

**Technische Universität Dortmund**  
**Fakultät Maschinenbau**  
**Fachgebiet IT in Produktion und Logistik**

**Fachwissenschaftliche Projektarbeit**

im Studiengang Logistik

Thema: Untersuchung von Datenquellen aus betrieblichen  
Informationssystemen für die Anwendung in der diskreten  
Simulation von Produktionssystemen

Verfasser: Fabian Janetzko, B.Sc.

Matr.Nr.: 129740

Datum: 13.10.2014

Betreuer: Dipl.-Geoinf. Maik Deininger

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Motivation .....	1
1.2	Zielsetzung.....	2
1.3	Aufbau der Arbeit .....	3
2	Daten in betrieblichen Informationssystemen .....	3
2.1	Branchenneutrale Informationssysteme.....	4
2.1.1	Finanz- und Rechnungswesen .....	4
2.1.2	Personalwesen .....	5
2.1.3	Beschaffung .....	6
2.1.4	Vertrieb.....	7
2.2	Branchenspezifische Informationssysteme.....	8
2.2.1	Produktionsplanung & -steuerung (PPS).....	9
2.2.2	Computer Aided x (CAx) .....	11
2.2.3	Manufacturing Execution Systems (MES).....	14
2.2.4	Betriebsdatenerfassung (BDE).....	18
2.2.5	Produktdatenmanagement (PDM).....	18
2.2.6	Lagerverwaltungssysteme (LVS).....	20
2.3	Integrierte betriebliche Informationssysteme .....	21
2.3.1	Enterprise Resource Planning (ERP) .....	22
2.3.2	Supply Chain Management (SCM).....	25
3	Simulation von Produktionssystemen.....	27
3.1	Simulationsaufgaben .....	28
3.2	Eingangsdaten für die Simulation.....	32
4	Betriebliche Informationssysteme als Datenquelle der Simulation.....	36
4.1	Fallbeispiel 1: Power-and-Free-Förderer.....	40
4.2	Fallbeispiel 2: Mixed-Model-Montagelinie.....	41
4.3	Fallbeispiel 3: Montagekonzept .....	43
5	Zusammenfassung und Ausblick .....	45
	Abbildungsverzeichnis.....	46
	Literaturverzeichnis.....	47

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Die Simulation ist als Instrument zur Unterstützung bei der Entscheidungsfindung im Bereich Produktion und Logistik nicht mehr wegzudenken. Insbesondere dann, wenn analytische Methoden an ihre Grenzen stoßen, ist die Simulation ein wertvolles Werkzeug. Verschiedenste Systeme können in einem Simulationsmodell abgebildet und für diverse Aufgaben und Problemstellungen verwendet werden. Durch das Experimentieren an diesen Modellen können Erkenntnisse erlangt werden, die auf ein Realsystem übertragbar sind bzw. in die Planung von noch nicht existierenden Systemen einfließen können. Die durch Nutzung von Simulation zu erreichenden Ziele sind (VDI 3633 Blatt 1):

- die Reduzierung der Entwicklungszeit
- die Steigerung der Planungsqualität und -produktivität
- die Gewährleistung einer permanenten Planungsbereitschaft.

Um diese Ziele zu erreichen, erfolgt die Durchführung einer Simulationsstudie in der Regel anhand eines Vorgehensmodells. In der Literatur finden sich zahlreiche Vorgehensmodelle, die sich zwar teilweise stark unterscheiden, allerdings die gleichen Grundelemente haben (Rabe et al. 2008). Allen gemein ist, dass die Simulationsstudie in Phasen eingeteilt wird, die teilweise mehrfach durchlaufen werden. Abbildung 1 zeigt beispielhaft das von Rabe et al. (2008) entwickelte Vorgehensmodell. Die Phase der Datenbeschaffung nimmt dabei einen Zeitaufwand von 30-50% der Gesamtdauer der Simulationsstudie in Anspruch (Csanady et al. 2008). Eine Reduzierung des Aufwandes in der Phase der Datenbeschaffung wirkt sich somit besonders stark auf den Gesamtaufwand einer Simulationsstudie aus. Dass die Datenbeschaffung so aufwändig ist, hat verschiedene Gründe. Zum einen können die Ergebnisse der Simulation nur so gut ausfallen wie die Eingangsdaten es erlauben. Die Qualität der Eingangsdaten hat also einen hohen Stellenwert. Dies betrifft sowohl die richtige Menge an Daten als auch deren Granularität. Zum anderen ist es schwierig die für ein bestehendes System charakteristischen Daten zum Teil Planungsabteilungsübergreifend zu ermitteln (Wenzel & Kuhn 2008). Ein strukturiertes Vorgehen bei der Datenbeschaffung kann also zu einer Reduzierung des Gesamtaufwands beitragen. Die Datenbeschaffung selbst kann anhand folgender Methoden erfolgen (Bracht et al. 2011):

- Methoden der Befragung
- Manuelle Beobachtung
- Automatische Beobachtung
- Dokumentanalyse.

In der Regel kommen in Unternehmen betriebliche Informationssysteme zum Einsatz, sodass ein Großteil der für die Simulation benötigten Daten bereits vorhanden ist und somit die Methode der Dokumentanalyse zu bevorzugen ist. Da ein zentrales Data Warehouse noch nicht die Regel ist, sondern stattdessen möglicherweise eine Vielzahl verschiedener Informationssysteme mit jeweils eigener Datenbasis im Unternehmen im Einsatz ist, ist es hilfreich zu wissen, welche für die Simulation benötigten Daten aus welchem Informationssystem gewonnen werden können.

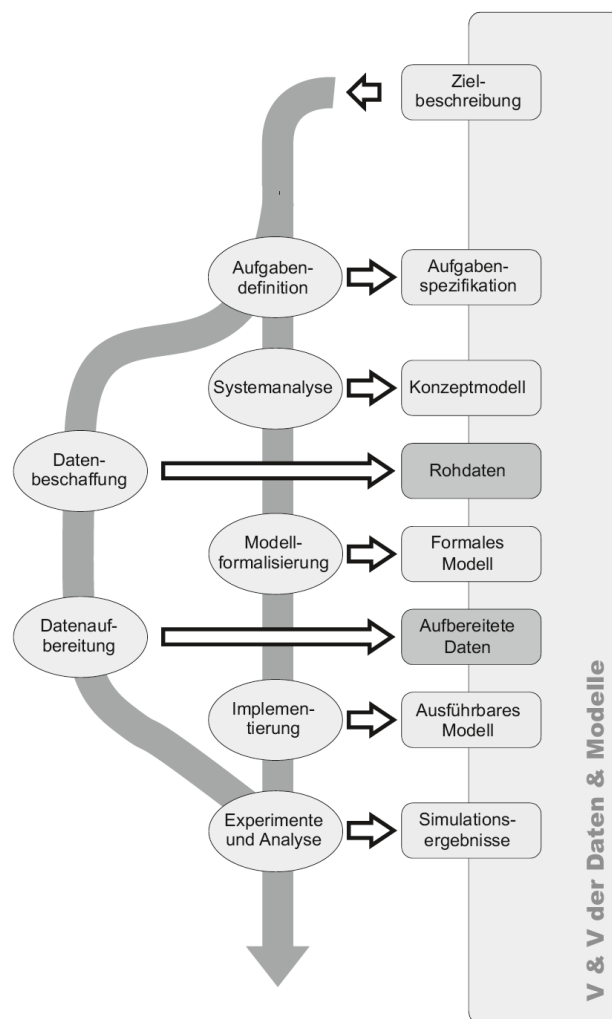


Abbildung 1: Vorgehensmodell bei der Simulation (Rabe et al. 2008)

## 1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein systematisches Vorgehen bei der Datenbeschaffung für die Simulation zu unterstützen. Dafür soll die Eignung von betrieblichen Informationssystemen als Datenquellen für verschiedene Simulationsaufgaben in produzierenden Unternehmen untersucht werden.

### **1.3 Aufbau der Arbeit**

Zunächst wird in Kapitel 2 eine Übersicht über die am häufigsten in produzierenden Unternehmen eingesetzten betrieblichen Informationssysteme gegeben. Dafür werden jeweils ihre Aufgabenbereiche und die dafür erforderlichen Daten skizziert. Daraufhin werden in Kapitel 3 mögliche Simulationsaufgaben in Produktion und Logistik beschrieben. Dort werden ebenfalls die für die jeweilige Aufgabe notwendigen Daten aufgezeigt. In Kapitel 4 wird schließlich die Verknüpfung von benötigten Daten und den betrieblichen Informationssystemen als mögliche Datenquellen hergestellt.

## **2 Daten in betrieblichen Informationssystemen**

Betriebliche Informationssysteme sind sozio-technische Systeme, die die Leistungsprozesse und Austauschbeziehungen innerhalb eines Betriebs sowie zwischen einem Betrieb und seiner Umwelt unterstützen (Hansen & Neumann 2001). Erfolgt die Erfassung, Speicherung, Übertragung und/oder Transformation von Informationen durch den Einsatz von Informationstechnik teilweise automatisiert, so wird dies als computergestütztes Informationssystem bezeichnet (Schwarzer & Krcmar 2010). In der Literatur findet sich auch der Begriff Anwendungssystem. Dieser ist von der Anwendungssoftware – dem eigentlichen Programm – abgeleitet. Die Anwendungssoftware bildet zusammen mit der Hardware, dem Betriebssystem und dem organisatorischen Umfeld das Anwendungssystem (Schwarzer & Krcmar 2010). In dieser Arbeit werden die Begriffe, wie in der Literatur auch üblich, synonym verwendet. Des Weiteren wird zugunsten der Lesbarkeit und, da in dieser Arbeit ausschließlich computergestützte Informationssysteme behandelt werden, größtenteils auf den Zusatz „computergestützt“ verzichtet.

Informationssysteme bestehen aus einer Methodenbank mit verschiedenen Programmen zur Lösung betriebswirtschaftlicher Anwendungsprobleme, einer Modellbank mit betriebswirtschaftlichen Modellen und einer Datenbank zur Speicherung von Daten (Schwarzer & Krcmar 2010). Auf die gespeicherten Daten wird im Rahmen dieser Arbeit näher eingegangen. Dafür werden im Folgenden branchenneutrale und branchenspezifische Informationssysteme unterschieden und deren Aufgaben und die zur Erfüllung dieser Aufgaben erforderliche Datenbasis beschrieben. Obwohl es sich im volkswirtschaftlichen Sinne nicht um Branchen sondern um Wirtschafts- bzw. Industriezweige handelt, hat sich diese Bezeichnung in der Literatur durchgesetzt und wird daher auch in dieser Arbeit so verwendet.

## 2.1 Branchenneutrale Informationssysteme

Als branchenneutrale Informationssysteme sind solche Informationssysteme anzusehen, die unabhängig der Branche in allen Unternehmen zum Einsatz kommen können. Insbesondere Aufgaben aus den Bereichen

- Finanz- und Rechnungswesen
- Personalwesen
- Beschaffung und
- Vertrieb

fallen in jedem Unternehmen an und können durch Informationssysteme unterstützt werden. Diese vier Bereiche werden im Folgenden kurz erläutert und die zur Erfüllung ihrer Aufgaben erforderlichen Daten aufgezeigt.

### 2.1.1 Finanz- und Rechnungswesen

In den Bereich Finanz- und Rechnungswesen fallen zum einen Systeme der Finanzbuchhaltung und zum anderen Systeme der Betriebsbuchhaltung. Während die Finanzbuchhaltung an externe Adressaten wie Aktionäre oder Finanzbehörden gerichtet ist, ist die Betriebsbuchhaltung an interne Adressaten, in der Regel die Unternehmensführung, gerichtet. Dementsprechend sind typische Aufgaben der Finanzbuchhaltung die Materialbuchhaltung, die Anlagenbuchhaltung, die Lohn- und Gehaltsbuchhaltung, die Kreditorenbuchhaltung und die Debitorenbuchhaltung, sowie Abschlussbuchhaltungen wie Periodenabschlüsse, Bilanz, Gewinn- und Verlustrechnung. Die für die Erledigung dieser Aufgaben erforderlichen Daten lassen sich in Stamm- und Bewegungsdaten einteilen (vgl. Abbildung 2). Stammdaten sind Nummern, Typen und Bezeichnungen der Personen- und Sachkonten, sowie Anschriften, Matchcodes, Bankverbindungen, Zahlungskonditionen, Buchungsarten und Lastschriftvereinbarungen. Als Bewegungsdaten sind die Kontostände aller Debitoren-, Kreditoren- und Sachkonten anzusehen.

Systeme der Kosten- und Leistungsrechnung dienen dazu, den gesamten Werteverbrauch und -zuwachs des Unternehmens, der im Rahmen der betrieblichen Leistungserstellung und -verwertung verursacht wird, zu erfassen. Die Aufgaben dort lassen sich in Kostenarten-, Kostenstellen-, Kostenträger- und Betriebsergebnisrechnung einteilen. Die erforderlichen Daten werden fast ausschließlich aus den Systemen der Finanzbuchhaltung übernommen, sodass in dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen wird. (Stahlknecht & Hasenkamp 2005; Schwarzer & Krcmar 2010)

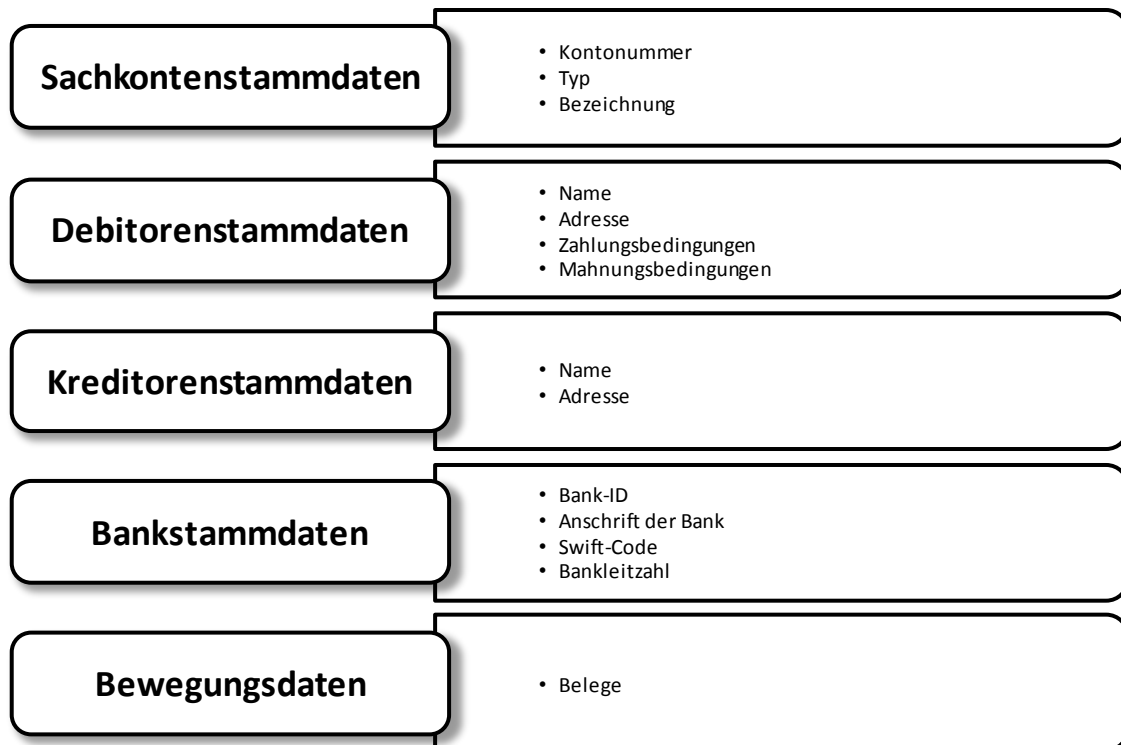


Abbildung 2: Daten in der Finanzbuchhaltung (in Anlehnung an Schwarzer & Krcmar 2010)

### 2.1.2 Personalwesen

Im Bereich Personalwesen existieren Systeme zur Unterstützung der administrativen und dispositiven Prozesse. Zu den administrativen Prozessen zählen die Stammdatenverwaltung, die Zeitwirtschaft, die Lohn- und Gehaltsabrechnung und die Stellenverwaltung. Die Personalauswahl, die Personaleinsatzplanung und die Personalentwicklung hingegen fallen unter die dispositiven Prozesse. (Schwarzer & Krcmar 2010) IT-Systeme, die alle diese Prozesse unterstützen können, heißen Personalinformationssysteme<sup>1</sup> (PERSIS).

In der Personalstammdatenverwaltung fallen umfangreiche Daten zu jedem Mitarbeiter an, die kontinuierlich gepflegt werden müssen. Diese Daten können von allgemeinen Merkmalen, wie Name und Anschrift, bis hin zu physischen und psychischen Merkmalen der Mitarbeiter reichen.

In der Zeitwirtschaft werden die Anwesenheitszeiten eines jeden Mitarbeiters erfasst und ausgewertet. Dies erfolgt meist automatisch mittels eines maschinenlesbaren Ausweises und der damit verbundenen, sofortigen Verbuchung auf dem Arbeitszeitkonto bei Ankunft bzw. Verlassen des Arbeitsplatzes.

Aufgabe der Lohn- und Gehaltsabrechnung sind neben der Berechnung des Lohns bzw. Gehalts auch die Reisekostenabrechnung und der Zahlungsdienst. Dadurch kann es zu Überschneidung mit Systemen des Rechnungswesens kommen.

<sup>1</sup> Englisch: Human-Resource-Management-System (HRMS)

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen administrativen Prozessen dienen die dispositiven Prozesse im Personalwesen der Unterstützung bei Entscheidungen für zukünftige Problembereiche. Abbildung 3 zeigt eine Übersicht der in Personalinformationssystemen anfallenden Daten.

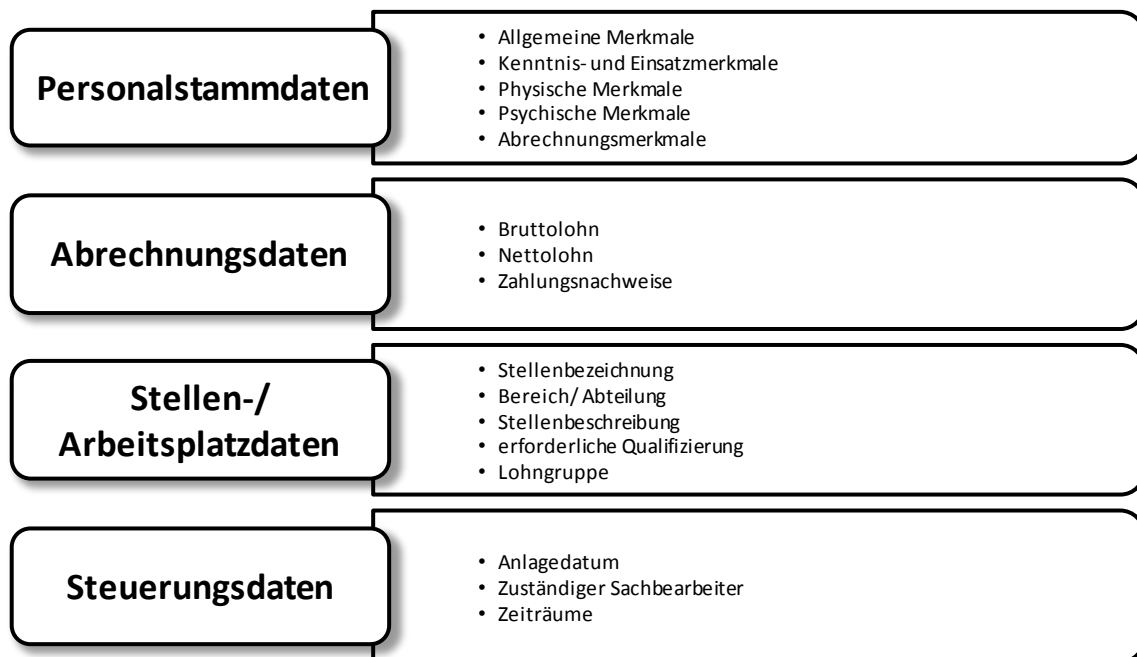


Abbildung 3: Daten in der Personalinformationssystemen (in Anlehnung an Schwarzer & Krcmar 2010)

### 2.1.3 Beschaffung

Der Bereich Beschaffung oder auch Einkauf hat die Aufgabe das Unternehmen mit dem benötigten Material zu versorgen. Dafür muss der Einkauf Zugriff auf Stammdaten - insbesondere den Einkaufsinformationssatz - haben, in denen unter anderem festgelegt ist, welcher Artikel von welchem Lieferanten zu welchem Preis bezogen werden kann. Desweiteren fallen bei den Bestellungen Daten an und auch dispositive Aufgaben, wie die Bestimmung des optimalen Bestellzeitpunktes für verbrauchsgesteuerte Materialien, können durch IT-Systemen unterstützt werden. Solche Systeme werden auch als Supplier Relationship Management-Systeme (SRM) bezeichnet. Die in SRM-Systemen vorhandenen Daten sind Abbildung 4 zu entnehmen.



