

# Manufacturing Execution Systems in der Automobilindustrie

## MES-Funktionsbereiche und Prozesse für OEMs und Zulieferer



## Haftungsausschluss

Die Empfehlungen der ITA Automotive Service Partner sind Empfehlungen, die jedermann frei zur Verwendung stehen. Wer sie anwendet, hat für die richtige Handhabung im konkreten Fall Sorge zu tragen.

Sie berücksichtigen den zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe herrschenden Stand der Technik. Durch das Anwenden der ITA-Empfehlungen entzieht sich niemand der Verantwortung für sein eigenes Handeln. Jeder handelt insoweit auf eigene Gefahr. Eine Haftung der ITA und derjenigen, die an den ITA-Empfehlungen beteiligt sind, ist ausgeschlossen.

Jeder wird gebeten, wenn er bei der Anwendung der ITA-Empfehlungen auf Unrichtigkeiten oder die Möglichkeit einer unrichtigen Auslegung stößt, dies dem ITA umgehend mitzuteilen, damit etwaige Mängel beseitigt werden können.

Herausgeber: ITA Automotive Service Partner e.V.

Unter den Linden 16

10117 Berlin

[www.ita-int.org](http://www.ita-int.org)

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemein	4
	1.1 Vorwort	4
	1.2 Beteiligte Unternehmen des Arbeitskreises MES in der Automobilindustrie	5
	1.3 Beteiligte Industriepaten des Arbeitskreises MES in der Automobilindustrie	5
	1.4 Ziele der Empfehlung	6
	1.5 Struktur der Empfehlung	6
	1.6 Abkürzungen	6
2	Ziele und Anforderungen	7
	2.1 Ziele der Einführung von MES	7
	2.2 Anforderungen an die zukünftige Automobilfertigung	7
3	Referenzprozesse	8
	3.1 OEM	8
	3.2 Zulieferer und Komponentenwerke	9
4	MES – Funktionsbausteine	9
	4.1 Integrierte Unternehmensmodellierung (IUM)	10
	4.2 Gewerkeübergreifende Funktionsbausteine	11
	4.3 Gewerkespezifische Funktionen	47
	4.4 Zulieferspezifische Funktionsbereiche	49
5	Durchgängiges Datenmanagement auf der MES-Ebene	51
6	Zusammenfassung	53
7	Literatur	54

## 1 Allgemein

### 1.1 Vorwort

Im Jahr 2007 veröffentlichte der VDI die Richtlinie 5600 zu ‚Manufacturing Execution Systems‘ [1], im Folgenden kurz als MES bezeichnet. Die dort beschriebenen MES-Aufgaben und die Bedeutung von MES für Unternehmensprozesse sind naturgemäß allgemein gehalten und damit für verschiedene Branchen der Stückgutfertigung anwendbar. Branchenspezifische Besonderheiten werden dort nicht beschrieben. Die Automobilindustrie und ihre Zulieferer haben jedoch aufgrund der Art der Fertigung und der Logistik spezifische Anforderungen an IT-Unterstützung. Darum hat sich eine Arbeitsgruppe der ITA gebildet, um die in der VDI 5600 allgemein beschriebenen Lösungen für die Automobil- und Zulieferindustrie zu konkretisieren.

Im Nachgang zur VDI 5600 haben weitere Arbeitsgruppen des VDI Richtlinienblätter zur VDI 5600 erarbeitet, und zwar

- zur Entwicklung von Kennzahlen, mit denen die Wirtschaftlichkeit einer Investition in MES ermittelt werden kann (VDI 5600, Blatt 2),
- zur Standardisierung einer Schnittstelle zwischen Anlagensteuerungen und MES (VDI 5600, Blatt 3),
- zum Zusammenhang zwischen Unternehmensstrategien und MES (VDI 5600, Blatt 4).

Darüber hinaus existieren diverse Standardisierungs- und Normungsaktivitäten im Umfeld der fertigungsnahen Informationstechnik:

- MESA: Manufacturing Enterprise Solution Association, die im Jahr 2000 eine eigene, pragmatisch orientierte Definition von MES-Funktionalitäten vorgelegt hat [2],
- NAMUR: die Interessengemeinschaft ‚Automatisierungstechnik der Prozessindustrie‘ hat im Jahr 2003 eine auf die chemische Industrie ausgerichtete Empfehlung zu MES erarbeitet [3],
- ISA: Die International Society of Automation hat mit der ‚ISA-95‘ einen internationalen Standard zur Integration von Unternehmens- und Steuerungssystemen entwickelt. Unter Nutzung diverser UML- und Datenmodellen sollen MES-Anwender und -Anbieter Informationen zwischen unterschiedlichen Systemen austauschen können [4]. Folgende Teile des Standards sind verfügbar:
  - o ISA-95 Enterprise Control Systems
  - o ISA-95.01 Models & Terminology
  - o ISA-95.02 Object Model Attributes
  - o ISA-95.03 Activity Models
  - o ISA-95.04 Object Models & Attributes
  - o ISA-95.05 B2M Transactions
  - o ISA-95 and XML.

- VDMA: Im Oktober 2009 veröffentlichte der VDMA mit der Technischen Regel VDMA 66412-1 ein Werk über Kennzahlen, die mit MES-Systemen berechnet werden können [5].
- ZVEI: Eine MES-Arbeitsgruppe des ZVEI spiegelt die verfügbaren MES-Lösungen an der VDI 5600 sowie der ISA-95 und beschreibt anhand charakteristischer Einsatzfelder aus verschiedenen Branchen der produzierenden Industrie den MES-Einsatz und dessen Nutzen. Auch der MES-Einsatz in der Großserienfertigung ist dort kurz erwähnt [6].

Keine dieser aufgeführten ‚Standards‘ zielt explizit auf die Automobil- und Automobilzulieferindustrie und deren spezifische Anforderungen. Das Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität St. Gallen hat im Jahr 2009 eine Studie unter einigen deutschen Automobilherstellern durchgeführt mit dem Ziel, eine MES-Referenzarchitektur zu entwickeln [7]. Die Ergebnisse sind nicht öffentlich zugänglich, sind jedoch bei der Erstellung dieses Leitfadens berücksichtigt worden.

Die Autoren danken der ITA und dem VDA für die freundliche Unterstützung bei der Erstellung dieser Empfehlung.

## 1.2 Beteiligte Unternehmen des Arbeitskreises MES in der Automobilindustrie

Arbeitskreisleiter:

Dr. Olaf Sauer, Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB),  
[www.mes.fraunhofer.de](http://www.mes.fraunhofer.de)

Teilnehmer:

Erich Markl, Technikum Wien, [www.technikum-wien.at](http://www.technikum-wien.at)  
 Gilbert Zeller, IFS, [www.ifsworld.com/de](http://www.ifsworld.com/de)  
 Hans-Christian Hilbrich; Jürgen Wolf, IBS AG, [www.ibs-ag.de](http://www.ibs-ag.de)  
 Ivan Jukic, MHP, [www.mhp.de](http://www.mhp.de)  
 Karl-Heinz Braun, T-Systems, [www.t-systems.de](http://www.t-systems.de)  
 Michael Fischer, iTAC AG, [www.itac.de](http://www.itac.de)  
 Peter Heidecke, amotIQ, [www.amotiq.de](http://www.amotiq.de)  
 Thomas Prinz, Siemens AG, [www.siemens.com](http://www.siemens.com)  
 Reiner Seiz; Ulrich Riesenbeck, SAP AG, [www.sap.com](http://www.sap.com)



## 1.3 Beteiligte Industriepaten des Arbeitskreises MES in der Automobilindustrie

Industriepaten:

Christian Wiswe, Volkswagen AG  
 Richard Weitz, Daimler AG  
 Wolfgang Krieg, Porsche AG  
 Christian Fieg, Johnson Controls Automotive Group  
 Michael Klöwer, Leopold Kostal GmbH & Co. KG



DAIMLER

PORSCHE



#### 1.4 Ziele der Empfehlung

Ziel der hier vorliegenden Empfehlung ist es, Automobil- und Zulieferunternehmen einen Leitfaden vorzulegen, anhand dessen die Auswahl von MES-Funktionen für spezifische Anforderungen der Branche erleichtert wird. Die Empfehlung soll speziell mittelständischen Zulieferern eine Hilfestellung geben, um zukunftsorientiert und systematisch geeignete produktionsnahe IT-Funktionen auszuwählen und einzuführen.

#### 1.5 Struktur der Empfehlung

Diese Empfehlung beschreibt einleitend kurz die Herausforderungen der zukünftigen Automobilproduktion, die selbstverständlich auch für die Zulieferindustrie gelten. Darauf aufbauend beschreiben die Autoren typische Funktionsbausteine von MES, und zwar unabhängig davon, in welchem System bzw. auf welcher Hierarchieebene sie ausgeführt werden. Dabei konzentrieren sich die Autoren auf die gängigen MES-Funktionsbausteine, wohl wissend, dass in Einzelfällen weitere Funktionen erforderlich sein können.

#### 1.6 Abkürzungen

AML	Automation Markup Language
CAEX	Computer Aided Engineering Exchange
CPS	Cyber physical system
ERP	Enterprise resource planning
IH	Instandhaltung
ISA	International Society of Automation
ITA	Informationstechnik für die Automobilindustrie
KPI	Key performance indicator, Kennzahl
LCC	Life cycle cost, Lebenszykluskosten
NC	Numerical control, Steuerungen von Werkzeugmaschinen
OEE	Overall equipment efficiency
PLM	Product lifecycle management
ppm	parts per million
RC	Robot control, Steuerungen von Industrierobotern
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung (engl. PLC)
TPM	Total productive maintenance
XML	Extensible Markup Language

## 2 Ziele und Anforderungen

### 2.1 Ziele der Einführung von MES

Folgende Ziele sollen mit der Einführung von MES unterstützt werden:

- Durchlaufzeiten reduzieren
- Betriebliche Flexibilität steigern
- Transparenz des Geschehens in der Produktion verbessern
- Nullfehlerfertigung („Zero-ppm“) erreichen
- Produktionsprozesse mit reproduzierbaren Ergebnissen einführen
- Papierlose Fertigung einführen
- Komplexität in der Produktion, z. B. aufgrund der Variantenvielfalt, beherrschen
- Kapazitäten in der Produktion maximal auslasten und Stillstände vermeiden

### 2.2 Anforderungen an die zukünftige Automobilfertigung

Die Automobilindustrie ist eine der Schlüsselbranchen der deutschen Industrie. Allerdings steht sie aufgrund der aktuellen Herausforderungen vor einschneidenden Umwälzungen. Globalisierung, die steigende Anzahl an Produktvarianten und die Forderung nach neuen Antrieben sind nur einige der Herausforderungen, die sie gleichzeitig bewältigen muss. Informationstechnik, sowohl in Autos als auch zu deren Herstellung, ist eines der entscheidenden Werkzeuge, um mit diesen Herausforderungen erfolgreich umzugehen.

Um vor allem Produktion und Logistik zu verbessern und auf die zukünftigen Herausforderungen auszurichten sind drei Fähigkeiten von entscheidender Bedeutung (Bild 1) [8]:

- Wandlungsfähigkeit, d. h. die Fähigkeit, sich veränderten Marktbedingungen und Technologieanforderungen anzupassen.
- Echtzeitfähigkeit, d. h. das Vermögen, aus Daten Informationen zu gewinnen und diese jedem Anwender jederzeit in der gewünschten Form zur Verfügung zu stellen. Unter Echtzeitfähigkeit verstehen die Autoren außerdem ein für den Anwender deterministisches Zeitverhalten eines IT-Systems, d. h. ein IT-System hat ein für den Nutzer vorhersehbares Antwortzeitverhalten.
- Netzwerkfähigkeit, d. h. das laufende Optimieren der Wertschöpfungskette standortübergreifend und ohne Restriktionen bezüglich Unternehmensgrenzen.

Alle drei Erfolgsfaktoren sind ohne moderne produktionsnahe IT-Systeme nicht zu erreichen: heute etabliert sich mit Manufacturing Execution Systemen (MES) eine neue Generation produktionsnaher IT-Systeme, die die Vorstellung der computerintegrierten Fertigung Realität werden lassen.

Als Informationsdrehscheiben in der Fabrik erlauben sie den Zugriff auf Informationen in den weltweiten Produktionsstätten in Echtzeit, sie verbinden Hersteller sowie ihre Zulieferer und sie befähigen die Betreiber komplexer Produktionssysteme, sich permanent auf die wandelnden Bedürfnisse ihrer Kunden einzustellen.

Gleichwohl ist der Einsatz von Informationstechnik in der Produktion noch längst nicht ausgereizt – es gibt noch Potentiale. Aus Sicht der Autoren dieser Empfehlung stecken vor allem in der Integration heutiger Insellösungen noch viele Chancen. Die horizontale Integration auf der Leitebene sowie die vertikale Integration von der Feldebene über die Leitebene in die Unternehmensleitebene bieten noch viele Möglichkeiten zur Verbesserung. Die Interoperabilität zwischen Systemen oder zwischen Anlagen und überlagerten IT-Systemen ist noch lange nicht gelöst – dazu benötigen die beteiligten Systeme ein gemeinsames Verständnis ihrer Daten und deren Bedeutung.

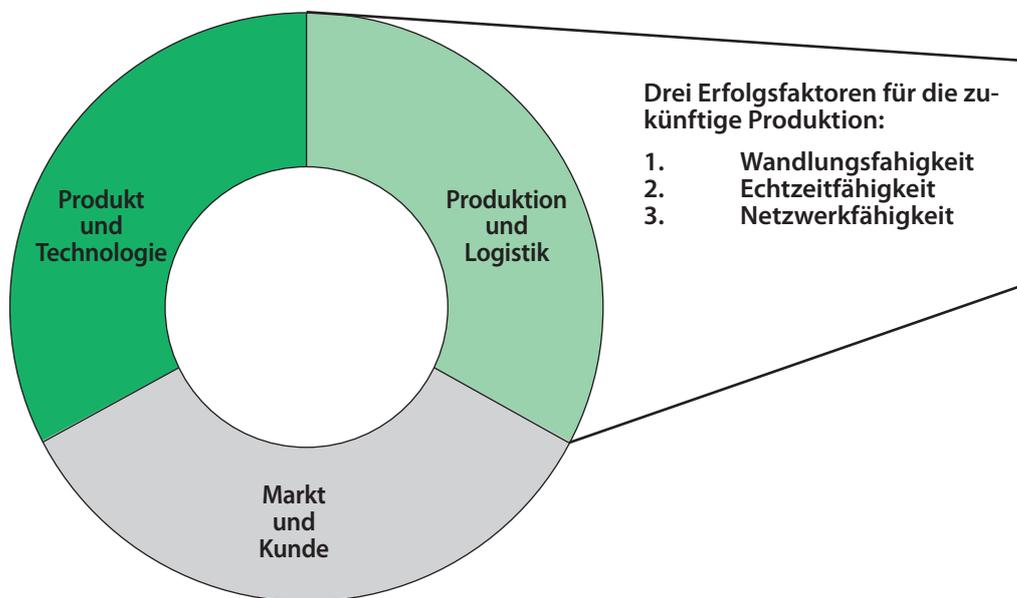


Bild 1: Einflussfaktoren auf die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Automobilindustrie [8]

Dieser Leitfaden soll dazu beitragen, dass MES-Anwender und –Betreiber weitere Potentiale durch die effiziente Nutzung von MES-Systemen ausschöpfen.

### 3 Referenzprozesse

In den folgenden zwei Abschnitten sind kurz zwei Produktionsprozesse beschrieben, die die Autoren als Referenzen der bei OEMs und Zulieferern ablaufenden Produktion ansehen. Für diese Prozesse sind die in Kapitel 4 beschriebenen Funktionsbausteine grundsätzlich geeignet; verfahrenstechnische Prozesse benötigen aus Sicht der Autoren weitere MES-Funktionen, auf die in dieser Empfehlung nicht eingegangen wird.

#### 3.1 OEM

Der Produktionsprozess bei OEMs ist bisher gekennzeichnet durch die Aufteilung in die vier Gewerke Presswerk, Rohbau oder Karosseriebau, Lackierung und Endmontage, die jeweils durch mehr oder weniger große Puffer voneinander entkoppelt sind (Bild 2). Hauptsächlich in die Fahrzeugmontage fließen die Zulieferteile ein, so dass die Hauptaufgabe in der Montage im Vergleich zu den anderen Gewerken in der Koordinierung von Materialströmen liegt.

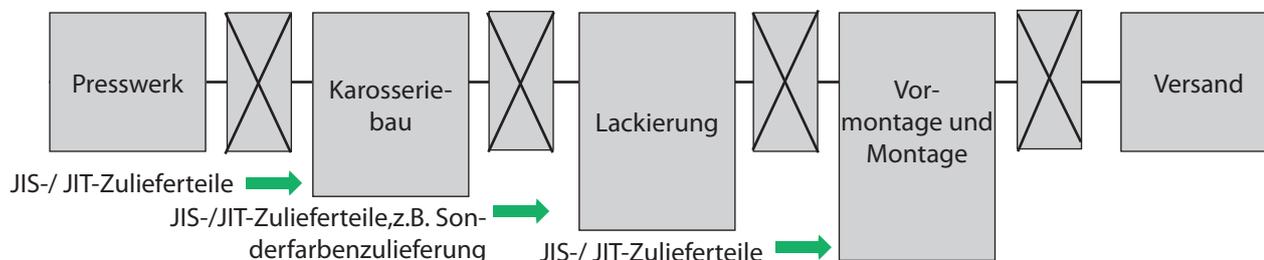


Bild 2: Referenzprozess OEM

### 3.2 Zulieferer und Komponentenwerke

Der exemplarische Produktionsprozess von Zulieferern ist in Bild 3 dargestellt, der in den Augen der Autoren für die meisten Automobil-Zulieferer vollständig oder teilweise gültig ist, unabhängig davon auf welcher Stufe der Zulieferpyramide sie jeweils angesiedelt sind.

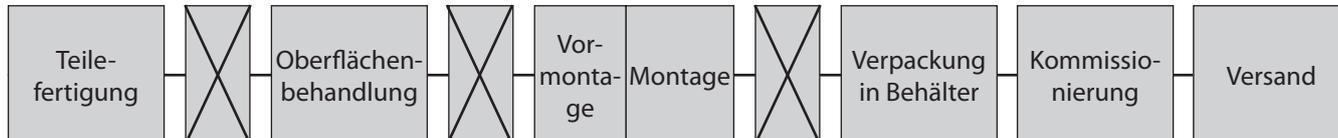


Bild 3: Referenzprozess Zulieferer

## 4 MES – Funktionsbausteine

### Übersicht über Funktionen

- + Stammdatenmanagement
- + Tracking/Tracing
- + Betriebsdatenerfassung
- + Instandhaltung
- + Maschinendatenerfassung
- + Qualitätsmanagement
- + Fertigungsauftragsmanagement
- + Reporting/Auswertung/Archivierung
- + Feinplanung
- + Personalmanagement
- + Sequenzierung
- + Betriebsmittelmanagement
- + Anlagenbedienung
- + Gewerkespezifische Funktionsbereiche
- + Online-Simulation zur Entscheidungsunterstützung
- + Packmittel-/Ladungsträgerverwaltung
- + Anlagensteuerung
- + Materialflussmanagement

4.1 Integrierte Unternehmensmodellierung (IUM)

Zur Beschreibung der Prozesse innerhalb der einzelnen MES-Funktionsbausteine verwenden die Autoren der ITA die Integrierte Unternehmensmodellierung (IUM). Diese Methode ist so aufgebaut, dass entsprechend den spezifischen Anwenderbedürfnissen durchgängige und erweiterungsfähige Modelle von Produktionsunternehmen gebildet werden und sich zum einen zur Planung und Einführung rechnerintegrierter Produktionsprozesse eignet, zum anderen zur Abbildung und Strukturierung von Produktionsprozessen. Unterschiedliche Aspekte von Unternehmen können als integrierbare Teilmodelle eines einzigen durchgängigen Modells abgebildet werden. Der Kern der IUM-Methode umfasst eine einheitliche Modellierungssprache mit generischen Modellierungskonstrukten und Objektbeschreibungsschemata sowie Regeln zur Modellerstellung [11]. Die Modellierungssprache beschreibt den Durchlauf materieller Objekte, z. B. Produkte, und immaterieller Objekte, z. B. Informationen, durch das Unternehmen. Die Modellierungsregeln systematisieren die realen Objekte von Unternehmen nach den Objektklassen „Produkt“ (rot), „Auftrag“ (blau) und „Ressource“ (grün) (Bild 4).

