

## Verifikation:

Es wurde für verschiedene Jobtypen mit verschiedenen Maschinensequenzen eine Simulation durchgeführt, um abzusichern, dass die Jobs sich in keine falsche Maschinenwarteschlange einfügen.

Ein weiterer Gesichtspunkt der Verifikation war das Nullsetzen einzelner Eingabeparameter und Überprüfung der Ergebnisse. (Ausschluss von Fehlern bei Nulleingaben)

Fehler im Simulationsmodell wurden durch die Einbettung des bewährten Simulationssystems vom Kunden ausgeschlossen.

Kritische Teile des Programms:

- Die Ein- und Ausgabe wurden mit definierten Exceptions abgesichert. (FileError request, ...)
- Die File- Ausgabe wird zunächst in einen Puffer geschrieben und dann in das File übertragen.

## Validierung:

Zur Validierung wurde das M/D/1- und das M/M/1- System herangezogen, dessen Ergebnisse der Wartezeit analytisch berechnet werden können.

Zur Validierung der Simulation wird die maximale Simulationszeit (finalTime) und Reportzeit (reportTime) auf 5000 gesetzt. Anschließend wird nur ein Jobtyp eingegeben mit einer mittleren Zwischenankunftszeit (a) von 10. Dieser Job besitzt eine Maschinensequenz mit einer Maschine, die eine konstante Bearbeitungsdauer (b) von 8 aufweist. Um eine konstante Bediendauer zu realisieren, wurde der Erlangfaktor auf 10 gesetzt. Der Testlauf mit diesen eingabewerten ergab eine Simulationszeit von 13.26, bei der Auswertung der Formel ( $w = b * \rho / [2 * (a - b)]$ ) ergab sich ein Wert von 16.

In einem weiteren Validierungsschritt wurde das System als M/M/1- System betrachtet. Dazu wurde die maximale Simulationszeit und Reportzeit und die mittlere Zwischenankunftszeit eines Jobs wie oben gesetzt. Der Job durchlief dabei eine Maschine mit der mittleren Bearbeitungsdauer (b) von 8 und einem Erlangfaktor von 1. Dabei ergab sich bei der Simulation eine mittlere Wartezeit von 30. Die Auswertung der Formel ( $w = b * \rho / [a - b]$ ) lieferte einen Wert von 32.

Dadurch wurde die richtige Implementierung der beiden Systeme ausrechend unter Beweis gestellt.

## Ergebnisdarstellung

### Engpassanalyse für verschiedene Erlangverteilte Bedienzeiten:

Es soll eine Engpassanalyse für verschiedene Erlangfaktoren ( $\rho$ ) durchgeführt werden. Dabei soll ebenfalls die mittlere Zwischenankunftszeit der drei Jobs variiert werden. Als gegeben nehmen wir die Anzahl und Auftrittswahrscheinlichkeit, sowie die Anzahl der Maschinen in den einzelnen Maschinengruppen und deren Bediendauer an.

Hierzu wird vorerst die Auslastung analytisch berechnet:

$$\rho_j = \frac{\sum_{i,j=1}^N b_{i,j} * q_i}{a * m_j}$$

b(Bediendauer), q(Auftrittswahrscheinlichkeit), a(Zwischenankunftszeit),  
m(Anzahl Maschinen)

Es ergab sich folgende Verteilung der Auslastungen:

Man sieht eine deutliche Überlastung der Maschinen der Maschinengruppe 2. Ein Vergleich der simulierten Wartezeiten vor den Maschinengruppen beweist unsere Theorie. Somit sind genaue Simulationsergebnisse nicht möglich. Es wird daher eine Änderung der Simulationsparameter vereinbart, um die Überbelastung der Fabrik zu vermeiden. Hierbei gibt es mehrere Alternativen.

Maschinengruppe	Auslastung
1	103
2	165
3	91
4	104
5	67

1. Es werden die Simulationsparameter so belassen und in der Fabrik werden Überstunden eingeführt, so dass die Sequenz stets vollständig abgearbeitet werden kann.