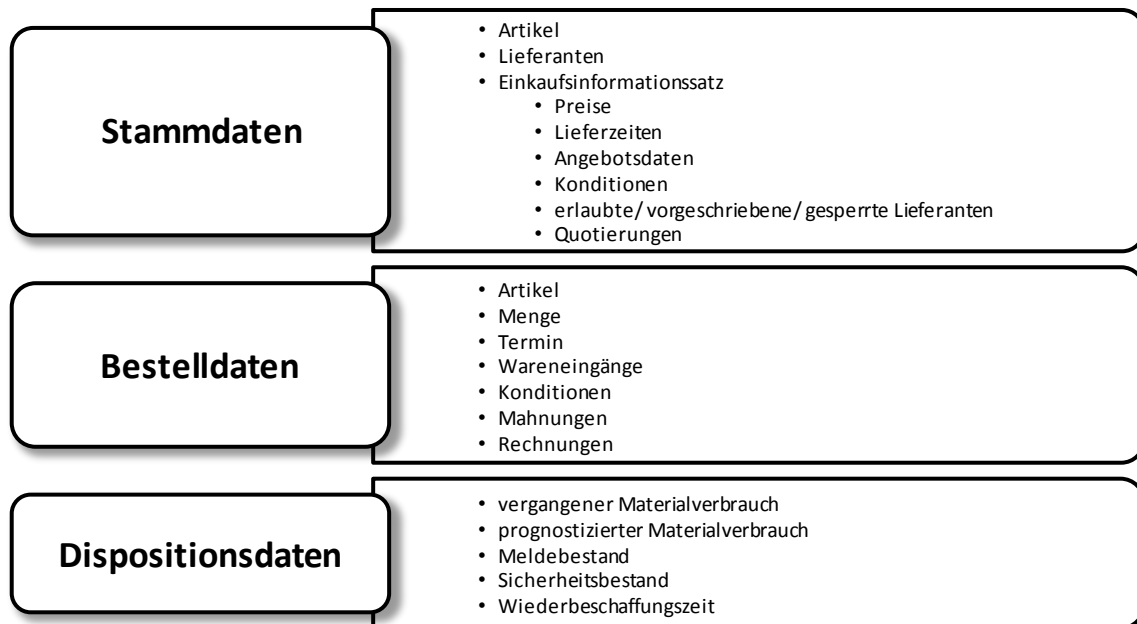


Abbildung 4: Daten in der SRM-Systemen (in Anlehnung an Schwarzer & Krcmar 2010)

#### 2.1.4 Vertrieb

Die wesentlichen Aufgaben im Vertrieb sind die Auftragsabwicklung, die Tourenplanung und die Versanddisposition. Die Auftragsabwicklung umfasst alle Teilprozesse von der Kundenanfrage über die Angebotserstellung, die Auftragsannahme und die Auftragssteuerung bis zum Versand des angefragten Produkts. Gegebenenfalls schließt sich daran noch eine weiterführende Kundenbetreuung an. IT-Systeme können zur Unterstützung der gesamten Auftragsabwicklung oder nur ausgewählter Teilprozesse eingesetzt werden. Dabei fallen eine Menge unterschiedlicher Daten an (vgl. Abbildung 5). Zum einen wird eine umfangreiche Kundendatei angelegt, in der neben den Identifikationsdaten des Kunden auch alle Interaktionen mit ihm (Anfragen, Angebote, Aufträge, Besuche und Lieferungen) erfasst werden. Diese Systeme werden unter dem Begriff Customer Relationship Management (CRM) zusammengefasst. Zum anderen müssen die Artikel, die vertrieben werden können, in den Artikelstammdaten verwaltet werden. Desweiteren ist aber auch der Zugriff auf die Daten der Produktionsplanung und -steuerung nötig, um bspw. keine Aufträge anzunehmen, die aufgrund fehlender Kapazitäten nicht erfüllt werden können.

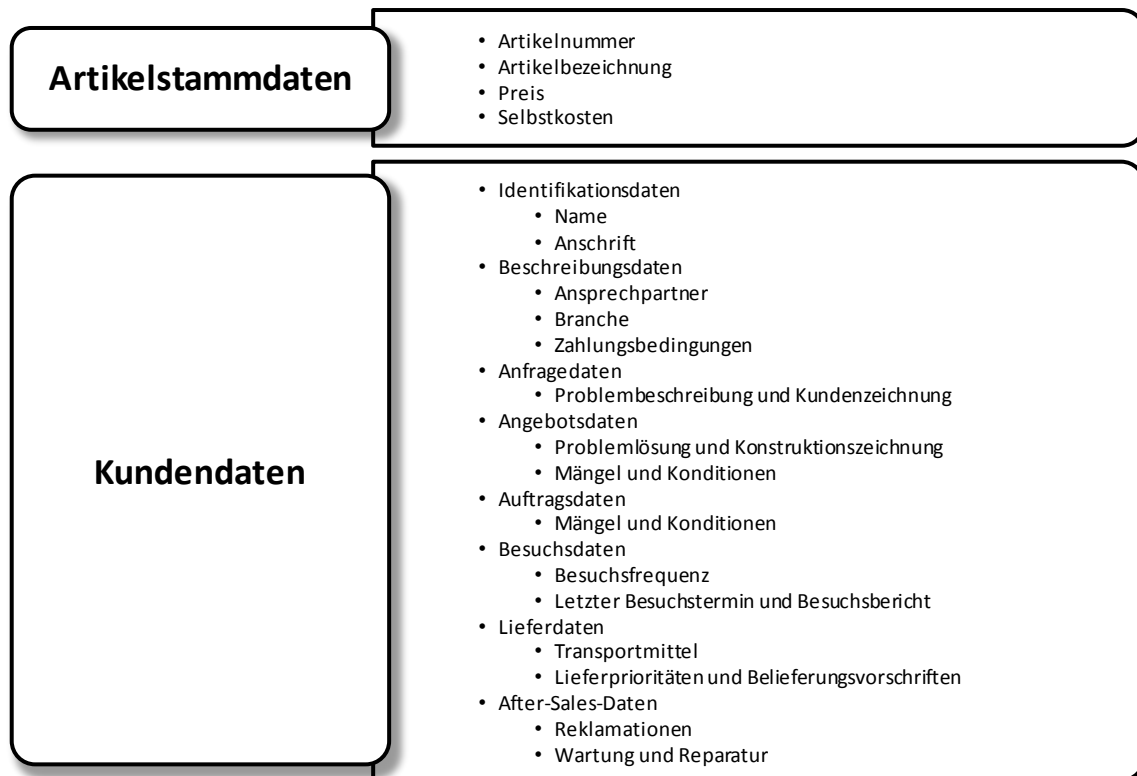


Abbildung 5: Daten in CRM-Systemen (in Anlehnung an Schwarzer & Krcmar 2010)

## 2.2 Branchenspezifische Informationssysteme

Im Gegensatz zu den in Abschnitt 2.1 beschriebenen branchenneutralen Informationssystemen sind branchenspezifische Informationssysteme auf die Bedürfnisse der Unternehmen einer speziellen Branche ausgerichtet. Durch die unterschiedlichen Prozesse und Aufgaben in Unternehmen unterschiedlicher Branchen bzw. Industriezweigen, existieren auch andere Anforderungen an die eingesetzten Informationssysteme. Ein Dienstleistungsunternehmen benötigt bspw. keine Informationssysteme, die bei der Produktentwicklung unterstützen. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf produzierenden Unternehmen, sodass im Folgenden nur Software für den Einsatz in der Fertigungsindustrie vorgestellt wird.

Das Kernziel in Unternehmen der Fertigungsindustrie ist die Produktion von Gütern. Dabei fallen sowohl betriebswirtschaftlich-orientierte Planungs- und Steuerungsaufgaben als auch technisch-orientierte Aufgaben an. Für beide Arten von Prozessketten existieren umfangreiche Unterstützungssysteme. Das Produktionsplanungs- und -steuerungssystem (PPS) zählt zu den dominierenden Systemen und wird in Abschnitt 2.2.1 näher beschrieben. Ergänzt werden können diese Systeme durch verschiedene Computer Aided x-Systeme (CAx) (Abschnitt 2.2.2), Manufacturing Execution Systeme (MES)(Abschnitt 2.2.3) und Systeme zur Betriebs- bzw. Maschinendatenerfassung (BDE/MDE)(Abschnitt 2.2.4). Zusätzlich existieren eigenständige Produktdatenmanagementsysteme (PDM)(Abschnitt 2.2.5), die zum Verwalten der anfallenden Dokumente genutzt werden können. Ebenfalls häufig vorhanden ist ein Lagerverwaltungssystem (LVS), welches in Abschnitt 2.2.6

vorgestellt wird. Da neuere Systeme einen integrierten Ansatz verfolgen, indem mehrere Funktionen vom gleichen System übernommen werden, werden diese integrierten betrieblichen Informationssysteme in Abschnitt 2.3 behandelt. In all diesen Systemen können Daten, die für die Durchführung einer Simulationsstudie benötigt werden, anfallen bzw. gespeichert sein. Daher werden die Systeme mit ihren jeweiligen Aufgabenbereichen zunächst kurz vorgestellt und daraufhin die zur Erfüllung ihrer jeweiligen Aufgaben erforderlichen Daten dargestellt.

### 2.2.1 Produktionsplanung & -steuerung (PPS)

Informationssysteme der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) bilden das Rückgrat der DV-Unterstützung der operativen Produktionslogistik (Loos 1999). Die Hauptaufgabe besteht in der Planung und Ausführung von Fertigungsaufträgen. Dazu zählen die Grobterminierung von Fertigungsaufträgen mit anschließendem Kapazitätsabgleich, sowie die Werkstattsteuerung und die Auftragsüberwachung. Zudem kann auch die Materialwirtschaft, also die Lagerhaltung inklusive Materialbedarfsplanung und Beschaffung, über PPS-Systeme abgewickelt werden (Stahlknecht & Hasenkamp 2005). Abbildung 6 zeigt eine Übersicht über die beschriebenen Bestandteile von PPS-Systemen.

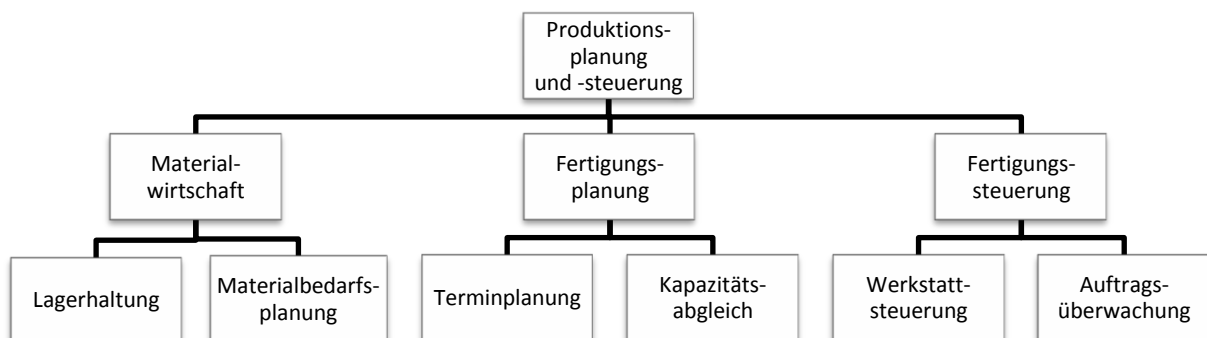


Abbildung 6: Bestandteile von PPS-Systemen (nach Stahlknecht & Hasenkamp 2005)

Für die Erfüllung dieser Aufgaben ist ein umfangreicher Bestand an Daten vonnöten, die teilweise auch von anderen Systemen benötigt werden. Diese Grunddaten in PPS-Systemen können nach Stamm- und Bewegungsdaten systematisiert werden (vgl. Abbildung 7 und Abbildung 8). Während die Stammdaten durch eine geringe Änderungshäufigkeit charakterisiert sind und den Grundbestand an Daten für die operativen Informationssysteme bilden, besitzen die Bewegungsdaten in der Regel nur eine begrenzte Lebensdauer und haben einen konkreten Zeitbezug. Typische Vertreter für Stammdaten sind Materialstammdaten oder Betriebsmittelstammdaten. Ein Beispiel für Bewegungsdaten hingegen ist der Fertigungsauftrag, der die verschiedenen Zustände wie „angelegt“, „freigegeben“, „in Bearbeitung“ oder „abgeschlossen“ annehmen kann und nach Erreichen des Endzustands in der Regel nicht mehr verändert wird. (Loos 1999)

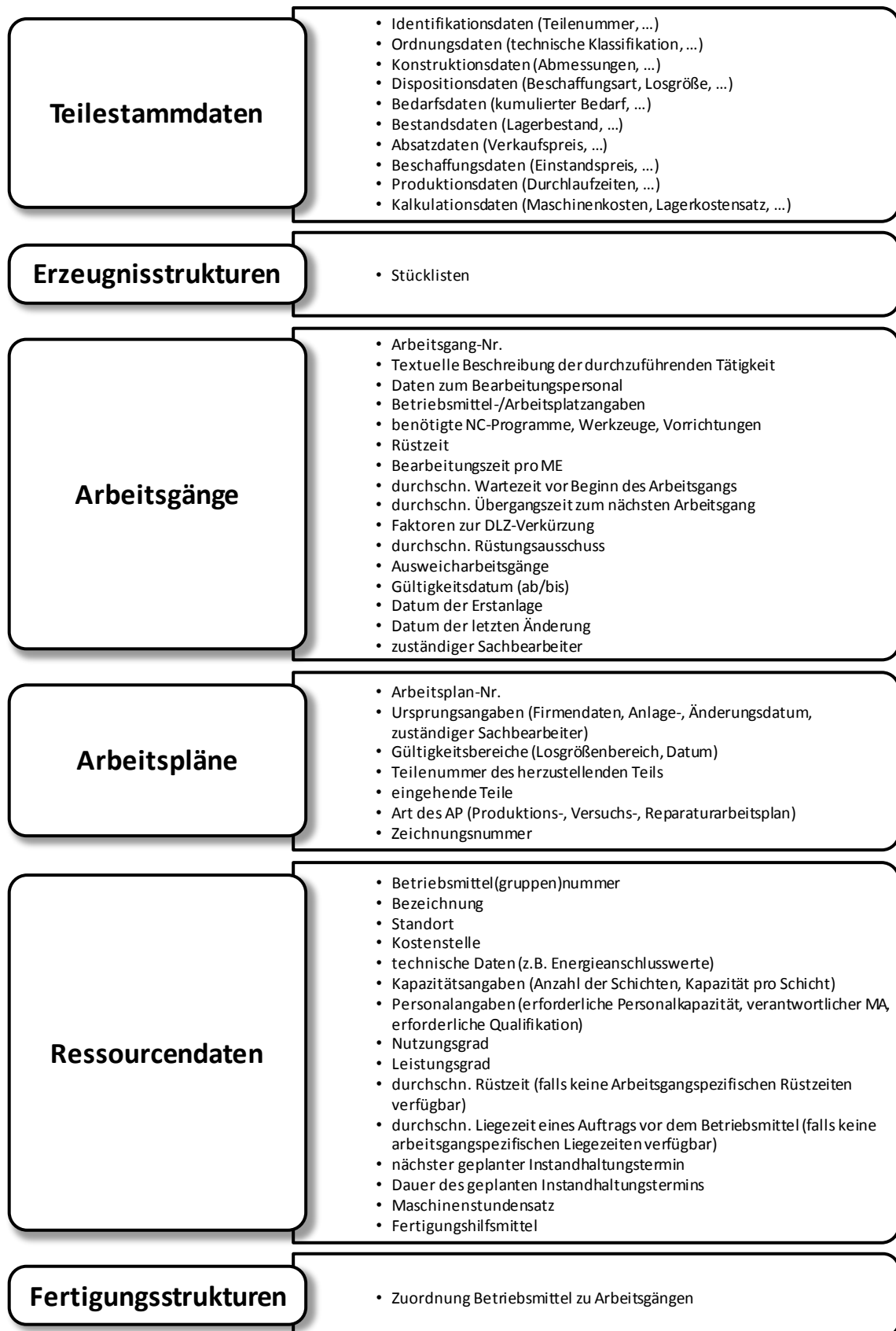


Abbildung 7: Stammdaten in PPS-Systemen (in Anlehnung an Loos 1999)

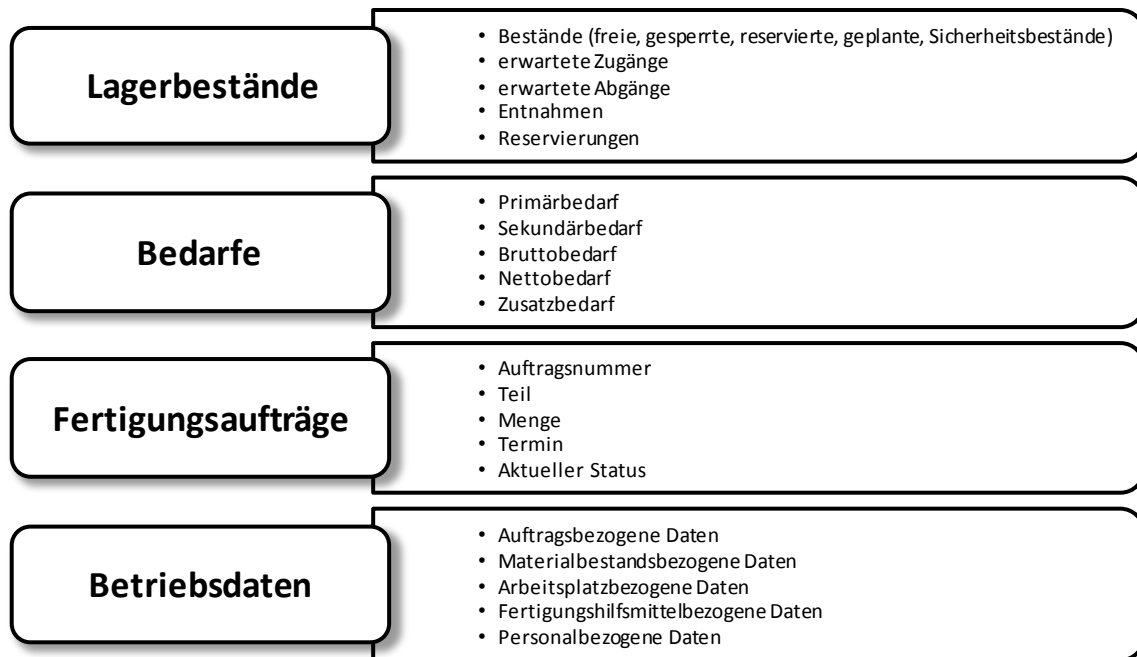


Abbildung 8: Bewegungsdaten in PPS-Systemen (in Anlehnung Loos 1999)

### 2.2.2 Computer Aided x (CAx)

Neben der Produktionsplanung und -steuerung zählen zu der klassischen Produktion auch die Funktionsbereiche Entwicklung, Arbeitsplanung, Fertigung und Qualitätssicherung. Für alle diese Bereiche existieren unterstützende Informationssysteme, die unter dem Begriff Computer Aided x (CAx) zusammengefasst werden, wobei das x als Platzhalter zu verstehen ist. Darunter fallen Computer Aided Design (CAD) für die Konstruktion, Computer Aided Planning (CAP) für die Arbeitsplanung, Computer Aided Manufacturing (CAM) für die Fertigung, sowie Computer Aided Quality Assurance (CAQ) für die Qualitätssicherung (vgl. Abbildung 9).