Bild 4: Genutzte Konstrukte der Sichtweise ‚Funktionsmodell‘ der Integrierten Unternehmensmodellierung [11]

Konstrukte der Sichtweise Funktionsmodell		Abbildungsebenen nach Umfang		
		objektneutral	zu verändernde Objekte	alle betroffenen Objekte
Aggregationsebene	Funktions-element	Kataloge von Aktionen 	Funktionen im Modell 	Aktivitäten im Modell 
	Funktions-ablauf	Abläufe u. Kataloge von Methoden 	Funktionsabläufe im Modell • Hauptfunktionen • Nebenfunktionen 	Vollständig spezifizierter Funktionsablauf im Modell 

Verknüpfungselemente:				
• sequentiell 	• parallel 	• Fallunterscheidung 	• Zusammenführung 	• Schleifen 

Mit den üblicherweise verwendeten Abbildungsmethoden, wie z. B. Vorranggraphen, können lediglich Teilaspekte oder einzelne Sichtweisen eines Gesamtmodells abgebildet werden. Demgegenüber bietet die IUM die Vorteile, mit der Darstellung der Verrichtungen bezogen auf die Objektklasse „Produkt“ gleichzeitig die erforderlichen Ressourcen sowie die steuernden Informationen in der Form von Aufträgen mit abzubilden.

Dieses Vorgehen ermöglicht die Weiterverwendung von Modellen, die einmal für einen bestimmten Planungszweck erstellt wurden, z. B. zur späteren Erarbeitung geeigneter Fertigungssteuerungskonzepte für dezentrale Produktionsstrukturen. Detaillierte Informationen zur Methode und zum unterstützenden Werkzeug sind auf den Internetseiten [www.moogo.de](http://www.moogo.de) bzw. [http://de.wikipedia.org/wiki/Integrierte\\_Unternehmensmodellierung](http://de.wikipedia.org/wiki/Integrierte_Unternehmensmodellierung) zu finden.

## 4.2 Gewerkeübergreifende Funktionsbausteine

### 4.2.1 Stammdaten und Auftragsmanagement

#### 4.2.1.1 Stammdatenmanagement

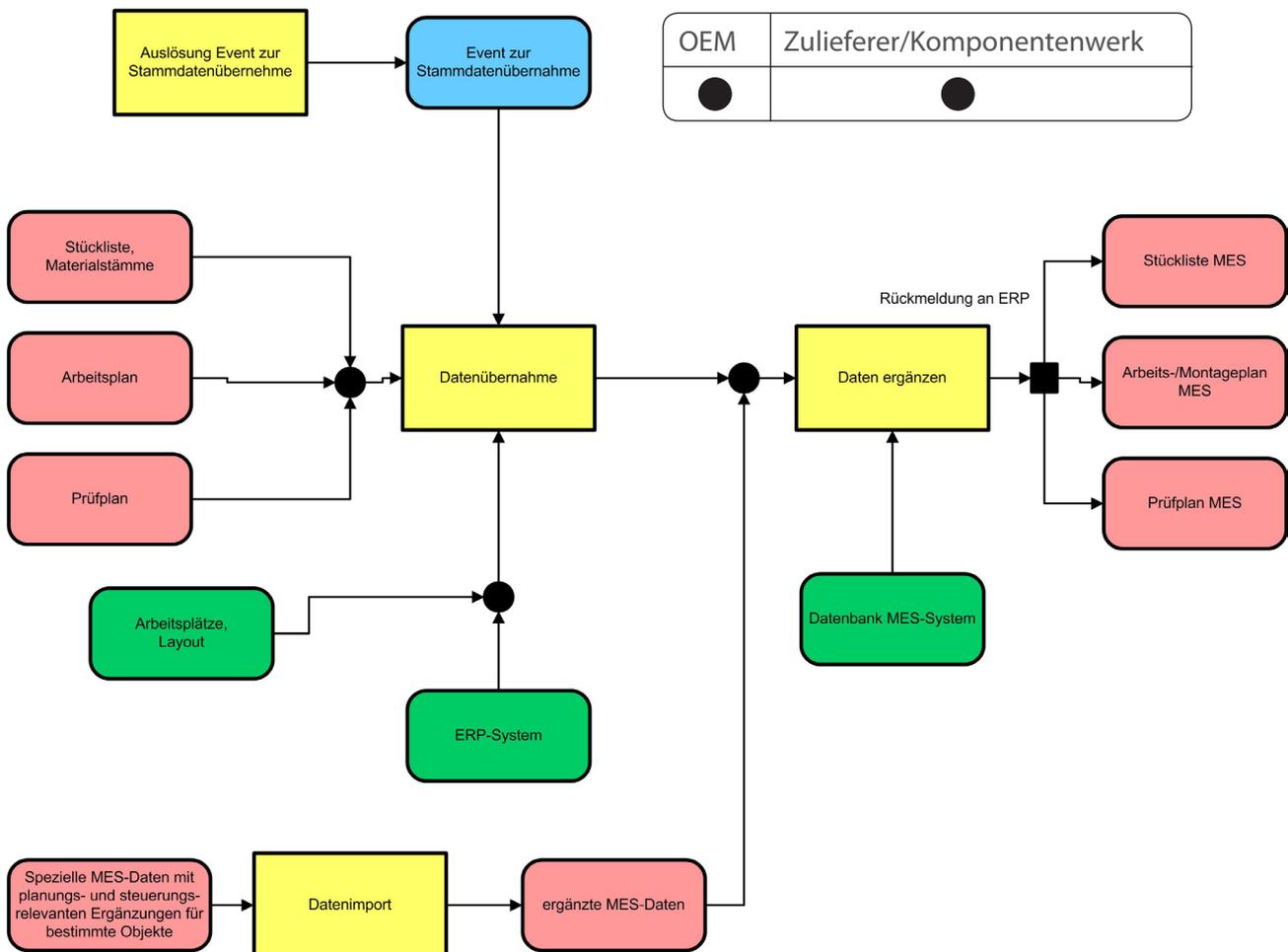


Bild 5: Ablauf im Funktionsbaustein Stammdatenmanagement

Im Funktionsblock ‚Stammdatenmanagement‘ werden die vorliegenden ERP-Stammdaten, falls erforderlich, um MES-spezifische Anteile ergänzt. Darunter fallen die im folgenden beschriebenen Aufgaben:

Definition und Abgrenzung:

Übernahme von neuen und geänderten Stammdaten aus dem vorgelagerten ERP-System mit aktuellem Versions- und Release-Stand und Gültigkeiten.

Setzen von Übernahmeparametern in Datensätzen wie z. B. Stückliste, Arbeitsplan, Prüfplan, Material etc. (siehe auch Ressourcenmanagement)

Führen von MES-spezifischen Stammdaten, z. B. Arbeitsplätze, Instandhaltungsinformationen, Transportmittel, Prüfsoftware, Sollvorgaben im Prüfplan, Abhängigkeiten etc.

Ergänzung der Stammdaten um planungs- und steuerungsrelevante Informationen, wie z. B.

- Stückliste: bei den Stücklistenpositionen Ergänzen der Zuordnung des Arbeitsschrittes, bei dem die Materialposition benötigt wird, damit dies bei der Versorgung berücksichtigt werden kann
- Arbeitsplan: ggf. Ergänzen bzw. Verfeinern nach Arbeitstakten, z. B. bei Pressenstraßen nach den jeweiligen Stationen; Werkzeuge und Prüfmittel mit jeweils notwendigen Voreinstellungen; Transportinformationen für die Ver-/Entsorgung
- Ergänzen um Ressourceninformation: Personal, Arbeitsplätze, Fabriklayout, Werkskalender, Änderungsdienst
- Information über werkzeugbedingte Komplementär- oder Vielfachteile, z. B. wenn in einem Werkzeug weitere Teile mit anderen Teilenummern anfallen, bzw. wenn das Werkzeug in einem Arbeitstakt n-Teile herstellt
- Information über Einstellstückzahlen bzw. Probehübe.
- Informationen zur Reihenfolgebildung, z. B. Fahrzeugdach mit und ohne Schiebedach zwecks geringem Werkzeugwechsellaufwand
- Prüfplan ggf. ergänzen, z. B. ob Werkerselbstprüfung vorgesehen ist oder um Prüfmittel, sofern diese nicht im Arbeitsplan enthalten sind

Neuere Verfahren zielen darauf, Stammdaten mit Hilfe von Data Mining-Methoden zu verbessern, da die Ergebnisse der folgenden Funktionalitäten, z. B. der Feinplanung, umso nutzbringender sind, je besser die eingehenden Stammdaten, z. B. Arbeitspläne, Stücklisten etc. sind [19].

Ziel:

Aktuelle und vollständige Stammdaten, die zur Auftragsfeinplanung und Steuerung mit allen Ressourcen benötigt werden.

Verwandte Funktionalität:

Datenaustausch / Datenabgleich

Nutzer:

Fertigungsplaner, Fertigungssteuerer

Eingangsdaten:

Stammdaten aus der Datenbank des ERP-Systems

Ausgangsdaten:

Stammdaten in der MES-Datenbank

Nutzen:

Entlastung der Fertigungssteuerer durch realitätsgerechte Feinplanung und aktive Steuerung

#### 4.2.1.2 Betriebsdatenerfassung (BDE)

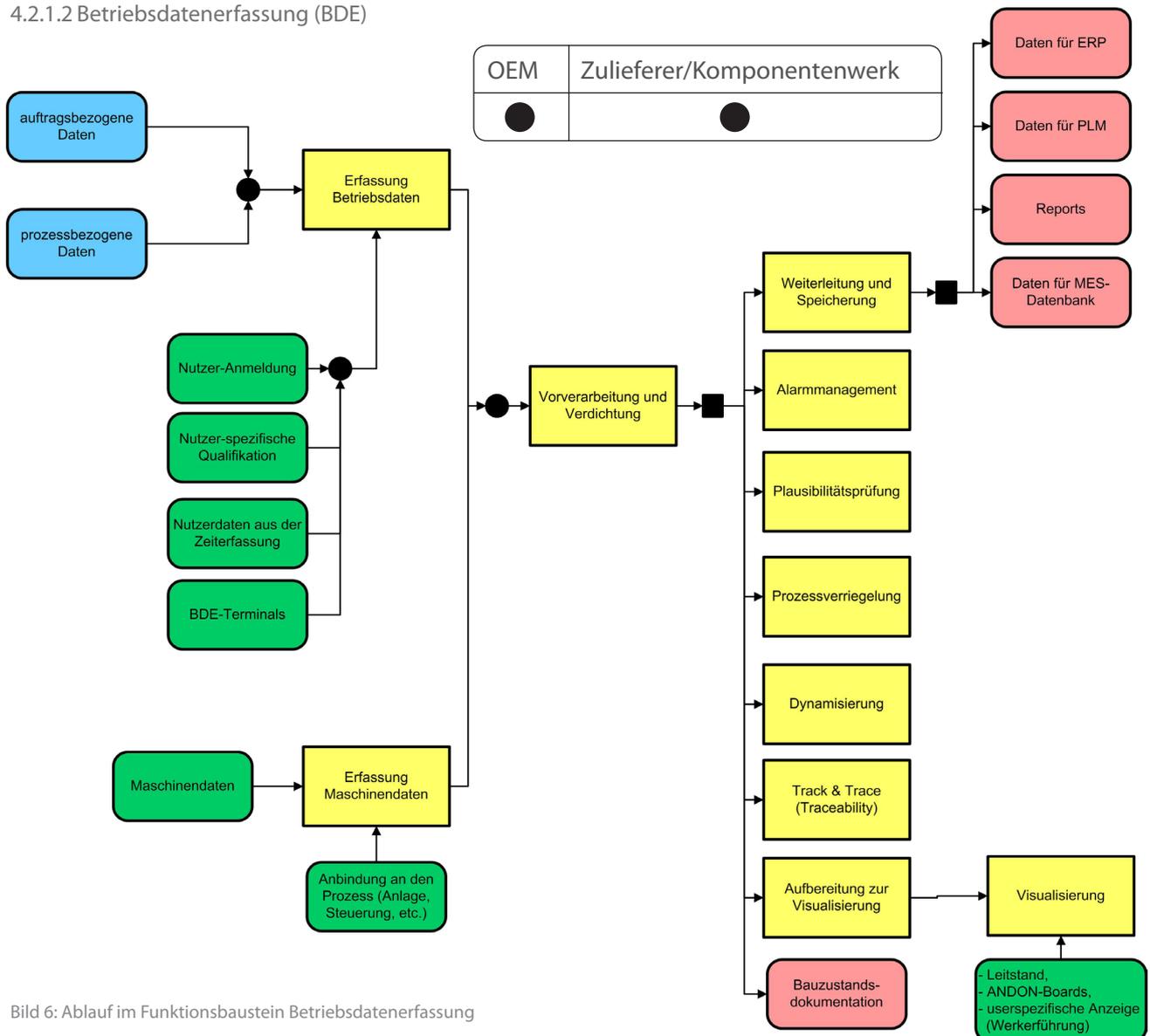


Bild 6: Ablauf im Funktionsbaustein Betriebsdatenerfassung

#### Definition und Abgrenzung:

Die Betriebsdatenerfassung bezeichnet die Erfassung von Ist-Daten über Zustände und Prozesse, die im Produktionsablauf

- automatisch von externen Systemen/Anlagen,
- halbautomatisch, z. B. von Scannern oder
- manuell über Terminals als Rückmeldungen erfasst werden.

Folgende Daten werden in dem Funktionsbaustein der Betriebsdatenerfassung betrachtet: Auftrags-, Prozess- und userspezifische/stationsspezifische Daten. Instandhaltungs- und Maschinendaten werden in anderen Funktionsbausteinen beschrieben.

Zu den auftragsbezogenen Daten, die in der BDE erfasst werden, zählen z. B. Produktionsdaten, Belegungszeiten, Rückmeldungen, Stückzahlen, Ausschussmengen, Teileidentifikationen, Materialverbräuche, Ursachenmeldungen, Störgründe oder Materialabrufe.

Zu prozessbezogenen Daten können gehören: Durchlaufzeit, Qualitätsdaten, Einstell-/Maschinenparameter, Messwerte, Prüfwerte, Telelabels oder Fehlerkennziffern.

#### Ziel:

Ziel der Betriebsdatenerfassung ist es, neben der Erfassung von Ist-Daten während des Produktionsprozesses, die Eingangsverarbeitung und Aufbereitung der erfassten Daten, um beispielsweise Informationen für Produktionsplanung und -steuerung oder Soll/Ist-Vergleiche bereitzustellen. Bei durch BDE erfasste Daten handelt es sich meist um Daten, die mit einem Auftragsbezug zumindest verknüpft sind, z. B. um über an der Maschine an- und abgemeldete Arbeitsgänge Aussagen über Verspätungen von Aufträgen treffen zu können.

#### Verwandte Funktionalität:

BDE umfasst neben der Erfassungs- und Ausgabefunktionalität zusätzlich noch bestimmte Eingangsverarbeitungs- und Aufbereitungsfunktionalitäten. Die Eingangsverarbeitung ermöglicht es, nach definierten Regeln direkt bei der Datenerfassung Funktionen wie Alarmmanagement, Prozessverriegelung und Plausibilitätsprüfungen anzutriggern. Durch die Aufbereitungsfunktionalität werden die erfassten Daten verdichtet, um diese für Folgefunktionen bereitzustellen

#### Nutzer:

Werk-/Bandarbeiter, Abschnittsleiter, Meister

#### Eingangsdaten:

Auftragsbezogene Daten: Produktionsdaten wie Zeiten, Anzahl, Gewichte, Qualitäten, Arbeitsfortschritt, Auftragsstatus, Auftrags- / Vorgangs- Rückmeldung, Teileidentifikationen, Materialverbrauch, Materialabruf, Ursachenmeldung, Störgründe, Stückzahlen, Belegungszeiten, Ausschussmeldung.

Maschinendaten: (siehe anderer Funktionsbaustein) zur Erfassung der Stillstands- und Laufzeiten/ Störungen und deren Ursachen, durchgeführte Wartungen, Verbrauch an Material, Energie, Hilfsmitteln, gefertigte Stückzahlen, etc.

Prozessbezogene Daten: Qualitätsdaten wie Fehlerkennziffern/Ursachen für Ausschuss, Prüfwerte, Prozessparameter, Einstellparameter, Durchlaufzeit, Messwerte, Prüfwerte, Teilelabels, etc.

Nutzerbezogene Daten: Anmeldezeiten am Terminal bzw. am PDA, Nutzerdaten aus Zeiterfassung, Nutzerqualifikationen, z. B. Mehrmaschinenbedienung.

#### Ausgangsdaten:

Daten zur Visualisierung in Leitständen, auf ANDON-Boards, Reporting, ERP-Systeme, PLM-Systeme, Datenbanken etc.

#### Nutzen:

Durch die erfassten Produktionsdaten kann der aktuelle Prozesszustand der Produktion dargestellt werden und somit z. B. Ablaufstörungen, Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes, Effizienzsteigerung des eingesetzten Personals/ Betriebsmitteleinsatzes, Planungsverbesserung durchgeführt werden. Eine wirkliche Online-Fähigkeit, d. h. die unmittelbare Systemreaktion auf ungeplante Ereignisse in der Fertigung im Sinne einer ‚Regelung‘, ist ohne Betriebsdatenerfassung nicht möglich. Nur wenn die Ergebnisse aus der Produktion online zurück gemeldet werden, ist es möglich, auf Störungen oder ungeplante Zwischenfälle effizient zu reagieren. Als ein wichtiges Beispiel sei hier die Kopplung zwischen BDE und Fertigungsfeinplanung (Scheduling) genannt. Die Reihenfolge der Arbeitsgänge auf Maschinen kann nur dann effizient und schnell umgeplant werden, wenn Abweichungen in der Produktion über die BDE erfasst werden.

