

**Zur Erlangung des Grades  
eines  
Bachelor of Engineering (B. Eng.)  
von Frau Pei Hu**

geboren am: 02.04.1994

in Changzhou, China

vorgelegte Abschlussarbeit:

**Thema:** Entwicklung und Verifizierung einer Vorgehensweise für Simulationsstudien mit Plant Simulation zur Entscheidung über Fertigungsstrukturen

**Erstbetreuer:** Prof. Dr.-Ing. Heike Mrech

**Zweitbetreuer:** Dipl.-Ing. (FH) Daniela Gentzsch

Merseburg, 03.04.2017

---

## Danksagung

Zunächst möchte ich mich an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt und motiviert haben.

Ganz besonders gilt dieses Dank Prof. Dr.-Ing. Heike Mrech und Dipl.-Ing. Daniela Gentzsch, die meine Arbeit und somit auch mich betreut haben. Nicht nur gaben Sie mir immer wieder durch kritisches Hinterfragen wertvolle Hinweise – auch durch Ihre moralische Unterstützung und kontinuierliche Motivation haben sie einen großen Teil zur Vollendung dieser Arbeit beigetragen. Sie haben mich dazu gebracht, über meine Grenzen hinaus zu denken. Vielen Dank für die Geduld und Mühen.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und stets ein offenes Ohr für meine Sorgen hatten.

---

## Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	2
1 Einleitung.....	5
1.1 Aufgabenstellung.....	5
1.2 Schwerpunkte .....	5
2 Grundlagen.....	6
2.1 Beschreibung von Plant Simulation .....	6
2.2 Einsatzgebiete und Praxisbeispiel für Plant Simulation.....	7
2.2.1 Einsatz von Plant Simulation .....	7
2.2.2 Beispiel – Kleinteilfertigung.....	8
2.3 Formen der Fertigungsstrukturierung.....	9
3 Produktion des Schneckengetriebes.....	11
3.1 Bauart und Einsatzgebiet von MT110 Schneckengetriebe.....	11
3.2 Beschreibung des Ist-Zustand .....	12
3.3 Schichtsystem.....	14
4 Modellierung.....	16
4.1 Reihenfertigung .....	16
4.1.1 Beschreibung des Modells der Reihenfertigung von Schneckengetrieben..	16
4.1.2 Bewertung des Modell .....	19
4.1.3 Optimierung der Reihenfertigung .....	22
4.1.4 Neue Modelle.....	23
4.2 Fließfertigung .....	27
4.3 Werkstattfertigung .....	28

---

4.3.1 Beschreibung des Modells der Werkstattfertigung von Schneckengetrieben .....	28
4.3.2 Bewertung des Modells.....	32
4.3.3 Optimierung des Modells.....	33
5 Vergleichung von der Reihenfertigung und Werkstattfertigung .....	43
6 Fazit.....	46
7 Abbildungsverzeichnis .....	47
8 Tabelleverzeichnis.....	49
9 Vidoeverzeichnis .....	49
10 Literaturverzeichnis .....	51
11 Anlagenverzeichnis .....	52
11.1 Übersicht der Einzelteile .....	52
11.2 Arbeitspläne .....	54

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung

Die Planung von Fertigungsanlagen unterliegt heute einem enormen Zeit- und Kostendruck. Um sichere Entscheidungen über geeignete Fertigungsstrukturen zu treffen, wird die Planung durch Simulationsanalysen unterstützt. Diese sind in der Regel sehr projektspezifisch angelegt und somit sehr aufwendig. Ziel der Arbeit ist es, eine Standardmethode zum Aufbau und Vergleich verschiedener Szenarien einer Fertigung zu entwickeln, mit der es möglich ist, Simulationsexperimente nach einer vorgegebenen Schrittfolge aufzubauen. Damit können Simulationsstudien zur Entscheidung über Fertigungsstrukturen beschleunigt werden. Am Beispiel einer Fertigung von Schneckengetrieben ist die Methode zu verifizieren. Die Ergebnisse sind in multimedialen Tutorien so aufzubereiten, dass diese für Schulungen genutzt werden können.

## 1.2 Schwerpunkte

Die Schwerpunkte der Bachelorarbeit sind:

- Einarbeitung in die Simulationssoftware Plant Simulation
- Recherche zu Vorgehensweisen bei Simulationsstudien
- Konzeption einer Simulationsstudie
- Entwicklung von Simulationsmodellen und Verifikation
- Dokumentation der Vorgehensweise in multimedialen Tutorien

## 2 Grundlagen

### 2.1 Beschreibung von Plant Simulation

Plant Simulation ist eine einfach anwendbare und flexible Software, die die Modelle simulieren, analysieren, visualisieren und optimieren kann. Die Modelle werden mit den verschiedenen Grundobjekten erstellt. In Plant Simulation bestehen solche Bausteine aus den sieben Teilen: Materialfluss, Flüssigkeiten, Ressourcen, Informationsfluss, Oberfläche, Beweglichen Elementen und Tools. Diese Objekte werden so eingestellt und miteinander verbunden, dass sie in dem Layout der realen Fertigung übereinstimmen. Die Modelle in 2-D können auch in 3-D umgewandelt werden. [1]

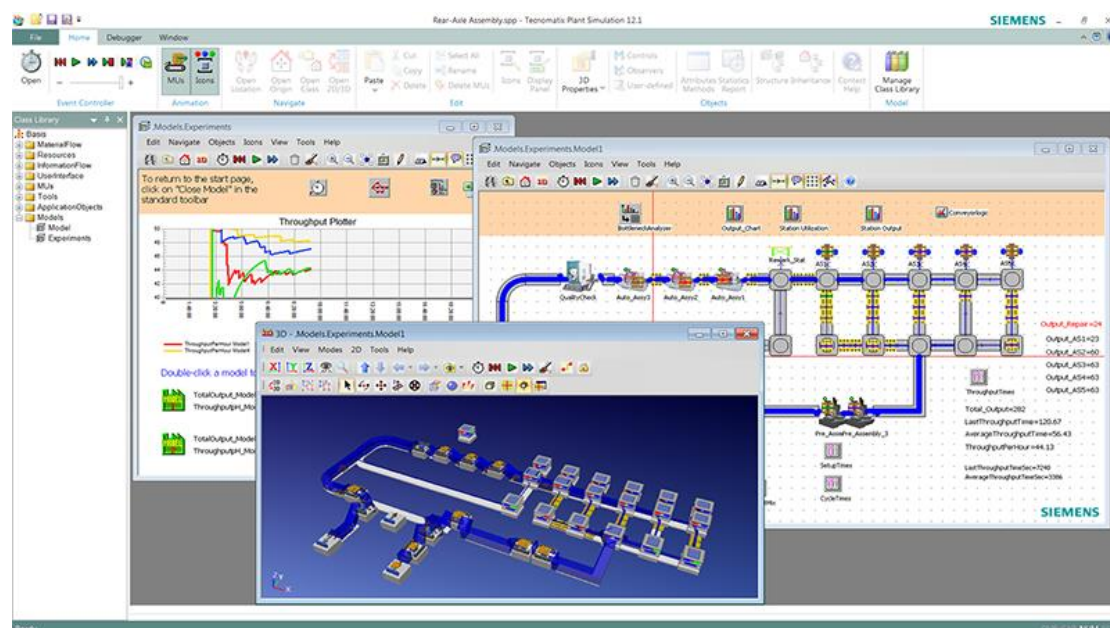


Abb.1: Software Plant Simulation [2]

Die besonderen Merkmale der Software Plant Simulation liegen in folgenden Bereichen:

- Grafische und benutzerfreundliche Arbeitsumgebung
- Hierarchie
- Vererbung

- 
- Bausteinkonzept
  - Programmgesteuerte Modellgenerierung
  - Änderung und Wartung von Modellen
  - Kommunikations- und Integrationsfähigkeit
  - Dialogmasken
  - Mehrsprachigkeit
  - HTML Interface
  - Plant Simulation 3D- Visualisierung [3]

## **2.2 Einsatzgebiete und Praxisbeispiel für Plant Simulation**

### **2.2.1 Einsatz von Plant Simulation**

Plant Simulation wird überwiegend in den Bereichen Produktion, Logistik und Engineering eingesetzt und zwar in nahezu allen Branchen:

- Automobilindustrie (OEM) und deren Zulieferer
- Prozessindustrie (Pharma, Chemie, Papier u.a.)
- Lebensmittelindustrie
- Anlagen- und Maschinenbau
- Planungsbüros, Engineering
- Handel
- Werften
- Halbleiterindustrie
- Banken und Versicherungen
- Verkehrsbetriebe
- Krankenhäuser
- Forschung und Lehre [4]

## 2.2.2 Beispiel – Kleinteilfertigung

Dieses Modell (Abbildung 2) zeigt ein Produktions- und Montage-System mit Transportvorgängen. [5]

In diesem Modell gibt es zwei Produktionsarten: manuelle und automatische Produktion. Für die manuelle Produktion sind Werker notwendig, die von dem WerkerPool erzeugt werden. Sie haben bestimmte Arbeitsplätze und arbeiten nach dem Schichtkalender.

