

Schlussbericht vom 31.10.2022

zu IGF-Vorhaben Nr. 20742 N

Thema

Entwicklung eines Reifegradmodells zur Vorbereitung einer erfolgreichen MES-Einführung bei produzierenden KMU (MES-Ready)

Berichtszeitraum

01.02.2020 – 31.10.2022

Forschungsvereinigung

Bundesvereinigung Logistik e.V. - BVL

Forschungseinrichtung(en)

Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Gefördert durch:

Inhalt

Thema	1
Berichtszeitraum.....	1
Forschungsvereinigung.....	1
Forschungseinrichtung(en)	1
1. Zusammenfassung	3
2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung	4
3. Gegenüberstellung angestrebter Teilziele und erzielter Ergebnisse	5
4. Erzielte Ergebnisse	7
4.1. Relevante Einflussfaktoren auf die MES-Einführung.....	7
MES-Merkmale	7
Unternehmensmerkmale	11
4.2. Anforderungen einer erfolgreichen MES-Einführung.....	14
Gestaltungsfeld Mensch	14
Gestaltungsfeld IT-Infrastruktur	14
Gestaltungsfeld Daten	15
Gestaltungsfeld Prozesse	15
4.3. Reifegradmodell zur Bestimmung der MES-Readiness.....	20
4.4. Generische Maßnahmen zur Erhöhung der MES-Readiness	23
4.5. Instrument zur Planung und Überwachung der MES-Readiness.....	24
4.6. Softwaredemonstrator	25
4.7. Ergebnisdokumentation und Veröffentlichung.....	27
5. Verwendung der Zuwendung.....	28
6. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	29
7. Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen	30
8. Veröffentlichungen und Transfermaßnahmen.....	31
9. Einschätzung der Realisierbarkeit der geplanten Maßnahmen	34
10. Durchführende Forschungsstelle	35
11. Förderhinweis	36
12. Anhang	37
12.1. Fähigkeitsgrade der Anforderungen einer MES-Einführung.....	37
12.2. Reifegradmodell zur Bestimmung der MES-Readiness.....	52
12.3. Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der MES-Readiness inklusive Kennzahlen für die Umsetzung der Maßnahmen	53
12.4. Fragenkatalog zur Bestimmung der Fähigkeitsgrade	58
12.5. Finaler Anforderungskatalog.....	61
13. Literaturverzeichnis	105

1. Zusammenfassung

Der Einsatz von Softwaresystemen zur Planung, Steuerung und Dokumentation von Prozessen in Unternehmen ist weit verbreitet. Im Produktionsumfeld wird dabei häufig ein Manufacturing Execution System (MES) eingesetzt. Obwohl die Nutzung eines solchen Systems Unternehmen viele Vorteile wie eine hohe Prozesstransparenz und eine gesteigerte Datenqualität als Grundlage für Entscheidungen bieten kann, zögern insbesondere KMU ein MES in ihrem Unternehmen einzuführen und zu nutzen. Ein Grund hierfür ist die Herausforderung, die ein solches Softwareeinführungsprojekt für KMU darstellt. Softwareeinführungsprojekte sind mit großen finanziellen und zeitlichen Aufwänden verbunden und stellen somit aufgrund der begrenzten Ressourcen besonders für KMU ein erhebliches Risiko dar. Verzögerungen oder ein vollständiger Abbruch des Einführungsprojektes kann für ein KMU existenzbedrohende Folgen haben. Eine Möglichkeit das Risiko eines MES-Einführungsprojektes für das einführende KMU zu reduzieren ist eine umfassende Vorbereitung des Unternehmens auf das MES-Einführungsprojekt.

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Herausforderungen eines MES-Einführungsprojektes wurde eine Methode entwickelt, mit welcher Unternehmen prüfen können, ob sie ausreichend auf ein MES-Einführungsprojekt vorbereitet sind und wie sie gegebenenfalls durch weitere Maßnahmen ihre Vorbereitungen unterstützen können. Hierzu wurden in einem ersten Schritt MES-Merkmale und Unternehmensmerkmale identifiziert, welche die notwendige Vorbereitung auf eine MES-Einführung beeinflussen. Des Weiteren wurden die Anforderungen in den vier Gestaltungsfeldern Mensch, IT-Infrastruktur, Daten und Prozesse definiert, welche eine MES-Einführung an ein Unternehmen stellt. Diese Anforderungen wurden anhand ihrer Bedeutung für die MES-Einführung gewichtet und es wurden Abhängigkeiten zwischen den MES-Merkmalen sowie Unternehmensmerkmalen und den Anforderungen identifiziert. In einem dritten Schritt wurde ein Reifegradmodell erstellt, mit dessen Hilfe Unternehmen den Grad ihrer Vorbereitung auf eine MES-Einführung (MES-Readiness) bestimmen können. Zusätzlich wurden generische Maßnahmen entwickelt, durch deren Umsetzung Unternehmen ihre MES-Readiness verbessern können. Durch die Verknüpfung der vorangegangenen Schritte wurde ein Instrument zur Bestimmung und Verbesserung der MES-Readiness entworfen, mithilfe dessen Unternehmen durch die Beantwortung eines Fragebogens ihre MES-Readiness aufwandsarm bestimmen können, Empfehlungen für Maßnahmen zur Verbesserung ihrer MES-Readiness erhalten sowie die Umsetzung der Maßnahmen mithilfe von Kennzahlen überwachen können. Das Instrument wurde in einem Softwaredemonstrator implementiert, um die anwenderfreundliche Nutzung und damit eine umfassende und zeitnahe Übertragung der Ergebnisse in die Praxis zu gewährleisten. Sämtliche durchgeführte Schritte wurden durch Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses validiert.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Eine zunehmende Marktdynamik aufgrund kürzerer Produktlebenszyklen sowie einer steigenden Individualisierung bedürfen eine verstärkte Integration neuer Produkte in bestehende Produktionsprozesse [Her13, Zäh03]. Die daraus resultierende mangelnde Transparenz in der Produktion, schlechte Maschinenproduktivität und Qualität sowie lange Durchlaufzeiten durch hohe Bestände sind die Folge. Zudem sind durch gewachsene Strukturen viele IT-Insellösungen entstanden, welche neben einer parallelen Papierdokumentation existieren [Kle15].

Um eine zukunftsfähige Fabrik zu realisieren, welche sich durch schnelle Regelkreise, schlanke Produktions- und Planungsprozesse sowie eine kontinuierliche Verbesserung auszeichnet, ist eine Regelung notwendig. Der Regler als wichtigstes Element der Regelung fasst alle Informationen zusammen und regelt die Anpassung des Ist-Zustandes und den Soll-Zustand. Fertigungsnahe Manufacturing Execution Systeme (MES) stellen diese Funktionalitäten zur Verfügung, indem sie bspw. Sensoren von Maschinen an die Systemlandschaft anbinden. Durch die Speicherung, Visualisierung und Auswertung der erfassten Daten ist eine Rückverfolgbarkeit gewährleistet [Kle15, Kli16, Thi16]. Weiterhin dienen die Daten eines MES (bspw. Rückmeldedaten zu Aufträgen) als Grundlage für Big Data-Anwendungen, um Optimierungspotentiale aufdecken zu können. Auch die Einbindung von Industrie 4.0-Technologien wie interaktive Assistenzsysteme (bspw. Datenbrillen) oder cyberphysischen Systemen (CPS) in produzierende Unternehmen setzt eine geeignete IT-Infrastruktur wie MES voraus. Die horizontale Integration sowie flächendeckende Durchdringung des Betriebes sind dabei von besonderer Bedeutung [Kle15].

Laut der im Jahr 2016 durchgeführten Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 verwenden jedoch lediglich 15,6 % der befragten KMU (im Vergleich dazu 43,8 % der Großunternehmen) ein MES [aca16]. Neben der Kosten-Nutzenbewertung werden als wichtigste Hemmnisse hierfür Schwierigkeiten bei der Schaffung der Voraussetzungen für die Einführung sowie der Integration von MES in die bestehende IT-Infrastruktur genannt. Auch die Schaffung der Akzeptanz der Anwender im eigenen Unternehmen wird als sehr problematisch angesehen [Wes12]. Die Akzeptanz der MES hängt maßgeblich davon ab, wie gut die Arbeit der Mitarbeiter unterstützt wird [Kle15]. KMU sind daher aktuell unsicher, welche Voraussetzungen für die Einführung von MES erfüllt und welche Maßnahmen umgesetzt werden müssen, um eine erfolgreiche MES-Einführung zu gewährleisten und so an der Industrie 4.0 teilzuhaben.

Verfahren zur Ermittlung der unternehmensspezifischen Anforderungen für die Einführung von MES werden benötigt. Darauf aufbauend sind Planungs- und Steuerungsinstrumente zur Steigerung der MES-Readiness für KMU erforderlich. Beides existiert bisher nicht.

3. Gegenüberstellung angestrebter Teilziele und erzielter Ergebnisse

Die Arbeitshypothese des Forschungsvorhabens besteht in der Annahme, dass die systematische Vorbereitung der Einführung von MES über Reifegradmodelle die Einführungszeit verkürzt und die Ergebnisqualität deutlich erhöhen wird. Als Folge können KMU erfolgreicher MES einführen und dadurch von den beschriebenen Vorteilen wie einer effizienteren Produktionsplanung und -steuerung sowie einer besseren Rückverfolgbarkeit profitieren. Ziel des Forschungsvorhabens ist daher die Entwicklung eines Reifegradmodells zur Bestimmung und Verbesserung der MES-Readiness von KMU. Mittels des zu entwickelnden Reifegradmodells sollen KMU Transparenz darüber erlangen, in welchen Bereichen ihres Unternehmens Handlungsbedarf im Hinblick auf vorbereitende Tätigkeiten für die Einführung eines MES besteht. Nachdem die KMU Kenntnis über die notwendigen Anforderungen für den Einsatz eines MES haben, sollen konkrete Maßnahmen für das Erreichen der notwendigen Reifegradstufen zur Verfügung gestellt werden. Zuletzt soll ein Instrument zur Planung und Überwachung der Umsetzung der Maßnahmen bereitgestellt werden. Das Gesamtziel unterteilt sich dabei in drei Teilziele:

Teilziel 1:

Angestrebtes Teilziel aus dem Forschungsantrag:

Das erste Teilziel beinhaltet die Identifikation von Anforderungen für die erfolgreiche Einführung von MES. Dieses wird durch die Klassifizierung von MES-Merkmalen (bspw. Funktionalitäten) sowie MES determinierenden Unternehmensmerkmalen unterstützt. Die Identifikation von merkmalspezifischen Anforderungen an die Einführung in den Gestaltungsfeldern Mensch, IT, Daten und Prozess ermöglicht eine zielgerichtete Entwicklung des Reifegradmodells im zweiten Teilziel. Die zusätzliche Identifikation von Risiken ermöglicht dabei eine Gewichtung der Anforderungen.

Korrespondierende Ergebnisse des Vorhabens:

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden MES-Merkmale und Unternehmensmerkmale ermittelt, welche die MES-Einführung beeinflussen. Zu den verschiedenen Merkmalen wurden relevante Ausprägungen identifiziert. Die Ergebnisse wurden in einem morphologischen Kasten zusammengefasst. Darüber hinaus wurden Anforderungen für eine erfolgreiche MES-Einführung in den vier Gestaltungsfeldern Mensch, IT, Daten und Prozesse ermittelt. Die einzelnen Anforderungen wurden beschrieben und in einem Anforderungskatalog zusammengefasst. Eine Gewichtung der Anforderungen auf Basis der vorhandenen Risiken sowie anhand der Abhängigkeiten zwischen MES-Merkmalen, Unternehmensmerkmalen und den Anforderungen wurde ebenfalls vorgenommen. Das erste Teilziel wurde erreicht.

Teilziel 2:

Angestrebtes Teilziel aus dem Forschungsantrag:

Das zweite Teilziel ist die Entwicklung eines Reifegradmodells zur Planung und Überwachung der MES-Readiness sowie Ableitung von Maßnahmen. Durch die Entwicklung eines Reifegradmodells können Unternehmen ihren Ist-Zustand hinsichtlich des geforderten Soll-Zustandes (Anforderungen aus Teilziel 1) bewerten und so Defizite bzw. Handlungsfelder aufdecken. Die Soll-Zustände sind dabei abhängig von den Merkmalsausprägungen des MES sowie von MES determinierenden Unternehmensmerkmalen wie der Branche oder Kundenstruktur. Durch die übersichtliche und systematische Darstellung in einem Reifegradmodell findet eine Aggregation der Erreichung einzelner Anforderungen zu einem Reifegrad statt. Zu definierende Maßnahmen ermöglichen im Folgenden die Anpassung des Ist-Zustandes an den Soll-Zustand, also eine Fähigkeitssteigerung hinsichtlich der MES-Einführung (MES-Readiness).

Korrespondierende Ergebnisse des Vorhabens:

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine Reifegradmodell zur Bestimmung des Ist-Zustandes in einem Unternehmen hinsichtlich einer erfolgreichen MES-Einführung entwickelt. Als Grundlage für die Erstellung des Reifegradmodells dienten die ermittelten Anforderungen aus Teilziel 1. Zur Bestimmung des Ist-Zustandes hinsichtlich einer Anforderung wurden vier Fähigkeitsgrade definiert, welche verschiedene Erfüllungsgrade der Anforderung beschreiben. Die Gewichtung der Anforderungen auf Basis von Abhängigkeiten zwischen MES- und Unternehmensmerkmalen und den jeweiligen Anforderungen wurden als Ausgangspunkt für die Definition von Soll-Zuständen für die einzelnen Anforderungen verwendet. Weiterer Bestandteil des Reifegradmodells ist die Aggregationslogik, welche die Zusammenfassung der vorhandenen Fähigkeitsgrade der Anforderungen zu einem übergeordneten Reifegrad ermöglicht. Ergänzend wurden anforderungsspezifische Maßnahmen abgeleitet, welche der gezielten Verbesserung des erreichten Fähigkeitsgrades einer Anforderung dienen. Das zweite Teilziel ist erfüllt.

Teilziel 3:

Angestrebtes Teilziel aus dem Forschungsantrag:

Das dritte Teilziel beschreibt die Umsetzung in einem Softwaredemonstrator und Validierung anhand von Praxisanwendungen des Projektbegleitenden Ausschusses (PA). Durch die Entwicklung eines Softwaredemonstrators wird den produzierenden Unternehmen ein ganzheitliches Instrument zur gezielten Identifikation von Handlungsfeldern sowie Planung und Überwachung von Maßnahmen zur Erhöhung der MES-Readiness bereitgestellt. Dies ermöglicht die aufwandsarme Anwendung der Forschungsergebnisse sowie eine erste Validierung des entwickelten Reifegradmodells.

Korrespondierende Ergebnisse des Vorhabens:

Das im zweiten Teilziel entwickelte Reifegradmodell wurde im Forschungsprojekt in einen Softwaredemonstrator überführt. Die Umsetzung des Softwaredemonstrators erfolgte mit Standardsoftware, sodass dem anwendenden KMU eine aufwandsarme Verwendung ohne zusätzliches Fachwissen ermöglicht wird. Das Unternehmen kann innerhalb des Softwaredemonstrators die vorhandenen Fähigkeitsgrade zu relevanten Anforderungen angeben. Durch die Berücksichtigung der vorhandenen unternehmensindividuellen MES- und Unternehmensmerkmale kann ein passgenaues Ergebnis für den individuellen Anwendungsfall ermittelt werden. Zusätzlich werden die ermittelten Maßnahmen zur Verbesserung der MES-Readiness (Teilziel 2) als Handlungsempfehlungen im Softwaredemonstrator dargestellt. Der Softwaredemonstrator wurde durch Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses getestet und die Ergebnisse der Validierung sind direkt zur Anpassung des Tools genutzt worden. Das dritte Teilziel und damit das Gesamtziel des Projektes wurden erreicht.

4. Erzielte Ergebnisse

4.1. Relevante Einflussfaktoren auf die MES-Einführung

Das erste Arbeitspaket dient der Identifikation und Analyse von Einflussfaktoren auf die Auswahl und Einführung von MES. Als wesentliche Einflussfaktoren für diese Betrachtung wurden MES-Merkmale und Unternehmensmerkmale identifiziert. Im ersten Schritt wurden umfassende Literaturrecherchen durchgeführt, um relevante MES-Merkmale und Unternehmensmerkmale als Einflussfaktoren zu bestimmen und die Ausprägungen der einzelnen Einflussfaktoren zu differenzieren. Ergebnis dieses Schrittes ist eine Auflistung der identifizierenden Einflussfaktoren sowie deren Ausprägungen. Mithilfe von Experteninterviews konnte die inhaltliche Fehlerfreiheit und praktische Relevanz der ermittelten MES-Merkmale und Unternehmensmerkmale bestätigt werden. In einem zweiten Schritt wurde mithilfe einer Onlineumfrage die Bedeutung der einzelnen Einflussfaktoren bewertet und so die Einflussfaktoren mit der größten Bedeutung für die Klassifikation von ME-Systemen bestimmt. Die erzielten Ergebnisse wurden in Form von morphologischen Kästen zusammengefasst.

MES-Merkmale

Die, in der Online-Umfrage als einflussreich bestätigten MES-Merkmale wurden in inhaltlichen Themenbereichen geordnet und auf diese Weise strukturiert. Die resultierenden Themenbereiche sind Softwarefunktionalität, Hersteller, Zielgruppe, Schnittstellen, IT-Infrastruktur, Lizenzierung und Support.

Softwarefunktionalität

Der Themenbereich Softwarefunktionalität beschreibt die grundlegenden funktionsbezogenen Eigenschaften einer MES-Lösung. Das Merkmal Funktionsbereich beschreibt die verschiedenen Unternehmensbereiche, in denen das MES eingesetzt werden kann. Als Ausprägungen wurden die Bereiche Produktion, Personal, Qualitätsmanagement, Instandhaltung, Lager und Bestand, Konstruktion und Entwicklung, Management und Controlling und Energiemanagement betrachtet. Diese Ausprägungen entsprechen im Wesentlichen den beschriebenen MES-Aufgaben aus VDI-Richtlinie 5600 Blatt 1 [VDI16]. Als ein Hauptnutzungsfeld eines MES konnte der Bereich Produktionsplanung und -steuerung bestätigt werden. Aus diesem Grund wurden die Funktionalitäten in diesen Bereichen als eigenständige Merkmale definiert. Im Bereich Produktionsplanung werden beispielsweise folgende Funktionalitäten als Ausprägungen des Merkmals aufgeführt: Arbeitsplanverwaltung, Planung nach Meilensteinen, Ressourcenverwaltung, Ermittlung des „kritischen Pfades“. Für das Merkmal Produktionssteuerung wurden unter anderem folgende Funktionalitäten berücksichtigt: Belegungsplanung, Mehrmaschinenbelegung, grafische Plantafel. Für alle Merkmale dieses Themenbereichs können mehrere Ausprägungen auf ein Unternehmen zutreffen.

Hersteller

Der Themenbereich Hersteller beschreibt die Eigenschaften des Unternehmens, welches das MES herstellt und am Markt anbietet. Beim Merkmal Herstellertyp kann grundsätzlich in drei Herstellergruppen unterschieden werden. Die erste Gruppe bilden die ERP-Anbieter. Häufig werden von diesem Herstellertyp die MES-Funktionalitäten als zusätzliche Module des vorhandenen ERP-Systems angeboten. Die zweite Gruppe der Hersteller sind die Anbieter von Automatisierungssystemen, welche MES-Module als Erweiterung zur Anknüpfung an bestehende Steuerungssoftware anbieten. Die letzte Gruppe bilden originäre MES-Hersteller, welche die MES-Funktionalitäten als eigenständige Softwarelösung anbieten.

Zielgruppe

Der Themenbereich Zielgruppe beschreibt die Spezialisierung der MES-Lösung auf eine bestimmte Branche oder Unternehmensgruppe. Betrachtet wurden hierbei die beiden Merkmale Branchenfokus und Branche. Für das Merkmal Branchenfokus wurde unterschieden, ob das MES einen Branchenfokus aufweist oder nicht. Ein Branchenfokus entspricht hierbei der Bereitstellung von Funktionalitäten, die lediglich in einer bestimmten Branche genutzt werden können. Das Merkmal Branche beschreibt die Branchen, in welchen das MES eingesetzt wer-

den kann. Als Ausprägungen wurden verschiedene Branchen aufgeführt (z. B. Metallherzeugung und -bearbeitung, Fahrzeugbau und Zuliefererindustrie, Maschinenbau und Anlagenbau, Elektrotechnik, Feinmechanik, Nahrungsmittelherstellung, Bauwirtschaft [WKK17]).

Schnittstellen

Der Themenbereich Schnittstellen fasst die relevanten Aspekte systeminterner und systemübergreifender Schnittstellen zusammen. Das erste Merkmal dieses Bereiches ist der Modulaufbau des MES. Mögliche Ausprägungen hierbei sind einerseits ein modularer Aufbau mit Schnittstellen zwischen den einzelnen Modulen und andererseits der Aufbau als Gesamtsystem ohne dedizierte Schnittstellen innerhalb des Systems. Das zweite betrachtete Merkmal ist die ERP-Schnittstelle des MES. Dieses Merkmal gibt Aufschluss über die Kompatibilität des MES mit einem bereits vorhandenen ERP-System [Kle15]. Hierbei wurden als Ausprägungen verschiedene ERP-Systeme (z. B. SAP, Microsoft, Sage, Abacus) aufgeführt, zu welchen eine Standard-Schnittstelle des MES vorliegen könnte. Das letzte betrachtete Merkmal sind die Maschinenschnittstellen. In diesem Bereich ist es aufgrund oftmals heterogener Anlagen- und Maschinenparks essenziell, dass verschiedene standardisierte Maschinenschnittstellen (z. B. OPC-Client, UMCM, Euromap) durch das MES unterstützt werden.

IT-Infrastruktur

Der Themenbereich IT-Infrastruktur fasst die wesentlichen Aspekte hinsichtlich der IT-Infrastruktur eines MES zusammen. Das erste betrachtete Merkmal ist die verwendete Serverplattform. Hierbei wurde zwischen den Ausprägungen einer serverspezifischen Zugangsstruktur und einer serverunabhängigen Struktur unterschieden. Das Merkmal Betriebssysteme beschreibt die Kompatibilität des MES mit vorhandenen Betriebssystemen (z. B. Microsoft Windows, UNIX-Systeme, Mac OS). Als weitere Ausprägung wurde ein betriebssystemunabhängiges MES berücksichtigt. Ein weiteres Merkmal ist das verwendete Datenbanksystem. Als Ausprägungen wurden unter anderem Oracle, Microsoft-QLS und Progress berücksichtigt. Die bereitgestellten Kommunikationstechniken sind ein weiteres Merkmal dieses Themenbereiches. Die betrachteten Ausprägungen sind: gesicherte Netzwerkkommunikation auf Basis TCP/IP, Bussysteme in der Fertigung und Datenübertragungsprotokolle (http, SSL). Des Weiteren wurde der Servertyp als weiteres Merkmal betrachtet. Mögliche Ausprägungen sind Public Cloud, Private Cloud und On-Premise. Ein weiteres Merkmal sind die im MES verfügbaren Formate für den Datenimport und -export. Als Ausprägungen wurden beispielsweise folgende standardisierte Formate berücksichtigt: csv, txt, xml und html. Auch die verfügbaren Arten der Datenerfassung wurden als Merkmal berücksichtigt. Unterschieden wurde zwischen der manuellen Dateneingabe, der Eingabe über Auto-ID und der Eingabe über Sensoren. Die Funktionalitäten im Bereich Dateneingabe und -darstellung sowie weitere Nutzerinteraktionen, über welche das MES verfügt, sind ebenfalls Bestandteil dieses Themenbereiches. Als Merkmale wurden folgende Funktionalitäten aufgeführt: Plausibilitätsprüfung, Datenkorrekturen, Offline-Fähigkeit, Ausfallsicherheit, mobile Lösungen und Responsive Design (anwenderfreundliches Design). Ein weiteres Merkmal ist die Sprachauswahl im System. Als Ausprägungen wurden deutsch, englisch und andere Sprachen aufgenommen. Das letzte Merkmal im Bereich der IT-Infrastruktur ist das Archivierungskonzept. Hierbei wurden verschiedene Archivierungskonzepte berücksichtigt (z. B. parallele Ansteuerung mehrerer Speichermedien, serverseitiger Archivierung).

Lizenzierung

Der Themenbereich Lizenzierung bildet die wesentlichen Merkmale eines MES hinsichtlich der Lizenzvergabe und dem Preismodell ab. Das erste Merkmal ist das genutzte Lizenzmodell. Unterschieden werden kann hier zwischen einer proprietären Software, Open Source Copyleft und Opensource Non-Copyleft. Das zweite Merkmal dieses Themenbereiches ist das Preis- und Auslieferungsmodell. Als Ausprägungen für dieses Merkmal wurden unter anderem folgende Modelle aufgeführt: Lizenz je Named-User, Lizenz je Current-User, Lizenz in Abhängigkeit von Unternehmenskenngrößen.

Support

Der Themenbereich Support beschreibt den durch den MES-Anbieter gewährten Anwendersupport. Unterschieden wurde hierbei zwischen telefonischem Support, Remotezugriff, Support vor Ort, Hotline Service, Beratung bei neuen Anforderungen, Unterstützung bei der Systemerweiterung, Updateservices und 24/7-Support.

Tabelle 1 zeigt den morphologischen Kasten mit den beschriebenen MES-Merkmalen sowie deren Ausprägungen.

Der Aufbau der Darstellung kann exemplarisch an der MES-Eigenschaft der verfügbaren Arten der Dateneingabe veranschaulicht werden. Die verfügbaren Arten der Dateneingabe wurden als Merkmal bestimmt, dem Themenbereich der IT-Infrastruktur zugeordnet und die manuelle Eingabe, die Eingabe via Auto-ID sowie mittels Sensoren als mögliche Ausprägungen der Eigenschaft ermittelt. Analog zu den MES-Merkmalen erfolgte die Darstellung der Unternehmensmerkmale.

Unternehmensmerkmale

Ein analoges Vorgehen für die Unternehmensmerkmale ergab eine inhaltliche Gliederung nach Inputmerkmalen, Prozessmerkmalen und Outputmerkmalen.

Inputmerkmale

Im Themenbereich Inputmerkmale werden alle allgemeinen Informationen zum betrachteten Unternehmen zusammengefasst, die im Kontext einer MES-Einführung relevant sind. Das erste betrachtete Merkmal ist die Branche. Hierbei wurde auf der einen Seite zwischen Prozessindustrie und diskreter Fertigung unterschieden und auf der anderen Seite zwischen den einzelnen Branchen. Als Ausprägungen wurden unter anderem folgende Branchen aufgeführt: Metallherstellung und -bearbeitung, Fahrzeugbau und Zuliefererindustrie, Maschinenbau und Anlagenbau, Bauwirtschaft [WKK17]. Ein weiteres Merkmal in diesem Themenbereich ist die Unternehmensgröße. Zur Bewertung der Unternehmensgröße wird die Mitarbeiterzahl verwendet. Unterschieden wurde zwischen Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitern, Unternehmen mit 50 bis 99 Mitarbeitern, Unternehmen mit 100-999 Mitarbeitern sowie Unternehmen mit über 1000 Mitarbeitern. Die gegebene Unternehmensstruktur wird ebenfalls als ein Merkmal aufgeführt. Unterschieden wurde zwischen Unternehmen mit einem Standort (single-site) und Unternehmen mit mehreren Standorten (multi-site). Ein weiteres relevantes Merkmal ist das Budget, welches für das MES-Einführungsprojekt eingeplant wurde. Als Ausprägungen wurden verschiedene Budgetrahmen aufgegriffen (z. B. bis 50.000 Euro, bis 100.000 Euro, bis 250.000 Euro und über 1.000.000 Euro). Des Weiteren wurden auch die Gegebenheiten der IT-Landschaft in diesem Themenbereich berücksichtigt. Das Merkmal der bereits integrierten IT-Systeme bildet diese Gegebenheiten ab. Unterschieden wurde zwischen verschiedenen Systemtypen (z. B. ERP, CAD, PPS und SCM). Das letzte Merkmal im Bereich der Inputfaktoren ist der Spezialisierungsgrad der Elementarfaktoren (z. B. Arbeitskräfte oder Rohstoffe). In diesem Kontext wurde unterschieden zwischen einem niedrigen, mittleren und hohen Spezialisierungsgrad.