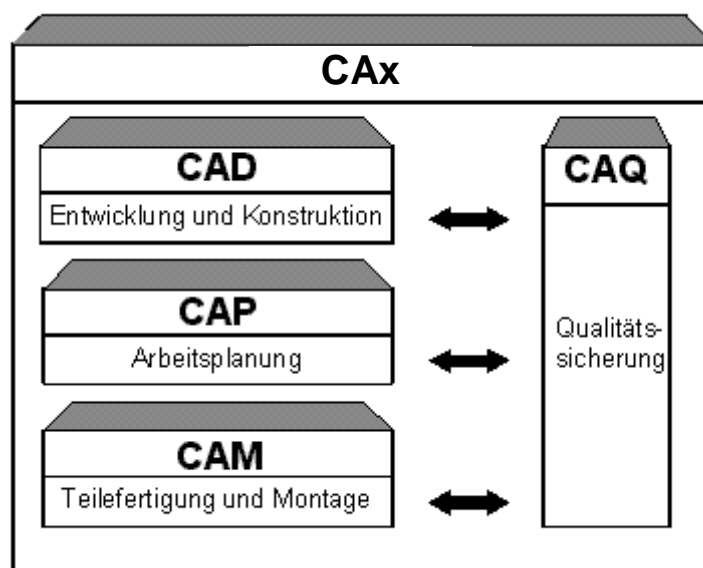


Abbildung 9: Aufgabenbereiche der CAx-Systeme (in Anlehnung an AWF 1985)

### ***2.2.2.1 Computer Aided Design (CAD)***

Der Produktentstehungsprozess beginnt schon weit vor der eigentlichen Fertigung mit der Produktentwicklung und bereits dort existieren IT-Systeme zur Unterstützung des Konstrukteurs. So werden Zeichnungen in der Regel nicht mehr am Zeichentisch sondern an einem CAD-Arbeitsplatz erstellt. Dort können sowohl zweidimensionale als auch dreidimensionale Drahtgittermodelle erzeugt und mit realitätsnahen Oberflächen versehen werden. Zudem ist es möglich technische Berechnungen anhand der Modelle durchzuführen. Die wichtigsten in CAD-Systemen verfügbaren Daten sind dementsprechend die Zeichnungen selbst, denen alle Maße und sonstigen Angaben zu entnehmen sind.

### ***2.2.2.2 Computer Aided Planning (CAP)***

Die Fertigung eines Produktes erfordert in der Regel mehrere Bearbeitungsschritte oder auch Arbeitsgänge. So muss ein Teil bspw. zuerst gedreht, dann gefräst und zum Schluss gehärtet werden. In welcher Reihenfolge und auf welchen Maschinengruppen diese Arbeitsgänge hintereinander stattfinden sollen, wird in Arbeitsplänen festgelegt. Bei der Arbeitsplanerstellung und Arbeitsplanverwaltung kann der Ingenieur durch Computer Aided Planning-Systeme (CAP-Systeme) unterstützt werden.

CAP-Systeme benötigen dementsprechend Zugriff auf die Zeichnungen aus dem CAD-System und auf die Ressourcendaten der im Unternehmen vorhandenen Betriebsmittel. Als Ergebnis werden im CAP-System umfangreiche Daten der Arbeitspläne und Arbeitsgänge erzeugt (vgl. Abbildung 10).

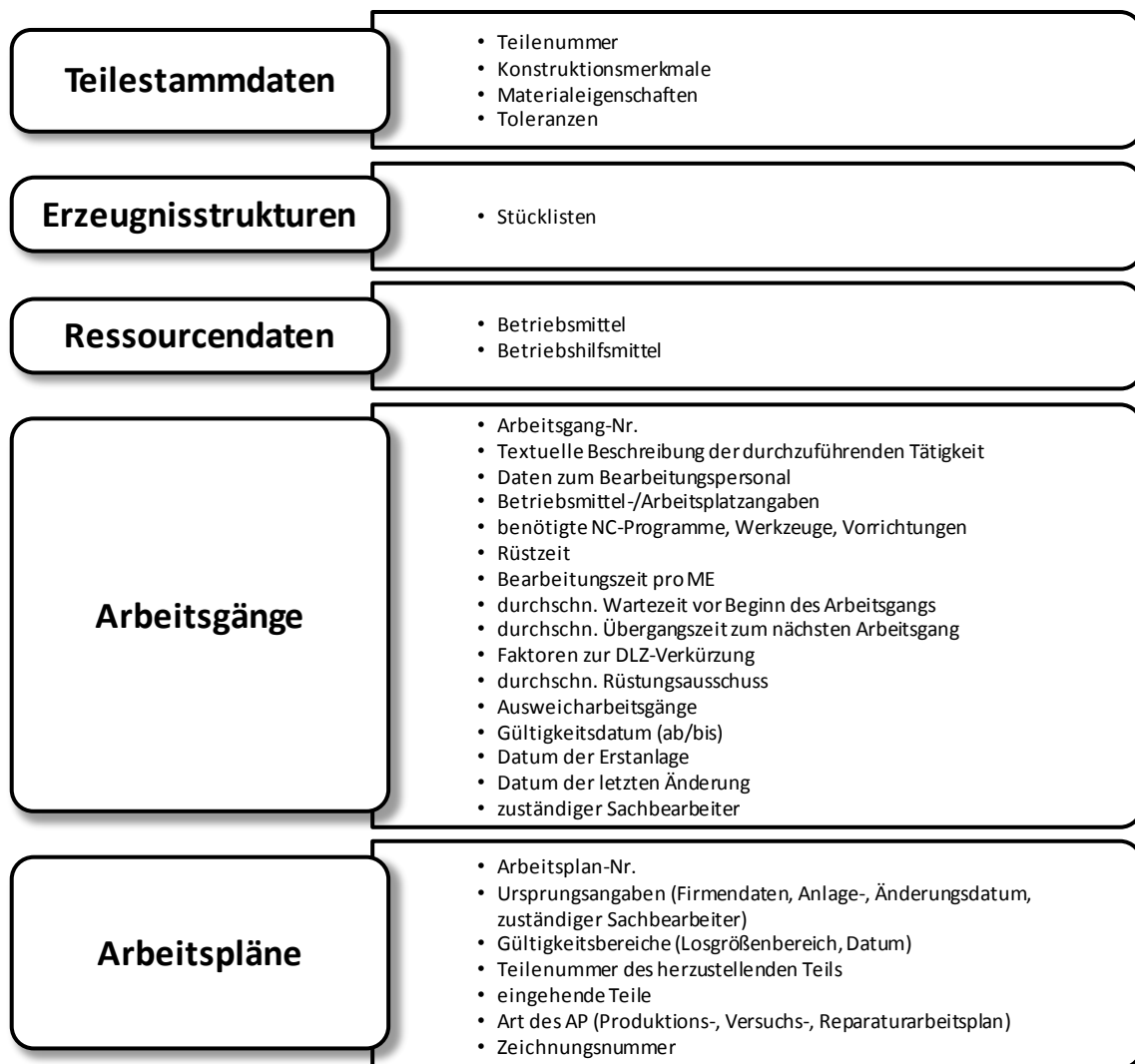


Abbildung 10: Daten in CAP-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011)

### 2.2.2.3 Computer Aided Manufacturing (CAM)

Die unterste Ebene der CAx-Systeme bilden die Computer Aided Manufacturing Systeme (CAM-Systeme). Sie sind zuständig für die Fertigungssteuerung und damit für die direkte Steuerung von NC-, CNC- und DNC-Maschinen, verfahrenstechnischen Anlagen, Handhabungsgeräten sowie Transport- und Lagersystemen. Wird ein CAM-System in einem Unternehmen eingesetzt, so erfolgt die Programmierung der verschiedenen Maschinen, nicht mehr an den jeweiligen Maschinen selbst, sondern zentral im CAM-System. Zudem kann mit Hilfe eines CAM-Systems der maschinenspezifische Code für mehrere Maschinentypen generiert werden, sodass nicht für jede Steuerung ein eigenes Programm geschrieben werden muss. Ein CAM-System benötigt somit Zugriff auf die Zeichnungen aus dem CAD-System, die Ressourcendaten sowie die Arbeitsplandaten aus dem CAP-System und erzeugt den, für die Steuerung der angebotenen Systeme notwendigen, Quellcode.

### 2.2.2.4 Computer Aided Quality Assurance (CAQ)

Die letzte Komponente von CAX ist Computer Aided Quality Assurance (CAQ). Während CAD, CAP und CAM jeweils nur einen Teil des Produktionsprozesses unterstützen, begleitet CAQ den gesamten Produktionsprozess. CAQ umfasst die Planung, Durchführung und Kontrolle aller Maßnahmen, welche die Produktqualität beeinflussen (Kurbel 2011). In CAQ-Systemen werden zum einen die notwendigen Prüfmerkmale festgelegt und Prüfvorschriften, -pläne und -programme erstellt. Zum anderen erfolgt auch die Durchführung und Kontrolle der zuvor festgelegten Maßnahmen im CAQ-System. Durch die Betrachtung des gesamten Produktionsprozesses benötigen CAQ-Systeme Daten aus verschiedensten Bereichen. Neben den festgelegten Soll-Werten werden die gemessenen Ist-Werte zurückgemeldet und gegebenenfalls für weitere Auswertungen genutzt (vgl. Abbildung 11).

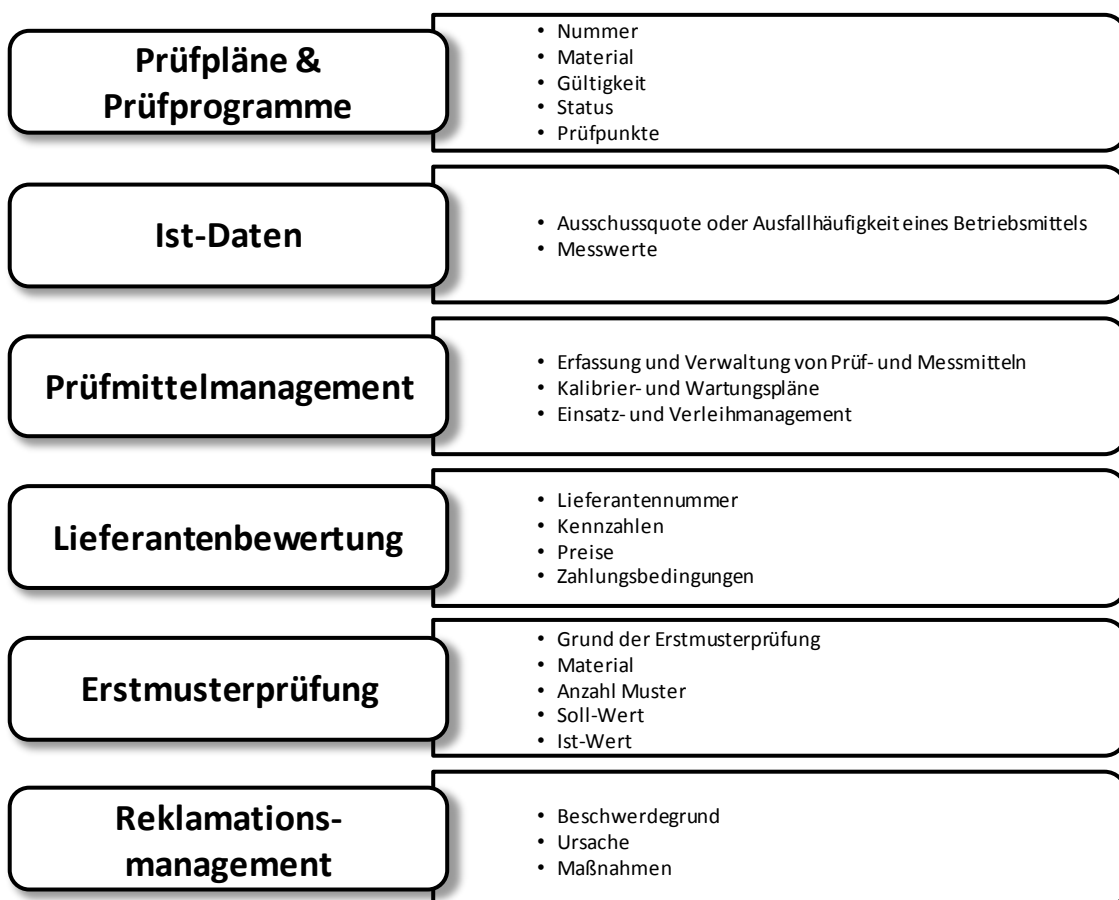


Abbildung 11: Daten in CAQ-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011)

### 2.2.3 Manufacturing Execution Systems (MES)

Die Fertigungsplanung erfolgt in der Regel mit Hilfe von ERP- oder PPS-Systemen. Die für eine präzise Fertigungssteuerung erforderliche Rückmeldung von Daten aus der Fertigung ist in diesen Systemen aber nur bedingt möglich bzw. findet aufgrund der Sukzessivplanung erst im folgenden Planungszyklus Beachtung. Für kurzfristige Anpassungen der Planung sind die Zykluszeiten von ERP- und PPS-Systemen allerdings zu lang, sodass Änderungen in der Fertigung nicht oder nur schlecht umgesetzt werden können. Gründe für die Notwendigkeit einer Anpassung der Fertigung können



bspw. Maschinenausfälle, Materialengpässe oder Krankheit von Mitarbeitern sein, die eine Umsetzung der bisherigen Planung unmöglich machen. Um dieses Problem zu beheben, werden vermehrt Manufacturing Execution Systeme (MES) in produzierenden Unternehmen eingesetzt. Diese haben eine wesentlich kürzere Zykluszeit und bieten daher die Möglichkeit der Feinplanung und Steuerung der Fertigung mit einem wesentlich kürzeren Planungshorizont (vgl. Abbildung 12). Mit dem Planungshorizont unterscheidet sich ebenfalls der Detaillierungsgrad der Planung. So ist in einem MES bspw. auch hinterlegt auf welcher speziellen Maschine und mit welchem Werkzeug ein Auftrag gefertigt werden soll, anstatt lediglich der Maschinengruppe.

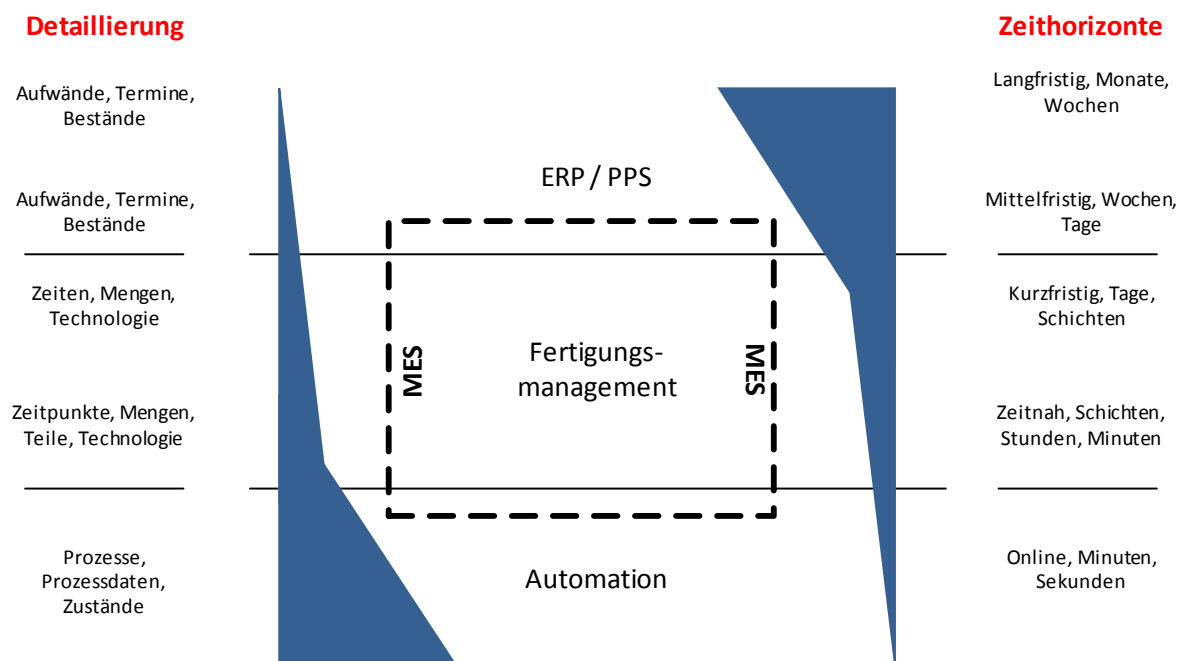


Abbildung 12: Abgrenzung MES von ERP/PPS (in Anlehnung an Kletti & Deisenroth 2012)

Nachdem MES zunächst als Sammelsurium verschiedener Bereiche wie Betriebsdatenerfassung, Fertigungsleitstand, Werkzeugverwaltung u. ä. verstanden wurden, bieten moderne MES weitreichende Unterstützung bei den Aufgaben des Fertigungsmanagements (Kletti & Deisenroth 2012). Dazu zählen nach VDI 5600 Blatt 1 die Bereiche

- Feinplanung und Feinsteuerung,
- Informationsmanagement,
- Qualitätsmanagement,
- Personalmanagement,
- Betriebsmittelmanagement,
- Leistungsanalyse,
- Datenerfassung und
- Materialmanagement.

In jedem dieser Aufgabenbereiche eines MES werden dabei andere Daten benötigt, die zum Teil aus anderen Systemen übernommen oder direkt im MES erzeugt werden können. Dies führt dazu, dass ein MES Zugriff auf einen umfangreichen Datenbestand hat. Welche Daten genau in einem MES vorhanden sind und in welchem Aufgabenbereich diese benötigt werden kann Abbildung 13 entnommen werden.