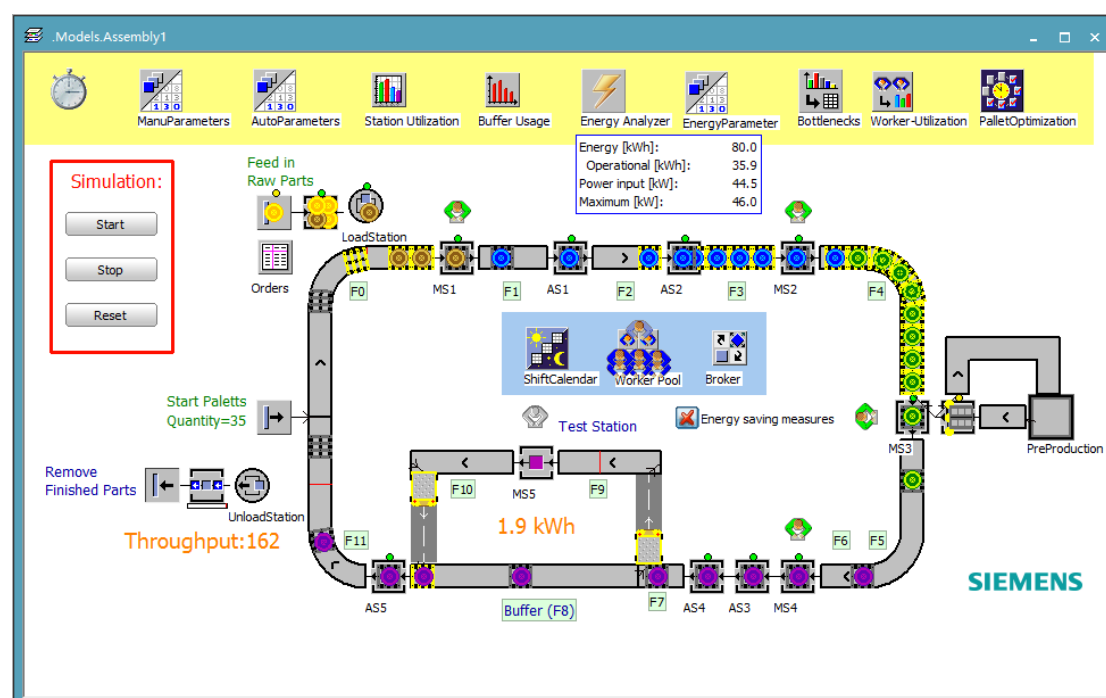


Abb.2: Modell der Kleinteilfertigung [5]

Auf der linken Seite des Modells (siehe Abb.2) ist eine Quelle zur Erzeugung von Paletten. Eine weitere Quelle erzeugt die Rohteile für die Fertigung. Diese Quelle befindet sich in der linken oberen Ecke des Modells in Abb.2. die Rohteile werden durch die Loadstation auf die Paletten geladen. Dann werden die Paletten auf der Förderstrecke F1, F2, F3 und F4 zu weiteren Stationen MS1, AS1, AS2, MS2 transportiert und dort bearbeitet. Neben der MS3 werden Anbauteile an das Hauptteil



montiert, die von der Station PreProduktion kommen. Danach bewegen sich die Paletten mit dem Hauptteil zu der letzten Station, der Unloadstation. Dort wird das Hauptteil von der Palette abgeladen. Die Palette wird wieder zur LoadStation transportiert und die Fertigungsverläufe werden noch mal wiederholt.

Das Ziel des Modells ist, einen mittleren Durchsatz im Bereich zwischen 45,2 und 45,5 Einheiten pro Stunde zu erreichen. Um das Ziel zu realisieren, müssen viele Werte optimiert werden, wie Puffergröße, Maschinenanzahl und Schichtsystem. Die Software Plant Simulation bietet viele Tools an, z.B. Experimentverwalter, Diagramm, die ein Simulationsmodell parametrieren und steuern können. Im Modell der Kleinteilfertigung (siehe Abb.2) wurden im oberen, gelb markierten Bereich solche Tools angeordnet.

## 2.3 Formen der Fertigungsstrukturierung

In der Regel besteht die Fertigungsstrukturierung aus vier Formen: Werkstattfertigung, Gruppenfertigung, Fließfertigung und Reihenfertigung.

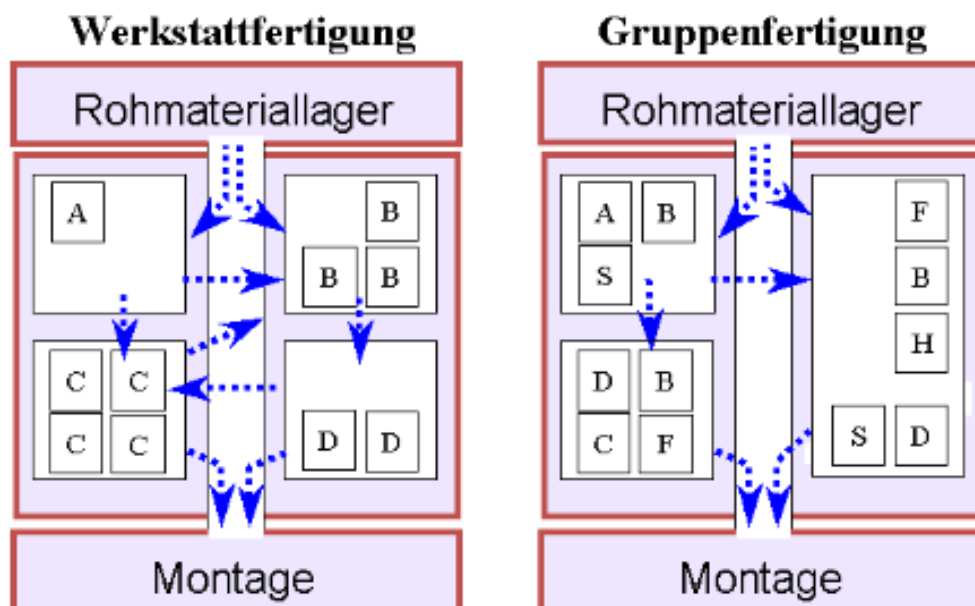


Abb.3: Skizze der Werkstattfertigung und Gruppenfertigung [6]

Werkstattfertigung beschreibt im Rahmen der Fertigungsplanung und -steuerung einen

Fertigungstyp, bei dem die einzelnen Bereiche nach dort durchgeführter Tätigkeit strukturiert sind. Der wichtigste Vorteil der Werkstattfertigung liegt in hoher Nutzungsgrad durch Universalmaschinen. Als Nachteile gelten lange Durchlaufzeit und Transportwege, hoher Flächenbedarf und die Entstehung der Lagerkosten. [7]

Bei Gruppenfertigung werden alle fertigungstechnisch ähnliche Teile zu einer Fertigungsgruppe zusammengefasst. Mit dieser Fertigungsstrukturierung sind die Transportkosten und Lagerkosten reduziert. Im Gegensatz zur Werkstattfertigung wird die Auslastung schlecht. [8]

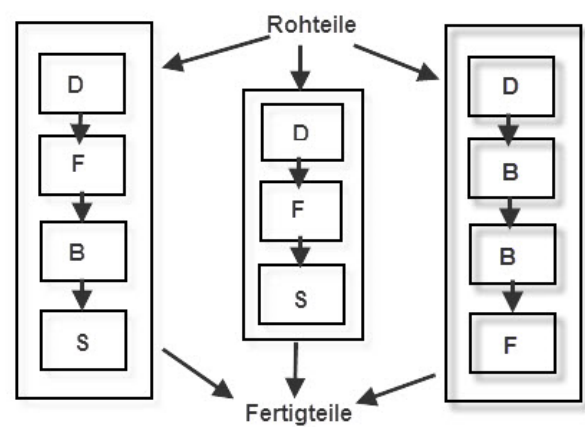


Abb.4: Skizze der Fließ- und Reihenfertigung [9]

Fließfertigung und Reihenfertigung sind dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung eines Produktes in aufeinanderfolgende Arbeitsprozesse unterteilt. Aber der Unterschied dazwischen liegt darin, dass der Arbeitsablauf in der Fließfertigung getaktet ist. Mit den zwei Fertigungsverfahren ermöglichen die geringe Durchlaufzeit. Aber natürlich ist Flexibilität schlecht. [10]

## 3 Produktion des Schneckengetriebes

### 3.1 Bauart und Einsatzgebiet von MT110 Schneckengetriebe

MT110 ist ein Schneckengetriebe mit vorgeschalteter Stirnradstufe. Durch die Kombination beider Getriebeformen im Gehäuse sind große Übersetzungsverhältnisse bei gutem Wirkungsgrad und geringem Raumbedarf möglich. [11]

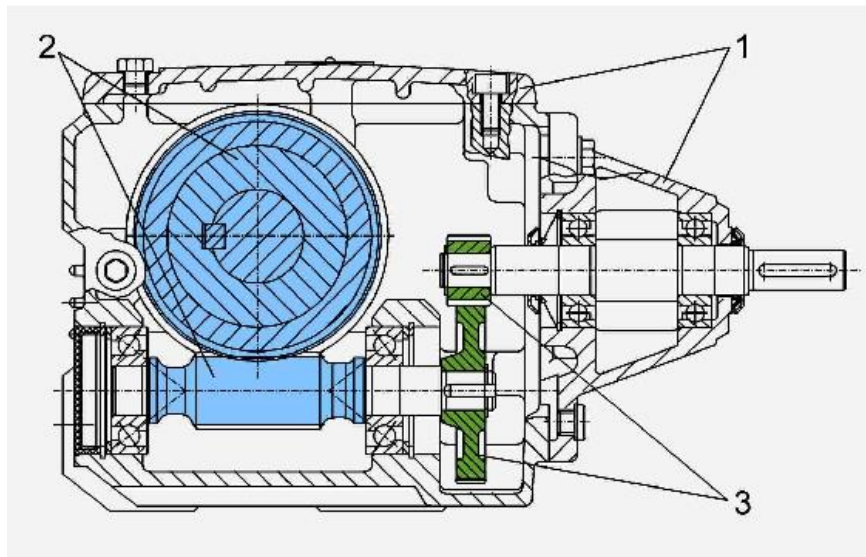


Abb.5: Schneckengetriebe MT110 [12]

- 1: Gehäuse
- 2: Schneckenradstufe
- 3: Funktionsgruppe

Schneckengetriebe werden normalerweise nur für Übersetzungen ins Langsame eingesetzt. Bei Vertauschung von An- und Abtrieb sperren sie in der Regel, sie sind dann selbsthemmend. [11]

Einsatzgebiete für das Schneckengetriebe ergeben sich dort, wo die hohe Drehzahl eines Antriebsmotors mit geringem Drehmoment in eine sehr niedrige Drehzahl mit hohem Abtriebsmoment umgesetzt werden muss. Vorteilhaft ist insbesondere bei

Hubantrieben die Eigenschaft der Selbsthemmung. Bei ausgeschaltetem Antrieb wird ein Rücklaufen der Last verhindert, gesonderte Lastbremsen sind nicht erforderlich.

