

Die sogenannte *Short Interval Technology (SIT)* ist ein Ansatz, bei dem die Produktion als Regelkreis verstanden wird, der optimal und ausreichend schnell auf eintreffende Ereignisse (z. B. Eilaufträge, Kapazitätsstörungen, Bestandsstörungen, etc.) reagiert. Zentrale Zielgrößen sind dabei

1. die Reaktionsgeschwindigkeit des Regelkreises
2. die Informationsgenauigkeit, die dem Regler zur Verfügung steht.

Zur Erläuterung sowie zum besseren Verständnis des SIT-Ansatzes wird im Folgenden die Produktion zunächst als Regelkreis dargestellt. Im Anschluss werden die verschiedenen Regelprinzipien in der Produktion durch eine Simulation bewertet und im Hinblick auf die Eignung für den SIT-Ansatz geprüft.

---

### 2.1 Die Produktion als Regelkreis

Der Flügelschlag eines Schmetterlings im Amazonas-Urwald kann einen Orkan in Europa auslösen. Das zumindest sagt die Theorie des Schmetterlingseffekts. Gemeint ist damit der Effekt, nach dem in manchen Systemen kleine Ursachen große, meist unvorhersehbare Wirkungen haben können (Lorenz 1963). Die moderne Produktion ist aufgrund ihrer Komplexität und Nichtlinearität ein solches System. Schon kleinste Ursachen und dadurch verursachte Störungen des geplanten Ablaufs können erhebliche Probleme verursachen. So kann z. B. durch einen kleinen Span im Öl eine Ölpumpe ausfallen. Die Folge ist ein überhitztes Lager, wodurch die Maschine ausfällt. Dadurch kommt es zu Terminüberschreitungen, die wiederum eine Konventionalstrafe und eine schlechte Lieferantenbewertung auslösen. Dieses kleine Beispiel soll zeigen, wie wichtig es ist, Störungen – also Abwei-



**Abb. 2.1** Dynamisches System

chungen vom geplanten Ablauf – schnell zu erkennen, um rechtzeitig gegensteuernde Maßnahmen ergreifen zu können, bevor sich die Wirkung aufschaukelt (Schumacher 2006). Es besteht daher der dringende Bedarf an geeigneten Regelkreisen in der Produktion.

Die Produktion eines Unternehmens kann prinzipiell als ein System bezeichnet werden, das aus verschiedenen Eingangssignalen (z. B. Rohmaterialien, Mengen, Termine, Qualität) verschiedene Ausgangssignale (z. B. Fertigwaren, Mengen, Termine, Qualität, Kosten) erzeugt. Da sich die Eingangs- und Ausgangssignale mit der Zeit ändern, spricht man in der Regelungstechnik auch von einem dynamischen System. Als dynamisches System bezeichnet man dort eine Funktionseinheit, die Signale verarbeitet und überträgt, wobei die Systemeingangsgrößen als Ursache und die Systemausgangsgrößen als deren zeitliche Auswirkung zueinander in Relation gebracht werden (Unbehauen 1989) (vgl. Abb. 2.1).

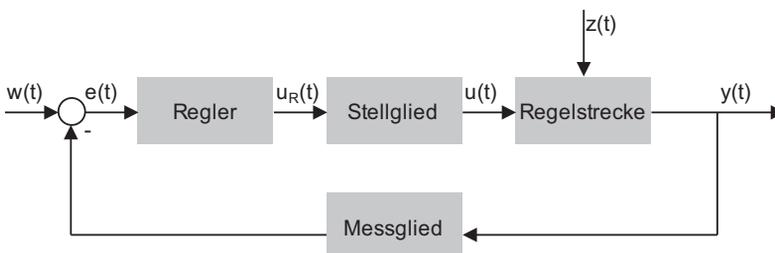
Zur Regelung solcher dynamischer Systeme wird ein Regelkreis installiert, bestehend aus dem dynamischen System (Regelstrecke), einem Messglied, einem Regler und einem Stellglied (vgl. Abb. 2.2).