Abbildung 13: Daten in den Aufgabenbereichen eines MES (in Anlehnung an VDI 5600 Blatt 1)

### 2.2.4 Betriebsdatenerfassung (BDE)

Alle Daten, die während des Produktionsprozesses anfallen, werden unter dem Begriff Betriebsdaten zusammengefasst. Dazu zählen insbesondere produzierte Mengen, benötigte Zeiten, Zustände von Fertigungsanlagen, Lagerbewegungen, Qualitätsmerkmale u.a. (Krämer 2000). Erfasst werden die Betriebsdaten entweder in eigenständigen BDE-Systemen oder durch Integration entsprechender Funktionen in übergeordnete Systeme wie PPS, CAM, CAQ oder insbesondere MES. Die Aufnahme der Betriebsdaten erfolgt in der Regel manuell über entsprechende Terminals durch den Fertigungsmitarbeiter. Erfolgt die Erfassung hingegen automatisch direkt an einer Maschine, so spricht man von Maschinendatenerfassung (MDE) (Kurbel 2011). Abbildung 14 zeigt eine Auflistung der durch BDE-Systeme erfassbaren Daten teilweise Krämer (2000)

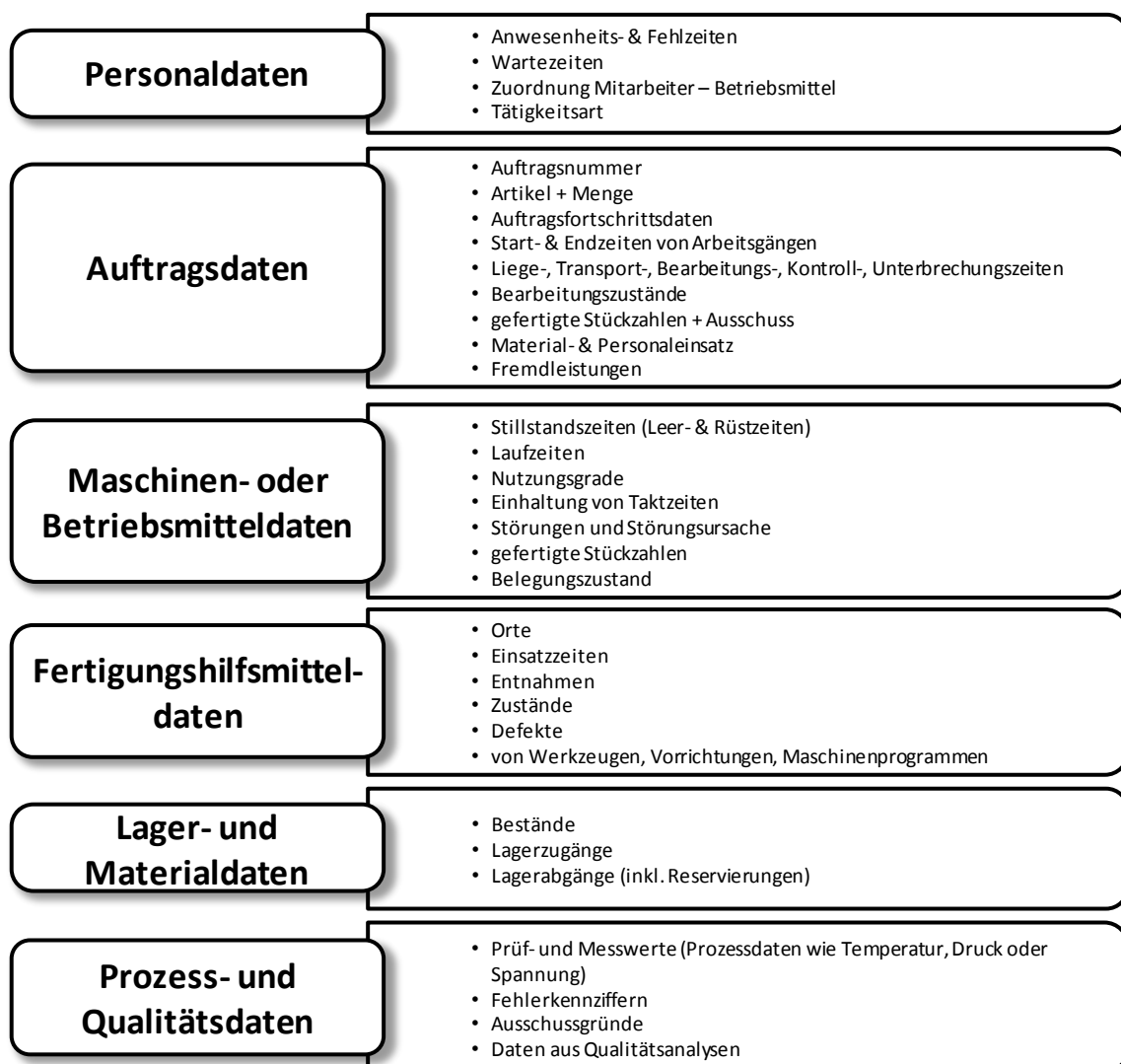


Abbildung 14: Daten in BDE-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011)

### 2.2.5 Produktdatenmanagement (PDM)

Während eines Produktentwicklungsprozesses und der darauf folgenden Fertigung des Produkts fallen viele zu diesem Produkt gehörige Daten an. Die Speicherung, Aufbewahrung, Pflege und

Bereitstellung aller produktbeschreibenden Daten und deren Beziehungen untereinander wird unter dem Begriff Produktdatenmanagement (PDM) zusammengefasst und kann durch entsprechende Informationssysteme unterstützt werden. Zu den produktbeschreibenden Daten zählen neben Grunddaten wie Erzeugnisstrukturen auch Dokumente mit Entwicklungs- und Konstruktionsergebnissen wie Zeichnungen oder 3D-Modelle. Da diese Daten sich während der Entwicklung in der Regel häufiger verändern, ist es notwendig sie mit ablauforganisatorischen Merkmalen auszustatten. Zu den sogenannten Metadaten zählen z.B. Angaben wie Freigabestatus, Version oder Gültigkeit (vgl. Abbildung 15). PDM-Systeme dienen dazu den Überblick über alle aktuellen und archivierten Dokumente zu bewahren. (Kurbel 2011)

Je nach Umfang des PDM-Systems kann diesem also ein Großteil der produktbezogenen Daten entnommen und für die Simulation genutzt werden, wobei die Informationen jedoch nicht im PDM-System selber sondern in den darin abgelegten Dateien enthalten sind.

Zu dem im Zusammenhang mit PDM häufig erwähnten Begriff Produktlebenszyklusmanagement (PLM) existiert keine einheitliche Definition. Einerseits wird PLM als Erweiterung des PDM auf den gesamten Produktlebenszyklus von der Produktplanung bis hin zum Recycling, oder um zusätzliche Funktionen wie Konfigurations-, Anforderungs- und Projektmanagement gesehen. Andererseits wird PLM als ein Konzept verstanden, welches zur Umsetzung Lösungskomponenten benötigt. Dazu zählen CAD, CAE, CAM, PDM und andere Applikationen für den Produktentstehungsprozess (Sandler & Wawer 2011). In dieser Arbeit wird der Ansicht der deutschen Softwareanbieter gefolgt, dass PLM kein eigenständiges System ist und dementsprechend auch nicht als Quelle für Simulationsdaten genutzt werden kann.

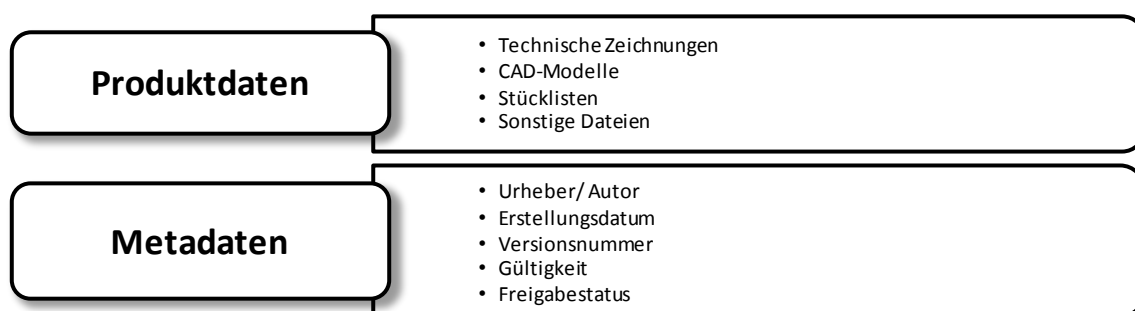


Abbildung 15: Daten in PDM-Systemen (in Anlehnung an Bracht et al. 2011)

### **2.2.6 Lagerverwaltungssysteme (LVS)**

Jedes produzierende Unternehmen benötigt in irgendeiner Form ein Lager für Rohmaterial, Zwischenprodukte, Fertigteile oder sonstige Hilfsmittel. Je größer dieses Lager ausfällt, desto wahrscheinlicher ist auch der Einsatz eines Lagerverwaltungssystems (LVS). Die Kernaufgabe eines LVS ist die Verwaltung von Mengen und Lagerorten und deren Beziehung zueinander (Wolf et al. 2007). Zudem können teilweise die Transportsysteme über das LVS verwaltet werden. Gehen die Funktionen darüber hinaus, so spricht man von einem Warehouse Management-System (WMS). Mit einem WMS lassen sich komplexe Lagersysteme steuern, kontrollieren und optimieren (Hausladen 2014). Dafür bietet ein WMS neben den Kernfunktionen Auftragsbearbeitung, Auftragsfreigabe, Bestandsführung, Inventur und Information auch Zusatzfunktionen wie bspw. ein Staplerleitsystem, Gefahrstoffverwaltung, Retourenmanagement oder die Steuerung anderer Value Added Services (Wolf et al. 2007). Die Datenbasis eines WMS ist dementsprechend wesentlich umfangreicher als die Datenbasis eines einfachen LVS (vgl. Abbildung 16).

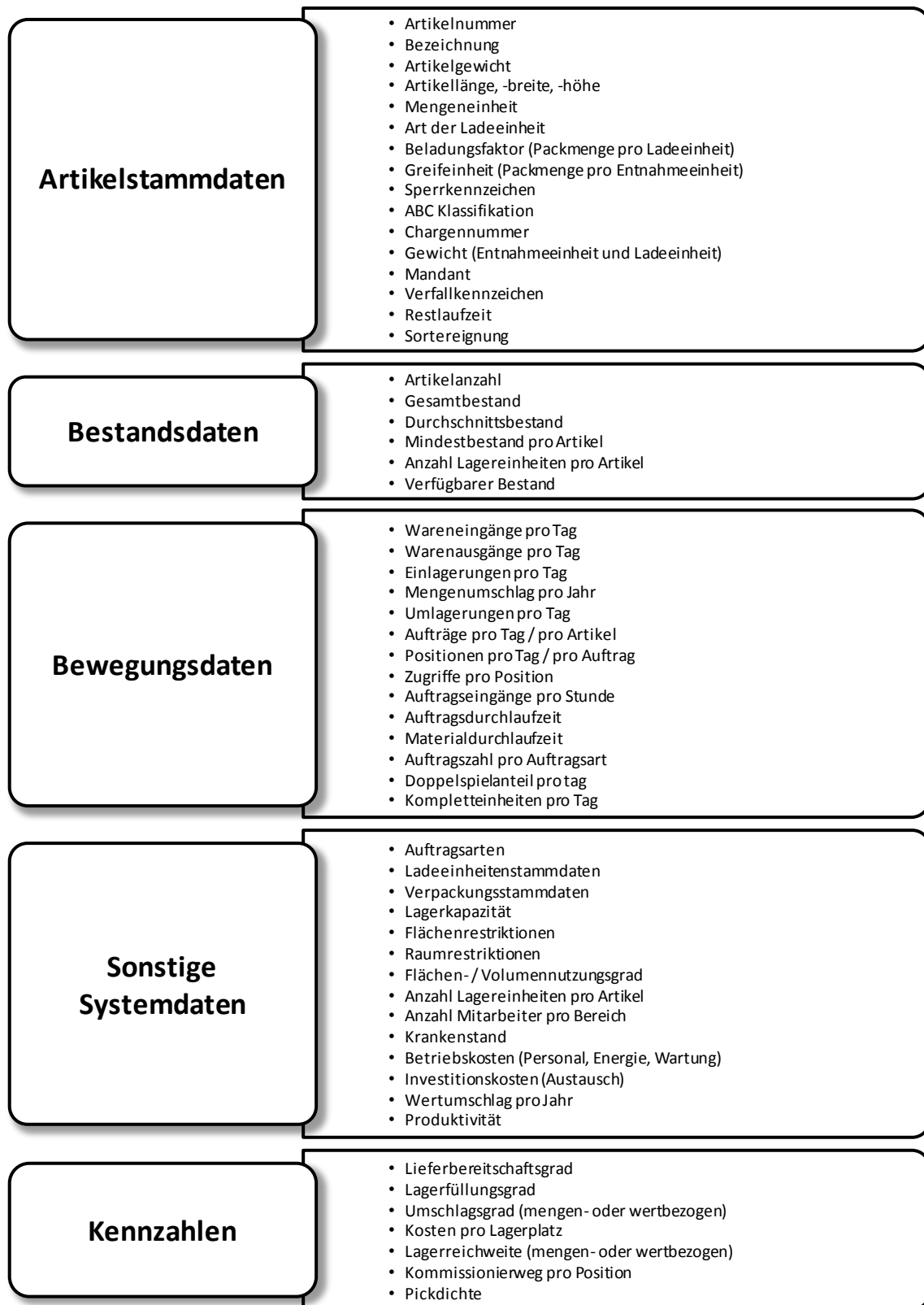


Abbildung 16: Daten in WMS (in Anlehnung an Ten Hompel &amp; Schmidt 2010)

### 2.3 Integrierte betriebliche Informationssysteme

Integrierte betriebliche Informationssysteme zeichnen sich dadurch aus, dass sie mehrere bereichsübergreifende Funktionen unterstützen. Sie bestehen aus einem Basissystem, welches um verschiedene funktionsbezogene Module erweitert werden kann. Der Vorteil solcher integrierten

Systeme gegenüber mehreren Einzelsystemen - auch als Insellösungen bezeichnet - besteht darin, dass alle Module eine einheitliche Oberfläche besitzen und die gleiche gemeinsame Datenbasis verwenden. Dadurch kann eine redundante und inkonsistente Datenhaltung vermieden werden. Bekanntester Vertreter der integrierten betrieblichen Informationssysteme sind Enterprise Resource Planning Systeme (ERP-Systeme). Obwohl in modernen ERP-Systemen alle wesentlichen betrieblichen Funktionsbereiche eines Unternehmens auf allen Arbeits- und Managementebenen integriert werden können, existieren in einem Großteil der Unternehmen weiterhin Insellösungen (Kurbel 2011). Die Gründe dafür sind zum einen, dass Änderungen an bestehenden Systemen bzw. deren kompletter Austausch mit einem nicht unerheblichen Risiko und Investitionen verbunden sind. Zum anderen kann der Funktionsumfang eines speziellen Einzelsystems größer als das vergleichbare Modul eines integrierten Systems sein. Zudem ist ein Unternehmen bei vollständiger Umstellung auf ein integriertes System abhängig von dem einen Anbieter eben diesen Systems, was möglicherweise nicht gewünscht wird.

Neben ERP-Systemen zählen auch Supply Chain Management Systeme (SCM-Systeme) zu den integrierten betrieblichen Systemen. Im Folgenden werden diese beiden Systeme näher beschrieben und insbesondere ihre Datenbasis dargestellt.

### **2.3.1 Enterprise Resource Planning (ERP)**

Die Entwicklung von Einzelsystemen hin zu integrierten Systemen kann auf zwei Arten erfolgen. Entweder wird ein integriertes System von Grund auf neu entwickelt, oder aber ein bestehendes System wird durch Integration anderer Funktionen zu einem integrierten System weiterentwickelt. Viele ERP-Systeme sind so aus ehemaligen PPS-Systemen entstanden und bilden diesen Bereich somit am umfangreichsten ab. Aufgrund der unterschiedlichen Entstehungsgeschichte und der zum Teil auf verschiedene Zielgruppen (Groß-, Mittel- und Kleinunternehmen) ausgerichteten Entwicklung, variiert der Funktionsumfang von ERP-Systemen verschiedener Anbieter. Typischerweise werden aber die Bereiche

- Produktionsplanung und –steuerung, Materialwirtschaft, Einkauf, Lagerhaltung, Instandhaltung, Qualitätssicherung
- Marketing, Vertrieb, Versand, Tourenplanung und –steuerung
- Personalwirtschaft (Lohn- und Gehaltsabrechnung, Personalmanagement, Personaleinsatz)
- Finanzbuchhaltung, Jahresabschluss, Liquiditätsplanung
- Rechnungswesen, Kalkulation, Controlling

von allen ERP-Systemen abgedeckt, sodass die Aufnahme und Unterstützung nahezu aller unternehmensinternen Geschäftsprozesse möglich ist. (Kurbel 2011)



Eine wichtige Aufgabe von ERP-Systemen ist zudem die Stammdatenverwaltung. Die Datensätze werden im ERP-System angelegt und gepflegt und können über Schnittstellen auch anderen Systemen zur Verfügung gestellt werden. Durch die bereichsübergreifenden Funktionen von ERP-Systemen sind auch die Stammdaten sehr umfangreich. Einem Artikel können bspw. mehrere Hundert Attribute zugeordnet werden, die teilweise von den jeweils zuständigen Abteilungen gepflegt werden. Um eine möglichst umfassende und detaillierte Abbildung der Stammdaten zu erhalten, sind in Abbildung 18 die von Dickersbach & Keller (2010) mit den von Kurbel (2011) und Hellberg (2012) aufgezählten Stammdaten kombiniert dargestellt. Neben den Stammdaten werden während des Betriebs zusätzlich Bewegungsdaten erzeugt, welche in Abbildung 17 dargestellt sind.

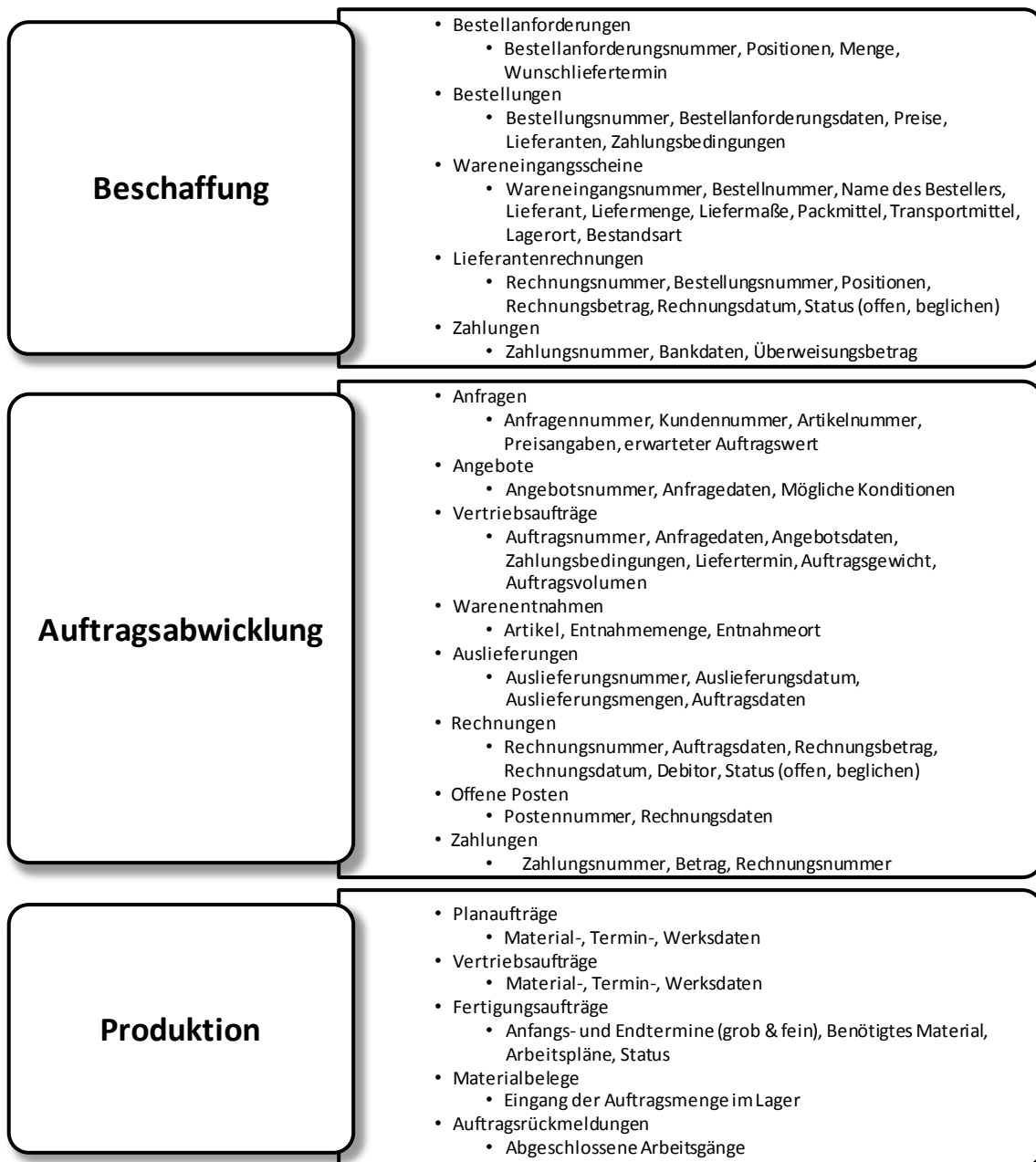


Abbildung 17: Bewegungsdaten in ERP-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011)