Typische Anwendungsfälle für Schneckengetriebe sind z.B.

- Fahrantriebe bei Kränen und Laufkatzen
- Rolltreppen
- Schneckenförderer
- Seilwinden
- Hubspindeln
- Wischerantriebe beim Kraftfahrzeug [11]

### 3.2 Beschreibung des Ist-Zustand

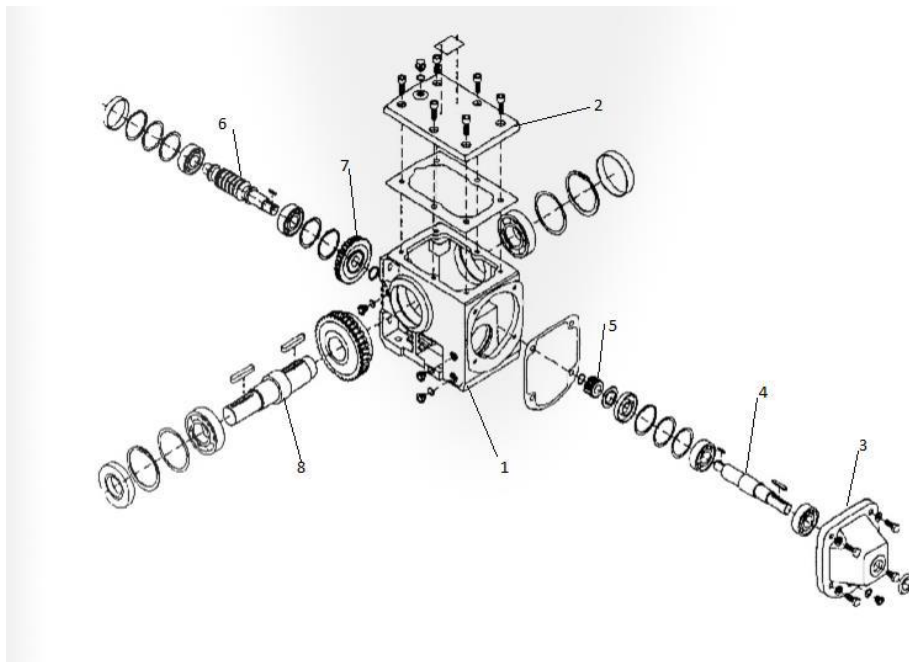


Abb.6: Explosionsdarstellung Gesamtsystem [11]

Es soll untersucht werden, ob das Schneckengetriebe besser in Reihenfertigung oder in Werkstattfertigung hergestellt werden sollte. Zielgrößen sind dabei eine kurze Durchlaufzeit bzw. ein optimaler Durchsatz bei hoher Auslastung der Maschinen. Die Arbeitspläne zur Fertigung der Bauteile sind gegeben. Daraus können die

Bearbeitungszeiten und Rüstzeiten entnommen werden. Ziel der Fertigung ist es, aus acht Eigenfertigungsteilen, die auf verschiedenen Werkzeugmaschinen produziert werden, und weiteren Kaufteilen ein Schneckengetriebe zu fertigen. Das Schneckengetriebe soll in einem Jahr in einer Anzahl von 36.000 Stück gefertigt werden. Für die Modellierung wird davon ausgegangen, dass am ersten Arbeitstag des Jahres sofort alle 36.000 Rohteile eines Einzelteils zur Verfügung stehen. Die Beschaffung der Rohteile wird nicht modelliert.

Im Folgenden werden die acht Einzelteile vorgestellt, die produziert werden sollen.

Teil-Nr.	Benennung	Zeichnung-Nr.	Werkstoff	Halbzeug	Rohteil Gewicht t	Menge
1	Schnecken-Fußgehäuse	MT110.10.00.001	GG-20	Gußteil Modell 183/97 (1)	7,5	36.000
2	Gehäusedeckel	MT110.10.00.002	GG-20	Gußteil Modell 183/97 (2)	1,8	36.000
3	Antriebsgehäuse	MT110.10.01.001	GG-20	Gußteil Modell 183/97 (3)	4,0	36.000
4	Antriebswelle	MT110.10.01.002	42CrMo4	Rd DIN 1013 30*169	0,9	36.000
5	Antriebsritzel	MT110.10.01.003	16MnCr5BG	Gesensschmiedeteil Rd DIN 1013 30*20	0,1	36.000
6	Schnecke	MT110.10.01.003	16MnCr5BG	Rd DIN 1013 35*159	1,2	36.000
7	Antriebsrad	MT110.10.01.004	16MnCr5BG	Gesensschmiedeteil	0,8	36.000
8	Abtriebswelle	MT110.10.01.005	C45	Rd DIN 1013 50*192	3,0	36.000

Tabelle1: Eigenfertigungsteile des Schneckengetriebes

### 3.3 Schichtsystem

Für die Optimierung sollen drei Schichtsysteme untersucht werden. Unten sind die drei Schichtkalender dargestellt (Abbildung 5, 6, 7).

	Schicht	Von	Bis	M..	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Pausen
1	Shift-1	6:00	14:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9:30-9:45;12:...

Abb.7: Schichtkalender für das 1-Schichtsystem

	Schicht	Von	Bis	M..	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Pausen
1	Shift-1	6:00	14:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9:30-9:45; 12:...
2	Shift-2	14:00	22:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18:00-18:30;2...

Abb.8: Schichtkalender für das 2-Schichtsystem

	Schicht	Von	Bis	M..	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Pausen
1	Shift-1	6:00	14:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9:30-9:45;12:...
2	Shift-2	14:00	22:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18:00-18:30; ...
3	Shift-3	22:00	6:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1:30-2:00;4:3...

Abb.9: Schichtkalender für das 3-Schichtsystem

Im Jahr 2017 gibt es gesamt 365 Tage, 10 Feiertage. Mit dem ersten Schichtsystem arbeitet eine Maschine in einer Schicht pro Tag, 5 Arbeitstage pro Woche und gesamt 250 Arbeitstage im Jahr 2017. Die Arbeitszeit einer Schicht dauert 435 Minuten. Die Pausenzeit ist von 9:30 bis 9:45 und von 12:30 bis 13:00. Die Zweite und dritte Schichtsysteme haben 6 Arbeitstage pro Woche und 302 Arbeitstage pro Jahr. Aber zweite Schicht hat 2 Schichten und dritte Schicht hat 3 Schichten pro Tag. Die Arbeitszeit jeder Schicht ist auch 435 Minuten. Die Pausenzeit von Shift2 ist von 18:00 bis 18:30 und von 21:15 bis 21:30. Die Pausenzeit von Shift3 ist von 1:30 bis 2:00 und von 4:30 bis 4:45.

Das Schichtsystem pro Maschine wird später genauer erklärt.

---

Die gesamte Arbeitszeit jedes Schichtsystems pro Jahr wird im Folgenden gerechnet:

1-Schichtsystem:  $250 \cdot 435 / 60 = 1812,5$  h

2-Schichtsystem:  $302 \cdot 2 \cdot 435 / 60 = 4379$  h

3-Schichtsystem:  $302 \cdot 3 \cdot 435 / 60 = 6568,5$  h

## 4 Modellierung

### 4.1 Reihenfertigung

#### 4.1.1 Beschreibung des Modells der Reihenfertigung von Schneckengetrieben

Zur Modellierung der Reihenfertigung werden in Plant Simulation 8 Modelle ohne Losgröße erstellt. Jedes Teil wird auf einer Fertigungslinie gefertigt. Die Quelle einer Linie erzeugen alle Rohteile für die Fertigung. Dann werden sie zu weiteren Einzelstationen transportiert und dort bearbeitet. Die Stationen entsprechen der Werkzeugmaschinen, die unterschiedliche Bearbeitungszeit für jedes Teils (Tabelle 2) und konstantes Schichtsystem im Fertigungsverlauf haben. Danach bewegen sich die Teile zum Ausgang.

	Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Teil 5	Teil 6	Teil 7	Teil 8
DMU	6	2	4					
CWK	32	2						
EPL	2	1			1	1	1	
RAYO			10	5	4	5	5	7,5
ABS				0,5		1		1
ZX				4	2	2	1,5	2,5
H					1		1,5	
PE					4	2	4	
PF					3,5		5	

Tabelle 2: Bearbeitungszeit der Maschinen von acht Teile [11]



Im Folgenden sind die 8 Modelle dargestellt (Abbildung 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,17).

