan der Universität Kassel und in der Zielvereinbarung mit dem Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst wurde festgelegt, dass der Wissenstransfer verstärkt in die Forschungs- und Lehraktivitäten der Fachbereiche integriert wird. Dies betrifft nicht nur die konsekutiven Studiengänge, sondern auch die berufsbegleitenden Weiterbildungsangebote, wie den Masterstudiengang Industrielles Produktionsmanagement, der von der Projektleiterin inhaltlich verantwortet wird. Daher ist eine Übernahme von Inhalten im Kontext des berufsbegleitenden Weiterbildungsangebotes „Master of Science – Industrielles Produktionsmanagement“ der UNIKIMS vorgesehen. Dies schafft nicht nur für Studierende einen Mehrwert, sondern ebenfalls für die Unternehmen, die die Studierenden in den Weiterbildungsmaster entsenden. Auf diese Weise wird die forschungsorientierte Beratung mit der industriellen Anwendung vernetzt, wodurch innovative Ideen für Projekte oder Geschäftsmodelle entstehen können. Ein weiterer Transfer von Inhalten wird zudem über die Integration der Erkenntnisse in die Vorlesungen des konsekutiven Masterangebotes im Maschinenbau und im Wirtschaftsingenieurwesen erreicht.

4 Angebote und Verwertung sowie Verbreitung von Forschungsergebnissen

Die Zusammenarbeit mit 15 mittelständischen Unternehmen (davon 10 KMU nach EU-Definition) und in Summe 37 Mitarbeiter:innen verdeutlicht die Relevanz des Forschungsthemas. Die Unternehmen sind zumeist dem produzierenden Gewerbe zuzuordnen (Automotive, Elektrotechnik, Kunststofftechnik, Medizintechnik, Sensorik, (Sonder-)Maschinenbau und Werkzeugbau) und planen mittelfristig die eigene Digitalisierung voranzutreiben. Der Veranstaltungsort Kassel liegt zentral in Deutschland und ist grundsätzlich gut via Auto und Bahn erreichbar. Bei entsprechendem Interesse ist es grundsätzlich möglich, den Workshop auch standortunabhängig (z. B. in Unternehmen) durchzuführen. Der branchenunabhängige Workshop richtet sich daher bundesweit an Mitarbeiter:innen in Positionen mit Entscheidungsbefugnis (Geschäftsführende, Produktions-, IT- und Digitalisierungsverantwortliche, Meister usw.), die im Kontext von Digitalisierungsvorhaben entweder den Wandel gestalten sollen oder aber vom Wandel direkt oder auch indirekt betroffen sind.

Die Unternehmen haben durch die Reifegradermittlung die Möglichkeit zur Selbstreflexion erhalten und konnten im Workshop konkrete Ansätze zur selbstständigen Entwicklung einer Industrie 4.0-Roadmap mitnehmen. Der unternehmensbezogene Transfer in die Praxis wurde

durch das interaktive Ableiten einer unternehmensspezifischen Vision anhand des Reifegradmodells gefördert. Der Workshop hilft Unternehmen, neue Ideen im Kontext von Industrie 4.0 zu formulieren sowie Zusammenhänge und Auswirkungen entsprechender Projekte besser zu verstehen, und verbessert die Digitalisierungskompetenz der Teilnehmer:innen. Der Entwurf einer unternehmensspezifischen Roadmap anhand des erlernten Vorgehens erhöht die Transparenz gegenüber Managemententscheidungen und fördert somit auch die Akzeptanz gegenüber dem digitalen Wandel. Ergänzend wird der Nutzen von digitalen Planungsmethoden und Prozessanalysen veranschaulicht und regt so die Teilnehmer:innen zum selbstständigen Erproben an. Da das Referenzunternehmen einem Unternehmen aus dem Mittelstand nachempfunden ist, wird der Transfer für die Teilnehmer:innen auf den eigenen Betrieb und die eigenen Herausforderungen nach der Teilnahme am Workshop problemlos ermöglicht.