## 4.2.1.3 Maschinendatenerfassung (MDE)

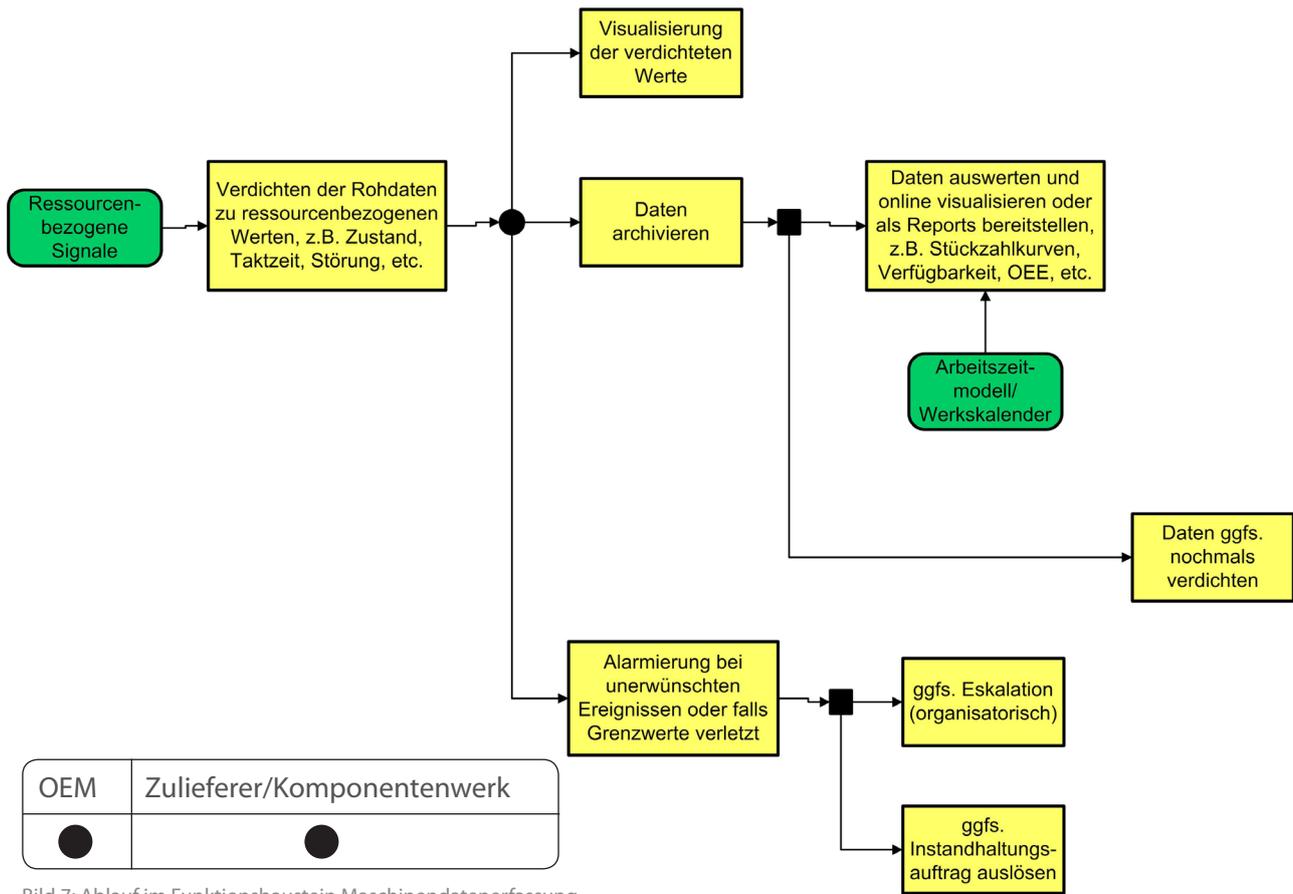


Bild 7: Ablauf im Funktionsbaustein Maschinendatenerfassung

## Definition und Abgrenzung:

Die Maschinendatenerfassung umfasst die Erfassung von Ist-Daten über die Maschinen und Anlagen. Sie erfolgt in der Regel automatisch über eine Schnittstelle, mit der sie direkt auf die Steuerung der Maschine/Anlage zugreift und einzelne Signale der Anlage erfasst, z. B. Zeitstempel, IST-Stückzahl etc. Die Verknüpfung der Einzelsignale zu aussagefähigen Werten erfolgt in der Funktion der Maschinendatenerfassung.

## Ziel:

Ziel der Maschinendatenerfassung ist, neben der Erfassung von Ist-Daten während des Produktionsprozesses, die Eingangsverarbeitung und Aufbereitung der erfassten Daten, um beispielsweise Informationen für Produktionsplanung und -steuerung oder Soll/Ist-Vergleiche bereitzustellen. Bei durch MDE erfasste Daten handelt es sich oftmals um Daten mit einem Ressourcenbezug ohne Sicht auf den konkreten Kundenauftrag. Der Zustand der Anlage und ihre maximale Verfügbarkeit steht hier im Vordergrund.

#### Verwandte Funktionalität:

MDE umfasst neben der Erfassungs- und Ausgabefunktionalität zusätzlich noch bestimmte Eingangsverarbeitungs- und Aufbereitungsfunktionalitäten. Die Eingangsverarbeitung ermöglicht es, nach definierten Regeln direkt bei der Datenerfassung Funktionen wie Alarmmanagement, Prozessverriegelung und Plausibilitätsprüfungen anzutriggern. Durch die Aufbereitungsfunktionalität werden die erfassten Daten verdichtet, um diese für Folgefunktionen bereitzustellen. Oftmals werden die in der MDE ermittelten Informationen an Großanzeigen in der Fertigung angezeigt, so dass die MDE auch einen dafür geeigneten Mediaserver mit versorgt.

#### Nutzer:

Werk-/Bandarbeiter, Abschnittsleiter, Meister

#### Eingangsdaten:

Maschinendaten: (siehe anderer Funktionsbaustein) zur Erfassung der Stillstands- und Laufzeiten/Störungen und deren Ursachen, durchgeführte Wartungen, Verbrauch an Material, Energie, Hilfsmitteln, gefertigte Stückzahlen etc.

#### Prozessdaten:

Qualitätsdaten, die zum Stillstand einer Anlage führen, z. B. Q-Stopps.

#### Ausgangsdaten:

Daten zur Visualisierung in Leitständen, auf ANDON-Boards, Daten für anlagenbezogene Reporting-Systeme, z. B. TPM-Systeme, ERP-Systeme, PLM-Systeme, Datenbanken etc.

#### Nutzen:

Maschinendatenerfassung dient zunächst der Transparenz über den Zustand der Produktionsanlagen. Dazu sind die Steuerungen, d. h. SPSen, NC- und Robotersteuerungen mit dem MES zu verbinden, um die Signale von den Steuerungen aufzunehmen und in der Maschinendatenerfassung zu verarbeiten. Eine neue Richtlinie des VDI [15] beschreibt dazu eine Standardschnittstelle zwischen Steuerungen und MES, in der die auszutauschenden Daten und ihre Semantik beschrieben sind. Aus den Einzelsignalen berechnet die Maschinendatenerfassung weiterhin aussagefähige Kennwerte über den Zustand einzelner Produktionsanlagen und der Produktion insgesamt. Solche Kennzahlen sind beispielsweise im VDMA-Einheitsblatt [16] definiert und zusammengefasst. Mit den aus Einzelsignalen ermittelten Kennzahlen kann das Fertigungsmanagement gezielt Schwachstellen in der Produktion ermitteln und beseitigen, z. B. um ein TPM-System aufzubauen oder präventive Instandhaltung durchzuführen.

## 4.2.1.4 Fertigungsauftragsmanagement

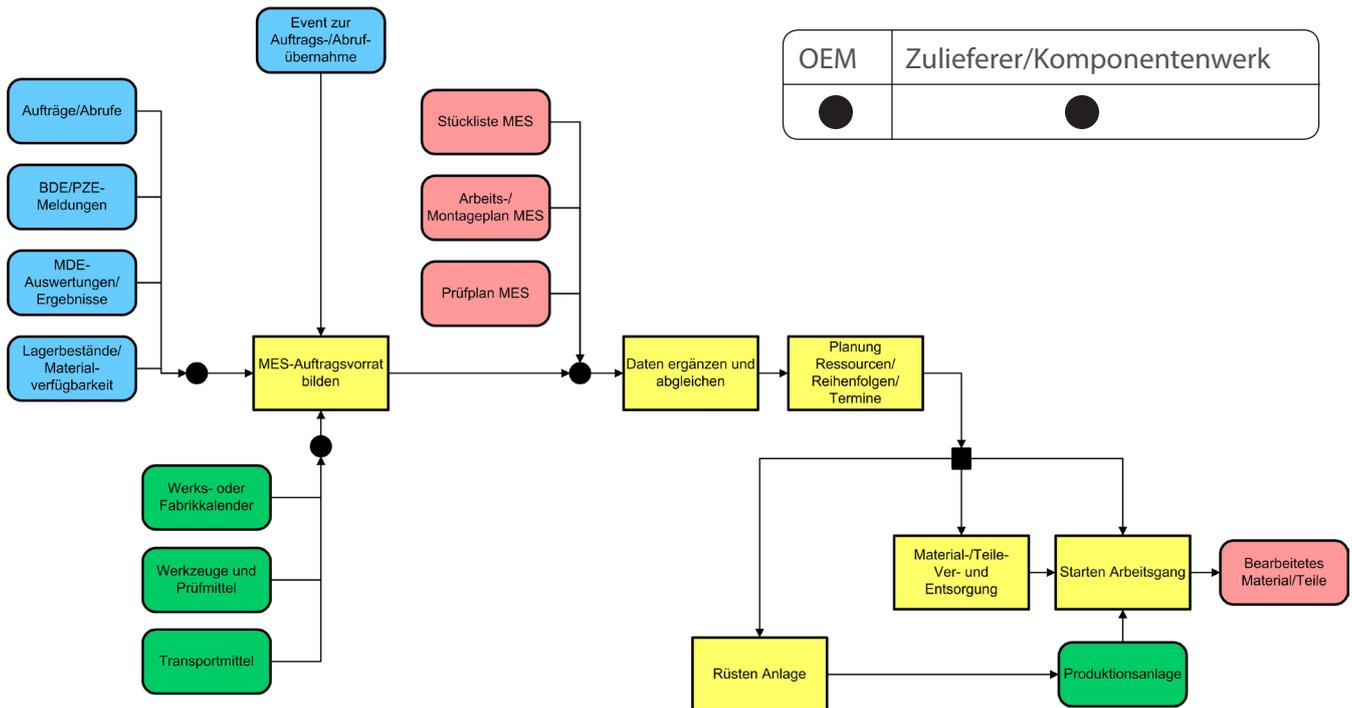


Bild 8: Ablauf im Funktionsbaustein Fertigungsauftragsmanagement

Im Funktionsbaustein Fertigungsauftragsmanagement sind die im folgenden kurz beschriebenen Aufgaben zu bearbeiten, und zwar unabhängig davon, welches System (ERP oder MES) hierfür zum Einsatz kommt:

## Definition und Abgrenzung:

Auftragsverwaltung mit Terminierung, Reihenfolgeplanung unter Berücksichtigung der Ressourcenverfügbarkeit. Diese Aufgabe sollte online bearbeitet werden, d. h. nicht nur einmal täglich, sondern abhängig von den tatsächlichen Gegebenheiten in der Produktion, z. B. auf Basis aktueller BDE- oder MDE-Meldungen. Falls erforderlich werden Nacharbeitsaufträge ebenfalls im MES-Auftragsvorrat gebildet. Kapazitätsplanung für alle Ressourcen wie Anlagen/Maschinen, Werkzeuge, Transportmittel, Werker unter Berücksichtigung von Instandhaltungen/Störungen, Veranlassen der Fertigungs-, Montage- und Transportaktivitäten und Verarbeiten der Rückmeldungen, Echtzeitauskunft über Auftragsstatus, Auftragsoperationen, Anlagenzustände etc.

## Ziel:

Aktive Durchsetzung der Fertigungs- und Montageaufträge mit den angeforderten Mengen zu den vorgegebenen Terminen und onlineaktuelle Abbildung aller Auftrags- und Ressourcenstatus.

## Verwandte/benachbarte Funktionalität:

Sequenzplanung, Feinplanung, Materialflusssteuerung, BDE, MDE

## Nutzer:

Arbeitsvorbereiter, Auftragssteuerer/Disponenten und Produktions-/Montageleiter

**Eingangsdaten:**

Aufträge bzw. Abrufe, Ist-Werte aus Produktion, Montage und aktuelle Status von Ressourcen

**Ausgangsdaten:**

Plan- und Ist-Werte der Aufträge, Meldungen über Abweichungen, Bedarfe, Starten von Arbeitsgängen, Auslösen von An- und Abtransporten (Material, Teile, Werkzeuge)

**Nutzen:**

Optimaler Auftragsdurchlauf und Reduzierung der manuellen Eingriffe in Ausnahmesituationen.

## 4.2.2 Feinplanung und Sequenzierung

### 4.2.2.1 Feinplanung

Um den Anforderungen moderner Produktion gerecht zu werden, ist der Einsatz von Softwarewerkzeugen zur Unterstützung der Fertigungssteuerung notwendig. Die zentrale Aufgabe liegt hier in der kurzfristigen Feinplanung der Ressourcenbelegung, d. h. der zeitlichen Zuordnung von Maschinen, Personal und Betriebsmitteln zu den zu produzierenden Aufträgen. Bei der klassischen Maschinenbelegungsplanung liegt das primär verfolgte Ziel in der Einhaltung der Soll-Endtermine. Als wesentliche Randbedingung muss die begrenzte Kapazität der Maschinen (Kapazitätsrestriktion) und die zulässige Bearbeitungsreihenfolge der Arbeitsvorgänge (Reihenfolgebeziehung) berücksichtigt werden.

Da sich die Verhältnisse in der Fertigung bedingt durch Störungen, Eilaufträge etc. ständig ändern, muss die Feinplanung fortlaufend überprüft und ggf. dem veränderten Systemzustand angepasst werden.

Die Voraussetzung hierfür ist die Rückmeldung der Betriebs- und Maschinendaten, um den aktuellen Systemzustand abzubilden. In den meisten Betrieben erfolgt die Rückmeldung durch den Einsatz entsprechender Softwareprodukte zur Betriebs- (BDE) und Maschinendatenerfassung (MDE). Durch diese Informationsrückkopplung liegt die Feinplanung in einem geschlossenen Regelkreis und arbeitet somit nicht als passives Steuerelement, sondern als aktiver Regler.

#### Definition und Abgrenzung:

Kurz- und mittelfristige (bis ca. 3 Mon.) Feinplanung des Auftragsnetzes als Kapazitätsterminierung mit begrenzten Kapazitäten, sowie Reihenfolgen unter Berücksichtigung der Ressourcen- und Materialverfügbarkeiten sowie der Reststandzeiten und des Fabrikkalenders je Ressource, z. B. Anlage, Maschine, Werkzeuge, Werker, zur Berücksichtigung von bedienerarmen Schichten.

Die Sequenzierung als automobilspezifische Funktion und Spezialfall der Feinplanung wird im folgenden Absatz gesondert beschrieben.

#### Ziel:

Belastbare Termine für alle Operationen und aufzulösende Aktivitäten.

#### Verwandte/benachbarte Funktionalität:

Sequenzplanung, Fertigungsauftragsmanagement, Materialflusssteuerung, Instandhaltung, Werkzeug-Prüfmittelverwaltung.

#### Nutzer:

Arbeitsvorbereiter und Auftragssteuerer

#### Eingangsdaten:

Aufträge bzw. Abrufe, Ist-Werte/ Status aus Produktion/Montage/Ressourcen

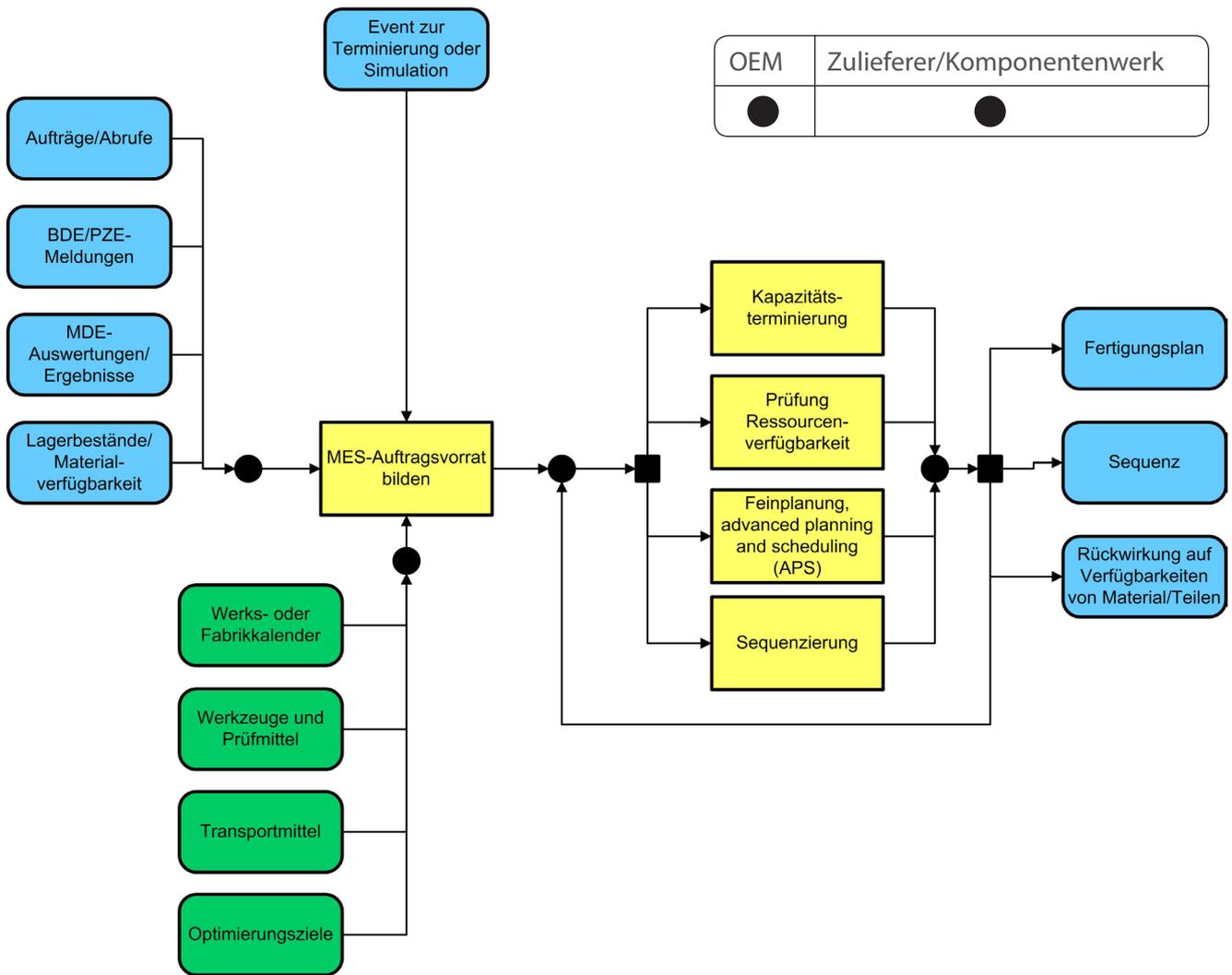


Bild 9: Grobablauf im Funktionsbaustein Feinplanung und Sequenzierung

**Ausgangsdaten:**

Plan- und Ist-Werte der Aufträge, Meldungen über Abweichungen, Bedarfe.

**Nutzen:**

Optimieren der Auftragsreihenfolge und Belegung der Anlagen mit Arbeitsgängen entsprechend vorher vom Unternehmen individuell festzulegender Ziele, z. B. Minimierung der Rüstzeiten, Erhöhung der Termintreue, Verbesserung der Kapazitätsauslastung, Reduzierung von Beständen, etc.

Vermeiden von Störungen und vorzeitiges Erkennen von Engpässen.

#### 4.2.2.2 Optimierungsverfahren in der Feinplanung

Das Ressourcenbelegungsproblem ist ein komplexes kombinatorisches Optimierungsproblem, für dessen exakte Lösung es derzeit kein echtzeitfähiges Verfahren gibt. Erschwerend kommt hinzu, dass die Optimierung der Ressourcenbelegung nach einer einzigen Zielfunktion nicht ausreicht, vielmehr sind zur Minimierung der Kosten mehrere Zielfunktionen gleichzeitig zu berücksichtigen, z. B.