- Alle 8 Produktionslinien arbeiten in einer Schicht (Abbildung 7).
- Die Maschinenanzahl wurde mit einer Maschine je Maschinentyp pro Fertigungslinie festgelegt.
- Die Verfügbarkeit aller Maschinen betragen 95%.
- Die Simulationszeit beträgt ein Jahr.

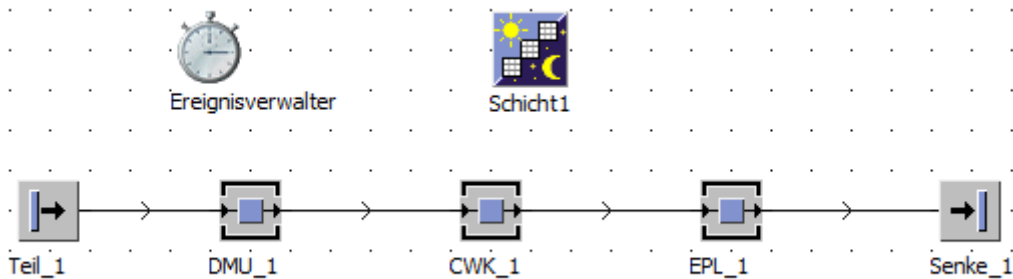


Abb.10: Modell der Reihenfertigung für Teil 1

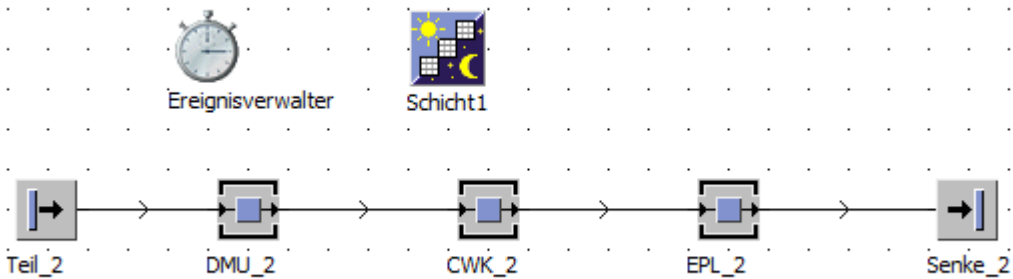


Abb.11: Modell der Reihenfertigung für Teil 2

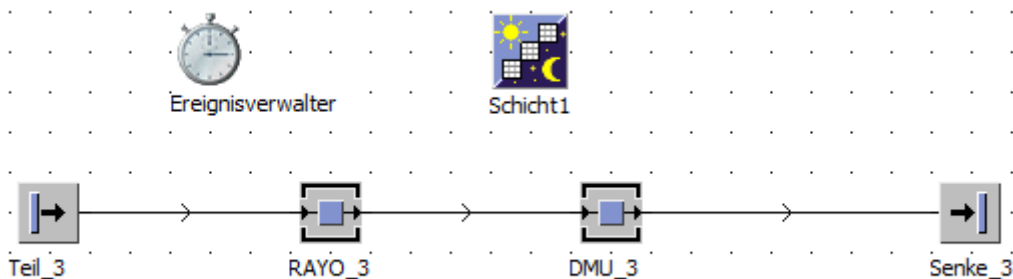


Abb.12: Modell der Reihenfertigung für Teil 3

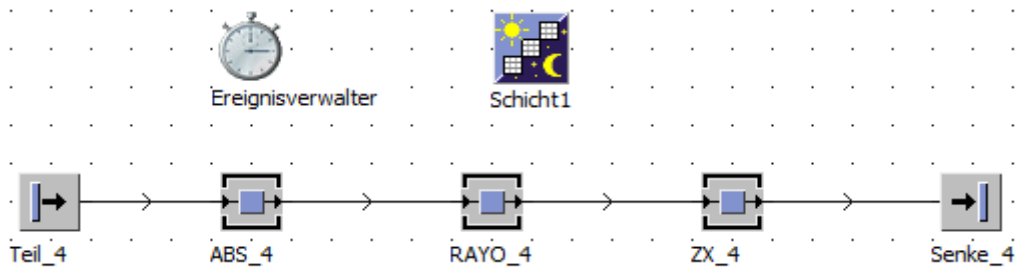


Abb.13: Modell der Reihenfertigung für Teil 4

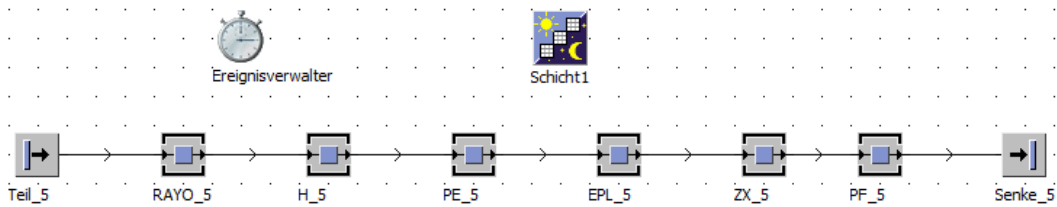


Abb.14: Modell der Reihenfertigung für Teil 5

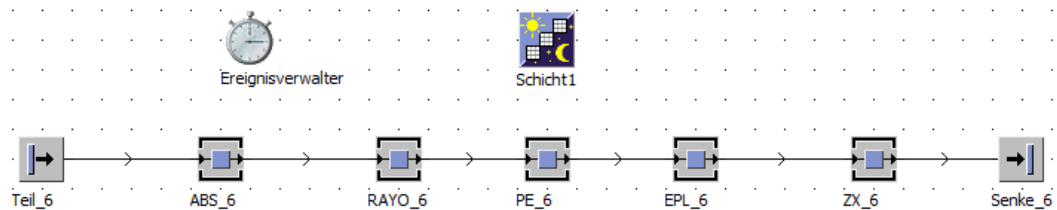


Abb.15: Modell der Reihenfertigung für Teil 6

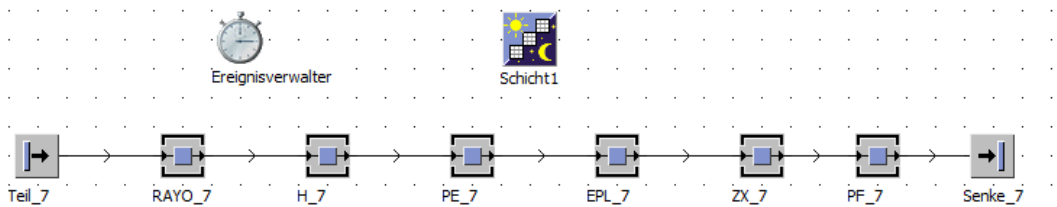


Abb.16: Modell der Reihenfertigung für Teil 7

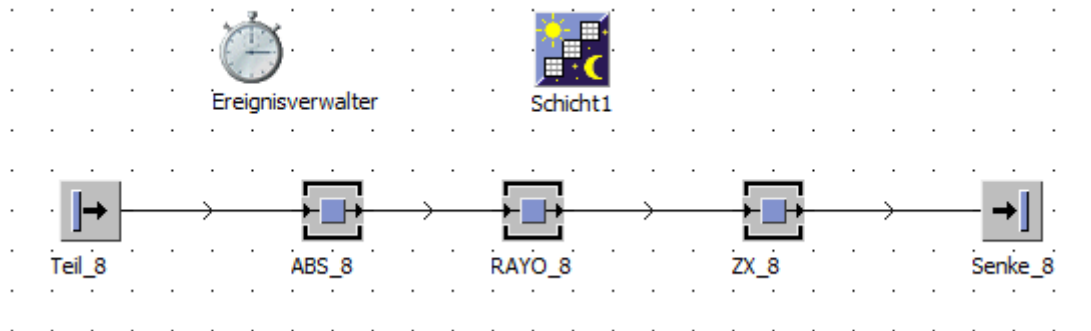


Abb.17: Modell der Reihenfertigung für Teil 8

### 4.1.2 Bewertung des Modell

Die Statistiktabellen der acht Teile (Abbildung 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25) sagen aus, dass nur der Durchsatz der Linie 2 das Produktionsziel 36000 Stücke pro Jahr erreichen kann. Einerseits wenige Maschinen und Schichtanzahl pro Tag, andererseits blockierte Maschinen führen zum geringen Durchsatz.

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_1	Teil1	7:56:13.8199	3360	0	100.00%	0.00%	0.00%	8.40%	

Abb.18: Statistiktable für Teil 1

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_2	Teil2	34:54.0198	52266	6	100.00%	0.00%	0.00%	14.33%	

Abb.19: Statistiktable für Teil 2

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_3	Teil3	1:53:43.4041	11105	1	100.00%	0.00%	0.00%	12.31%	

Abb.20: Statistiktable für Teil 3

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_4	Teil4	1:31:08.7691	21788	2	100.00%	0.00%	0.00%	10.42%	

Abb.21: Statistiktable für Teil 4

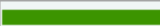
Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_5	Teil5	1:44:10.4499	27004	3	100.00%	0.00%	0.00%	14.88%	

Abb.22: Statistiktabelle für Teil 5

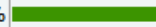
Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_6	Fördergut	1:35:29.2690	21957	3	100.00%	0.00%	0.00%	11.52%	

Abb.23: Statistiktabelle für Teil 6

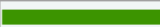
Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_7	Teil7	2:21:01.2791	21987	3	100.00%	0.00%	0.00%	12.76%	

Abb.24: Statistiktabelle für Teil 7

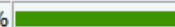
Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_8	Teil8	1:59:32.8429	14728	2	100.00%	0.00%	0.00%	9.20%	

Abb.25: Statistiktabelle für Teil 8

Um die Ressourcenstatistik der Maschinen in jeder Linie zu beobachten, wird ein Baustein Diagramm im Modell eingesetzt. Im Folgenden ist Fertigungslinie 1 als ein Beispiel.