Die Aufgabe der Regelung besteht darin, die vom Messglied erfasste Regelgröße  $y(t)$  dem Sollwert  $w(t)$  nachzuführen. Eventuell auftretende Störungen  $z(t)$  sind dabei zu kompensieren. Der Regler berechnet hierzu die Regelabweichung  $e(t)$  mit

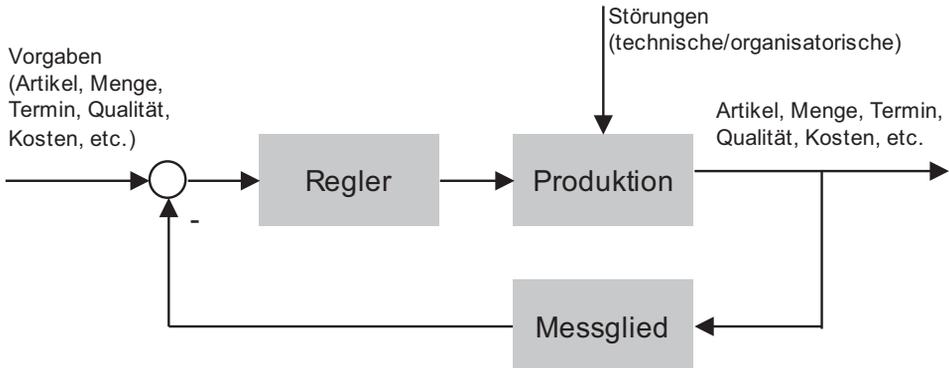
$$e(t) = w(t) - y(t)$$

also die Differenz zwischen dem Sollwert  $w(t)$  und dem Istwert  $y(t)$ . Je nach seiner Funktionsweise (z. B. proportional, integral oder differentiell) berechnet der Regler eine Stellgröße  $u_R(t)$ , die über ein Stellglied als Stellgröße  $u(t)$  auf die Regelstrecke einwirkt. Das Ziel des Reglers besteht darin, eine eingetretene Regelabweichung möglichst schnell zu beseitigen oder zumindest sehr klein zu halten (Unbehauen 1989).

Auch in der Produktion gibt es gewisse Regelmechanismen, die sicherstellen, dass die gewünschte Ware möglichst zum richtigen Termin, in der richtigen Menge, in der richti-



**Abb. 2.2** Prinzipdarstellung eines Regelkreises



**Abb. 2.3** Vereinfachte Prinzipdarstellung der Produktion als Regelkreis

gen Qualität und zu vertretbaren Kosten produziert wird. Abbildung 2.3 zeigt eine vereinfachte Prinzipdarstellung der Produktion als Regelkreis.

Der meist im ERP-System (Enterprise Resource Planning) ausgelöste Fertigungsauftrag beschreibt die Vorgaben für die Produktion:

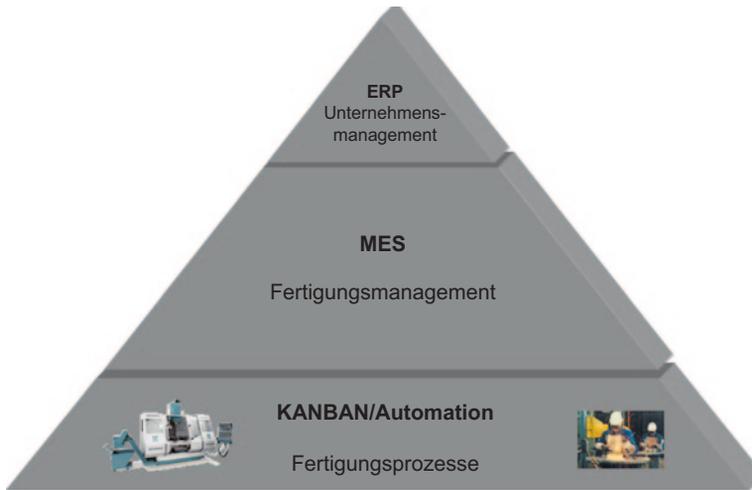
- den zu fertigenden Artikel
- die durchzuführenden Arbeitsgänge
- die einzusetzenden Materialien
- den geplanten Liefertermin
- die Vorgaben für Rüst- und Bearbeitungszeiten
- eventuelle Einstellparameter für Maschinen
- etc.