Prozessmerkmale

Der Themenbereich Prozessmerkmale fasst die relevanten Eigenschaften Produktionsprozesse eines Unternehmens zusammen. Das erste Merkmal dieses Themenbereiches ist die Produktionsanordnung. Unterschieden wurde unter anderem zwischen Fließfertigung, Reihenfertigung und Gruppenfertigung. Die Fertigungsart ist ein weiteres relevantes Merkmal. Hierbei wurden die unter anderem folgende Ausprägungen berücksichtigt: Einzelfertigung, Sortenfertigung, Massenfertigung. Des Weiteren ist die Unterscheidung des Produktionsablaufes ein berücksichtigtes Merkmal. Hier wurde die kontinuierliche Produktion, die Chargenproduktion und die diskontinuierliche Produktion unterschieden. Die Variabilität der Ablauffolge ist ein weiteres Merkmal dieses Themenbereiches. Unterschieden werden kann zwischen variablen Ablauffolgen und nicht variablen Ablauffolgen. Analog hierzu kann bezüglich des Merkmals Betriebsmittel- und Prozesssubstituierbarkeit zwischen substituierbaren Betriebsmitteln oder Prozessen und nicht substituierbaren Betriebsmitteln oder Prozessen differenziert werden. Das letzte Merkmal der Prozessmerkmale ist die Anzahl der Produktionsstufen. Unterschieden wurde hier zwischen einstufigen und mehrstufigen Produktionsprozessen.

Outputmerkmale

Im Themenbereich Outputmerkmale werden die, für eine MES-Einführung relevanten, Eigenschaften der Erzeugnisse eines Unternehmens zusammengefasst. Das erste Merkmal in diesem Themenbereich ist die Auftragsart, nach welcher ein Unternehmen produziert. Die be-

trachteten Ausprägungen sind Produktion auf Lager, Produktion auf Vordisposition oder Rahmenverträge und Produktion für Kundenauftrag. Das zweite Merkmal dieses Themenbereichs ist der Digitalisierungsgrad der Supply Chain. Differenziert wurde zwischen einer vollständig digitalisierten Supply Chain, einer auf Kunden- oder Lieferantenseite digitalisierten Supply Chain, einer intern digitalisierten Supply Chain, einer teilweise intern digitalisierten Supply Chain und einer nicht digitalisierten Supply Chain.

In Tabelle 2 ist der morphologische Kasten mit den beschriebenen Unternehmensmerkmalen sowie deren Ausprägungen dargestellt.

Tabelle 2: Unternehmensmerkmale mit Ausprägungen

Merkmal	Ausprägungen																
	Prozessindustrie						diskrete Fertigung										
	Met	Pharm	Chem	Glas	Nahr	Fein	Fahr	Pap	Holz	Masch	EDV	Textil	Kunst	Elektr	Tabak	Bau	
Inputmerkmale	Branche																
	Unternehmensgröße (Mitarbeiterzahl)																
	Unternehmensstruktur																
	Budget (in €)																
Prozessmerkmale	Bereits integrierte IT-Systeme																
	Spezialisierungsgrad der Elementarfaktoren																
	Produktionsanordnung																
	Fertigungsart																
Outputmerkmale	Produktionsablauf																
	Variabilität der Ablauffolge																
	Betriebsmittel- und Prozesssubstituierbarkeit																
	Anzahl der Produktionsstufen																
Outputmerkmale	Auftragsart																
	Digitalisierungsgrad der Supply Chain																
	Produktion auf Lager																
	Produktion auf Vordisposition/ Rahmenverträge																

	Single-Site						Multi-Site										
	bis 1.000	bis 10.000	bis 25.000	bis 50.000	bis 100.000	bis 250.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000	bis 1.000.000
	ERP	CAD/CAE	CAP	CRM	PPS	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM	PLM/PDM
	Fließfertigung	Reihenfertigung	Einzelfertigung	Gruppenfertigung	Sortenfertigung	Werkstattfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung	Massenfertigung
	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich	Kontinuierlich
	Nicht-variabel																
	Nicht-substituierbar																
	Einstufig																
	Produktion auf Lager						Produktion auf Vordisposition/ Rahmenverträge							Produktion für Kundenauftrag			
	Komplett digitalisiert						Teilweise digitalisiert (Kunde oder Lieferant)							Teilweise intern digitalisiert			
	Komplett digitalisiert						Teilweise digitalisiert							Nicht digitalisiert			

Ergebnis des ersten Arbeitspakets sind morphologische Kästen für die MES-Merkmale inklusive deren Ausprägungen beziehungsweise Unternehmensmerkmale mit Ausprägungen, die einen Einfluss auf die Auswahl und Einführung von MES besitzen.

4.2. Anforderungen einer erfolgreichen MES-Einführung

Erster Teil des zweiten Arbeitspaketes ist die Ermittlung von Anforderungen, die eine MES-Einführung an Unternehmen stellt. Es wurden in einer ausführlichen Literaturrecherche und unter Berücksichtigung von Expertenwissen Anforderungen bestimmt, welche eine MES-Einführung an Unternehmen stellt. Im Detail wurden zur Identifikation der Anforderungen der MES-Einführungsprozess analysiert und für einzelne Aspekte dieses Prozesses die benötigten Voraussetzungen im Unternehmen bestimmt, aus welchen im Anschluss Anforderungen abgeleitet wurden. Gleichzeitig wurden auch die, im ersten Arbeitspaket ermittelten, MES-Eigenschaften, als Ausgangspunkt für die Anforderungsbestimmung verwendet. Für einzelne Eigenschaften wurden ebenfalls Anforderungen abgeleitet. Im Anschluss an die Bestimmung der Anforderungen wurden die Ergebnisse die vier Gestaltungsfelder Mensch, IT, Prozesse und Daten eingeordnet und auf diese Weise eine Strukturierung der Ergebnisse vorgenommen.

Gestaltungsfeld Mensch

Im Gestaltungsfeld Mensch wurden alle Anforderungen zusammengefasst, die sich die menschlichen Faktoren in einem MES-Einführungsprojekt beziehen. Menschliche Einflussfaktoren können hierbei sowohl Mitglieder des Projektteams, Mitarbeiter des Unternehmens oder weitere Personen, die direkt oder indirekt Einfluss auf das Einführungsprojekt besitzen. Die Mitarbeiter des Unternehmens wurden als erster relevanter menschlicher Faktor identifiziert. Als Mitarbeiter des Unternehmens werden sämtliche Mitarbeiter des Unternehmens verstanden, welche das MES in ihrem Arbeitsalltag nutzen oder an dessen Einführung beteiligt sind. Die erste Anforderung bezüglich der Mitarbeiter ist deren Motivation. Mit dieser Anforderung soll die Einstellung der Mitarbeiter gegenüber des Einführungsprojektes sowie ihre Motivation das Einführungsprojekt zu unterstützen zusammengefasst werden. Eine weitere relevante Anforderung bezüglich der Mitarbeiter ist deren zeitliche Verfügbarkeit, um beispielsweise an Schulungen teilzunehmen oder das MES plangemäß zu nutzen. Die letzte Anforderung bezüglich der Mitarbeiter ist deren fachliche Kompetenz. Diese Anforderung beschreibt die Qualifikation der Mitarbeiter das MES fachgerecht zu nutzen und die Einführung zu unterstützen. Der zweite relevante menschliche Faktor ist das Projektteam, welches das Einführungsprojekt im Unternehmen umsetzt. Analog zu den Anforderungen bezüglich der Mitarbeiter wird auch hier zwischen der Motivation des Projektteams, der zeitlichen Verfügbarkeit des Projektteams sowie der fachlichen Kompetenz des Projektteams unterschieden. Zusätzlich wird auch die Erfahrung des Projektteams mit vorangegangenen Einführungsprojektes als weitere Anforderung in diesem Kontext aufgenommen. Eine besondere Rolle im Kontext des Projektteams kommt dem Projektleiter zu. Um diese Rolle in den Anforderungen aufzugreifen, wurde die Qualifikation des Projektleiters als ergänzender Punkt aufgegriffen. Im Unterschied zur Qualifikation des Projektteams sollte der Projektleiter zusätzlich zu einer allgemeinen fachlichen Qualifikation im Bereich der Softwareeinführungsprojekte über weitere Kompetenzen im Bereich Kommunikation und Konfliktlösung verfügen. Ein weiterer menschlicher Faktor im Rahmen eines Einführungsprojektes stellt der Betriebsrat dar. Dieses Gremium sollte möglichst frühzeitig und umfassend in das Einführungsprojekt einbezogen werden. Diese Anforderung wurde als *Unterstützung des Betriebsrates* auf die Anforderungsliste aufgenommen. Der letzte betrachtete menschliche Faktor ist der Lenkungsausschuss. Die Erstellung eines solchen Gremiums ist eine weitere relevante Anforderung.

Gestaltungsfeld IT-Infrastruktur

Im Gestaltungsfeld IT-Infrastruktur wurden alle Anforderungen zusammengeführt, welche die Gegebenheiten der unternehmensinternen sowie unternehmensübergreifenden IT betreffen. Die erste Anforderung dieses Gestaltungsfeldes beschreibt die allgemeine Kenntnis der IT-Systeme. Für eine erfolgreiche Integration des MES in eine bestehende IT-Landschaft ist diese

Kenntnis essenziell, um die notwendigen Schnittstellen und Datenstrukturen bei der Integration berücksichtigen zu können. Die Herausforderung der Schnittstellenkompatibilität mit bestehenden IT-Systemen wurden darüber hinaus in einer separaten Anforderung aufgenommen. Ein wesentlicher Aspekt im Kontext der IT-Infrastruktur sind die Benutzerschnittstellen. Über die Benutzerschnittstellen erfolgt der Datenaustausch zwischen den Nutzern und dem System. Im Kontext der Benutzerschnittstellen wurden zwei Anforderungen formuliert. Die erste Anforderung beschreibt die Quantität der Benutzerschnittstellen. Abhängig von den Funktionalitäten des MES ist eine gewisse Anzahl von Benutzerschnittstellen zur Nutzung des Systems notwendig. Die zweite Anforderung beschreibt die Qualität der Benutzerschnittstellen. Ebenso wie bezüglich der Quantität stellt das MES spezifische Anforderungen an die Qualität der Benutzerschnittstellen. Beispiele für unterschiedliche Qualitäten von Benutzerschnittstellen wären mobile Endgeräte zur Dateneingabe und ortsfeste Monitore, die lediglich der Visualisierung von Daten dienen. Analog zu den Benutzerschnittstellen besitzen auch die Maschinenschnittstellen erhebliche Bedeutung für die erfolgreiche Nutzung des MES. Auch im Kontext der Maschinenschnittstellen wurden aus diesem Grund die beiden Anforderungen bezüglich der Quantität und Qualität der Maschinenschnittstellen formuliert. Weitere Gegebenheiten der IT-Infrastruktur wie die vorhandene Internetverbindung oder Netzwerkqualität, die bestehenden Serverkapazitäten, die Stromversorgung in allen relevanten Bereichen sowie Speicherkapazitäten (intern oder in einer Cloud-Lösung) wurden jeweils in einer separaten Anforderung adressiert.

Gestaltungsfeld Daten

Im Gestaltungsfeld Daten wurden die Anforderungen bezüglich der unternehmensinternen und für die Nutzung des MES relevanten Daten gesammelt. Die beiden Datenarten, welche grundsätzlich für die Nutzung des MES relevant sind, sind die Betriebsdaten und die Maschinendaten. Für beide Datenarten gilt, dass die sowohl die Qualität der Daten als auch deren Quantität für die systemspezifischen Funktionalitäten des MES ausreichend hoch sein muss. Die benötigte Qualität und Quantität hängt hierbei stark von den Funktionalitäten des MES ab. Unter der Qualität der Daten wird in diesen Kontext deren Vollständigkeit, Richtigkeit und Konsistenz zusammengefasst. Die Quantität hingegen beschreibt die Menge und Granularität der Daten. Die letzte Anforderung im Bereich Daten beschreibt die Notwendigkeit einer Kompatibilität der vorhandenen Datenformate mit den Datenformaten, welche im MES verwendet werden.

Gestaltungsfeld Prozesse

Im Gestaltungsfeld Prozesse werden alle unternehmensinternen Prozesse berücksichtigt, die für die MES-Einführung und -Nutzung von Bedeutung sind. Unterschieden werden kann zwischen organisatorischen Prozessen, wertschöpfenden Prozessen und Dokumentationsprozessen. Im Bereich der organisatorischen Prozesse wurde als erste zentrale Anforderung die Abgrenzung des Projektumfanges berücksichtigt. Vor dem Start der MES-Einführung sollten Umfang und Grenzen des angestrebten Projektes klar definiert und mit allen Beteiligten kommuniziert werden. Analog hierzu sollten auch Projektziele möglichst eindeutig, verständlich und überprüfbar definiert und formuliert werden. Gleiches gilt auch für die Planung der Prozessabläufe im MES (Soll-Prozesse). Diese Prozesse sind integraler Bestandteil bei der Implementierung und Einführung des Systems und sollten entsprechend früh ermittelt werden. Relevant im Kontext des Einführungsprojektes ist ebenfalls die Erfahrung der Beteiligten im Bereich des Projektmanagements. Vorhandene Erfahrungen, etablierte Strukturen und Prozesse im Projektmanagement fördern den erfolgreichen Abschluss des Projektes. Des Weiteren ist die Erstellung eines Schulungskonzeptes vor Beginn des Einführungsprojektes ratsam, da auf diese Weise eine verzögerungsfreier Wissenstransfer an alle Systemnutzer gewährleistet werden kann. Auch ein Datensicherheitskonzept insbesondere bezüglich der Zugriffsrechte und Verantwortlichkeiten für verschiedene MES-Funktionalitäten sollte vor dem Beginn des Einführungsprojektes gegeben sein. Die Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen ist eine weitere Anforderung an die Vorbereitung einer MES-Einführung. Zu klären ist insbesondere, ob der geplante MES-Einsatz mit Datenschutzbestimmungen oder weiteren rechtlichen Anforderungen vereinbar ist. Abhängig von der vorhandenen IT-Landschaft im Unternehmen kann auch die Anforderung an ein funktionierendes Störungsmanagement ein kritischer Faktor

für eine MES-Einführung sein. Prozesse zur Meldung und Behebung von Störungen sind für den effizienten Einsatz des MES im Unternehmen unverzichtbar. Weitere Aspekte im Bereich der organisatorischen Prozesse sind die Prüfung von laufenden Wartungsverträgen für vorhandene Systeme, welche durch das MES abgelöst werden sollen und die Prüfung des Versicherungsschutzes und die Auswirkungen einer, durch die Einführung des MES, veränderten Systemlandschaft auf diesen. Im Bereich der wertschöpfenden Prozesse ist ein zentraler Aspekt die Qualität der Datenaufnahme. Hierbei wird das etablierte Vorgehen zur Aufnahme von Daten betrachtet und auf etwaige Inkonsistenzen untersucht. Eine weitere Anforderung ist die Flexibilität der Strukturen. Bei der Einführung eines MES kann es zu Ausfällen und Unterbrechungen in einzelnen Bereichen beispielsweise in der Produktion kommen. Um in diesem Fall die Ausfallzeiten und Kosten so gering wie möglich zu halten, ist eine Übernahme von Prozessschritten oder einzelnen Aufgaben durch andere Bereiche oder Strukturen und damit eine Flexibilität der Strukturen notwendig. Auch eine Bestimmung der Engpassprozesse ist in diesem Kontext sinnvoll, um diese kritischen Bereiche oder Strukturen während der Einführung gesondert berücksichtigen zu können. Die frühzeitige Planung von Arbeitsplätzen und Systemstruktur für die wertschöpfenden Prozesse stellt einen verzögerungsarmen Ablauf der Einführung sicher. Im Bereich der Dokumentationsprozesse ist eine erste zentrale Anforderung die Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte. Nur durch diese Dokumentationen kann sichergestellt werden, dass die systemseitig abgebildeten Arbeitsschritte auch den in der Realität durchgeführten Arbeitsschritten entsprechen. Eine weitere relevante Anforderung in diesem Kontext ist die Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne. Wenn diese digitalen Arbeitspläne vorliegen, können im Regelfall die enthaltenen Informationen aufwandsarm in das MES integriert werden. Für die Umsetzung der relevanten Unternehmensprozesse, für die keine Arbeitspläne vorliegen, ist eine umfassende Dokumentation notwendig, um eine korrekte Abbildung zu gewährleisten.

Ein erstes Ergebnis des zweiten Arbeitspakets ist eine Auflistung der Anforderungen, die eine MES-Einführung an Unternehmen stellt. Tabelle 3 zeigt die resultierende Anforderungsliste mit 42 Anforderungen. Die Darstellung wurde anhand der bereits genannten Gestaltungsfeldern strukturiert. Jeder Anforderung wurde darüber hinaus eine Nummer zur vereinfachten Nachverfolgbarkeit zugeordnet.

Tabelle 3: Identifizierte Anforderungen einer MES-Einführung

Gestaltungsfeld	Nummer	Anforderung
Mensch	1.1	Motivation der Mitarbeiter
	1.2	zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter
	1.3	fachliche Kompetenz der Mitarbeiter
	1.4	Motivation des Projektteams
	1.5	zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams
	1.6	fachliche Kompetenz des Projektteams
	1.7	Unterstützung des Betriebsrates
	1.8	Erfahrung des Projektteams
	1.9	Erstellung eines Lenkungsausschusses
	1.10	Qualifikation des Projektleiters
IT-Infrastruktur	2.1	Kenntnis vorhandener IT-Systeme
	2.2	Quantität der Benutzerschnittstellen
	2.3	Qualität der Benutzerschnittstellen
	2.4	Internetverbindung/ Netzwerk
	2.5	Server
	2.6	Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen
	2.7	Stromversorgung
	2.8	Interner Speicher/ Cloud/ Datenbank
	2.9	Quantität der Maschinenschnittstellen

	2.10	Qualität der Maschinenschnittstellen
Daten	3.1	Qualität der verfügbaren Betriebsdaten
	3.2	Quantität der verfügbaren Betriebsdaten
	3.3	Qualität der verfügbaren Maschinendaten
	3.4	Quantität der verfügbaren Maschinendaten
	3.5	Kompatibilität der vorhandenen Datenformate
Prozesse	4.1	Abgrenzung des Projektumfangs
	4.2	Qualität der Datenaufnahme
	4.3	Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte
	4.4	Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne
	4.5	Dokumentation aller Prozesse
	4.6	Erfahrung im Projektmanagement
	4.7	Flexibilität der Strukturen
	4.8	Definition und Dokumentation der Projektziele für alle beteiligten Bereiche
	4.9	Soll-Prozesse als Zielvorgabe vorhanden
	4.10	Schulungskonzept
	4.11	Datensicherheitskonzept
	4.12	Bestimmung der Engpassprozesse
	4.13	Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen
	4.14	Planung bezüglich Arbeitsplatzanzahl, Systemstruktur
	4.15	Störungsmanagement
	4.16	Laufende Wartungsverträge
	4.17	Versicherungsschutz

In einem weiteren Arbeitsschritt erfolgte die Zuordnung von Anforderungen zu Ausprägungen der MES-Merkmale und Unternehmensmerkmale (AP1). Für diese Zuordnung wurden Abhängigkeiten zwischen den Anforderungen und einzelnen Ausprägungen der MES-Eigenschaften und Unternehmensmerkmale mithilfe von Experteninterviews und Literaturrecherche ermittelt. Unterschieden wurde zwischen positiver Beeinflussung, negativer Beeinflussung und keiner Beeinflussung. Eine positive Beeinflussung liegt vor, wenn eine Anforderung durch eine Ausprägung eines MES- oder Unternehmensmerkmals an Bedeutung für den Erfolg der MES-Einführung gewinnt. Ein Beispiel für eine positive Beeinflussung stellt das Unternehmensmerkmal *Unternehmensgröße* mit der Ausprägung *über 1000 Mitarbeiter* in Kombination mit der Anforderung *Unterstützung des Betriebsrates* dar. Die genannte Anforderung besitzt für ein Unternehmen, welches mehr als 1000 Mitarbeiter beschäftigt besondere Bedeutung, da in einem solchen Unternehmen in der Regel der Betriebsrat einen großen Einfluss auf Prozesse wie eine MES-Einführung besitzt. Eine negative Beeinflussung liegt vor, wenn eine Anforderung durch das Vorliegen einer Ausprägung eines MES- oder Unternehmensmerkmals an Bedeutung für die MES-Einführung verliert. Die Ergebnisse der Zuordnung von Anforderungen zu Ausprägungen der Unternehmensmerkmale und MES-Merkmalen sind in einer Abhängigkeitsmatrix zusammengefasst worden. Ein Beispiel für eine negative Beeinflussung kann am Beispiel des Unternehmensmerkmals *bereits integrierte IT-Systeme* und der Anforderung *Kenntnis vorhandener IT-Systeme* aufgezeigt werden. Nutzt das Unternehmen keine weiteren IT-Systeme, so besitzt die Anforderung *Kenntnis vorhandener IT-Systeme* keine Bedeutung für das Unternehmen. Ein Ausschnitt der resultierenden Abhängigkeitsmatrix wird in Tabelle 4 dargestellt. In der Abhängigkeitsmatrix sind jene Beziehungen zwischen einem MES- oder Unternehmensmerkmal und einer Anforderung, die eine positive Beeinflussung aufweisen mit der Zahl 1 und der Farbe Grün gekennzeichnet. Beziehungen mit einer negativen Beeinflussung sind mit der Zahl -1 und der Farbe Orange gekennzeichnet. Beziehungen ohne eine Beeinflussung werden durch die Zahl 0 und die Farbe grau markiert. Die vollständige Matrix ist in Tabelle 12 bis Tabelle 14 (Anhang) dargestellt.

wahrscheinlichkeit und Schadensausmaß) durch eine übergeordnete Betrachtung des Einflusses einer Anforderung auf die MES-Einführung zur Klassifikation der Anforderung ersetzt. Grund hierfür ist die Abhängigkeit zwischen der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos sowie dessen Schadensausmaßes und den Gegebenheiten im Unternehmen. Diese Gegebenheiten im Unternehmen werden durch die MES- und Unternehmensmerkmale abgebildet, jedoch ist die Analyse von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Ausprägungen von MES- und Unternehmensmerkmalen nicht Bestandteil der Projektbearbeitung. Da die, im Kontext der Risikobewertung, durch den PA als relevant betrachteten Unternehmensgegebenheiten wesentlich von den Wechselwirkungen zwischen MES- und Unternehmensmerkmalen abhängen, wäre die ursprüngliche Art der Risikobetrachtung mit einem überproportionalen Mehraufwand verbunden gewesen. Die Bewertung auf Basis des Einflusses einer Anforderung auf die MES-Einführung kann auf Basis des Erfahrungswissens der PA-Mitglieder ohne zusätzliche Aufwände oder Arbeitsschritte durchgeführt werden und bietet nach Einschätzung des Projektbegleitenden Ausschusses eine ausreichende Grundlage für die Klassifikation der Anforderungen. Ergänzend wurde bei der Klassifikation der Anforderungen auch die Beeinflussbarkeit der Anforderung durch generische Maßnahmen betrachtet. Diese Eigenschaft soll zur Auswahl geeigneter generischer Maßnahmen genutzt werden (AP 4 und 5). Die Klassifikation der Anforderungen wurde in Form einer Umfrage unter den Unternehmen im Projektbegleitenden Ausschuss durchgeführt. Die Ergebnisse der Klassifikation dieser Anforderungen auf Basis des Einflusses sowie der Beeinflussbarkeit werden in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Klassifikation der Anforderungen hinsichtlich des Einflusses auf die MES-Einführung und der Beeinflussbarkeit durch generische Maßnahmen

		Beeinflussbarkeit durch generische Maßnahmen		
		gering	mittel	hoch
Einfluss auf die MES-Einführung	hoch	Erfahrung des Projektteams		Motivation der Mitarbeiter Zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter Fachliche Kompetenz der Mitarbeiter Motivation des Projektteams Zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams Fachliche Kompetenz des Projektteams Qualifikation des Projektleiters Kenntnis vorhandener IT-Systeme Qualität der verfügbaren Betriebsdaten Qualität der verfügbaren Maschinendaten Abgrenzung des Projektumfangs Qualität der Datenaufnahme Soll-Prozesse als Zielvorgabe vorhanden Bestimmung der Engpassprozesse
	mittel	Erstellung eines Lenkungsausschusses	Qualität der Benutzerschnittstellen Qualität der Maschinenschnittstellen Quantität der verfügbaren Betriebsdaten Quantität der verfügbaren Maschinendaten Dokumentation aller Prozesse Erfahrung im Projektmanagement Flexibilität der Strukturen Datensicherheitskonzept Planung bezüglich Arbeitsplatzanzahl/ Systemstruktur Störungsmanagement	Quantität der Benutzerschnittstellen Internetverbindung / Netzwerk Server Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen Interner Speicher / Cloud / Datenbank Kompatibilität der vorhandenen Datenformate Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne Definition und Dokumentation der Projektziele Schulungskonzept Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen
	gering	Laufende Wartungsverträge	Unterstützung des Betriebsrates Stromversorgung Quantität der Maschinenschnittstellen Versicherungsschutz	

Der Einfluss jeder Anforderung auf die MES-Einführung konnte als hoch, mittel und gering beschrieben werden. Analog hierzu konnte auch die Beeinflussbarkeit jeder Anforderung durch generische Maßnahmen mit hoch, mittel und gering bewertet werden. Nachfolgend wird die Klassifikation beispielhaft für die Anforderung *Abgrenzung des Projektumfangs* beschrieben. Der Einfluss der Anforderung auf die MES-Einführung wurde von einer Mehrheit der Befragten als hoch bewertet, da eine fehlende Abgrenzung zu zahlreichen Komplikationen im Projektverlauf (z. B. Verzögerungen durch zusätzliche Programmierungen) führen kann. Gleichzeitig kann die Erfüllung dieser Anforderung gut durch generische Maßnahmen beeinflusst werden. So kann mithilfe von Workshops und frühzeitigen Absprachen eine vollständige Projektabgrenzung vor Beginn des Projektes sichergestellt werden. Die Beeinflussbarkeit wird folglich ebenfalls als hoch eingeschätzt.

Die Ergebnisse aller Arbeitsschritte in Arbeitspaket 2 wurden in einem Anforderungskatalog zusammengefasst. Dieser Anforderungskatalog wurde um die Ergebnisse der nachfolgenden Arbeitspakete jeweils nach Abschluss eines Arbeitspaketes erweitert.

4.3. Reifegradmodell zur Bestimmung der MES-Readiness

Ziel des dritten Arbeitspaketes ist die Entwicklung eines Reifegradmodells zur Bestimmung der MES-Readiness. Die Entwicklung erfolgte in drei Arbeitsschritten. Im ersten Arbeitsschritt wurden die Anforderungen zu Prozessgebieten zusammengefasst und für jede Anforderung Fähigkeitsgrade zur Beschreibung der Anforderungserfüllung definiert. Die 42 ermittelten Anforderungen wurden auf Basis inhaltlicher Ähnlichkeiten in 14 Prozessgebiete unterteilt. Das Gestaltungsfeld *Mensch* setzt sich aus den vier Prozessgebieten *Mitarbeiter*, *Projektteam*, *Betriebsrat* und *Lenkungsausschuss* zusammen. Das Gestaltungsfeld *IT* besteht aus den vier Prozessgebieten *Softwarelandschaft*, *Benutzerschnittstellen*, *Maschinenschnittstellen* und *weitere Infrastruktur*. Das Gestaltungsfeld *Daten* umfasst die drei Prozessgebiete *Betriebsdaten*, *Maschinendaten* und *Datenformate*. Das Gestaltungsfeld *Prozesse* beinhaltet die drei Prozessgebiete *Organisation*, *Wertschöpfung* und *Dokumentation*. In Tabelle 6 wird die Zuordnung der Anforderungen zu den einzelnen Prozessgebieten dargestellt.