Das Diagramm in der Abbildung 26 zeigt den prozentualen Zeitanteil an, während des eine Maschine in Linie 1 arbeitet (grüne), wartend (grau), blockiert (gelb), gestört (rot), gestoppt (rosa), pausiert (dunkelblau), ungeplant (hellblau) ist. 60% der Arbeitszeit von DMU ist blockiert, weil die Bearbeitungszeit für Teil 1 von CWK 32 Minuten dauert, die 5 fach mehr als von DMU und 16 fach mehr las von EPL ist. Aus diesem Grund ist CWK immer arbeitet, DMU blockiert und EPL wartend. Zur Lösung dieses Problems wird ein Puffer zwischen DMU und CWK gesetzt. Der Puffer dient zum Angleichen des Materialflusses. Damit kann die maximale Auslastung für den gesamten Produktionsprozess gewonnen werden. Außerdem werden Maschinenanzahl und Schichtanzahl erhöht.

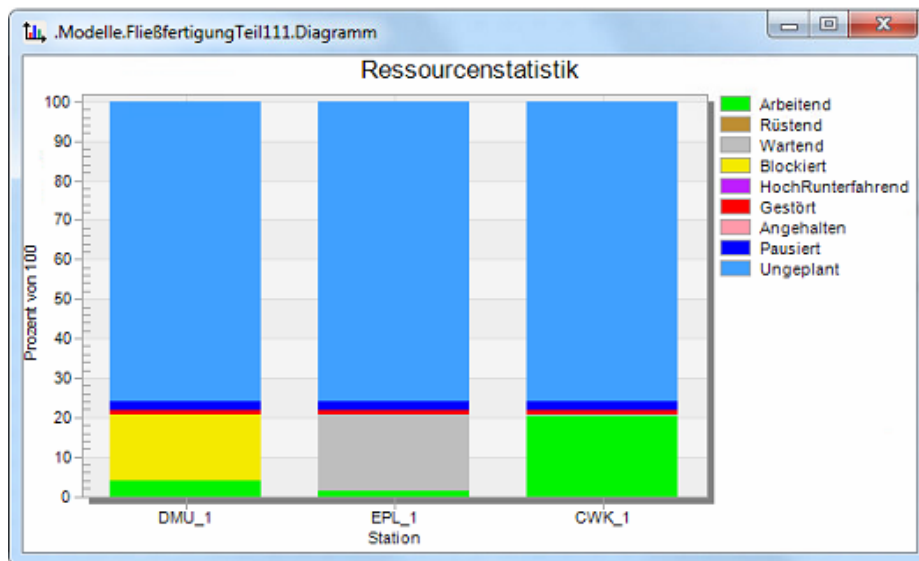


Abb.26: Diagramm der Ressourcenstatistik von Linie 1

Deshalb müssen die folgenden Werte optimiert werden:

- das Schichtsystem pro Maschine,
- die Maschinenanzahl je Fertigungslinie
- die Pufferplatzanzahl zwischen den Maschinen

### 4.1.3 Optimierung der Reihenfertigung

Als erstes wird das Schichtsystem geändert. Nach der Bearbeitungszeit, in der 36.000 Stück Einzelteile produziert werden können, kann ein geeignetes Schichtsystem für jede Fertigungslinie ausgewählt werden. Anschließend wird die Maschinenanzahl durch die folgende Tabelle 3 festgelegt.

Teil-Nr.	Betriebsmittel	$t_e$ [min/Stck]	$T_K$ [h/a]	S [S/d]	$\eta$	$T_E$ [h/a]	$BM_r$ [Stck]	BM [Stck]	Ausl. [%]
1	DMU 35	6	3600	3	0,95	6240,1	0,58	1	0,58
	CWK 500	32	19200	3	0,95	6240,1	3,08	4	0,77
	EPL	2	1200	3	0,95	6240,1	0,19	1	0,19
2	DMU 35	2	1200	1	0,95	1721,9	0,70	1	0,70
	CWK 500	2	1200	1	0,95	1721,9	0,70	1	0,70
	EPL	1	600	1	0,95	1721,9	0,35	1	0,35
3	DMU 35	4	2400	3	0,95	6240,1	0,38	1	0,38
	RAYO 165	10	6000	3	0,95	6240,1	0,96	1	0,96
4	RAYO 165	5	3000	2	0,95	4160,1	0,72	1	0,72
	ABS 265	0,5	300	2	0,95	4160,1	0,07	1	0,07
	ZX 1	4	2400	2	0,95	4160,1	0,58	1	0,58
5	EPL	1	600	2	0,95	4160,1	0,14	1	0,14
	RAYO 165	4	2400	2	0,95	4160,1	0,58	1	0,58
	ZX 1	2	1200	2	0,95	4160,1	0,29	1	0,29
	H 100	1	600	2	0,95	4160,1	0,14	1	0,14
	PE 150 C	4	2400	2	0,95	4160,1	0,58	1	0,58
	PF 150	3,5	2100	2	0,95	4160,1	0,50	1	0,50
6	EPL	1	600	2	0,95	4160,1	0,14	1	0,14
	RAYO 165	5	3000	2	0,95	4160,1	0,72	1	0,72
	ABS 265	1	600	2	0,95	4160,1	0,14	1	0,14
	ZX 1	2	1200	2	0,95	4160,1	0,29	1	0,29
	PE 150 C	2	1200	2	0,95	4160,1	0,29	1	0,29
7	EPL	1	600	2	0,95	4160,1	0,14	1	0,14
	RAYO 165	5	3000	2	0,95	4160,1	0,72	1	0,72
	ZX 1	1,5	900	2	0,95	4160,1	0,22	1	0,22
	H 100	1,5	900	2	0,95	4160,1	0,22	1	0,22
	PE 150 C	4	2400	2	0,95	4160,1	0,58	1	0,58
	PF 150	5	3000	2	0,95	4160,1	0,72	1	0,72
8	RAYO 165	7,5	4500	3	0,95	6240,1	0,72	1	0,72
	ABS 265	1	600	3	0,95	6240,1	0,10	1	0,10
	ZX 1	2,5	1500	3	0,95	6240,1	0,24	1	0,24

Tabelle 3: Bestimmung der Maschinenanzahl

$t_e$  – die Bearbeitungszeit pro Stück

$T_K$  – die gesamte Bearbeitungszeit mit der Zielgröße 36.000

$S$  – die Schichtzahl pro Tag

$\eta$  – Verfügbarkeit der Maschine

$T_E$  – die aktuelle Arbeitszeit der Maschine

$BM_r$  – der Soll-Wert der Maschinenanzahl

$BM$  – der Ist-Wert der Maschinenanzahl

Ausl. – Auslastung

Diese Tabelle zeigt an, dass noch 3 CWK benötigt in der Linie 1 sind. Linie 1 und 8 arbeiten mit 3-Schichtsystem, Linie 2 arbeitet in einer Schicht, andere Linien arbeiten mit 2-schichtsystem. Sonst wird ein Puffer in der Linie 1, 4, 5, 6, 7, 8 erstellt.

#### 4.1.4 Neue Modelle

Nach der Optimierung des Schichtsystems, der Störung und Maschinenanzahl sind die Layouts aktualisiert. Folgenden stehen die neue Modelle (Abbildung 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34).