Die eigentliche Regelung der Fertigung, d. h. die Reaktion auf Ereignisse, wie

- Änderungen der Bestellung durch den Kunden
- Technischen Störungen in der Produktion (z. B. Maschinenausfall, Werkzeugbruch, etc.)
- Organisatorische Störungen in der Produktion (z. B. fehlendes Werkzeug, fehlendes Material, ausgefallenes Personal, Materialfehler, fehlender Stapler, etc.)
- Abweichungen von geplanten Sollgrößen, wie Menge, Termin, Qualität, Kosten

erfolgt in der Regel durch die Mitarbeiter des Unternehmens. Damit sie die bestmöglichen Entscheidungen treffen können, benötigen sie die erforderlichen Informationen möglichst zeitnah und in der erforderlichen Detaillierung. Die Schwierigkeit liegt dabei in der Vielzahl der möglichen selbst verursachten (endogenen) oder fremd verursachten (exogenen) Einflüsse auf die Produktion. Darüber hinaus benötigen die Mitarbeiter auch geeignete Tools, um die getroffenen Entscheidungen in Maßnahmen umzusetzen.

Prinzipiell kann die Regelung dabei auf einer der drei Ebenen Unternehmensmanagement, Fertigungsmanagement oder direkt im Fertigungsprozess erfolgen (vgl. Abb. 2.4):

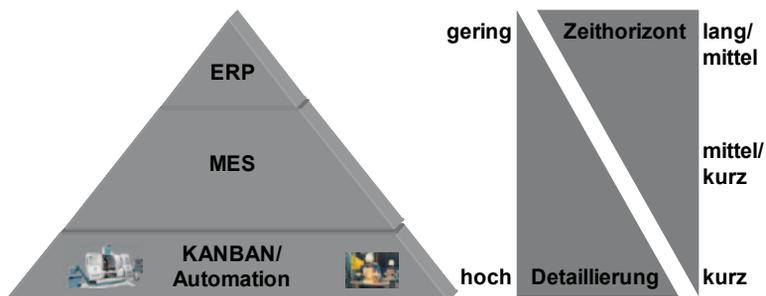


**Abb. 2.4** Funktionsebenen eines produzierenden Unternehmens

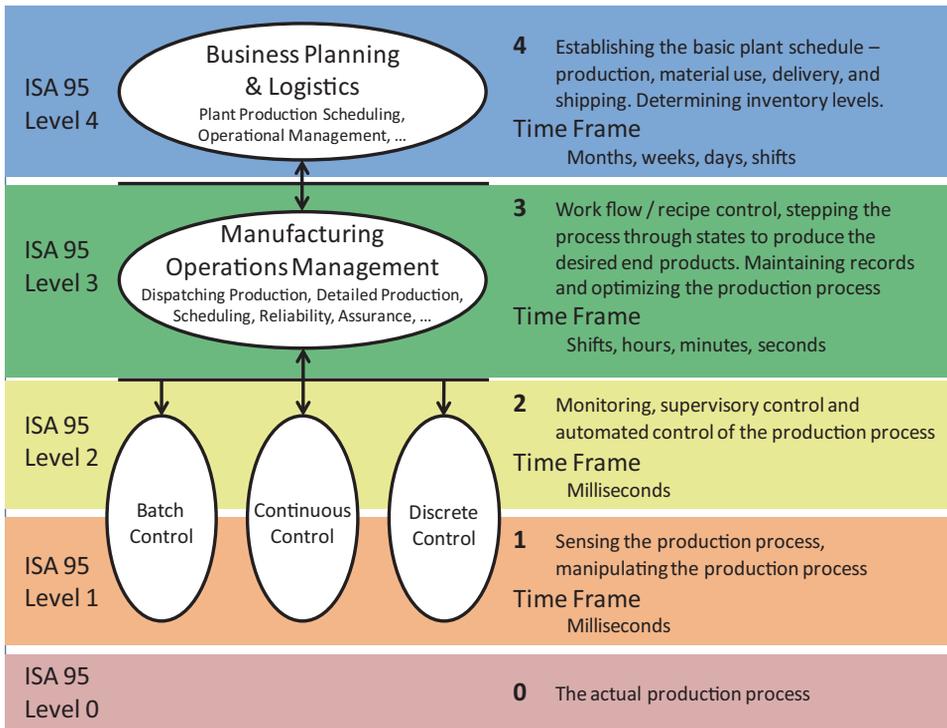
Für jede dieser Ebenen gibt es dafür vorgesehene Systeme zur Steuerung bzw. Regelung der Produktion:

- ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning) auf der Ebene des Unternehmensmanagements
- MES-Systeme (Manufacturing Execution Systeme) auf der Ebene des Fertigungsmanagements
- Automatisierungssysteme bzw. selbststeuernde Systeme (z. B. Kanban) direkt im Fertigungsprozess.

