



# Simulation in der Fertigung

Verfasser: Andreas Schmidt (0877201)  
Mike Ullrich (0875896)  
(Gruppe D)

Betreuer: Prof. Dr. H. Wörn  
Dipl. -Wirtsch.-Ing. Andreas Sälzle  
Dipl. -Phys. Daniel Frey

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>3</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>3</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>4</b>
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>2. KENNZAHLENSYSTEM</b> .....	<b>7</b>
2.1 TERMINTREUE.....	7
2.1.1 Gesamtzahl terminuntreuer Aufträge.....	7
2.1.2 Gesamtzahl der im Simulationszeitraum nicht fertiggestellten Aufträge .....	7
2.2 DURCHLAUFZEITEN.....	8
2.2.1 Gesamtdurchlaufzeit.....	8
2.2.2 Least Time Degree (LTD).....	8
2.3 ROHSTOFFENGPÄSSE.....	9
2.3.1 Gesamtzahl der Rohstoffengpässe.....	9
2.3.2 Wochenweise Aufgliederung fehlender Rohstoffe .....	9
2.4 AUSLASTUNGSGRAD $\rho$ .....	9
2.4.1 Gesamtauslastungsgrad $r_{ges}$ .....	10
2.4.2 Maschinenauslastungsgrad $r_i$ .....	10
2.5 ENGPÄSSE BEI SPANNVORRICHTUNGEN .....	11
2.6 PUFFERÜBERLAUFINDIKATOR .....	11
<b>3. IST-ANALYSE</b> .....	<b>12</b>
<b>4. OPTIMIERUNG</b> .....	<b>13</b>
4.1 ROHSTOFFBESCHAFFUNGSSTRATEGIEN.....	13
4.1.1 Rohstoffklassifizierung .....	14
4.1.2 Zusatzbestellung für wartende Aufträge.....	15
4.1.3 Obere Schranken .....	15
4.2 GLOBALE EINLASTUNGSSTRATEGIEN.....	16
4.3 LOKALE EINLASTUNGSSTRATEGIEN.....	19
4.4 ARBEITSPLANSTRATEGIEN .....	20
4.5 ANZAHL DER PALETTEN.....	20
4.6 ANZAHL DER SPANNVORRICHTUNGEN .....	21
4.7 LOKALE LAGERKAPAZITÄTEN (PUFFER) .....	22
4.8 MASCHINENINVESTITIONEN .....	22
4.9 LOKALE FEHLERWAHRSCHEINLICHKEITEN .....	23
4.10 TRANSPORTSYSTEM .....	24
4.11 ARBEITSKRÄFTE.....	24
<b>5. ERGEBNISSE</b> .....	<b>25</b>
<b>6. LITERATURHINWEISE</b> .....	<b>27</b>

## Abkürzungsverzeichnis

a.a.O.	am angegebenen Ort
Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
f.	folgende
ff.	fortfolgende
S.	Seite
Stk.	Stück
Tab.	Tabelle
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Simulationsmodell (Screenshot SiMPLE <sup>++</sup> ).....	4
Abb. 2.1: Formel zur Berechnung des LTD .....	8
Abb. 2.2: Formel zur Berechnung des Auslastungsgrades .....	9
Abb. 2.3: Formel zur Berechnung der Gesamtauslastung .....	10
Abb. 2.4: Ausschnitt aus Methodenbaustein berechneK6 .....	10
Abb. 4.1: Methodenbaustein zur EDD-Regel .....	16
Abb. 4.2: Auszug aus Methodenbaustein zur KOZ-Regel .....	17
Abb. 4.3: Methodenbaustein zur SST-Regel .....	18
Abb. 4.4: Formel zur Berechnung der Warteschlangenlänge nach M/D/1 - Modell .....	19
Abb. 4.5: Systemdurchsatz in Abhängigkeit der Palettenzahl (vgl. Furmans, K. 1998) .....	20
Abb. 4.6: Darstellung der Maschinenauslastung .....	23
Abb. 5.2: Anzahl der terminuntreuen Aufträge über verschiedene Simulationsläufe .....	25
Abb. 5.2: Anzahl der Rohstoffengpässe bei verschiedenen Simulationsläufen.....	26



## Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1:	Kennzahlen der IST-Analyse.....	12
Tab. 4.1:	Kennzahlen der IST-Analyse.....	14
Tab. 4.2:	Rohstoffhäufigkeiten.....	14
Tab. 4.3:	Häufigkeitsverteilung der Rohstoffe .....	15
Tab. 4.4:	Kennzahlen der Palettenoptimierung .....	21
Tab. 4.5:	Variation der Spannvorrichtungen.....	21
Tab. 4.6:	Veränderung der Puffergrößen .....	22
Tab. 4.7:	Auslastungsgrade in Abhängigkeit der Maschinen .....	23
Tab. 5.1:	Investitionen .....	25
Tab. 5.2:	Gegenüberstellung von Ausgangs- und Endergebnisse .....	25

# 1. Einleitung

Die rechnergestützte Simulation hat Ende der neunziger Jahre ihre Bewährungsprobe als Hilfsmittel bei Planung, Realisierung und Betrieb von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen längst bestanden und sich mittlerweile ein breites Anwendungsspektrum erobert.