Durch die projektbegleitenden Veröffentlichungen und insbesondere die geplante Veröffentlichung eines abschließenden Beitrags in der Fachzeitschrift „Industrie 4.0 Management“ wird in der Öffentlichkeit auf die gewonnenen Ergebnisse aufmerksam gemacht. Der Transfer der Forschungsergebnisse ist grundsätzlich über Publikationen und Präsentationen auf anwendungsorientierten Tagungen, wissenschaftlichen Konferenzen und über Pressemitteilungen realisiert worden. Die nachfolgende Tabelle konkretisiert die Transfermaßnahmen in Bezug auf ihre Umsetzung:

Tabelle 1: Umsetzung von Transfermaßnahmen

| Maßnahme | Umsetzung |
|--|---|
| Projekt-Homepage | https://www.uni-kassel.de/forschung/kmu-wislab-df/startseite |
| Einrichtung eines beratenden Gremiums | Gremium zum Kick-off gegründet und stetig erweitert |
| Transfer über den Fördermittelgeber | Veröffentlichung über LIDIA und Exekutive Summary für Öffentlichkeitsarbeit |
| Gremienarbeit, Einbeziehung von Multiplikatoren | Veröffentlichung über MoWin.net e.V. |
| Transfer über die Universität Kassel | Pressemitteilung; Forschungsportal (Converis) |
| Veröffentlichungen | Siehe Anhang V Publikationen |
| Publikationen auf wissenschaftlichen Tagungen | Siehe Anhang V Publikationen |
| Unternehmensspezifische Workshops und halbtägige Transfertagungen | Bilaterale Interviews statt Transfertagung; Durchführung des Workshops |
| Akademische Lehre und berufliche Weiterbildung | Übernahme in die Lehre und den Weiterbildungsmaster |

Die Teilnahme und das Mitwirken am Forschungsprojekt war für die Unternehmen kostenfrei. Die Ergebnisse sind aufgrund der beschriebenen Maßnahmen diskriminierungsfrei und kostenlos für Interessierte bundesweit zugänglich gemacht worden. Zur Verstetigung des Wissenstransfers wird das bisher kostenlose Angebot in ein kostenpflichtiges Angebot überführt. So ist geplant, den entwickelten Workshop für 8 bis 12 Teilnehmer:innen anzubieten (ca. 490 € pro Teilnehmer:in). Eine unternehmensindividuelle Reifegradermittlung inklusive Vor- und Nachbereitung des zugehörigen Interviews benötigt zwei wissenschaftliche Mitarbeiter:innen und kann somit nach jetziger Planung als Dienstleistung für ca. 2.900 € realisiert werden.

5 Bewertung der erreichten Nachhaltigkeitspotentiale

Die im Forschungsprojekt entstandene Methodik zur Entwicklung einer Roadmap im Kontext der Digitalisierung ist grundsätzlich übertragbar auf viele Problemstellungen, mit denen insbesondere KMU im Zuge des digitalen Wandels konfrontiert werden. Nachhaltigkeitsziele im Kontext von Material- und Ressourceneffizienz werden über das Reifegradmodell indirekt adressiert, da technologischer und digitaler Wandel in enger Beziehung stehen. Zudem werden gesellschaftliche und soziale Ziele im Kontext der Nachhaltigkeit über die Weiterbildungsangebote und Transfermaßnahmen für KMU erreicht. Mit der Reifegradermittlung kann die Ausgangssituation innerhalb der Unternehmen transparent und nachvollziehbar abgebildet werden. Darauf aufbauend können Unternehmen, insbesondere in Kombination mit den Workshopinhalten, eigene Strategien entwerfen und Schwerpunkte für ihre Industrie 4.0-Vision setzen.