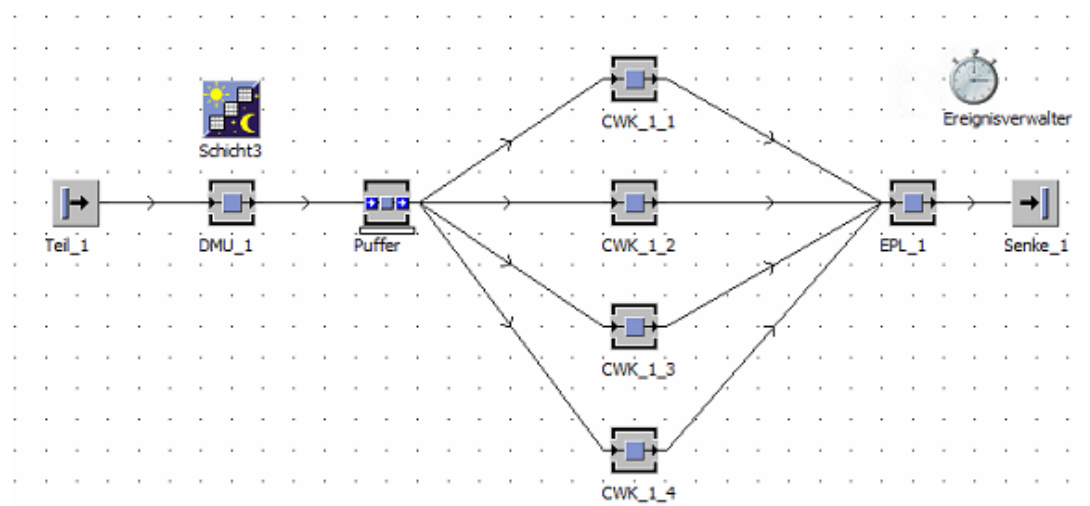


Abb.27: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 1

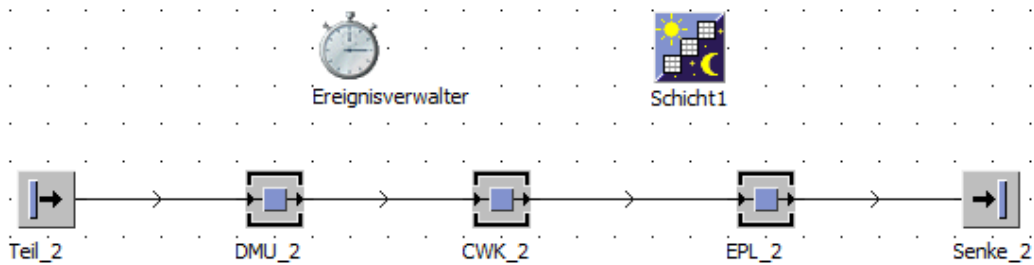


Abb.28: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 2

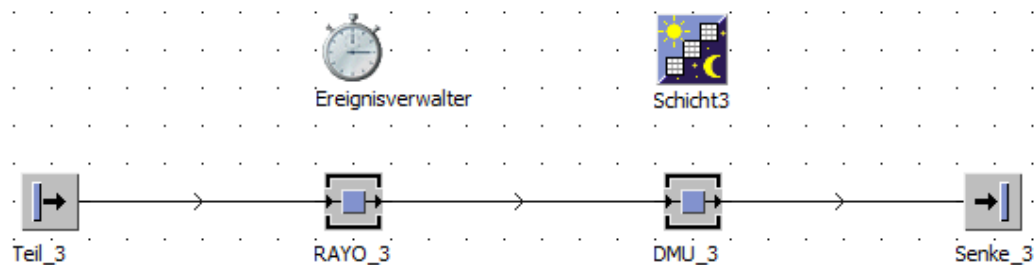


Abb.29: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 3

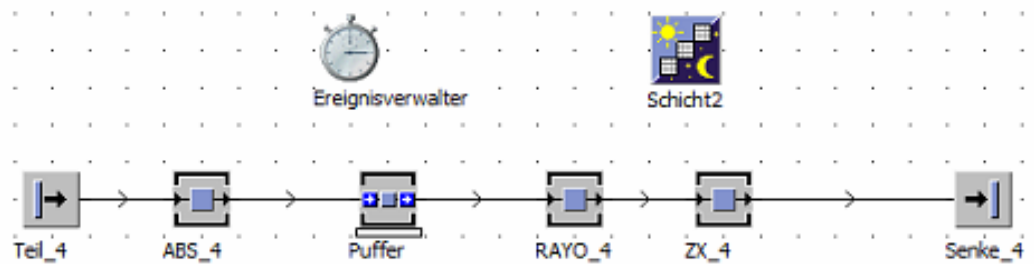


Abb.30: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 4

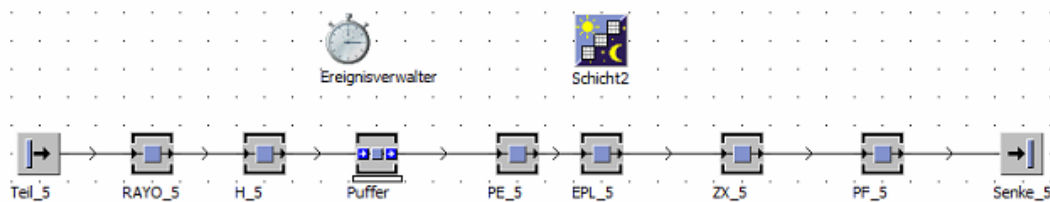


Abb.31: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 5



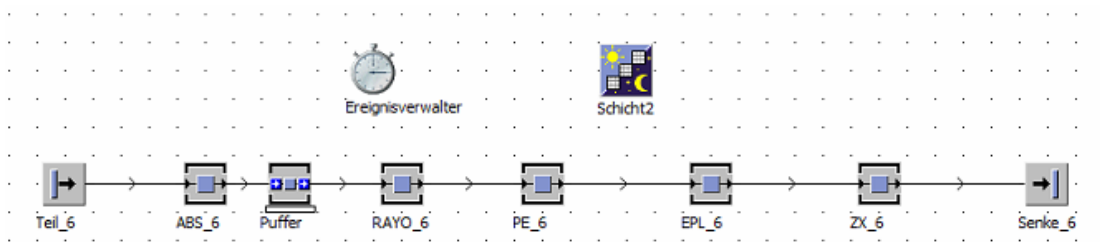


Abb.32: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 6

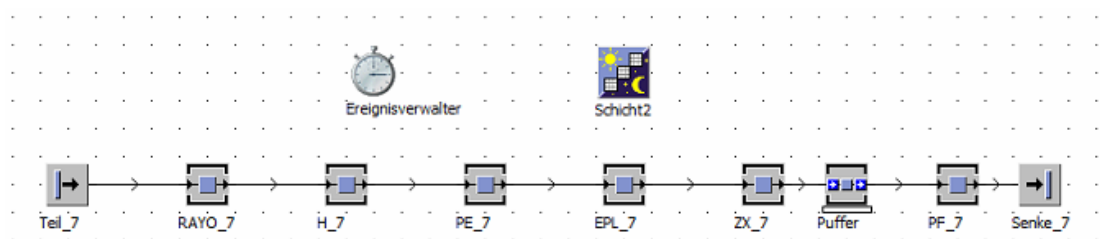


Abb.33: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 7

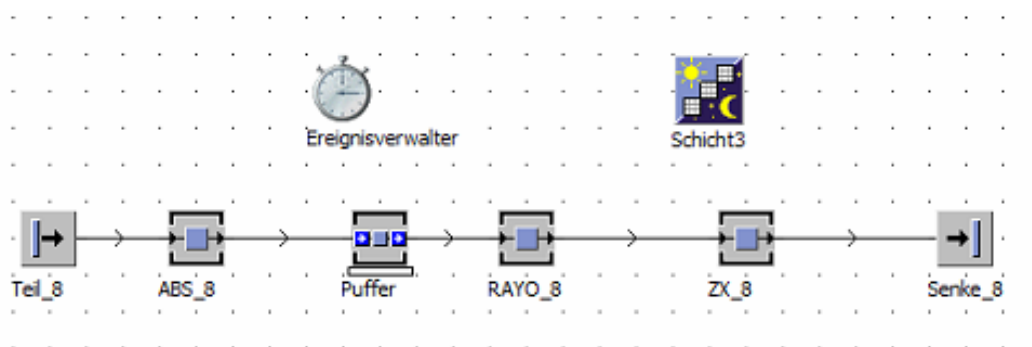


Abb.34: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 8

Dann werden sie noch einmal simuliert und die Statistiktabelle (Abbildung 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42) wieder überprüft. Alle Modelle müssen in Ordnung sein.

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_1	Teil1	1:25:28.3772	49331	6	77.69%	0.00%	22.31%	46.80%	

Abb.35: neue Statistiktabelle für Teil 1

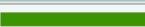
Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_2	Teil2	36:21.8479	50526	6	100.00%	0.00%	0.00%	13.75%	

Abb.36: neue Statistiktabelle für Teil 2

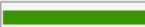
Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_3	Teil3	34:27.7752	36600	4	100.00%	0.00%	0.00%	40.62%	

Abb.37: neue Statistiktabelle für Teil 3


Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_4	Teil4	1:20:14.9848	50954	6	48.74%	0.00%	51.26%	11.84%	

Abb.38: neue Statistiktabelle für Teil 4


Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_5	Teil5	1:00:04.3998	63803	7	69.14%	0.00%	30.86%	25.80%	

Abb.39: neue Statistiktabelle für Teil 5


Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_6	Teil6	1:21:52.6628	51330	6	50.09%	0.00%	49.91%	13.43%	

Abb.40: neue Statistiktabelle für Teil 6


Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_7	Teil7	1:05:44.4017	51338	6	73.97%	0.00%	26.03%	27.38%	

Abb.41: neue Statistiktabelle für Teil 7

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_8	Teil8	1:13:28.8545	52565	6	45.58%	0.00%	54.42%	14.97%	

Abb.42: neue Statistiktabelle für Teil 8

## 4.2 Fließfertigung

Zur Erstellung eines Modells in Fließfertigung wird Teil 2 ausgewählt, weil die Bearbeitungszeiten in der Tabelle 4 von 3 Maschinen getaktet sind.

Maschine	DMU	CWK	EPL
Bearbeitungszeit [min]	2	2	1

Tabelle 4: die Bearbeitungszeit der Maschine von Teil 2

Deshalb ist ein Baustein Takt im Modell nötig (Abb.43). Die erste Station des Takts ist DMU und Letzte Station ist EPL. Schichtsystem und Maschinenanzahl sind gleich wie das Modell der Reihenfertigung von Teil 2.

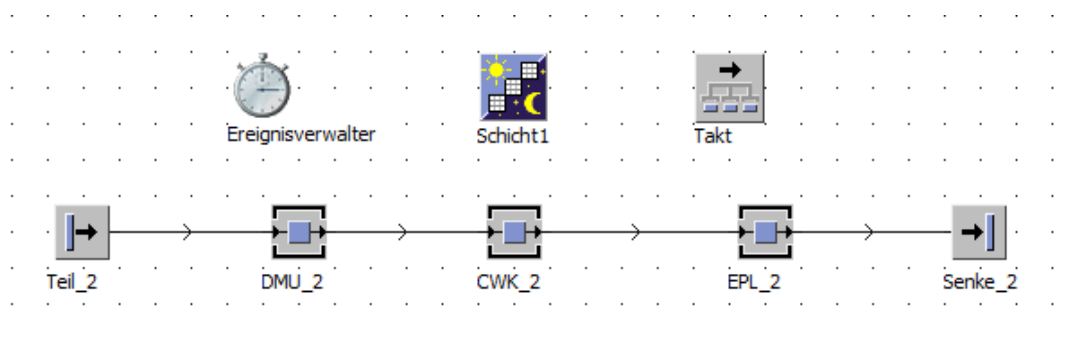


Abb.43: Modell der Fließfertigung von Teil 2

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke_2	Teil2	36:21.8479	50526	6	100.00%	0.00%	0.00%	13.75%	

Abb.44: Statistiktabelle der Fließfertigung für Teil 2

Wie Sie sehen, beeinflusst der Takt das Ergebnis nicht, weil die Bearbeitungszeit der letzten Maschine kürzer als andere Stationen ist. Deswegen wartet die Maschine EPL immer.

