Systematische Einführung von Industrie 4.0 für den Mittelstand

Anforderungen, Methoden und Anwendungsbeispiel

Feras El Sakka, Timo Busert und Alexander Fay, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

In diesem Beitrag wird eine Methodik zur Umsetzung von Industrie 4.0-Projekten im Bereich der Produktion und Logistik beschrieben. Diese Methodik berücksichtigt die besonderen Rahmenbedingungen von KMU und wurde bereits mehrfach in verschiedenen Digitalisierungs- und Industrie 4.0-Projekten mit KMU im Rahmen des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hamburg angewandt. Der Fokus der Methodik liegt auf einer geeigneten Integration von neuen Technologien in bestehende Systeme sowie der Verbindung neu generierter Daten mit bereits vorhandenen Informationsflüssen. Die Anwendung der Methodik wird exemplarisch anhand eines realen Praxisbeispiels aus dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg dargestellt.

Systematic Adoption of Industry 4.0 for SMEs – Requirements, Methods and Application Example

In this contribution, a method for the implementation of Industry 4.0 projects in production and logistics for small and medium-sized enterprises (SME) is described. This method takes various boundary conditions of SMEs into consideration and has been applied in different projects with SMEs within the "Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg" initiative. The method focuses on an integration of new technologies into existing systems and the connection of newly generated data with known information flows.

Keywords:
Small and Medium-sized Enterprises (SME), Industry 4.0, Digitalization

Aufgrund der fortschreitenden Globalisierung ist der zunehmende internationale Wettbewerb auch für viele kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zum Treiber technologischer und prozesstechnischer Verbesserungen geworden. Neue Möglichkeiten der Digitalisierung und Vernetzung von menschlichen und maschinellen Akteuren, Prozessen und Produkten über die komplette Wertschöpfungskette, bekannt als Industrie 4.0, ermöglichen eine Individualisierung, Flexibilisierung und Effizienzsteigerung in der Produktion und Logistik bis hin zur Erweiterung von Geschäftsmodellen [1].

Die Analyse, Konzeptionierung und Implementierung der Digitalisierung und Vernetzung von menschlichen und maschinellen Akteuren, Prozessen und Produkten, wird durch sog. Industrie 4.0-Projekte verfolgt. Die besonderen Rahmenbedingungen, die innerhalb von KMU vorherrschen und sich oftmals aus einer begrenzten Personalkapazität, einem geringen Maß an Fachwissen im Bereich Industrie 4.0 und beschränkten Investitionsmöglichkeiten zusammensetzen, erschweren jedoch die Umsetzung von Industrie 4.0-Projekten [2]. Viele KMU schrecken aufgrund der oftmals als komplex empfundenen Thematik und der Befürchtung hoher Investitionskosten von einer Umsetzung im eigenen Unternehmen ab. So hat bisher nur jeder fünfte Mittelständler seine betrieblichen Prozesse und Geschäftsmodelle erfolgreich digitalisiert. Ein Drittel der Betriebe hat sogar nicht einmal Grundelemente digitalisiert und zögert, den Ausbau weiter voranzutreiben [3]. Um KMU über die Chancen und Herausforderung der Digitalisierung zu informieren und sie bei der Umsetzung zu unterstützen, wurden in ganz Deutschland im Rahmen der vom BMWi geförderten Initiative „Mittelstand Digital" 25 Mittelstand-4.0-Komptenzzentren eingerichtet.

Im Rahmen dieses Beitrags wird eine Vorgehensweise für die systematische Einführung von Industrie 4.0 aufgezeigt, die besonders die Rahmenbedingungen von KMU berücksichtigt. Diese Vorgehensweise fand durch das Mittelstand-4.0-Kompetenzzentrum Hamburg bereits in verschiedenen Projekten mit KMU Anwendung.

Methodischer Ansatz für den Mittelstand

Für die im Folgenden vorgestellte Vorgehensweise zur Einführung von Konzepten der Digitalisierung und Industrie 4.0 für KMU wurden Methoden der Prozess- und erweiterten Infor-

M. Sc. Feras El Sakka arbeitet seit 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Automatisierungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg.

M. Sc. Timo Busert arbeitet seit 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Automatisierungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg.

Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay ist Leiter des Instituts für Automatisierungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg und Mitglied im wissenschaftlichen Beirat der Plattform Industrie 4.0 und Vorstandsmitglied der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA).

feras.elsakka@hsu-hh.de
www.hsu-hh.de/aut

https://doi.org/10.30844/I40M_19-3_S25-29

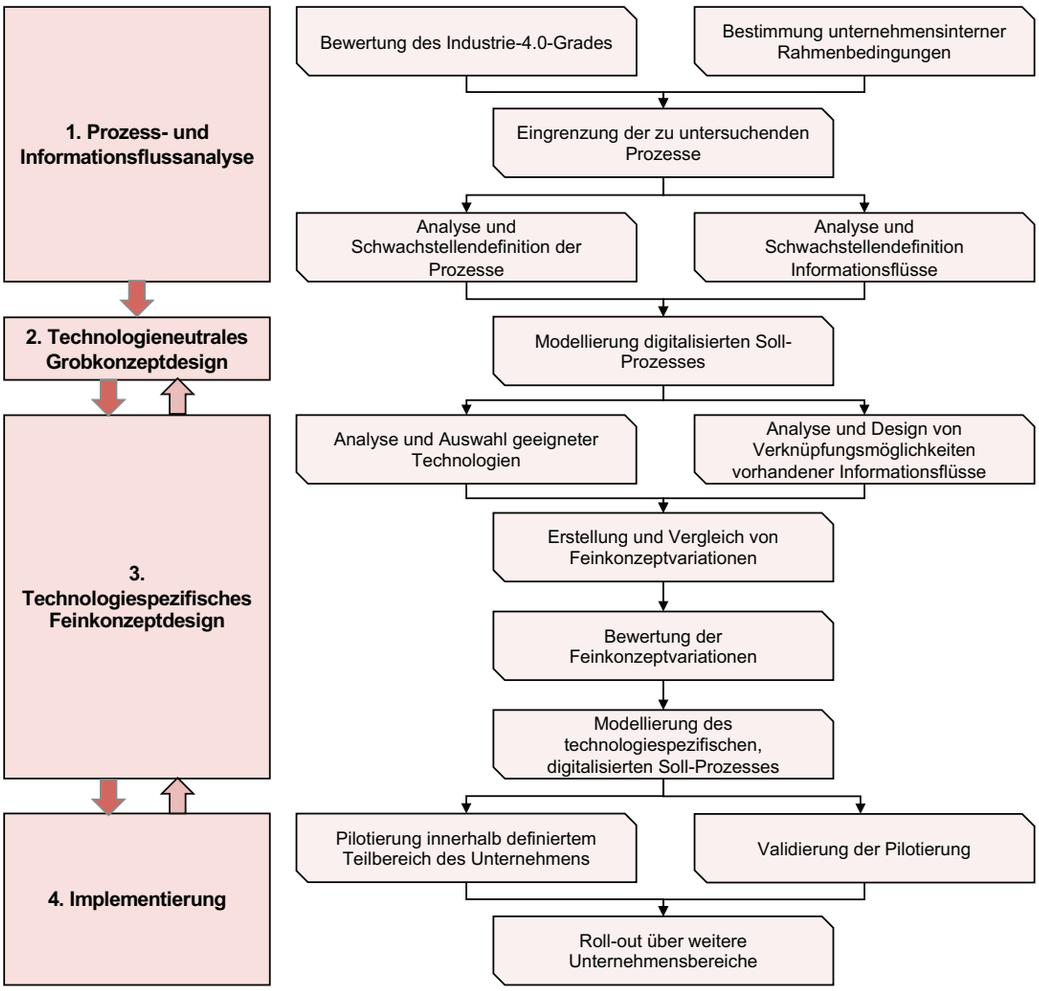

Bild 1: Vorgehensweise zur systematischen Einführung von Industrie 4.0 im Mittelstand.

mationsflussanalyse sowie Kreativitätstechniken mit Ansätzen zur Bewertung des Industrie-4.0-Grades und einem Technologieradar, welches im Rahmen des Mittelstand 4.0– Kompetenzzentrum Hamburg entstanden ist, kombiniert, dargestellt in Bild 1.

