

Die Hürden der Digitalisierung in KMUs erfolgreich nehmen

Eine strukturierte Vorgehensweise führt zum Ziel

Klaus-Jürgen Meier¹ 

Abstract: KMUs liegen gegenüber Großunternehmen immer noch zurück, wenn es um die Digitalisierung von Geschäftsprozessen geht. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Produktion und Logistik. Basierend auf Literaturrecherchen werden die maßgeblichen Hürden einer Digitalisierung bestimmt und Gegenmaßnahmen entwickelt. Anhand eines Fallbeispiels werden deren Wirksamkeit überprüft und weitere Erkenntnisse abgeleitet.

Keywords: KMU, Digitalisierung, Produktion, Logistik, Hürden, Lean Production, Standardisierung, Modularität, Komplexitätsreduktion, Mitarbeiterbindung.

1 Einleitung

Mit dem Begriff „Industrie 4.0“ (I4.0) verkünden Wahlster, Kagermann und Lukas [KLW11] im Jahr 2011 im Auftrag der Bundesregierung die vierte Industrielle Revolution in der Industrie. Mit Bezug auf laufende Veränderungen der IT-Technologien in der Wirtschaft sowie in der Gesellschaft wird die Notwendigkeit propagiert, zu einem nachhaltigen Wandel des Digitalisierungsgrades in u.a. deutschen Produktionsunternehmen [Ar13]. Erklärtes Ziel ist es, kundenspezifische Produkte mit den Methoden der automatisierten Massenfertigung bis hinab zur Stückzahl ‚1‘ wirtschaftlich herstellen zu können. Nur auf Basis dieses erfolgreichen Wandels erscheint aus Sicht der genannten Autoren eine langfristige Wettbewerbsfähigkeit am Hochlohnstandort realistisch. Obwohl die Resonanz groß ist und zahlreiche Anbieter mit Produkten und Dienstleistungen in Industrie, Handel und Logistik reagieren [Li20], scheint bis heute der Durchbruch nicht gelungen zu sein. So beschreiben VDE und DKE im Jahr 2023 Industrie 4.0 immer noch auf der Schwelle zwischen Konzeption und Umsetzung [DK23]. Während Großunternehmen die Herausforderung zumeist angenommen haben, ist bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) die Situation deutlich differenzierter zu bewerten. Junge Unternehmen (i.a. Start-ups) nutzen häufig die Digitalisierung gezielt im Sinne eines innovativen Geschäftsmodells. Bei langjährig existierenden KMUs hingegen, sind digitale Anwendungen noch stark unterrepräsentiert. Auch ist entsprechend der Unternehmensberei-

¹ Hochschule München, Institut für Produktionsmanagement und Logistik, Lothstr. 64, 80335 München, klaus-juergen.meier@hm.edu,  <https://orcid.org/0000-0003-0603-9435>

che zu differenzieren. Nachstehende Abbildung 1 zeigt eine Gegenüberstellung der Digitalisierungsrate aufgelöst nach Unternehmensgröße und Unternehmensbereiche bzw. Digitalisierungsschwerpunkte. Wie ersichtlich, werden zunächst Verwaltung und Marketingfunktionen digitalisiert. Insbesondere in den Bereichen ERP, CRM, SCM und RFID weisen KMUs einen Rückstand auf. Damit sind insbesondere Produktion und Logistik von den Defiziten betroffen [OE21].

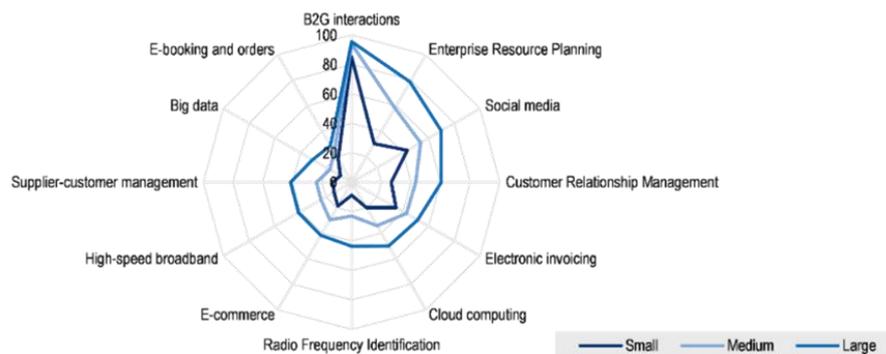


Abb. 1: Digitalisierungsrate in unterschiedlichen Unternehmensbereichen und Technologien in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße [OE21]

Um eine Vorgehensweise zu entwickeln, wie zukünftig der Einstieg in die Digitalisierung in den Bereichen Produktion und Logistik für KMUs erleichtert werden kann, gilt es in Kapitel 2) zunächst, die Hürden für die diesbezüglich schleppende Auseinandersetzung mit der Digitalisierung in KMUs zu ermitteln. Basierend auf deren Kenntnis können in Kapitel 3) Maßnahmen auf Erfahrungsbasis und aus Literaturrecherchen abgeleitet werden. Ob diese in der Praxis von Bestand sind, soll im Rahmen eines Fallbeispiels überprüft werden. Kapitel 5 fasst die Ergebnisse nochmals zusammen und zieht Schlussfolgerungen.

2 Hürden der Digitalisierung für KMUs

Digitalisierung kann im engeren Sinn verstanden werden als „(...) das Überführen analoger Daten in ein diskretes System mit nur sehr wenigen Wertezuständen, im Extremfall sogar nur zwei (Binärsystem).“ [HEL18] Spricht man jedoch von Digitalisierung im Unternehmenskontext, so soll Digitalisierung als die „(...) Einführung digitaler Technologien in Unternehmen und als Treiber der digitalen Transformation“ bezeichnet werden [He19]. Das Angebot digitaler Technologien ist sehr groß und entwickelt sich auch laufend weiter [Sc19]. Die Beispiele digitaler Technologien reichen u.a. von Blockchain, Big Data, Anwendung Künstlicher Intelligenz bis hin zum Einsatz von Drohnen oder Kollaborativen Robotern [BDO20], [HKE22].