6 Fazit und Ausblick

Mit den Ergebnissen des Forschungsprojektes ist es in herausragender Weise gelungen, KMU bei ihren ersten Schritten der digitalen Transformation zu unterstützen. Dabei bildet das entwickelte Reifegradmodell den Einstieg und zusammen mit der vorgestellten Methodik das Kernelement. Besonders wertvoll ist der im Zuge der Reifegradermittlung zustande gekommene enge Austausch mit den Unternehmen. Aus Sicht des Forschungsvorhabens konnte sehr früh im Projekt die Praxisrelevanz verdeutlicht und eine Vielzahl an Problemfeldern aus den Unternehmen identifiziert werden. Die Unternehmen haben anhand ihrer konkreten Reifegradbewertung die eigenen Herausforderungen und Problemfelder erfahren. Allerdings hat sich gezeigt, dass sich die teilnehmenden Unternehmen noch am Beginn des digitalen Wandels befinden und grundsätzlich Orientierung benötigen. Aus diesem Grund ist es wichtig, genau diesen Bedarf zu adressieren und mit dem digitalen Wandel ggf. verbundene Hemmnisse abzubauen. Zusätzlich haben sich aus dem beratenden Gremium weitere Kooperationsmöglichkeiten für Forschung und Lehre ergeben. Beispielsweise hat ein Gastvortrag zu aktuellen Herausforderungen in der Logistik den Studierenden in der Vorlesung des Fachgebietes praxisnahe Einblicke in ein Unternehmen ermöglicht. Zudem ist der Wunsch nach einer engeren Kooperation im Bereich der Fabrikneuplanung sowie der Materialflussanalyse konkretisiert worden.

Da die Projektabwicklung im agilen Umfeld erfolgte, existiert jetzt ein Backlog an Ideen, deren Umsetzung über den Fokus des laufenden Forschungsvorhabens hinausgeht. Die enge Zusammenarbeit mit den Unternehmen und insbesondere die durchgeführten Interviews bieten Ansätze für ergänzende Forschung und eine intensivere Zusammenarbeit mit den Unternehmen. Um die Ergebnisse weiterzuführen, ist seitens der Unternehmen explizit das Interesse an der weiteren Zusammenarbeit geäußert worden. Ein konkretes Beispiel bildet die Beschreibung der nötigen Kompetenzen der Mitarbeiter:innen für den digitalen Wandel. In den Interviews hat sich der Wunsch nach einem Unterstützungswerkzeug zur Beschreibung von Kompetenzprofilen im Kontext des digitalen Wandels ergeben. Recherchen zu diesem Thema haben jedoch aufgrund der Vielzahl an interdisziplinären Schnittstellen eine hohe Komplexität ergeben. Entsprechend ist eine wissenschaftlich fundierte Bearbeitung im Kontext des Forschungsprojektes nicht mehr möglich gewesen. Ein weiterführender Antrag ist hier jedoch vorstellbar. Weitere Ideen für Anträge sind im Bereich von weiterführenden Workshops aus den Gesprächen mit den Unternehmen entstanden. So ist die Anwendung von Simulation in den meisten KMU bisher nicht prioritär, würde aber nach entsprechenden Aussagen auf großes Interesse stoßen. Ebenso wünschen die Unternehmen Unterstützung zu Methoden und Vorgehensweisen der Datenerhebung und -auswertung.

Anhang

I. Reifegradmodell

| Produkte | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|
| Integration von Sensoren/Aktoren | Keine Nutzung von Sensoren/Aktoren | Sensoren/Aktoren sind eingebunden | Sensordaten werden vom Produkt verarbeitet | Sensordaten werden vom Produkt ausgewertet | Produkt reagiert anhand der Daten eigenständig |
| Kommunikation / Connectivity | Produkt besitzt keine Schnittstellen zur Umwelt | Produkt sendet/empfangt 1/0-Signale | Produkt verfügt über Feldbus-Schnittstellen | Produkt verfügt über Ethernet-Schnittstellen | Produkt hat Zugang zum Internet of Things |
| Funktionalität zur Datenspeicherung (Tracing/Tracking) | Keine Funktionalitäten | Möglichkeit zur Eindeutigen Identifikation (RFID,...) | Produkt besitzt passiven Datenspeicher | Möglichkeit zum autonomen Datenaustausch | Datenaustausch ist integraler Produktbestandteil |