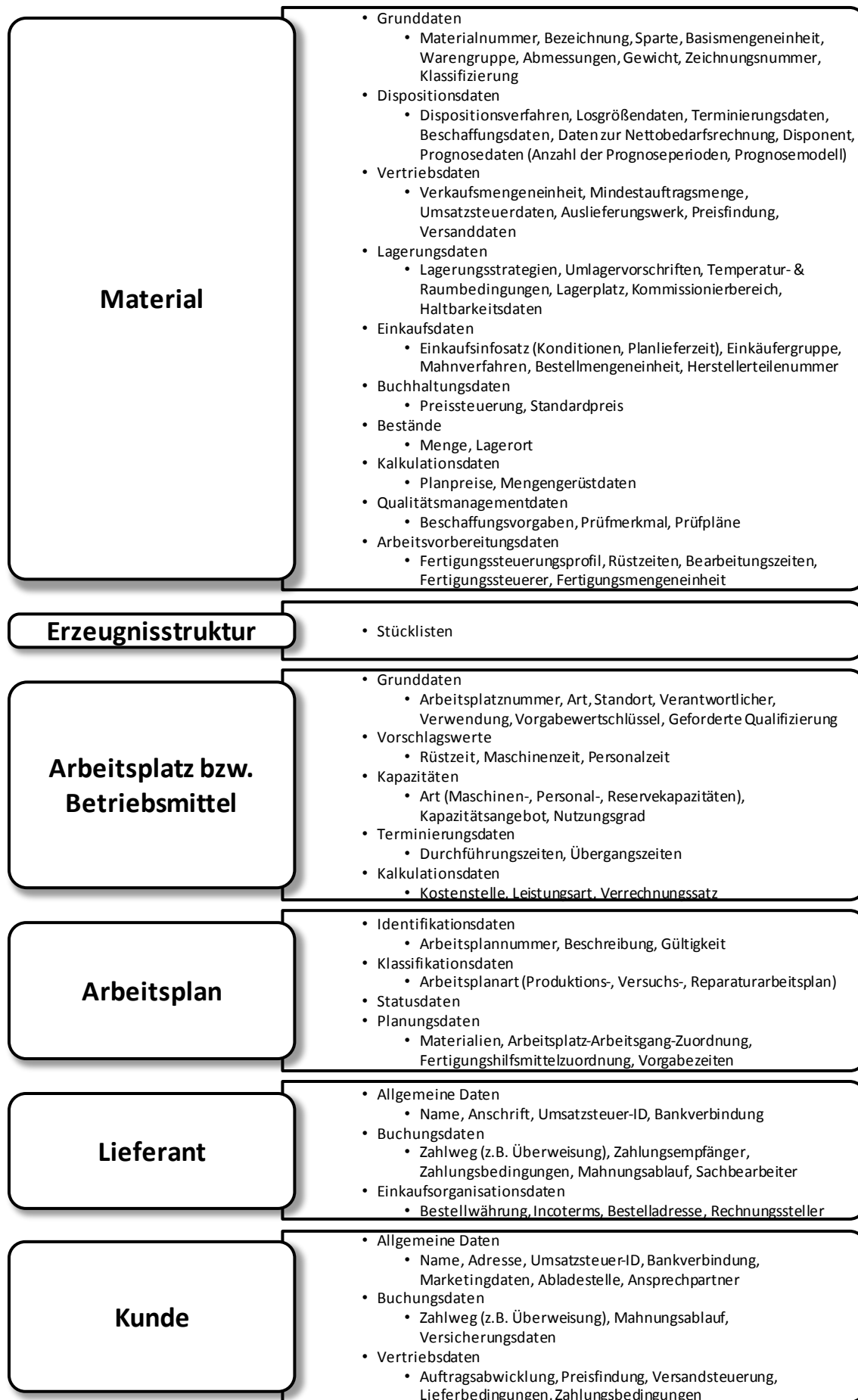


Abbildung 18: Stammdaten in ERP-Systemen

### 2.3.2 Supply Chain Management (SCM)

Den im vorigen Abschnitt vorgestellten ERP-Systemen liegt eine unternehmensinterne Sicht zugrunde. Im Rahmen des Supply Chain Managements müssen hingegen alle in der Supply Chain mitwirkenden Unternehmen betrachtet werden. Dies ist mit herkömmlichen ERP-Systemen nicht möglich, sodass unternehmensübergreifende SCM-Systeme entwickelt wurden. Diese Systeme unterstützen sowohl die strategische Supply Chain Planung als auch die kurzfristigere Supply Chain Steuerung. In der Supply Chain Planung werden größtenteils strategische Aufgaben behandelt, die die Gestaltung der Supply Chain betreffen. Dafür bieten SCM-Systeme neue, umfangreiche Funktionen wie bspw. What-if-Simulationsmöglichkeiten. Die Supply Chain Steuerung beschäftigt sich hingegen mit Themen wie der Bedarfs- oder Produktionsplanung und greift somit stärker in die Aufgabenbereiche der einzelnen Supply Chain Mitglieder ein. Dadurch kommt es möglicherweise zu Überschneidungen der Funktionen von ERP- und SCM-System (vgl. Abbildung 19). Welche Aufgabe in welchem System bearbeitet wird, muss also im Einzelfall entschieden werden. (Kurbel 2011)

Die Ähnlichkeit der Funktionen von ERP- und SCM-Systemen spiegelt sich auch in den benötigten Daten wider. So kann ein Großteil der im SCM-System benötigten Daten (automatisch) aus dem ERP-System übernommen werden und nur teilweise um zusätzliche Attribute ergänzt werden. Zusätzlich fallen jedoch auch spezifische neue Daten in SCM-Systemen an. Abbildung 20 zeigt eine Übersicht der Stammdaten in SCM-Systemen angelehnt an die Datenstruktur in SAP SCM. Zudem fallen die in Abbildung 21 dargestellten Vorgangsdaten an.

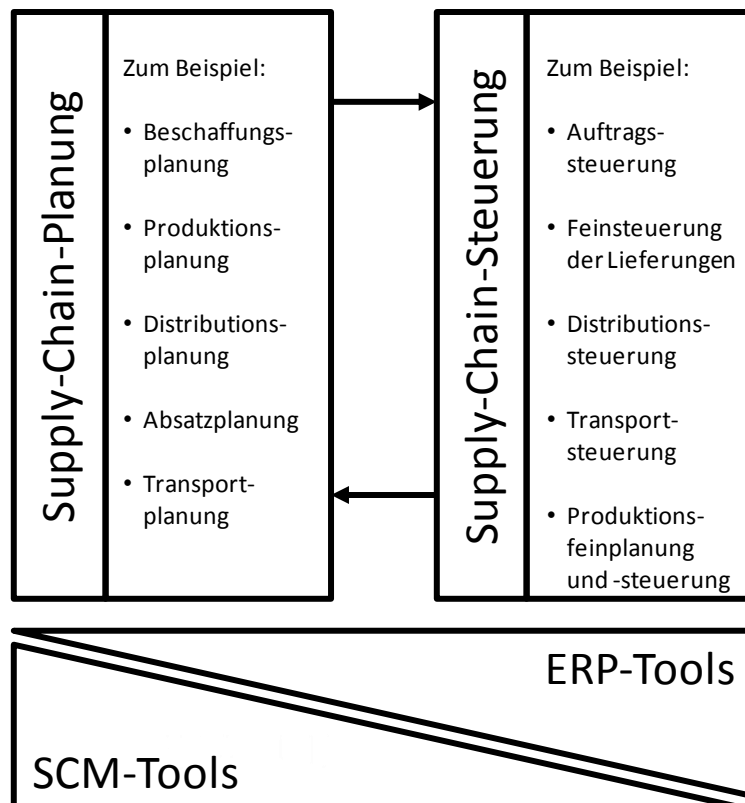


Abbildung 19: Überlappung von SCM- und ERP-Systemen (nach Corsten & Gössinger 2008)

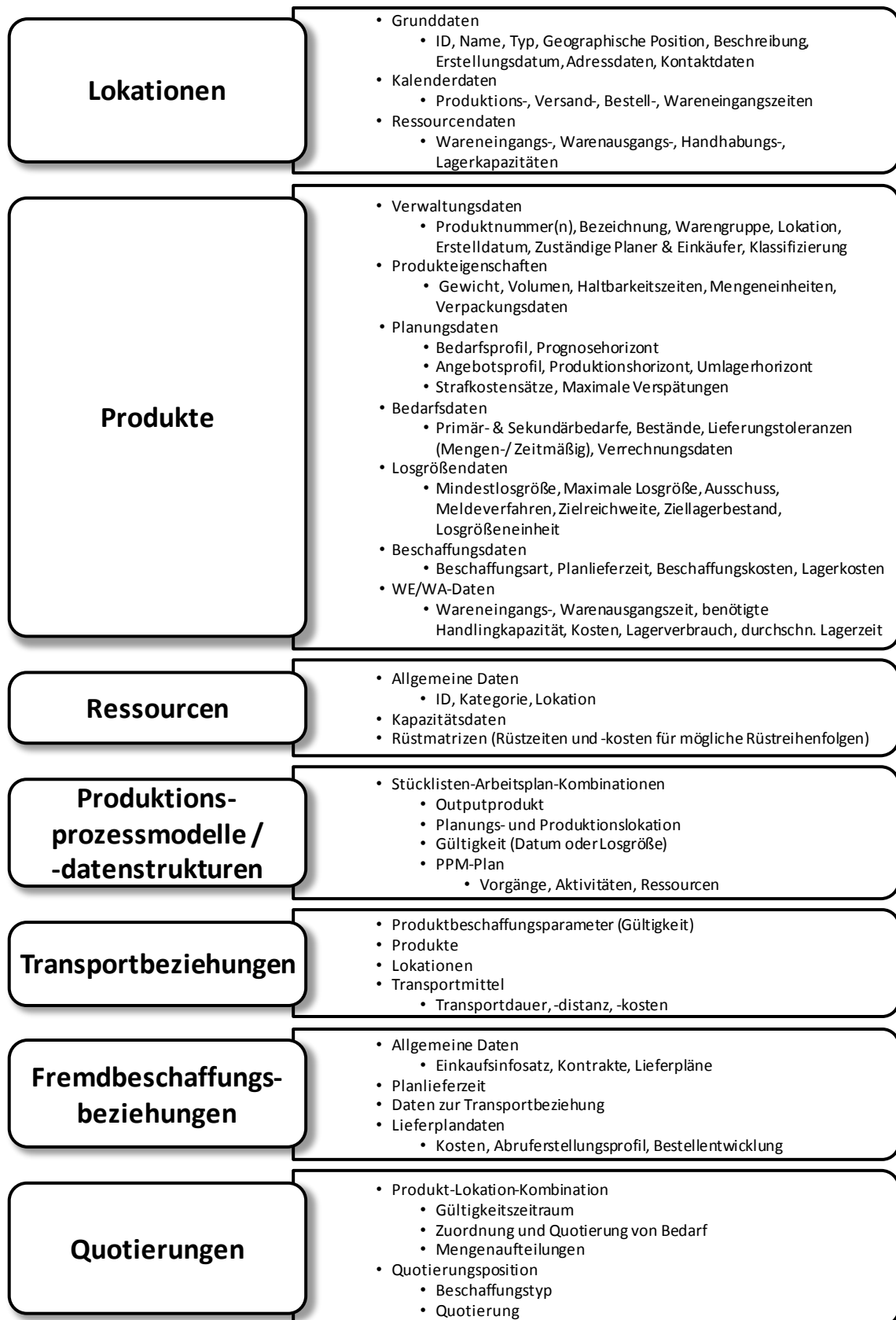


Abbildung 20: Stammdaten in SCM-Systemen (in Anlehnung an Wood 2007)

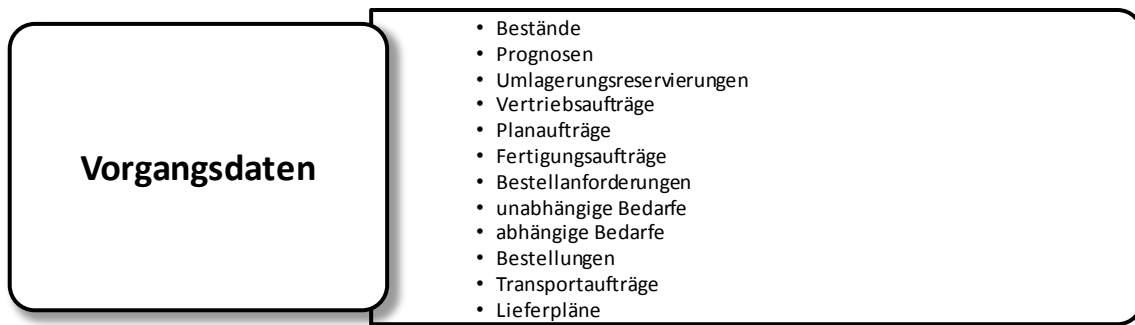


Abbildung 21: Vorgangsdaten in SCM-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011)

### 3 Simulation von Produktionssystemen

Die Simulation von Produktionssystemen ist ein umfangreiches Themengebiet. Verschiedenste Produktionssysteme können für zahlreiche Simulationsaufgaben modelliert und anschließend untersucht werden. Abhängig vom zu modellierenden System und der zu lösenden Simulationsaufgabe muss zunächst ein Simulationsverfahren ausgewählt werden. Unterschieden wird dabei unter anderem zwischen kontinuierlicher und diskreter Simulation (Law & Kelton 2000). Bei der kontinuierlichen Simulation ändert sich der Systemzustand stetig mit der Zeit und lässt sich durch stetige Funktionen beschreiben. Zur Anwendung kommt kontinuierliche Simulation bspw. bei Ergonomiesimulationen, mit deren Hilfe die Belastung und Beanspruchung an einem Arbeitsplatz analysiert werden kann (vgl. Bracht et al. 2011). Die am häufigsten, in Simulationsstudien produzierender Unternehmen, eingesetzte Simulationsart ist hingegen die diskrete Simulation (Jahangirian et al. 2010). Die diskrete Simulation kann wiederum entweder zeit- oder ereignisorientiert ausgerichtet sein. Arbeitet die Simulation zeitorientiert, so wird in vorher definierten, konstanten Zeitschritten der Systemzustand betrachtet und die jeweiligen Zustandsänderungen zum vorherigen Zeitpunkt erfasst. Im Gegensatz dazu werden bei der, wesentlich häufiger eingesetzten, ereignisgesteuerten Simulation<sup>2</sup> nur diejenigen Zeitpunkte erfasst, an denen eine Zustandsänderung stattfindet (Bracht et al. 2011). Je nach Fragestellung und zu simulierendem System eignen sich einige Simulationsarten besser oder schlechter. In dieser Arbeit wird ausschließlich die diskrete Simulation von Produktionssystemen betrachtet, die für nahezu alle im Produktionsumfeld auftretende Anwendungsfälle einsetzbar ist. Im Folgenden wird eine Übersicht über typische Simulationsaufgaben gegeben, bevor in Abschnitt 3.2 auf die für eine Simulationsstudie benötigten Daten eingegangen wird.

<sup>2</sup> Englisch: Discrete event simulation (DES)

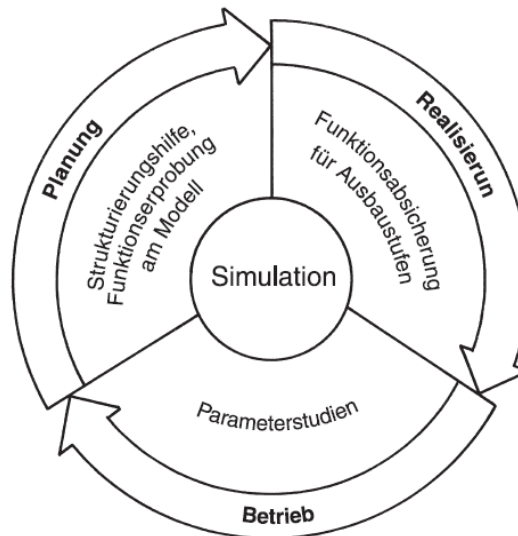


Abbildung 22 Anwendungsfelder der Simulation (VDI 3633 Blatt 1)

### 3.1 Simulationsaufgaben

Die Zahl der Simulationsaufgaben ist so umfangreich, dass es sich anbietet eine Klassifizierung vorzunehmen. Zunächst kann nach der Lebensphase des zu simulierenden Systems differenziert werden. Die Simulation ist dabei während des gesamten Lebenszyklus von technischen Systemen<sup>3</sup> einsetzbar (vgl. Abbildung 22). So können während der Planung Untersuchungen an real noch nicht existierenden Systemen vorgenommen werden, um bspw. vorab die Funktionsfähigkeit zu testen. Die Planung kann entweder im Rahmen einer Neuplanung oder eines Redesigns bestehender Anlagen erfolgen. Die Simulation kann in dieser Phase sowohl der Planungsabsicherung als auch der Planungsverbesserung dienen. In der Realisierungsphase kann die Simulation zur Funktionsabsicherung der verschiedenen Ausbaustufen dienen. Außerdem kann die Simulation zur Steuerung und Optimierung in Betrieb befindlicher Systeme herangezogen werden. Eine genauere Auflistung der Simulationsaufgaben in den drei Lebenszyklusphasen eines technischen Systems kann Tabelle 1, die die Aufzählungen von Rabe & Hellingrath (2001) und VDI 3633 Blatt 1 zusammenfasst, entnommen werden.