Tabelle 6: Zuordnung der Anforderungen einer MES-Einführung zu Prozessgebiete

Gestaltungsfeld	Prozessgebiet	Nummer	Anforderung
Mensch	Mitarbeiter	1.1	Motivation der Mitarbeiter
		1.2	zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter
		1.3	fachliche Kompetenz der Mitarbeiter
	Projektteam	1.4	Motivation des Projektteams
		1.5	zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams
		1.6	fachliche Kompetenz des Projektteams
		1.8	Erfahrung des Projektteams
		1.10	Qualifikation des Projektleiters
	Betriebsrat	1.7	Unterstützung des Betriebsrates
Lenkungsausschuss	1.9	Erstellung eines Lenkungsausschusses	
IT-Infrastruktur	Softwarelandschaft	2.1	Kenntnis vorhandener IT-Systeme
	Benutzerschnittstellen	2.2	Quantität der Benutzerschnittstellen
		2.3	Qualität der Benutzerschnittstellen
	Weitere Infrastruktur	2.4	Internetverbindung/ Netzwerk
		2.5	Server
		2.6	Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen
		2.7	Stromversorgung
		2.8	Interner Speicher/ Cloud/ Datenbank
	Maschinenschnittstellen	2.9	Quantität der Maschinenschnittstellen
		2.10	Qualität der Maschinenschnittstellen
Daten	Betriebsdaten	3.1	Qualität der verfügbaren Betriebsdaten
		3.2	Quantität der verfügbaren Betriebsdaten
	Maschinendaten	3.3	Qualität der verfügbaren Maschinendaten
		3.4	Quantität der verfügbaren Maschinendaten
	Datenformate	3.5	Kompatibilität der vorhandenen Datenformate
Prozesse	Organisation	4.1	Abgrenzung des Projektumfangs

		4.6	Erfahrung im Projektmanagement
		4.8	Definition und Dokumentation der Projektziele für alle beteiligten Bereiche
		4.9	Soll-Prozesse als Zielvorgabe vorhanden
		4.10	Schulungskonzept
		4.11	Datensicherheitskonzept
		4.13	Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen
		4.15	Störungsmanagement
		4.16	Laufende Wartungsverträge
		4.17	Versicherungsschutz
	Wertschöpfung	4.2	Qualität der Datenaufnahme
		4.7	Flexibilität der Strukturen
		4.12	Bestimmung der Engpassprozesse
		4.14	Planung bezüglich Arbeitsplatzanzahl, Systemstruktur
	Dokumentation	4.3	Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte
		4.4	Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne
		4.5	Dokumentation aller Prozesse

Zur Beschreibung der Erfüllung jeder Anforderung durch ein Unternehmen wurden vier Fähigkeitsgrade (FG) definiert. Die anforderungsspezifische Formulierung der Fähigkeitsgrade erfolgte unter Einbeziehung von Literaturquellen sowie Experteninterviews. Wesentliches Qualitätskriterium an die Gestaltung der Fähigkeitsgrade waren die Formulierung der Anforderungen in einer Weise, dass die Fähigkeitsgrade aufeinander aufbauen. Gleichzeitig sollte eine klare Abgrenzung zwischen den Fähigkeitsgraden möglich sein und die Einordnung eines Unternehmens aufwandsarm (z. B. in Form eines Fragebogens) gewährleistet sein. Das Ergebnis sind die definierten Fähigkeitsgrade (FG). Fähigkeitsgrad 0 beschreibt die geringste Erfüllung der Anforderung während Fähigkeitsgrad 3 die vollständige Erfüllung einer Anforderung beschreibt. In Tabelle 15 (Anhang) werden die formulierten Fähigkeitsgrade für alle Anforderungen zusammengefasst. Tabelle 7 stellt die definierten Fähigkeitsgrade für die Anforderung *Abgrenzung des Projektumfangs* dar.

Tabelle 7: Auszug aus den ermittelten Fähigkeitsgraden für die Anforderung Abgrenzung des Projektumfangs

Abgrenzung des Projektumfangs			
Fähigkeitsgrad 0	Fähigkeitsgrad 1	Fähigkeitsgrad 2	Fähigkeitsgrad 3
Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden nicht definiert und sie wurden nicht mit allen Beteiligten kommuniziert.	Eine grobe Idee für Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden entwickelt. Eine Kommunikation der Ergebnisse mit allen Beteiligten hat noch nicht stattgefunden.	Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden definiert und sie wurden mit allen Beteiligten kommuniziert.	Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden definiert und sie wurden mit allen Beteiligten kommuniziert. Es existiert eine Dokumentation der festgelegten Ziele.

Der niedrigste Fähigkeitsgrad (Fähigkeitsgrad 0) für die Anforderung *Abgrenzung des Projektumfangs* beschreibt das vollständige Fehlen einer Projektbegrenzung. Der höchste Fähigkeitsgrad (Fähigkeitsgrad 3) beschreibt die vollständige Definition der Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes, die Kommunikation der definierten Ziele und Grenzen mit allen Projektbeteiligten sowie die schriftliche Dokumentation der Ergebnisse.

Im zweiten Arbeitsschritt wurden die Reifegrade des Reifegradmodells definiert. Die Definition der Reifegrade wurde mithilfe von Use-Cases unter Einbeziehung des Wissens der Mitglieder des projektgeleitenden Ausschusses vorgenommen. Ergebnis dieses Arbeitsschritts sind die

definierten Reifegrade. Bei der Definition der Reifegrade (RG) diene der erwartete Aufwand bei der MES-Einführung als Maß. Der niedrigste Reifegrad (Reifegrad 1) beschreibt einen deutlich erhöhten Aufwand bei der MES-Einführung im Vergleich zu den höheren Reifegraden. Reifegrad 2 beschreibt ebenfalls einen Mehraufwand bei der MES-Einführung, dieser wird jedoch als geringer im Vergleich zu Reifegrad 1 eingeschätzt. Reifegrad 3 entspricht einer MES-Einführung ohne Mehraufwand und bei Reifegrad 4 ist mit einem Minderaufwand bei der Einführung in Relation zu den niedrigeren Reifegradgraden zu rechnen.

Im dritten Arbeitsschritt erfolgte die Entwicklung der Aggregationslogik unter Berücksichtigung von Mindestfähigkeitsgraden. Zur Entwicklung der Aggregationslogik wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt und die Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitspakete berücksichtigt. Die erste Stufe der Aggregationslogik beschreibt die Zuordnung der Fähigkeitsgrade einer Anforderung zu den Reifegraden. Diese Stufe beinhaltet somit auch die Definition der Mindestfähigkeitsgrade der einzelnen Anforderungen. Die Zuordnung der Fähigkeitsgrade der einzelnen Anforderungen zu den Reifegraden erfolgt auf Basis der Klassifikation der Anforderungen anhand des Einflusses auf die MES-Einführung (AP 2). Diese Zuordnung erfolgte in Zusammenarbeit mit den Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses. Auf diese Weise kann eine Anwendbarkeit der resultierenden Klassifikation auf eine möglichst große Zahl von Unternehmen gewährleistet werden.

Anforderungen mit einem großen Einfluss auf die MES-Einführung (Klasse A) müssen Fähigkeitsgrad 1 erfüllen, damit insgesamt der Reifegrad 2 realisiert werden kann. Anforderungen mit mittlerem Einfluss auf die MES-Einführung (Klasse B) werden für Reifegrad 2 noch nicht berücksichtigt, müssen allerdings Fähigkeitsgrad 1 aufweisen, wenn Reifegrad 3 realisiert werden soll. Anforderungen mit einem geringen Einfluss (Klasse C) werden analog erst ab Reifegrad 3 berücksichtigt. Die zweite Stufe der Aggregationslogik beschreibt die Zusammenführung der Fähigkeitsgrade der einzelnen Anforderungen zu einem Gesamtreifegrad. Der Gesamtreifegrad wird festgelegt durch den minimal erreichten Fähigkeitsgraden. Reifegrad 2 oder ein höherer Reifegrad kann demzufolge nur erreicht werden, wenn für alle Anforderungen der benötigte Fähigkeitsgrad erreicht wurde. Parallel zur Bestimmung des Gesamtreifegrades werden auch die Fähigkeitsgrade der Prozessgebiete ermittelt. Die Berechnung des Fähigkeitsgrades eines Prozessgebiets ergibt sich analog zum Gesamtreifegrad aus dem minimal erreichten Fähigkeitsgrad innerhalb des Prozessgebiets. Die explizite Berechnung der Fähigkeitsgrad auf der Ebene der Prozessgebiete soll den Unternehmen einen ersten Überblick über die Themenfelder geben, welche kritische Faktoren zum Erreichen eines höheren Reifegrades darstellen.

Zusätzlich wurden die Erkenntnisse des AP 3 im existierenden Anforderungskatalog (AP 2) ergänzt. Der resultierende erweiterte Anforderungskatalog wurde durch die Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses geprüft und die Inhalte validiert.

Das wesentliche Ergebnis des dritten Arbeitspaketes ist das resultierende Reifegradmodell. In Tabelle 8 ist ein Auszug des Reifegradmodells für das Gestaltungsfeld Mensch dargestellt. Das vollständige Reifegradmodell ist in Tabelle 16 (Anhang) dargestellt.

Tabelle 8: Auszug des Reifegradmodells für das Gestaltungsfeld Mensch

Prozessfeld / Anforderung	Klassifizierung nach Einfluss auf die Einführung	Fähigkeitsgrad der Anforderung			
		FG 0	FG 1	FG 2	FG 3
Mitarbeiter					
Motivation der Mitarbeiter	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
fachliche Kompetenz der Mitarbeiter	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
Projektteam					
Motivation des Projektteams	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
fachliche Kompetenz des Projektteams	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
Erfahrung des Projektteams	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
Qualifikation des Projektleiters	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
Betriebsrat					
Unterstützung des Betriebsrates	C	RG 1-3	RG 4	RG 4	RG 4
Lenkungsausschuss					
Erstellung eines Lenkungsausschusses	B	RG 1-2	RG 3	RG 4	RG 4

4.4. Generische Maßnahmen zur Erhöhung der MES-Readiness

Ziel des vierten Arbeitspakets ist die Definition von generischen Maßnahmen zur Verbesserung der Erfüllung spezifischer Anforderungen, woraus eine Erhöhung der MES-Readiness resultieren soll. Die Ableitung und Definition von generischen Maßnahmen erfolgten in Form eines Workshops mit den Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses. Für jede Anforderung wurde mindestens eine generische Maßnahme zur Verbesserung der Anforderungserfüllung definiert. Unterschieden werden muss hierbei zwischen konkreten Verbesserungsmaßnahmen (z. B. *Durchführung von Teambuilding-Maßnahmen*) und allgemeinen Handlungsempfehlungen (z. B: *Leistungs- und Teamverhalten gezielt fördern*). Während die Verbesserungsmaßnahmen konkrete und messbare Aktionen zur Fähigkeitsgradverbesserung vorschlagen, stellen die allgemeinen Handlungsempfehlungen grundlegende Verhaltens- oder Vorgehensvorschläge dar, die unabhängig von der Umsetzung der konkreten Verbesserungsmaßnahmen zu einer Erhöhung der Fähigkeitsgrades beitragen. Ergänzt wurden diese Maßnahmen durch Verknüpfungen zu weiterführenden Informationen wie Normen, ergänzender Literatur oder Praxisbeispielen. Sämtliche definierten Maßnahmen wurden in einem Maßnahmenkatalog zusammengefasst. Zusätzlich wurden die Erkenntnisse des vierten Arbeitspakets im vorhandenen Anforderungskatalog ergänzt. Ergebnis des vierten Arbeitspakets ist der Maßnahmenkatalog mit den entwickelten Maßnahmen sowie den zugehörigen Kennzahlen. Tabelle 9 zeigt exemplarisch die Maßnahmen für ausgewählte Anforderungen.

Tabelle 9: Auszug aus dem Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der Fähigkeitsgrade ausgewählter Anforderungen

Anforderung	Abgrenzung des Projektumfangs	Störungsmanagement	Motivation des Projektteams
Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> Frühzeitige Projektbegrenzung durchführen Projektbegrenzung mit allen Beteiligten kommunizieren Kriterien für einen potenziellen Projektabbruch festlegen 	<ul style="list-style-type: none"> Definition von Prozessen und Verantwortlichkeiten für das Störungsmanagement Bestimmung potenzieller Worst-Case-Szenarien und Identifikation von Maßnahmen zu deren Bewältigung (Disaster-Recovery-Plan) Ausführliche Prüfung des Service-Level-Agreements des MES-Anbieters (insbesondere Antwortzeiten, zugesicherte System-Verfügbarkeit) 	<ul style="list-style-type: none"> selbstbestimmte Arbeit des Projektteams ermöglichen Leistungs- und Teamverhalten gezielt fördern Persönliche Erfolge im Kontext des Einführungsprojektes ermöglichen

Als Maßnahmen zur Verbesserung der Erfüllung der Anforderung *Abgrenzung des Projektumfangs* werden in Tabelle 9 die frühzeitige Durchführung einer Projektbegrenzung in Form eines Workshops, eine frühzeitige Kommunikation der Projektbegrenzung mit allen Beteiligten

sowie die Festlegung von Kriterien für einen potenziellen Projektabbruch genannt. In Tabelle 17 (Anhang) wird der vollständige Maßnahmenkatalog dargestellt.

4.5. Instrument zur Planung und Überwachung der MES-Readiness

Ziel des fünften Arbeitspaketes ist die Zusammenführung der Ergebnisse in einem Instrument zur Planung und Überwachung der MES-Readiness. In einem ersten Arbeitsschritt wurde zu diesem Zweck ein Fragenkatalog entwickelt, mit welchem die im Unternehmen vorhandene Erfüllung ermittelt werden kann. Der Fragenkatalog setzt sich aus einer Frage pro Anforderung zusammen. Als mögliche Antworten auf die Fragen werden, die in AP 3 formulierten, Fähigkeitsgrade der einzelnen Anforderungen verwendet. Durch die Möglichkeit einer differenzierten Beschreibung der Gegebenheiten im Unternehmen anhand der vier Fähigkeitsgrade wird gewährleistet, dass eine möglichst große Zahl verschiedener Unternehmen mit abweichenden Merkmalen berücksichtigt werden kann. Rückschlüsse auf den Gesamtfähigkeitsgrad eines Prozessgebietes kann durch die Zusammenfassung der Fähigkeitsgrade der einzelnen, in diesem Prozessgebiet enthaltenen, Anforderungen gezogen werden. Der Fragenkatalog ist in Tabelle 18 (Anhang) dargestellt. Die Erkenntnisse dieses Arbeitsschrittes wurden im vorhandenen Anforderungskatalog ergänzt.

Der zweite Arbeitsschritt in diesem Arbeitspaket beinhaltet die Definition von Kennzahlen zur Umsetzung der Maßnahmen zur Verbesserung der MES-Readiness. Da die Formulierung von Maßnahmen zur Verbesserung der MES-Readiness auf die Verbesserung des Fähigkeitsgrades einer spezifischen Anforderung zielen, wurden auch die Kennzahlen zur Umsetzung der Maßnahmen anforderungsspezifisch formuliert. Zu berücksichtigen ist an dieser Stelle die in Abschnitt 4.4 beschriebene Unterscheidung zwischen konkreten Verbesserungsmaßnahmen (z. B. *Durchführung von Teambuilding-Maßnahmen*) und allgemeinen Handlungsempfehlungen (z. B. *Leistungs- und Teamverhalten gezielt fördern*). Während die Umsetzung von konkreten Verbesserungsmaßnahmen mithilfe von Kennzahlen überwacht werden kann (z. B. *Anzahl der durchgeführten Teambuilding-Maßnahmen*) ist dies bei allgemeinen Handlungsempfehlungen nicht der Fall. Die als allgemeine Handlungsempfehlungen formulierten Verhaltens- oder Vorgehensvorschläge können nicht mit Kennzahlen erfasst werden, tragen jedoch ebenso wie die Umsetzung von konkreten Verbesserungsmaßnahmen zur Erhöhung eines Fähigkeitsgrades bei. Die Definition von Kennzahlen zur Umsetzung der Maßnahmen beschränkt sich folglich auf die konkreten Verbesserungsmaßnahmen. In Absprache mit dem Projektbegleitenden Ausschuss wurden die Kennzahlen zur Verbesserung der MES-Readiness im Rahmen der konkreten Verbesserungsmaßnahmen allgemein formuliert. Auf die Definition von konkreten Zahlenwerten sowie deren Verknüpfung mit Fähigkeitsgraden wurde verzichtet, da diese von Faktoren beeinflusst werden, welche im Rahmen dieses Forschungsprojektes nicht betrachtet wurden. Beispiele für diese Faktoren sind Wechselwirkungen zwischen MES- und Unternehmensmerkmalen, welche die Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen beeinflussen (z. B. MES-Anbieter ist ebenfalls ERP-Anbieter und das Unternehmen nutzt bereits das angebotene ERP, weshalb weniger Schulungen zur Erhöhung der fachlichen Kompetenz der Mitarbeiter notwendig sind) oder die Wechselwirkungen zwischen Anforderungen, die die Notwendigkeit von Verbesserungsmaßnahmen beeinflussen (z. B. Steigerung der Anforderung Motivation der Mitarbeit durch Maßnahmen zur Verbesserung der fachlichen Kompetenz der Mitarbeiter). Die definierten Kennzahlen sind in Tabelle 17 (Anhang) dargestellt.

Die Zusammenführung der Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitspakete unter Ergänzung des Fragenkatalogs sowie der Kennzahlen ergab das Instrument zur Überwachung und Verbesserung der MES-Readiness. Unternehmen sollen nach der Umsetzung dieses Instruments im Rahmen des Softwaredemonstrator die Möglichkeit haben, durch wiederholte Anwendung des Instruments den unternehmensindividuellen Prozess zur Verbesserung der MES-Readiness zu überwachen.

4.6. Softwaredemonstrator

Ziel des sechsten Arbeitspakets ist die Erstellung und Validierung eines Softwaredemonstrators. In diesem Softwaredemonstrator wurden alle erarbeiteten Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitspakete zusammengefasst und so die Anwendung der Projektergebnisse in Unternehmen ermöglicht. Der Softwaredemonstrator setzt sich aus den fünf Komponenten Startseite, Abfrage der MES-Merkmale und Unternehmensmerkmale, Fragebogen zur Bestimmung der Fähigkeitsgrade, Auswertung und abgeleitete Maßnahmen zusammen.

Auf der Startseite des Softwaredemonstrators finden sich allgemeine Informationen zum Forschungsprojekt sowie zu Aufbau und Funktionsweise des Softwaredemonstrators.

Die Abfrage der MES-Merkmale und Unternehmensmerkmale bietet Unternehmen einerseits die Möglichkeit, ihre individuellen Gegebenheiten (z. B. Unternehmensgröße, Produktionsanordnung) bei der Bestimmung der MES-Readiness zu berücksichtigen. Andererseits kann das Unternehmen die Merkmale des ausgewählten MES (z. B. Funktionalitäten, Schnittstellen) angeben. Grundlage für diese Abfrage bilden die in AP1 identifizierten MES- und Unternehmensmerkmale. Bild 1 zeigt einen Auszug der Abfrage der Unternehmensmerkmale im Softwaredemonstrator, während Bild 2 einen Auszug der Abfrage der MES-Merkmale darstellt.

MES-Readiness-Check



Fragebogen zur Ermittlung der Unternehmensmerkmale

In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?	<input type="text"/>	bitte auswählen:
Wie viele Mitarbeiter arbeiten in Ihrem Unternehmen?	<input type="text"/>	
An wie vielen Standorten ist Ihr Unternehmen tätig?	<input type="text"/>	
Wie hoch ist Ihr Budget für das MES-Einführungsprojekt?	<input type="text"/>	
Welche IT-Systeme werden bereits eingesetzt?	<input type="text"/>	
Wie hoch ist der Spezialisierungsgrad der bei Ihnen eingesetzten Elementarfaktoren?	<input type="text"/>	

Bild 1: Auszug der Abfrage der Unternehmensmerkmale im Softwaredemonstrator

MES-Readiness-Check



Fragebogen zur Ermittlung der MES-Merkmale

In welchen Funktionsbereichen soll das MES gesetzt werden?	<input type="text"/>	bitte auswählen: Mehrfachauswahl möglich
Welche Funktionalitäten im Bereich Produktionsplanung werden benötigt?	<input type="text"/>	Mehrfachauswahl möglich
Welche Funktionalitäten im Bereich Produktionssteuerung werden benötigt?	<input type="text"/>	Mehrfachauswahl möglich
Von welchem Herstellertypen wird das MES angeboten?	<input type="text"/>	
Weist das MES einen Branchenfokus auf?	<input type="text"/>	
Welche Branchen werden durch das MES abgedeckt?	<input type="text"/>	Mehrfachauswahl möglich
Nach welchem Aufbauprinzip ist das MES strukturiert?	<input type="text"/>	
Welche ERP-Schnittstellen werden durch das MES bereitgestellt?	<input type="text"/>	Mehrfachauswahl möglich
Welche Shopfloor-Schnittstellen werden durch das MES bereitgestellt?	<input type="text"/>	Mehrfachauswahl möglich

Bild 2: Auszug der Abfrage der MES-Merkmale im Softwaredemonstrator

Der Fragebogen zur Bestimmung der Fähigkeitsgrade dient der Identifikation der im Unternehmen vorhandenen Fähigkeitsgrade. Zu diesem Zweck wurde, der in AP5 erstellte, Fragenkatalog in den Fragebogen des Softwaredemonstrators überführt. Bild 3 zeigt einen Auszug der resultierenden Abfrage im Softwaredemonstrator.

MES-Readiness-Check

Fragebogen zur Ermittlung der vorliegenden Fähigkeitsgrade



Wie würden Sie die Gegebenheiten in Ihrem Unternehmen beschreiben? Bitte wählen sie zu jeder Anforderung die Antwort aus, welche die Gegebenheiten in Ihrem Unternehmen am treffendsten beschreibt.

Gestaltungsfeld Mensch:	Bitte auswählen
Motivation der Mitarbeiter	
zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter	
fachliche Kompetenz der Mitarbeiter	
Motivation des Projektteams	
zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams	
fachliche Kompetenz des Projektteams	
Unterstützung des Betriebsrates	
Erfahrung des Projektteams	
Erstellung eines Lenkungsausschusses	
Qualifikation des Projektleiters	

Bild 3: Ausschnitt der Abfrage zur Bestimmung der Fähigkeitsgrade im Softwaredemonstrator

Im Rahmen der Auswertung werden die Ergebnisse der Abfrage der MES- und Unternehmensmerkmale sowie des Fragebogens zur Bestimmung der Fähigkeitsgrade zusammengefasst und auf dieser Grundlage die MES-Readiness des Unternehmens bestimmt. Wesentliche Werkzeuge zur Bestimmung der MES-Readiness sind neben dem Reifegradmodell (AP3) auch die Abhängigkeitsmatrix zur Beschreibung von Abhängigkeiten zwischen MES- und Unternehmensmerkmalen und den Anforderungen (AP2) sowie die weiteren Ergebnisse aus AP3. Das Ergebnis dieser Berechnung wird dem Anwender im Softwaredemonstrator angezeigt. Neben dem resultierenden Grad der MES-Readiness werden zusätzlich die Ergebnisse der einzelnen Prozessgebiete angezeigt sowie die Anforderungen, deren erreichter Fähigkeitsgrad eine höhere MES-Readiness verhindert.

Im letzten Schritt werden dem anwendenden Unternehmen Maßnahmen zur Verbesserung der MES-Readiness vorgeschlagen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen beziehen sich hierbei auf die Anforderungen, deren erreichter Fähigkeitsgrad eine höhere MES-Readiness verhindert. Grundlage für die vorgeschlagenen Maßnahmen stellen die Ergebnisse des AP4 insbesondere der Maßnahmenkatalog dar. Bild 4 stellt die Ergebnisdarstellung im Softwaredemonstrator anhand eines Beispiels dar.

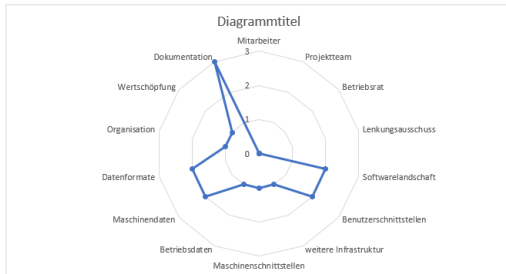
Ergebnis MES-Readiness-Check



Gesamtergebnis Reifegrad

1

erzielte Fähigkeitsgrade nach Prozessgebieten



Handlungsempfehlungen

nachfolgende Handlungsempfehlungen können zu einer Verbesserung der MES-Readiness beitragen

- Durchführung von Workshops zur Information der Mitarbeiter
- Teilnahme an Schulungen für möglichst viele Mitarbeiter ermöglichen
- Berücksichtigung der fachlichen Kompetenz bei der Auswahl der Projektteam-Mitglieder
- Frühzeitige Absprache (inklusive umfassende Vorstellung des Projektes) mit dem Betriebsrat
- Berücksichtigung unterschiedlicher Rollen bei der Zusammenstellung des Projektteams
- Sensibilisierung der Mitglieder des Lenkungsausschusses für Projektziele und Herausforderungen

Bild 4: Ergebnisdarstellung im Softwaredemonstrator

Der erstellte Softwaredemonstrator wurde durch die Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses anhand realer Einführungsprojekte und Erfahrungen erprobt und validiert. Daraus resultierende Verbesserungsvorschläge der Unternehmen wurden bei der anschließenden Überarbeitung des Softwaredemonstrators berücksichtigt.

4.7. Ergebnisdokumentation und Veröffentlichung

Während der Projektlaufzeit wurden die erzielten Projektergebnisse dokumentiert und veröffentlicht. Neben Artikeln in Fachzeitschriften diente die Vorstellung auf unterschiedlichen Veranstaltungen der Veröffentlichung der Projektergebnisse. Eine umfassende Dokumentation in Form eines Anforderungskatalogs (Anhang 12.5) unterstützt die Anwendung des Softwaredemonstrators und hilft damit bei der Verbreitung der Ergebnisse über den Projektbegleitenden Ausschuss hinaus. Eine Auflistung der Veröffentlichungen sowie der Transfermaßnahmen ist in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zu finden.

5. Verwendung der Zuwendung

- wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)
 - 1 wissenschaftlicher Mitarbeiter (HPA A) mit besonderen Kenntnissen im Bereich MES für 18,5 Monate
 - 1 wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter (HPA A) mit langjähriger Erfahrung im Bereich der Softwareentwicklung für 8,8 Monate
- Hilfskräfte (Einzelansatz A.3 des Finanzierungsplans)
 - Wissenschaftliche Hilfskräfte (HPA F) als Unterstützung bei der Projektbearbeitung für 1960 Stunden
- Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)
 - Keine Geräte angeschafft
- Leistung dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans)
 - Keine Leistung Dritter in Anspruch genommen

6. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Im Austausch mit Unternehmen wurde deutlich, dass KMU häufig notwendige Informationen für eine erfolgreiche MES-Einführung fehlen. Insbesondere existieren keine Möglichkeiten für Unternehmen, sich über die Anforderungen, welche eine MES-Einführung an sie stellt, zu informieren. Die *Notwendigkeit* der geleisteten Arbeit begründet sich durch ihre hohe Praxisrelevanz und dem Fehlen wissenschaftlicher Ansätze zur Unterstützung der Unternehmen. Das Schließen der bestehenden Forschungslücke erforderte den im Arbeitsplan des bewilligten Forschungsantrags veranschlagten Aufwand.