- Termineinhaltung,
- Durchlaufzeiten,
- Ressourcenauslastung,
- Lagerbestände,
- Rüstaufwände.

Es liegt also ein ‚multikriterielles Optimierungsproblem‘ vor. Die besondere Schwierigkeit liegt hierbei darin, dass die vorgegebenen Zielkriterien meist konträr sind und es keine Lösung gibt, die hinsichtlich aller Kriterien optimal ist [12].

Man unterscheidet häufig zusätzlich zwischen harten Einschränkungen („hard constraints“), die unbedingt einzuhalten sind, und weichen Einschränkungen („soft constraints“). Zu den harten Einschränkungen zählen u. a. sämtliche Einschränkungen physikalischer Natur, z. B. Anlagenkapazitäten.

Weiche Einschränkungen sind solche, die zur Optimierung der Pläne dienen, aber nicht unbedingt eingehalten werden müssen. So besteht ggf. die Möglichkeit, nach voller Auslastung der vorhandenen personellen Kapazitäten zusätzliche Kapazität in Form von Überstunden in Anspruch zu nehmen [13].

Allgemein ist anzumerken, dass Optimierungsverfahren Methoden zur Lösung bestimmter quantifizierbarer Problemstellungen sind. Allen Optimierungsverfahren gemeinsam ist die Notwendigkeit der Definition einer Zielfunktion, anhand der die Bewertung der möglichen Lösung vorgenommen wird. Je nachdem, wie die Zielfunktion definiert ist, strebt das Optimierungsverfahren die Minimierung oder Maximierung der Zielfunktion an.

Im Folgenden werden kurz einige Ansätze zur Lösung kombinatorischer Optimierungsprobleme erläutert, wie das Ressourcenbelegungsproblem eines darstellt.

Als mögliche exakte Lösungsverfahren lassen sich die vollständige Enumeration, Branch & Bound-Verfahren und Mathematische Programmierung nennen. Es gibt einige Beispiele in der Forschung für spezifische Ressourcenbelegungsprobleme, in denen diese Verfahren eingesetzt werden. Exakte Lösungsverfahren scheitern in der Praxis an den Problemgrößen in realistischen Produktionsumgebungen. Der Rechenaufwand wächst exponentiell mit der Problemgröße. Je mehr Randbedingungen oder Restriktionen zu berücksichtigen sind, desto aufwändiger ist die Suche nach zulässigen Lösungen.

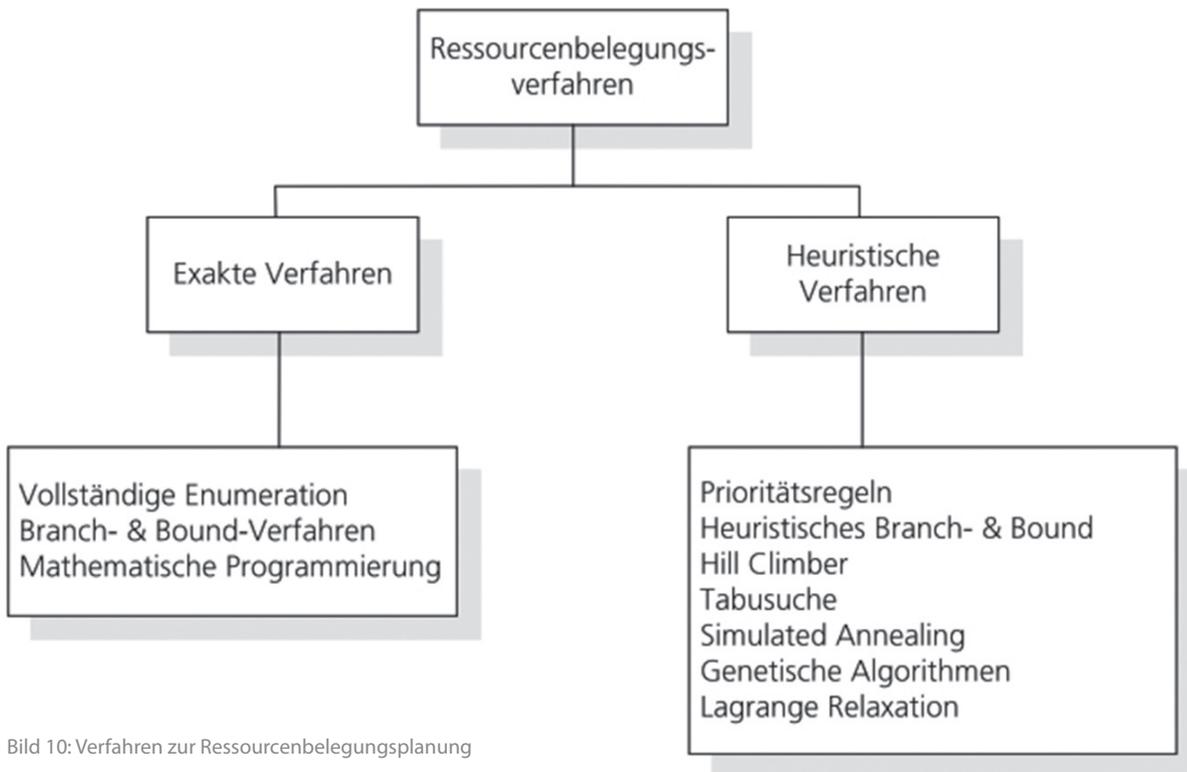


Bild 10: Verfahren zur Ressourcenbelegungsplanung

Da das Ressourcenbelegungsproblem jedoch i. d. R. ein schwer lösbares Optimierungsproblem (NP-vollständig) darstellt, werden in der Praxis meist heuristische Lösungsverfahren eingesetzt, die das Problem in annehmbaren Laufzeiten, möglicherweise nicht optimal, aber doch sehr gut lösen. Hierunter fallen im wesentlichen Prioritätsregeln sowie heuristische Branch- & Bound-Verfahren. Je mehr Rechenzeit zur Verfügung gestellt werden kann, desto besser wird normalerweise das Planungsergebnis. So können insbesondere bei Prioritätsregeln mit einer vorausschauenden Komponente auf das komplette Warteschlangennetzwerk gute Ergebnisse erzielt werden. Ebenso verhält es sich mit heuristischen Branch- & Bound-Verfahren, die so parametrisiert werden können, dass solange nach einer besseren Lösung gesucht wird, bis ein externes Ereignis, z. B. Benutzerabbruch, die Suche abbricht.

Neuere Ansätze in der Feinplanung stellen die oben erwähnte aktive Regelung aus Optimierung und Rückmeldung durch BDE/MDE in den Mittelpunkt. Ziel ist es, möglichst in Echtzeit auf ungeplante Änderungen in der Fertigung zu reagieren. Dabei wird nicht der vollständige Fertigungsplan neu berechnet, sondern lediglich die den aktuellen Plan betreffenden Änderungen berücksichtigt [17]. Außerdem erlauben die marktgängigen Advanced Planning & Scheduling-Systeme Simulationen, so dass beispielsweise die Auswirkungen von Eilaufträgen oder zusätzlichen Fertigungsaufträgen ermittelt werden können [18].

#### 4.2.2.3 Sequenzierung

Die Sequenzplanung in der Automobilindustrie ist ein Spezialfall einer Fertigungsfeinplanung. Dabei wird eine optimale Reihenfolge der zu fertigenden Fahrzeuge berechnet, die folgende Randbedingungen berücksichtigt

- Bearbeitungszeit der einzelnen Fahrzeuge an jeder Bearbeitungsstation,
- gleichmäßiger Verbrauch von einzubauenden Teilen.

Ziel der Sequenzplanung ist es, unter Berücksichtigung der o. g. Restriktionen die Produktion möglichst zu glätten und die Kundenaufträge bereits vor Produktionsbeginn in eine feste Reihenfolge zu bringen.

Sequenzplanungssysteme führen Produkt- und Auftragsdaten, verfügen jedoch nicht über Informationen aus dem Produktionsprozess, z. B. über das Verhalten von Produktionsanlagen.

Dazu ist anzumerken, dass neben der Anzahl der planungstabilen Fahrzeuge auch die Anzahl aller zu einem Zeitpunkt verspäteten Karossen von Bedeutung ist. Diese Anzahl der verspäteten Fahrzeuge entspricht der Größe des Zwischenlagers für die Pufferung der dazugehörigen Verbauteile. Entsprechend der Anzahl der verspäteten Fahrzeuge steigt auch der damit verbundene Kommissionier- und Sortieraufwand für den benötigten Teileumfang, da aufgrund der geänderten Zeitplanung die ursprünglich geplanten Teile später benötigt werden [13].

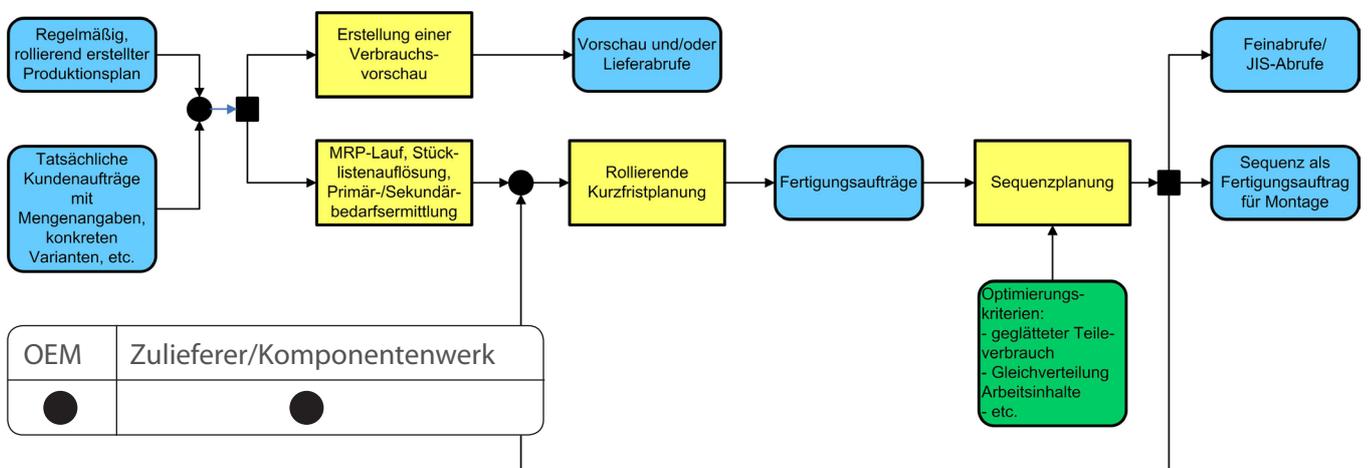


Bild 11: Ablauf im Funktionsbaustein Sequenzierung

#### Definition und Abgrenzung:

Die Berechnung einer Sequenz von Fertigungsaufträgen, einer sogenannten Perlenkette, findet zum größten Teil in dafür eigens gebauten Funktionsmodulen statt.

Aufgrund der hohen Variantenvielfalt der Fahrzeuge spielt die Sequenzplanung in der Automobilindustrie, wo sie einen Spezialfall der Fertigungsfeinplanung darstellt, eine wichtige Rolle.

Die Fertigungsaufträge werden am Beginn der Fertigung nach einer festgelegten Zielfunktion eingeplant und in dieser Reihenfolge aufgelegt. Aufgrund der verschiedenen Zielfunktionen der einzelnen Gewerke und der daraus resultierenden Fertigungsreihenfolge sowie Produktionsstörungen, kann die ursprüngliche Sequenz der Aufträge meist nicht eingehalten werden. Zur Berücksichtigung dieser Faktoren besteht die Möglichkeit für die einzelnen Gewerke des Fertigungsprozesses jeweils eigene Sequenzfolgen zu bilden. Die Entkopplung der Bereiche wird über Karossenpuffer erreicht. Ziel der Sequenzplanung ist eine bessere zeitliche Vorausplanung der nachgelagerten Prozesse, sowie eine gleichmäßige Auslastung der Bearbeitungsstationen und nahezu konstanter Verbrauch von einzubauenden Teilen in der Fertigung durch lokale Optimierung. Diese bereichsspezifische Möglichkeit wird auf der obersten Ebene der Sequenzplanung zusätzlich durch eine möglichst späte Zuordnung der Fahrzeugkarossen zum Fertigungsauftrag ergänzt, damit kann die Einhaltung, der vor Produktionsbeginn festgelegten Reihenfolge (Perlenkette) unterstützt werden [13].

**Ziel:**

Diese Module sind darauf spezialisiert, „nur“ Fertigungsaufträge nach den verschiedensten Kriterien in eine ideale Reihenfolge zu bringen. Diese Optimierungskriterien können sein: Rüstzeit, Kapazität von Maschinen und Personen, Werkzeugverfügbarkeit, Mitarbeiter-Know-how oder spezielle Techniken und Philosophien, wie z. B. Heijunka.

**Verwandte Funktionalität:**

Feinplanung

**Nutzer:**

Meister, Fertigungssteuerer

**Eingangsdaten:**

Kapazitätsgrenzen von Maschinen, Arbeitsplandaten zur Bestimmung der Durchlaufzeit, Bestand an vorhandenen, zu sequenzierenden Aufträgen für einen definierten Zeitabschnitt („Tagesscheibe“)

**Ausgangsdaten:**

Sequenzierte Fertigungsaufträge bzw. Definition der Perlenkette

**Nutzen:**

Möglichst effektive Nutzung der Produktionsressourcen

Gleichmäßiger Teileverbrauch

Gleichmäßige Verteilung der Arbeitsinhalte an den einzelnen Stationen am Band

## 4.2.3 Anlagensteuerung und -überwachung

## 4.2.3.1 Anlagenbedienung

Die Anlagenbedienung ist ein Ausschnitt der Funktionalität von Produktionsleitsystemen, mit denen automatisierte Anlagen überwacht werden, aber mit denen die Anlagen auch entweder automatisch geschaltet werden können, z. B. mit Hilfe sog. Schaltlisten, oder manuell bedient werden.

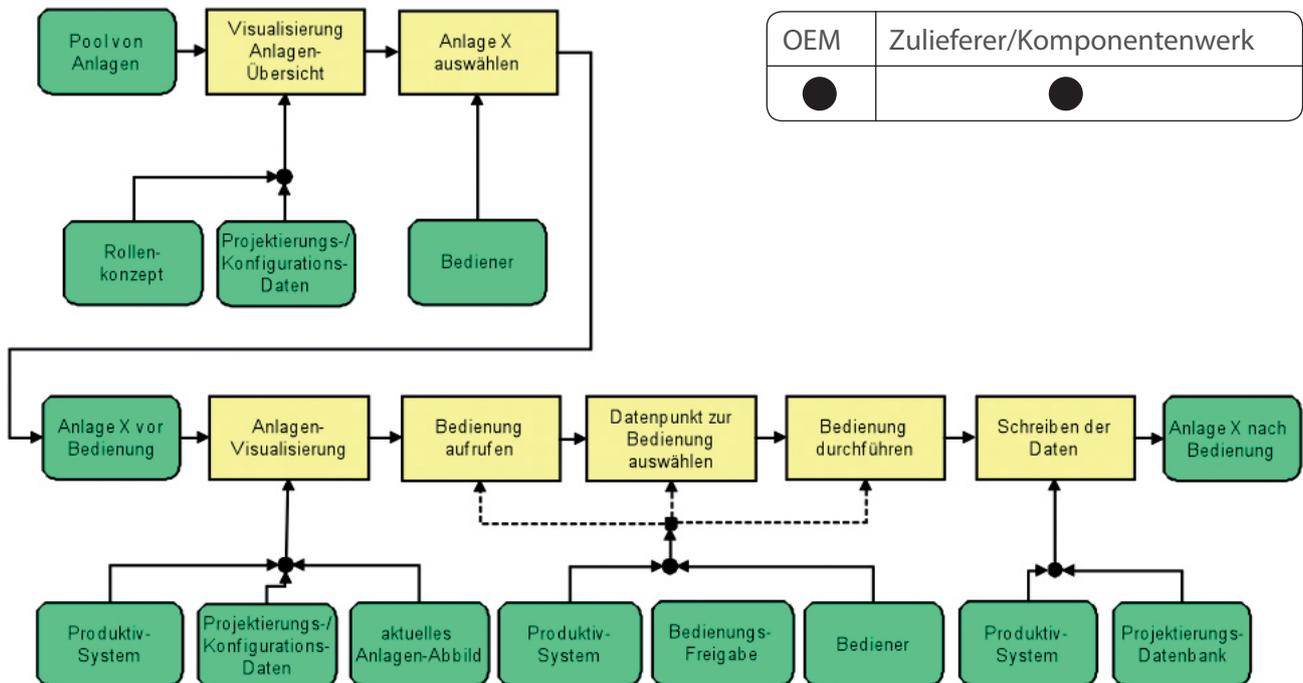


Bild 12: Ablauf im Funktionsbaustein Anlagebedienung

## Definition und Abgrenzung:

Kurzfristiger Eingriff ins Produktiv-System zur Anlagensteuerung aufgrund von Fehlermeldungen oder geänderten Vorgabewerten für den Produktionsprozess bezieht sich meist auf eine spezifische Anlage, kann aber auch mehrere Anlagen betreffen

Änderungen werden sofort wirksam (die Geltungsdauer ist abhängig von der Systemkonfiguration)

## Ziel:

Kurzfristige Änderung von Vorgaben zur Anlagensteuerung (Sollwerte)

## Verwandte/benachbarte Funktionalität:

Projektierung, Stammdatenmanagement, Maschinendatenerfassung

## Nutzer:

Wartungspersonal, Anlagenpersonal, Meister, Instandhalter

## Eingangsdaten:

Bedienerrolle, Bedienfreigabe, Bedienerkennung, aktuelles Anlagenabbild, Auswahl Anlagendatenpunkt

Ausgangsdaten:

Sollwert für Anlagendatenpunkt

Nutzen:

Möglichkeit zur schnellen Fehleranalyse und -korrektur

## 4.2.3.2 Online-Simulation zur Entscheidungsunterstützung

Sobald an einer Produktionsanlage eine Störung auftritt, prognostizieren Online-Simulatoren zu erwartende Ist-Werte, z. B. die zu erwartende Ausbringung und die Pufferstände in den kommenden Schichten.

Für den Anwender ergibt sich unmittelbar Nutzen dadurch, dass Auswirkungen von Störungen in komplexen Produktionssystemen sofort transparent werden; dem Anwender bleibt damit ein größerer Spielraum, um Gegenmaßnahmen einzuleiten und diese mit Hilfe des Simulators zu testen. Bei der Abwägung der Maßnahmen sind Online-Simulatoren ebenfalls behilflich: Mit dem gleichen Simulationsmodul werden die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen prognostiziert und miteinander verglichen. Damit unterstützt das System die Anlagenbediener wesentlich bei Entscheidungen.

Online-Simulatoren nutzen meist die Oberfläche des Laufzeitsystems, d. h. des Systems, das die Daten über Zustände aus dem Prozess verarbeitet, und sind direkt mit dem Laufzeitsystem verbunden. Darüber hinaus können zukünftige MES-Systeme dem Anwender Vorschläge machen, mit welchen Maßnahmen unvorhergesehene Ereignisse schnell abzustellen sind.