Die Optimierung am Simulationsmodell hat einige Vorteile gegenüber dem Experimentieren am realen System. Der größte Vorteil besteht darin, dass der Betrieb des existierenden Systems nicht gestört wird. Zudem können mehrere alternative Varianten mit geringem Arbeitsaufwand verglichen, oder das Systemverhalten über lange Zeiträume im Zeitraffer beobachtet werden. Auch lassen sich spezielle Betriebszustände wie Systemanläufe oder Fehlerstrategien mit Hilfe von Simulation untersuchen, die am realen System nur schwierig umzusetzen wären. (VDI 3633 Blatt 1)

<sup>3</sup> Technische Systeme umfassen Produktions-, Materialfluss- und Logistiksysteme

Tabelle 1: Simulationsaufgaben im Lebenszyklus technischer Systeme

Planungsphase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erbringung des Funktionsnachweises</li> <li>• Überprüfung der Leistungserbringung, der Effizienzsteigerung oder der Projektkostenminimierung</li> <li>• Ermittlung von Kapazitätsgrenzen</li> <li>• Überprüfung der korrekten Dimensionierung der Anlage (z.B. durch Optimierung von Puffergrößen und Lagerbeständen, Vermeidung von Überdimensionierungen)</li> <li>• Erkennen und Beseitigen von Schwachstellen und Engpässen</li> <li>• Beurteilung der Wirkungen von Veränderungen hinsichtlich Kapazitäten, Produkten, Produktionsplänen, Systemstrukturen, Organisationsstrukturen und Führungsstrategien</li> <li>• Verbesserung der Ablauflogik, der Durchlaufgeschwindigkeiten und Bestandsbildung</li> <li>• Sensitivitätsanalyse, die Aussagen zur Reaktion des Systems auf Schwankungen in den Eingangsgrößen (z.B. Störungen, Produktspektrum) liefert</li> </ul>
Realisierungsphase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulation der „Anlaufkurve“ (simulierter Probebetrieb)</li> <li>• Leistungstest der Anlage bei schrittweiser Einsteuerung der Auftragsarten und Produktvarianten und bei schrittweiser Kapazitätsauslastung, weil die Nutzung im geplanten Umfang erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt</li> <li>• Bestimmung von Notfallstrategien beim Ausfall einzelner Anlagenkomponenten, sodass entsprechende Erfahrungen nicht erst im Betrieb gewonnen werden müssen</li> <li>• Überprüfung der Auswirkung von Anforderungsveränderungen und von Problemen, die sich erst während der Installation der Anlagen ergeben</li> <li>• Erprobung von Steuerungssoftware bezüglich der Wirksamkeit und der zeitlichen Reaktion bei der Prozessstabilisierung in außergewöhnlichen Systemzuständen</li> <li>• Mitarbeiterschulung am simulierten System</li> <li>• Darstellung der Funktionalität der Anlage (inklusive der Rolle jedes Mitarbeiters innerhalb des betrachteten Systems)</li> </ul>
Betriebsphase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwachung der Anlagen (operative Ebene)</li> <li>• Operative Entscheidungsfindung, z. B. für situationsabhängige Maschinenbelegungen, Auftragsreihenfolgen, Losgrößen und Personaleinsatz (Dispositionsunterstützung)</li> <li>• vorausschauende Untersuchung von Strategien zwischen denen kurzfristig gewechselt werden kann (z.B. Sperren von Parallelbahnen, Ausweichen auf andere Transportmittel, Pausendurchlauf, 3. Schicht)</li> <li>• Unterstützung der Produktionsplanung und –steuerung (Produktionsprogrammplanung, Mengenplanung, Termin- und Kapazitätsplanung, Auftragsfreigabe, Auftragsüberwachung)</li> <li>• Variantenuntersuchungen für Prognosezwecke bezüglich veränderter Produktstruktur, Produktmix und Ausbringung, verändertem Arbeitszeitmodell, Maschinenpark und Arbeitsablauf oder bezüglich der Ausgliederung von Fertigungsstufen</li> <li>• Einsatz als Schulungssystem (Notfallstrategien, Lernfabrik)</li> </ul>

Tabelle 2: Anwendungsfälle von Simulationsstudien (nach VDI 3633 Blatt 3)

Fall	System	Systemlast	Simulationsergebnis
1	bekannt	bekannt	<b>Funktionalität der Technik und der Systemorganisation</b>
2	unbekannt Variation der technischen Möglichkeiten	bekannt	<b>Ermittlung technischer und organisatorischer Alternativen</b> (Fördertechnik, Lagertechnik, Streckenführung...)
3	bekannt	unbekannt Variation der Randbedingungen	<b>Leistungsgrenzen</b>
4	unbekannt (Parametervariation)	unbekannt	<b>Allgemeingültige Aussagen über typische Systemstrukturen (Grundlagenforschung)</b>

Neben der Einteilung nach der Lebenszyklusphase des zu simulierenden Systems können Simulationsaufgaben auch im Grunde in vier Fälle eingeteilt werden (vgl. Tabelle 2). Je nachdem, ob das zu modellierende System und die zu erbringende Systemlast bekannt oder unbekannt sind, erhält man ein anderes Simulationsergebnis. Ist beides bekannt, so eignet sich eine Simulationsstudie dazu die Funktionalität der Technik und Systemorganisation zu prüfen. Der zweite Fall liegt vor, wenn die Systemlast bekannt, das System allerdings unbekannt ist. Typischerweise liegen dann Planungsalternativen für das System vor und es soll daraus die Alternative ermittelt werden, die die Anforderungen am besten erfüllt. Der umgekehrte Fall, dass das System bekannt und die Systemlast unbekannt ist, tritt ein, wenn die Leistungsgrenze eines Systems ausgetestet werden soll. Zuletzt besteht noch die Möglichkeit, dass sowohl System als auch Systemlast unbekannt sind. Dieser Fall findet eher in der Grundlagenforschung Anwendung, wenn allgemeingültige Aussagen über typische Systemstrukturen getroffen werden sollen (VDI 3633 Blatt 3). Der vierte Fall spielt in der betrieblichen Praxis also keine entscheidende Rolle, sodass er auch in dieser Arbeit nicht weiter beachtet wird. Für die verbleibenden drei Fälle werden in Kapitel 4 jeweils anhand eines Fallbeispiels die erforderlichen Daten und die potentiellen Datenquellen aufgezeigt.

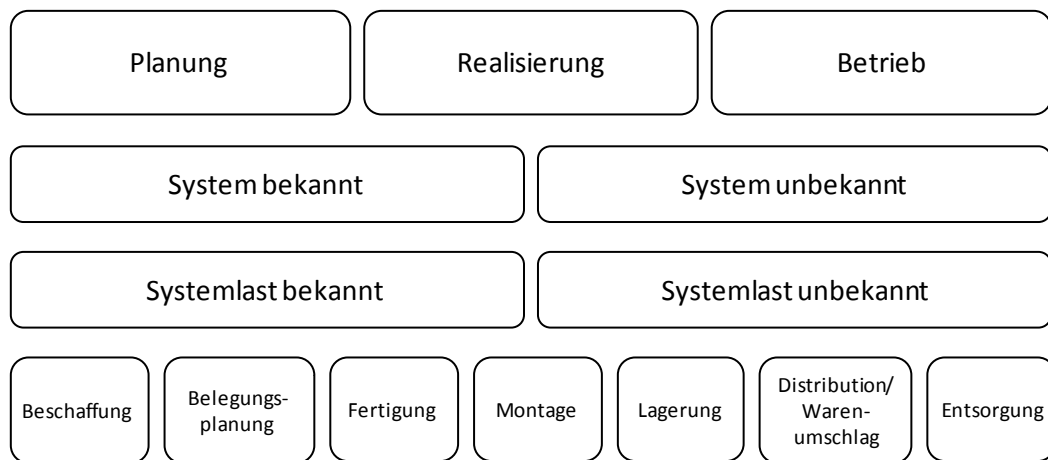
Eine weitere Möglichkeit der Klassifikation von Simulationsaufgaben besteht in der Unterscheidung nach zu untersuchendem Prozesskettenelement. Rabe & Hellingrath (2001) unterscheiden zwischen den Bereichen

- Beschaffung
- Belegungsplanung
- Fertigung
- Montage
- Lagerung



- Distribution/ Warenumschlag
- und Entsorgung.

Eine ähnliche Einteilung findet sich auch in Csanady et al. (2008) und VDI 3633 Blatt 1. Die Einordnung einer Simulationsaufgabe kann also anhand von drei Kriterien erfolgen. Zunächst muss die Lebenszyklusphase definiert werden. Daraufhin stellt sich die Frage, ob das System oder die Systemlast bekannt bzw. unbekannt sind. Zuletzt kann dann noch nach dem zu simulierenden Prozesskettenelement differenziert werden. Somit lässt sich daraus der in Abbildung 23 dargestellte Morphologische Kasten ableiten, mit dessen Hilfe die Simulationsaufgabe klassifiziert werden kann.



**Abbildung 23: Morphologischer Kasten zur Einteilung von Simulationsfällen in Industrieunternehmen**

### 3.2 Eingangsdaten für die Simulation

Im Rahmen einer Simulationsstudie werden - unabhängig vom jeweiligen Anwendungsfall - zwei Arten von Daten benötigt. Zum einen muss das zu untersuchende System in ein Modell überführt werden, welches das abzubildende System hinreichend genau beschreibt. Für die Modellerstellung werden daher Daten benötigt, die das zu modellierende System in der Gesamtheit sowie jedes Systemelement im Detail beschreiben. Zum anderen sind für die Durchführung der Experimente an dem erstellten Modell weitere Eingangsdaten erforderlich. Diese Eingangsdaten bilden die Systemlast ab, die von dem erstellten Modell bewältigt werden muss. Welche speziellen Daten in welcher Art, Menge und Qualität für eine Simulationsstudie erforderlich sind, hängt jedoch vom zu untersuchenden Simulationsfall ab.

Nach VDI 3633 Blatt 1 lassen sich die für eine Simulationsstudie erforderlichen Daten in die drei Klassen Technische Daten, Organisationsdaten und Systemlastdaten unterteilen (vgl. Abbildung 24).

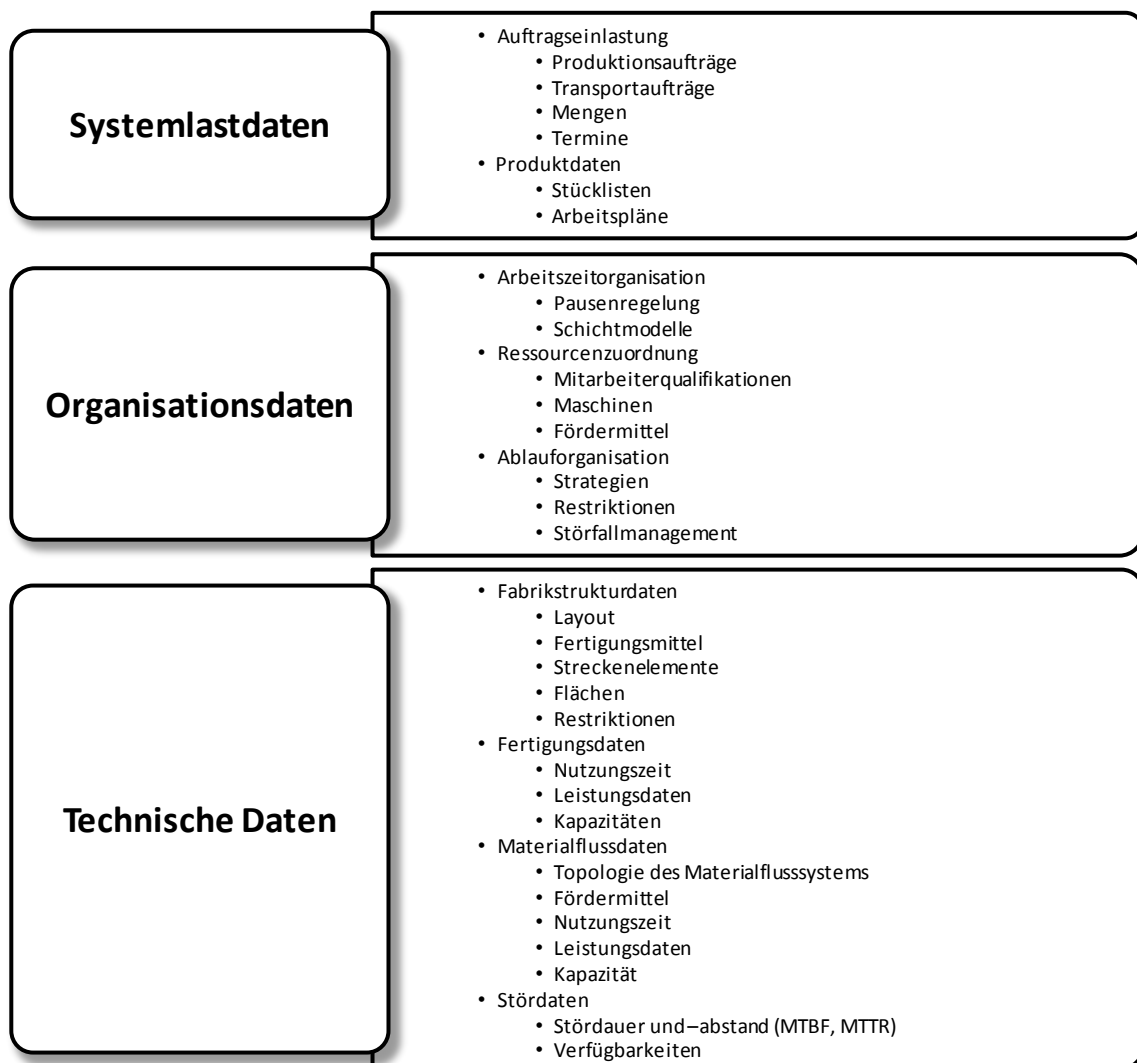


Abbildung 24: Allgemeine Simulationsdatenbasis (in Anlehnung an VDI 3633 Blatt 1)

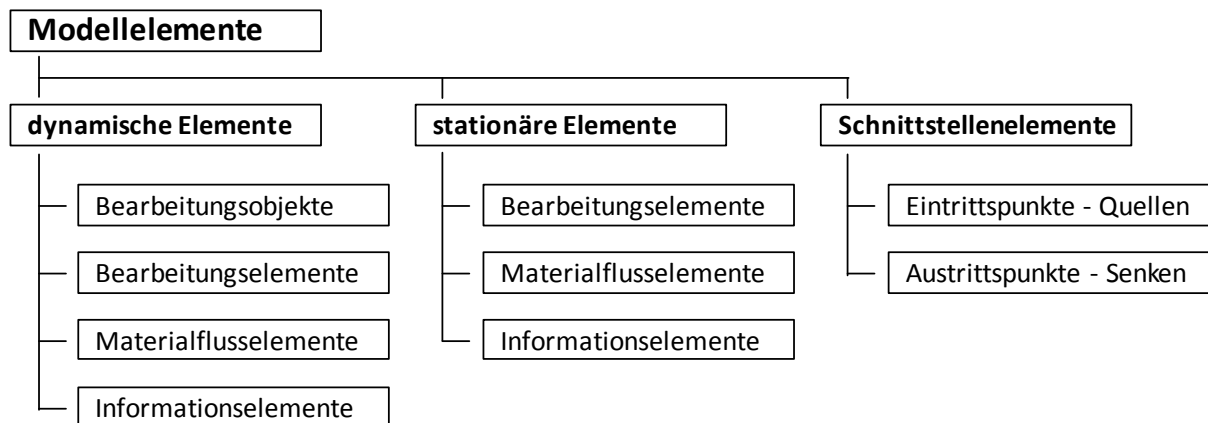


Abbildung 25: Modellelemente eines Produktionssystems (nach Košturiak & Gregor 1995)

Technische Daten und Organisationsdaten entsprechen dabei den Daten zur Beschreibung des Systems und sind als statisch anzusehen, während Systemlastdaten veränderlich und für die Experimente notwendig sind (Bergmann 2013). Technische Daten beschreiben die Topologie des Systems, sodass das Fabriklayout, Leistungsdaten oder Stördaten darunter fallen. Organisationsdaten hingegen spezifizieren die Steuerung bzw. das Verhalten des technischen Systems und enthalten dementsprechend Schichtpläne oder Steuerungsstrategien. Die dritte Klasse der Systemlastdaten umfassen alle Daten, die der Beschreibung der Systemlast dienen. Dazu zählen insbesondere Auftrags- und Produktdaten. Sie können in Form von konkreten Beobachtungen bzw. realer Betriebsdatensätze, als Auftragsmatrizen, als stochastische Verteilungen oder als algorithmische Beschreibungen vorliegen (Wenzel & Bernhard 2008).

Eine weitere Möglichkeit der Einteilung der Eingangsdaten für die Simulation ist die Betrachtung der zu modellierenden Elemente eines Produktionssystems. Der Fokus liegt dabei auf den Attributen, die zur korrekten Umsetzung dieser Elemente im Simulator notwendig sind (vgl. Košturiak & Gregor 1995). Ein Produktionssystem setzt sich aus Teilsystemen zusammen, welche durch dynamische, stationäre und Schnittstellenelemente in ein Simulationsmodell überführt werden können (vgl. Abbildung 25). Jedes dieser Elemente ist durch verschiedene Eigenschaften charakterisiert. Dynamische Elemente bewegen sich im Zeitablauf durch das Modell und lösen dadurch Zustandsänderungen des Systems aus. Dazu zählen neben Bearbeitungsobjekten (Aufträge, Produkte, Werkstücke) auch Bearbeitungs-, Transport- und Informationselemente. Stationäre Elemente hingegen erfahren während des Betriebs keine Ortsänderung, lassen sich jedoch auch in Bearbeitungs-, Transport- und Informationselemente unterteilen. Die dritte Gruppe, die Schnittstellenelemente, bilden die Quellen, an denen die Bearbeitungsobjekte in das Modell eintreten, und die Senken, an denen die Bearbeitungsobjekte wieder aus dem Modell austreten. Innerhalb dieser Gruppen existieren wiederum mehrere Typen von Elementen, denen verschiedene Attribute zugeordnet sind. Soll nun ein System modelliert werden, so sind Informationen über alle im

Modell enthaltenen Elemente notwendig. Abbildung 27 zeigt eine Auflistung dieser von Košturiak & Gregor (1995) aufgelisteten Daten, die teilweise um weitere - durch Rabe & Hellingrath (2001) beschriebene - Attribute ergänzt wurden. Durch die Einbeziehung der einzelnen Attribute ergibt sich eine feinere Einteilung im Gegensatz zu der in VDI 3633 Blatt 1 angegebenen Simulationsdatenbasis (Abbildung 24). Auch wenn die Aufteilung nach einem anderen Muster erfolgt, so finden sich die Daten, mit denen die Modellelemente beschrieben werden, auch in der VDI-Norm wieder. Abbildung 26 zeigt wie die Daten der Modellelemente den drei Klassen der Simulationsdatenbasis zugeordnet werden können. Dies ist sinnvoll, um die gute Klassifizierung der VDI-Norm weiter zu detaillieren, um so eine präzise Aussage über die Verfügbarkeit der Daten in den betrieblichen Informationssystemen treffen zu können. Im folgenden Abschnitt werden dann dieser erweiterten Simulationsdatenbasis mögliche Quellen zugeordnet.

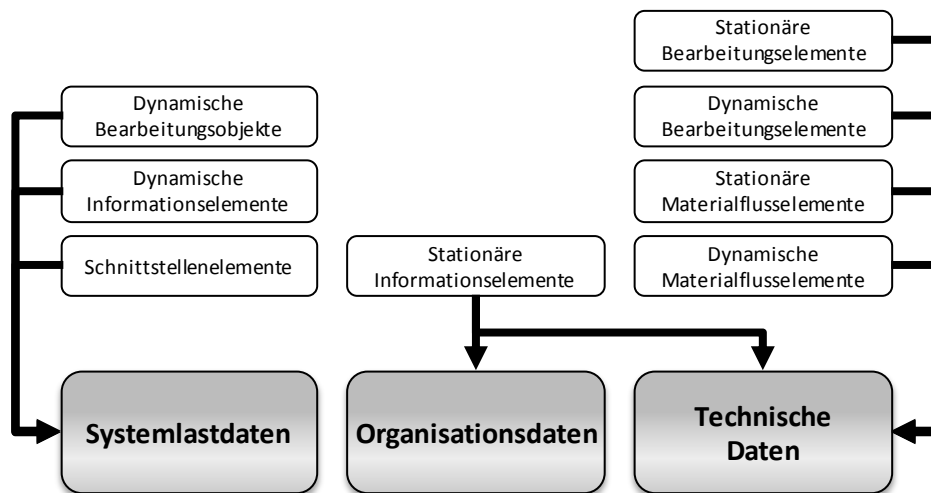


Abbildung 26: Zusammenhang zwischen Modellelementen und Datenklassen

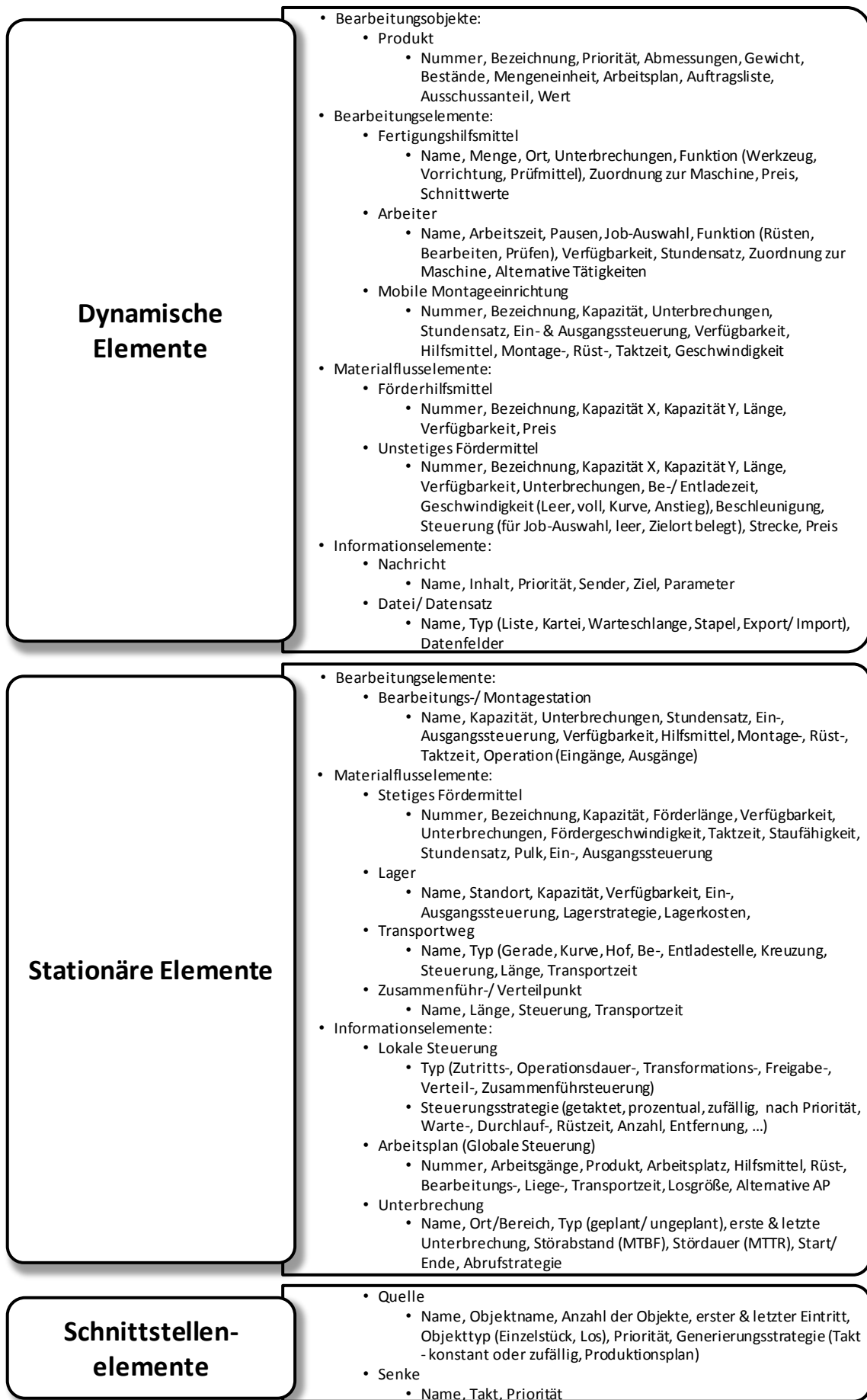


Abbildung 27: Modellelemente mit ihren Attributen als Eingangsdaten für die Simulation

## 4 Betriebliche Informationssysteme als Datenquelle der Simulation

Nachdem in Kapitel 2 die in betrieblichen Informationssystemen verfügbaren Daten erarbeitet und in Abschnitt 3.2 die für eine Simulation prinzipiell erforderlichen Daten aufgelistet wurden, soll nun die Verbindung zwischen beiden Bereichen hergestellt werden. Wie im vorigen Abschnitt erläutert, wurde zu diesem Zweck eine Simulationsdatenbasis erstellt, die für eine Simulationsstudie typischerweise erforderliche Daten enthält. Anschließend wurde geprüft, welche Daten der Simulationsdatenbasis in welchen, der zuvor untersuchten, betrieblichen Informationssystemen vorhanden sind. Die Ergebnisse sind in den Abbildung 28 bis Abbildung 31 dargestellt. Ist ein Datum mit „eingeschränkt vorhanden“ gekennzeichnet, so bedeutet dies, dass die Funktion entweder nicht zu den Standardfunktionen des jeweiligen Systems gehört oder aber die Daten nur teilweise bzw. indirekt vorhanden sind.