Die *Angemessenheit* der einzelnen Arbeitsschritte ergibt sich aus der sachgemäßen und gründlichen Bearbeitung der Teilschritte, die zur Erreichung der gesetzten Teilziele führte. Hierfür war neben einer Vielzahl wissenschaftlicher Methoden insbesondere ein intensiver Austausch mit Praxispartnern aus der produzierenden Industrie sowie mit Anbietern von produktionsnahen Softwarelösungen notwendig. Eine Aufbereitung der jeweiligen Teilergebnisse einzelner Arbeitsschritte war notwendig, um den Ergebnistransfer in die Wirtschaft sicherzustellen und eine direkte Berücksichtigung von Rückmeldungen zu ermöglichen. Die geleistete Arbeit entspricht dem begutachteten sowie bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

7. Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen

Durch die Nutzung der Projektergebnisse in Unternehmen können unmittelbar der Aufwand, also die Zeitdauer und die entstehenden Kosten vor, während und nach der MES-Einführung reduziert werden. KMU werden dabei unterstützt, den für sie notwendigen Grad an Vorbereitung in einzelnen Bereichen zu bestimmen, sodass unnötiger Vorbereitungsaufwand vermieden werden kann. Die Gefahr von Fehlinvestitionen und des Abbruchs einer MES-Einführung wird so gesenkt.

Infolge der Projektergebnisse wird sich mittelbar die Anzahl der MES-Einführung bei KMU erhöhen. Hierdurch wird die Planung und Steuerung der Produktion effizienter und die logistische Zielerreichung (bspw. Termintreue, Durchlaufzeit) der KMU kann erhöht werden, wodurch eine Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit resultiert. Durch die Verwendung eines MES können mittelbar Planungs- und Durchlaufzeiten verkürzt und dadurch einmalig monetäre Einsparungen von mehr als 500.000 Euro erzielt werden [Kle15]. Durch die Reduzierung der indirekten Wertschöpfung können zudem der Verwaltungsaufwand um ein Drittel reduziert werden [Kle15]. Weiterhin erlangen KMU eine Voraussetzung für die Verwendung von Industrie 4.0-Technologien wie Datenbrillen oder cyberphysischen Systemen.

Der im Forschungsvorhaben entwickelte Softwaredemonstrator gewährleistet eine aufwandsarme Nutzung der Ergebnisse und kann darüber hinaus als Ausgangspunkt für weiterführende Entwicklungsleistungen verwendet werden. Die umgesetzten sowie noch folgenden Transfermaßnahmen fördern hierbei die Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse. Insbesondere die entstandenen Publikationen sowie die Verbreitung der Ergebnisse auf Informationsveranstaltungen adressieren hierbei einen großen potenziellen Nutzerkreis. Die Relevanz der erarbeiteten Lösung sowie der zugrundeliegenden Problemstellung wurde auch im Rahmen studentischer Arbeiten hervorgehoben. Dadurch ergibt sich durch die Umsetzung der Ergebnisse ein mittelbarer Nutzen.

Durch die Zusammenarbeit mit dem Projektbegleitenden Ausschuss konnte der Nutzen der entwickelten Methode sichergestellt werden. Gleichzeitig sind gesammelte Erkenntnisse und Rückmeldungen direkt in die Anpassung der Methode geflossen, wodurch ihr praktischer Nutzen erhöht werden konnte.

8. Veröffentlichungen und Transfermaßnahmen

Während der Projektlaufzeit wurden bereits erste Maßnahmen zum Ergebnistransfer durchgeführt. Nach dem Ende der Projektlaufzeit sind weitere Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse sowie für den Transfer der Ergebnisse in die praktische Anwendung geplant. Zentrales Element des Wissenstransfers ist der Austausch zwischen der Forschungsstelle und den Unternehmen des PA sowie weiteren interessierten Unternehmen. Durch diesen Austausch kann die praktische Umsetzbarkeit der Ergebnisse gewährleistet werden. Der PA setzte sich aus produzierenden Unternehmen und Anbietern von MES-Lösungen zusammen. Die durchgeführten und weiterführend geplanten Transfermaßnahmen werden in den Tabelle 10 und Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 10: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft (spezifisch durchgeführte Transfermaßnahmen)

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahmen	Zeitraum
Versorgung der interessierten Fachöffentlichkeit, im besonderen KMU, mit Informationen	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Einrichtung einer Projekthomepage: http://mes-ready.iph-hannover.de	10/2020
		Pressemitteilung zum Projektbeginn: „Produktion im Blick: Ist mein Unternehmen bereit für die MES-Einführung?“	11/2020
		Veröffentlichung: Namneck, A.; Böning, C.; Stonis, M.: Reifegradbasierte Bewertung der Anforderungen einer erfolgreichen MES-Einführung In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 116 Jg. (2021), H. 3	03/2021
		Veröffentlichung: Namneck, A.; Böning, C.; Stonis, M.; Nyhuis, P.: Bereit für die MES-Einführung In: VDI-Z	12/2021
Projektbegleitender Ausschuss	Unmittelbarer Ergebnistransfer in die Wirtschaft, Erfahrungsaustausch	Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses: Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse aus AP 1 und AP2; Bewertung der Relevanz von MES-Merkmalen und Unternehmensmerkmalen, Identifikation von Anforderungen einer MES-Einführung	04/2021
		Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses: Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse aus AP 3 und AP4; Validierung des Reifegradmodells, Identifikation von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der MES-Readiness	03/2022
		Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses: Vorstellung und Diskussion des Softwaredemonstrators	09/2022
		Arbeitstreffen mit Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses: Diskussion der Projektergebnisse, Validierung des Anforderungskatalogs	gesamte Projektlaufzeit

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahmen	Zeitraum
Ansprache potenziell interessierter Unternehmen außerhalb des PA	Gewinnung für die Teilnahme am PA und unmittelbarer Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Vorstellung der Projektziele und erzielter Ergebnisse bei interessierten Unternehmen vor Ort sowie fermündlich	gesamte Projektlaufzeit
Akademische Lehre und berufliche Weiterbildung	Qualifizierung von Studenten	Anstellung von studentischen Hilfskräften	seit 07/2020
		Betreuung der Bachelorarbeit: „Entwicklung einer Methode zur Klassifizierung von MES auf Grundlage von Anwenderspezifika und MES-Merkmalen“	05/2020 – 08/2020
		Betreuung der Masterarbeit: „Entwicklung einer Methode zur Bestimmung der unternehmensspezifischen Anforderungen einer MES-Einführung“	02/2021-07/2021
		Betreuung der Studienarbeit: „Entwicklung einer Methode zur Klassifikation der Anforderungen einer MES-Einführung“	02/2021-05/2021
		Betreuung der Bachelorarbeit: „Methodische Analyse der Abhängigkeiten zwischen unternehmensindividuellen Anforderungen einer MES-Einführung und den Eigenschaften verschiedener MES“	05/2021-07/2021
		Betreuung der Bachelorarbeit: „Entwicklung einer Methode zur Bewertung des Einflusses unternehmensspezifischer Merkmale auf die Anforderungen einer MES-Einführung“	05/2021-07/2021
		Betreuung der Masterarbeit: „Entwicklung einer Methode zur Unternehmensprozessanalyse hinsichtlich der Anforderungen einer MES-Einführung in Produktionsunternehmen“	03/2021-10/2021
		Betreuung der Studienarbeit: „Einführung von IT-Systemen in Unternehmen: Methodische Untersuchung der Herausforderungen und Bedingungen einer erfolgreichen MES-Einführung“	07/2021-10/2021

Tabelle 11: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft (spezifisch geplante Transfermaßnahmen)

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahmen	Zeitraum
Projektbegleitender Ausschuss	Unmittelbarer Ergebnistransfer in die Wirtschaft, Erfahrungsaustausch	Durchführung von weiteren Validierungen zur Weiterentwicklung des Softwaredemonstrators	11/2022 ff.
Versorgung der interessierten Fachöffentlichkeit, im besonderen	Ergebnistransfer in die Wirtschaft und Wissenschaft	Pressemitteilung zum Projektende	10/2022
		Vorstellung der Projektziele und erzielter Ergebnisse bei interessierten Unternehmen vor Ort sowie fermündlich	11/2022 ff.

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahmen	Zeitraum
KMU, mit Informationen		Veröffentlichung weiterer Beiträge in Fachzeitschriften - Ableitung und Gewichtung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der MES-Readiness - Vorstellung des Softwaredemonstrators	11/2022
Weiterbildung	Akademische Ausbildung	Integration in den Vorlesungsbetrieb der Universität Hannover, bspw. in die Vorlesung Fabrikplanung des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik	04/2023 ff.
		Verwendung der Projektinhalte zur Erstellung einer Dissertation	11/2022 ff.
		Aufnahme von Projektinhalten in das Seminarprogramm des IPH	11/2022 ff.
	Qualifizierung von KMU	Test des Softwaredemonstrators durch weitere Unternehmen	11/2022 ff.
weitere Transfermaßnahmen	Unmittelbarer Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Beratungsangebote des IPH an interessierte KMU	11/2022 ff.
	Nutzung der erzielten Projektergebnisse für Transferprojekte	Präsentation der Projektergebnisse auf Fachmessen (z.B. Hannover Messe)	11/2022 ff.

9. Einschätzung der Realisierbarkeit der geplanten Maßnahmen

Die entwickelte Methode zur Bestimmung und Verbesserung der MES-Readiness bietet KMU die Möglichkeit aufwandsarm und ohne zusätzliches Expertenwissen ihre bestehenden Gegebenheiten hinsichtlich einer geplanten MES-Einführung zu prüfen und gezielte Maßnahmen zur Verbesserung dieser Gegebenheiten zu ergreifen. Die Umsetzung der Methode in Form eines Softwaredemonstrators mittels einer Standard-Software (Microsoft Excel) gewährleistet eine einfache und nutzerfreundliche Anwendung der Methode. Es sind keine weiteren Investitionen (z. B. Softwarelizenzen, Beratungsdienstleistungen) zur Nutzung der Methode notwendig. Dies fördert die Anwendung der Methode insbesondere in KMU mit begrenzten Ressourcen. Alle Angaben, die zur Nutzung der Methode benötigt werden, sind im Unternehmen ohnehin vorhanden oder werden im Rahmen der Vorbereitung einer MES-Einführung unabhängig von der Nutzung der Methode erfasst. Der Zeitaufwand zur Nutzung der Methode ist gering. Durch die mehrfache Nutzung der Methode in gewissen zeitlichen Abständen oder nach der Umsetzung von Handlungsempfehlungen kann neben der bestehenden MES-Readiness auch die Verbesserung der MES-Readiness überwacht werden.

10. Durchführende Forschungsstelle

Das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH ist eine gemeinnützige Forschungseinrichtung, die eng mit der Universität Hannover kooperiert. Die Gesellschafter des IPH, Prof. Behrens, Prof. Overmeyer und Prof. Nyhuis, sind gleichermaßen Inhaber produktionstechnischer Lehrstühle an der Universität Hannover. Die Gliederung des IPH in die drei Abteilungen „Prozesstechnik“, „Produktionsautomatisierung“ und „Logistik“ spiegelt die Ausrichtung dieser Lehrstühle wider.

Während die universitären Mutterinstitute des IPH hauptsächlich den Bereich der Grundlagenforschung abdecken, widmet sich das IPH hauptsächlich der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung. Das IPH wurde 1988 mit Unterstützung des niedersächsischen Wirtschaftsministeriums gegründet und ist besonders der technologischen Förderung mittelständischer Industriebetriebe verpflichtet. Der Technologietransfer von der Universität in die Industrie erfolgt dabei hauptsächlich über gemeinsam mit der Industrie durchgeführte, öffentlich geförderte Verbundforschungsprojekte sowie über Fortbildungsseminare und Arbeitskreise für spezielle Zielgruppen aus Industrie und Handel. Darüber hinaus stellt das IPH laufend in einer Vielzahl ausschließlich industriefinanzierter Beratungsprojekte seine Praxisorientierung und Wettbewerbsfähigkeit unter Beweis.

Leiter der Forschungsstelle

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Dr.-Ing. Malte Stonis

Koordinierender Geschäftsführer des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-111

Projektleiter

M. Sc. Antonia Schwich

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Logistik des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

11.Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben 20742 N der Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V. wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Für die Förderung sei an dieser Stelle gedankt.

12.Anhang

12.1. Abhängigkeiten zwischen MES- sowie Unternehmensmerkmalen und den Anforderungen einer MES-Einführung

Tabelle 12: Abhängigkeitsmatrix zur Beschreibung der Abhängigkeiten zwischen den MES-Merkmalen der Bereiche Softwarefunktionalität, Hersteller sowie Zielgruppe und den Anforderungen einer MES-Einführung

ZK	Bereich	Merkmal	Anforderung																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	21.9	22.0	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	23.0	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	24.0	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	24.9	25.0	25.1	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.0	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.8	28.9	29.0	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8	29.9	30.0	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9	31.0	31.1	31.2	31.3	31.4	31.5	31.6	31.7	31.8	31.9	32.0	32.1	32.2	32.3	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	32.9	33.0	33.1	33.2	33.3	33.4	33.5	33.6	33.7	33.8	33.9	34.0	34.1	34.2	34.3	34.4	34.5	34.6	34.7	34.8	34.9	35.0	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	36.0	36.1	36.2	36.3	36.4	36.5	36.6	36.7	36.8	36.9	37.0	37.1	37.2	37.3	37.4	37.5	37.6	37.7	37.8	37.9	38.0	38.1	38.2	38.3	38.4	38.5	38.6	38.7	38.8	38.9	39.0	39.1	39.2	39.3	39.4	39.5	39.6	39.7	39.8	39.9	40.0	40.1	40.2	40.3	40.4	40.5	40.6	40.7	40.8	40.9	41.0	41.1	41.2	41.3	41.4	41.5	41.6	41.7	41.8	41.9	42.0	42.1	42.2	42.3	42.4	42.5	42.6	42.7	42.8	42.9	43.0	43.1	43.2	43.3	43.4	43.5	43.6	43.7	43.8	43.9	44.0	44.1	44.2	44.3	44.4	44.5	44.6	44.7	44.8	44.9	45.0	45.1	45.2	45.3	45.4	45.5	45.6	45.7	45.8	45.9	46.0	46.1	46.2	46.3	46.4	46.5	46.6	46.7	46.8	46.9	47.0	47.1	47.2	47.3	47.4	47.5	47.6	47.7	47.8	47.9	48.0	48.1	48.2	48.3	48.4	48.5	48.6	48.7	48.8	48.9	49.0	49.1	49.2	49.3	49.4	49.5	49.6	49.7	49.8	49.9	50.0	50.1	50.2	50.3	50.4	50.5	50.6	50.7	50.8	50.9	51.0	51.1	51.2	51.3	51.4	51.5	51.6	51.7	51.8	51.9	52.0	52.1	52.2	52.3	52.4	52.5	52.6	52.7	52.8	52.9	53.0	53.1	53.2	53.3	53.4	53.5	53.6	53.7	53.8	53.9	54.0	54.1	54.2	54.3	54.4	54.5	54.6	54.7	54.8	54.9	55.0	55.1	55.2	55.3	55.4	55.5	55.6	55.7	55.8	55.9	56.0	56.1	56.2	56.3	56.4	56.5	56.6	56.7	56.8	56.9	57.0	57.1	57.2	57.3	57.4	57.5	57.6	57.7	57.8	57.9	58.0	58.1	58.2	58.3	58.4	58.5	58.6	58.7	58.8	58.9	59.0	59.1	59.2	59.3	59.4	59.5	59.6	59.7	59.8	59.9	60.0	60.1	60.2	60.3	60.4	60.5	60.6	60.7	60.8	60.9	61.0	61.1	61.2	61.3	61.4	61.5	61.6	61.7	61.8	61.9	62.0	62.1	62.2	62.3	62.4	62.5	62.6	62.7	62.8	62.9	63.0	63.1	63.2	63.3	63.4	63.5	63.6	63.7	63.8	63.9	64.0	64.1	64.2	64.3	64.4	64.5	64.6	64.7	64.8	64.9	65.0	65.1	65.2	65.3	65.4	65.5	65.6	65.7	65.8	65.9	66.0	66.1	66.2	66.3	66.4	66.5	66.6	66.7	66.8	66.9	67.0	67.1	67.2	67.3	67.4	67.5	67.6	67.7	67.8	67.9	68.0	68.1	68.2	68.3	68.4	68.5	68.6	68.7	68.8	68.9	69.0	69.1	69.2	69.3	69.4	69.5	69.6	69.7	69.8	69.9	70.0	70.1	70.2	70.3	70.4	70.5	70.6	70.7	70.8	70.9	71.0	71.1	71.2	71.3	71.4	71.5	71.6	71.7	71.8	71.9	72.0	72.1	72.2	72.3	72.4	72.5	72.6	72.7	72.8	72.9	73.0	73.1	73.2	73.3	73.4	73.5	73.6	73.7	73.8	73.9	74.0	74.1	74.2	74.3	74.4	74.5	74.6	74.7	74.8	74.9	75.0	75.1	75.2	75.3	75.4	75.5	75.6	75.7	75.8	75.9	76.0	76.1	76.2	76.3	76.4	76.5	76.6	76.7	76.8	76.9	77.0	77.1	77.2	77.3	77.4	77.5	77.6	77.7	77.8	77.9	78.0	78.1	78.2	78.3	78.4	78.5	78.6	78.7	78.8	78.9	79.0	79.1	79.2	79.3	79.4	79.5	79.6	79.7	79.8	79.9	80.0	80.1	80.2	80.3	80.4	80.5	80.6	80.7	80.8	80.9	81.0	81.1	81.2	81.3	81.4	81.5	81.6	81.7	81.8	81.9	82.0	82.1	82.2	82.3	82.4	82.5	82.6	82.7	82.8	82.9	83.0	83.1	83.2	83.3	83.4	83.5	83.6	83.7	83.8	83.9	84.0	84.1	84.2	84.3	84.4	84.5	84.6	84.7	84.8	84.9	85.0	85.1	85.2	85.3	85.4	85.5	85.6	85.7	85.8	85.9	86.0	86.1	86.2	86.3	86.4	86.5	86.6	86.7	86.8	86.9	87.0	87.1	87.2	87.3	87.4	87.5	87.6	87.7	87.8	87.9	88.0	88.1	88.2	88.3	88.4	88.5	88.6	88.7	88.8	88.9	89.0	89.1	89.2	89.3	89.4	89.5	89.6	89.7	89.8	89.9	90.0	90.1	90.2	90.3	90.4	90.5	90.6	90.7	90.8	90.9	91.0	91.1	91.2	91.3	91.4	91.5	91.6	91.7	91.8	91.9	92.0	92.1	92.2	92.3	92.4	92.5	92.6	92.7	92.8	92.9	93.0	93.1	93.2	93.3	93.4	93.5	93.6	93.7	93.8	93.9	94.0	94.1	94.2	94.3	94.4	94.5	94.6	94.7	94.8	94.9	95.0	95.1	95.2	95.3	95.4	95.5	95.6	95.7	95.8	95.9	96.0	96.1	96.2	96.3	96.4	96.5	96.6	96.7	96.8	96.9	97.0	97.1	97.2	97.3	97.4	97.5	97.6	97.7	97.8	97.9	98.0	98.1	98.2	98.3	98.4	98.5	98.6	98.7	98.8	98.9	99.0	99.1	99.2	99.3	99.4	99.5	99.6	99.7	99.8	99.9	100.0	100.1	100.2	100.3	100.4	100.5	100.6	100.7	100.8	100.9	101.0	101.1	101.2	101.3	101.4	101.5	101.6	101.7	101.8	101.9	102.0	102.1	102.2	102.3	102.4	102.5	102.6	102.7	102.8	102.9	103.0	103.1	103.2	103.3	103.4	103.5	103.6	103.7	103.8	103.9	104.0	104.1	104.2	104.3	104.4	104.5	104.6	104.7	104.8	104.9	105.0	105.1	105.2	105.3	105.4	105.5	105.6	105.7	105.8	105.9	106.0	106.1	106.2	106.3	106.4	106.5	106.6	106.7	106.8	106.9	107.0	107.1	107.2	107.3	107.4	107.5	107.6	107.7	107.8	107.9	108.0	108.1	108.2	108.3	108.4	108.5	108.6	108.7	108.8	108.9	109.0	109.1	109.2	109.3	109.4	109.5	109.6	109.7	109.8	109.9	110.0	110.1	110.2	110.3	110.4	110.5	110.6	110.7	110.8	110.9	111.0	111.1	111.2	111.3	111.4	111.5	111.6	111.7	111.8	111.9	112.0	112.1	112.2	112.3	112.4	112.5	112.6	112.7	112.8	112.9	113.0	113.1	113.2	113.3	113.4	113.5	113.6	113.7	113.8	113.9	114.0	114.1	114.2	114.3	114.4	114.5	114.6	114.7	114.8	114.9	115.0	115.1	115.2	115.3	115.4	115.5	115.6	115.7	115.8	115.9	116.0	116.1	116.2	116.3	116.4	116.5	116.6	116.7	116.8	116.9	117.0	117.1	117.2	117.3	117.4	117.5	117.6	117.7	117.8	117.9	118.0	118.1	118.2	118.3	118.4	118.5	118.6	118.7	118.8	118.9	119.0	119.1	119.2	119.3	119.4	119.5	119.6	119.7	119.8	119.9	120.0	120.1	120.2	120.3	120.4	120.5	120.6	120.7	120.8	120.9	121.0	121.1	121.2	121.3	121.4	121.5	121.6	121.7	121.8	121.9	122.0	122.1	122.2	122.3	122.4	122.5	122.6	122.7	122.8	122.9	123.0	123.1	123.2	123.3	123.4	123.5	123.6	123.7	123.8	123.9	124.0	124.1	124.2	124.3	124.4	124.5	124.6	124.7	124.8	124.9	125.0	125.1	125.2	125.3	125.4	125.5	125.6	125.7	125.8	125.9	126.0	126.1	126.2	126.3	126.4	126.5	126.6	126.7	126.8	126.9	127.0	127.1	127.2	127.3	127.4	127.5	127.6	127.7	127.8	127.9	128.0	128.1	128.2	128.3	128.4	128.5	128.6	128.7	128.8	128.9	129.0	129.1	129.2	129.3	129.4	129.5	129.6	129.7	129.8	129.9	130.0	130.1	130.2	130.3	130.4	130.5	130.6	130.7	130.8	130.9	131.0	131.1	131.2	131.3	131.4	131.5	131.6	131.7	131.8	131.9

12.2. Fähigkeitsgrade der Anforderungen einer MES-Einführung

Tabelle 15: Fähigkeitsgrade der Anforderungen einer MES-Einführung

	Nr.	Anforderung	Fähigkeitsgrad 0	Fähigkeitsgrad 1	Fähigkeitsgrad 2	Fähigkeitsgrad 3
Mensch	1.1	Motivation der Mitarbeiter	Die Mitarbeiter sind zum Großteil (offene) Gegner gegenüber der MES-Einführung. Sie sehen nicht den Sinn bzw. die Vorteile des Systems. Eine aktive Beteiligung an der Einführung kommt für sie nicht in Frage. Sie haben eine ablehnende Einstellung, wenn es um die Nutzung des MES geht.	Die Mitarbeiter sind größtenteils gleichgültig und abwartend eingestellt. Sie erkennen, dass das System Vorteile hat, aber befürchten persönliche Belastung aufgrund der Veränderung/Neuerung. Eine aktive Beteiligung an der Systemeinführung ist nicht zu erwarten.	Alle Mitarbeiter akzeptieren die Systemeinführung. Einige Mitarbeiter beteiligen sich aktiv an der Systemeinführung.	Alle Mitarbeiter bewerten die Systemeinführung als positiv. Die Mitarbeiter konnten von den Vorteilen des MES überzeugt werden. Viele Mitarbeiter beteiligen sich aktiv an der Systemeinführung.
	1.2	zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter	Den Mitarbeitern steht keine Zeit zur Verfügung, um an Schulungen teilzunehmen oder sich aktiv an der MES-Einführung zu beteiligen.	Den Mitarbeitern wird die Zeit für eine oder wenige Schulungen zur Verfügung gestellt. Es wird erwartet, dass alle Mitarbeiter nach den Schulungen in der Lage sind, mit dem System umzugehen. Für Nachfragen der Mitarbeiter steht keine Zeit zur Verfügung. Zeit für die aktive Beteiligung an der Systemeinführung ist stark begrenzt.	Allen Mitarbeitern wird Zeit für Schulungen zur Verfügung gestellt. Nachfragen der Mitarbeiter werden beantwortet. Mitarbeiter, die sich aktiv an der Systemeinführung beteiligen wollen, kann dafür Zeit zur Verfügung gestellt werden, sofern sie ihre Überzeugung kommunizieren.	Allen Mitarbeitern wird Zeit für umfangreiche Schulungen zur Verfügung gestellt. Nachfragen der Mitarbeiter sind entscheidend und werden ausführlich behandelt. Jedem Mitarbeiter wird Zeit zur Verfügung gestellt, um sich aktiv an der Systemeinführung zu beteiligen, sofern dies von dem jeweiligen Mitarbeiter gewollt ist.
	1.3	fachliche Kompetenz der Mitarbeiter	Die Mitarbeiter besitzen nicht die fachliche Kompetenz, um die Einführung des MES zu unterstützen. Die Fähigkeit das MES zweckmäßig zu	Wenige Mitarbeiter besitzen bereits die fachliche Kompetenz, um die Einführung des MES zu unterstützen. Die Fähigkeit das	Einige Mitarbeiter besitzen die fachliche Kompetenz, um die MES-Einführung zu unterstützen. Die Fähigkeit das MES zweckmäßig zu nutzen,	Die Mitarbeiter besitzen die fachliche Kompetenz, um die MES-Einführung zu unterstützen. Eine Mehrheit der Mitarbeiter be-

			nutzen, fehlt den Mitarbeitern ebenfalls.	MES zweckmäßig zu nutzen, ist bei den Mitarbeitern nur selten vorhanden. Umfangreiche Schulungen sind erforderlich.	ist bei den Mitarbeitern vorhanden, aber häufig noch schwach ausgeprägt. Es muss daher noch verbessert werden.	sitzt die Fähigkeit das MES zweckmäßig zu nutzen oder ist in der Lage sich dieses Wissen in überschaubarer Zeit anzueignen.
1.4	Motivation des Projektteams	Das Projektteam ist nicht motiviert und kann deshalb keine erfolgreiche MES-Einführung ermöglichen.	Das Projektteam zeigt geringe Motivation, ist aber in der Lage das Projekt unter gewöhnlichen Bedingungen abzuschließen. Der Motivationsmangel kann jedoch Komplikationen hervorrufen, die zu Qualitätsverlusten bei den Projektergebnissen führen.	Das Projektteam ist größtenteils motiviert.	Das Projektteam ist hochmotiviert und von dem System überzeugt. Das Projekt kann auch beim Auftreten von Komplikationen abgeschlossen werden, ohne dass die Projektergebnisse darunter leiden.	
1.5	zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams	Das Projektteam verfügt nicht über die benötigte Zeit, um die Phasen der MES-Einführung zu bearbeiten.	Das Projektteam verfügt über wenig Zeit, wodurch sich die Qualität der Projektergebnisse verschlechtert.	Das Projektteam verfügt über ausreichend Zeit, um die MES-Einführung unter gewöhnlichen Bedingungen zu bewältigen.	Das Projektteam verfügt über ausreichend Zeit, um die MES-Einführung zu bewältigen. Wenn Komplikationen in verschiedenen Phasen der Projektbearbeitung auftreten, kann dem Projektteam zusätzliche Zeit (zeitlicher Puffer) zur Verfügung gestellt werden.	
1.6	fachliche Kompetenz des Projektteams	Das Projektteam hat nicht die benötigte fachliche Kompetenz, um das MES einzuführen.	Das Projektteam besitzt das Mindestmaß an fachlicher Kompetenz, um das MES einzuführen. Auftretende Komplikationen in den einzelnen Projektphasen können die	Das Projektteam besitzt die fachliche Kompetenz, um das MES unter gewöhnlichen Bedingungen einzuführen. Auftretende Komplikationen können jedoch die Qualität der	Das Projektteam besitzt die fachliche Kompetenz, um das MES auch beim Auftreten von Komplikationen erfolgreich und ohne Qualitätsverluste einzuführen.	