Die Literatur hat sich schon sehr intensiv mit der Fragestellung beschäftigt, welche Hürden insbesondere KMUs auf dem Weg zur Anwendung dieser digitalen Technologien überwinden müssen. Grundsätzlich können die Hürden sechs übergeordneten Kategorien zugeordnet werden. Diese sind [Me21], [Sh99]:

Orgaware: Hiermit wird die bestehende Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmens beschrieben. Studien zeigen, dass Agilität und Anpassungsfähigkeit, Unternehmensgröße, finanzielle Ressourcen, betriebliche Fähigkeiten, Unternehmenskultur und Unternehmensalter einen erheblichen positiven oder auch negativen Einfluss auf die Bereitschaft zur Nutzung digitaler Technologien haben.

Manageware: Das Verhalten, die Einstellungen und das Profil des Unternehmenseigentümers und des Managements werden von dieser Kategorie erfasst. Sie wirken direkt auf die Unternehmenskultur und das Verhalten der Mitarbeiter. In diesem Zusammenhang werden vor allem die folgenden Faktoren genannt: Engagement und Offenheit des Eigentümers, strategische Ausrichtung, Managementwissen und -erfahrung (digitale Kompetenz und unternehmerische Fähigkeiten), Innovationsfähigkeit und Agilität, Alter und Geschlecht sowie die zeitlichen Ressourcen der Führungskraft.

Contextware: Kapazitäten und Ressourcen, die aus dem Unternehmensumfeld stammen, erleichtern die Nutzung digitaler Technologien. Die Kategorie untersucht in diesem Zusammenhang die Verfügbarkeit von Forschungsergebnissen oder Angebote von Dienstleistern. Als weitere relevante Einflüsse im Unternehmensumfeld gelten Kundenanforderungen, rechtliche Rahmenbedingungen, Wettbewerbsdruck, Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen, Abhängigkeiten und Machtgleichgewicht innerhalb von Wertschöpfungsketten und Netzwerken, Marktvolumen, Branche, ökologischer, sozialer und geografischer Kontext sowie staatliche und politische Förderung.

Technoware: Diese Kategorie bezieht sich auf die physischen Kapazitäten und technischen Mittel, welche einem Unternehmen zur Verfügung stehen, um den Menschen im Rahmen seiner Tätigkeit zu unterstützen bzw. um den Menschen zu ersetzen. Als Beispiele gelten die vorliegende unternehmensinterne und -externe technische Infrastruktur, die Kompatibilität der in einem Unternehmen genutzten Technologien, die bestehenden Unsicherheiten bezüglich der technologischen Weiterentwicklung, die Komplexität einer Anwendung sowie die Angemessenheit eines Technologieeinsatzes. Große Bedeutung hat in diesem Zusammenhang auch, welches Investitionsbudget für den Technologieeinsatz notwendig bzw. vorhanden ist und wie sich später die laufenden Kosten verhalten.

Humanware: Diese Kategorie betrachtet den vorhandenen Mitarbeiterstamm. So stellt sich die Frage nach dem Durchschnittsalter der Belegschaft, den vorhandenen Personalressourcen bzw. dem Wissen und den Fähigkeiten der einzelnen Mitarbeiter sowie der Mitarbeiterintegration im Rahmen von Veränderungsprozessen.

Inforware: Die Kategorie bezieht sich auf dokumentiertes und aufgezeichnetes Wissen und Fakten. Damit lässt sich der Kompetenzaufbau im Unternehmen beschleunigen und der Bedarf an Ressourcen verringern. Als wichtige Einflussgrößen werden vor allem die Datensicherheit und die wahrgenommenen Ergebnisse bzw. fehlende Leistungsmessungen angeführt, gefolgt von Datenqualität, offener Kommunikation und Datenmanagement.

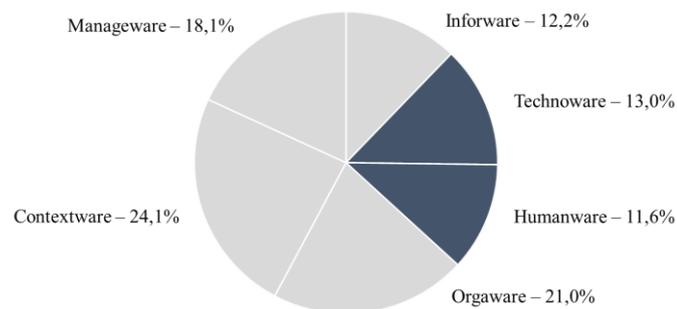


Abb. 2: Zuordnung von Hürden auf dem Weg zur Digitalisierung (in Anlehnung an Meier [Me21]).

Im Rahmen einer umfassenden Literaturrecherche ist es gelungen, in 77 einschlägigen Veröffentlichungen 38 unterschiedliche Hürden auf dem Weg zur Digitalisierung zu ermitteln. Diese wurden den vorstehenden Kategorien zugeordnet. Abbildung 2 zeigt deren numerische Verteilung. Dies erfolgte ohne eine Gewichtung oder Priorisierung der diskutierten Aspekte für KMUs [Me21].