## 4.3 Werkstattfertigung

### 4.3.1 Beschreibung des Modells der Werkstattfertigung von Schneckengetrieben

Zur Modellierung der Werkstattfertigung werden Losgröße und Rüstzeit berücksichtigt. Losgröße bezeichnet die Menge von Produkten eines Fertigungsauftrags im Fall einer Losfertigung. Im Folgenden ist ein Beispielsmodell (Abb.45) mit Losgröße. Auf der linken Seite des Modells ist eine Quelle zur Erzeugung der Rohteile als Los und sie bewegen sich zu der Einzelstation. Die andere Quelle erzeugt die Palette. Die Rohteile werden durch die Umladestation auf die Palette geladen und zu weiteren Maschinen transportiert. Die Rüstzeiten der Maschinen von unterschiedlichen Teile stehen in der Tabelle 6. Die Strukturierung bzw. Layoutgestaltung erfolgt auf Basis folgender Ausgangsdaten im Abbildung 46.

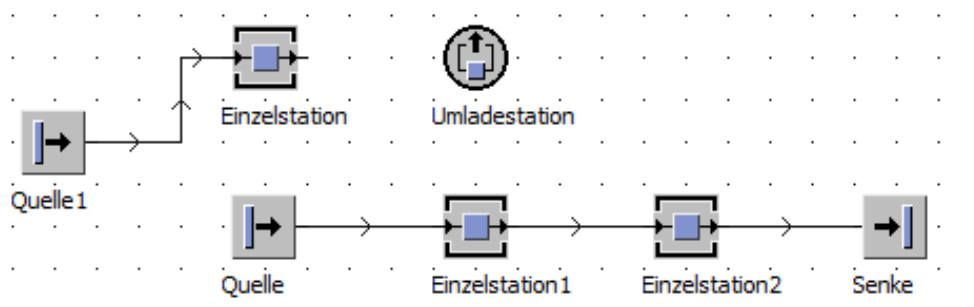


Abb.45: Modell mit Losgröße

Ifd. Nr.	Zeichnungs-Nr.	Benennung	$X_L$ [Stck/Los]	$Z_L$ [Los/a]	$Z_{TE,L}$ Volumen [TE/Los]	$Z_{TE,L}$ Gewicht [TE/Los]	$Z_{TE,L}$ Abgleich [TE/Los]
1	MT 110.10.00.001	Schnecken-Fußgehäuse	450	80	6	4	6
2	MT 110.10.00.002	Gehäusedeckel	1.200	30	1	3	3
3	MT 110.10.01.001	Antriebsgehäuse	750	48	3	3	3
4	MT 110.10.01.002	Antriebswelle	1.200	30	1	2	2
5	MT 110.10.01.003	Antriebsritzel	1.200	30	1	1	1
6	MT 110.10.00.003	Schnecke	1.200	30	1	2	2
7	MT 110.10.00.004	Antriebsrad	1.200	30	1	1	1
8	MT 110.10.00.005	Abtriebswelle	900	40	2	3	3

Abb.46: Ausgangsdaten [11]

$X_L$  – Fertigungslosgröße

$Z_L$  – Anzahl Fertigungslose pro Jahr

$Z_{TE,L}$  – Zahl der Transporteinheiten je Los

Die meisten Teile brauchen zwei oder mehr Paletten pro Los wegen großes Volumen und Gewicht. Nach der Losgröße und Zahl der Transporteinheit im Abbildung 46 kann die Stückzahl jede Palette ausgerechnet werden.

Teil-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Losgröße	450	1200	750	1200	1200	1200	1200	900
Transporteinheit	6	3	3	2	1	2	1	3
Stückzahl pro Palette	75	400	250	600	1200	600	1200	300

Tabelle 5: Bestimmung der Stückzahl pro Palette

	Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Teil 5	Teil 6	Teil 7	Teil 8
DMU	16	12	20					
CWK	28	30						
EPL	8	8			5	5	5	
RAYO			22	25	18	25	25	25
ABS				15		15		8
ZX				15	15	17	15	24
H					17		20	
PE					24	24	24	
PF					18		30	

Tabelle 6: Rüstzeit der Maschinen von acht Teile [11]

In der Herstellung von Schneckengetrieben mit Werkstattfertigung werden die Maschinen in sieben Bereiche verteilt.

- fräsen: DMU, CWK, PE
- Endgeräten: EPL

- drehen: RAYO
- sägen: ABS
- schleifen: ZX
- räumen: H
- wälzschälen: PF

Abbildung 47 zeigt die Produktionsstruktur.

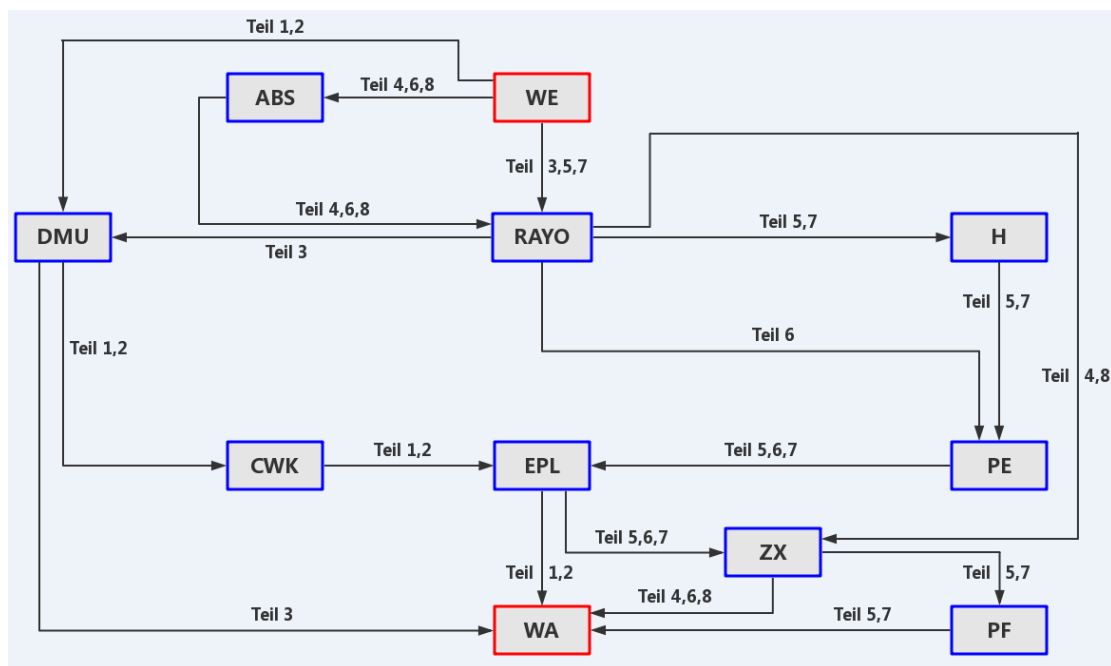


Abb.47: Struktur der Werkstattfertigung von Schneckengetrieben

Im Folgenden sind dieses Modell dargestellt (Abbildung 48).

- Alle Maschinen arbeiten in 3-Schichtsystem.
- Die Maschinenanzahl wurde mit einer Maschine je Maschinentyp pro festgelegt.
- Die Verfügbarkeit aller Maschinen betragen 95%.
- Die Simulationszeit beträgt ein Jahr.