				Systemeinführung gefährden.	Projektergebnisse negativ beeinflussen.	
1.7	Unterstützung des Betriebsrates	Der Betriebsrat lehnt die Einführung des MES ab.	Der Betriebsrat sieht die MES-Einführung als kritisch an und genehmigt sie mit Bedenken. Es kann zu Verzögerungen kommen, die das Projekt gefährden.	Der Betriebsrat ist mit der MES-Einführung einverstanden.	Der Betriebsrat hält die Einführung des MES für richtig und unterstützt sie aktiv.	
1.8	Erfahrung des Projektteams	Das Projektteam hat nicht die benötigte Erfahrung, um das MES einzuführen.	Das Projektteam besitzt wenig Erfahrung in der Zusammenarbeit und nur einzelne Mitglieder des Teams weisen Erfahrungen bezüglich der Einführung von Systemen auf.	Das Projektteam hat in dieser oder ähnlicher Form bereits eine Systemeinführung gemeistert.	Das Projektteam ist eingespielt und hat bereits mehr als einmal Systeme erfolgreich eingeführt.	
1.9	Erstellung eines Lenkungsausschusses	Die Realisierung des Projektes wird erheblich erschwert, da kein Lenkungsausschuss erstellt wurde.	Der erstellte Lenkungsausschuss besitzt nur geringen Einfluss. Eine Unterstützung des Projektes ist nur eingeschränkt möglich und externe Störungen gefährden das Projekt erheblich.	Das Projekt kann durch den erstellten Lenkungsausschuss unterstützt werden, da er sich aus einer ausreichenden Anzahl von Personen mit Titeln, Informationen, Erfahrungen, Reputation und Beziehungen zusammensetzt. Externe Störungen stellen dennoch eine Gefahr dar.	Der Lenkungsausschuss ist mächtig an Titeln, Informationen, Erfahrungen, Reputation und Beziehungen und kann das Projekt vollumfänglich unterstützen und externe Störungen abwenden.	
1.10	Qualifikation des Projektleiters	Der Projektleiter besitzt nicht die benötigte Qualifikation für die Einführung des MES.	Der Projektleiter bringt die Mindestqualifikationen mit, um das Projekt abschließen zu können, weist jedoch Defizite in einzelnen Qualifikationen (Moderation, Projektmanagement oder	Der Projektleiter ist qualifiziert genug, um das Projektteam zu einem erfolgreichen Abschluss zu führen.	Der Projektleiter ist hochqualifiziert und kann das Projektteam auch im Fall von Komplikationen zu einem erfolgreichen Projektabschluss ohne Qualitätsverluste führen.	

				Kommunikation) auf. Diese erschweren die Koordination des Projektteams und führen zu Qualitätsverlusten bei den Projektergebnissen.		
IT-Infrastruktur	2.1	Kenntnis vorhandener IT-Systeme	Die Kenntnis über vorhandene IT-Systeme ist nicht ausreichend, um ein MES einzuführen.	Die Kenntnis über vorhandene IT-Systeme liegt grundsätzlich vor. Einsatzbereich und Funktionsumfang der IT-Systeme sind jedoch sehr unpräzise dokumentiert.	Die Kenntnis über vorhandene IT-Systeme liegt vor. Einsatzbereich und Funktionsumfang der IT-Systeme sind ausreichend dokumentiert.	Die Kenntnis über vorhandene IT-Systeme liegt vollumfänglich vor. Einsatzbereich und Funktionsumfang der IT-Systeme sind präzise dokumentiert.
	2.2	Quantität der Benutzerschnittstellen	Es gibt nicht genügend Benutzerschnittstellen für die Mitarbeiter im Unternehmen. Eine MES-Einführung wäre nicht sinnvoll.	Im Unternehmen gibt es nur grundlegende Benutzerschnittstellen (PCs mit Monitoren). Bis jetzt sind nicht alle Mitarbeiter, die zukünftig mit dem MES arbeiten werden, mit entsprechenden Benutzerschnittstellen versorgt.	Im Unternehmen gibt es verschiedene Benutzerschnittstellen (PCs mit Monitoren, Tablets usw.). Die meisten Mitarbeiter die zukünftig mit dem MES arbeiten werden, sind bereits mit entsprechenden Benutzerschnittstellen versorgt.	Im Unternehmen gibt es verschiedene Benutzerschnittstellen (PCs mit Monitoren, Tablets usw.). Die Mitarbeiter können diese flexibel nutzen. Alle Mitarbeiter die zukünftig mit dem MES arbeiten werden, sind mit entsprechenden Benutzerschnittstellen versorgt.
	2.3	Qualität der Benutzerschnittstellen	Die Benutzerschnittstellen erfüllen nicht die Ansprüche in Bezug auf die Orientierungs-, Navigations-, Inhalts- und Interaktionselemente eines User Interfaces.	Die Benutzerschnittstellen erfüllen die grundlegenden Ansprüche in Bezug auf die Orientierungs-, Navigations-, Inhalts- und Interaktionselemente eines User Interfaces.	Die Benutzerschnittstellen erfüllen die Ansprüche in Bezug auf die Orientierungs-, Navigations-, Inhalts-, Interaktions- und Motivationselemente eines User Interfaces.	Die Benutzerschnittstellen erfüllen die Ansprüche in Bezug auf die Orientierungs-, Navigations-, Inhalts-, Interaktions- und Motivationselemente eines User Interfaces vollumfänglich. Die Software-Usability ist sehr gut.

2.4	Internetverbindung/ Netzwerk	Die Internetverbindung und/oder das lokale Netzwerk im Unternehmen können eine MES-Einführung nicht unterstützen.	Die Internetverbindung und/oder das lokale Netzwerk im Unternehmen können eine MES-Einführung nur bedingt unterstützen. Es muss anfänglich mit häufigen Ausfällen gerechnet werden. (instabiles Internet usw.)	Die Internetverbindung und/oder das lokale Netzwerk im Unternehmen können eine MES-Einführung unterstützen. Es muss jedoch mit anfänglichen Ausfällen gerechnet werden. (instabiles Internet, Überlastung, hohes Datenvolumen usw.)	Die Internetverbindung und/oder das lokale Netzwerk im Unternehmen können eine MES-Einführung problemlos unterstützen. Ausfälle sind nicht zu erwarten.
2.5	Server	Verfügbarkeit oder Zugang zu ausreichender Serverkapazität ist für das einzuführende MES nicht gegeben.	Verfügbarkeit oder Zugang zu ausreichender Serverkapazität ist für das einzuführende MES nur stark eingeschränkt gegeben. Weitere Serverkapazität muss noch beschafft oder freigegeben werden.	Verfügbarkeit oder Zugang zu ausreichender Serverkapazität ist für das einzuführende MES zum größten Teil gegeben. Weitere Serverkapazität muss noch beschafft oder freigegeben werden.	Verfügbarkeit oder Zugang zu ausreichender Serverkapazität ist für das einzuführende MES vollständig gegeben.
2.6	Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen	Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen liegt nicht vor und könnte nur unter hohem Kostenaufwand erreicht werden (Entwicklung von Schnittstellen).	Es liegt nicht zu allen relevanten IT-Systemen Schnittstellenkompatibilität vor. Einzelne Schnittstellen müssen noch entwickelt werden.	Es liegt Schnittstellenkompatibilität zu den wichtigsten IT-Systemen vor. Um eine vollständige Vernetzung des einzuführenden MES mit den IT-Systemen zu erreichen, müssen noch weitere Schnittstellen entwickelt werden.	Es liegt Schnittstellenkompatibilität mit allen relevanten IT-Systemen vor oder sie kann in kurzer Zeit erreicht werden.
2.7	Stromversorgung	Die Stromversorgung ist nicht ausreichend für die MES-Einführung und der Zugang zur Versorgung ist nicht in allen Bereichen der Produktion gegeben.	Die Stromversorgung ist noch nicht ausreichend für die MES-Einführung oder der Zugang zur Versorgung ist nicht in allen Bereichen der Produktion gegeben.	Die Stromversorgung ist bei nahe ausreichend für die MES-Einführung und der Zugang zur Versorgung ist in den meisten Bereichen der Produktion gegeben.	Die Stromversorgung ist ausreichend für die MES-Einführung und der Zugang zur Versorgung ist in allen Bereichen der Produktion gegeben.

Daten	2.8	Interner Speicher/ Cloud/ Datenbank	Die Datenspeicherkapazitäten sind nicht annähernd ausreichend für eine MES-Einführung und die anschließende Nutzung. Die fehlenden Kapazitäten können nicht in einem kurzen Zeitraum und nur unter hohem Kostenaufwand beschafft werden.	Die Datenspeicherkapazitäten sind noch nicht vollständig ausreichend für eine MES-Einführung und die anschließende Nutzung. Es müssen noch zusätzliche Kapazitäten beschafft oder freigegeben werden.	Die Datenspeicherkapazitäten sind ausreichend für eine MES-Einführung. Für die anschließende langfristige Nutzung müssen jedoch noch Kapazitäten beschafft oder freigegeben werden.	Die Datenspeicherkapazitäten sind ausreichend für eine MES-Einführung und eine anschließende langfristige Nutzung des Systems.
	2.9	Quantität der Maschinenschnittstellen	Die eingesetzten Maschinen sind nicht kompatibel mit dem MES und die Entwicklung von Schnittstellen ist unwirtschaftlich.	Die eingesetzten Maschinen sind kompatibel mit dem MES, aber ein Großteil besitzt noch keine Schnittstellen. Diese müssen noch entwickelt werden.	Die eingesetzten Maschinen sind kompatibel mit dem MES, aber Teil von ihnen besitzt keine Schnittstellen. Diese müssen noch entwickelt werden.	Die eingesetzten Maschinen sind kompatibel mit dem MES und die Schnittstellen liegen bereits vor oder können in kurzer Zeit entwickelt werden.
	2.10	Qualität der Maschinenschnittstellen	Ausstattung der vorhandenen Maschinenschnittstellen zur effizienten Nutzung des MES ist nicht gegeben.	Ausstattung der vorhandenen Maschinenschnittstellen zur effizienten Nutzung des MES ist teilweise gegeben. Einzelne Eigenschaften wie z. B. die Internetfähigkeit, die Möglichkeiten der Dateneingabe, oder Optionen der Datenübertragung, sind noch nicht zufriedenstellend.	Ausstattung der vorhandenen Maschinenschnittstellen ist zur effizienten Nutzung des MES ausreichend. Eigenschaften wie z. B. die Internetfähigkeit, die Möglichkeiten der Dateneingabe, oder Optionen der Datenübertragung, sind zufriedenstellend.	Ausstattung der vorhandenen Maschinenschnittstellen ist zur effizienten Nutzung des MES optimal geeignet. Eigenschaften wie z. B. die Internetfähigkeit, die Möglichkeiten der Dateneingabe, oder Optionen der Datenübertragung, sind fehlerfrei und getestet.
	3.1	Qualität der verfügbaren Betriebsdaten	Die erfassten organisatorischen Betriebsdaten erfüllen nicht die Datenqualitätskriterien.	Die erfassten organisatorischen Betriebsdaten erfüllen die Datenqualitätskriterien teilweise.	Die erfassten organisatorischen Betriebsdaten erfüllen die meisten Datenqualitätskriterien.	Die erfassten organisatorischen Betriebsdaten erfüllen alle Datenqualitätskriterien.
	3.2	Quantität der verfügbaren Betriebsdaten	Die relevanten organisatorischen Betriebsdaten (Auf-	Einige relevante organisatorische Betriebsdaten (Auftrags- und	Die relevanten organisatorischen Betriebsdaten (Auf-	Alle relevanten organisatorischen Betriebsdaten (Auf-

			trags- und Personal- daten) werden nicht erfasst.	Personal- daten) werden noch nicht erfasst.	trags- und Personal- daten) werden erfasst.	trags- und Personal- daten) werden vollständig erfasst.
	3.3	Qualität der verfügbaren Maschinendaten	Die erfassten technischen Betriebsdaten erfüllen nicht die Datenqualitätskriterien.	Die erfassten technischen Betriebsdaten erfüllen die Datenqualitätskriterien teilweise.	Die erfassten technischen Betriebsdaten erfüllen die meisten Datenqualitätskriterien.	Die erfassten technischen Betriebsdaten erfüllen alle Datenqualitätskriterien.
	3.4	Quantität der verfügbaren Maschinendaten	Die relevanten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) werden nicht erfasst.	Einige relevante technische Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) werden noch nicht erfasst.	Die relevanten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) werden erfasst.	Alle technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) werden vollständig erfasst.
	3.5	Kompatibilität der vorhandenen Datenformate	Die vorhandenen Daten sind nicht kompatibel mit dem einzuführenden MES.	Die vorhandenen Daten sind noch zu großen Teilen inkompatibel mit dem einzuführenden MES. Die restliche Kompatibilität kann mit größerem Zeitaufwand realisiert werden.	Die vorhandenen Daten sind bereits größtenteils kompatibel mit dem einzuführenden MES. Die restliche Kompatibilität kann in überschaubarer Zeit realisiert werden.	Die vorhandenen Daten sind bereits vollständig kompatibel mit dem einzuführenden MES.
Prozesse	4.1	Abgrenzung des Projektumfangs	Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden nicht definiert und sie wurden nicht mit allen Beteiligten kommuniziert.	Eine grobe Idee für Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden entwickelt. Eine Kommunikation mit allen Beteiligten hat noch nicht stattgefunden.	Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden definiert und sie wurden mit allen Beteiligten kommuniziert.	Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden definiert und sie wurden mit allen Beteiligten kommuniziert. Es existiert eine Dokumentation der festgelegten Ziele.
	4.2	Qualität der Datenaufnahme	Datenaufnahme / Dateneingabe über Benutzerschnittstellen funktioniert nicht.	Datenaufnahme / Dateneingabe über Benutzerschnittstellen funktioniert nur bedingt und ist sehr fehlerbehaftet. (z. B. Input-Lag, falsche Übertragung der Informationen usw.)	Datenaufnahme / Dateneingabe über Benutzerschnittstellen funktioniert. Es treten jedoch noch Fehler auf (z. B. Input-Lag, falsche Übertragung der Informationen usw.).	Datenaufnahme / Dateneingabe über Benutzerschnittstellen wurde ausführlich getestet und funktioniert fehlerfrei.
	4.3	Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte	Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Produktion durchgeführt	Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Produktion durchgeführt	Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Produktion durchgeführt	Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Produktion durchgeführt

		werden, folgen keinem definierten Ablauf und sind nicht ausreichend dokumentiert.	werden, folgen einem losen definierten Ablauf und die Dokumentation ist unvollständig.	werden, folgen einem definierten Ablauf und die Dokumentation ist vollständig. Die tatsächlichen Arbeitsabläufe weisen jedoch kleine Abweichungen zu den dokumentierten Arbeitsabläufen auf.	werden, folgen einem definierten und strukturierten Ablauf und die Dokumentation ist vollständig. Die tatsächlichen Arbeitsabläufe weisen keine Abweichungen zu den dokumentierten Arbeitsabläufen auf.
4.4	Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne	Produktionsvorgänge sind nicht in Arbeitsplänen definiert und können deshalb auch nicht im digitalen Format zur Verfügung gestellt werden.	Produktionsvorgänge sind in Arbeitsplänen definiert und können deshalb grundsätzlich in digitalem Format zur Verfügung gestellt werden. Die Definitionen sind jedoch nicht direkt übertragbar ins digitale Format, da sie schriftlich festgehalten werden oder weil das benötigte Know-How fehlt.	Produktionsvorgänge sind in Arbeitsplänen definiert und können deshalb in digitalem Format zur Verfügung gestellt werden.	Produktionsvorgänge sind in Arbeitsplänen ausführlich definiert und werden bereits in digitalem Format zur Verfügung gestellt.
4.5	Dokumentation aller Prozesse	Im Unternehmen liegen keine oder nur vereinzelte Prozessdokumentationen vor.	Die wichtigsten Prozesse im Unternehmen sind dokumentiert. Einige weniger wichtige Prozesse sind nicht dokumentiert.	Im Unternehmen gibt es ein Prozessmanagement. Das Prozessmanagement dokumentiert alle Prozesse und stellt sie in einem Prozesshandbuch (digital) zur Verfügung.	Das Unternehmen besitzt ein Prozessmanagement, welches sich um die Dokumentation und die kontinuierliche Verbesserung der Prozessabläufe bemüht. Das (digitale) Prozesshandbuch ist immer auf dem neuesten Stand.
4.6	Erfahrung im Projektmanagement	Das Unternehmen und die beteiligten Fachabteilungen haben keine Erfahrungen mit der erfolgreichen	Die Erfahrung des Unternehmens und der beteiligten Fachabteilungen mit der Durchführung von Projekten	Das Unternehmen und die beteiligten Fachabteilungen haben mehrere Projekte erfolg-	Das Unternehmen und die beteiligten Fachabteilungen haben viel Erfahrung in der erfolgrei-

		Durchführung von Projekten. Existenz festgelegter Abläufe bei der Durchführung von Projekten: z. B. Genehmigungsverfahren und Zuständigkeiten, Konfliktlösungsstrategien gibt es nicht.	ist überschaubar. Existenz festgelegter Abläufe bei der Durchführung von Projekten: z. B. Genehmigungsverfahren und Zuständigkeiten, Konfliktlösungsstrategien gibt es. Sie sind jedoch sehr unpräzise definiert und werden deshalb nicht immer verwendet.	reich durchgeführt. Existenz festgelegter Abläufe bei der Durchführung von Projekten: z. B. Genehmigungsverfahren und Zuständigkeiten, Konfliktlösungsstrategien gibt es. Sie gelten als Richtlinie zur Orientierung.	chen Projektdurchführung sammeln können. Existenz, Pflege und Weiterentwicklung festgelegter Abläufe bei der Durchführung von Projekten: z. B. Genehmigungsverfahren und Zuständigkeiten, Konfliktlösungsstrategien gibt es. Veränderung (Change-Management) ist Teil der Unternehmenskultur.
4.7	Flexibilität der Strukturen	Die unflexible Struktur der Produktion ermöglicht keine Entlastung einzelner Elemente, wodurch eine MES-Einführung nicht möglich ist.	Die größtenteils unflexible Struktur der Produktion ermöglicht nur eine bedingte Entlastung einzelner Elemente, wodurch eine MES-Einführung schwierig wird.	Die Struktur der Produktion ist allgemein flexibel, wodurch eine Entlastung einzelner Elemente möglich ist. Teile der Struktur sind jedoch starr, was bei der Planung von Entlastungen berücksichtigt werden muss.	Die Struktur der Produktion ist sehr flexibel, wodurch eine Entlastung einzelner Elemente möglich und gut planbar ist.
4.8	Definition und Dokumentation der Projektziele für alle beteiligten Bereiche	Die beteiligten Bereiche haben ihre Projektziele nicht definiert bzw. ihre Projektziele nicht mit den anderen beteiligten Bereichen kommuniziert.	Die beteiligten Bereiche haben ihre Projektziele nur sehr allgemein definiert und/oder ihre Projektziele nicht mit allen beteiligten Bereichen kommuniziert.	Die beteiligten Bereiche haben ihre Projektziele definiert, dokumentiert und mit allen beteiligten Bereichen kommuniziert. Spezifische Ziele innerhalb der Projektphasen wie Meilensteine und Fristen wurden noch nicht vollständig erarbeitet.	Die beteiligten Bereiche haben ihre Projektziele und Meilensteine konkret definiert, dokumentiert und mit allen beteiligten Bereichen kommuniziert. Spezifische Ziele innerhalb der Projektphasen wie Meilensteine und Fristen wurden bereits vollständig erarbeitet, dokumentiert und ebenfalls kommuniziert.

	4.9	Soll-Prozesse als Zielvorgabe vorhanden	Vor der MES-Einführung wurden keine Soll-Prozesse als Zielvorgaben entwickelt.	Vor der MES-Einführung wurden nicht alle Soll-Prozesse als Zielvorgaben entwickelt. Die wenigen entwickelten Soll-Prozesse wurden nicht ausführlich beschrieben und ihre Durchführbarkeit ist eventuell nicht realisierbar.	Vor der MES-Einführung wurden Soll-Prozesse als Zielvorgaben entwickelt. Die Soll-Prozesse wurden beschrieben, aber nur eingeschränkt auf ihre Durchführbarkeit überprüft (realistisch?).	Vor der MES-Einführung wurden Soll-Prozesse als Zielvorgaben entwickelt. Die Soll-Prozesse wurden ausführlich beschrieben und auf ihre Durchführbarkeit überprüft.
	4.10	Schulungskonzept	Es gibt kein Schulungskonzept für die MES-Einführung. Dem Schulungskonzept wird keine besondere Wichtigkeit zugeordnet, da bspw. die intuitive Oberfläche des MES als selbsterklärend betrachtet wird.	Es gibt kein Schulungskonzept für die MES-Einführung. Ein Schulungskonzept wird als wichtig erachtet.	Vor der MES-Einführung wurden sich Gedanken über ein Schulungskonzept gemacht. Die Schulungen sollen alle zukünftigen Anwender des MES vorbereiten und einen sicheren Umgang mit dem System ermöglichen.	Über das Schulungskonzept wurden sich umfangreiche Gedanken gemacht. Alle Anwender sollen geschult werden – von der Unternehmensführung bis zur Administration beziehungsweise Produktion. Zudem ist sich das Unternehmen bewusst, dass Lernen nicht mit der Vermittlung von Grundlagen nach der Inbetriebnahme endet. Neue Mitarbeiter, organisatorische und Prozessveränderungen sowie System-Upgrades finden weiter statt und zeigen nur dann die gewünschten Verbesserungen, wenn Anwender dazu auch kontinuierlich auf dem Laufenden gehalten werden. Innerhalb der Schulungen

						wird auch Wert daraufgelegt, die Mitarbeiter von den Vorteilen des MES zu überzeugen und diese an praktischen Beispielen zu beweisen.
4.11	Datensicherheitskonzept	Es gibt kein Datensicherungskonzept für die MES-Einführung.	Es gibt ein Datensicherungskonzept für die MES-Einführung. Dieses wurde extra für die MES-Einführung entworfen und ist deshalb noch nicht getestet worden.	Es gibt ein Datensicherungskonzept für die MES-Einführung, das bereits bei der Einführung eines weiteren IT-Systems funktioniert hat.	Es gibt ein etabliertes und bewährtes Datensicherungskonzept für die Einführung von IT-Systemen, das auf die speziellen Anforderungen der MES-Einführung angepasst werden kann.	
4.12	Bestimmung der Engpassprozesse	Die Engpassprozesse wurden vor der MES-Einführung nicht bestimmt.	Die Engpassprozesse wurden vor der MES-Einführung bestimmt, aber ein Ausfall dieser Prozesse aufgrund der MES-Einführung ist wahrscheinlich.	Die Engpassprozesse wurden vor der MES-Einführung bestimmt. Ein Ausfall dieser Prozesse aufgrund der MES-Einführung ist unwahrscheinlich.	Die Engpassprozesse wurden vor der MES-Einführung bestimmt. Ein Ausfall dieser Prozesse aufgrund der MES-Einführung kann nicht auftreten, da eventuell vorbeugende Maßnahmen getroffen werden konnten.	
4.13	Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen	Über die, bei der MSE-Einführung relevanten, rechtlichen Rahmenbedingungen wurden sich keine Gedanken gemacht hat. Es herrscht Unwissenheit.	Die bei der MES-Einführung relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen werden berücksichtigt und stellen eine Gefahr für das Projekt dar.	Die bei der MSE-Einführung relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen werden berücksichtigt und sind als problematisch aber nicht projektgefährdend zu bewerten.	Die bei der MSE-Einführung relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen werden berücksichtigt und stellen kein Problem dar.	
4.14	Planung bezüglich Arbeitsplatzanzahl, Systemstruktur	Es gibt keine Vision bezüglich der Systemstruktur und der Anzahl der benötigten Arbeitsplätze.	Vision wurde ausgearbeitet, Ergebnisse sind jedoch nicht ohne Überarbeitung verwendbar	Es gibt eine Vision bezüglich der Systemstruktur und der Anzahl der benötigten Arbeitsplätze. Diese ist jedoch noch	Es gibt eine konkrete Vision bezüglich der Systemstruktur und der Anzahl der benötigten Arbeitsplätze.	

					nicht vollständig ausgereift.	
4.15	Störungsmanagement	Das Unternehmen besitzt keine systematische Vorgehensweise, um Störungen zu begegnen.	Das Unternehmen besitzt eine systematische Vorgehensweise, um mit Störungen umzugehen. Die Vorgehensweise wird jedoch nicht immer eingehalten oder in der korrekten Form ausgeführt.	Das Unternehmen besitzt ein strukturiertes Störungsmanagement, um im Störfall reagieren zu können.	Das Störungsmanagement ist ein etablierter und strukturierter Prozess im Unternehmen. Es existiert eine Aufbau- und Ablauforganisation, die den Wertschöpfungsprozess im Störfall unterstützt. Das System beinhaltet Strategien, Maßnahmen und Aufgaben sowie Organisationsstrukturen und Kompetenzen, die zur reaktiven Störungsbehandlung sowie zur nachhaltigen Vermeidung benötigt werden.	
4.16	Laufende Wartungsverträge	Über die Auswirkungen der MES-Einführung auf laufende Wartungsverträge wurden sich keine Gedanken gemacht hat. Es herrscht Unwissenheit.	Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen ist bekannt und muss als höchstkritisch bewertet werden.	Die Auswirkungen der MES-Einführung auf laufende Wartungsverträge ist bekannt und könnte Probleme verursachen, die jedoch lösbar sind.	Die Auswirkungen der MES-Einführung auf laufende Wartungsverträge ist bekannt und wird als unproblematisch eingeschätzt.	
4.17	Versicherungsschutz	Über die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen wurden sich keine Gedanken gemacht hat. Es herrscht Unwissenheit.	Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen ist bekannt und wird als kritisch bewertet.	Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen ist bekannt und könnte Probleme verursachen, die jedoch lösbar sind.	Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen ist bekannt und wird als unproblematisch bewertet.	