Hürde	Anzahl	kum. Anteil	Kategorie
Wissen und Fähigkeiten	30	34,1%	Humanware
Bestehende technische Infrastruktur	16	52,3%	Technoware
Kompatibilität zu bestehenden Technologien	9	62,5%	Technoware
Unsichere Entwicklung	9	72,7%	Technoware
Komplexität	8	81,8%	Technoware
Personalressourcen	7	89,8%	Humanware
Mitarbeiterintegration	4	94,3%	Humanware
Investitionsbudget und Kosten	2	96,6%	Technoware
Angemessenheit	2	98,9%	Technoware
Alter der Mitarbeiter	1	100,0%	Humanware

Tab. 1: Hürden der Bereiche Produktion und Logistik und deren kumulierter prozentualer Anteil an den Nennungen der Kategorien Technoware und Humanware (in Anlehnung an Meier [Me21]).

Wie aus den vorstehenden Ausführungen abgeleitet werden kann (vgl. Abb. 1), stellen jedoch für KMUs insbesondere die den Unternehmensbereichen Produktion und Logistik zuzurechnenden Hürden die größte Bedeutung dar. Dies trifft auf die Kategorien Technoware und Humanware zu (in Abb. 2 dunkelblau hervorgehoben), weswegen diese nun im weiteren Verlauf herausgenommen und näher betrachtet werden sollen. Die beiden Kategorien umfassen ca. 25% Anteil an der Summe aller Nennungen. Welche Nennungen den beiden Kategorien im Detail zugeordnet sind und welchen kumulierten Anteil diese in den beiden Kategorien haben, zeigt Tabelle 1.

Für die erfolgreiche Digitalisierung im Bereich Produktion und Logistik ist es deshalb entscheidend, sich mit den in Tabelle 1 genannten Hürden auseinanderzusetzen. Gesucht sind methodische Ansätze, die zu einer erfolgreichen Bewältigung der Problemstellungen beitragen.

3 Methodische Ansätze zur Überwindung der Hürden

Zur Lösungsfindung soll auf bekannte und verbreitete Ansätze des Produktionsmanagements, der Produktionslogistik und der IT zurückgegriffen werden, um weitgehende Kompatibilität zu bestehenden Technologien, IT-Standards und auch vorhandenem Wissen der Mitarbeiter sicherzustellen. Als Randbedingung ist sicherzustellen, dass die Anforderungen einer Massenfertigung mit kundenspezifischer Stückzahl ‚1‘ erfüllt werden können, wie sie mit ‚Industrie 4.0‘ erreicht werden sollen – vgl. Kapitel 1) und Arbeitskreis Industrie 4.0 [Ar13]. Welche Maßnahmen zur Verfügung stehen, zeigt die Mindmap in Abb. 3. Sie ist das Ergebnis aus den langjährigen Erfahrungen des Autors bzw. einer Literaturrecherche.

Zu erkennen ist, dass es keine Maßnahme gibt, mit der es gelingt, alle erfassten Hürden gleichsam zu beeinflussen. Vielmehr wird ein Bündel an Maßnahmen benötigt, welches inhaltlich und in seiner Wirkung zeitlich aufeinander abgestimmt werden muss. Bei den identifizierten Maßnahmen aus Abb. 3 handelt es sich (im Uhrzeigersinn) um:

Nutzung von vorhandenem Equipment: Unternehmen versuchen zumeist, das vorhandene Equipment so gut wie möglich weiterhin zu nutzen. Je nach Alter und Ausstattung des Equipments ist diese Maßnahme im Rahmen der Digitalisierung vielfach nicht oder nur in Verbindung mit anderen Maßnahmen realistisch [DC19].

Nutzung einfacher Systeme: Die Installation hoch komplexer automatisierter Systeme verspricht zwar die maximale Entwicklungsgeschwindigkeit. In Abhängigkeit des Ausgangsszenarios besteht damit jedoch die Gefahr, dass das vorhandene Mitarbeiterpotenzial sowohl kompetenzmäßig als auch in seiner Akzeptanz überfordert ist. Zudem muss ein entsprechendes Investitionsbudget bereitgestellt werden, was gerade für KMUs eine Herausforderung darstellen kann. Liegen keine technologischen Erfahrungen vor, so besteht zusätzlich eine große Gefahr für Fehlinvestitionen mit unabsehbaren Auswirkungen auf die zukünftige Kostensituation und die langfristige

Nutzung des Investitionsobjekts. Der Kauf komplexer Systeme muss also wohl überlegt sein und dürfte insbesondere in der frühen Phase der Digitalisierung bei vielen KMUs auf Zurückhaltung stoßen. Besser ist es, zunächst in einfachere Systeme zu investieren und damit Erfahrungen aufzubauen [MRT20]. Auf diese Weise erfolgt eine langsame Erhöhung des Komplexitätsgrads in der Produktion, der es ermöglicht, die Mitarbeiterkompetenz in analoger Weise zu entwickeln.

Einführung einer Standardisierung: Die Schaffung von Standards in Geschäftsprozessen, IT (z.B. durch Nutzung des OPC-Standards zum Austausch von Daten [OP23]) und Anlagen bietet die Möglichkeit, Arbeitsergebnisse zu stabilisieren und gleichzeitig den Aufwand zu reduzieren. Unternehmen mit etablierten Standards verfügen zumeist über ein hohes Qualitätsniveau sowie große Flexibilität. Die eingebundenen Mitarbeiter verfügen über das benötigte Wissen, um auch in Ausnahmesituation schnell und sicher reagieren zu können. Damit ist die Einführung von Standards in jedem Fall ein attraktives Ziel.