| Produktion | | | | | |
|---|--|---|---|--|---|
| IKT-Infrastruktur in der Produktion | Manueller Informationsaustausch per E-Mail, Telekommunikation, Papier | Zentrale Datenserver in der Produktion | Internetbasierte Portale mit gemeinsamer Datennutzung | Automatisierter Informationsaustausch (z.B. Auftragsnachverfolgung) | Vollständige Integration von Kunden/Zulieferern in das Kommunikationsnetzwerk |
| Mensch-Maschine-Schnittstelle | Kein Informationsaustausch zwischen Mensch und Maschine | Einsatz lokaler Anzeigergeräte | Zentrale / Dezentrale Produktionsüberwachung / -steuerung | Einsatz mobiler Anzeigergeräte (Smartphone, Tablet) | Erweiterte und assistierte Realität (AR, VR, 3D-Brillen) |
| Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M) | Keine Kommunikation | Mittels Feldbus-Schnittstellen | Mittels (Industrial-) Ethernet-Schnittstellen | Maschine hat Zugang zum Internet | Einsatz von Webdiensten (M2M-Software) |
| Flexible & Wandlungsfähige Produktion | Starre Produktionsmittel und geringer Anteil Gleichteile | Flexible Produktionsmittel (Variantenvielfalt) und hoher Anteil Gleichteile | Flexible Produktionsmittel und modularer Produktaufbau → Zunehmende Effizienz bei kleinen Losgrößen | Bauteilgetriebene, wandlungsfähige Produktion im Unternehmen (kleine Lose), plug-and-produce-Fähigkeit | Bauteilgetriebene, wandlungsfähige Produktion der Losgröße 1 in Wertschöpfungsnetzen |
| Monitoring, QM & Maintenance | Kein Monitoring und traditionelle, reaktive Wartung/Instandhaltung | manuelle Qualitätsüberwachung durch MA und präventive Wartung/Instandhaltung | Betriebsdatenerfassung und rechnergestützte QS (z.B. CAQ, QFD, FMEA, SPC) und Condition Monitoring | Automatische Identifikation von Qualitätsmängeln und Predictive Maintenance (Nutzung von Big Data) | Predictive Maintenance und selbstständige Umsetzung der Maßnahmen (auch zur Qualitätssteuerung) |
| Werkzeuge & Methoden der Digitalen Fabrik(-planung) | 2D-CAD : Digitale Zeichnungen mittels 2D-CAD, CIM, CAM | 3D-CAD : Digitales Abbild einzelner Bauteile/Produkte mittels 3D-CAD, PPS, CAE, Objekt-Modellierung, CAP | Digital Mock-Up : Digitales Abbild von Produkten und Anlagen mittels Simulation , PDM, Prozess-Modellierung | Digitale Fabrik : Existenz eines Digitalen Schattens , Nutzung von Simulation und Visualisierung mittels AR/VR | Virtuelle Fabrik : Prozess-, Logistik-, Simulationsmodelle mittels Digitalem Zwilling , Verknüpfung von Produktentstehung und Kundenauftrag |

| (Ablauf-)Organisation | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
| Beschaffungsprozess | MA ermittelt und bestellt Bedarf manuell | Bedarfsmittlung durch ERP-System und Bestellung | ausgewählte Bedarfe werden automatisch über das ERP-System ohne Eingriff bestellt | 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 ohne IT-System erstellt | Fertigungsaufträge werden im ERP-System erstellt und in Papierform in die Fertigung gegeben | Fertigungsaufträge werden vom ERP-System an MES-System übergeben; in Papierform gelangen sie von dort an die Maschine | Fertigungsaufträge werden vom ERP-System an MES-System übergeben; Fertigungsaufträge (Datensätze) gelangen an ein Terminal in der Fertigung | Kundenaufträge werden ohne Medienbruch und manuelle Nacharbeit als Fertigungsaufträge bis in die Fertigung elektronisch durchgereicht |