12.3. Reifegradmodell zur Bestimmung der MES-Readiness

Tabelle 16: Reifegradmodell für alle Anforderungen einer MES-Einführung

Gestaltungsfeld Mensch							
Prozessgebiet	Nr.	Anforderung	Klasse	FG 0	FG 1	FG 2	FG 3
Mitarbeiter	1.1	Motivation der Mitarbeiter	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	1.2	zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	1.3	fachliche Kompetenz der Mitarbeiter	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
Projektteam	1.4	Motivation des Projektteams	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	1.5	zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	1.6	fachliche Kompetenz des Projektteams	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	1.8	Erfahrung des Projektteams	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	1.10	Qualifikation des Projektleiters	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
Betriebsrat	1.7	Unterstützung des Betriebsrates	C	RG 1	RG 4	RG 4	RG 4
Lenkungs-ausschuss	1.9	Erstellung eines Lenkungsausschusses	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
Gestaltungsfeld IT							
Software-landschaft	2.1	Kenntnis vorhandener IT-Systeme	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
Benutzerschnittstellen	2.2	Quantität der Benutzerschnittstellen	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	2.3	Qualität der Benutzerschnittstellen	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
Weitere Infrastruktur	2.4	Internetverbindung/ Netzwerk	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	2.5	Server	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	2.6	Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	2.8	Interner Speicher/ Cloud/ Datenbank	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	2.7	Stromversorgung	C	RG 1	RG 4	RG 4	RG 4
Maschinenschnittstellen	2.9	Quantität der Maschinenschnittstellen	C	RG 1	RG 4	RG 4	RG 4
	2.10	Qualität der Maschinenschnittstellen	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
Gestaltungsfeld Daten							
Betriebsdaten	3.1	Qualität der verfügbaren Betriebsdaten	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	3.2	Quantität der verfügbaren Betriebsdaten	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
Maschinendaten	3.3	Qualität der verfügbaren Maschinendaten	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	3.4	Quantität der verfügbaren Maschinendaten	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
Datenformate	3.5	Kompatibilität der vorhandenen Datenformate	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
Gestaltungsfeld Prozesse							
Organisation	4.1	Abgrenzung des Projektumfangs	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	4.6	Erfahrung im Projektmanagement	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	4.8	Definition und Dokumentation der Projektziele für alle beteiligten Bereiche	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	4.9	Soll-Prozesse als Zielvorgabe vorhanden	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	4.10	Schulungskonzept	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	4.11	Datensicherheitskonzept	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	4.13	Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4

	4.15	Störungsmanagement	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	4.16	Laufende Wartungsverträge	C	RG 1	RG 4	RG 4	RG 4
	4.17	Versicherungsschutz	C	RG 1	RG 4	RG 4	RG 4
Wertschöpfung	4.2	Qualität der Datenaufnahme	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	4.7	Flexibilität der Strukturen	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	4.12	Bestimmung der Engpassprozesse	A	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4
	4.14	Planung bezüglich Arbeitsplatzanzahl, Systemstruktur	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
Dokumentation	4.3	Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	4.4	Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4
	4.5	Dokumentation aller Prozesse	B	RG 1	RG 3	RG 4	RG 4

12.4. Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der MES-Readiness inklusive Kennzahlen für die Umsetzung der Maßnahmen

Tabelle 17: *Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der MES-Readiness inklusive Kennzahlen für die Umsetzung der Maßnahmen*

Anforderung	Generische Maßnahme	Kennzahl für die Umsetzung
Motivation der Mitarbeiter	Durchführung von Workshops zur Information der Mitarbeiter	Anzahl durchgeführter Workshops
	Frühzeitige Einbeziehung der Mitarbeiter im Einführungsprozess	Anteil der einbezogenen Mitarbeiter an der Gesamtmitarbeiterzahl
	Chancen zur persönlichen Weiterentwicklung und Entwicklung neuer Kompetenzen schaffen	Anzahl Angebote zur Kompetenzentwicklung
	Durchführung von Teambuilding-Maßnahmen	Anzahl durchgeführter Teambuilding-Maßnahmen
zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter	Teilnahme an Schulungen für möglichst viele Mitarbeiter ermöglichen	Anzahl Schulungen pro Mitarbeiter
	Priorisierung von Tätigkeiten durch die Mitarbeiter fördern	Anzahl Priorisierungsaktivitäten
	Reduzierung anderer Tätigkeiten oder Freistellung von weiteren Aufgaben	-
fachliche Kompetenz der Mitarbeiter	Durchführung von Schulungen	Anzahl Schulungen pro Mitarbeiter
	Unterstützung des Kompetenzmanagements in der HR-Abteilung (z. B. welche Mitarbeiter sollen welche Aufgaben während des Einführungsprozesses übernehmen)	-
Motivation des Projektteams	Unterstützung einer selbstbestimmten Arbeitsweise des Projektteams	-
	Förderung von Leistungs- und Teamverhalten	-

	Ermöglichung persönlicher Erfolge im Kontext der Einführung für die Projektmitglieder	-
zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams	Klare und frühzeitige Definition der Projektabgrenzung (zeitlich, inhaltlich, organisatorisch)	-
	Schaffung einer eindeutigen Aufgabenverteilung innerhalb des Projektteams	-
	Frühzeitige Definition von Start- und Endzeitpunkten einzelner Aufgaben	-
	Freistellung des Projektleiters von anderen Aufgaben	-
fachliche Kompetenz des Projektteams	Berücksichtigung der fachlichen Kompetenz bei der Auswahl der Projektteam-Mitglieder	-
	Förderung einer frühzeitigen Weiterbildung der Projektteam-Mitglieder	Anzahl Weiterbildungen
Unterstützung des Betriebsrates	Frühzeitige Absprache (inklusive umfassende Vorstellung des Projektes) mit dem Betriebsrat	-
	Konstruktives Einbinden des Betriebsrates in unterschiedlichen Projektphasen	-
	Mediation im Konfliktfall	-
Erstellung eines Lenkungsausschusses	Sensibilisierung der Mitglieder des Lenkungsausschusses für Projektziele und Herausforderungen	-
	Arbeit des Lenkungsausschusses sollte ausschließlich auf der Management-Ebene stattfinden	-
	Ausführliche und kontinuierliche Kommunikation während der gesamten Projektlaufzeit mit dem Lenkungsausschuss und der Geschäftsführung	-
Qualifikation des Projektleiters	Berücksichtigung der benötigten Kompetenzen bei der Auswahl des Projektleiters	-
	Differenzierte Betrachtung der benötigten Kompetenzen (sozial, fachlich, methodisch)	-
	gezielte Schulung des Projektleiters zur Verbesserung einzelner Kompetenzen	-
Kenntnis vorhandener IT-Systeme	Gezielter Austausch mit der IT-Abteilung	-
	Durchführung einer Erhebung der IT-Systeme, hierbei sind sowohl bestehende Systeme als auch zukünftige Systeme und Anforderungen zu berücksichtigen	-
	Erstellung einer übersichtlichen und grafischen Darstellung der	-

	IT-Landschaft (inklusive Abgrenzung von relevanten und irrelevanten Systemelementen)	
Quantität der Benutzerschnittstellen	Frühzeitige Planung bezüglich zukünftiger Nutzer des MES	-
	Anschaffung zusätzlicher Benutzerschnittstellen	Anzahl neuer Benutzerschnittstellen
Qualität der Benutzerschnittstellen	Detaillierte Prüfung aller Benutzerschnittstellen bezüglich der vorhandenen Ausstattung	-
	Anschaffung neuer / zusätzlicher Benutzerschnittstellen	Anzahl neuer Benutzerschnittstellen
	Durchführung von frühzeitigen Tests (Akzeptanztests) bei der Einführung neuer Benutzerschnittstellen, Erstellung eines Prototyps	-
Internetverbindung/ Netzwerk	Vollständige Prüfung der physischen Gegebenheiten vor Beginn der MES-Einführung	-
	Prüfung der vorhandenen Sicherheitsgegebenheiten (z. B. Firewall-Einstellungen)	-
	Ggf. IT-Dienstleister einbinden und über das Projekt informieren	-
	Klärung von Prozessen (z. B. zur Änderung von Firewall-Einstellungen), Ermittlung von Bearbeitungszeiten	-
Server	Vollständige Prüfung der Gegebenheiten vor Beginn der MES-Einführung	-
	Frühzeitige Planung der benötigten Servergegebenheiten (inkl. Kapazitätsplanung und Kostenplanung)	-
Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen	Abstimmung mit der IT-Abteilung	-
	Vollständige Prüfung aller vorhandenen Schnittstellen	-
	Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen bei der Planung	-
	Ermittlung der geplanten Soll-Situation und Durchführung eines Soll-Ist-Vergleiches	-
Stromversorgung	Vollständige Prüfung der Gegebenheiten vor Beginn der MES-Einführung	-
Interner Speicher/ Cloud/ Datenbank	Vollständige Prüfung der Gegebenheiten vor Beginn der MES-Einführung	-
Quantität der Maschinenschnittstellen	Frühzeitige Planung der benötigten Maschinenschnittstellen	-
	Integration zusätzlicher Maschinenschnittstellen beim Einführungsprojekt berücksichtigen	-
Qualität der Maschinenschnittstellen	Detaillierte Prüfung aller Maschinenschnittstellen bezüglich	-

	der vorhandenen Ausstattung (inklusive Schnittstellen)	
	Integration neuer / zusätzlicher Maschinenschnittstellen	Anzahl neuer Maschinenschnittstellen
	Verwendung von genormten Standardschnittstellen	-
Qualität der verfügbaren Betriebsdaten	Verfügbare Betriebsdaten auf Datenqualitätskriterien überprüfen (mögliche Kriterien: Vollständigkeit, Eindeutigkeit, Korrektheit, Aktualität, Genauigkeit, Konsistenz, Redundanzfreiheit, Relevanz, Einheitlichkeit, Zuverlässigkeit und Verständlichkeit)	Anteil der Betriebsdaten, die die Datenqualitätskriterien erfüllen
	Berücksichtigung der Grundschutzkataloge des BSI	-
	Vorhandenen Digitalisierungsgrad der Daten bestimmen; analoge Daten digitalisieren	Anteil der digitalisierten Daten
Quantität der verfügbaren Betriebsdaten	Vollständige Prüfung der verfügbaren Daten	-
	Bestimmung der vorhandenen und benötigten Granularität der Daten	-
Qualität der verfügbaren Maschinendaten	Verfügbare Maschinendaten auf Datenqualitätskriterien überprüfen (mögliche Kriterien: Vollständigkeit, Eindeutigkeit, Korrektheit, Aktualität, Genauigkeit, Konsistenz, Redundanzfreiheit, Relevanz, Einheitlichkeit, Zuverlässigkeit und Verständlichkeit)	Anteil der Maschinendaten, die die Datenqualitätskriterien erfüllen
	Berücksichtigung der Grundschutzkataloge des BSI	-
	Vorhandenen Digitalisierungsgrad der Daten bestimmen; analoge Daten digitalisieren	Anteil der digitalisierten Daten
Quantität der verfügbaren Maschinendaten	Vollständige Prüfung der verfügbaren Daten	
	Bestimmung der vorhandenen und benötigten Granularität der Daten	
Kompatibilität der vorhandenen Datenformate	Prüfung und Abgleich der vorhandenen Datenformate mit den im MES benötigten Datenformaten (Soll-Ist-Vergleich)	Anteil kompatibler Datenformate an allen verwendeten Datenformaten
Abgrenzung des Projektumfangs	Frühzeitige Projektbegrenzung durchführen	-
	Projektbegrenzung mit allen Beteiligten kommunizieren	-
	Kriterien für einen potenziellen Projektabbruch festlegen	-
Qualität der Datenaufnahme	Durchführung von umfangreichen Tests	Anzahl Tests pro Bereich
	Erhebung von auftretenden Fehlern	Anzahl dokumentierter Fehler
	Einplanung der Fehlerbehebung im Projektablauf	-

Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte	Prüfung der vorhandenen Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit	Anteil vollständig dokumentierter Arbeitsschritte an allen vorhandenen Arbeitsschritten
	Erstellung weiterer Dokumentationen	
Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne	Prüfung der vorhandenen Arbeitspläne	Anteil digitalisierter Arbeitspläne an allen vorhandenen Arbeitsplänen
	Digitalisierung von analogen Arbeitsplänen	
Dokumentation aller Prozesse	Prüfung der vorhandenen Dokumentation auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit	Anteil vollständig dokumentierter Prozesse an allen vorhandenen Prozessen
	Durchführung von Soll-Ist-Vergleichen zur Reduktion der Abweichungen	
Erfahrung im Projektmanagement	Prüfung vergangener Projekte hinsichtlich vorhandener Abläufe und Vorlagen	-
	Berücksichtigung von Best-Practice-Beispielen	-
Flexibilität der Strukturen	Prüfung der vorhandenen Strukturen auf potenziell flexible Elemente	Anteil flexibler Strukturen an allen vorhandenen Strukturen
Definition und Dokumentation der Projektziele für alle beteiligten Bereiche	Berücksichtigung der SMART-Grundsätze bei der Formulierung der Projektziele	Anteil der nach SMART-Grundsätzen formulierten Ziele an allen Zielen
	Verfügbarkeit der definierten Projektziele für alle Beteiligten	-
Soll-Prozesse als Zielvorgabe vorhanden	Entwicklung von Soll-Prozessen auf Basis eines Soll-Konzepts	Anzahl vorhandener Soll-Prozesse
	Durchführung einer Ist-Analyse	-
Schulungskonzept	Entwicklung eines Schulungskonzepts	-
Datensicherheitskonzept	Bewertung der unternehmensspezifischen Anforderungen an die Datensicherheit	-
	Entwicklung eines Datensicherheitskonzepts	-
Bestimmung der Engpassprozesse	Durchführung einer Engpass-Analyse	-
Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen	Vollständige Prüfung aller relevanten Bereiche	-
Planung bezüglich Arbeitsplatzanzahl, Systemstruktur	Durchführung einer Analyse bezüglich der benötigten Arbeitsplätze	-
	Erstellung einer Planung für die zukünftige Systemstruktur	-
Störungsmanagement	Definition von Prozessen und Verantwortlichkeiten für das Störungsmanagement	-
	Bestimmung potenzieller Worst-Case-Szenarien und Identifikation von Maßnahmen zu deren Bewältigung (Disaster-Recovery-Plan)	-
	Ausführliche Prüfung des Service-Level-Agreements des MES-Anbieters (insbesondere	-

	Antwortzeiten, zugesicherte System-Verfügbarkeit)	
Laufende Wartungsverträge	Umfassende Prüfung der vorhandenen Wartungsverträge und zukünftig benötigten Wartungsleistungen vor Beginn des Einführungsprojektes	-
	Ausführliche Prüfung des Service-Level-Agreements des MES-Anbieters (insbesondere Antwortzeiten, zugesicherte System-Verfügbarkeit)	-
Versicherungsschutz	Umfassende Prüfung vor Beginn des Einführungsprojektes	-

12.5. Fragenkatalog zur Bestimmung der Fähigkeitsgrade

Tabelle 18: Fragenkatalog zur Bestimmung der Fähigkeitsgrade

	Nr.	Anforderung	Frage zur Bestimmung des Fähigkeitsgrades
Mensch	1.1	Motivation der Mitarbeiter	Wie schätzen Sie die Motivation der Mitarbeiter ein, sich an der geplanten MES-Einführung zu beteiligen und das neue MES zu nutzen?
	1.2	zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter	Wie schätzen Sie die zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter ein, sich an der geplanten MES-Einführung zu beteiligen und das neue MES zu nutzen?
	1.3	fachliche Kompetenz der Mitarbeiter	Wie schätzen Sie die fachliche Kompetenz der Mitarbeiter ein, sich an der geplanten MES-Einführung zu beteiligen und das neue MES zu nutzen?
	1.4	Motivation des Projektteams	Wie schätzen Sie die Motivation des internen Projektteams ein, das MES-Einführungsprojekt erfolgreich umzusetzen?
	1.5	zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams	Wie schätzen Sie die zeitliche Verfügbarkeit des internen Projektteams ein, das MES-Einführungsprojekt erfolgreich umzusetzen?
	1.6	fachliche Kompetenz des Projektteams	Wie schätzen Sie die fachliche Kompetenz des internen Projektteams ein, das MES-Einführungsprojekt erfolgreich umzusetzen?
	1.7	Unterstützung des Betriebsrates	Wie beurteilen Sie die Einstellung des Betriebsrates zum geplanten MES-Einführungsprojektes?
	1.8	Erfahrung des Projektteams	Wie viel Erfahrung besitzt das interne Projektteam bezüglich Systemeinführungsprojekten?
	1.9	Erstellung eines Lenkungsausschusses	Wie beurteilen Sie die Gegebenheiten im Unternehmen hinsichtlich eines Lenkungsausschusses für das MES-Einführungsprojekt?
	1.10	Qualifikation des Projektleiters	Wie beurteilen Sie die Qualifikation des internen Projektleiters für das MES-Einführungsprojekt?
IT-Infrastruktur	2.1	Kenntnis vorhandener IT-Systeme	Wie groß sind die internen Kenntnisse bezüglich der vorhandenen IT-Systeme
	2.2	Quantität der Benutzerschnittstellen	Wie beurteilen Sie die Quantität der vorhandenen Benutzerschnittstellen bezüglich der Anforderungen des MES?
	2.3	Qualität der Benutzerschnittstellen	Wie beurteilen Sie die Qualität der vorhandenen Benutzerschnittstellen bezüglich der Anforderungen des MES?

	2.4	Internetverbindung/ Netzwerk	Erfüllen die Gegebenheiten der Internetverbindung und des Netzwerks die Anforderungen des MES?	
	2.5	Server	Erfüllen die vorhandenen Serverkapazitäten die Anforderungen des MES?	
	2.6	Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen	Liegt eine Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen vor?	
	2.7	Stromversorgung	Erfüllt die vorhandene Stromversorgung die Anforderungen des MES?	
	2.8	Interner Speicher/ Cloud/ Datenbank	Erfüllen die vorhandenen Speicherkapazitäten die Anforderungen des MES?	
	2.9	Quantität der Maschinenschnittstellen	Wie beurteilen Sie die Quantität der vorhandenen Maschinenschnittstellen bezüglich der Anforderungen des MES?	
	2.10	Qualität der Maschinenschnittstellen	Wie beurteilen Sie die Qualität der vorhandenen Maschinenschnittstellen bezüglich der Anforderungen des MES?	
	Daten	3.1	Qualität der verfügbaren Betriebsdaten	Wie beurteilen Sie die Qualität der vorhandenen Betriebsdaten bezüglich der Anforderungen des MES?
		3.2	Quantität der verfügbaren Betriebsdaten	Wie beurteilen Sie die Quantität der vorhandenen Betriebsdaten bezüglich der Anforderungen des MES?
		3.3	Qualität der verfügbaren Maschinendaten	Wie beurteilen Sie die Qualität der vorhandenen Maschinendaten bezüglich der Anforderungen des MES?
3.4		Quantität der verfügbaren Maschinendaten	Wie beurteilen Sie die Quantität der vorhandenen Maschinendaten bezüglich der Anforderungen des MES?	
3.5		Kompatibilität der vorhandenen Datenformate	Wie schätzen Sie die Kompatibilität der vorhandenen Datenformate mit den Datenformaten des MES ein?	
Prozesse	4.1	Abgrenzung des Projektumfangs	Wurde bereits eine Abgrenzung des Projektumfangs vorgenommen?	
	4.2	Qualität der Datenaufnahme	Wie beurteilen Sie die Qualität der internen Datenaufnahmeprozesse?	
	4.3	Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte	Existieren Definitionen und Dokumentationen zu den im Unternehmen durchgeführten Arbeitsschritten?	
	4.4	Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne	Sind in Ihrem Unternehmen digitale Arbeitspläne zu allen relevanten Produktionsprozessen vorhanden?	
	4.5	Dokumentation aller Prozesse	Existieren Dokumentationen zur allen Unternehmensprozessen?	
	4.6	Erfahrung im Projektmanagement	Wie beurteilen Sie die vorhandenen Erfahrungen im Projektmanagement?	
	4.7	Flexibilität der Strukturen	Weisen die vorhandenen Strukturen flexible Eigenschaften auf, die im Rahmen der MES-Einführung genutzt werden können?	
	4.8	Definition und Dokumentation der Projektziele für alle beteiligten Bereiche	Wurden für alle beteiligten Bereiche Projektziele definiert und dokumentiert?	
	4.9	Soll-Prozesse als Zielvorgabe vorhanden	Wurden Soll-Prozesse erstellt, die als Zielvorgabe bei der Systemimplementierung genutzt werden können?	
	4.10	Schulungskonzept	Existiert ein ausgearbeitetes Schulungskonzept für die MES-Einführung?	

4.11	Datensicherheitskonzept	Existiert ein Datensicherheitskonzept?
4.12	Bestimmung der Engpassprozesse	Sind die Engpassprozesse der Produktion bekannt?
4.13	Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen	Wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Einführung und Nutzung eines MES geprüft?
4.14	Planung bezüglich Arbeitsplatzanzahl, Systemstruktur	Wurden bereits Planungen zur Arbeitsplatzanzahl und Systemstruktur durchgeführt?
4.15	Störungsmanagement	Existieren im Unternehmen etablierte Prozesse für das Störungsmanagement von IT-Systemen?
4.16	Laufende Wartungsverträge	Wurden laufende Wartungsverträge von vorhandenen Systemen auf Auswirkungen einer MES-Einführung geprüft?
4.17	Versicherungsschutz	Wurde der vorhandene Versicherungsschutz auf Auswirkungen einer MES-Einführung geprüft?

12.6. Finaler Anforderungskatalog

Erläuterungen zum Anforderungskatalog

Im nachfolgenden Anforderungskatalog werden die wesentlichen Anforderungen beschrieben, welche eine MES-Einführung an das einführende Unternehmen stellt. Betrachtet werden Anforderungen in den vier **Gestaltungsfeldern** Mensch, IT-Infrastruktur, Daten und Prozesse. Im Gestaltungsfeld Mensch werden die Anforderungen an die verschiedenen Projektbeteiligten innerhalb des Unternehmens (z. B. Mitarbeiter und Projektteammitglieder) zusammengefasst. Im Gestaltungsfeld IT-Infrastruktur werden die Anforderungen an die informationstechnischen Gegebenheiten (z. B. Internetverbindung oder Serverkapazitäten) des Unternehmens beschrieben. Das Gestaltungsfeld Daten stellt die Anforderungen an die, im Unternehmen vorhanden, Daten (z. B. Maschinen- und Betriebsdaten) dar. Die Anforderungen an die Unternehmensprozesse (z. B. Produktionsprozesse oder Störungsmanagement) und weitere Abläufe werden im Gestaltungsfeld Prozesse erläutert.

Die Beschreibung jeder Anforderung ist in drei Abschnitte aufgeteilt. Der erste Abschnitt gibt Informationen zum **Hintergrund** der Anforderung wieder. In diesem Abschnitt wird die Bedeutung der Anforderung im Kontext der MES-Einführung dargestellt. Der zweite Abschnitt beschreibt die möglichen Ausprägungen der Anforderungserfüllung durch ein Unternehmen. Diese Anforderungserfüllung wird auch als **Fähigkeitsgrad** (FG) bezeichnet. Je besser eine Anforderung durch ein Unternehmen erfüllt wird, desto höher ist der Fähigkeitsgrad. Ein höherer Fähigkeitsgrad beschreibt folglich bessere Gegebenheiten für eine MES-Einführung bezüglich der betrachteten Anforderung. Der letzte Abschnitt fasst **Maßnahmen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung** zusammen. Durch die Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen können Unternehmen die Anforderungserfüllung verbessern und somit den Fähigkeitsgrad erhöhen.

Motivation der Mitarbeiter

Nummer: 1.1

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Befürworten Mitarbeiter die MES-Einführung, werden sie alle notwendigen Schritte wie bspw. die Erfassung der Daten korrekt durchführen. Fehlende Motivation kann dazu führen, dass diese Schritte teilweise ausgelassen werden.
- Fehlende Mitarbeitermotivation ist eng mit negativen, wirtschaftlichen Folgen für das Unternehmen verknüpft

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Mitarbeiter sind zum Großteil (offene) Gegner der MES-Einführung. Sie sehen keine Vorteile in der Einführung. Eine aktive Beteiligung an der Einführung kommt für sie nicht in Frage. Sie haben eine ablehnende Einstellung gegenüber der Nutzung eines MES.
- FG 1: Die Mitarbeiter sind größtenteils gleichgültig und abwartend eingestellt. Sie erkennen, dass das System Vorteile hat, aber befürchten persönliche Belastung aufgrund der Veränderung. Eine aktive Beteiligung an der Systemeinführung ist nicht zu erwarten.
- FG 2: Alle Mitarbeiter akzeptieren die Systemeinführung. Einige Mitarbeiter beteiligen sich aktiv an der Systemeinführung.
- FG 3: Alle Mitarbeiter bewerten die Systemeinführung als positiv. Die Mitarbeiter konnten von den Vorteilen des MES überzeugt werden. Viele Mitarbeiter beteiligen sich aktiv an der Systemeinführung.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Durchführung von Workshops zur Information der Mitarbeiter
- Frühzeitige Einbeziehung der Mitarbeiter im Einführungsprozess
- Chancen zur persönlichen Weiterentwicklung und Entwicklung neuer Kompetenzen schaffen
- Durchführung von Teambuilding-Maßnahmen

zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter

Nummer: 1.2

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Mitarbeiter sollten über ausreichende zeitliche Kapazitäten zur aktiven Unterstützung des Einführungsprojektes verfügen
- Auch für das Erlernen des neuen MES und die Integration der neuen Arbeitsabläufe in den Arbeitsalltag werden zeitliche Kapazitäten benötigt
- Ohne die aktive Unterstützung der Mitarbeiter sind die Erfolgsaussichten einer MES-Einführung gering
- Mitarbeiter, die dauerhaft mehr belastet sind, zeigen eine erhöhte Bereitschaft zum Arbeitsplatzwechsel
- Themen zur Sicherung nachhaltigen Unternehmenserfolgs bleiben auf der Strecke: Niemand hat Zeit sich mit Innovation oder kontinuierlicher Verbesserung zu beschäftigen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Den Mitarbeitern steht keine Zeit zur Verfügung, um an Schulungen teilzunehmen oder sich aktiv an der MES-Einführung zu beteiligen.
- FG 1: Den Mitarbeitern wird Zeit für eine geringe Anzahl Schulungen zur Verfügung gestellt. Es wird erwartet, dass alle Mitarbeiter nach den Schulungen in der Lage sind, mit dem System umzugehen. Für Nachfragen der Mitarbeiter steht keine Zeit zur Verfügung. Die Zeit für die aktive Beteiligung an der Systemeinführung ist stark begrenzt.
- FG 2: Allen Mitarbeitern wird Zeit für Schulungen zur Verfügung gestellt. Nachfragen der Mitarbeiter werden beantwortet. Mitarbeiter, die sich aktiv an der Systemeinführung beteiligen wollen, kann dafür Zeit zur Verfügung gestellt werden, sofern sie ihre Überzeugung kommunizieren.
- FG 3: Allen Mitarbeitern wird Zeit für umfangreiche Schulungen zur Verfügung gestellt. Nachfragen der Mitarbeiter sind entscheidend und werden ausführlich behandelt. Jedem Mitarbeiter wird Zeit zur Verfügung gestellt, um sich aktiv an der Systemeinführung zu beteiligen, sofern dies von dem jeweiligen Mitarbeiter gewollt ist.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Teilnahme an Schulungen für möglichst viele Mitarbeiter ermöglichen

- Priorisierung von Tätigkeiten durch die Mitarbeiter fördern
- Reduzierung anderer Tätigkeiten oder Freistellung von weiteren Aufgaben

fachliche Kompetenz der Mitarbeiter

Nummer: 1.3

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Mitarbeiter verfügen über ausreichendes Fachwissen zur Erfüllung der neuen Aufgaben und den Umgang mit verschiedenen Anwendungen des MES
- Die Einführung und Nutzung eines MES fordert seitens der Mitarbeiter bestimmte Kenntnisse und Fähigkeiten

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Mitarbeiter besitzen nicht die fachliche Kompetenz, um die Einführung des MES zu unterstützen. Die Fähigkeit das MES zweckmäßig zu nutzen, fehlt den Mitarbeitern ebenfalls.
- FG 1: Wenige Mitarbeiter besitzen bereits die fachliche Kompetenz, um die Einführung des MES zu unterstützen. Die Fähigkeit das MES zweckmäßig zu nutzen, ist bei den Mitarbeitern nur selten vorhanden. Umfangreiche Schulungen sind erforderlich.
- FG 2: Einige Mitarbeiter besitzen die fachliche Kompetenz, um die MES-Einführung zu unterstützen. Die Fähigkeit das MES zweckmäßig zu nutzen, ist bei den Mitarbeitern vorhanden, aber häufig noch schwach ausgeprägt. Diese Fähigkeit muss daher noch verbessert werden.
- FG 3: Die Mitarbeiter besitzen die fachliche Kompetenz, um die MES-Einführung zu unterstützen. Eine Mehrheit der Mitarbeiter besitzt die Fähigkeit das MES zweckmäßig zu nutzen oder ist in der Lage sich dieses Wissen in überschaubarer Zeit anzueignen.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Durchführung von Schulungen
- Unterstützung des Kompetenzmanagements in der HR-Abteilung (z. B. welche Mitarbeiter sollen welche Aufgaben während des Einführungsprozesses übernehmen)