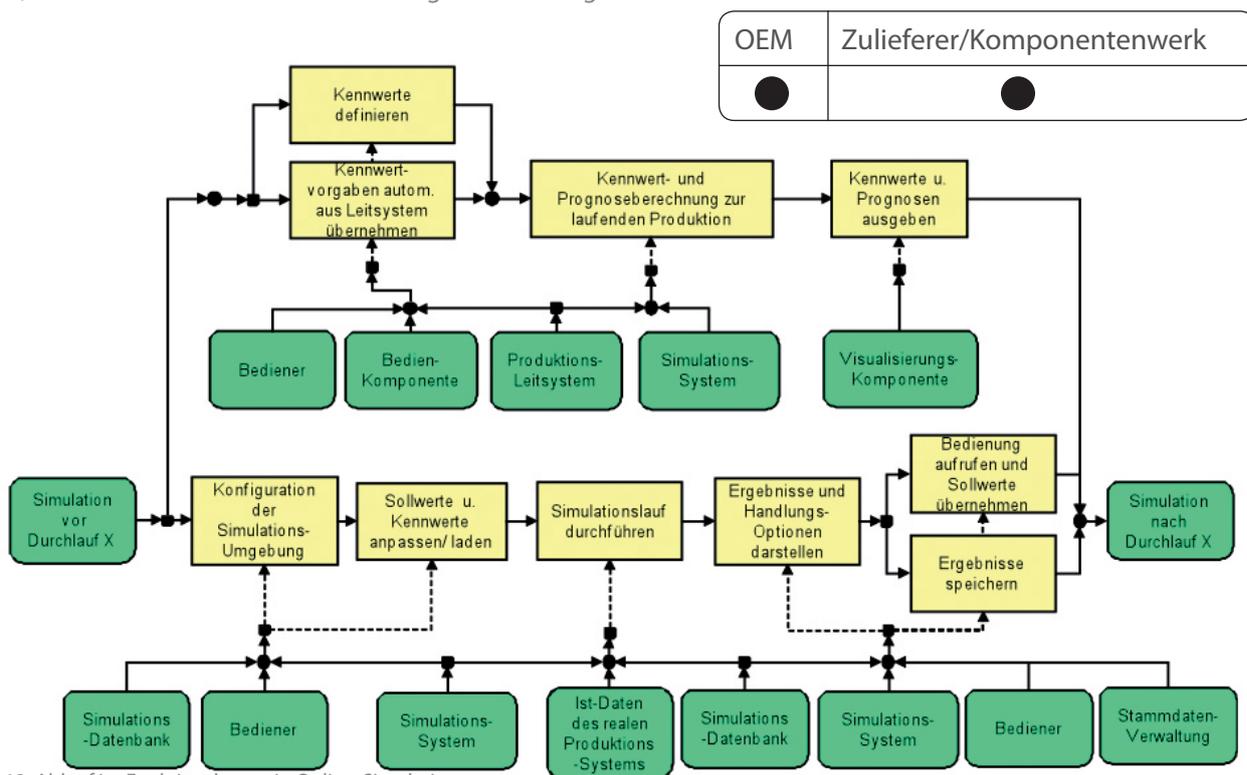


Bild 13: Ablauf im Funktionsbaustein Online-Simulation

## Definition und Abgrenzung:

Aktiver Simulator zur Prognose von Produktionskennwerten mit aktuellen Daten, der bei einer Anlagenstörung die Auswirkungen auf die Produktion ermittelt, den Test der Auswirkungen von Gegenmaßnahmen auf das Systemverhalten und deren Bewertung im Offline-Modus ermöglicht, sowie über den Aufruf der Anlagenbedienung die Änderung im realen System unterstützt  
Erstellung von Vorschlägen zur Störungsbehebung zur Erreichung der Produktionsvorgaben

**Ziel:**

Transparente Ermittlung der Auswirkungen der aktuellen oder geänderten Prozesskonfiguration, sowie von Störungen auf das Prozessverhalten und die entsprechenden Produktionskennwerte

**Verwandte/benachbarte Funktionalität:**

Stammdatenmanagement, Online-Monitoring, Anlagenbedienung, (Verbindung zur Ressourcenbelegungsplanung)

**Nutzer:**

Anlagenbediener, Meister, Instandhalter

**Eingangsdaten:**

Die aktuellen Produktionsdaten dienen als Datenquelle in der Echtzeitsimulation die im realen Betrieb gesammelten Daten nutzt das System für die Simulationsläufe

**Ausgangsdaten:**

Simulationsergebnisse (prognostizierte Kennwerte, wie z. B. Ausbringungsmengen, Pufferstände, Testresultate, Ergebnisvergleiche unterschiedlicher Maßnahmen  
Vorschläge zur Störungsbeseitigung

**Nutzen:**

Auswirkungen von Störungen in komplexen Produktionssystemen sind sofort transparent  
Unterstützung beim Entwickeln und Testen von Lösungsstrategien durch Offline-Simulation

## 4.2.3.3 Anlagensteuerung

Automatisierte Produktions- und Logistikanlagen benötigen zur korrekten Produktion SPS-, Roboter- oder NC-Programme. Aufgrund der hohen Variantenzahl können in der Steuerung nicht alle Programme vorgehalten werden, so dass die Anlagensteuerungen mit den jeweils zur Produktvariante passenden Anlagenprogrammen und Einstellparametern aus einem überlagerten Rechner versorgt werden, z. B. mit Schrauberprogrammen, Füllmengen, etc.

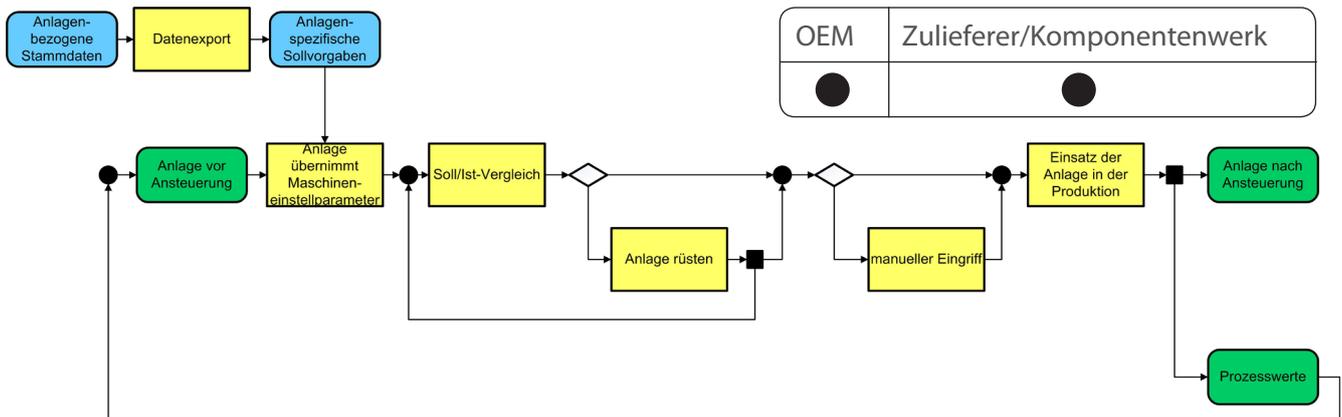


Bild 14: Ablauf im Funktionsbaustein Anlagensteuerung

## Definition und Abgrenzung:

Der Baustein sieht eine Verwaltung von Daten zur Anlagensteuerung und Maschineneinstellparameter vor. Er hat des Weiteren die Aufgabe, diese Informationen z. B. für Rüstvorgänge bereitzustellen und diese zu verarbeiten. Unter Produktionsbedingung werden hierfür die gesammelten Prozesswerte und Signale aufbereitet und für eine Echtzeitverarbeitung zum Regeln der Anlagen bereitgestellt. Hierbei findet ein ständiger mitlaufender Vergleich von Ist- und Soll-Werten statt.

## Ziel:

Ziel des Bausteins Anlagensteuerung und Maschineneinstellparameter ist es, alle gängigen Technologien auf der Automationsebene zu unterstützen und einen reibungslosen Produktionsvorgang zu gewährleisten. Die Hauptaufgabe des Bausteins liegt in der Echtzeitprozessregelung von Anlagen und Maschinen aufgrund angebundener Sensoren und Aktoren. Die Maschineneinstellparameter werden hierbei mit einer automatischen Übernahme von Daten zur Maschine versorgt. Wenn die Ergebnisse des realen Prozesses von den Prozesswertvorgaben abweichen, muss das MES eine Korrektur bzw. eine Prozessverriegelung sicherstellen.

Neben der Verwendung von Standards sollte das MES-System in der Lage sein, auch sehr individuell programmierte Anlagen anzubinden. Prinzipiell sollte das Ziel einer Reduzierung der Schnittstellen auf Automationsebene verfolgt werden. Wir verweisen hier auf die Arbeiten des AutomationML-Konsortiums,

das an einer standardisierten Schnittstelle zwischen Anlagen(-steuerungen) und MES arbeitet und die auch semantisch korrekte Interpretationen der zu kommunizierenden Daten zwischen Anlagen und MES zulässt [20].

#### Verwandte Funktionalität:

Die Anlagensteuerung und Maschineneinstellparameter werden durch das Stammdatenmanagement versorgt, woraus die aktuellen Sollwertvorgaben bezogen werden. Die Komplexität von Anlagenansteuerung und Anlagenbedienung gilt es aufeinander zu adaptieren und im lösbaren Rahmen zu standardisieren. Das Qualitätsmanagement in Form der Qualitätssicherung gewährleistet hierbei eine Überwachung und Überprüfung der produktionsbezogenen Datenqualität. Die Protokollierung der Daten erfolgt über die Schnittstellen zur Maschinen- und Betriebsdatenerfassung. Auf Grundlage dieser akkumulierten Informationen können Reparatur- und Instandhaltungsaufträge angestoßen werden. Die ermittelten Abweichungen im Produktionsprozess können eine Alarmierung und Eskalationsstufe auslösen.

#### Nutzer:

Dem Nutzerkreis des Anlagenpersonals muss ein besonderes Hauptaugenmerk entgegengebracht werden, um die Bedienerfreundlichkeit einer Anlage zu gewährleisten. Die gewonnenen Informationen dienen sowohl dem zuständigen Meister als auch der Instandhaltung, um Störungen im Produktionsprozess effektiv zu beheben und Wartungsintervalle einzuhalten.

#### Eingangsdaten:

Die Anlagenansteuerung bezieht die aktuellen entsprechenden Steuerungsdaten aus dem Stammdatenmanagement. Hierbei werden die Prozesswerte und Sollwerte übernommen und mit den Ist- Werten (Signale, Sensoren/Aktoren) abgeglichen und gegebenenfalls geregelt.

#### Ausgangsdaten:

Der Baustein liefert die Ist-Zustände der Anlagen-/Maschinendaten, welche er für den angrenzenden Baustein Maschinen- und Betriebsdatenerfassung für weitere Aktivitäten bereitstellt.

#### Nutzen:

Der wesentliche Nutzen ist es, effektiv und flexibel auf mögliche Abweichungen sowie Störungen zu reagieren bzw. diese zu regeln. Durch eine direkte Koppelung der Komponenten können Voraussetzungen für eine stabile Automatisierung der Produktionsabläufe geschaffen und Warn- und Eingriffsgrenzen aufgezeigt werden. Ein Vorteil liegt in der Rüstzeitoptimierung aufgrund automatisierter Vorgänge sowie der optimalen Unterstützung komplexer Fertigungsschritte, welche sich durch eine hohe Produktvarianz und kundenspezifische Ausprägung kennzeichnet.

## 4.2.4 Materialmanagement

## 4.2.4.1 Materialflussmanagement

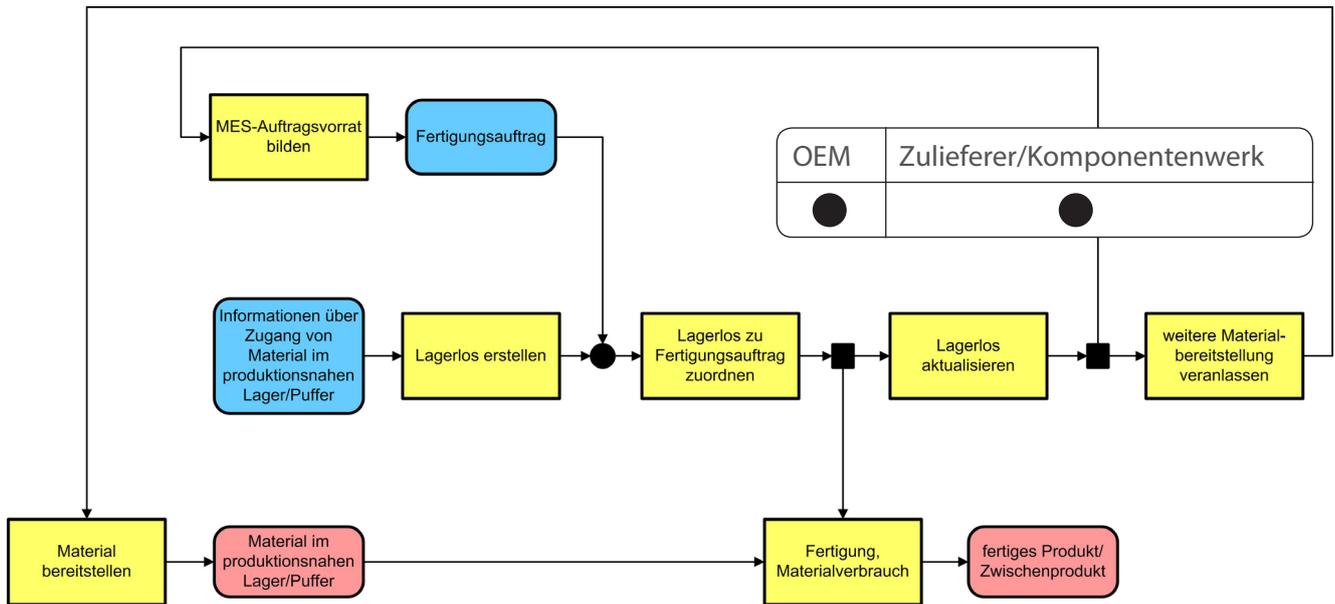


Bild 15: Ablauf im Funktionsbaustein Materialflussmanagement

## Definition und Abgrenzung:

Die Bewegung von Material (Komponenten) durch die unterschiedlichen Logistikprozesse eines Unternehmens ist vielfältig und wird mit unterschiedlichsten Philosophien gesteuert. Bezogen auf ein MES-System jedoch beschränkt sich der Materialfluss auf das Vereinnahmen und Verbrauchen von Material oder Zulieferteilen. Die verschiedenen Philosophien zur Materialbereitstellung, wie z. B. Kanban oder Heijunka, werden aufgrund der Komplexität nicht im Detail beschrieben [21].

## Ziel:

Das Materialflussmanagement innerhalb eines MES-Systems hat das Ziel, die zur Produktion benötigten Komponenten zum richtigen Termin, in der richtigen Menge und in der richtigen Qualität zur Verfügung zu stellen.

## Verwandte Funktionalität:

Einkaufsprozess, Materialbedarfsplanung

## Nutzer:

Disponent, Fertigungssteuerer

## Eingangsdaten:

Materialbedarfe der Produktion

## Ausgangsdaten:

Auslagerungsprozess, Trigger Kanban-Prozess

Nutzen:

Termingerechte Bereitstellung von Komponenten in der richtigen Menge mit der gewünschten Qualität.

## 4.2.5 Tracking / Tracing

Aus Basis der protokollierten Maschinen- und Qualitätsdaten aus der Fertigung erlauben Tracking & Tracing-Verfahren die lückenlose (Rück-)Verfolgbarkeit von Produkten und Komponenten sowie ggfs. ihren gezielten Rückruf, falls fehlerhafte Materialien verbaut wurden oder Qualitätsmängel in der Fertigung aufgetreten sind.

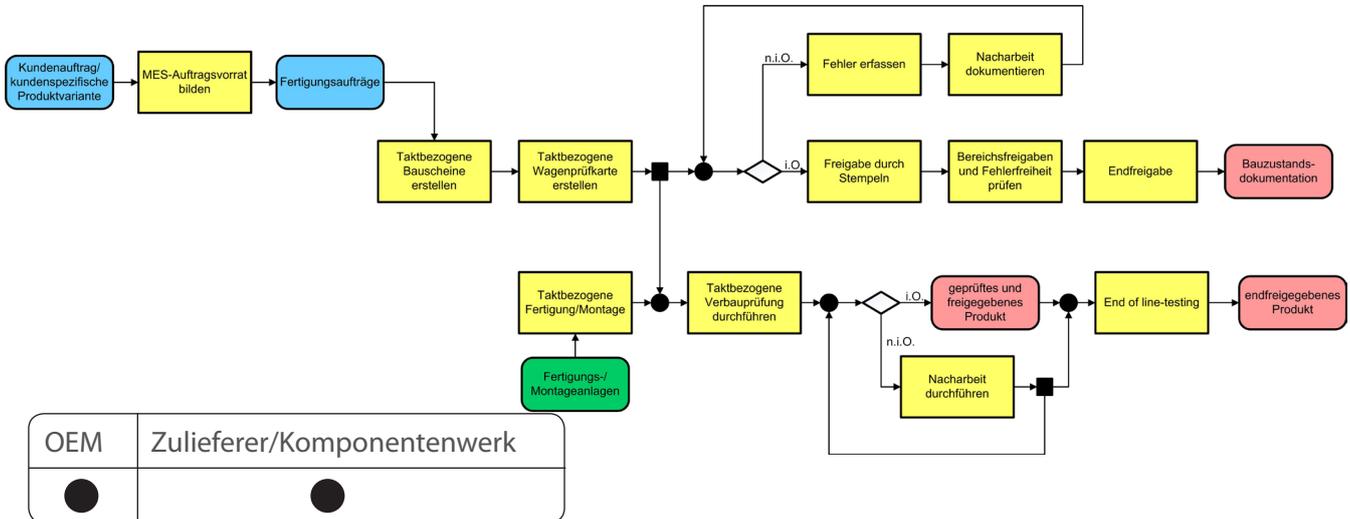


Bild 16: Ablauf im Funktionsbaustein Tracking/Tracing

## Definition und Abgrenzung des Funktionsumfangs:

Erfassung und Dokumentation von qualitätsrelevanten Prozess- und Zustandsinformationen bezogen auf Werker/Anlagen/Maschinen/Prüfstände/Produkte/Bauteile (Serialnummern).

## Ziel:

Vollständige Rückverfolgbarkeit der Produktdaten und -informationen

Vollständige Bauzustandsdokumentation

## Verwandte/benachbarte Funktionalität:

Produktionsbegleitendes Qualitätsmanagement

Stammdatenübernahme und -ergänzung

Fertigungsauftragsmanagement

Karosser-/Teileidentifikation/-lokalisierung und -verfolgung

Anlagenansteuerung, Maschineneinstellparameter

Automatisierte MDE

BDE

Verriegelung (Prozessverriegelung)

## Nutzer:

Werker, Meister, Gruppenleiter, Qualitätsmanagement, Produktionsmanagement, Lieferanten

#### Eingangsdaten:

- Serialnummern je Bauteil oder Chargennummer
- Produktionsauftrag, Produktkonfiguration, Stückliste
- Arbeitsplan, Prüfplan, Prüfmittel
- Fabriklayout , Anlagen, Arbeitsplätze
- Prozess- und Anlagensteuerungsinformationen
- Regeln (SPC)

#### Ausgangsdaten:

- Bauzustandsdokumentation (inkl. Prozessparametern) mit Historie und Herkunftsnachweis

#### Nutzen:

- Lückenloser Nachweis der IST-Produktkonfiguration
- Lückenloser Nachweis der Bauteilherkunft (auch lieferantenseitig)

## 4.2.6 Qualitätsmanagement

Der Fokus des Qualitätsmanagements liegt darauf, qualitätsgerechte Teile, Komponenten und Produkte herzustellen. Werkzeuge dazu sind die Erfassung qualitätsrelevanter Daten in der Produktion sowie die Bereitstellung geeigneter Prüfpläne und Prüfmittel. Die Prüfpläne können dynamisch an die Gegebenheiten der Produktion angepasst werden.