| IT & Daten | | | | | |
|---|--|--|---|---|--|
| IT-Systeme | Kein ERP-System | ERP-System und Organisation in klassischer Automatisierungspyramide | Erweiterung des ERP um Methoden der Feinplanung (CIM, BDE, MES) und vernetzte Automatisierungspyramide mit Schnittstellen | Vollumfängliches ERP (CIM, BDE, MES) und horizontale Vernetzung der Ebenen | Vollumfängliches ERP (CIM, BDE, MES) eingegliedert in eine „ Single Source of Truth “ und horizontale und vertikale Vernetzung der Ebenen |
| Vernetzung der Produktion mit anderen Bereichen | Keine Vernetzung der Produktion mit anderen Unternehmensbereichen | Informationsaustausch über Mail / Telekommunikation | Einheitliche Datenformate und Regeln zum Datenaustausch | Einheitliche Dateiformate und Abteilungsübergreifend vernetzte Datenserver | Abteilungsübergreifende, vollständig vernetzte IT-Lösungen |
| Datenerhebung, -nutzung, -verarbeitung in der Produktion | Produktionsdaten werden nicht weiter verarbeitet/genutzt (aber ggf. erhoben) | Daten werden erhoben und standardisiert gespeichert (zu Dokumentationszwecken) | Manuelle, Sporadische Datenanalyse zur Prozessüberwachung (in Projektteams/Taskforce) | Manuelle, aber durchgängige, systematische Datenanalyse als integraler Bestandteil der Prozessplanung/-steuerung | Automatische Prozessplanung/-steuerung mittels Big Data Analysen |
| Stammdatenmanagement | Stammdaten werden manuell einzeln in jedes System eingepflegt und nicht aktualisiert | Systeme können teilweise auf Stammdaten anderer System zugreifen und Aktualisierung nur nach Aufforderung | Systeme können überwiegend auf Stammdaten anderer Systeme zugreifen; sporadische Aktualisierung (bei Ereignis) | Systeme haben vollständigen gegenseitigen Zugriff; in einigen Bereichen algorithmus-basierte Aktualisierung | führendes Stammdatensystem ; im gesamten Unternehmen algorithmus-basierte Aktualisierung |
| Datenspeicherung | Keine Cloud-Lösung | Cloud on premise | Private Cloud | Hybrid Cloud | Public Cloud |
| IT-Sicherheit | Keine explizite Auseinandersetzung mit der Thematik (kein Bewusstsein) | Verantwortlicher Mitarbeiter und einzelne, grundlegende Maßnahmen (z.B. Firewall, Antiviren-Software, IPS, VPN) | Sicherheitsbeauftragter + Sicherheitsrichtlinie ; Zugriffskontrollsystem und komplexere Einzelmaßnahmen (Cloud-Sicherheitsservice, SPN) | Notfallplan im Angriffsfall; Schutz der IP-Rechte und Integration der einzelnen Maßnahmen zu einem ISMS | Zertifiziertes ISMS (z.B. ISIS12); „ Sicherheitsausweis “ für jedes Produkt/Maschine/Prozess; unternehmensübergreifender Wissensaustausch |
| Datensicherheit | Keine Lösung | Redundante Datenhaltung in Form eines Spiegelsystems | Redundante Datenhaltung in Form von Backups/Recovery | Erweiterung der Backups/Recovery mit Snapshots | Transaktionsreplikation |

| Management, Führung & Kultur | | | | | |
|--|---|--|---|--|--|
| Industrie 4.0-Vision | Digitale (Geschäftsmodell-) Transformation ist kein strategischer Fokus | Management erkennt Bedeutung und Potenziale der Digitalen Transformation | Management hat klare Zielvorstellungen (langfristig) und stellt Ressourcen bereit | konkrete Roadmap und erste Transformationsprojekte in der Umsetzung | Transformationsprojekte haben hohe Priorität und die Strategie wird konstant hinsichtlich Marktinnovationen überprüft |
| Führungsstil & Management-kompetenzen | Management ist nicht vertraut mit modernen Managementkonzepten und strenges Hierarchiedenken | Management ist teilweise vertraut mit modernen Managementkonzepten und zunehmend bereit, Entscheidungskompetenzen abzugeben | Management ist vollständig vertraut mit modernen Managementkonzepten und MA haben erste Gestaltungs- und Entscheidungskompetenzen | Management kann besagte Konzepte (ggf. mit Hilfe externer Experten) anwenden und MA haben weitreichende Kompetenzen | Management kann besagte Konzepte anwenden; ist ständig informiert über Innovationen u. Entscheidungen werden stets am sinnvollsten Ort getroffen |
| Interne Unternehmens-kommunikation | Keine definierten Kommunikationskanäle oder überwiegend papierbasierter Wissensaustausch (Schwarzes Brett, Zeitschrift, Briefe) | Zusätzlich internetbasierte Kommunikation (Intranet, Internes Wiki, Newsletter), aber beschränkte Nutzung/ Akzeptanz durch MA | Def. Kommunikationskanäle: internetbasierte Plattformen (Intranet, Internes Wiki, digitaler Newsletter) und Dialogformate (Roadshows, Erklärvideos) | Etablierung des Social Intranets und Beschäftigte haben verzögerungsfreien Zugang zu erforderlichem explizitem und implizitem Wissen | |
| Unternehmens- und Fehlerkultur | Fehler führen zu Schuldzuweisungen und kein interner Austausch | Fehler als Basis zur Verbesserung ; werden aber nicht systematisch erfasst/ nachverfolgt u. eher in Einzelgesprächen angesprochen | MA streben an, Fehler durch Einhaltung der QM-Vorgaben zu vermeiden ; einheitliche Dokumentation und bereichsinterner Austausch | offene Fehler-Kommunikation; konstruktive Aufarbeitung (keinerlei Schuldzuweisungen) und Dokumentation von Maßnahmen | MA sehen Fehler als Schätze an; Fehler werden ausnahmslos analysiert und mitsamt Maßnahmen öffentlich ausgestellt |