1. Prozess- und Informationsflussanalyse

Für viele KMU besteht zu Beginn eines Projekts die Herausforderung, einen geeigneten Projektumfang mit den dazugehörigen Startpunkten und Zielwerten zu definieren. Insbesondere bei der Ersteinführung von Industrie 4.0 ist darauf zu achten, zunächst anhand einzelner Projekte mit eingrenzbarem Umfang Erfahrungen zu sammeln. Zur systematischen Bestimmung des Projektumfangs sollte zu Beginn der Industrie 4.0-Reifegrad bestimmt werden. Dieser dient zur Selbsteinschätzung des Entwicklungsfortschritts eines Unternehmens im Bereich Industrie 4.0 anhand objektiver Kriterien. Als geeignete Methode bietet sich hier das Readiness-Modell der Impuls-Stiftung des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) an, da dabei Rahmenbedingungen von KMU, wie bspw. die Vermeidung von hohen Einführungskosten neuer Software, im besonderen Maße berücksichtigt werden [4].

Parallel hierzu sollten weitere vorausgesetzte Rahmenbedingungen, bspw. anhand bestehender systemtechnischer Abhängigkeiten oder geplanter strategischer Geschäftsmodellausrichtungen, im Unternehmen analysiert und in Form eines Kriterienkatalogs definiert und zusammengetragen werden. Diese können somit bei verschiedenen Entscheidungen im Laufe des Vorhabens herangezogen und deren Erfüllung, bzw. Berücksichtigung überprüft werden. Anschließend sollte eine Eingrenzung auf die zu untersuchenden Prozesse mit primärem Handlungsbedarf erfolgen, welche anhand konventioneller Analysemethoden, wie der Wertstromanalyse, zu analysieren sind. Da für die Einführung von Industrie 4.0 ein besonderer Fokus auf den Informationsflüssen innerhalb und zwischen den relevanten Prozessschritten liegt, gilt es, auch diese genauer zu analysieren. Hierzu eignen sich Methoden, die nötige Kennzahlen und Informationen über verwendete Speichermedien und die Datennutzung umfassen. Um sowohl die Prozesse als auch die Informationsflüsse möglichst detailliert zu analysieren, ist die erweiterte Wertstrommethode für Industrie 4.0 besonders geeignet [5], da Informationsflüsse entlang des Wertstroms analysiert werden. Dazu werden u.a. die in die Prozessschritte ein- und ausgehenden Informationen sowie deren Übertragungsarten, Speichermedien und Nutzungsarten erfasst. Zusätzlich werden Industrie-4.0-relevante Kennzahlen, wie der Digitalisierungs- und der Informationsnutzungsgrad, ermittelt, um die Identifizierung von Verbesserungspotenzial zu unterstützen.

2. Technologieneutrales Grobkonzeptdesign

Auf Basis der vorherigen Analyse sollte ein digitalisierter Soll-Prozess modelliert werden. Um Einschränkungen und spezielle Ausprägungen durch bestimmte Technologien zu vermeiden, sollte dieser technologieneutral erstellt werden und Aspekte, wie die Vermeidung von Medienbrüchen, insbesondere zwischen analogen und digitalen Medientypen, sowie die Erhöhung des Digitalisierungs- und Informationsnutzungsgrads, berücksichtigen. Mithilfe eines Abgleichs zur Zielstellung sollten die identifizierten Handlungsfelder priorisiert und soweit ausgearbeitet werden, dass sie als Anforderungen für die Feinkonzeptionierung dienen.

3. Technologiespezifisches Feinkonzeptdesign

Geht aus dem Grobkonzept hervor, dass notwendige Informationen, bspw. über den Bearbeitungsstatus von Produktionsprozessen, in den bisherigen Informationsflüssen nicht vorhanden sind, kann die Einführung neuer Technologien zur Generierung fehlender Informationen genutzt werden. Um KMU bei der Auswahl geeigneter Technologien zu unterstützen, wurden im Rahmen des Mittestland 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg themenspezifische Technologieradare entwickelt, dargestellt in Bild 2. Diese stellen eine verständliche und aufbereitete Informationssammlung relevanter Technologien mit Detailinformationen dar [6].