Neben den funktionalen Unterschieden zwischen diesen Systemen gibt es zwei ganz wesentliche Differenzierungsmerkmale (vgl. Abb. 2.5):



**Abb. 2.5** Differenzierungsmerkmale zwischen ERP, MES und Automation bzw. Kanban bzgl. des Informationsgehalts und des betrachteten Zeithorizonts zur Regelung der Produktion



**Abb. 2.6** Unternehmensebenen nach ISA S 95 (www.isa-95.com)

1. Den betrachteten Zeithorizont („Fristigkeit“), der von Monaten und Wochen (ERP-System) über Tage, Schichten, Stunden und Minuten (MES-System) bis zu Millisekunden (Automatisierungstechnik) reichen kann.
2. Die Detaillierung der Informationen, die für Entscheidungen zur Verfügung stehen („Informationsgenauigkeit“).

Dieser Zusammenhang wird auch in der ISA S 95 Norm beschrieben. ERP-Systeme befinden sich dort auf Level 4, MES-Systeme auf Level 3 mit jeweils unterschiedlichen Aufgaben und Zeithorizonten (Abb. 2.6).

### 2.1.1 Regelung mit ERP-System

ERP-Systeme sind Informationssysteme, die die Aufgabe haben, die Ressourcen eines Unternehmens (Betriebsmittel, Personal, Kapital) möglichst effizient zu nutzen (ERP=Enterprise Resource Planning). So verfügt das weit verbreitete ERP System SAP über die funktionalen Hauptbereiche Rechnungswesen, Personalwesen und Logistik. Zum Bereich Logistik gehören die Anwendungsmodule Vertrieb (SD für Sales & Distribution),

die Materialwirtschaft (MM für Materials Management), die Produktionsplanung (PP für Production Planning), das Qualitätsmanagement (QM für Quality Management), das Projektsystem (PS für Project System) und die Instandhaltung (PM für Plant Maintenance).

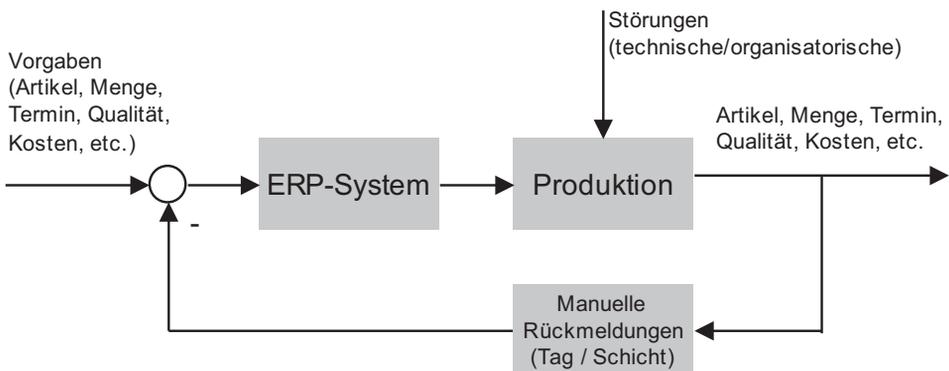
Das hier zur Regelung der Produktion relevante Modul Produktionsplanung und -steuerung (PP) unterstützt folgende Prozesse (nach Dickersbach et al. 2006):