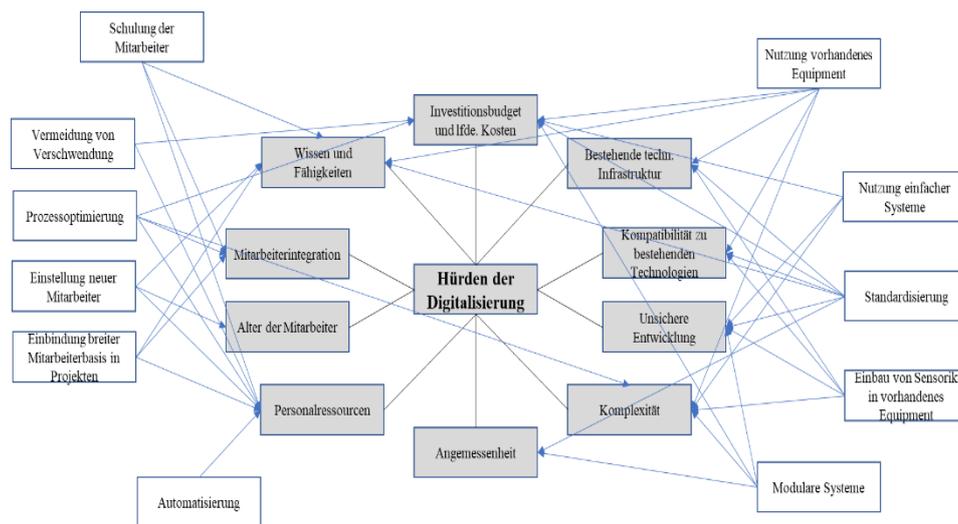


Abb. 3: Mindmap zur Ermittlung von Maßnahmen, welche dazu dienen, die Hürden der Digitalisierung im Bereich Produktion und Logistik (im Bild grau hinterlegt) zu überwinden.

Einbau von Sensorik in vorhandenes Equipment: Zum Aufbau autonom ablaufender Prozesse muss dieser durch Sensoren überwacht werden. Entscheidungen müssen auf Basis der gewonnenen Daten möglichst in Echtzeit getroffen und in Handlungen übersetzt werden. Je nach Maschinentyp und -alter ist die Nachrüstung von konventionellen Maschinen und Anlagen mit Sensoren möglich. In einigen Fällen kann dies sogar eine kostengünstige Alternative zur Neuinvestition darstellen. Ist die Nachrüstung möglich, so kann mit einem bekannten Maschinentyp weiter gearbeitet werden [ABN11], [KFS18].

Im Notfall ist der Schritt zurück auf den konventionellen Betrieb jederzeit möglich. Diese Option schafft Vertrauen und ermöglicht es, Know-How aufzubauen.

Nutzung modularer Systeme: Ist die Zusammenstellung von Systemen im Baukastenprinzip möglich, so kann die Digitalisierung in abgestuften Schritten erfolgen. Abgestimmt auf das vorhandene Investitionsbudget, das Mitarbeiterwissen sowie auf die Mitarbeiterakzeptanz lassen sich sukzessiv Entwicklungen planen und durchführen. Jeder Innovationsschritt kann mit geringem Investitionsrisiko ausgetestet werden und dient zum kontinuierlichen Aufbau des Erfahrungspotenzials. Verändern sich die Anforderungen in Bezug auf Spezifikation oder Volumen, so kann mit geringer Investition eine Anpassung vorgenommen werden. Das System kann schrittweise von einer einfachen Digitalisierungsebene kommend ausgebaut werden bis zu einer vollkommen autark laufenden Produktionslinie [APS20] .

Einführung voll automatisierter Systeme: Mit der Einführung voll automatisierter Systeme machen Unternehmen in kürzester Zeit einen großen Sprung in Richtung Digitalisierung. Attraktiv erscheint die mögliche Reduktion der Mitarbeiterzahl. Die Maßnahme kann sinnvoll sein, wenn zum Beispiel beträchtliche Volumensteigerungen zu meistern sind. Liegen in dem KMU jedoch keine Erfahrungen hinsichtlich des Betriebs eines automatisierten Systems vor, so geht das Unternehmen ein großes Risiko ein. Um den stabilen und unterbrechungsfreien Betrieb zu gewährleisten, muss das Mitarbeiterwissen ebenfalls in kürzester Zeit auf den Stand der Technik gebracht werden. Geschieht dies nicht, so begibt sich das KMU in Abhängigkeit des Systemlieferanten oder anderer Dienstleister. Die Akzeptanz unter den Mitarbeitern aufgrund der disruptiven Veränderung kann extrem leiden. Es drohen Systemausfälle und hohe Betriebskosten.

Einbindung einer breiten Mitarbeiterbasis: Je größer die in das Projekt involvierte Mitarbeiterbasis ist, auf einen desto größeren Erfahrungsschatz kann zurückgegriffen werden. Gleichzeitig erhöht sich die Akzeptanz in der Belegschaft und die Flexibilität bei der Besetzung von Projektstellen. Schwierige und ggf. langwierige Diskussionen bei der Entscheidungsfindung stehen dieser Vorgehensweise oftmals entgegen. Es empfiehlt sich deswegen, eine Abwägung zu treffen und eine ausreichend große Basis an Mitarbeitern einzubinden, um den Projekterfolg abzusichern. Zeitgleich ist eine offene Kommunikation mit den nicht unmittelbar am Projekt beteiligten Mitarbeitern zu pflegen, um diese nicht zu Mitarbeitern ‚zweiter Klasse‘ zu degradieren [Bo13].

Einstellung neuer Mitarbeiter: Die Kompensation fehlenden Wissens oder fehlender Fähigkeiten im Unternehmen kann durch die Akquise neuer Mitarbeiter behoben werden – sofern auf dem Arbeitsmarkt für das KMU verfügbar. Erfolgt dies in großem Umfang und stehen dieser Maßnahme Entlassungen gegenüber, so ist mit innerbetrieblichen Spannungen zu rechnen.