Neben der Möglichkeit zur Generierung fehlender Informationen durch Integration neuer Technologien, sollte auch die Möglichkeit der Herleitung notwendiger Informationen durch eine Verknüpfung bereits vorhandener Informationsflüsse analysiert werden. Hierzu sind die Ergebnisse der zuvor durchgeführten Analyse und Schwachstellen-Identifikation der Informationsflüsse heranzuziehen. Sofern die hergeleiteten Informationen für die weitere Nutzung ausreicheichend genau sind, können so Investitionskosten eingespart werden, was in Anbetracht der zuvor aufgeführten Rahmendbedingungen vieler KMU oftmals eine attraktive Alternative darstellt.

Da sich meist mehrere Umsetzungsmöglichkeiten für ein oder mehrere Handlungsfelder eines Grobkonzepts ergeben, die sich bspw. in der Auswahl der zu verwendeten Technologien oder anderen Merkmalen unterscheiden, ist es sinnvoll, diese zu eigenständigen Feinkonzeptvariationen auszugestalten und vergleichend zu bewerten. Daraus kann sich die Notwendigkeit ergeben, iterativ Änderungen an dem vorher definierten Grobkonzept vorzunehmen. Hierbei ist eine möglichst flexible Projektplanung gefordert.

Als Basis für die Auswahl eines technologiespezifischen Feinkonzepts soll eine Bewertung der verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten dienen. Durch den oftmals nur schwer einzuschätzenden, monetären Nutzen von Industrie 4.0-Projekten ist eine rein wirtschaftliche Bewertung zur Entscheidungsfindung häufig unzureichend [7]. Um dennoch eine analytisch begründete Entscheidung treffen zu können, empfiehlt sich die Anwendung der Nutzwertanalyse [8]. Durch das Definieren und

Identifikation und Lokalisierung

Beschreibung des Technologiefelds

Identifikation und Lokalisierung von Objekten bzw. Gütern spielt eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung von flexiblen, zeitnahen und geeigneten Maßnahmen zur Steuerung von Materialflüssen.
Das Technologiefeld beinhaltet Technologien zur eindeutigen und automatischen Erkennung von Objekten (z.B. Materialien, Produkten, Maschinen) sowie zur Bestimmung ihrer Position, welche ebenfalls zur Navigation verwendet werden können. Hierdurch kann eine höhere Transparenz in der gesamten Versorgungskette ermöglicht werden. Durch Einsatz zusätzlicher Sensorik lassen sich zusätzliche Informationen, wie Umwelteinflüsse und Objektzustände, erfassen.

Technologien

1. RFID
2. Smart Label
3. 1-D-Code
4. 2-D-Code
5. WLAN Lokalisierung
6. Laserscanner
7. GPS
8. Elektronische Regaletiketten
9. Low-Cost-Sensors
10. NFC
11. 3-D-Code
12. Kamerabasierte Identifikation
13. Biometrische Sensoren
14. ZigBee
15. Smart Sensors
16. Bluetooth Beacons
17. Markerbasierte Lokalisierung
18. Kontext Broker
19. 3D-Tiefensensorik
20. Kamerabasierte Lokalisierung
21. Sensorfusion
22. UID

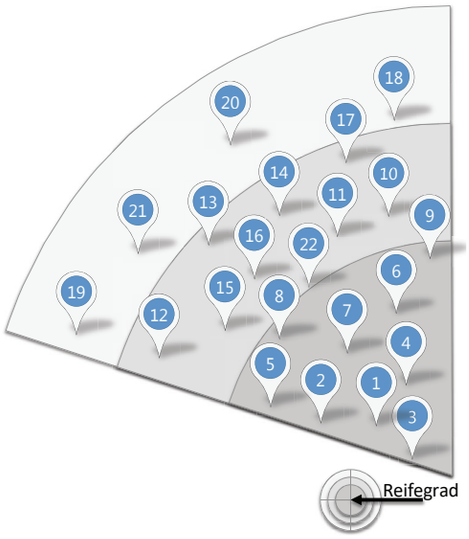

Bild 2: Ausschnitt eines Technologieradars des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg [6].

https://doi.org/10.30844/I40M_19-3_S25-29

Gewichten von individuell aufgestellten Kriterien kann sichergestellt werden, dass spezifische Rahmenbedingungen des Unternehmens bei der subjektiven Bewertung durch den Anwender mitberücksichtigt werden [8].