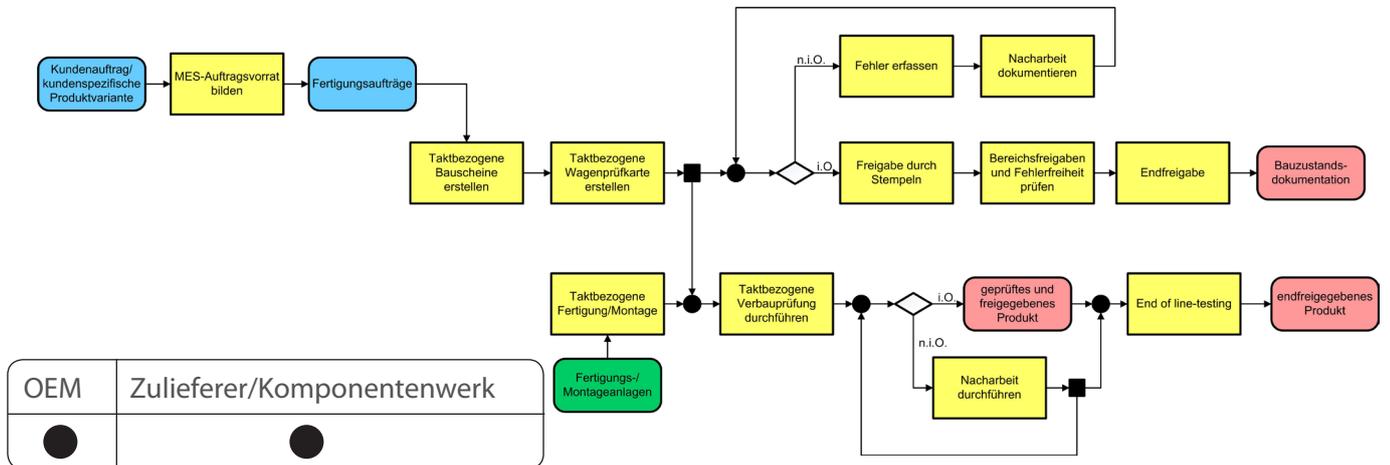


Bild 17: Ablauf im Funktionsbaustein Qualitätsmanagement

## Definition und Abgrenzung des Funktionsumfangs:

Identifikation und Zuordnung von qualitätsrelevanten Steuerungs- und Prozessinformationen für  
Werker/Anlagen/Maschinen/Prüfstände/Produkte

Erfassung, Interpretation und Steuerung von qualitätsrelevanten Prozess- und Zustandsinformationen  
von Werkern/Anlagen/Maschinen/Prüfständen/Produkten

## Ziel:

Null Fehler (TQM)

Dynamische Prüfsteuerung

Vollständige Bauzustandsdokumentation

Verwandte/benachbarte Funktionalität:

Stammdatenübernahme und -ergänzung

Fertigungsauftragsmanagement

Sequenzplanung/-umplanung

Feinplanung- und -steuerung

Karosser-/Teileidentifikation/-lokalisierung und -verfolgung

Anlagenansteuerung, Maschineneinstellparameter

Automatisierte MDE

Verriegelung (Prozessverriegelung)

Nutzer:

Werker, Meister, Qualitätsmanagement, Produktionsmanagement, Einkauf,  
Lieferantenqualifikation und -audit

Eingangsdaten:

Produktionsauftrag, Produktkonfiguration, Stückliste  
Arbeitsplan, Prüfplan, Prüfmittel  
Fabriklayout, Anlagen, Arbeitsplätze  
Prozess- und Anlagensteuerungsinformationen

Ausgangsdaten:

Fehlerart, -ort, -lage  
Qualitätsstatus (i. o. / n. i. o.)  
Bauzustandsdokumentation (inkl. Prozessparametern) mit Historie von Fehlerart, ort, -lage  
Ggfs. Nacharbeitsauftrag

Nutzen:

Zertifikat der Fehlerfreiheit bei Verlassen der Produktion  
Lückenloser Nachweis der Ist-Produktkonfiguration und der Produktionsbedingungen  
(Prüfprotokolle, Anlagenparameter)

## 4.2.7 Instandhaltung

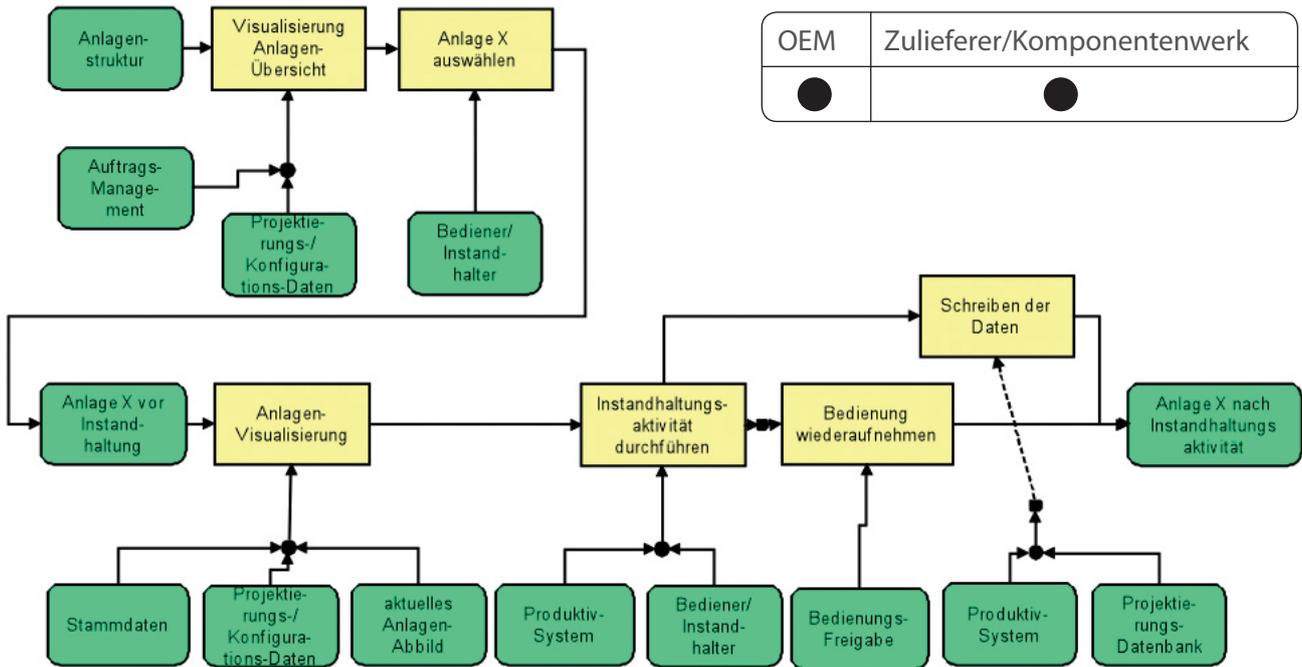


Bild 18: Ablauf im Funktionsbaustein Instandhaltung

## Definition und Abgrenzung:

Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit (Produktionsanlagen und deren Komponenten, Geräte und Betriebsmittel) zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder der Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.

Elemente der Instandhaltung:

- vorbeugende Instandhaltung
- geplante Instandhaltung
- ungeplante Instandhaltung, Inspektion, Instandsetzung
- Schwachstellenanalyse und Verbesserung

Ziel:

Die Instandhaltung von technischen Systemen, Bauelementen, Geräten und Betriebsmitteln soll sicherstellen, dass der funktionsfähige Zustand erhalten bleibt oder bei Ausfall wieder hergestellt wird.

Verwandte/benachbarte Funktionalität:

Stammdatenmanagement, Anlagenbezug, BDE, MDE, Qualitätsdatenmanagement, Werkzeug- und Ressourcenmanagement

Nutzer:

Instandhalter, Anlagenbediener, Meister

**Eingangsdaten:**

Stammdaten, Auftragsdaten, Störmeldung, Alarmer

**Ausgangsdaten:**

Instandhaltungsauftrag, Rückmeldedaten über durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen, verbaute Ersatzteile, weitere Lebensdauerdaten, ggfs. LCC-Berechnungen.

**Nutzen:**

- Erhöhung und optimale Nutzung der Lebensdauer von Anlagen und Geräten
- Verbesserung der Betriebssicherheit
- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit
- Optimierung von Betriebsabläufen
- Reduzierung von Störungen
- Planung von Kosten

## 4.2.8 Reporting/Auswertungen/Archivierung

Um das umfangreiche Datenaufkommen eines MES-Systems für Analysen und Entscheidungen nutzbar zu machen, bedarf es eines sinnvollen Reportings. Diese Auswertungen werden entweder kurzfristig, z. B. je abgelaufener Schicht oder Produktionstag, erzeugt, so dass sie bei regelmäßigen täglichen Produktionsbesprechungen genutzt werden oder zeigen langfristige Trends über das Verhalten von Produktionsprozessen auf.

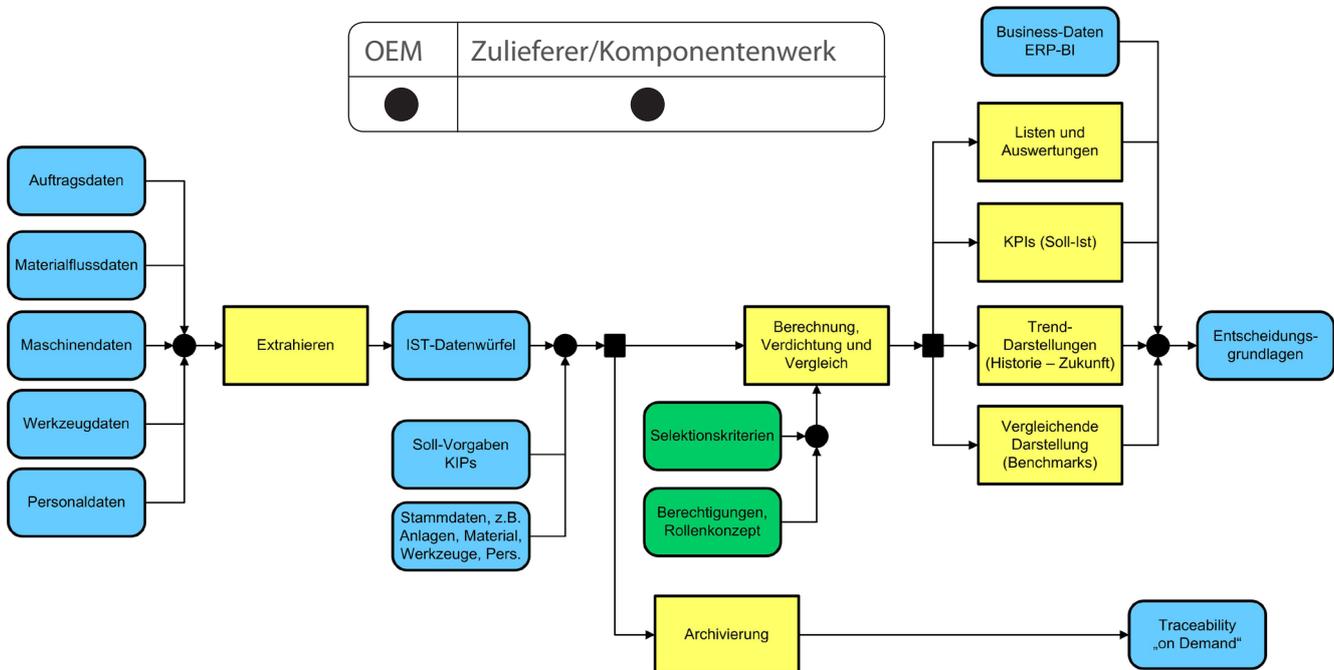


Bild 19: Ablauf im Funktionsbaustein Reporting

## Definition und Abgrenzung:

Das Reporting setzt – im Gegensatz zum Online-Monitoring – auf einem aus den Ist-Daten zu bestimmten Zeitpunkten extrahierten Datenbestand auf. Objekte des MES-Reportings sind die im Prozess erfassten Daten zu Produktionsaufträgen und Arbeitsvorgängen, Produkten und Materialien, Betriebsmittel, Maschinen und Personal.

Generell sollten die folgenden Reportingmöglichkeiten unterstützt werden:

1. Standardmäßige Berichte für festgelegte Zeiträume wie z. B. Tag/Schicht, Woche, Monat, Quartal, Jahr).
2. Ad hoc-Abfragemöglichkeiten zu einzelnen Objekten (Auftrag/Karosserie, Materialverwendung, ...)

Eine Aggregation der Objekte, z. B. Maschine/Linie, Werk, Unternehmen, muss für den entsprechenden Nutzerkreis, z. B. Meister, Werkleiter, Produktionsvorstand, möglich sein. Ebenso sollten unterschiedliche Darstellungsformen wie Listen, Zusammenfassungen, Grafiken in elektronischer Form möglich sein.

#### Ziel:

Ziel des Reportings ist die Schaffung einer Informationsbasis für Analysen, Vergleiche, Trendberechnungen wichtiger Produktionsparameter sowie die Überprüfung der Einhaltung/Abweichung von vorgegebenen Soll-Werten. Damit ist das Reporting ein wichtiges Instrument zur Unterstützung sowohl operativer als auch strategischer Entscheidungen mit Auswirkungen auf die Produktion. In IT-Systemen ist in diesem Zusammenhang häufig von Enterprise Manufacturing Intelligence (EMI) oder einfach Manufacturing Intelligence (MI) die Rede.

#### Verwandte/benachbarte Funktionalität:

Da das Reporting auf den operativen Daten aufsetzt, gibt es Anknüpfungspunkte zu allen MES-Funktionen.

#### Nutzer:

Nutzer des MES-Reportings sind Entscheider auf allen Unternehmensebenen und aus nahezu allen Unternehmensbereichen. Zentrale Bereiche wie Unternehmensleitung, Strategie, Finanzen, Personalwesen benötigen die Berichte z. B. für Investitionsentscheidungen. Entscheider aus den Fachbereichen wie z. B. Werkleiter/Betriebsleiter/Meister, Vertrieb, Einkauf, Disponenten, QS, Instandhalter nutzen Berichte im Rahmen ihrer täglichen Arbeit, um auskunftsfähig über den aktuellen Status der Produktion zu sein bzw. schnell operative Entscheidungen treffen zu können.

#### Eingangsdaten:

Das Reporting setzt auf den Stammdaten sowie auf den Ist-Daten aus der BDE/MDE, der Qualitätssicherung, der Instandhaltung, und des Ressourcenmanagement (Personal, Material, Maschinen, Werkzeuge, Energie) auf. Diesen Ist-Daten werden vorgegebene Soll-Werte (KPIs) gegenübergestellt. Weitere Parameter steuern die Reporting-Struktur und die Sicherheit.

#### Ausgangsdaten:

Hier einige beispielhafte MES-Reports zu verschiedenen Objekten:

- Aufträge/Karosserien: Built To Schedule, First Time Through, Perlenkettengüte, Lackschichten, Durchlaufzeit, hours per vehicle
- Anlagen: Stückzahlen, Taktzeiten, Pufferstände, Verfügbarkeit, Stillstände, Störberichte mit Störgründen, Overall Equipment Effectiveness (OEE)
- Ressourcen: Fehlzeiten, Fehlteile, Werkzeugstandzeiten, Energieverbrauch (Green Production)
- Qualität: Non Conformance Report, Ausschuss/Nacharbeit, Störberichte, Prozessfähigkeit
- Gesamtkosten: Basis für Total Cost Betrachtungen

In [16] sind übliche Kennzahlen definiert, die den Anwendern ein MES-Reporting bereitstellt. Die extrahierten Reporting-Daten werden archiviert und ermöglichen so auch über lange

Zeiträume hinweg eine Rückverfolgung einzelner Produktionsschritte (Traceability).

Nutzen:

Neben der Bereitstellung einer Basis für operative Entscheidungen im täglichen Geschäft liefert das MES-Reporting Informationen für das übergeordnete Management.

So können beispielsweise Performance oder Kosten der Produktion verschiedener Standorte miteinander verglichen werden und für interne Benchmarks verwendet werden.

## 4.2.9 Werkzeug- und Ressourcenmanagement

### 4.2.9.1 Personalmanagement

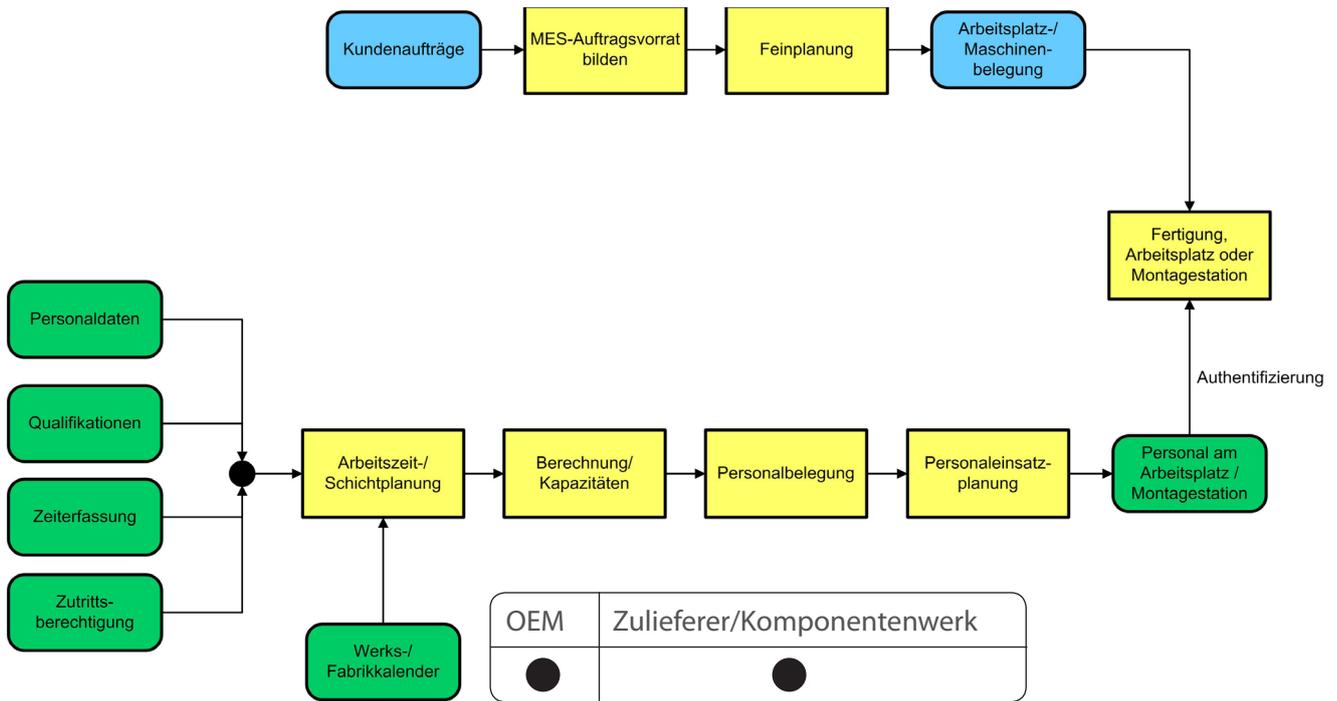


Bild 20: Ablauf im Funktionsbaustein Personalmanagement

#### Definition und Abgrenzung:

Der Baustein Personalmanagement integriert alle Ressourcen des Teilbereichs Personal zur einer Gesamtlösung. Hierfür ist ein vollständiger und umfassender Überblick auf die Planung der Ressourcen in Bezug auf Qualität, Quantität und Qualifikation charakteristisch. Ein wesentlicher Bestandteil sieht hierbei die Berücksichtigung von Abläufen in Form von konventionellen und alternativen Arbeitsfolgen vor. Diese gilt es aufgrund einer aktuellen Ressourcen-Übersicht in der Fertigung zu steuern. Die daraus resultierenden Zeit- und Arbeitsergebnisse dienen zeitgleich der Tracking- und Tracing-Funktionalität eines MES-Systems. Diese Daten sollten archiviert und für Auswertungen zur Verfügung stehen.