Durchführung einer Prozessoptimierung: Die Digitalisierung schlecht geführter konventioneller Prozesse zieht zumeist hohe Prozesskosten nach sich und führt nicht zu dem erhofften Effizienzgewinn. Zudem sind die Kosten für die Implementierung unnötig hoch. Eine der Digitalisierung vorausgehende Optimierung der Prozesse ist deswegen

alternativlos [Hi20]. Je nach Prozessebene eignen sich u.a. Wertstromanalysen [RSW22] oder Flussdiagramme zur Visualisierung und zur nachfolgenden Optimierung [Fü14]. Je weitreichender die Prozessoptimierung gelingt, desto weiter können die für die Digitalisierung benötigten Investitionen gesenkt werden.

Vermeidung von Verschwendung: Einhergehend mit der Prozessanalyse und -optimierung empfiehlt es sich, eine Verschwendungsanalyse entsprechend der Lean-Methode durchzuführen. Sie ist aufwandarm zu erstellen, gibt aber wesentliche Anregungen bezüglich der Potenziale, welche in einem Prozess verborgen sind. Es werden folgende sieben Verschwendungsarten unterschieden: Überproduktion, Bestände, ineffiziente Prozesse, Bewegung, Transport, Wartezeit und Nacharbeit bzw. Ausschuss. Die Verschwendungsanalyse liefert damit nochmals einen Input für die Prozessoptimierung und sollte der Prozessoptimierung bzw. einer Digitalisierung vorausgehen [Bo13], [Sc18].

Schulung der Mitarbeiter: Gut ausgebildete Mitarbeiter sind die Voraussetzung für jede Form der Digitalisierung. Benötigt wird Wissen auf dem aktuellen Stand der Technik, um die Einführung der Digitalisierung zu begleiten und in der Folge einen unterbrechungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Know-How wird jedoch bereits für die Entscheidungsfindung benötigt. Nur so lassen sich Unsicherheit im Rahmen der Investitionsentscheidung beheben und Fehlinvestitionen vermeiden. Kompetente Mitarbeiter haben keine Berührungsängste mit neuen Technologien und müssen zudem nicht um ihren Arbeitsplatz fürchten. Damit wird der Prozess der Digitalisierung deutlich vereinfacht.

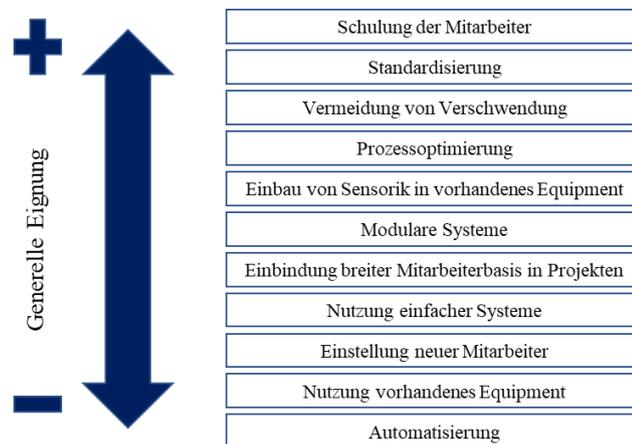


Abb. 4: Maßnahmen zur Überwindung der Hürden der Digitalisierung sortiert nach ihrer Eignung

Auf der Grundlage der vorangegangenen Diskussion der potenziell denkbaren Maßnahmen aus Abbildung 3 wird deutlich, dass nicht alle Ansätze in gleicher Weise geeignet sind, die Digitalisierung in KMUs zu unterstützen. Neben ihrer prinzipiellen

Eignung ist zudem der Zeitpunkt entscheidend, zu dem die jeweilige Maßnahme ergriffen wird. In der Abbildung 4 sind die Maßnahmen nochmals zusammengefasst und hinsichtlich ihrer generellen Eignung sortiert. Die Reihenfolge ist jedoch nicht allgemeingültig, sondern kann sich situationspezifisch ändern.

4 Nachweis der Wirksamkeit anhand eines Fallbeispiels

Die Maßnahmen aus Abbildung 4 wurden in Kapitel 3) aufgrund von Erfahrungswerten und einer Literaturrecherche abgeleitet. Ihre Wirksamkeit soll nun anhand von einem Fallbeispiel überprüft werden. Dazu wird bewusst auf einen Laborbetrieb zurückgegriffen, um die charakteristischen Kennzahlen in den einzelnen Entwicklungsständen der Digitalisierung und unter identischen Bedingungen aufnehmen und vergleichen zu können.

In dem Fallbeispiel wird ein Fertigerzeugnis (FE) in mittlerer Stückzahl produziert, welches kundenspezifisch konfiguriert werden kann. So variieren nicht nur die zu fertigenden Spritzgussteile in ihrer Ausführung. Neben einer Anzahl an Standardmaterial werden in Abhängigkeit der Kundenbestellung auch unterschiedliche Rohmaterialteile zum Fertigerzeugnis verbaut. Das Rohmateriallager muss also die zum Kundenauftrag passenden Rohmaterialien an den Arbeitsplätzen zur Verfügung stellen. Die Endmontage kann parallel an drei separaten Montagearbeitsplätzen durchgeführt werden. Vor Auslieferung an den Kunden werden sämtliche FE in einer Hundertprozentprüfung von der Qualitätssicherung kontrolliert. In der Ausgangssituation befinden sich die Arbeitsplätze in der Anordnung gemäß Abb. 5.

Wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, handelt es sich um eine verrichtungsorientierte Aufstellung der Arbeitsplätze. Der Transport des Rohmaterials aus dem Rohmateriallager zu den Arbeitsstationen erfolgt in manueller Weise durch die Lagerlogistik. Der Weitertransport der Halbfertigerzeugnisse (HFE) zwischen den Arbeitsplätzen und der Transport der Fertigerzeugnisse (FE) zum Auslieferungslager muss von den Mitarbeitern in der Linie selbst übernommen werden. Aufgabe der Produktionssteuerung ist es, die eingehenden Kundenaufträge losgrößenoptimal einzusteuern, um einerseits die Rüstzeitanteile gering zu halten und andererseits die Einhaltung der Kundentermine zu gewährleisten. Insgesamt sind in der Ausgangssituation sieben Mitarbeiter in der Linie beschäftigt. Für den Betrieb können folgende charakteristische Kennzahlen erhoben werden:

Anzahl Fertigerzeugnisse in 90min:	18Stück
Termintreue:	15%
Nacharbeitsquote:	15%

Nach Abschluss der Zeitaufnahme wird unter Einbindung aller Mitarbeiter ein Workshop durchgeführt. In diesem werden in einem ersten Schritt die vorliegenden Verschwendungsarten erhoben. Zum Erstaunen der Mitarbeiter sind alle Verschwendungsarten mindestens einmal vertreten. Auf der Grundlage dieser Erkenntnis wird der Produktionsprozess und die Anordnung der Arbeitsplätze deutlich überarbeitet. Es resultiert das

flussorientierte Layout (Iteration 1) in Abb. 5. Als wesentliche Veränderung gegenüber der Ausgangssituation zeichnet sich die neue Linie durch eine Arbeitsteiligkeit in der Montage aus. Die Arbeitsplätze sind flussorientiert angeordnet. Dies führt zu einer deutlichen Verkürzung der Transportwege und Bewegungen, auch wenn diese weiterhin von den Mitarbeitern der Linie auszuführen sind. Die Transporte erfolgen in Losgröße ,1‘. Die Aufträge werden nun gemäß Auftragsreihenfolge von der Produktionssteuerung vorgegeben. Auf eine Digitalisierung von Produktions- oder Logistikinhalten wird in dem ersten Entwicklungsschritt bewusst verzichtet. Es kommen lediglich Maßnahmen zur Anwendung, wie sie aus dem Lean-Umfeld seit Jahrzehnten bekannt sind. Die Anzahl der Mitarbeiter bleibt unverändert. Bedingt durch die Prozessoptimierung wird jedoch bereits deutlich, dass eine Digitalisierung zu einem späteren Zeitpunkt unmittelbar von den vereinfachten Abläufen profitiert. Die Struktur der Produktionslinie nach dem ersten Iterationsschritt ergibt sich gemäß Abb. 5.

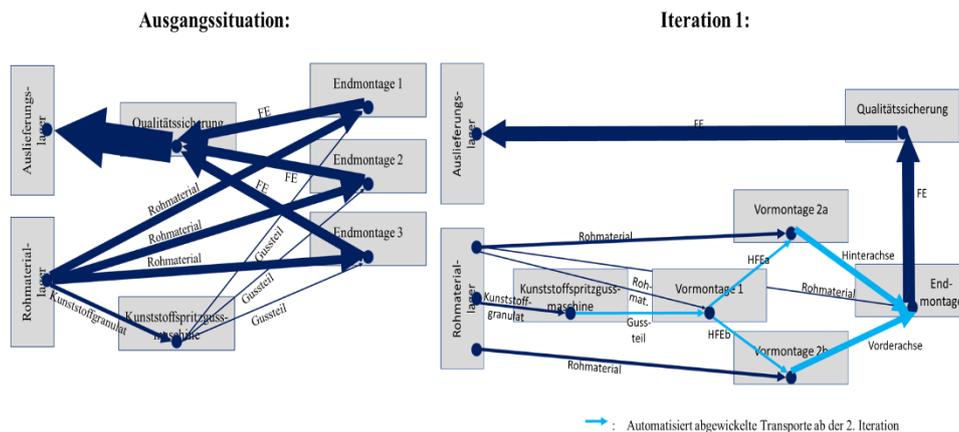


Abb. 5: Anordnung der Arbeitsplätze in der Ausgangssituation und ersten Iteration. Die Pfeile geben Auskunft über die Richtung und Menge an zu transportierendem Produktionsmaterial. Ladungsträger sind nicht dargestellt.

Die Kennzahlen weisen für die Produktionslinie eine signifikante Verbesserung aus:

Anzahl Fertigerzeugnisse in 90min:	45Stück
Termintreue:	96%
Nacharbeitsquote:	4%

Die Anordnung der Arbeitsplätze sowie der arbeitsteilige Produktionsprozess hat sich als richtig erwiesen. In dem Workshop mit den beteiligten Mitarbeitern werden dennoch weitere Verschwendungen erkannt. Unterstützt durch erste einfache Anwendungen der Digitalisierung sollen diese Verschwendungen behoben und zudem eine Effizienzsteigerung erreicht werden. Wesentliche Elemente sind fünf Förderbänder zur Verkettung der Vormontagen (s. farblich hervorgehobene Pfeile in Iteration 1 der Abb. 5 und ein kollaborativer Roboter für den Arbeitsplatz der Endmontage. Alle Elemente verfügen über

eigene Sensoren, eine unabhängige Steuerung und sind damit ‚stand-alone‘-fähig, sodass auf eine zentrale und damit komplexe Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) verzichtet werden kann. Es resultiert ein modularer Aufbau der Linie, welcher leicht an neue Gegebenheiten angepasst werden kann. Zudem ermöglicht dies den Einsatz der Elemente mit einem vergleichsweise geringen Einarbeitungsaufwand bzw. geringen IT-Systemwissen. Da Transport- und Montageaufgaben von den Bändern und dem Roboter übernommen werden, können zwei Mitarbeiter für andere Funktionen in dem Betrieb oder für eine Durchsatzsteigerung freigesetzt werden. Der Break-Even-Point für die erforderliche Investition liegt so bei unter einem Jahr.