Nach Auswahl eines geeigneten technologiespezifischen Feinkonzepts sollen mithilfe einer vollständigen und spezifizierten Modellierung des digitalisierten Soll-Prozesses, bspw. mithilfe der erweiterten Wertstrommethode für Industrie 4.0 [5], die Implementierung vorbereitet und alle beteiligten Unternehmensbereiche einbezogen werden.

4. Implementierung

In einem ersten Schritt sollte eine Umsetzung des ausgewählten Feinkonzepts im Rahmen einer Pilotierung in einem zuvor definierten Bereich, bspw. einem Teilbereich der Produktion, erfolgen. Mit der Pilotierung sollen Erfahrungen für die weitere Implementierung in Form des anschließenden Roll-Outs gesammelt und die Möglichkeit zur Anpassung des Feinkonzepts gegeben werden, ohne dass weite Bereiche des Unternehmens von den Auswirkungen beeinflusst werden. Vor der vollständigen Implementierung des Feinkonzepts im Roll-Out sollte die bisherige Pilot-Umsetzung validiert werden. Hierbei sollten während der Analyse aufgenommene Kennzahlen mit aktuell aufgenommenen Kennzahlen verglichen werden. Hierzu eignet sich bspw. die erneute Bewertung des Industrie 4.0-Reifegrads für den bereits implementierten Teilbereich oder die erneute Anwendung der erweiterten Wertstrommethode und der Vergleich des Digitalisierungs- und Informationsnutzungsgrads.

Anwendungsbeispiel aus dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg

Die zuvor beschriebe Vorgehensweise wurde in einem metallverarbeitenden Betrieb im Rahmen eines Umsetzungsprojekts des Mittelstand 4.0-Komptenzzentrum Hamburg angewandt. Im Folgenden werden einzelne Teilschritte der praktischen Umsetzung der Vorgehensweise beschrieben.

Das Unternehmen ist auf eine kundenindividuelle Auftragsfertigung mit kurzfristigen und flexiblen Lieferterminen spezialisiert. Aus dem angebotenen Leistungsspektrum resultiert eine hohe Vielfalt unterschiedlicher Produkte mit zugehörigen Fertigungsaufträgen, die sich zur gleichen Zeit im Produktionsprozess befinden. Dies resultiert zum einen in einer hohen Komplexität zur Planung und Steuerung der Produktionsprozesse und stellt zum anderen hohe Anforderungen an die Transparenz im Materialfluss, um die Nachverfolgung von Produktionsaufträgen und den dazu gehörigen Ladungsträgern zur Identifikation des Arbeitsfortschritts zu ermöglichen. Diese Komplexität konnte vor dem Projekt nur durch hohe manuelle Aufwände und Erfah-