| Mitarbeiter:innen (MA) | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|
| Interne Kollaboration | Gruppenarbeit findet selten/gar nicht statt und wenn doch arbeiten die Teams in „Silos“ | Formale Kanäle zum Informationsaustausch zw. Teams; Zuordnungen („Assignments“) der MA wechseln nicht | Informationsaustausch zw. Teams; zunehmend bedarfsgerechte Zusammenarbeit in individuellen Teams und Vernetzung von Experten | Agiles Unternehmen: „ Flexible Communities “ und IT-basierte Kollaborationsplattformen ; Risiko, Verantwortung und Honorierung werden geteilt | Communities werden vorausschauend gebildet und durch neue Technologien (z.B. AR-Lösungen zur Einweisung von MA) unterstützt |
| Bereitschaft zur Veränderung | Keine Akzeptanz gegenüber neuen Technologien und keine Bereitschaft für Veränderungen im Arbeitsablauf | Bereitschaft zur Veränderung , aber Skepsis/Unwissenheit hstl. des konkreten Nutzens neuer Technologien/Prozesse | Vollständige Offenheit gegenüber Innovationen und Anerkennung des Nutzens neuer Technologien/Ansätze | MA von Beginn an in Veränderungsprozesse involviert; gestalten Digitale Transformation aktiv positiv mit | MA verstehen Entscheidung des Systems und Nutzen der Handlungsempfehlung; hinterfragen das System aber stets kritisch zur Optimierung |
| Kompetenzaufbau & Qualifikations-verschiebung | Kein Schulungsangebot und traditionelle Spezialisierung (in Helfer, Fachkräfte, Spezialisten, Experten) | sehr begrenztes, formales Konzept zur MA-Qualifikation (beschränkt auf Aneignen von Fähigkeiten) und Fachkräfte werden Spezialisten | Strukturiertes Qualifikations- und Schulungsangebot : kontinuierliches Erlernen/Verbessern von Fähig-/Fertigkeiten & Spezialisten werden Experten | Qualifikation/Schulung ist fester Bestandteil der Strategie und der MA-Laufbahn (lebenslanges Lernen); interdisziplinäre MA ; Helfer erhalten Verantwortung | MA erkennen Weiterbildungsbedarfe und leiten gemeinsam mit Management/HR neue Angebote ab ; multiversatile MA (auch auf Helfer-Ebene) |