Die Kennzahlen weisen für die zweite Iteration nachstehende Werte aus:

Anzahl Fertigerzeugnisse in 90min:	41 Stück
Termintreue:	97%
Nacharbeitsquote:	4%

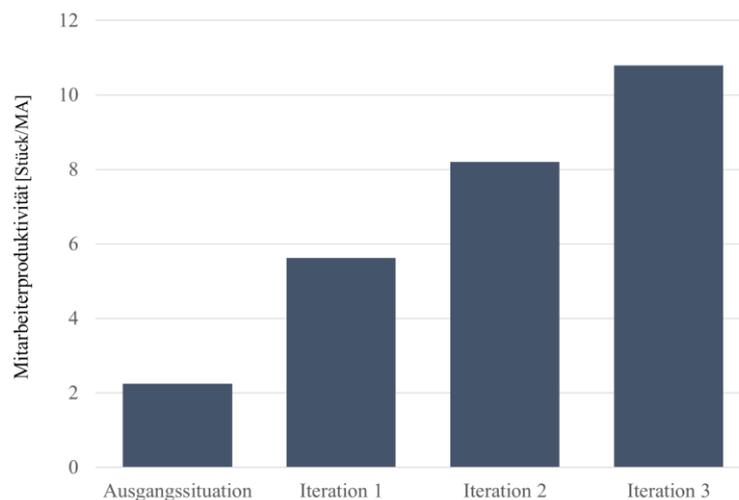


Abb. 6: Anstieg der Mitarbeiterproduktivität in den Iterationsrunden eines Fallbeispiels.

Damit resultiert gegenüber der ersten Iterationsrunde eine geringfügige Verschlechterung in den erfassten Leistungskennzahlen. Als Ursache ergibt sich in dem erneut abgehaltenen Workshop, dass der Umgang mit den neuen Arbeitsmitteln ‚Förderband‘ und ‚Roboter‘ für die Mitarbeiter noch ungewohnt ist. Auch die Programmierung weist noch Potenziale auf. Es entstehen im Produktionsprozess leichte Effizienzverluste. Berücksichtigt man jedoch die reduzierte Mitarbeiterzahl, so erzielt auch die Iterationsrunde 3 einen weiteren Produktivitätsfortschritt. Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse wird eine vierte (und vorläufig letzte) Iterationsrunde eingeleitet. Sie greift die erkannten Potenziale auf. Mithilfe einer verbesserten Programmführung und einer erweiterten Sensorik gelingt es,

die Stückzeit nochmals zu senken. Dies belegen auch die erhobenen Kennzahlen für die dritte Iteration:

Anzahl Fertigerzeugnisse in 90min:	54Stück
Termintreue:	100%
Nacharbeitsquote:	0%

In Abb.6 ist die Entwicklung der Mitarbeiterproduktivität in der Ausgangssituation und den anschließenden Iterationsrunden zusammengefasst. Vergleicht man die Produktivität in Iterationsrunde 3 mit der Ausgangssituation, so ergibt sich eine Verfünfachung. Dieser beachtlichen Steigerung stehen überschaubare Investitionen gegenüber, die sich bereits innerhalb eines Jahres amortisieren.

5 Zusammenfassung und Fazit

Insbesondere KMUs weisen noch Defizite auf in ihrem Bestreben nach einer Digitalisierung der Prozesse. Von allen Unternehmensbereichen bilden die Produktion und Logistik dabei das Schlusslicht [OE21]. Die Gründe sind vielfältig, aber aus zahlreichen Studien weitgehend bekannt [Me21]. Auf der Basis von Erfahrungswerten des Autors sowie durch Auswertung von Literaturquellen können Ansätze abgeleitet werden, wie die Hürden bei der Digitalisierung überwunden werden können – vgl. Abb. 4. Deren Wirksamkeit wird in einem Fallbeispiel überprüft. In mehreren Iterationsrunden werden Maßnahmen innerhalb einer Produktionslinie ergriffen. Um welche Maßnahmen es sich handelt, ist in Abbildung 7 zusammengefasst.

Jede Iterationsrunde zeigt deutliche Steigerungen der Mitarbeiterproduktivität (s. Abb. 6). Deutlich wird jedoch auch, dass der Digitalisierung eine vorbereitende Phase vorausgehen muss, in der mithilfe konventioneller Ansätze insbesondere die Prozesse vereinfacht und standardisiert werden. Hilfreich sind Methoden, wie sie das klassische Lean Management seit Jahrzehnten zur Verfügung stellt. Die Anwendung von Lean-Methoden und - Werkzeugen wird damit nicht obsolet, sondern zur grundlegenden Voraussetzung für die Weiterentwicklung moderner Betriebe.

Ist die Basis geschaffen, kann durch einfache Formen der Digitalisierung der Einstieg erfolgreich geschafft werden. Dezentrale und modular aufgebaute digitale Arbeitsmittel erlauben es KMUs, erste Erfahrungen zu sammeln. Dies senkt die Hemmschwelle bei der Anwendung weiterer digitaler Hilfsmittel (z.B. Self Guided Vehicles). Gleichzeitig lassen sich modulare Systeme an zukünftige Entwicklungen (in den Bereichen Produkte, Volumen, Technologie) leicht anpassen und weiter ausbauen. Damit reduziert sich das Risiko einer Fehlinvestition deutlich. Unterstützend wirkt die Möglichkeit, Sensorik nachzurüsten. Die automatisierte Erfassung von Daten ist die Voraussetzung für die autonome Entscheidungsfindung bis hin in übergreifenden und komplexen Konstellationen.