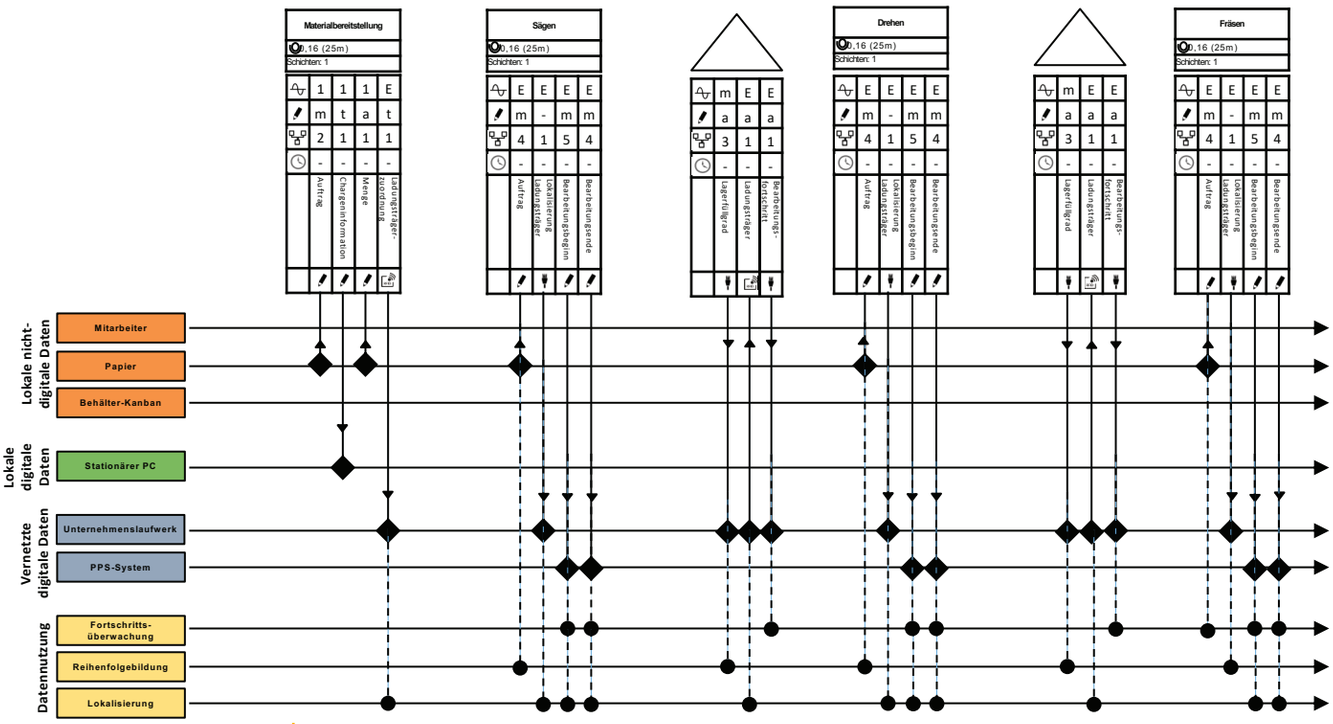

Bild 3: Ausschnitt aus der Anwendung der erweiterten Wertstrommethode für Industrie 4.0.

rungswissen der Mitarbeiter beherrscht werden. Für die Zukunft wünschte das KMU eine informationstechnische Unterstützung dieser Abläufe.

Im Rahmen der Prozess- und Informationsflussanalyse wurde durch die Anwendung der erweiterten Wertstrommethode für Industrie 4.0 ermittelt, dass die bereits bestehenden Informationsflüsse zur Verfolgung und Steuerung des Materialflusses nur überwiegend analoger Natur sind und somit nicht adäquat zur weiteren Nutzung verfügbar sind. Zudem wurde deutlich, dass die Erweiterung der bestehenden Informationsflüsse um eine digitale Verfolgung von Ladungsträgern hohe Nutzenpotenziale verspricht, da somit die Planung und Steuerung des Produktionsprozesses unterstützt und Suchzeiten von Ladungsträgern verringert werden können.

Zur Realisierung der digitalen Verfolgung der Ladungsträger wurde zunächst im technologieneutralen Grobkonzept definiert, an welchen Punkten eine Identifizierung und Lokalisierung der Ladungsträger erfolgen soll. Neben einer Detektion an den eigentlichen Fertigungsmaschinen wurde so vorgesehen, dass Materialien zusätzlich innerhalb der sog. Materialbahnhöfe detektiert werden, welche als Übergabeorte zwischen den Werkstattbereichen fungieren.