| Geschäftsmodell & Netzwerk | | | | | |
|--|---|--|---|---|--|
| Produktbezogene IT-Services (After Sales) | Keine Services (nur physisches Produkt) | Services über Online Portal | Service-Ausführung direkt über das Produkt | Selbstständiges Ausführen von Services | Vollständige Eingliederung in IT-Infrastruktur |
| Neue Geschäftsmodelle um das Produkt | Gewinn allein durch Verkauf der Standard-Produkte | Verkauf und Beratung zum Produkt | Verkauf, Beratung und Anpassung des Produktes an Kundenwünsche | Zusätzlicher Verkauf produktbezogener Dienstleistungen | Verkauf von Produktfunktionen |
| Kollaboration im Wertschöpfungs-netzwerk | Partner verfolgen eigene Ziele ; Probleme werden reaktiv und isoliert gelöst und kein Austausch von Best Practices | Verfolgen gemeinsamer Ziele ; Probleme werden reaktiv , aber isoliert gelöst; kein Austausch von Best Practices | Verfolgen gemeinsamer Ziele ; Probleme werden reaktiv , aber gemeinsam gelöst; kein Austausch von Best Practices | Verfolgen gemeinsamer Ziele und gemeinsame , gegenseitige proaktive, kontinuierliche Verbesserung | Verfolgen gemeinsamer Ziele und vollständige Systemkompatibilität ; Austausch von Best Practices |

II. Beratendes Gremium

- Die Pharmadrucker GmbH, Melsungen
- Dr. Karl Wetekam & Co. KG, Melsungen
- ESKA Erich Schweizer GmbH, Kassel
- Hadler GmbH, Felsberg-Neuenbrunslar
- Hexagon Purus GmbH, Kassel
- HÜBNER GmbH & Co. KG, Kassel
- inTec automation GmbH, Baunatal
- Libri GmbH, Bad Hersfeld
- MTS Knobloch GmbH, Mannheim
- N+P Informationssysteme GmbH, Kassel
- Paul Beier GmbH & Co. KG, Kassel
- Postberg+Co. GmbH, Kassel
- Sanner GmbH, Bensheim
- Technoform Insulation Solutions Kassel GmbH, Kassel
- WIKUS-Sägenfabrik Wilhelm H. Kullmann GmbH & Co. KG, Spangenberg



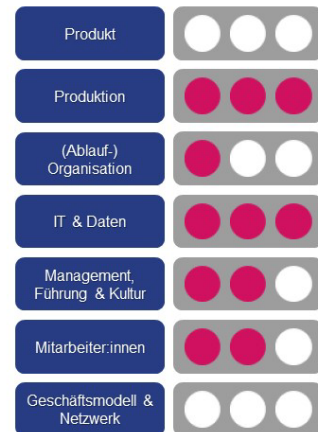
III. Beispiele für Industrie 4.0-Visionen

Cyberphysische Systeme (CPS)

Beschreibung

Wesentliche Bestandteile von CPS sind Objekte, Geräte, Gebäude, Verkehrsmittel, Produktionsanlagen oder Logistikkomponenten, die kommunikationsfähige eingebettete Systeme enthalten. Innerhalb der CPS erfolgt die Kommunikation über eine entsprechende Dateninfrastruktur (z. B. Internet) in Echtzeit. Der Mensch ist über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen mit dem CPS verbunden. Das CPS hingegen nutzt Sensorik und Aktorik um mit der Umwelt zu interagieren.

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-658-04682-8.pdf>

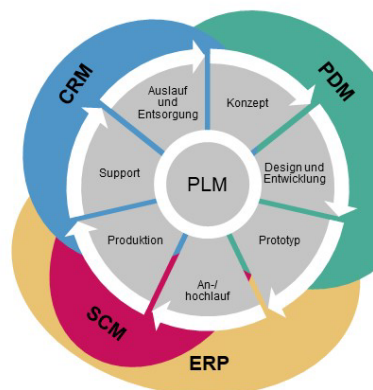


Single Source of Truth

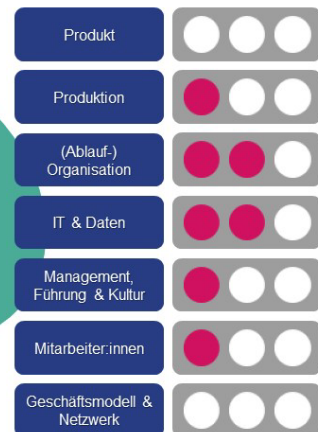
Beschreibung

Eine Single Source of Truth (SSOT) beschreibt eine vollständige und konsistente Datenhaltung. Mittels Product Lifecycle Management (PLM) kann eine SSOT etabliert werden und Daten für verschiedene Unternehmensfunktionen bzw. deren Systeme bereitstellen. So wird Redundanz sowie Inkonsistenz verhindert und die Vernetzung vertikal im Unternehmen und horizontal im Wertschöpfungsnetzwerk ermöglicht. Darüber hinaus wird über ein Identitätsmanagement der Zugriff für relevante Personen ermöglicht.