#### Ziel:

Ziel des Bausteins Personalmanagement ist es, die Personalkapazitäten für den Einsatz in der Fertigung effektiv und flexibel zu verplanen. Hierbei steht die Einbeziehung in Planung und Optimierung im Vordergrund. Unter den Gesichtspunkten der Effektivität und der Flexibilität des Personalmanagement gilt es, die Punkte Personaleinsatzplanung, Personalzeiterfassung, und Arbeitszeitmodellverwaltung (Schichtmodelle, Gruppenarbeit) in einem MES-System aufeinander abzustimmen und abzubilden. Des Weiteren sollte ein Augenmerk in puncto Sicherheit in Form von Zutrittsberechtigung sowie Arbeitsplatzplausibilität gelegt werden.

**Verwandte Funktionalität:**

Das Personalmanagement wird durch die Daten zur Feinplanung-/steuerung und dem Fertigungsmanagement versorgt, woraus eine aktuelle Personaleinsatzplanung abgeleitet wird. Das Qualitätsmanagement in Form von Mitarbeiterqualifikation, welches zur Qualitätssicherung der Fertigung beiträgt, sowie der qualitätsbezogenen Anlagenbedienung sind hierbei wesentliche Einflussfaktoren. Die aus dem Personalmanagement resultierenden Daten bilden eine Schnittstelle zu den Funktionen der Betriebsdatenerfassung sowie der Lohn- und Gehaltssysteme.

**Nutzer:**

Einem Nutzerkreis aus Arbeitsvorbereitern und Fertigungssteuerern dienen die Daten des Personalmanagements dazu, eine effektive und flexible Produktionsumgebung an den Unternehmensbedürfnissen auszurichten. Die gewonnenen Daten können des Weiteren einer Analyse unterzogen werden, die es einem Produktionsleiter erlaubt, seine bedarfsgerechte Personalplanung aufzusetzen. Herunter gebrochen auf die operative Fertigungsebene stehen den Meistereien Informationen zur Verfügung, die es ihnen erlauben, eine effektive Personalkapazität zu gewährleisten. Mit einem MES-gestützten Personalmanagement können dem Fertigungsmitarbeiter bis an seinen Arbeitsplatz Informationen bereit gestellt sowie erfasst werden.

**Eingangsdaten:**

Das Personalmanagement bezieht die entsprechenden Steuerungsdaten aus Stammdaten gekoppelt mit aktuellen variablen Kapazitäts- und Auftragsdaten. Zu den Steuerungsdaten zählen unter anderem Maschinen- und Arbeitsplatzstammdaten, sowie konvergierende Personaldaten mit Bezug zu fachmännischen Qualifikationen.

**Ausgangsdaten:**

Der Baustein Personalmanagement liefert fertigungsbezogene Daten, die zur Personaleinsatzplanung genutzt und zur Personalbelegung erforderlich sind. Unter anderem werden entsprechende Ausgangsdaten für Auswertungen dokumentiert bzw. stehen nach der Protokollierung z. B. der Berechnung einer Leistungs-/Prämienentlohnung zur Verfügung.

**Nutzen:**

Der wesentliche Nutzen des Personalmanagements liegt darin, das Personal effektiv und flexibel in der Fertigung einsetzen zu können und auf Basis seiner Qualifikationen Produktivitätsvorteile zu erzielen. Die dadurch erreichten Vorteile bestimmen wiederum Produktionskosten mit Bezug zur Ergebnisoptimierung. Durch Dokumentation der resultierenden Daten stehen detaillierte und relevante Rückmeldeinformationen zur Verfügung.

### 4.2.9.2 Betriebsmittelmanagement

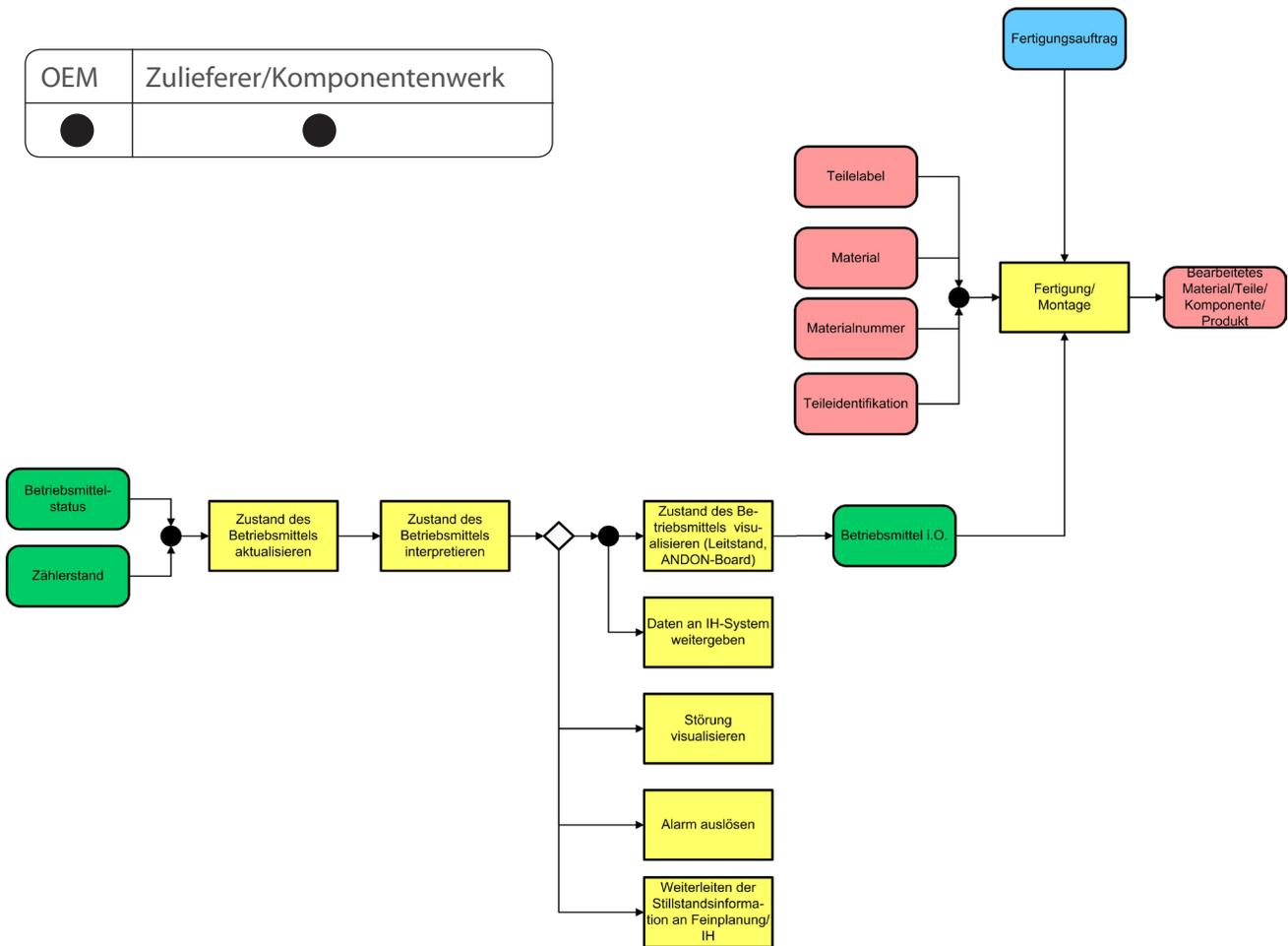


Bild 21: Ablauf im Funktionsbaustein Betriebsmittelmanagement

#### Definition und Abgrenzung:

Das Betriebsmittelmanagement umfasst die Verwaltung/Monitoring von Werkzeugen, Manipulatoren, Anlagen und Prüfgeräten. Beispielsweise werden folgende Daten im Funktionsbaustein des Betriebsmittelmanagements genutzt und bearbeitet:

- Auftragspezifische Daten: Vorgangsdaten, Stückzahlen, Durchlaufzeit, Materialbedarf etc.
- Prozessspezifische Daten: Prozessparameter, Maschinenparameter, Einstellparameter, Qualitätsdaten, Fehlerkennziffern etc.
- Nutzerspezifische Daten: Anmeldedaten eines Anwenders oder einer Anwendergruppe

#### Ziel:

Ziel des Betriebsmittelmanagements ist die Sicherstellung der termin- und bedarfsgerechten Verfügbarkeit und technischen Funktionsfähigkeit der Betriebsmittel. Detailliert bedeutet dies die Pufferung, Bereitstellung und Rückmeldung von technischen Daten (Auftragsdaten) zur Bearbeitung eines Materials mit Betriebsmitteln.

**Verwandte Funktionalität:**

Anlagenbedienung, Belegungsplanung (Kapazitätsplanung) und Maschinendatenerfassung. Betriebsmittelmanagement kann als spezifischer Teilbereich der Maschinendatenerfassung eingeordnet werden. Eventuelle Rückmeldedaten aus den Betriebsmitteln können für die Instandhaltung oder das Qualitätsmanagement verwendet werden.

**Nutzer:**

Werk-/Bandarbeiter, Auftragsplaner und Instandhalter

**Eingangsdaten:**

Auftragsdaten (aus Belegungsplan), Teilekennung inklusive Material, Vorgänge (Arbeitsschritte) und Parameter werden an die Betriebsmittel übersendet und in einem Puffer gespeichert.

Prozessdaten (Betriebsmittelstatus), Prüfwerte, Prozessparameter, Einstellparameter, Durchlaufzeit, Messwerte, Prüfwerte, Teilelabels.

Userspezifische Daten (optional), Anmeldedaten am Terminal einer natürlichen Person oder Gruppe

**Ausgangsdaten:**

Maschinendaten Rückmeldungen (Teil in Station, Bearbeitung abgeschlossen, Teil aus Station),

Zustand des Betriebsmittels (läuft, Wartung, Stillstand, kritisch, Zählerstände)

Prozessdaten Prüfergebnisse, verwendete Einstellparameter, Durchlaufzeit, Messergebnisse, Ergebnis des Labelscans, Werker/Prüfer

**Nutzen:**

Durch das automatisierte Einstellen von Betriebsmitteln sinkt die durch menschliche Eingabe verursachte Fehlerrate.

Durch das Puffern von Daten in den Betriebsmitteln kann in Zeiten ohne Verbindung zum MES Auftragsmanagement weiter produziert werden und damit Produktionsausfälle vermieden werden.

Durch das Monitoring der Maschinenzustände können unvorhergesehene Ausfälle vermieden werden (zustandsabhängige Instandhaltung).

### 4.3 Gewerkespezifische Funktionen

#### 4.3.1 Abrufe, die aus MES angestoßen werden

Aufgrund der an den Fahrzeugkarossen oder an Skids angebrachten mobilen Datenträgern werden an definierten Meldepunkten oder Lesestationen am Band, an denen die mobilen Datenträger ausgelesen werden, Informationen an Adressaten des Fertigungsfortschrittes übermittelt. Ein Beispiel dafür ist die Übermittlung von Karosendaten nach dem Auslauf der Karossen aus dem Karossenpuffer, bei der Daten über die spezifische Karosse und ihre Anbauteile an die Zulieferer übermittelt werden. Aus der Reihenfolge der ausgelagerten Fahrzeuge entstehen so sequenzgenaue Abrufe von Zulieferteilen, z. B. lackierte Stoßfänger, Motoren, etc.

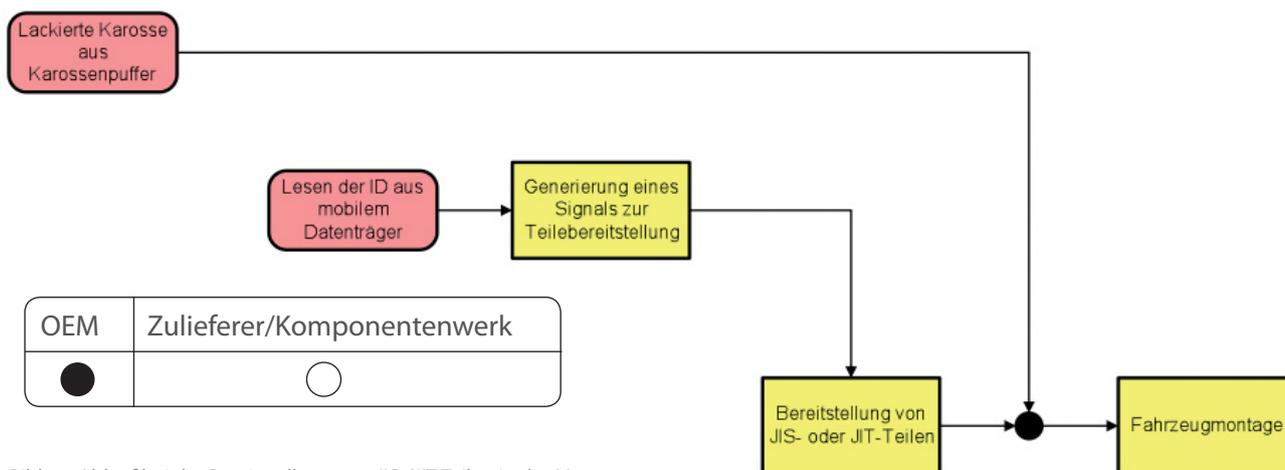


Bild 22: Ablauf bei der Bereitstellung von JIS-/JIT-Teilen in der Montage

#### 4.3.2 Nacharbeitssteuerung

Nacharbeiten sind in jeder Fabrik ungeliebt, da sie auf Schwachstellen im Produktionsprozess hindeuten. Gleichwohl gibt es aufgrund der unglaublichen Dynamik in Produktionsunternehmen unvorhergesehene Ereignisse, z. B. Werkzeugschäden, Personalausfall, Materialfehler, die Nacharbeiten bedingen. Es werden Symptome von Fehlern und deren Ursachen erfasst. Dies dient einerseits zum Nachweis der fehlerfreien Fertigung eines einzelnen Produkts, andererseits aber auch zur Verbesserung des Gesamtfertigungsprozesses vom Lieferanten bis zur Verbauung eines Einzelteils.

Voraussetzung der hier nur sehr grob beschriebenen Nacharbeitssteuerung ist es, dass die einzelnen Arbeitsschritte der Nacharbeit wie in Form eines Arbeitsplans mit Material und Arbeitszeit in einem IT-System hinterlegt sind.

Die Reihenfolgeanforderungen im Bereich „Nacharbeit“ bzw. Finish der Automobilindustrie differieren grundlegend von den Anforderungen anderer Sequenzierungen bzw. Planungen, da sich Auftragsinhalte teilweise erst während der Nacharbeit bzw. im Finish-Bereich ergeben.

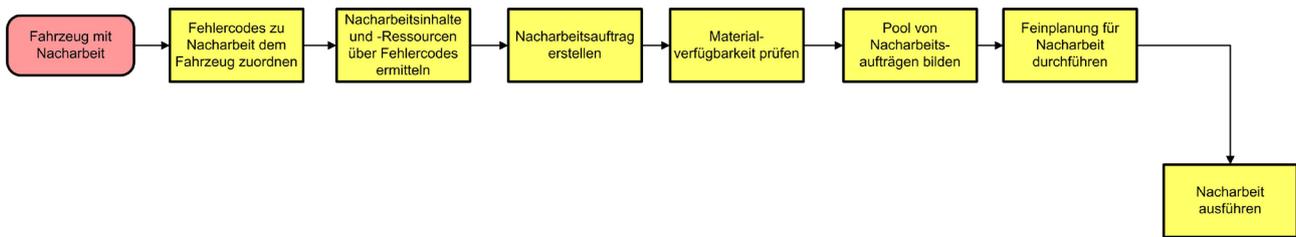


Bild 23: Grober Ablauf einer Nacharbeitssteuerung

#### 4.3.3 Mitarbeiterinformation, Montageanweisung, Werkerführung

Für die Mitarbeiter in der Produktion, am Band oder an einem Gruppenarbeitsplatz, kann das MES arbeitsplatzspezifische Informationen visualisieren. Visualisierung bezeichnet zunächst nichts anderes als die Benutzeroberfläche einer IT-Anwendung, z. B. eines Systems zur Fertigungssteuerung, eines Leitsystems zur Bedienung und Beobachtung von Produktionsanlagen oder eines PLM-Systems zur Verwaltung von Produkt- und Planungsdaten. Bisher unterstützen einzelne IT-Systeme einzelne Schritte eines Unternehmensprozesses. Inzwischen und vielmehr noch in Zukunft müssen MES-Systeme vollständige Geschäftsprozesse abbilden und damit auch deren Visualisierungen mehr zeigen als einzelne Ausschnitte von Geschäftsprozessen.

Damit nicht jeder Produktionsmitarbeiter mit allen Informationen der einzelnen Systeme ‚überschüttet‘ wird, müssen die Informationen rollenbasiert und verteilt bereitgestellt werden können. Jeder Nutzer erhält dann die Informationen, die er benötigt, um seine Aufgabe vollständig erfüllen zu können.

Ein Beispiel für ein solches Mitarbeiterinformationssystem ist in Bild 24 dargestellt.