Motivation des Projektteams

Nummer: 1.4

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Unterstützung und Befürwortung des Projektes durch das interne Projektteam
- Motiviertes Projektteam erhöht die Produktivität und unterstützt somit für eine erfolgreiche Realisierung des Projektes (Konsequente Planung, klare Aufgabenstellungen etc.)
- Aufgrund der Komplexität einer MES-Einführung ist ein umfassendes Projektmanagement notwendig

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Das interne Projektteam ist nicht motiviert und kann deshalb keine erfolgreiche MES-Einführung ermöglichen.
- FG 1: Das interne Projektteam zeigt geringe Motivation, ist aber in der Lage das Projekt unter gewöhnlichen Bedingungen abzuschließen. Der Motivationsmangel kann jedoch Komplikationen hervorrufen, die zu Qualitätsverlusten bei den Projektergebnissen führen.
- FG 2: Das interne Projektteam ist größtenteils motiviert.
- FG 3: Das interne Projektteam ist hochmotiviert und von dem System überzeugt. Das Projekt kann auch beim Auftreten von Komplikationen abgeschlossen werden, ohne dass die Projektergebnisse darunter leiden.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Unterstützung einer selbstbestimmten Arbeitsweise des Projektteams
- Förderung von Leistungs- und Teamverhalten
- Ermöglichung persönlicher Erfolge im Kontext der Einführung für die Projektmitglieder

zeitliche Verfügbarkeit des Projektteams

Nummer: 1.5

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Zeitliche Verfügbarkeit des interne Projektteams ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Durchführung des Projektes
- Einführung eines MES kann eine Zeitdauer von bis zu einem Jahr in Anspruch nehmen
- Dabei ist zu berücksichtigen, dass neben der softwareseitigen Einführung oftmals auch Prozesse innerhalb des Unternehmens umgestellt oder angepasst werden müssen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Das interne Projektteam verfügt nicht über die benötigte Zeit, um die Phasen der MES-Einführung zu bearbeiten.
- FG 1: Das interne Projektteam verfügt über wenig Zeit, wodurch sich die Qualität der Projektergebnisse verschlechtert.
- FG 2: Das interne Projektteam verfügt über ausreichend Zeit, um die MES-Einführung unter gewöhnlichen Bedingungen zu bewältigen.
- FG 3: Das interne Projektteam verfügt über ausreichend Zeit, um die MES-Einführung zu bewältigen. Wenn Komplikationen in verschiedenen Phasen der Projektbearbeitung auftreten, kann dem Projektteam zusätzliche Zeit zur Verfügung gestellt werden.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Klare und frühzeitige Definition der Projektabgrenzung (zeitlich, inhaltlich, organisatorisch)
- Schaffung einer eindeutigen Aufgabenverteilung innerhalb des Projektteams
- Frühzeitige Definition von Start- und Endzeitpunkten einzelner Aufgaben
- Freistellung des Projektleiters von anderen Aufgaben

fachliche Kompetenz des Projektteams

Nummer: 1.6

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Kenntnis des MES und der eigenen Prozesse
- Internes Projektteam benötigt umfangreiches Fachwissen für die Wahl eines passenden MES und seine Integration
- Ist die fachliche Kompetenz des Projektteams nicht in ausreichendem Umfang vorhanden, kann dies zu zeitlichem Verzug und verminderter Qualität im Projektergebnis führen
- umfassendes Projektmanagement zur MES-Einführung notwendig

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Das interne Projektteam verfügt nicht die benötigte fachliche Kompetenz, um das MES einzuführen.
- FG 1: Das interne Projektteam besitzt das Mindestmaß an fachlicher Kompetenz, um das MES einzuführen. Auftretende Komplikationen in den einzelnen Projektphasen können die Systemeinführung gefährden.
- FG 2: Das interne Projektteam besitzt die fachliche Kompetenz, um das MES unter gewöhnlichen Bedingungen einzuführen. Auftretende Komplikationen können jedoch die Qualität der Projektergebnisse negativ beeinflussen.
- FG 3: Das Projektteam besitzt die fachliche Kompetenz, um das MES auch beim Auftreten von Komplikationen erfolgreich und ohne Qualitätsverluste einzuführen.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Berücksichtigung der fachlichen Kompetenz bei der Auswahl der Projektteam-Mitglieder
- Förderung einer frühzeitigen Weiterbildung der Projektteam-Mitglieder

Unterstützung des Betriebsrates

Nummer: 1.7

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Unterstützung und Befürwortung des Projektes durch den Betriebsrat
- MES-System ermöglicht unter anderem eine Leistungs- und Verhaltenskontrolle der Mitarbeiter, daher hat der Betriebsrat ein Mitbestimmungsrecht bei der Einführung eines solchen Systems
-

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Der Betriebsrat lehnt die Einführung des MES ab.
- FG 1: Der Betriebsrat sieht die MES-Einführung als kritisch an und genehmigt sie mit Bedenken. Es kann zu Verzögerungen kommen, die das Projekt gefährden.
- FG 2: Der Betriebsrat ist mit der MES-Einführung einverstanden.
- FG 3: Der Betriebsrat hält die Einführung des MES für richtig und unterstützt sie aktiv.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Frühzeitige Absprache (inklusive umfassende Vorstellung des Projektes) mit dem Betriebsrat
- Konstruktives Einbinden des Betriebsrates in unterschiedlichen Projektphasen
- Mediation im Konfliktfall

Erfahrung des Projektteams

Nummer: 1.8

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Erfahrung der Projektmitglieder aus vorangegangenen bzw. ähnlichen Projekten
- Gesammelte Erfahrungen können sowohl aus positiven als auch aus negativen Erfahrungen abgeleitet werden und können dementsprechend Optimierungsmöglichkeiten oder Risiken in Bezug auf die MES-Einführung beschreiben

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Das interne Projektteam hat nicht die benötigte Erfahrung, um das MES einzuführen.
- FG 1: Das interne Projektteam besitzt wenig Erfahrung in der Zusammenarbeit und nur einzelne Mitglieder des Teams weisen Erfahrungen bezüglich der Einführung von Systemen auf.
- FG 2: Das interne Projektteam hat in dieser oder ähnlicher Form bereits eine Systemeinführung gemeistert.
- FG 3: Das interne Projektteam ist eingespielt und hat bereits mehr als einmal Systeme erfolgreich eingeführt.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Berücksichtigung unterschiedlicher Rollen bei der Zusammenstellung des Projektteams (z. B. sowohl sehr erfahrene Mitarbeiter als auch neue Mitarbeiter)
- Mitglieder des Projektteams sollten unterschiedliche Bereiche des Unternehmens repräsentieren und verschiedene Erfahrungen und Kompetenzen einbringen können

Erstellung eines Lenkungsausschusses

Nummer: 1.9

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Unterstützung des Projektes durch Geschäftsführer, Gesellschafter
- Erstellen einer Gruppe aus Entscheidungsträgern (z. B. Geschäftsführer, Gesellschafter) insbesondere bei größeren Projekten für den Fall, dass größere Probleme auftreten
- Oft hat ein Lenkungsausschuss die Kontrolle über das gesamte Projektportfolio eines Unternehmens, und verteilt das Budget und andere Ressourcen auf die einzelnen Projekte
- Der Lenkungsausschuss steht über dem Projektleiter und löst Probleme, die der Projektleiter nicht bewältigen kann

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Realisierung des Projektes wird erheblich erschwert, da kein Lenkungsausschuss erstellt wurde.
- FG 1: Der erstellte Lenkungsausschuss besitzt nur geringen Einfluss. Eine Unterstützung des Projektes ist nur eingeschränkt möglich und externe Störungen gefährden das Projekt erheblich.
- FG 2: Das Projekt kann durch den erstellten Lenkungsausschuss unterstützt werden, da er sich aus einer ausreichenden Anzahl von Personen mit Titeln, Informationen, Erfahrungen, Reputation und Beziehungen zusammensetzt. Externe Störungen stellen dennoch eine Gefahr dar.
- FG 3: Der Lenkungsausschuss ist mächtig an Titeln, Informationen, Erfahrungen, Reputation und Beziehungen und kann das Projekt vollumfänglich unterstützen und externe Störungen abwenden.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Sensibilisierung der Mitglieder des Lenkungsausschusses für Projektziele und Herausforderungen
- Arbeit des Lenkungsausschusses sollte ausschließlich auf der Management-Ebene stattfinden
- Ausführliche und kontinuierliche Kommunikation während der gesamten Projektlaufzeit mit dem Lenkungsausschuss und der Geschäftsführung

Qualifikation des Projektleiters

Nummer: 1.10

Gestaltungsfeld: Mensch

Hintergrund

- Moderations- und Führungskompetenzen
- Projektleiter sollten technische Details verstehen und die Richtigkeit und Qualität von Projektergebnissen prüfen können
- Der Erfolg eines Projektes steht und fällt mit der Qualifikation des Projektleiters
- Neben der Fachkompetenz, tragen die Fähigkeit Mitarbeiter zu führen bzw. die Teamarbeit zu steuern sowie die Kenntnisse der Methoden, wie sie zur Projektarbeit benötigt werden, zum Erfolg eines Projektes bei, insbesondere bei umfangreichen Projekten

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Der Projektleiter besitzt nicht die benötigte Qualifikation für die Einführung des MES.
- FG 1: Der Projektleiter bringt die Mindestqualifikationen mit, um das Projekt abschließen zu können, weist jedoch Defizite in einzelnen Qualifikationen (Moderation, Projektmanagement oder Kommunikation) auf. Diese erschweren die Koordination des Projektteams und führen zu Qualitätsverlusten bei den Projektergebnissen.
- FG 2: Der Projektleiter ist qualifiziert genug, um das Projektteam zu einem erfolgreichen Abschluss zu führen.
- FG 3: Der Projektleiter ist hochqualifiziert und kann das Projektteam auch im Fall von Komplikationen zu einem erfolgreichen Projektabschluss ohne Qualitätsverluste führen.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Berücksichtigung der benötigten Kompetenzen bei der Auswahl des Projektleiters
- Differenzierte Betrachtung der benötigten Kompetenzen (sozial, fachlich, methodisch)
- gezielte Schulung des Projektleiters zur Verbesserung einzelner Kompetenzen

Kenntnis vorhandener IT-Systeme

Nummer: 2.1

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Überblick und Kenntnis der existierenden IT-Landschaft
- Bei der Planung von IT-Architekturen müssen ggf. die aktuell installierten IT-Systeme modernisiert bzw. auf den neuesten Stand gebracht werden
- Fehlender Überblick der Ist-Situation können Problemfelder schaffen:
 - o Analysen der IT-Landschaft in Bezug auf Redundanzen, Strukturprobleme oder Optimierungsmöglichkeiten sind nur schwer möglich
 - o Softwareentwicklung und -beschaffung sind nicht mehr gezielt steuerbar. Infolgedessen ergeben sich erhöhte Risiken für die Bereitstellung, Integration und den Betrieb leistungsfähiger IT-Systeme und IT-Anwendungen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Kenntnis über vorhandene IT-Systeme ist nicht ausreichend, um ein MES einzuführen.
- FG 1: Die Kenntnis über vorhandene IT-Systeme liegt grundsätzlich vor. Einsatzbereich und Funktionsumfang der IT-Systeme sind jedoch sehr unpräzise dokumentiert.
- FG 2: Die Kenntnis über vorhandene IT-Systeme liegt vor. Einsatzbereich und Funktionsumfang der IT-Systeme sind ausreichend dokumentiert.
- FG 3: Die Kenntnis über vorhandene IT-Systeme liegt vollumfänglich vor. Einsatzbereich und Funktionsumfang der IT-Systeme sind präzise dokumentiert.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Gezielter Austausch mit der IT-Abteilung
- Durchführung einer Erhebung der IT-Systeme, hierbei sind sowohl bestehende Systeme als auch zukünftige Systeme und Anforderungen zu berücksichtigen
- Erstellung einer übersichtlichen und grafischen Darstellung der IT-Landschaft (inklusive Abgrenzung von relevanten und irrelevanten Systemelementen)

Quantität der Benutzerschnittstellen

Nummer: 2.2

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Anzahl bestehender Benutzerschnittstellen
- MES benötigt Benutzerschnittstellen
- Zu den Benutzerschnittstellen in Bezug auf MES gehören bspw. grafische Benutzeroberflächen zur Eingabe von Daten

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Es gibt nicht genügend Benutzerschnittstellen für die Mitarbeiter im Unternehmen. Eine MES-Einführung wäre nicht sinnvoll.
- FG 1: Im Unternehmen gibt es nur grundlegende Benutzerschnittstellen (PCs mit Monitoren). Bis jetzt sind nicht alle Mitarbeiter, die zukünftig mit dem MES arbeiten werden, mit entsprechenden Benutzerschnittstellen versorgt.
- FG 2: Im Unternehmen gibt es verschiedene Benutzerschnittstellen (PCs mit Monitoren, Tablets usw.). Die meisten Mitarbeiter die zukünftig mit dem MES arbeiten werden, sind bereits mit entsprechenden Benutzerschnittstellen versorgt.
- FG 3: Im Unternehmen gibt es verschiedene Benutzerschnittstellen (PCs mit Monitoren, Tablets usw.). Die Mitarbeiter können diese flexibel nutzen. Alle Mitarbeiter die zukünftig mit dem MES arbeiten werden, sind mit entsprechenden Benutzerschnittstellen versorgt.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Frühzeitige Planung bezüglich zukünftiger Nutzer des MES
- Anschaffung zusätzlicher Benutzerschnittstellen

Qualität der Benutzerschnittstellen

Nummer: 2.3

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Gebrauchstauglichkeit, Bedienbarkeit oder Benutzungsfreundlichkeit der Benutzerschnittstellen
- Prüfung von möglichen Beeinträchtigungen und Einstellung der Mitarbeiter gegenüber der Nutzung des Produkts
- Die Benutzerschnittstellen müssen vom Menschen bedienbar sein. Sie sollten die Bedienung der Maschinen, die Beobachtung der Systemzustände und ggf. das Eingreifen in Prozesse ermöglichen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Benutzerschnittstellen erfüllen nicht die Ansprüche in Bezug auf die Orientierungs-, Navigations-, Inhalts- und Interaktionselemente eines User Interfaces.
- FG 1: Die Benutzerschnittstellen erfüllen die grundlegenden Ansprüche in Bezug auf die Orientierungs-, Navigations-, Inhalts- und Interaktionselemente eines User Interfaces.
- FG 2: Die Benutzerschnittstellen erfüllen die Ansprüche in Bezug auf die Orientierungs-, Navigations-, Inhalts-, Interaktions- und Motivationselemente eines User Interfaces.
- FG 3: Die Benutzerschnittstellen erfüllen die Ansprüche in Bezug auf die Orientierungs-, Navigations-, Inhalts-, Interaktions- und Motivationselemente eines User Interfaces vollumfänglich. Die Software-Usability ist sehr gut.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Detaillierte Prüfung aller Benutzerschnittstellen bezüglich der vorhandenen Ausstattung
- Anschaffung neuer / zusätzlicher Benutzerschnittstellen
- Durchführung von frühzeitigen Tests (Akzeptanztests) bei der Einführung neuer Benutzerschnittstellen, Erstellung eines Prototyps

Internetverbindung/ Netzwerk

Nummer: 2.4

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- aktuelle Gegebenheiten bezüglich Internetverbindung und Netzwerkeigenschaften
- MES besitzt Anforderungen bezüglich Internetverbindung und Netzwerk
- Diese werden besonders zur Erfassung, Speicherung, Vernetzung und Auswertung von Daten in Echtzeit benötigt
- Mit der zunehmenden Verwendung von WLAN-Lösungen erreicht man eine höhere Ausfallsicherheit und gewinnt an Mobilität

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Internetverbindung und / oder das lokale Netzwerk im Unternehmen können eine MES-Einführung nicht unterstützen.
- FG 1: Die Internetverbindung und / oder das lokale Netzwerk im Unternehmen können eine MES-Einführung nur bedingt unterstützen. Es muss anfänglich mit häufigen Ausfällen gerechnet werden. (instabiles Internet usw.)
- FG 2: Die Internetverbindung und / oder das lokale Netzwerk im Unternehmen können eine MES-Einführung unterstützen. Es muss jedoch mit anfänglichen Ausfällen gerechnet werden. (instabiles Internet, Überlastung, usw.)
- FG 3: Die Internetverbindung und / oder das lokale Netzwerk im Unternehmen können eine MES-Einführung problemlos unterstützen. Ausfälle sind nicht zu erwarten.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Vollständige Prüfung der physischen Gegebenheiten vor Beginn der MES-Einführung
- Prüfung der vorhandenen Sicherheitsgegebenheiten (z. B. Firewall-Einstellungen)
- Ggf. IT-Dienstleister einbinden und über das Projekt informieren
- Klärung von Prozessen (z. B. zur Änderung von Firewall-Einstellungen), Ermittlung von Bearbeitungszeiten

Server

Nummer: 2.5

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Beschreibung der aktuellen Gegebenheiten bezüglich Servereigenschaften
- Ausprägung der Serververfügbarkeit/ -kapazitäten
- Auf dem MES-Server werden alle Daten erfasst, dies umfasst Stammdaten und alle zu erfassenden Ist-Daten aus der Produktion
- Bei unzureichender Serverkapazitäten erfolgt keine Datenübertragung an das Netzwerk bzw. die Datenbank
- Zu wenig Serverspeicher in der Cloud kann zu verlangsamten Prozessen führen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Verfügbarkeit oder Zugang zu ausreichender Serverkapazität ist für das einzuführende MES nicht gegeben.
- FG 1: Verfügbarkeit oder Zugang zu ausreichender Serverkapazität ist für das einzuführende MES nur stark eingeschränkt gegeben. Weitere Serverkapazität muss noch beschafft oder freigegeben werden.
- FG 2: Verfügbarkeit oder Zugang zu ausreichender Serverkapazität ist für das einzuführende MES zum größten Teil gegeben. Weitere Serverkapazität muss noch beschafft oder freigegeben werden.
- FG 3: Verfügbarkeit oder Zugang zu ausreichender Serverkapazität ist für das einzuführende MES vollständig gegeben.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Vollständige Prüfung der Gegebenheiten vor Beginn der MES-Einführung
- Frühzeitige Planung der benötigten Servergegebenheiten (inkl. Kapazitätsplanung und Kostenplanung)

Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen

Nummer: 2.6

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Anforderungen zu bestehenden IT-Systemen überprüfen und erfüllen
- Fähigkeit zwischen zwei oder mehr Softwaresystemen Daten oder digitale Information auszutauschen, diese digitalen Daten korrekt zu interpretieren und zu verarbeiten
- MES besitzt definierte Schnittstellen
- Es besteht hoher Aufwand bei der Programmierung, Anpassung und Implementierung einer Schnittstelle, wenn Anforderungen zu bestehenden IT-Systemen nicht erfüllt werden

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Schnittstellenkompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen liegt nicht vor und könnte nur unter hohem Kostenaufwand erreicht werden (Entwicklung von Schnittstellen).
- FG 1: Es liegt nicht zu allen relevanten IT-Systemen Schnittstellenkompatibilität vor. Einzelne Schnittstellen müssen noch entwickelt werden.
- FG 2: Es liegt Schnittstellenkompatibilität zu den wichtigsten IT-Systemen vor. Um eine vollständige Vernetzung des einzuführenden MES mit den IT-Systemen zu erreichen, müssen noch weitere Schnittstellen entwickelt werden.
- FG 3: Es liegt Schnittstellenkompatibilität mit allen relevanten IT-Systemen vor oder sie kann in kurzer Zeit erreicht werden.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Abstimmung mit der IT-Abteilung
- Vollständige Prüfung aller vorhandenen Schnittstellen
- Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen bei der Planung
- Ermittlung der geplanten Soll-Situation und Durchführung eines Soll-Ist-Vergleiches

Stromversorgung

Nummer: 2.7

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Lage der Stromversorgung, Stromanschlüsse
- Möglichst unterbrechungsfreie Stromversorgung
- MES benötigt unter Umständen besondere Gegebenheiten bezüglich der Stromversorgung

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Stromversorgung ist nicht ausreichend für die MES-Einführung und der Zugang zur Versorgung ist einer Vielzahl von Bereichen der Produktion nicht gegeben.
- FG 1: Die Stromversorgung ist noch nicht ausreichend für die MES-Einführung oder der Zugang zur Versorgung ist nicht in allen Bereichen der Produktion gegeben.
- FG 2: Die Stromversorgung ist beinahe ausreichend für die MES-Einführung und der Zugang zur Versorgung ist in den meisten Bereichen der Produktion gegeben.
- FG 3: Die Stromversorgung ist ausreichend für die MES-Einführung und der Zugang zur Versorgung ist in allen Bereichen der Produktion gegeben.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Vollständige Prüfung der Gegebenheiten vor Beginn der MES-Einführung

Interner Speicher/ Cloud

Nummer: 2.8

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Verfügbare und benötigte Speicherkapazität
- Cloudzugang
- Daten aller Ebenen werden durch das MES erfasst, verarbeitet, (zwischen)gespeichert und bereitgestellt
- Daten können lokal innerhalb der eigenen IT-Infrastruktur oder in einer externen Cloud, abgelegt werden
- Die IT-Infrastruktur des Unternehmens wird von verschiedenen Mitarbeitern genutzt, deren Identität authentifiziert und deren Zugriffsmöglichkeiten innerhalb der Clouds autorisiert werden müssen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Datenspeicherkapazitäten sind nicht annähernd ausreichend für eine MES-Einführung und die anschließende Nutzung. Die fehlenden Kapazitäten können nicht in einem kurzen Zeitraum und nur unter hohem Kostenaufwand beschafft werden.
- FG 1: Die Datenspeicherkapazitäten sind noch nicht vollständig ausreichend für eine MES-Einführung und die anschließende Nutzung. Es müssen noch zusätzliche Kapazitäten beschafft oder freigegeben werden.
- FG 2: Die Datenspeicherkapazitäten sind ausreichend für eine MES-Einführung. Für die anschließende langfristige Nutzung müssen jedoch noch Kapazitäten beschafft oder freigegeben werden.
- FG 3: Die Datenspeicherkapazitäten sind ausreichend für eine MES-Einführung und eine anschließende langfristige Nutzung des Systems.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Vollständige Prüfung der Gegebenheiten vor Beginn der MES-Einführung

Quantität der Maschinenschnittstellen

Nummer: 2.9

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Aktuelle Anzahl der Maschinenschnittstellen
- MES benötigt definierte Maschinenschnittstellen, die für die Erfassung des Maschinenzustandes zuständig sind
- Diese dienen über Sensoren zur Aufnahme von Takten und digitalen Signalen sowie analogen Messwerten

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die eingesetzten Maschinen sind nicht kompatibel mit dem MES und die Entwicklung von Schnittstellen ist unwirtschaftlich.
- FG 1: Die eingesetzten Maschinen sind kompatibel mit dem MES, aber ein Großteil besitzt noch keine Schnittstellen. Diese müssen noch entwickelt werden.
- FG 2: Die eingesetzten Maschinen sind kompatibel mit dem MES, aber Teil von ihnen besitzt keine Schnittstellen. Diese müssen noch entwickelt werden.
- FG 3: Die eingesetzten Maschinen sind kompatibel mit dem MES und die Schnittstellen liegen bereits vor oder können in kurzer Zeit entwickelt werden.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Frühzeitige Planung der benötigten Maschinenschnittstellen
- Integration zusätzlicher Maschinenschnittstellen beim Einführungsprojekt berücksichtigen

Qualität der Maschinenschnittstellen

Nummer: 2.10

Gestaltungsfeld: IT-Infrastruktur

Hintergrund

- Ausstattung aktueller Schnittstellen
- Erfassung von Maschinendaten (z. B. Stückzahlen, Maschinentakte, Betriebs- und Statussignale sowie analoge Prozesswerte)
- MES benötigt definierte Maschinenschnittstellen, die für die Erfassung des Maschinenzustandes zuständig sind
- Die Maschinenschnittstellen müssen bei Bedarf modular erweiterbar sein und über industriegerechte Montage- und Anschlussmöglichkeiten verfügen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Ausstattung der vorhandenen Maschinenschnittstellen zur effizienten Nutzung des MES ist nicht gegeben.
- FG 1: Ausstattung der vorhandenen Maschinenschnittstellen zur effizienten Nutzung des MES ist teilweise gegeben. Einzelne Eigenschaften wie z. B. die Internetfähigkeit, die Möglichkeiten der Dateneingabe, oder Optionen der Datenübertragung, sind noch nicht zufriedenstellend.
- FG 2: Ausstattung der vorhandenen Maschinenschnittstellen ist zur effizienten Nutzung des MES ausreichend. Eigenschaften wie z. B. die Internetfähigkeit, die Möglichkeiten der Dateneingabe, oder Optionen der Datenübertragung, sind zufriedenstellend.
- FG 3: Ausstattung der vorhandenen Maschinenschnittstellen ist zur effizienten Nutzung des MES optimal geeignet. Eigenschaften wie z. B. die Internetfähigkeit, die Möglichkeiten der Dateneingabe, oder Optionen der Datenübertragung, sind fehlerfrei und getestet.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Detaillierte Prüfung aller Maschinenschnittstellen bezüglich der vorhandenen Ausstattung (inklusive Schnittstellen)
- Integration neuer / zusätzlicher Maschinenschnittstellen
- Verwendung von genormten Standardschnittstellen

Qualität der verfügbaren Betriebsdaten

Nummer: 3.1

Gestaltungsfeld: Daten

Hintergrund

- aktuelle Gegebenheiten der Betriebsdaten
- korrekte Erfassung technischer und organisatorischer Daten
- Erfassen qualitativer und quantitativer Daten zu Mengen, Laufzeiten, Stillständen, Störgründen, Chargen und Qualität
- Betriebsdaten werden über die direkte Maschinendatenerfassung (MDE) aufgezeichnet und anschließend an das angebundene MES weitergeleitet
- Betriebsdatenerfassung soll helfen, den Mangel an vollständigen, korrekten und rechtzeitig vorliegenden Informationen über Fertigungsaufträge zu beseitigen
- Betriebsdaten stellen die **Voraussetzung für die Automatisierung der Produktionsplanung und -steuerung dar**

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die erfassten organisatorischen Betriebsdaten erfüllen nicht die Datenqualitätskriterien.
- FG 1: Die erfassten organisatorischen Betriebsdaten erfüllen die Datenqualitätskriterien teilweise.
- FG 2: Die erfassten organisatorischen Betriebsdaten erfüllen die meisten Datenqualitätskriterien.
- FG 3: Die erfassten organisatorischen Betriebsdaten erfüllen alle Datenqualitätskriterien.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Verfügbare Betriebsdaten auf Datenqualitätskriterien überprüfen (mögliche Kriterien: Vollständigkeit, Eindeutigkeit, Korrektheit, Aktualität, Genauigkeit, Konsistenz, Redundanzfreiheit, Relevanz, Einheitlichkeit, Zuverlässigkeit und Verständlichkeit)
- Berücksichtigung der Grundschutzkataloge des BSI
- Vorhandenen Digitalisierungsgrad der Daten bestimmen; analoge Daten digitalisieren