Im Rahmen des technologiespezifischen Feinkonzeptdesigns wurden verschiedene Technologien zur Detektion der Ladungsträger analysiert, sowie die Möglichkeit der Herleitung von Informationen über den Aufenthalt der Ladungsträger aus bestehenden Informationsflüssen. Zur Detektion der Ladungsträger innerhalb der Materialbahnhöfe wurde mithilfe des Technologieradars [6] eine RFID-Technologie ausgewählt. Eine Detektion der Ladungsträger an den einzelnen Fertigungsmaschinen wäre jedoch mit sehr hohen Investitionskosten für das Unternehmen verbunden, da jede Maschine mit entsprechender Sensorik ausgestattet werden müsste. Um dennoch Anhaltspunkte über den Aufenthaltsort außerhalb der Materialbahnhöfe herzuleiten, wurden die bestehenden Informationsflüsse durch ein regelbasiertes System mit einbezogen. So wurde bspw. durch das Ereignis der Entnahme eines Ladungsträgers aus einem Materialbahnhof hergeleitet, dass dieser sich im Transport zum nächsten Bearbeitungsschritt befinden müsste. Sobald eine Startbuchung dieses Bearbeitungsschritts im PPS-System erfolgt, wird der Aufenthaltsort des Ladungsträgers aktualisiert. Dies basiert auf der Annahme, dass die Bearbeitung nur starten kann, wenn das Material vor Ort ist und der Transport zur entsprechenden Fertigungsmaschine abgeschlossen ist. Damit die entsprechenden Informationen adäquat genutzt werden können, mussten auch die bestehenden Informationsflüsse angepasst werden. Das technologiespezifische Feinkonzept wurde durch die erweiterte Wertstrommethode für Industrie 4.0 modelliert, wovon Bild 3 einen Ausschnitt zeigt. So werden bspw. Bearbeitungsbeginn und -ende eines Prozessschrittes digital über Betriebsdatenerfassungsterminals erfasst, an das PPS-System übertragen und zentral abgespeichert. Die über ein RFID-System erfassten Materialflussbewegungen werden in einer Datenbank abgespeichert, auf die das PPS-System zugreift, um die zuvor beschriebene Lokalisierung der Ladungsträger durch Verknüpfung der Daten herzuleiten.

Bei der Bewertung des Feinkonzepts war zu berücksichtigen, dass die hergeleiteten Informationen mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind und lediglich angeben, wo sich ein Ladungsträger befinden müsste. Zudem ergaben sich Aufwände, durch die Erstellung des regelbasierten Systems. Die Vorteile der Investitionseinsparung überwogen jedoch die Nachteile, sodass eine Implementierung erfolgen konnte.

Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde eine Vorgehensweise zur systematischen Einführung von Industrie 4.0 für den Mittelstand vorgestellt, unter Berücksichtigung besonderer Rahmenbedingungen von KMU in Deutschland. Durch den Fokus auf eine angemessene Integration von neuen Technologien in bestehende Systeme sowie die Verbindung neu generierter Daten mit bereits vorhandenen Informationsflüssen, bietet die Vorgehensweise die Möglichkeit, auch mit investitionsärmeren Schritten erste Erfolge in der Digitalisierung und Industrie 4.0 zu erreichen. Abschließend wurde die praktische Umsetzung der Vorgehensweise anhand eines Industriebeispiels mit KMU innerhalb des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg vorgestellt.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projekts „Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg" der Initiative „Mittelstand Digital", die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird.

Schlüsselwörter:
Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU), Einführung Industrie 4.0, Produktion und Logistik

Literatur

[1] Roth, A.: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin Heidelberg 2016.
[2] Bracht, U.; Geckler, D.; Wenzel, S.: Digitale Fabrik. Methoden und Praxisbeispiele. 2. Auflage. Berlin Heidelberg 2011.
[3] BMWi: Schlaglichter der Wirtschaftspolitik-Monatsbericht Juni 2017. URL: www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Monatsbericht/Monatsbericht-Themen/2017-06-mittelstand-40.pdf?__blob=publicationFile&v=8,Abrufdatum12.12.2018.
[4] Lichtblau, K.; Stich, V.; Bertenrath, R.; u. a.: Industrie 4.0-Readiness. Aachen Köln 2015.
[5] Lewin, M.; Voigtländer, S.; Fay. A.: Method for process modelling and analysis with regard to the requirements of Industry 4.0: An extension of the value stream method. In: Industrial Electronics Society, IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE. Beijing, China 2017.
[6] Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg: Einführung zum Technologieradar. URL: https://kompetenzzentrum-hamburg.digital/angebot/technologieradar/einfuehrung-zum-technologieradar, Abrufdatum 17.12.2018.
[7] International Performance Research Institute: Industrie 4.0 profitabel. URL: www.ipri-institute.com/industrie-40profitabel/, Abrufdatum 19.12.2018.
[8] Gonde, D.: Rationales Management-Komplexität methodisch meistern. Berlin Heidelberg 2002.