Aus vielen Bereichen nicht mehr wegzudenken, kommt der Simulation besondere Bedeutung bei der Gestaltung komplexer und flexibler Produktionseinrichtungen zu. Hierbei handelt es sich oftmals um sehr teure Projekte von deren Einsatz die Überlebensfähigkeit eines Betriebes abhängen kann.<sup>1</sup> Die Simulation ermöglicht durch die Untersuchung von Szenarien, speziell bei der Vorhersage des dynamischen Verhaltens der geplanten Anlage, im Vorfeld schnelle Entscheidungen und garantiert so eine gewisse Planungssicherheit. Diese wiederum hat erhebliche Auswirkungen auf die Kostenseite eines Projektes, da in der Planungsphase der überwiegende Teil der Aufwendungen festgelegt wird. Die Planungsqualität ist daher sehr wichtig für das weitere Gelingen eines Vorhabens.

Durch Prozeßanalysen, kürzeste Abläufe, geringste Bestände und Testen unterschiedlicher Strategien versucht eine Simulation die Einstellung herauszufiltern, bei der ein bestmögliches Zusammenspiel zu optimalen Ergebnissen führt. Das bedeutet unter anderem, daß Ressourcen exakt dimensioniert und Abläufe von unnötigem Ballast befreit werden.

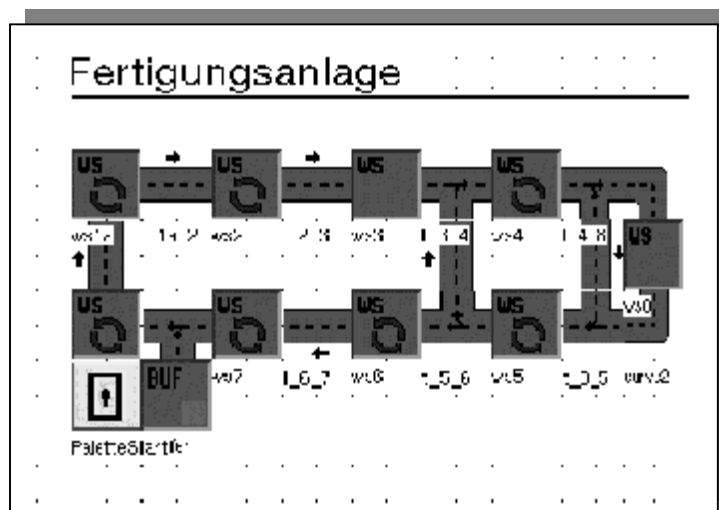


Abbildung 1.1: Simulationsmodell (Screenshot SiMPLE++)

<sup>1</sup> vgl. VDI Gesellschaft Födertechnik, Materialfluß, Logistik: Simulation, S. 5f.

In der vorliegenden Simulationsstudie geht es um die Optimierung einer voll automatisierten flexiblen Fertigungs- und Montagelinie zur Herstellung von 16 verschiedenen Robotergreifern. Vorrangiges Ziel ist dabei die Abläufe und die Steuerung des betrachteten Produktionssystems so zu gestalten, daß eine möglichst hohe Termintreue bei gleichzeitiger Verbesserung der Durchlaufzeit unter Einhaltung der gegebenen Ressourcen erreicht wird.

Bei der Optimierung des Betriebs flexibler Fertigungsanlagen ist es wichtig, einen Katalog an Beurteilungskriterien aufzubauen, um später verschiedene Lösungsalternativen vergleichen zu können und die günstigste auszuwählen. Daher wurde von uns zu Beginn der Optimierung ein Kennzahlensystem eingeführt, das nach unterschiedlichen Gesichtspunkten die einzelnen Simulationsergebnisse vergleichbar macht. Bei der Implementierung wurden Kriterien der Termintreue, der Durchlaufzeit, der Rohstoffengpässe und des Auslastungsgrades berücksichtigt. Sie werden im einzelnen näher in Kapitel 2 beschrieben.

Damit nun eine Einschätzung der Simulationsergebnisse möglich wird, ist es notwendig nach der Implementation der Kenngrößen eine Simulation mit dem Ausgangsmodell zu fahren (siehe Kapitel 3). Darauf aufbauend ist eine Optimierung sinnvoll und vor allem steuerbar, da zukünftige Ergebnisse sofort Stärken und Schwächen der neuen Einstellung offenbaren.

Die Optimierung des Systems gestaltete sich sehr schwierig, da Veränderungen der Ergebnisse nicht immer eindeutig auf einzelne Parameter, die häufig sehr eng miteinander korrelieren, zurückzuführen sind. So war der Erhöhung der Paletten beispielsweise nicht immer mit einer Verschlechterung der Durchlaufzeit verbunden.

So haben wir bei der Optimierung des Simulationssystems eine bestimmte Strategie verfolgt, die näher in Kapitel 4 beschrieben werden soll.