Quantität der verfügbaren Betriebsdaten

Nummer: 3.2

Gestaltungsfeld: Daten

Hintergrund

- Anzahl vorhandener Betriebsdaten
- Erfassen qualitativer und quantitativer Daten zu Mengen, Laufzeiten, Stillständen, Störgründen, Chargen und Qualität
- MES benötigt eine ausreichende Menge von Betriebsdaten
- Betriebsdatenerfassung soll helfen, den Mangel an vollständigen, korrekten und rechtzeitig vorliegenden Informationen über Fertigungsaufträge zu beseitigen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die relevanten organisatorischen Betriebsdaten (Auftrags- und Personaldaten) werden nicht erfasst.
- FG 1: Einige relevante organisatorische Betriebsdaten (Auftrags- und Personaldaten) werden noch nicht erfasst.
- FG 2: Die relevanten organisatorischen Betriebsdaten (Auftrags- und Personaldaten) werden erfasst.
- FG 3: Alle relevanten organisatorischen Betriebsdaten (Auftrags- und Personaldaten) werden vollständig erfasst.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Vollständige Prüfung der verfügbaren Daten
- Bestimmung der vorhandenen und benötigten Granularität der Daten

Qualität der verfügbaren Maschinendaten

Nummer: 3.3

Gestaltungsfeld: Daten

Hintergrund

- aktuelle Gegebenheiten von maschinen- und produktionsbezogenen Ist-Daten
- Möglichkeit der Analyse und Optimierung von Fertigungsprozessen mit dem Ziel, die **Produktivität der Fertigungsprozesse zu steigern**
- MES benötigt Maschinendaten (z. B. Alter der Maschinen, Steuerungsdaten)
- Forderungen nach höheren Nutzungsgraden und besserer Verfügbarkeit können nur erfüllt werden, wenn über die Vorgänge an den Maschinen umfassende und reproduzierbare Informationen verfügbar sind
- Durch Auswertungen der Daten können versteckte Kapazitäten identifiziert und besser genutzt werden

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die erfassten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) erfüllen nicht die Datenqualitätskriterien.
- FG 1: Die erfassten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) erfüllen die Datenqualitätskriterien teilweise.
- FG 2: Die erfassten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) erfüllen die meisten Datenqualitätskriterien.
- FG 3: Die erfassten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) erfüllen alle Datenqualitätskriterien.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Verfügbare Maschinendaten auf Datenqualitätskriterien überprüfen (mögliche Kriterien: Vollständigkeit, Eindeutigkeit, Korrektheit, Aktualität, Genauigkeit, Konsistenz, Redundanzfreiheit, Relevanz, Einheitlichkeit, Zuverlässigkeit und Verständlichkeit)
- Berücksichtigung der Grundschutzkataloge des BSI
- Vorhandenen Digitalisierungsgrad der Daten bestimmen; analoge Daten digitalisieren

Quantität der verfügbaren Maschinendaten

Nummer: 3.4

Gestaltungsfeld: Daten

Hintergrund

- aktuelle Gegebenheiten bzw. Anzahl der verfügbaren Maschinendaten
- MES benötigt eine ausreichende Menge Maschinendaten (z. B. Alter der Maschinen, Steuerungsdaten)
- Forderungen nach höheren Nutzungsgraden und besserer Verfügbarkeit können nur erfüllt werden, wenn über die Vorgänge an den Maschinen umfassende und reproduzierbare Informationen verfügbar sind
- Durch Auswertungen der Daten können versteckte Kapazitäten identifiziert und besser genutzt werden

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die relevanten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) werden nicht erfasst.
- FG 1: Einige relevante technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) werden noch nicht erfasst.
- FG 2: Die relevanten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) werden erfasst.
- FG 3: Alle relevanten technischen Betriebsdaten (Maschinen- und Prozessdaten) werden vollständig erfasst.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Vollständige Prüfung der verfügbaren Daten
- Bestimmung der vorhandenen und benötigten Granularität der Daten

Kompatibilität der Datenformate

Nummer: 3.5

Gestaltungsfeld: Daten

Hintergrund

- Überprüfung, welche Datenformate von der Software unterstützt werden
- Bestimmung der vorhandenen Datenformate und ggf. Synchronisation
- MES besitzt festgelegte Datenformate sowie Schnittstellen zu anderen Systemen
- Es ist ein kompatibles Datenformat zwischen Anlagen- und Produktmodell erforderlich, welches den Produktionsprozess digital abbilden kann

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die vorhandenen Daten sind nicht kompatibel mit dem einzuführenden MES.
- FG 1: Die vorhandenen Daten sind noch zu großen Teilen inkompatibel mit dem einzuführenden MES. Die restliche Kompatibilität kann mit größerem Zeitaufwand realisiert werden.
- FG 2: Die vorhandenen Daten sind bereits größtenteils kompatibel mit dem einzuführenden MES. Die restliche Kompatibilität kann in überschaubarere Zeit realisiert werden.
- FG 3: Die vorhandenen Daten sind bereits vollständig kompatibel mit dem einzuführenden MES.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Prüfung und Abgleich der vorhandenen Datenformate mit den im MES benötigten Datenformaten (Soll-Ist-Vergleich)

Abgrenzung des Projektumfangs

Nummer: 4.1

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Zeitliche und sachliche Abgrenzung des Projektes
- Kenntnis welche Organisationseinheiten an dem Projekt beteiligt sind
- Umfang des MES-Projektes ist abhängig von der Eingrenzung
- fehlende Abgrenzung des Projektumfangs gehören zu den Gründen, die den Projekterfolg oft verhindern

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden nicht definiert und sie wurden nicht mit allen Beteiligten kommuniziert.
- FG 1: Eine grobe Idee für Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurde entwickelt. Eine Kommunikation mit allen Beteiligten hat noch nicht stattgefunden.
- FG 2: Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden definiert und sie wurden mit allen Beteiligten kommuniziert.
- FG 3: Ziele und Grenzen des Einführungsprojektes wurden definiert und sie wurden mit allen Beteiligten kommuniziert. Es wurden bereits erste Planungen bezüglich der Projektdurchführung unternommen.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Frühzeitige Projektbegrenzung durchführen
- Projektbegrenzung mit allen Beteiligten kommunizieren
- Kriterien für einen potenziellen Projektabbruch festlegen

Qualität der Datenaufnahme

Nummer: 4.2

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Aktuelle Gegebenheiten der Datenaufnahme
- MES besitzt Funktionen mit denen Daten verwaltet werden (bspw. Fehlerarten und -ursachen, Kostenarten etc.), hierfür wird eine definierte Datenaufnahmequalität benötigt

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Datenaufnahme / Dateneingabe über Benutzerschnittstellen funktioniert nicht.
- FG 1: Datenaufnahme / Dateneingabe über Benutzerschnittstellen funktioniert nur bedingt und ist sehr fehlerbehaftet. (z. B. falsche Übertragung der Informationen usw.)
- FG 2: Datenaufnahme / Dateneingabe über Benutzerschnittstellen funktioniert. Es treten jedoch noch Fehler auf (z. B. falsche Übertragung der Informationen usw.).
- FG 3: Datenaufnahme / Dateneingabe über Benutzerschnittstellen wurde ausführlich getestet und funktioniert fehlerfrei.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Durchführung von umfänglichen Tests
- Erhebung von auftretenden Fehlern
- Einplanung der Fehlerbehebung im Projektablauf

Definition und Dokumentation aller Arbeitsschritte

Nummer: 4.3

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- systematische Erfassung und Darstellung von Arbeitsschritten
- MES überwacht die einzelnen Arbeitsschritte und sendet entsprechende Statusmeldungen zurück
- MES organisiert Arbeitsschritte übergreifend

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Produktion durchgeführt werden, folgen keinem definierten Ablauf und sind nicht ausreichend dokumentiert.
- FG 1: Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Produktion durchgeführt werden, folgen einem losen definierten Ablauf und die Dokumentation ist unvollständig.
- FG 2: Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Produktion durchgeführt werden, folgen einem definierten Ablauf und die Dokumentation ist vollständig. Die tatsächlichen Arbeitsabläufe weisen jedoch kleine Abweichungen zu den dokumentierten Arbeitsabläufen auf.
- FG 3: Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Produktion durchgeführt werden, folgen einem definierten und strukturiertem Ablauf und die Dokumentation ist vollständig. Die tatsächlichen Arbeitsabläufe weisen keine Abweichungen zu den dokumentierten Arbeitsabläufen auf.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Prüfung der vorhandenen Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit
- Erstellung weiterer Dokumentationen

Verfügbarkeit digitaler Arbeitspläne

Nummer: 4.4

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Beschreibung der Gegebenheiten im Unternehmen bezüglich Arbeitspläne
- für die MES-Einführung ist die Kenntnis der durchgeführten Arbeitsschritte in der Produktion notwendig, da darauf basierend die notwendigen Funktionen des MES ermittelt werden
- Digitale Arbeitspläne können direkt in das MES integriert werden
-

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Produktionsvorgänge sind nicht in Arbeitsplänen definiert und können deshalb auch nicht im digitalen Format zur Verfügung gestellt werden.
- FG 1: Produktionsvorgänge sind in Arbeitsplänen definiert und können deshalb grundsätzlich in digitalem Format zur Verfügung gestellt werden. Die Definitionen sind jedoch nicht direkt übertragbar ins digitale Format, da sie schriftlich festgehalten werden oder weil das benötigte Know-How fehlt.
- FG 2: Produktionsvorgänge sind in Arbeitsplänen definiert und können deshalb in digitalem Format zur Verfügung gestellt werden.
- FG 3: Produktionsvorgänge sind in Arbeitsplänen ausführlich definiert und werden bereits in digitalem Format zur Verfügung gestellt.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Prüfung der vorhandenen Arbeitspläne
- Digitalisierung von analogen Arbeitsplänen

Dokumentation aller Prozesse

Nummer: 4.5

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Bestimmung von Kern-, Führungs- und Unterstützungsprozesse
- Berücksichtigung von Prozesse außerhalb der Produktion
- Ermöglicht eine kontinuierliche und zeitnahe Anpassung von Prozessen an das MES und steigert so die Produktivität
- Verhindert, dass bestimmte Verfahren aufgrund mangelnden Verständnisses nicht angewendet werden

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Im Unternehmen liegen keine oder nur vereinzelte Prozessdokumentationen vor.
- FG 1: Die wichtigsten Prozesse im Unternehmen sind dokumentiert. Einige weniger wichtige Prozesse sind nicht dokumentiert.
- FG 2: Im Unternehmen gibt es ein Prozessmanagement. Das Prozessmanagement dokumentiert alle Prozesse und stellt sie in einem Prozesshandbuch (digital) zur Verfügung.
- FG 3: Das Unternehmen besitzt ein Prozessmanagement, welches sich um die Dokumentation und die kontinuierliche Verbesserung der Proessabläufe bemüht. Das (digitale) Prozesshandbuch ist immer auf dem neuesten Stand.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Prüfung der vorhandenen Dokumentation auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit
- Durchführung von Soll-Ist-Vergleichen zur Reduktion der Abweichungen

Erfahrung im Projektmanagement

Nummer: 4.6

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Erfahrung bei der Planung, Leitung und dem Management von Projekten
- MES-Einführung ist ein komplexes und langwieriges Projekt

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Das Unternehmen und die beteiligten Fachabteilungen haben keine Erfahrungen mit der erfolgreichen Durchführung von Projekten. Festgelegter Abläufe bei der Durchführung von Projekten: z. B. Genehmigungsverfahren und Zuständigkeiten, Konfliktlösungsstrategien gibt es nicht.
- FG 1: Die Erfahrung des Unternehmens und der beteiligten Fachabteilungen mit der Durchführung von Projekten ist überschaubar. Festgelegter Abläufe bei der Durchführung von Projekten: z. B. Genehmigungsverfahren und Zuständigkeiten, Konfliktlösungsstrategien existieren. Sie sind jedoch sehr unpräzise definiert und werden deshalb nicht immer verwendet.
- FG 2: Das Unternehmen und die beteiligten Fachabteilungen haben mehrere Projekte erfolgreich durchgeführt. Festgelegter Abläufe bei der Durchführung von Projekten: z. B. Genehmigungsverfahren und Zuständigkeiten, Konfliktlösungsstrategien existieren. Sie gelten als Richtlinie zur Orientierung
- FG 3: Das Unternehmen und die beteiligten Fachabteilungen haben viel Erfahrung in der erfolgreichen Projektdurchführung sammeln können. Pflege und Weiterentwicklung festgelegter Abläufe bei der Durchführung von Projekten: z. B. Genehmigungsverfahren und Zuständigkeiten, Konfliktlösungsstrategien werden finden kontinuierlich statt. Veränderung (Change-Management) ist Teil der Unternehmenskultur.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Prüfung vergangener Projekte hinsichtlich vorhandener Abläufe und Vorlagen
- Berücksichtigung von Best-Practice-Beispielen

Flexibilität der Strukturen

Nummer: 4.7

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Abhängigkeiten in der Produktion, Pufferzeiten, Abstände zwischen Auftragseingängen etc.
- MES-Einführung kann zu Unterbrechungen, Störungen im Betriebsablauf führen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die unflexible Struktur der Produktion ermöglicht keine Entlastung einzelner Elemente, wodurch eine MES-Einführung nicht möglich ist.
- FG 1: Die größtenteils unflexible Struktur der Produktion ermöglicht nur eine bedingte Entlastung einzelner Elemente, wodurch eine MES-Einführung schwierig wird.
- FG 2: Die Struktur der Produktion ist allgemein flexibel, wodurch eine Entlastung einzelner Elemente möglich ist. Teile der Struktur sind jedoch starr, was bei der Planung von Entlastungen berücksichtigt werden muss.
- FG 3: Die Struktur der Produktion ist sehr flexibel, wodurch eine Entlastung einzelner Elemente möglich und gut planbar ist.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Prüfung der vorhandenen Strukturen auf potenziell flexible Elemente

Definition und Dokumentation der Projektziele für alle beteiligten Bereiche

Nummer: 4.8

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Festlegung des Start- und Endtermins für das Gesamtprojekt sowie ggf. der Teilprojekte. Ggf. Angabe von wesentlichen Meilensteinen.
- Umfang und Inhalt des MES-Einführungsprojekt ist abhängig von den Zielen der unterschiedlichen Bereiche
- Projektziel umfasst die Erreichung eines angestrebten Zustands (Leistungsziel) zu einem bestimmten End-Termin (Zeitziel) mit einem bestimmten Ressourcen-Einsatz (Ressourcenziel)

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die beteiligten Bereiche haben ihre Projektziele nicht definiert bzw. ihre Projektziele nicht mit den anderen beteiligten Bereichen kommuniziert.
- FG 1: Die beteiligten Bereiche haben ihre Projektziele nur sehr allgemein definiert und / oder ihre Projektziele nicht mit allen beteiligten Bereichen kommuniziert.
- FG 2: Die beteiligten Bereiche haben ihre Projektziele definiert, dokumentiert und mit allen beteiligten Bereichen kommuniziert. Spezifische Ziele innerhalb der Projektphasen wie Meilensteine und Fristen wurden noch nicht vollständig erarbeitet.
- FG 3: Die beteiligten Bereiche haben ihre Projektziele und Meilensteine konkret definiert, dokumentiert und mit allen beteiligten Bereichen kommuniziert. Spezifische Ziele innerhalb der Projektphasen wie Meilensteine und Fristen wurden bereits vollständig erarbeitet, dokumentiert und ebenfalls kommuniziert.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Berücksichtigung der SMART-Grundsätze bei der Formulierung der Projektziele
- Verfügbarkeit der definierten Projektziele für alle Beteiligten

Soll-Prozesse als Zielvorgabe vorhanden

Nummer: 4.9

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Erarbeitung von Soll-Prozessen zur Verbesserung von Geschäftsprozessen
- MES soll Verbesserung zur aktuellen Situation beinhalten
- Der Grad der Zielerreichung wird anhand der Zielvorgaben beurteilt
- Um anspruchsvolle Ziele zu erreichen, werden neue bzw. optimierte Prozesse benötigt. Wesentlicher Faktor hierbei ist die Identifikation des bestmöglichen Soll-Prozesses

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Vor der MES-Einführung wurden keine Soll-Prozesse als Zielvorgaben entwickelt.
- FG 1: Vor der MES-Einführung wurden nicht alle Soll-Prozesse als Zielvorgaben entwickelt. Die wenigen entwickelten Soll-Prozesse wurden nicht ausführlich beschrieben und ihre Durchführung ist eventuell nicht realisierbar.
- FG 2: Vor der MES-Einführung wurden Soll-Prozesse als Zielvorgaben entwickelt. Die Soll-Prozesse wurden beschrieben, aber nur eingeschränkt auf ihre Durchführbarkeit überprüft.
- FG 3: Vor der MES-Einführung wurden Soll-Prozesse als Zielvorgaben entwickelt. Die Soll-Prozesse wurden ausführlich beschrieben und auf ihre Durchführbarkeit überprüft.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Entwicklung von Soll-Prozessen auf Basis eines Soll-Konzepts
- Durchführung einer Ist-Analyse

Schulungskonzept

Nummer: 4.10

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Vorhandenes Schulungskonzept / Kenntnis der Schulungsbedarfe (Bedarfsmatrix etc.) ermitteln
- Aneignung von grundlegendem Know-How zum Thema MES, insbesondere Einführung und Einsatz

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Es gibt kein Schulungskonzept für die MES-Einführung.
- FG 1: Dem Schulungskonzept wird keine besondere Wichtigkeit zugeordnet, da bspw. die intuitive Oberfläche des MES als selbsterklärend betrachtet wird.
- FG 2: Vor der MES-Einführung wurde ein Schulungskonzept geplant. Die Schulungen sollen alle zukünftigen Anwender des MES vorbereiten und einen sicheren Umgang mit dem System ermöglichen.
- FG 3: Es erfolgte eine detaillierte Planung des Schulungskonzeptes. Alle Anwender sollen geschult werden – von der Unternehmensführung bis zur Administration beziehungsweise Produktion. Zudem ist sich das Unternehmen bewusst, dass Lernen nicht mit der Vermittlung von Grundlagen nach der Inbetriebnahme endet. Neue Mitarbeiter, organisatorische und Prozessveränderungen sowie System-Upgrades finden weiter statt und zeigen nur dann die gewünschten Verbesserungen, wenn Anwender dazu auch kontinuierlich geschult werden. Innerhalb der Schulungen wird auch Wert daraufgelegt, die Mitarbeiter von den Vorteilen des MES zu überzeugen und diese an praktischen Beispielen zu beweisen.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Entwicklung eines Schulungskonzepts

Datensicherheitskonzept

Nummer: 4.11

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Definition von Datensicherheitsstufen, Rahmenbedingungen für den Umgang mit Daten
- Daten unterschiedlicher Sicherheitsstufen werden im MES berücksichtigt
- Umgang mit sensiblen Daten erfordert besondere Umsicht
- Verschiedene Datenverarbeitungsprozesse benötigen auch unterschiedliche Sicherheitsmaßnahmen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Es gibt kein Datensicherheitskonzept für die MES-Einführung.
- FG 1: Es gibt ein Datensicherheitskonzept für die MES-Einführung. Dieses wurde extra für die MES-Einführung entworfen und ist deshalb noch nicht getestet worden.
- FG 2: Es gibt ein Datensicherheitskonzept für die MES-Einführung, das bereits bei der Einführung eines weiteren IT-Systems funktioniert hat.
- FG 3: Es gibt ein etabliertes und bewährtes Datensicherheitskonzept für die Einführung von IT-Systemen, das auf die speziellen Anforderungen der MES-Einführung angepasst werden kann.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Bewertung der unternehmensspezifischen Anforderungen an die Datensicherheit
- Entwicklung eines Datensicherheitskonzepts

Bestimmung der Engpassprozesse

Nummer: 4.12

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Bei neuen Projekten und Prozessen sollte im Vorfeld einschätzt werden, wo der Engpass entstehen könnte
- Kenntnis der Eigenschaften unterschiedlicher Prozesse mit den resultierenden Herausforderungen
- Besonders Engpassprozesse müssen bei der MES-Einführung berücksichtigt werden (geringere Störungstoleranz, Taktrelevanz ...)

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Engpassprozesse wurden vor der MES-Einführung nicht bestimmt.
- FG 1: Die Engpassprozesse wurden vor der MES-Einführung bestimmt, aber ein Ausfall dieser Prozesse aufgrund der MES-Einführung ist wahrscheinlich.
- FG 2: Die Engpassprozesse wurden vor der MES-Einführung bestimmt. Ein Ausfall dieser Prozesse aufgrund der MES-Einführung ist unwahrscheinlich.
- FG 3: Die Engpassprozesse wurden vor der MES-Einführung bestimmt. Ein Ausfall dieser Prozesse aufgrund der MES-Einführung kann nicht auftreten, da eventuell vorbeugende Maßnahmen getroffen werden konnten.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Durchführung einer Engpass-Analyse

Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen

Nummer: 4.13

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Kenntnis der relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen des Unternehmens
- Erfüllung von gesetzlichen Auflagen und Vorschriften
- MES-Einführung kann rechtlich relevante Bereiche tangieren (Arbeitszeiten, Archivierungspflichten, Abrechnung, Personenbezogene Daten...)

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Über die, bei der MSE-Einführung relevanten, rechtlichen Rahmenbedingungen wurden sich keine Gedanken gemacht hat. Es herrscht Unwissenheit.
- FG 1: Die bei der MES-Einführung relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen werden berücksichtigt und stellen eine Gefahr für das Projekt dar.
- FG 2: Die bei der MSE-Einführung relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen werden berücksichtigt und sind als problematisch aber nicht projektgefährdend zu bewerten.
- FG 3: Die bei der MSE-Einführung relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen werden berücksichtigt und stellen kein Problem dar.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Vollständige Prüfung aller relevanten Bereiche

Planung bezüglich Arbeitsplatzanzahl, Systemstruktur

Nummer: 4.14

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Anzahl aktuelle/ benötigter Arbeitsplätze ist bekannt
- Systemstruktur ist bekannt
- MES-Einführungsaufwand und -tätigkeiten sind durch die Anzahl einzurichtender Arbeitsplätze und die allgemeine Systemstruktur beeinflusst
- Aufgrund ungenauer Planung kann es zu Störungen im Produktionsablauf kommen
- MES kann sich in gewachsene Systemstrukturen einbetten und so den Informationsfluss und die Datenintegrität zwischen den bestehenden Systemen sicherstellen

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Es gibt keine Vision bezüglich der Systemstruktur und der Anzahl der benötigten Arbeitsplätze.
- FG 1: Eine Vision bezüglich der Systemstruktur und der Anzahl der benötigten Arbeitsplätze wird noch ausgearbeitet.
- FG 2: Es gibt eine Vision bezüglich der Systemstruktur und der Anzahl der benötigten Arbeitsplätze. Diese ist jedoch noch nicht vollständig ausgereift.
- FG 3: Es gibt eine konkrete Vision bezüglich der Systemstruktur und der Anzahl der benötigten Arbeitsplätze.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Durchführung einer Analyse bezüglich der benötigten Arbeitsplätze
- Erstellung einer Planung für die zukünftige Systemstruktur

Störungsmanagement

Nummer: 4.15

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Festgelegte Prozesse/ Mechanismen zur Beseitigung von Problemen
- Maßnahmen zum Beheben der Störung sowie zur Wiederherstellung des regulären Geschäftsbetriebes
- MES-Einführung kann zu Störungen in verschiedenen Bereichen führen
- geschäftliche Auswirkungen einer Störung werden durch das Störungsmanagement eng begrenzt

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Das Unternehmen besitzt keine systematische Vorgehensweise, um Störungen zu begegnen.
- FG 1: Das Unternehmen besitzt eine systematische Vorgehensweise, um mit Störungen umzugehen. Die Vorgehensweise wird jedoch nicht immer eingehalten oder in der korrekten Form ausgeführt.
- FG 2: Das Unternehmen besitzt ein strukturiertes Störungsmanagement, um im Störfall reagieren zu können.
- FG 3: Das Störungsmanagement ist ein etablierter und strukturierter Prozess im Unternehmen. Es existiert eine Aufbau- und Ablauforganisation, die den Wertschöpfungsprozess im Störfall unterstützt. Das System beinhaltet Strategien, Maßnahmen und Aufgaben sowie Organisationsstrukturen und Kompetenzen, die zur reaktiven Störungsbehandlung sowie zur nachhaltigen Vermeidung benötigt werden.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Definition von Prozessen und Verantwortlichkeiten für das Störungsmanagement
- Bestimmung potenzieller Worst-Case-Szenarien und Identifikation von Maßnahmen zu deren Bewältigung (Desaster-Recovery-Plan)
- Ausführliche Prüfung des Service-Level-Agreements des MES-Anbieters (insbesondere Antwortzeiten, zugesicherte System-Verfügbarkeit)

Laufende Wartungsverträge

Nummer: 4.16

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Verträge bezüglich Vorgängersysteme etc.
- Kostenersparnis durch Wegfall dieser Verpflichtung

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Wartungsverträge wurden nicht geprüft.
- FG 1: Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Wartungsverträge sind bekannt und müssen als höchstkritisch bewertet werden.
- FG 2: Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Wartungsverträge sind bekannt und könnten Probleme verursachen, die jedoch lösbar sind.
- FG 3: Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Wartungsverträge sind bekannt und werden als unproblematisch eingeschätzt.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Umfassende Prüfung der vorhandenen Wartungsverträge und zukünftig benötigten Wartungsleistungen vor Beginn des Einführungsprojektes
- Ausführliche Prüfung des Service-Level-Agreements des MES-Anbieters (insbesondere Antwortzeiten, zugesicherte System-Verfügbarkeit)

Versicherungsschutz

Nummer: 4.17

Gestaltungsfeld: Prozesse

Hintergrund

- Prüfung des Versicherungsschutzes für ein neues System
- Berücksichtigung des MES in der Versicherung
- Durch neue Arbeitsbedingungen können neue Risiken entstehen, gegen die man sich absichern sollte

Fähigkeitsgrade (mögliche Ausprägungen der Anforderungserfüllung)

- FG 0: Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen wurden nicht geprüft.
- FG 1: Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen sind bekannt und werden als kritisch bewertet.
- FG 2: Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen sind bekannt und könnten Probleme verursachen, die jedoch lösbar sind.
- FG 3: Die Auswirkungen der MES-Einführung auf bestehende Versicherungen sind bekannt und werden als unproblematisch bewertet.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Anforderungserfüllung

- Umfassende Prüfung vor Beginn des Einführungsprojektes

13.Literaturverzeichnis

- [aca16] acatech: Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. München, 2016.
- [Her13] Hering, N. et al.: Gestaltung eines wandlungsfähigen Produktionssystems für den Maschinen- und Anlagenbau. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 108 Jg. (2013), H. 12, S. 967-971.
- [Kle15] Kletti, J.: MES – Manufacturing Execution System. Moderne Informationstechnologie unterstützt die Wertschöpfung. Springer Vieweg, 2. Auflage, Berlin u.a., 2015.
- [Kli16] Klink, P.; Mertens, C.; Kompalka, K.: ERP-Marktstudie 2016: Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Anforderungen an ERP-Systeme. Hg. v. Fraunhofer-Gesellschaft, 2016.
- [Thi16] Thiel, K.: Steuerzentrale von Industrie 4.0. In: Digital Manufacturing (2016), H. 2, S. 16-17.
- [VDI16] Fertigungsmanagementsysteme (Manufacturing Execution Systems – MES). Richtlinie 5600 – Blatt 1.
- [Wes12] Weskamp, M.; Wochinger, T.: Problemanalyse MES-Implementierung. In: Computer&Automation (2012), H. 3, S. 26-28.
- [WKK17] Wiendahl, H.-H., Kluth, A., & Kipp, R. (2017). Marktspiegel Business Software – MES - Fertigungssteuerung 2017/2018. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Trovarit AG, Stuttgart; Aachen.
- [Zäh03] Zäh, M. F. et al.: Mit Mobilität zu mehr Strukturvariabilität. In: wt Werkstattstechnik, Jg. 93 (2003), S. 327-331.