1. Absatz- und Produktionsgrobplanung  
Planung des künftigen Bedarfs und der geplanten Produktionsmengen  
Planungshorizont: 6–12 Monate im Voraus, rollierend  
Zeitraster: die Planung erfolgt auf Monats- bzw. Wochenebene
2. Programmplanung  
Ermittlung der Primärbedarfe auf Basis des voraussichtlichen Kundenbedarfs  
Planungshorizont: 6–12 Monate im Voraus, rollierend  
Zeitraster: die Planung erfolgt auf Monats- bzw. Wochenebene
3. Materialbedarfsplanung  
Ermittlung des Materialbedarfs auf allen Dispositionsstufen (Planaufträge). Durch eine zusätzliche Langfristplanung kann simuliert werden, wie sich Änderungen in den Primärbedarfen auf die Kapazitätsauslastung, Bestände und Fremdbeschaffung auswirken.  
Planungshorizont: 1–6 Monate im Voraus, rollierend  
Zeitraster: die Planung erfolgt auf Wochenebene
4. Fertigungsauftragseröffnung  
Basierend auf den erzeugten Planaufträgen werden Fertigungsaufträge erzeugt, wobei der Auftrag terminiert wird (Start- und Endtermin).  
Planungshorizont: 1–6 Wochen im Voraus, rollierend  
Zeitraster: die Freigabe erfolgt auf Wochen- bzw. Tagesebene
5. Kapazitätsplanung  
Hier erfolgt in der Regel eine Auswertung der mittelfristigen Kapazitätsbedarfe je Kalenderwoche und Arbeitsplatz sowie das jeweilige Kapazitätsangebot und die dadurch resultierende prozentuale Auslastung. Falls der Kapazitätsbedarf das Kapazitätsangebot übersteigt, kann mittels der Kapazitätsterminierung der nächstmögliche Fertigungstermin ermittelt werden. Häufig planen Unternehmen jedoch gegen unendliche Kapazitäten.  
Planungshorizont: 1–6 Wochen im Voraus, rollierend  
Zeitraster: die Kapazitätsplanung erfolgt auf Wochenebene
6. Fertigungsdurchführung  
Nach der erfolgten Freigabe des Fertigungsauftrags können die erforderlichen Auftragspapiere gedruckt werden. Ferner können dann Materialentnahmen vorgenommen, Rückmeldungen aus der Produktion erfasst und Lagerzugänge gebucht werden.  
Zeitraster: die Freigabe der Fertigungsaufträge erfolgt auf Wochen- bzw. Tagesebene

Die Rückmeldungen aus der Produktion erfolgen in der Regel über Lohn-/Rückmeldescheine, die folgende Inhalte erfassen:

- Arbeitsplatz
- Personaldaten
- Mengen und Teilmengen (Gutmenge, Ausschuss, Nacharbeit)
- Leistungen (Rüstzeit, Bearbeitungszeit, Personalzeit)
- Termine (Start- und Endtermine)

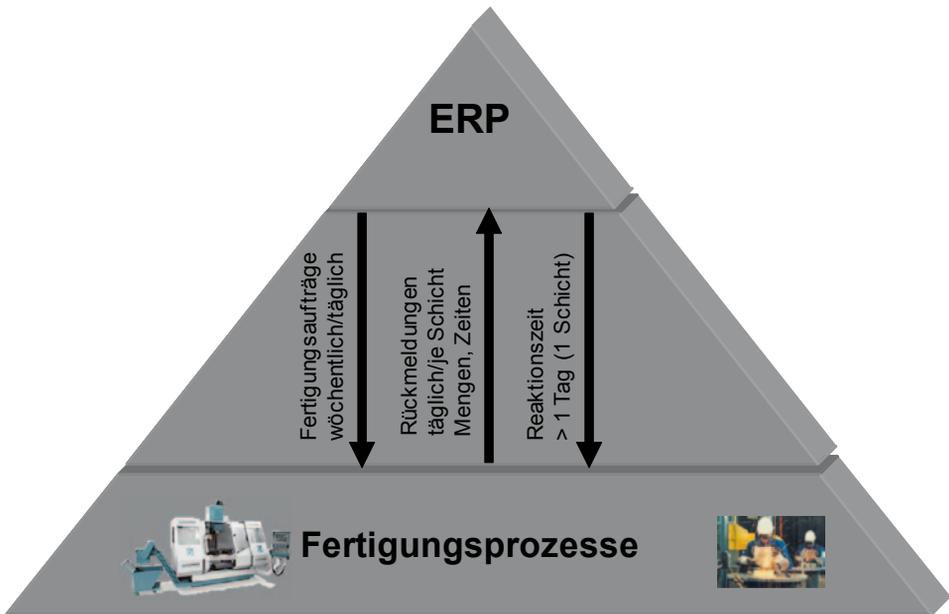
Üblicherweise werden die Lohn-/Rückmeldescheine von den Werkern je Schicht ausgefüllt und anschließend in den Meisterbüros oder von so genannten Werkstattschreibern im ERP-System erfasst. Die Erfassung erfolgt dabei meist am Vormittag des Folgetages. In manchen Fällen werden Rückmeldungen auch durch die Werker selbst an Rückmelde-PCs in der Produktion erfasst. Doch auch hier erfolgt die Erfassung in der Regel erst nach Schichtende. Erfasst werden dabei lediglich produzierte Mengen, seltener auch Ist-Zeiten. Da es sich in beiden Fällen um eine manuelle Erfassung der Daten durch die Mitarbeiter handelt, werden die Eingaben nicht verifiziert, Ausfüll- und Erfassungsfehler können nicht eliminiert werden. Bis diese Rückmeldungen dann Reaktionen auslösen vergeht oft weitere Zeit, da die dafür erforderlichen Planungsläufe des ERP-Systems häufig nur einmal täglich erfolgen. Abbildung 2.7 zeigt den Regelkreis mit ERP-System.