Auffällig ist, dass die meisten Daten in mehreren Systemen hinterlegt sind und damit die Gefahr von Inkonsistenz besteht. Teilweise ist dies sogar unausweichlich, wenn bspw. in einem System Soll-Daten und in einem anderen System Ist-Daten hinterlegt sind. Welche Daten in einem solchen Fall verwendet werden sollten, hängt wiederum von der Simulationsaufgabe ab. Des Weiteren fällt auf, dass einige Daten in genügend Systemen vorhanden sind, während andere Daten nur in wenigen oder möglicherweise auch gar keinen Systemen hinterlegt sind. Dies betrifft insbesondere Daten, die primär während der Fabrikplanung und nicht im operativen Geschäft anfallen. Diese Daten müssen dann auf anderem Wege beschafft werden. Insgesamt lässt sich aber feststellen, dass für alle, für die Simulation notwendigen Daten, die Möglichkeit besteht, sie mindestens einem betrieblichen Informationssystem zu entnehmen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass dieses System auch in dem betrachteten Unternehmen zum Einsatz kommt. Des Weiteren muss die Form, in der die Daten vorliegen, berücksichtigt werden. Deshalb muss sich an die Phase der Datenbeschaffung eine Phase der Datenaufbereitung anschließen. In dieser Phase werden die dem betrieblichen Informationssystem entnommenen Rohdaten so aufbereitet, dass diese für das ausführbare Modell und damit für die Phase „Experimente und Analyse“ nutzbar sind. „Diese Aufbereitung kann z. B. die Filterung relevanter Daten beinhalten, die Transformation von Daten in eine andere Struktur oder die Erzeugung von statistischen Verteilungen aus aufgezeichneten Daten.“ (Rabe et al. 2008, S. 52) Beispielsweise können im BDE-System nur die Störungen protokolliert sein, aus denen die für die Simulation interessanten Kennzahlen Störabstand (Mean Time Between Failures - MTBF) und Stördauer (Mean Time To Repair – MTTR) berechnet werden müssen. Gegebenenfalls müssen diese Kennzahlen auch noch in statistische Verteilungen überführt werden, damit die Störungen während der Experimente zufällig auftreten.

Die beschriebene Simulationsdatenbasis beinhaltet Daten, die prinzipiell für eine Simulationsstudie benötigt werden könnten. Welche Daten für eine spezielle Simulationsstudie benötigt werden hängt jedoch von dem betrachteten Simulationsfall ab. In den Abschnitten 4.1 bis 4.3 werden daher beispielhaft drei unterschiedliche, reale Simulationsfälle beschrieben und die jeweils benötigten Daten aufgezeigt. Diese Daten können bei der Betrachtung nur eines Teilsystems weniger umfangreich als die Simulationsdatenbasis sein. Es können jedoch auch spezielle Daten benötigt werden, die nicht in der Simulationsdatenbasis aufgeführt sind.

		SCM	ERP	PPS	MES	CAD	CAP	CAM	CAQ	BDE	PDM	SRM	CRM	WMS
<b>Organisationsdaten</b>	<b>Arbeitszeitorganisation</b>													
	Pausenregelung	X	X	X	X									
	Schichtmodelle	X	X	X	X									
	<b>Ressourcenzuordnung</b>													
	Mitarbeiter		X	(X)	X					X				
	Maschinen		X	(X)	X					X				
	Fördermittel		X	(X)	X					X				
	<b>Ablauforganisation</b>													
	Strategien		(X)	(X)	(X)		(X)							
	Restriktionen		(X)	(X)	(X)		(X)							
	Störfallmanagement		(X)	(X)	(X)		(X)							
	<b>Arbeitsplan</b>													
	Nummer	(X)	X	X	X		X	X						
	Produkt	(X)	X	X	X		X	X						
	Arbeitsgänge	(X)	X	X	X		X	X						
	Arbeitsplatz	(X)	X	X	X		X	X						
	Hilfsmittel	(X)	X	X	X		X	X						
	Rüstzeit	(X)	X	X	X		X	X						
	Bearbeitungszeit	(X)	X	X	X		X	X						
	Liegezeit	(X)	X	X	X		X	X						
	Transportzeit	(X)	X	X	X		X	X						
	Losgröße	(X)	X	X	X		X	X						
	Alternative Arbeitspläne	(X)	X	X	X		X	X						

X: Daten vorhanden | (X): Daten eingeschränkt vorhanden

**Abbildung 28: Organisationsdaten und ihre Verfügbarkeit in betrieblichen Informationssystemen**

		SCM	ERP	PPS	MES	CAD	CAP	CAM	CAQ	BDE	PDM	SRM	CRM	WMS	
<b>Systemlastdaten</b>	<b>Auftragsdaten</b>														
	Gesamtauftrag														
	Auftragsnummer	X	X	X	(X)				X				X		
	Kunde	X	X	X	(X)				X				X		
	Eingangsdatum	X	X	X	(X)				X				X		
	Liefertermin	X	X	X	(X)				X				X		
	Produkt	Referenz auf Produkt					-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Menge	X	X	X	(X)				X				X		
	<b>Produktionsauftrag</b>														
	Auftragsnummer	X	X	X	X				X				(X)		
	Kundenauftrag	Referenz auf Gesamtauftrag					-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Produkt	Referenz auf Produkt					-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Menge	X	X	X	X				X				(X)		
	Liefertermin	X	X	X	X				X				(X)		
	Bearbeitungsstatus	X	X	X	X				X				(X)		
	Bearbeitungsende	X	X	X	X				X				(X)		
	Auftragsstatus	X	X	X	X				X				(X)		
	<b>Transportauftrag</b>														
	Auftragsnummer	X	X	X	X				X						
	Produkt	Referenz auf Produkt					-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Quelle	X	X	X	X				X						
	Senke	X	X	X	X				X						
	Menge	X	X	X	X				X						
	Termin	X	X	X	X				X						
	Priorität	X	X	X	X				X						
	<b>Versandauftrag</b>														
	Auftragsnummer	X	X	X	X				X				X		
	Kundenauftrag	Referenz auf Gesamtauftrag					-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Produkt	Referenz auf Produkt					-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Menge	X	X	X	X				X				X		
	Termin	X	X	X	X				X				X		
	Versandstelle	X	X	X	X				X				X		
	<b>Produktdaten</b>														
Nummer	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bezeichnung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Abmessungen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Gewicht	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bestände	X	X	X	X				X			(X)	X	X		
Mengeneinheit	X	X	X	X				X			X	X	X		
Wiederbeschaffungszeit	X	X	X								X		X		
Arbeitsplan	Referenz auf Arbeitsplan					-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Stückliste	(X)	X	X	X	X	X				X					
Auftragsliste	Referenz auf Aufträge					-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ausschussanteil		X		X				X	X						
Wert/ Kosten	X	X	X									X	X	X	
Lieferant	X	X	X					X				X		(X)	

X: Daten vorhanden | (X): Daten eingeschränkt vorhanden

Abbildung 29: Systemlastdaten und ihre Verfügbarkeit in betrieblichen Informationssystemen



		SCM	ERP	PPS	MES	CAD	CAP	CAM	CAQ	BDE	PDM	SRM	CRM	WMS
<b>Technische Daten</b>	<b>Fabrikstrukturdaten</b>													
	Layout				(X)									
	<b>Fertigungsmittel</b>													
	Nummer & Bezeichnung	X	X	X	X		X	X	X	X				
	Standort	X	X	X	X		X	X	X	X				
	Kapazität	X	X	X	X		X	X						
	Unterbrechungen	X	X	X	X		X		X	X				
	Stundensatz	X	X	X	X		X							
	Ein- & Ausgangssteuerung	X	X	X	X		X							
	Verfügbarkeit	X	X	X	X		X		X	X				
	Hilfsmittel	X	X	X	X		X							
	Montage-/ Bearbeitungszeit	X	X	X	X		X	X		X				
	Rüstzeit	X	X	X	X		X	X		X				
	Prüfzeit	X	X	X	X		X	X	X	X				
	Taktzeit	X	X	X	X		X	X		X				
	Ausschussanteil	X	X	X	X				X	X				
	Nachbearbeitungsanteil	X	X	X	X				X	X				
	<b>Fertigungshilfsmittel</b>													
	Nummer & Bezeichnung	X	X	X	X		X	X		X				
	Menge	X	X	X	X		X			X				
	Ort	X	X	X	X		X			X				
	Unterbrechungen	X	X	X	X		X			X				
	Zurodnung zu Maschine	X	X	X	X		X	X		X				
	Schnittwerte	X	X	X	X		X	X		X				
	Preis	X	X	X	X									
	<b>Personal</b>													
	Nummer		X		X					X				
	Name		X		X					X				
	Arbeitszeit		X		X					X				
	Pausen		X		X					X				
	Qualifikationen		X		X					X				
	ausführbare Tätigkeiten		X		X					X				
	Leistungsgrad		X		X									
	Stundensatz		X		X									
	<b>Stördaten/ Unterbrechungen</b>													
	Nummer & Bezeichnung		X	X	X				X	X				
	Ort/Bereich		X	X	X				X	X				
	Typ (geplant/ungeplant)		X	X	X				X	X				
	Stördauer (MTTR)		X	X	X				X	X				
	Störabstand (MTBF)		X	X	X				X	X				

X: Daten vorhanden | (X): Daten eingeschränkt vorhanden

Abbildung 30: Technischen Daten und ihre Verfügbarkeit in betrieblichen Informationssystemen (1)

		SCM	ERP	PPS	MES	CAD	CAP	CAM	CAQ	BDE	PDM	SRM	CRM	WMS
<b>Technische Daten</b>	<b>Materialflussdaten</b>													
	Fördermittel													
	Nummer & Bezeichnung	(X)	(X)	(X)	(X)					X				(X)
	Kapazität	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Förderlänge	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Verfügbarkeit	(X)	(X)	(X)	(X)					X				(X)
	Unterbrechungen	(X)	(X)	(X)	(X)					X				(X)
	Be- & Entladezeiten	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Fördergeschwindigkeit	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Beschleunigung	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Steuerung	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Strecke	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Preis	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Förderhilfsmittel													
	Nummer & Bezeichnung	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Kapazität	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Länge	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Verfügbarkeit	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Preis	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Transportweg													
	Nummer & Bezeichnung	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Typ (z.B. Gerade, Kurve)	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Steuerung	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Länge	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Transportzeit	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
	Lager													
	Nummer & Bezeichnung	X	X	X						X				X
	Standort	X	X											X
	Kapazität	X	X											X
	Bestände	X	X	X						X				X
Verfügbarkeit	X	X							X				X	
Ein- & Ausgangssteuerung	X	X											X	
Lagerstrategie	X	X	X										X	
Lagerkosten	X	X											X	

X: Daten vorhanden | (X): Daten eingeschränkt vorhanden

Abbildung 31: Technischen Daten und ihre Verfügbarkeit in betrieblichen Informationssystemen (2)

### 4.1 Fallbeispiel 1: Power-and-Free-Förderer

In der als erstes Fallbeispiel betrachteten Simulationsstudie von Devikar et al. (2010) wurde ein Power-and-Free-Förder (P&F-Förderer) in einem flexiblen Fertigungssystem eines Automobilherstellers untersucht. Der P&F-Förderer ist für den Transport von sechs Fahrzeugkarosserietypen durch Karosseriebau, Lackiererei und Montage zuständig. Das Ziel der Studie war die Bestimmung der Leistungsgrenze des P&F-Förderers, um das Verhalten bei einer Erweiterung der Produktion um neue Modelle besser abschätzen zu können. (Devikar et al. 2010)

Es handelt sich somit um den typischen Fall, dass das System bekannt, die Systemlast jedoch variiert wird, um die Leistungsgrenze des Systems zu ermitteln (vgl. Abbildung 32). Obwohl ein komplexes

System untersucht wurde, ist der Umfang der benötigten Daten überschaubar (vgl. Abbildung 33). Dies liegt vor allem daran, dass nur ein Teilsystem bzw. ein automatisches Fördersystem betrachtet wird anstatt einer kompletten Fertigung.

Als Ergebnis der Studie wurden kleine Schwachstellen, durch die es zu Blockaden kam, im bestehenden System aufgedeckt. Zusätzlich konnte nachgewiesen werden, dass durch die Beseitigung dieser Schwachstellen die anvisierte Leistung erreicht werden kann. Als Maßnahmen wurden die Anzahl der Hänger reduziert und die Puffergröße an einigen Stellen erhöht.

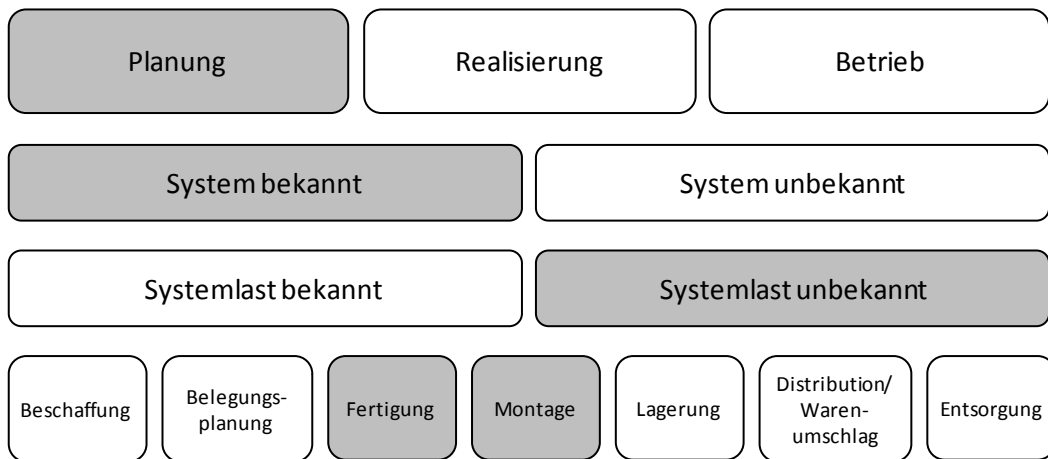


Abbildung 32: Klassifizierung des Simulationsfalls im Fallbeispiel 1

	SCM	ERP	PPS	MES	CAD	CAP	CAM	CAQ	BDE	PDM	SRM	CRM	WMS
Produktmix	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Tägliches Produktionsvolumen	X	X	X	X				X				(X)	
Pufferorte und -größen	X	X	X					X					X
Steuerungslogiken		(X)	(X)	(X)	(X)								
Taktzeiten	X	X	X	X		X	X	X					
Schichten	X	X	X	X									
Verfügbarkeiten	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)
Anzahl Hänger im System	(X)	(X)	(X)	(X)									(X)

X: Daten vorhanden | (X): Daten eingeschränkt vorhanden

Abbildung 33: Eingangsdaten und mögliche Quellen für Fallbeispiel 1

### 4.2 Fallbeispiel 2: Mixed-Model-Montagelinie

Als zweites Fallbeispiel soll eine von Mendes et al. (2005) durchgeführte Simulationsstudie dienen, in der eine Mixed-Model-Montagelinie betrachtet wird. Auf der Montagelinie werden PC Kameras in drei Varianten montiert. Die Montageschritte werden größtenteils manuell durchgeführt und können von niedrig qualifizierten Mitarbeitern durchgeführt werden, sodass ein Austausch der Mitarbeiter und auch der meisten Montageschritte zwischen den Stationen problemlos möglich ist. Aufgrund der hohen Abwesenheitsquote der Mitarbeiter und der schwankenden Nachfrage, muss die Konfiguration der Montagelinie täglich geplant werden. Um diese Planung zu unterstützen wurde die

Montagelinie in der betrachteten Studie zunächst in einem mathematischen Modell abgebildet und mittels einer Heuristik „optimale“ Konfigurationen für typische Nachfrageniveaus ermittelt. Eine optimale Konfiguration ist dabei eine Montagelinie mit möglichst wenigen Arbeitsplätzen, die möglichst gleichmäßig belastet werden. Da in dem mathematischen Modell jedoch zufällige Parameter wie schwankende Montagezeiten oder Nacharbeiten nicht beachtet werden, soll mit Hilfe der Simulation eine Überprüfung bzw. ein Feintuning der vorgeschlagenen Konfigurationen stattfinden. Es handelt sich somit um eine Umplanung eines existierenden Montagesystems, bei dem sowohl System (in Form der optimalen Konfigurationen) als auch Systemlast (durch die Nachfrageniveaus) bekannt sind, sodass der Simulationsfall wie in Abbildung 34 dargestellt klassifiziert werden kann.

Um eine möglichst große Realitätsnähe zu erreichen, wurden neben der Montagelinie auch der Verpackungstisch und die Materialhandhabungsgeräte modelliert. Als Zielgrößen wurden der Durchsatz, die Durchlaufzeit sowie die Auslastung der Ressourcen betrachtet. Die für diese Simulationsstudie benötigten Daten sind mit ihren potentiellen Quellen in Abbildung 35 dargestellt.

Das Ergebnis der Studie waren die, unter Beachtung der Unsicherheiten, nochmals optimierten Konfigurationen für typische Nachfrageniveaus. Es wurde zudem gezeigt, dass der Ansatz einer Kombination einer analytischen Methode mit der Simulation sinnvoll sein kann.