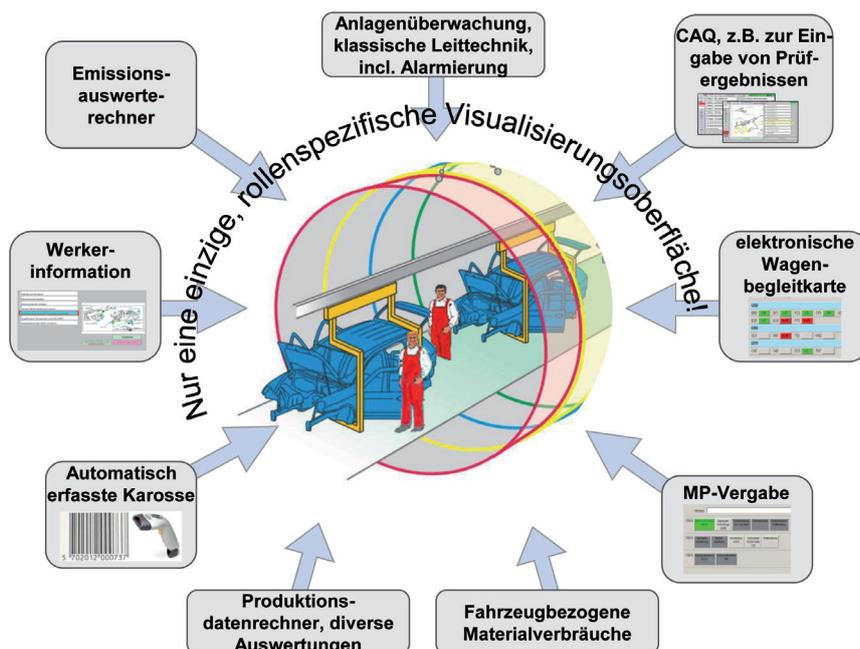


Bild 24: Nutzer- und rollenspezifische Präsentation von Informationen aus verschiedenen Systemen an einem Punkt in der Produktion

#### 4.4 Zulieferspezifische Funktionsbereiche

##### 4.4.1 Packmittel-/ Ladungsträgerverwaltung

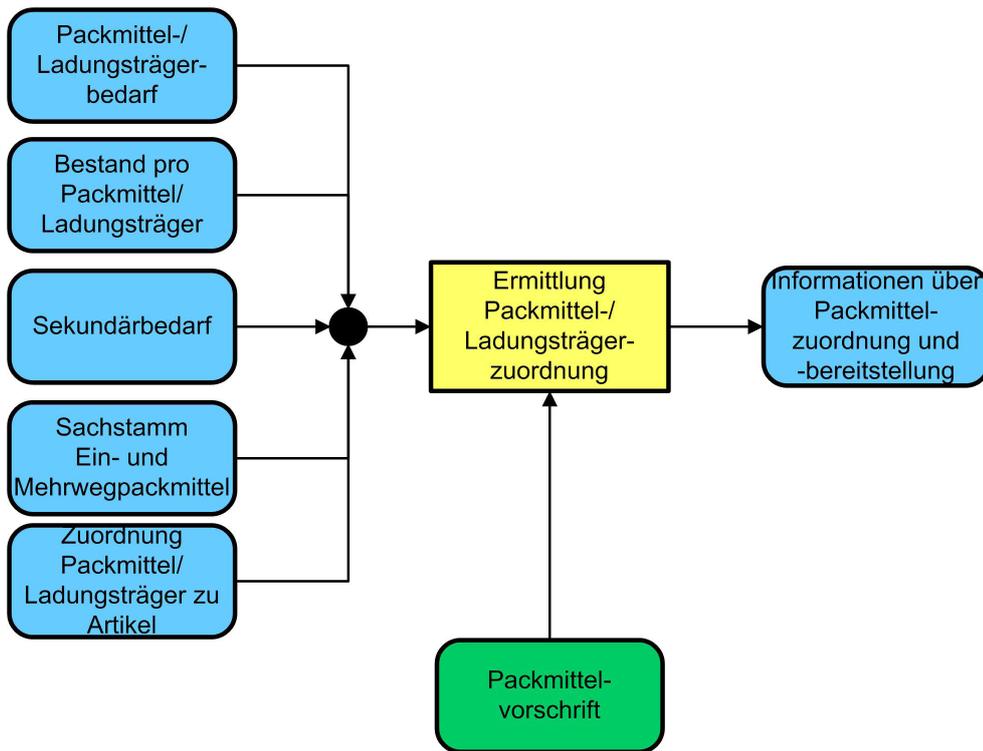


Bild 25: Ablauf im Funktionsbaustein Packmittel-/Ladungsträgerverwaltung

#### Definition und Abgrenzung:

Packmittel-/ Ladungsträgerverwaltung zur Sicherstellung der termingerechten Bereitstellung der Packmittel unter Berücksichtigung der Kunden und Packmittelvorschriften.

In der Regel wird diese Funktionalität von einem ERP-System abgedeckt.

#### Ziel:

Störungsfreie Produktions- und Versandprozesse

#### Verwandte/benachbarte Funktionalität:

Sequenzplanung, Fertigungsauftragsmanagement, Materialflusssteuerung.

#### Nutzer:

Arbeitsvorbereiter , Auftragssteuerer und Kommissionierer

#### Eingangsdaten:

Sachstämme der Packmittel, Packmittelvorschriften, Packmittelbedarfe, Packmittelbestände + Bestandsveränderungen.

#### Ausgangsdaten:

Packmittelzuordnung.

Folgende Nachrichtenarten laut VDA 4927 sind zu berücksichtigen:

- Vollgutversand (VDA 4913/40 ausgehend)
- Kontenabgleich (VDA 4927/01 = Konto-Vollauszug)
- Leurgutversand (VDA 4927/03 ausgehend)
- Vollgutwareneingang (VDA 4913/40 eingehend)
- Leurgutwareneingang (VDA 4927/03 eingehend).
- Manueller Abgleich (VDA 4927/01), wenn Kontoauszüge nicht in maschinenlesbarer Form vorliegen

Nutzen:

Vermeiden von Störungen und vorzeitiges Erkennen von Engpässen.

#### 4.4.2 Kanban-Abrufe und Teileversorgung am arbeitsplatznahen Puffer

Aufgrund der Charakteristik der Serienfertigung setzen Automobilproduzenten und ihre Zulieferindustrie häufig das Steuerungsverfahren mit Hilfe von KANBAN ein. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass nur die Teile an den Arbeitsplatz bzw. ans Band geliefert werden, die tatsächlich benötigt werden. Zur Berechnung der Anzahl der KANBAN-Karten, der Reichweiten und Ladungsträgergrößen sowie zur Häufigkeit der Versorgung der Arbeitsplätze beispielsweise mit Schleppzügen nach dem Prinzip des Routenverkehrs („Milkrun“) ist zahlreiche Literatur verfügbar [25, 26].

Gleichwohl hat das KANBAN-Verfahren dann Schwächen, wenn der Teileverbrauch nicht gleichmäßig ist, sondern z. B. aufgrund saisonaler bedingter Nachfrageänderungen oder Modetrends schwankt. Der grundsätzliche Ablauf nach dem Auslösen eines Bedarfs an Teilen ist in Bild 26 dargestellt.

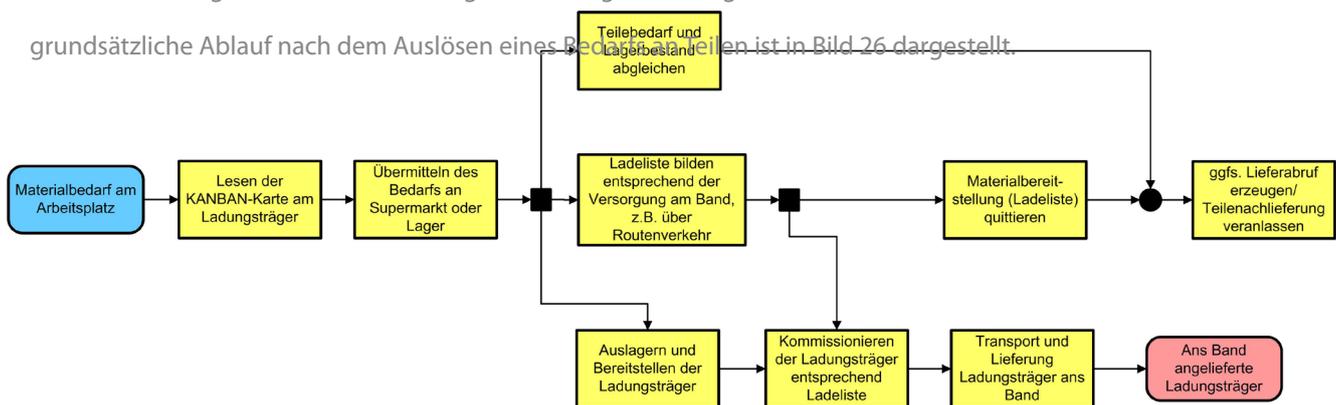


Bild 26: Ablauf im Funktionsbaustein KANBAN-Abruf

## 5 Durchgängiges Datenmanagement auf der MES-Ebene

In der Vergangenheit haben sich verschiedene Ebenenmodelle der Architektur von Informationstechnik in produzierenden Unternehmen entwickelt; eine der bekanntesten ist die Automatisierungspyramide (Bild 27) [4]. Ihr Aufbau resultierte ehemals aus der Menge und dem Bedarf der anfallenden Informationen, sowie deren Zeitanforderungen auf den verschiedenen Ebenen, z. B. prozessorientierte Informationsverarbeitung in Echtzeit auf der Fertigungsebene, batchorientierte oder benutzerorientierte Informationsverarbeitung auf der Unternehmensleitebene. Aufgrund der zunehmenden Durchdringung mit Informationstechnik auf allen Hierarchieebenen der Fabrik kristallisiert sich heute heraus, dass die Informationsströme über alle Ebenen der Fabrik zunehmen und sich damit die Notwendigkeit eines neuen ‚Referenzmodells der industriellen Informationsarchitektur‘ [5] ergibt, das die drei Dimensionen vertikaler und horizontaler Integration sowie die Integration über den Lebenszyklus von Produktionsanlagen abbilden muss.

Beispielsweise ist in Bezug auf die Befähigung von produktionsnahen IT-Systemen zur durchgängigen Kommunikation in den drei genannten Dimensionen ihre systematische Verknüpfung mit Systemen der Digitalen Fabrik (Dimension Lebenszyklus) und der Automatisierungstechnik auf der Feldebene (Dimension vertikale Integration) erforderlich, und zwar zwingend unter Nutzung ebenenübergreifender Syntax und Semantik. Auch andere Autoren fordern diese Durchgängigkeit, z. B. beim Engineering von Manufacturing Execution Systemen [7].

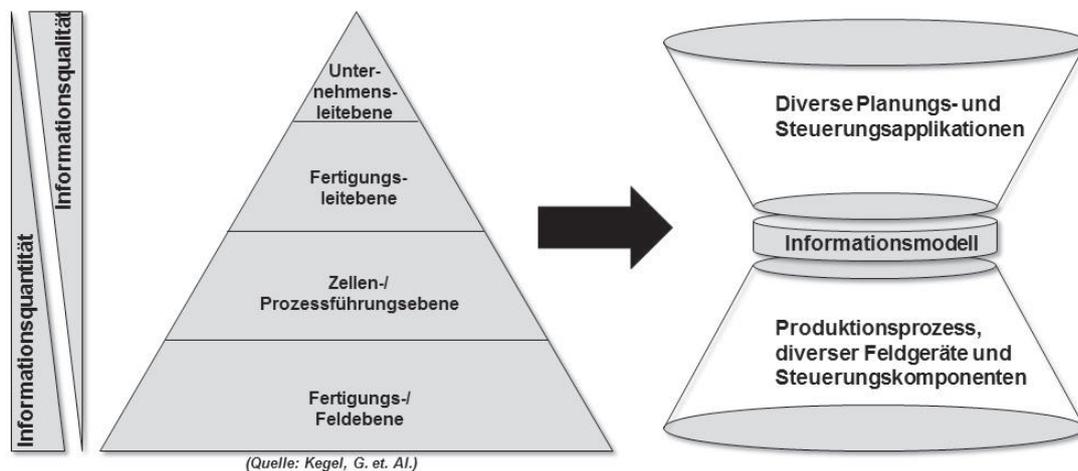


Bild 27: Veränderung der Informationsarchitektur in Produktionsunternehmen (siehe [6]).

Damit kristallisiert sich die Notwendigkeit heraus, Methoden und Werkzeuge sowie Konzepte für Informations- und Softwarearchitekturen zu entwickeln, die eine durchgängige und konsistente Datenweitergabe bei Änderungen in einer der beteiligten Hierarchieebenen der Fertigung an die anderen Teilnehmer der Fabrik, z. B. Feldgeräte, Anlagen, MES- und andere IT-Systeme, ermöglicht [14].

MES-Anbieter sollten ihre Systeme in Richtung der angrenzenden IT-Systeme, z. B. Digitale Fabrik-Tools,

Tools der Automatisierungsebene, für die Fabrik der Zukunft erweitern. MES spielen eine weitergehende Rolle als lediglich Funktionalitäten zum Fertigungsmanagement zur Verfügung zu stellen. Als Informationsdrehscheibe in der Fabrik müssen MES über folgende neue Funktionen verfügen:

- Online-Kopplung an die Digitale Fabrik, Datenübernahme und permanenter Abgleich mit den Planungsdaten, um in Echtzeit auf Änderungen reagieren zu können
- Online-Kopplung an die Automatisierungsebene, um die durchgängige vertikale Integration zu erzielen; dafür sind beispielsweise gemeinsame Modelle von Anlagen auf Basis mechatronischer Bibliotheken erforderlich
- Konsistenter Datenaustausch mit anderen Anwendungen auf der MES-Ebene, z. B. Logistikanwendungen, im Sinne einer durchgängigen horizontalen Integration
- Übergreifende Auswertungen von MES-Datenbeständen mit Hilfe von Data Mining -Verfahren, um die Produktion im Sinne eines selbstoptimierenden Systems zu realisieren [16, S. 65], z. B. indem das MES Zusammenhänge zwischen Qualitätsdaten und Prozessparametern verfolgt und ggfs. Prozessparameter regelt
- Suche von zusammenhängenden Daten in unterschiedlichen, meist proprietären, MES- oder Fabrikdatenbeständen, so dass beispielsweise Informationen zu einem Sachverhalt verknüpft werden können

Damit der oben vielfach geforderte durchgängige Datenaustausch funktioniert, werden Standards zur sicheren Kommunikation in der Fabrik benötigt.

Viele Unternehmen der Automobilbranche setzen inzwischen auf OPC und OPC-UA als akzeptierter und in der Verbreitung befindlicher Kommunikationsstandard in Produktionsunternehmen. Die Nutzung des Funktionsumfangs von OPC-UA ist skalierbar. OPC-UA kann sowohl auf kleinen eingebetteten Geräten mit stark limitierten Ressourcen als auch auf sehr leistungsstarken Umgebungen wie Mainframes angewendet werden [22]. Aktuell befindet sich OPC-UA in der internationalen Standardisierung als IEC 62541.

Diverse Standardisierungsgremien befassen sich mit durchgängigem Datenaustausch in der Produktion, z. B. die VDI-Fachausschüsse „Digitaler Fabrikbetrieb [23]“ und „MES-Maschinenschnittstellen“ [15] oder „Durchgängiges Engineering von Leitsystemen (VDI-GMA FA 6.12)“. Mit AutomationML™ arbeitet ein industriegetriebenes Konsortium daran, für das Engineering von Produktionsanlagen einen Standard der Standards zu entwickeln, mit dem der o. g. geforderte durchgängige Datenaustausch über den Lebenszyklus unabhängig von Softwarewerkzeugen möglich ist [20].

Trotz des in [24] beschriebenen Fortschritts bezüglich semantischer Interoperabilität sind noch diverse Forschungsarbeiten zu leisten, um zu dem Informationsmodell aus Bild 27 mit der Vision der automatischen Benachrichtigung und Aktualisierung aller beteiligten Systeme bei gleichzeitig konsistenter Datenhaltung in der Fabrik der Zukunft zu kommen.

## 6 Zusammenfassung

In dieser VDA-Empfehlung haben die Autoren der ITA-Mitglieder die wichtigsten MES-Funktionen für Automobil- und Zuliefererunternehmen zusammengefasst. Die Autoren sind sich darüber im Klaren, dass in vielen Unternehmen Spezifika bestehen, die hier nicht abgebildet werden können. Dies gilt vor allem für den steigenden Anteil von Elektronik im Fahrzeug, der in einem weiteren Blatt behandelt werden sollte.

Aufgrund der Entwicklungen im MES-Sektor zur Informationsdrehzscheibe in der Fabrik haben die Autoren außerdem die aus ihrer Sicht wichtigsten Trends kurz beschrieben – im Sinne eines Gedankenanstoßes. Vor allem bei der Standardisierung von Datenformaten und Schnittstellen ist noch viel Arbeit zu leisten, um zu einer interoperablen IT-Landschaft in Unternehmen zu kommen.

## 7 Literatur

- [1] VDI-Richtlinie 5600, Blatt 1:  
Manufacturing Execution Systems –  
Fertigungsmanagementsysteme.  
Beuth-Verlag: 2007.
- [2] MESA Controls definition & MES to control  
data flow possibilities. Manufacturing  
Enterprise Solution Association (MESA),  
Pittsburgh 2000.
- [3] NAMUR Arbeitsblatt NA 094 MES:  
Funktionen und Lösungsbeispiele  
der Betriebsleitebene. NA-MUR, 2003.
- [4] Für Details siehe <http://www.isa-95.com>.
- [5] VDMA 66412-1:2009-10: Manufacturing  
Execution Systems (MES) Kennzahlen.  
Berlin: Beuth-Verlag, 2009.
- [6] o.V.: Manufacturing Execution Systems  
(MES) – Branchenspezifische Anforder-  
ungen und herstellernerneutrale Beschreibung  
von Lösungen. Frankfurt: ZVEI, Juni 2010.
- [7] Schmidt, A.; Otto, B.; Kussmaul, A.:  
Integrated Manufacturing Execution –  
Architecture, costs and benefit.  
Unveröffentlichte Studie BE HSG/  
CC CDQ2/17, St. Gallen: 2009.
- [8] Bischoff, J.; Barthel, H.; Eisele, M.:  
Automobilbau mit Zukunft – Konzepte und  
Bausteine für Produktion und Logistik.  
Verlag LOG\_X, Stuttgart: 2007.
- [9] Vogel-Heuser, B.; Kegel, G.; Bender, K.;  
Wucherer, K.: Global information architecture  
for industrial automation.  
atp 1-2.2009, S. 108-115.
- [10] Kegel, G.: Neue Informationsarchitektur in der  
industriellen Automatisierung. In: Sauer, O.;  
Beyerer, J. (Hrsg.): Karlsruher Leittechnisches  
Kolloquium 2010, Stuttgart:  
Fraunhofer Verlag, S. 3-15.
- [11] Süssenguth, W.: Methoden zur Planung  
und Einführung rechnerunterstützter  
Produktionsprozesse. Dissertation  
Technische Universität Berlin. München,  
Wien: Hanser Verlag, 1991.
- [12] Baumann, M.: Algorithmen zur  
Ressourcenbelegungsplanung in der  
Produktion. White Paper des Fraunhofer IOSB,  
2008.
- [13] Tutsch, H.: Abschlussprojekt zu  
BMBF-Projekt AUTLOG – Automatisierung  
und Logistik. Unveröffentlichter  
Abschlussbericht. Nähere Informationen  
siehe [www.autlog.de](http://www.autlog.de).
- [14] Sauer, O.; Jasperneite, J.: Wandlungsfähige  
Informationstechnik in der Fabrik.  
Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb  
ZWF 09/2010. S. 819-824.

- [15] VDI 5600, Blatt 3: Fertigungsmanagementsysteme (MES): Logische Schnittstelle zur Maschinen- und Anlagensteuerung. Berlin: Beuth-Verlag 2011.
- [16] VDMA 66412-1:2009-10: Manufacturing Execution Systems (MES) Kennzahlen. Berlin: Beuth-Verlag, 2009.
- [17] Baumann, M.: Webbasierte Lösung für den Mittelstand. Digital Manufacturing 01/2009, S. 8-9.
- [18] März, L. et al. (Hrsg.): Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik. Springer-Verlag: 2011.
- [19] Baumann, M.; Dimitrov, T.: Simulation zur Auswahl und Parametrierung einer Produktionssteuerung. PRODUCTIVITY Management 16 (2011) 1, S. 23-25.
- [20] Drath, R. (Hrsg.): Datenaustausch in der Anlagenplanung mit AutomationML. Berlin: Springer Verlag, 2010.
- [21] Monden, Y.: Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time. Engineering & Management Press, 1998.
- [22] Enste, U.; Mahnke, W.: OPC Unified Architecture - Die nächste Stufe der Interoperabilität. at – Automatisierungstechnik 59 (2011) 7.
- [23] VDI 4499, Blatt 2: Digitale Fabrik - Digitaler Fabrikbetrieb. Berlin: Beuth-Verlag 2011.
- [24] Schleipen, M.; Münnemann, A.; Sauer, O.: Interoperabilität von Manufacturing Execution Systems (MES). at – Automatisierungstechnik 59 (2011) 7, S. 413-424.
- [25] Geiger, G.; Hering, E.; Kummer, R.: Kanban: Optimale Steuerung von Prozessen. Hanser-Verlag, 2000.
- [26] Louis, R.S.: Effiziente Materialfluss-Steuerung mit Kanban und MRP II. Verlag Moderne Industrie, 2000.



ITA Automotive Service Partner e. V.

Unter den Linden 16

10117 Berlin

[www.ita-int.org](http://www.ita-int.org)