**Abb. 2.7** Regelkreis mit ERP-System

Abbildung 2.8 zeigt, wie sich die Regelung mit ERP-System bezogen auf die Funktionsebenen des Unternehmens darstellt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ERP-Systeme wissen, was geplant ist und was hergestellt werden soll. Sie liefern aus dem Fertigungsprozess jedoch Informationen, die zu weit in der Vergangenheit liegen. Der Informationsgehalt ist auch sehr begrenzt, er umfasst in der Regel lediglich Mengen und Zeiten. Es ist daher davon auszugehen, dass in rein ERP-System gesteuerten Unternehmen auf Störungen im Betriebsablauf nur mit Verzögerungen von mindestens einem Tag, bestenfalls einer Schicht reagiert werden kann. Der Regler ist damit zu träge.



**Abb. 2.8** Regelung mit ERP-System im Ebenenmodell

### 2.1.2 Regelung mit MES-System

Optional lassen sich die Fertigungsprozesse auch mit MES-Systemen (Manufacturing Execution System) regeln. Die Anfänge der MES-Systeme gehen in die 1990er Jahre zurück, als Systeme zur Betriebsdatenerfassung (BDE), Maschinendatenerfassung (MDE), Personalzeiterfassung (PZE) und Qualitätsmanagement (CAQ) auf den Markt kamen. Die damaligen Systeme ergänzten bereits die vorhandenen ERP-Systeme und stellten die in der modernen Fertigung dringend benötigten Funktionen bereit. Es handelte sich jedoch noch um Insellösungen, die keine oder nur geringe Verbindungen untereinander hatten (Kletti 2007). Der heutige MES-Begriff kam erst Ende der 90er Jahre auf. Heute versteht man unter MES-Systemen modular aufgebaute, integrierte Lösungen, die

- a. die Funktionsebenen des Unternehmensmanagements (ERP-Systeme) mit der Fertigung verbinden (vertikale Integration) und
- b. den gesamten Fertigungsprozess abdecken (horizontale Integration) und damit bisherige Insellösungen ersetzen (Abb. 2.9).

Der VDI stellte im Jahr 2006 die Richtlinie VDI 5600 vor, in der acht Aufgaben beschrieben werden, die ein MES-System erfüllen sollte (vgl. VDI 2007):

- Aufgabe 1: Feinplanung und Feinsteuerung
- Aufgabe 2: Betriebsmittelmanagement
- Aufgabe 3: Materialmanagement



**Abb. 2.9** Vertikale und horizontale Integration im Unternehmen. (vgl. Kletti 2007)

Aufgabe 4: Personalmanagement

Aufgabe 5: Datenerfassung

Aufgabe 6: Leistungsanalyse

Aufgabe 7: Qualitätsmanagement

Aufgabe 8: Informationsmanagement

Um diese Aufgaben zu erfüllen, verfügen MES-Systeme über entsprechende Module. Üblicherweise sind diese Module in die Bereiche Fertigung, Qualität und Personal gegliedert:

### **Bereich Fertigung**

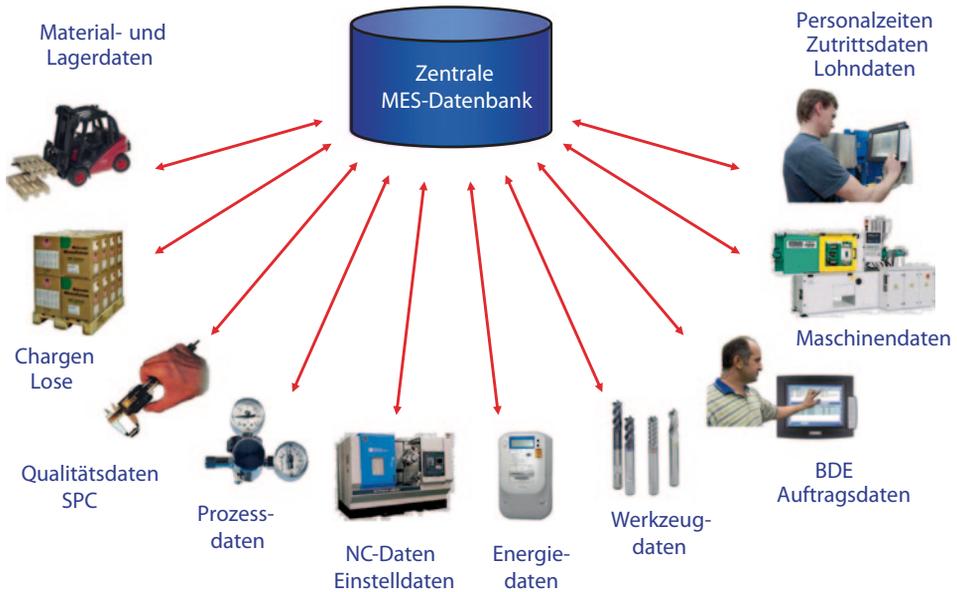
- Betriebsdatenerfassung (BDE)
- Maschinendatenerfassung (MDE)
- Leitstand (elektronische Plantafel)
- Werkzeug- und Ressourcenmanagement
- DNC Einstelldatenverwaltung und -übertragung
- Material- und Bestandsmanagement
- Tracking & Tracing
- Energiemanagement

### **Bereich Qualität**

- Statistische Prozesskontrolle (SPC)
- Reklamationsmanagement
- Wareneingangsprüfung
- Warenausgangsprüfung
- Prüfmittelverwaltung
- Prozessdatenverarbeitung

### **Bereich Personal**

- Personalzeiterfassung (PZE)
- Leistungslohnermittlung
- Personaleinsatzplanung
- Zutrittskontrolle



**Abb. 2.10** Zentral erfasste Prozesseinflüsse eines MES-Systems

### Übergreifende Auswertungen

- MES-Cockpit für übergreifende Auswertungen und Kennzahlen

Damit decken MES-Systeme das komplette Fertigungs-, Personal- und Qualitätsmanagement in der Produktion ab. Gegenüber bisherigen Insellösungen besteht ein wesentlicher Vorteil darin, dass sämtliche Prozessinformationen in einer zentralen Datenbank gespeichert werden (vgl. Abb. 2.10).

Dies ermöglicht zum einen integrierte Funktionalitäten, z. B.

- automatische Hinweise für erforderliche Qualitätsprüfungen (Modul CAQ) nach x produzierten Stück (Modul Betriebsdatenerfassung)
- Wartungshinweise (Modul Ressourcenmanagement) nach x Einsatzzyklen (Modul Maschinendatenerfassung)
- automatischer Werkzeugeinsatzplan (Modul Werkzeugmanagement) in Abhängigkeit der Feinplanung (Modul Elektronische Plantafel)
- automatischer Personaleinsatzplan (Modul Personaleinsatzplanung) in Abhängigkeit der Feinplanung (Modul Elektronische Plantafel)
- etc.



<http://www.springer.com/978-3-662-45440-4>

Die perfekte Produktion

Manufacturing Excellence durch Short Interval Technology

(SIT)

Kletti, J.; Schumacher, J.

2014, X, 205 S. 143 Abb., 37 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-662-45440-4