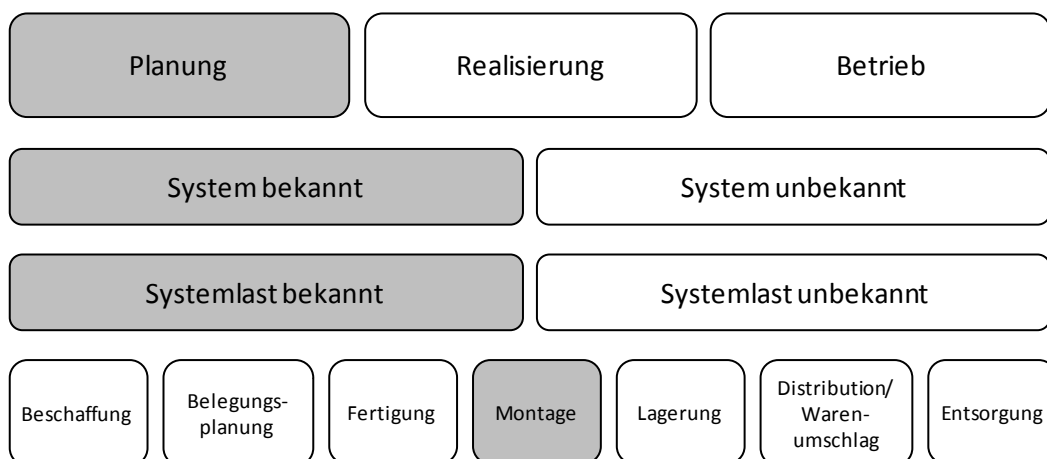


Abbildung 34: Klassifizierung des Simulationsfalls im Fallbeispiel 2

	SCM	ERP	PPS	MES	CAD	CAP	CAM	CAQ	BDE	PDM	SRM	CRM	WMS
Montagezeiten	X	X	X	X		X	X		X				
Süchlisten	(X)	X	X	X	X	X				X			
Arbeitspläne	(X)	X	X	X		X	X						
Nachfrageniveau	X	X	X	(X)					X			X	
Schichtdaten	X	X	X	X									
Pausenzeiten	X	X	X	X									
Förderbanddaten	(X)	(X)	(X)	(X)					X				(X)
Nacharbeitsanteil	X	X	X	X				X	X				
Steuerungsregeln		(X)	(X)	(X)		(X)							

X: Daten vorhanden | (X): Daten eingeschränkt vorhanden

Abbildung 35: Eingangsdaten und mögliche Quellen für Fallbeispiel 2

### 4.3 Fallbeispiel 3: Montagekonzept

Im letzten Fallbeispiel soll eine von Gulba et al. (2001) im Rahmen einer Restrukturierung der Produktion eines Kleinserienfertigers durchgeführte Simulationsstudie betrachtet werden. Ziel der Studie war zum einen die Überprüfung der Eignung eines neuen Montagekonzeptes und zum anderen die Erstellung und Verifizierung eines Konzepts zur dezentralen Lagerung aller Einbauteile und Baugruppen zur Produktion von Haushaltskühlchränken. Das bisherige Zentrallager sollte durch das neu zu entwickelnde Konzept ersetzt werden und die Umlauf- und Lagerbestände signifikant verringert werden. (Gulba et al. 2001)

Es handelt sich somit um ein in der Planung befindliches System, in dem Lagerstrategien, Lagerorte, Lagerarten und Bestände variiert werden sollen, um eine bekannte Systemlast möglichst optimal bewältigen zu können. Es liegt also der in Abbildung 36 dargestellte Simulationsfall vor und Abbildung 37 zeigt die benötigten Daten mit ihren potentiellen Quellen.

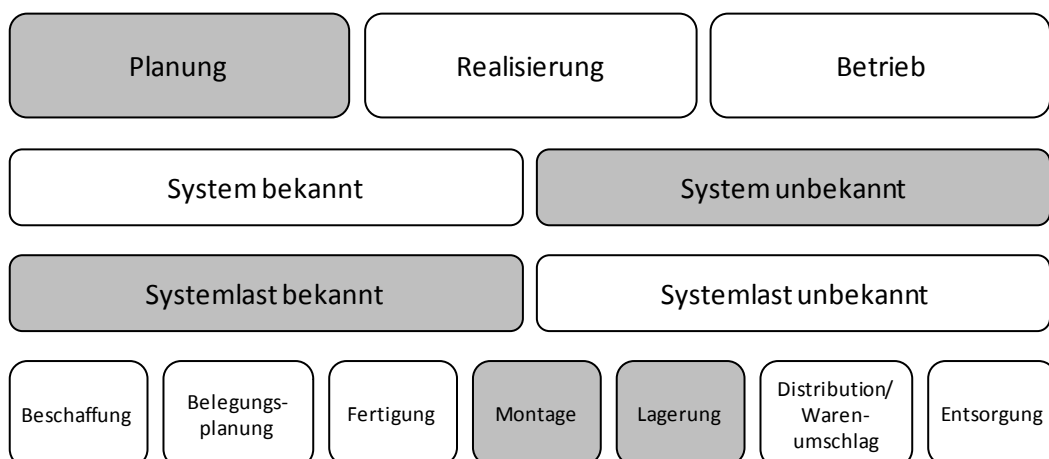


Abbildung 36: Klassifizierung des Simulationsfalls im Fallbeispiel 3

	SCM	ERP	PPS	MES	CAD	CAP	CAM	CAQ	BDE	PDM	SRM	CRM	WMS
<b>Auftragseinlastung</b>													
Produktionsaufträge	X	X	X	X					X			(X)	
Transportaufträge	X	X	X	X					X				
Mengen/ Termine	X	X	X	X					X				
Arbeitspläne	(X)	X	X	X		X	X						
Stücklisten	(X)	X	X	X	X	X				X			
<b>Arbeitszeitorganisation</b>													
Allgemeine Arbeitszeit	X	X	X	X									
Schichtmodelle	X	X	X	X									
Pausenregelung	X	X	X	X									
<b>Ressourcenzuordnung</b>													
Personal		X	(X)	X					X				
Maschinen		X	(X)	X					X				
Transportmittel		X	(X)	X					X				
Verfügbarkeit	X	X	X	X		X		X	X				
<b>Ablaugorganisation</b>													
Strategien und Reihenfolge		(X)	(X)	(X)		(X)							
Restriktionen		(X)	(X)	(X)		(X)							
<b>Fertigungsstrukturdaten</b>													
Layout					(X)								
Fertigungsmittel	X	X	X	X		X	X	X	X				
Verkehrswege													
Flächen													
<b>Fertigungsdaten</b>													
Nutzungszeit	X	X	X	X		X	X		X				
Leistungsdaten	X	X	X	X		X	X		X				
Kapazität	X	X	X	X		X	X						
<b>Materialflussdaten</b>													
Topologie des Materialflusssystem													
TUL-Hilfsmittel	X	X	X	X		X	X		X				
Nutzungszeit	X	X	X	X		X			X				
Leistungsdaten	X	X	X	X		X			X				
Kapazität	X	X	X	X		X			X				
<b>Lagerdaten</b>													
Anzahl	X	X	X						X				X
Kapazität	X	X	X						X				X
<b>Lieferantendaten</b>													
Lieferzeit	X	X	X					X			X		(X)
Mindestbestellmengen	X	X	X					X			X		(X)
Art, Anzahl und Volumina der Lade- und Lagereinheiten	X	X	X					X			X		X

X: Daten vorhanden | (X): Daten eingeschränkt vorhanden

Abbildung 37: Eingangsdaten und mögliche Quellen für Fallbeispiel 3

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Zunächst wurden in dieser Arbeit die in den betrieblichen Informationssystemen eines produzierenden Unternehmens vorhandenen Daten erarbeitet. Daraufhin wurde eine Möglichkeit zur Klassifizierung von Simulationsfällen vorgestellt und die aus Systemlastdaten, Organisationsdaten und technischen Daten bestehende Simulationsdatenbasis dargestellt. Anschließend wurden beide Themenbereiche miteinander verbunden, indem die Eignung betrieblicher Informationssysteme als Datenquelle für die Simulation untersucht wurde. Es hat sich gezeigt, dass nahezu alle für die Simulation erforderlichen Daten bereits in betrieblichen Informationssystemen vorhanden sind. Abschließend wurde die Klassifizierung der Simulationsfälle an drei Fallbeispielen angewandt und der spezielle Datenbedarf dieser Simulationsfälle inklusive möglicher Datenquellen aufgezeigt.

Die den Informationssystemen entnommenen Daten sind in der Regel jedoch als Rohdaten anzusehen und bedürfen der Datenaufbereitung, bevor sie für die Simulation genutzt werden können. Über welche Schnittstellen der Zugriff auf die Daten erfolgen kann und in welcher Form die Daten dann zur Verfügung stehen war nicht Thema dieser Arbeit und bedarf somit weiterer Untersuchungen. Ein Ansatz, die Interoperabilität zwischen betrieblichen Informationssystemen und Simulationswerkzeugen zu verbessern, bietet das Core Manufacturing Simulation Data Information Model (CMSD Information Model). Dies ist ein offener Standard, der insbesondere für den Austausch von Daten zwischen den verschiedenen Planungs-, Steuerungs- und Simulationssystemen entwickelt wurde. Eine flächendeckende Implementierung dieses Standards in die eingesetzten Systeme macht durch den direkten Zugriff auf die vorhandenen Daten auch eine automatische Modellgenerierung möglich, was für den operativen Einsatz der Simulation wünschenswert ist.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehensmodell bei der Simulation (Rabe et al. 2008) .....	2
Abbildung 2: Daten in der Finanzbuchhaltung (in Anlehnung an Schwarzer & Krcmar 2010) .....	5
Abbildung 3: Daten in der Personalinformationssystemen (in Anlehnung an Schwarzer & Krcmar 2010).....	6
Abbildung 4: Daten in der SRM-Systemen (in Anlehnung an Schwarzer & Krcmar 2010).....	7
Abbildung 5: Daten in CRM-Systemen (in Anlehnung an Schwarzer & Krcmar 2010).....	8
Abbildung 6: Bestandteile von PPS-Systemen (nach Stahlknecht & Hasenkamp 2005).....	9
Abbildung 7: Stammdaten in PPS-Systemen (in Anlehnung an Loos 1999 .....	10
Abbildung 8: Bewegungsdaten in PPS-Systemen (in Anlehnung Loos 1999).....	11
Abbildung 9: Aufgabenbereiche der CAx-Systeme (in Anlehnung an AWF 1985) .....	11
Abbildung 10: Daten in CAP-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011) .....	13
Abbildung 11: Daten in CAQ-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011).....	14
Abbildung 12: Abgrenzung MES von ERP/PPS (in Anlehnung an Kletti & Deisenroth 2012) .....	15
Abbildung 13: Daten in den Aufgabenbereichen eines MES (in Anlehnung an VDI 5600 Blatt 1).....	17
Abbildung 14: Daten in BDE-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011) .....	18
Abbildung 15: Daten in PDM-Systemen (in Anlehnung an Bracht et al. 2011) .....	19
Abbildung 16: Daten in WMS (in Anlehnung an Ten Hompel & Schmidt 2010) .....	21
Abbildung 17: Bewegungsdaten in ERP-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011).....	23
Abbildung 18: Stammdaten in ERP-Systemen.....	24
Abbildung 19: Überlappung von SCM- und ERP-Systemen (nach Corsten & Gössinger 2008).....	25
Abbildung 20: Stammdaten in SCM-Systemen (in Anlehnung an Wood 2007) .....	26
Abbildung 21: Vorgangsdaten in SCM-Systemen (in Anlehnung an Kurbel 2011).....	27
Abbildung 22 Anwendungsfelder der Simulation (VDI 3633 Blatt 1) .....	28
Abbildung 23: Morphologischer Kasten zur Einteilung von Simulationsfällen in Industrieunternehmen .....	31
Abbildung 24: Allgemeine Simulationsdatenbasis (in Anlehnung an VDI 3633 Blatt 1) .....	32
Abbildung 25: Modellelemente eines Produktionssystems (nach Košturiak & Gregor 1995).....	33
Abbildung 27: Zusammenhang zwischen Modellelementen und Datenklassen .....	34
Abbildung 28: Modellelemente mit ihren Attributen als Eingangsdaten für die Simulation.....	35
Abbildung 29: Organisationsdaten und ihre Verfügbarkeit in betrieblichen Informationssystemen...	37
Abbildung 30: Systemlastdaten und ihre Verfügbarkeit in betrieblichen Informationssystemen .....	38
Abbildung 31: Technischen Daten und ihre Verfügbarkeit in betrieblichen Informationssystemen (1) .....	39
Abbildung 32: Technischen Daten und ihre Verfügbarkeit in betrieblichen Informationssystemen (2) .....	40
Abbildung 33: Klassifizierung des Simulationsfalls im Fallbeispiel 1 .....	41
Abbildung 34: Eingangsdaten und mögliche Quellen für Fallbeispiel 1 .....	41
Abbildung 35: Klassifizierung des Simulationsfalls im Fallbeispiel 2 .....	42
Abbildung 36: Eingangsdaten und mögliche Quellen für Fallbeispiel 2 .....	43
Abbildung 37: Klassifizierung des Simulationsfalls im Fallbeispiel 3 .....	43
Abbildung 38: Eingangsdaten und mögliche Quellen für Fallbeispiel 3 .....	44



## Literaturverzeichnis

VDI 3633 Blatt 3, 12/1997: Simulation von Logistik-, Materialfuß- und Produktionssystemen Blatt 3, zuletzt geprüft am 17.03.2014.

VDI 5600 Blatt 1, 2007: Manufacturing Execution Systems (MES).

VDI 3633 Blatt 1, 12/2010: Simulation von Logistik-, Materialfuß- und Produktionssystemen Blatt 1.

AWF (1985): Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion. CIM computer integrated manufacturing. Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen: Eschborn.

Bergmann, Sören (2013): Automatische Generierung adaptiver Modelle zur Simulation von Produktionssystemen. Dissertation. Technische Universität Ilmenau.

Bracht, U.; Geckler, D.; Wenzel, S. (2011): Digitale Fabrik. Methoden und Praxisbeispiele. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Corsten, H.; Gössinger, R. (2008): Einführung in das Supply-Chain-Management. 2., vollst. überarb. und wesentlich erw. Aufl. München: Oldenbourg.

Csanady, Kolja; Bockel, Björn; Wenzel, Sigrid (2008): Methodik zur systematischen Informationsgewinnung für Simulationsstudien. In: Markus Rabe (Hg.): Advances in Simulation for Production and Logistics Applications. ASIM: Fraunhofer IRB Verlag, S. 595–604.

Devikar, A.; Garge, N.; Welekar, R.; Vasudevan, K.; Williams, E. (2010): Evaluating the performance of a complex power and free conveyor system in a flexible manufacturing environment. In: B. Johansson, S. Jain, J. Montoya-Torres, J. Huan und E. Yücesan (Hg.): Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference (WSC 2010). Baltimore, Maryland, USA, 5. - 8. Dezember 2010. Piscataway, NJ: IEEE.

Dickersbach, J. T.; Keller, G. (2010): Produktionsplanung und -steuerung mit SAP ERP. 3., aktualisierte und erw. Auflage. Bonn: Galileo Press.

Gulba, P.; Kreppenhofer, D.; Dietz, T. (2001): Simulation bei der Restrukturierung der Produktion eines Kleinserienfertigers. In: Markus Rabe und Bernd Hellingrath (Hg.): Handlungsanleitung Simulation in Produktion und Logistik. Ein Leitfaden mit Beispielen für kleinere und mittlere Unternehmen. Erlangen: SCS European Publ. House.

Hansen, H. R.; Neumann, G. (2001): Wirtschaftsinformatik 1. Grundlagen betrieblicher Informationsverarbeitung. 8. Aufl.

Hausladen, I. (2014): IT-gestützte Logistik.

Hellberg, T. (2012): Praxishandbuch Einkauf mit SAP® ERP. [alle Geschäftsprozesse in der Beschaffung verständlich erklärt ; Funktionen Prozesse und Customizing der SAP-Materialwirtschaft ; inkl. Referenzkarte mit den wichtigsten Transaktionen]. Bonn [u.a.]: Galileo Press.

Jahangirian, M.; Eldabi, T.; Naseer, A.; Stergioulas, L. K.; Young, T. (2010): Simulation in manufacturing and business: A review. *European Journal of Operational Research* 203, S. 1–13.

Kletti, J.; Deisenroth, R. (2012): MES-Kompendium. Ein Leitfaden am Beispiel von HYDRA. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Košturiak, J.; Gregor, M. (1995): Simulation von Produktionssystemen. Wien: Springer.

- Krämer, Klaus (2000): Datenerfassung in Produktion und Logistik 2000. Ident-, BDE-, personenbezogene DE- und mDE-Techniken - ihr Einsatz, Stand und Entwicklungstendenzen. *Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial engineering : FB IE*. 49, S. 204–249.
- Kurbel, K. (2011): Enterprise resource planning und Supply-Chain-Management in der Industrie. 7., völlig überarb. und aktualisierte Aufl. München: Oldenbourg.
- Law, A. M.; Kelton, W. D. (2000): Simulation modeling and analysis. 3. ed. Boston: McGraw-Hill.
- Loos, Peter (1999): Grunddatenverwaltung und Betriebsdatenerfassung als Basis der Produktionsplanung und -steuerung. In: Hans Corsten und Birgit Friedl (Hg.): Einführung in das Produktionscontrolling. München: Vahlen, S. 227–252.
- Mendes, A. R.; Ramos, A. L.; Simaria, A. S.; Vilarinho, P. M. (2005): Combining heuristic procedures and simulation models for balancing a PC camera assembly line. *Computers and Industrial Engineering* 49 3, S. 413–431.
- Rabe, M.; Hellgrath, B. (Hg.) (2001): Handlungsanleitung Simulation in Produktion und Logistik. Ein Leitfaden mit Beispielen für kleinere und mittlere Unternehmen. Erlangen: SCS European Publ. House.
- Rabe, M.; Spiekermann, S.; Wenzel, S. (2008): Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik. Vorgehensmodelle und Techniken. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- SAP (2014): SAP Hilfe. Online verfügbar unter [http://help.sap.com/saphelp\\_scm50/helpdata/de/2a/847337613fbc40e10000009b38f8cf/content.htm?current\\_toc=/de/2e/847337613fbc40e10000009b38f8cf/plain.htm&show\\_children=true](http://help.sap.com/saphelp_scm50/helpdata/de/2a/847337613fbc40e10000009b38f8cf/content.htm?current_toc=/de/2e/847337613fbc40e10000009b38f8cf/plain.htm&show_children=true), zuletzt geprüft am 27.09.2014.
- Schwarzer, B.; Krcmar, H. (2010): Wirtschaftsinformatik. Grundlagen betrieblicher Informationssysteme. 4., überarb. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Sendler, U.; Wawer, V. (2011): Von PDM zu PLM. Prozessoptimierung durch Integration. 3., überarb. und erw. Aufl. München: Hanser.
- Stahlknecht, P.; Hasenkamp, U. (2005): Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Elfte, vollständig überarbeitete Auflage. Berlin, New York: Springer.
- Ten Hompel, M.; Schmidt, T. (2010): Warehouse Management. Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen. 4., neu bearb. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Wenzel, S.; Bernhard, J. (2008): Definition und Modellierung von Systemlasten für die Simulation logistischer Systeme. In: Peter Nyhuis (Hg.): Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 486–509.
- Wenzel, Sigrid; Kuhn, Axel (2008): Simulation logistischer Systeme. In: Dieter Arnold, Kai Furmans, Heinz Isermann, Axel Kuhn und Horst Tempelmeier (Hg.): Handbuch Logistik. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 73–94.
- Wolf, O.; Dietze, G.; Daniluk, D. (2007): Moderne WMS mit modularem Aufbau. In: Michael ten Hompel (Hg.): Software in der Logistik. Prozesse, Vernetzung, Schnittstellen. München: HUSS-Verlag, S. 67–87.
- Wood, D. C. (2007): SAP SCM. Applications and modeling for supply chain management (with BW primer). Hoboken, N.J.: Wiley & Sons.