2. Es werde für die am stärksten belasteten Maschinengruppen mehr Maschinen bereitgestellt.

3. Die Zwischenankunftszeit der Jobs wird erhöht.

Der Kunde macht zur Einschränkung der Aufgabe die Annahme, dass die Zwischenankunftszeit der Jobs so eingestellt wird, dass sich eine Auslastung in der am stärksten belasteten Maschinengruppe von ca. 80% einstellt. Für unsere theoretischen Überlegungen tritt dies bei einer mittleren Zwischenankunftszeit von 0,2 ein (Tabelle darunter).

Maschinengruppe	Auslastung
1	51
2	83
3	45
4	52
5	33

Während der Simulation ergaben sich folgende Werte:

$$\rho_j = \frac{w_j}{m_j * SimTime} \quad w_j \text{ (Stapelmittelwert), } m_j \text{ (Anzahl Maschinen)}$$

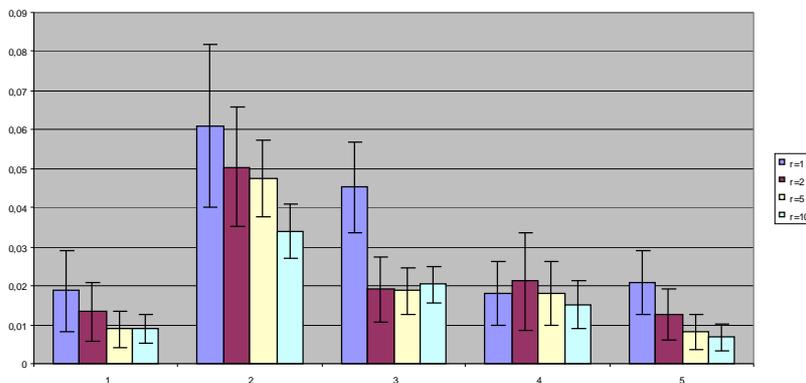
Ein Vergleich mit den Werten aus unserer Simulation bestätigt unsere Annahme.

Alle weiteren Analysen sind unter der Annahme einer Zwischenankunftszeit der Jobs von 0,2 gemacht.

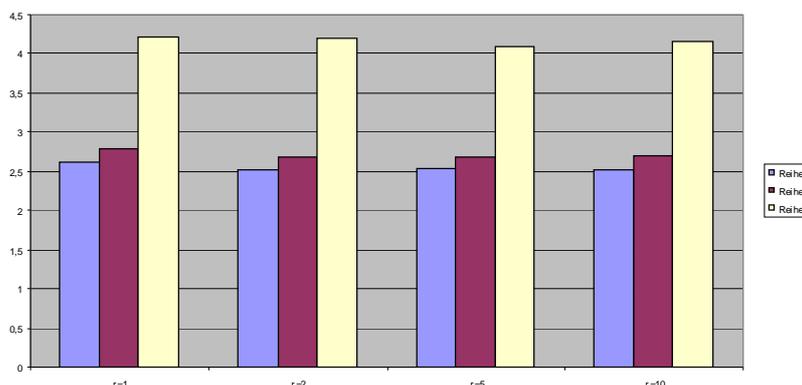
Maschinengruppe	Auslastung/%
1	50
2	82
3	44
4	52
5	32

### Verteilung der Wartezeiten und Durchlaufzeiten

In weiteren ist eine Analyse der mittleren Wartezeiten in den Maschinengruppen und der mittleren Durchlaufzeiten der einzelnen Jobtypen für verschiedene Erlangfaktoren gemacht. Die Simulationszeit betrug hier 1000 und die Stapelmittelwertbildung wurde mit einer Stapelgröße von 5 durchgeführt.



Mittleren Wartezeiten in den einzelnen Maschinengruppen für verschied. Erlangfaktoren



Mittleren Durchlaufzeiten der Jobarten bei verschiedenen Erlangfaktoren