<https://www.designsociety.org/publication/38949/DESIGN+FOR+INDUSTRIE+4.0>



https://www.imi.kit.edu/ML_download/PLM_Konzept.png



V. Veröffentlichungen

Publikationen:

Bicalho-Hoch, A.L.; Özkul, F.; Wittine, N.; Wenzel, S. (2022). A tool-based approach to assess simulation worthiness and specify sponsor needs for SMEs. In: Feng, B.; Pedrielli, G.; Peng, Y.; Shashaani, S.; Song, E.; Corlu, C. G.; Lee, L. H.; Chew, E.P.; Roeder, T.M.K.; Lendermann, P. (Hrsg.): Proceedings of the 2022 Winter Simulation Conference, Singapore, 11.-14. Dezember 2022, S. 1818-1829.

Wittine, N.; Sutherland, R.; Wenzel, S.; Amaral Bicalho, A.L. (2021). Analysing the state of digitisation in SME – A survey based on an SME-specific maturity model. In: Herberger, D.; Hübner, M. (Hrsg.): Proceedings of the 2nd Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2021), Hannover, 25.-28. Mai 2021, S. 658-667.

Wenzel, S., (2021). Digitale Fabrikplanung erleben - Das KMU-Wissenstransferlabor „Digitale Fabrik“, MoWiN Jahresrückblick 2020. MoWiN, Kassel, S. 56-57.

Pressemitteilungen:

HNA (2019). Für die Fabrik von morgen. Uni Kassel unterstützt Betriebe bei der Digitalisierung. Artikel (print) von Peter Dilling am 11.11.2019, Hessische Niedersächsische Allgemeine (HNA).

DigitalesHessen (2019). Digitalisierung zum Ausprobieren. Ministerin Sinemus übergibt Förderbescheid über 278.000 Euro an Uni Kassel. Pressemitteilung von Christian Henkes am 08.11.2019, Pressestelle Hessisches Ministerium für Digitale Strategie und Entwicklung.

Presseportal Universität Kassel (2019). Digitale Fabrikplanung für KMU – Ministerin Sinemus besucht Wissenstransferlabor. Pressemitteilung von Sebastian Mense am 08.11.2019, Universität Kassel.

Im Kontext des Forschungsvorhabens betreute Abschlussarbeiten:

Esch, A. (2021). Konzeptentwicklung zur Digitalisierung von Informationsflüssen in Geschäftsprozessen in einem KMU. Bachelorarbeit, Universität Kassel, Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung, Kassel. In Kooperation mit der ESKA Erich Schweizer GmbH.

Amaral Bicalho, A. L. (2020). Untersuchung eines Wertstroms in einem mittelständischen Unternehmen. Seminararbeit, Universität Kassel, Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung, Kassel. In Kooperation mit Die Pharmadrucker GmbH in Melsungen.

Oberle, C. (2020). Interviewbasierte Analyse der Situation von Unternehmen aus Hessen in Bezug auf die digitale Fabrikplanung im Kontext von Industrie 4.0. Masterarbeit, Universität Kassel, Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung, Kassel.

Schneider, K. (2020). Entwicklung einer KMU-spezifischen Einschätzungsmethode der Unternehmenssituation im Kontext von Industrie 4.0. Bachelorarbeit, Universität Kassel, Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung, Kassel.

Weitzel, M. (2020). Entwicklung einer Vorgehensweise zur Erstellung von Planungsszenarien im Rahmen der digitalen Fabrikplanung bei kleinen und mittleren Unternehmen. Bachelorarbeit, Universität Kassel, Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung, Kassel.

VI. Impressionen aus dem Workshop



Abbildung 4: Bewertung von Industrie 4.0-Visionen in Paaren



Abbildung 5: Auswahl einer Industrie 4.0-Vision



Abbildung 6: Ausarbeitung der Roadmap in Gruppen