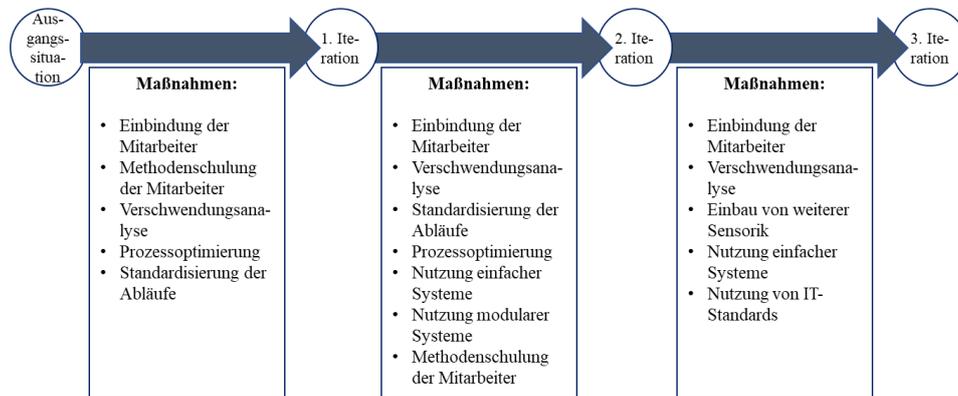


Abb. 7: Zusammenfassung, der im Fallbeispiel eingeleiteten Maßnahmen

Literaturverzeichnis

- [ABN11] Adam, W.; Busch, M.; Nickolay, B.: Sensoren für die Produktionstechnik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [APS20] Aurich, J.C. et al. Hrsg.: Bedarfsgerechte Digitalisierung von Produktionsunternehmen. Ein modulares Transformationskonzept als praxisorientierter Ansatz. Synnovating, Kaiserslautern, 2020.
- [Ar13] Arbeitskreis Industrie 4.0: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht, 2013.
- [BDO20] Bai, C. et al.: Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. International Journal of Production Economics 229, S. 107776, 2020.
- [Bo13] Boppert, J.: Emotion ist Trumpf – Mitarbeiter für Veränderung begeistern. In (Günthner, W. A.; Boppert, J. Hrsg.): Lean Logistics. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 87–95, 2013.
- [DC19] Doyle, F.; Cosgrove, J.: Steps towards digitization of manufacturing in an SME environment. Procedia Manufacturing 38, S. 540–547, 2019.
- [DK23] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE: Deutsche Normungsroadmap Industrie 4.0 – Version 5, 2023.
- [Fü14] Füerermann, T.: Prozessmanagement. Kompaktes Wissen - Konkrete Umsetzung - Praktische Arbeitshilfen. Hanser Verlag, München, 2014.
- [He19] Hess, T.: Digitale Transformation strategisch steuern. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019.
- [HEL18] Heuermann, R.; Engel, A.; Lucke, J. von: Digitalisierung: Begriff, Ziele und Steuerung. In (Heuermann, R.; Tomenendal, M.; Bressen, C.

- Hrsg.): Digitalisierung in Bund, Ländern und Gemeinden. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 9–50, 2018.
- [Hi20] Hierzer, R.: Prozessoptimierung 4.0. Den digitalen Wandel als Chance nutzen. Haufe Group, Freiburg, München, Stuttgart, 2020.
- [HKE22] Huth, M.; Knauer, C.; Ender, M.: BME-Logistikstudie 2022: Digitalisierung in Supply Chains, 2022.
- [KFS18] Kampker, A. et al.: Lernen von den Besten: Fünf Erfolgsfaktoren bei der Entwicklung von Smart Services. In (Meyer, K.; Klingner, S.; Zinke, C. Hrsg.): Service Engineering: Von Dienstleistungen zu digitalen Service-Systemen. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 151–165, 2018.
- [KLW11] Kagermann, H.; Lukas, W.-D.; Wahlster, W.: Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI Nachrichten 13, S. 2–3, 2011.
- [Li20] Lichtenthaler, U.: Building Blocks of Successful Digital Transformation: Complementing Technology and Market Issues. International Journal of Innovation and Technology Management 01/17, 2020.
- [Me21] Meier, A.: Systematic Review of the Literature on SME Digitalization: Multi-sided Pressure on Existing SMEs. In (Schallmo, D. R. A.; Tidd, J. Hrsg.): Digitalization. Springer International Publishing, Cham, S. 257–276, 2021.
- [MRT20] McFarlane, D. et al.: Digital Manufacturing on a Shoestring: Low Cost Digital Solutions for SMEs. In (Borangiu, T. et al. Hrsg.): Service Oriented, Holonic and Multi-agent Manufacturing Systems for Industry of the Future. Springer International Publishing, Cham, S. 40–51, 2020.
- [OE21] OECD: The Digital Transformation of SMEs, 2021.
- [OP23] OPC Foundation: List of documents. <https://opcfoundation.org/developer-tools/documents/>, Stand: 17.2023.
- [RSW22] Rother, M. et al.: Sehen lernen. Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen. Lean Management Institut, Mülheim an der Ruhr, 2022.
- [Sc18] Schmeisser, W.: Vom Lean Management zur Digitalisierung. UVK Verlagsgesellschaft mbH, Tübingen, 2018.
- [Sc19] Schallmo, D.: Die Digitale Transformation von Geschäftsmodellen als Erfolgsfaktor: Grundlagen, Beispiele und Roadmap. In (Meinhardt, S.; Pflaum, A. Hrsg.): Digitale Geschäftsmodelle – Band 1. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 47–66, 2019.
- [Sh99] Sharif, N.: Strategic Role of Technological Self-Reliance in Development Management. Technological Forecasting and Social Change 3/62, S. 219–238, 1999.