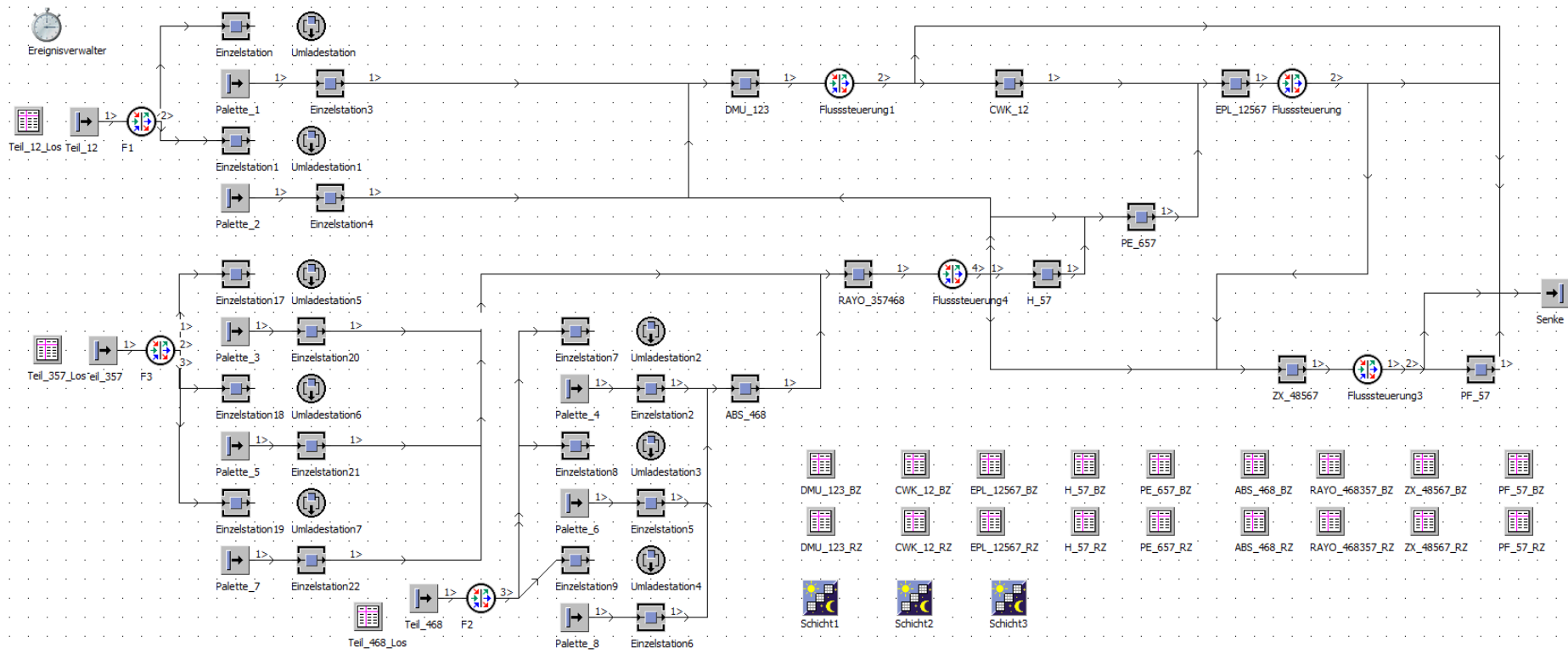


Abb.48: Modell der Werkstattfertigung

### 4.3.2 Bewertung des Modells

Durch diese Statistiktabelle ist es klar zu sehen, dass nur Teil 1, 2, 5, 7 Durchsätze haben. Die ausgerechnete Werte im Tabelle 7 zeigt an, dass der Durchsatz von Teil 2 erreicht ist. Um die Gründe zu finden, wird ein Baustein Diagramm für alle Maschinen im Modell eingesetzt.

**Kumulierte Statistik der von der Senke gelöschten Teile**

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke	Palette1	9:04:17:55.9289	119	0	100.00%	0.00%	0.00%	22.70%	
Senke	Palette2	9:09:15:27.7955	120	0	100.00%	0.00%	0.00%	14.81%	
Senke	Palette5	17:07:12:08.9351	1	0	100.00%	0.00%	0.00%	74.67%	
Senke	Palette7	24:14:39:35.3696	1	0	100.00%	0.00%	0.00%	60.95%	

Abb.49: Statistiktabelle der Werkstattfertigung

	Teil 1	Teil 2	Teil 5	Teil 7
Zahl pro Palette	75	400	1.200	1.200
Palette	119	120	1	1
Durchsatz	8.925	48.000	1.200	1.200

Tabelle 7: Berechnung des Durchsatzes

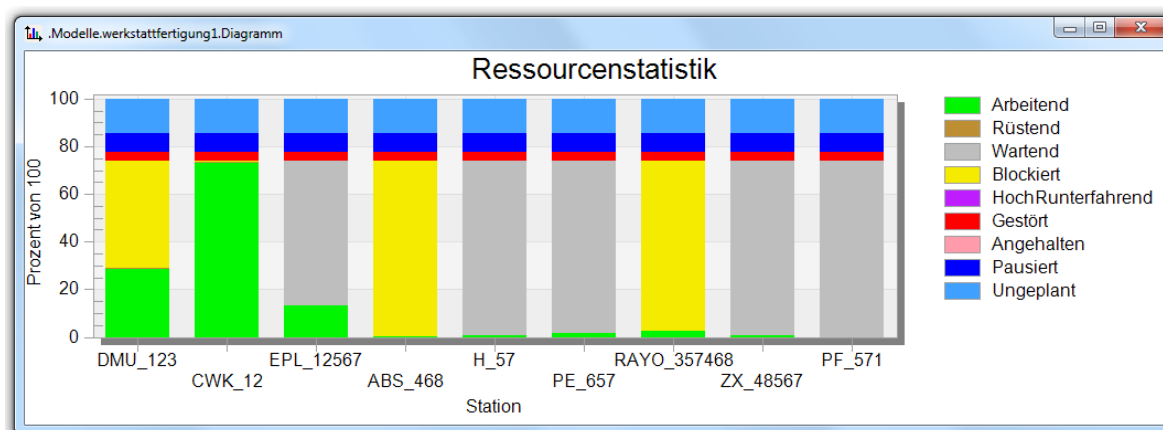


Abb.50: Diagramm der Ressourcenstatistik aller Maschinen im Werkstattfertigung

Das Diagramm sagt aus, dass die Maschinen RAYO 70% und ABS 74% des ganzen Jahres blockiert sind. Die Blockiertzeit der Maschinen DMU beträgt 45%. Wenn die zweite Maschine immer arbeitet, können die Teile nicht von der ersten Maschine zur zweiten Maschine transportiert werden. Dann wird die erste Maschine blockiert, d. h., die Arbeitszeit der zweiten Maschine zu wenig ist.



---

Zur Verbesserung solcher Fehler wird das Modell in den folgenden Bereichen optimiert:

- Maschinenanzahl
- das Schichtsystem pro Maschine
- die Pufferplatzanzahl zwischen den Maschinen

### **4.3.3 Optimierung des Modells**

Zuerst wird das Schichtsystem pro Maschine ermittelt und dann die Maschinenanzahl berechnet. Durch die Tabelle 8 sehen wir, dass sich die Maschinenanzahl und Schichtsystem pro Maschine ändern. Nach theoretischer Berechnung brauchen das Modell der Werkstattfertigung von Schneckengetrieben

- 2 DMU in 3-Schichtsystem,
- 4 CWK in 3-Schichtsystem,
- 1 EPL in 2-Schichtsystem,
- 4 RAYO in 3-Schichtsystem,
- 1 ABS in 1-Schichtsystem,
- 2 ZX in 3-Schichtsystem,
- 1 H in 1-Schichtsystem,
- 1 PE in 3-Schichtsystem,
- 1 PF in 3-Schichtsystem.

Dann wird das Layout des Modells aktualisiert (siehe Abb.51).

Betriebsmittel	Teil-Nr	Z <sub>L</sub> [Los/a]	X <sub>L</sub> [Stck/Los]	t <sub>r</sub> [min/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]	T <sub>K</sub> [h/a]	A [d/a]	h [min/S]	η	S [S/d]	T <sub>E</sub> [h/a]	BM <sub>r</sub> [Stck]	BM [Stck]
DMU 35	1	80	450	16	6	3621	302	435	0,95	3	6240	0,58	
	2	30	1200	12	2	1206	302	435	0,95	3	6240	0,19	
	3	48	750	20	4	2416	302	435	0,95	3	6240	0,39	
	Σ					7243		435				1,16	2
CWK 500	1	80	450	28	32	19237	302	435	0,95	3	6240	3,08	
	2	30	1200	30	2	1215	302	435	0,95	3	6240	0,19	
	Σ					20452						3,28	4
EPL	1	80	450	8	2	1211	302	435	0,95	2	4160	0,29	
	2	30	1200	8	1	604	302	435	0,95	2	4160	0,15	
	5	30	1200	5	1	603	302	435	0,95	2	4160	0,14	
	6	30	1200	5	1	603	302	435	0,95	2	4160	0,14	
	7	30	1200	5	1	603	302	435	0,95	2	4160	0,14	
	Σ					3622						0,87	1
	RAYO 165	3	48	750	22	10	6018	302	435	0,95	3	6240	0,96
4		30	1200	25	5	3013	302	435	0,95	3	6240	0,48	
5		30	1200	18	4	2409	302	435	0,95	3	6240	0,39	
6		30	1200	25	5	3013	302	435	0,95	3	6240	0,48	
7		30	1200	25	5	3013	302	435	0,95	3	6240	0,48	
8		40	900	25	7,5	4517	302	435	0,95	3	6240	0,72	
Σ						21981						3,52	4
ABS 265		4	30	1200	15	0,5	308	250	435	0,95	1	1722	0,18
	6	30	1200	15	1	608	250	435	0,95	1	1722	0,35	
	8	40	900	8	1	605	250	435	0,95	1	1722	0,35	
Σ					1520						0,88	1	
ZX 1	4	30	1200	15	4	2408	302	435	0,95	3	6240	0,39	
	5	30	1200	15	2	1208	302	435	0,95	3	6240	0,19	
	6	30	1200	17	2	1209	302	435	0,95	3	6240	0,19	
	7	30	1200	15	1,5	908	302	435	0,95	3	6240	0,15	
	8	40	900	24	2,5	1516	302	435	0,95	3	6240	0,24	
	Σ					7247						1,16	2
H 100	5	30	1200	17	1	609	250	435	0,95	1	1722	0,35	
	7	30	1200	20	1,5	910	250	435	0,95	1	1722	0,53	
	Σ					1519						0,88	1
PE 150 C	5	30	1200	24	4	2412	302	435	0,95	3	6240	0,39	
	6	30	1200	24	2	1212	302	435	0,95	3	6240	0,19	
	7	30	1200	24	4	2412	302	435	0,95	3	6240	0,39	
	Σ					6036						0,97	1
PF 150	5	30	1200	18	3,5	2109	302	435	0,95	3	6240	0,34	
	7	30	1200	30	5	3015	302	435	0,95	3	6240	0,48	
	Σ					5124						0,82	1

Tabelle 8: Berechnung der Maschinenanzahl

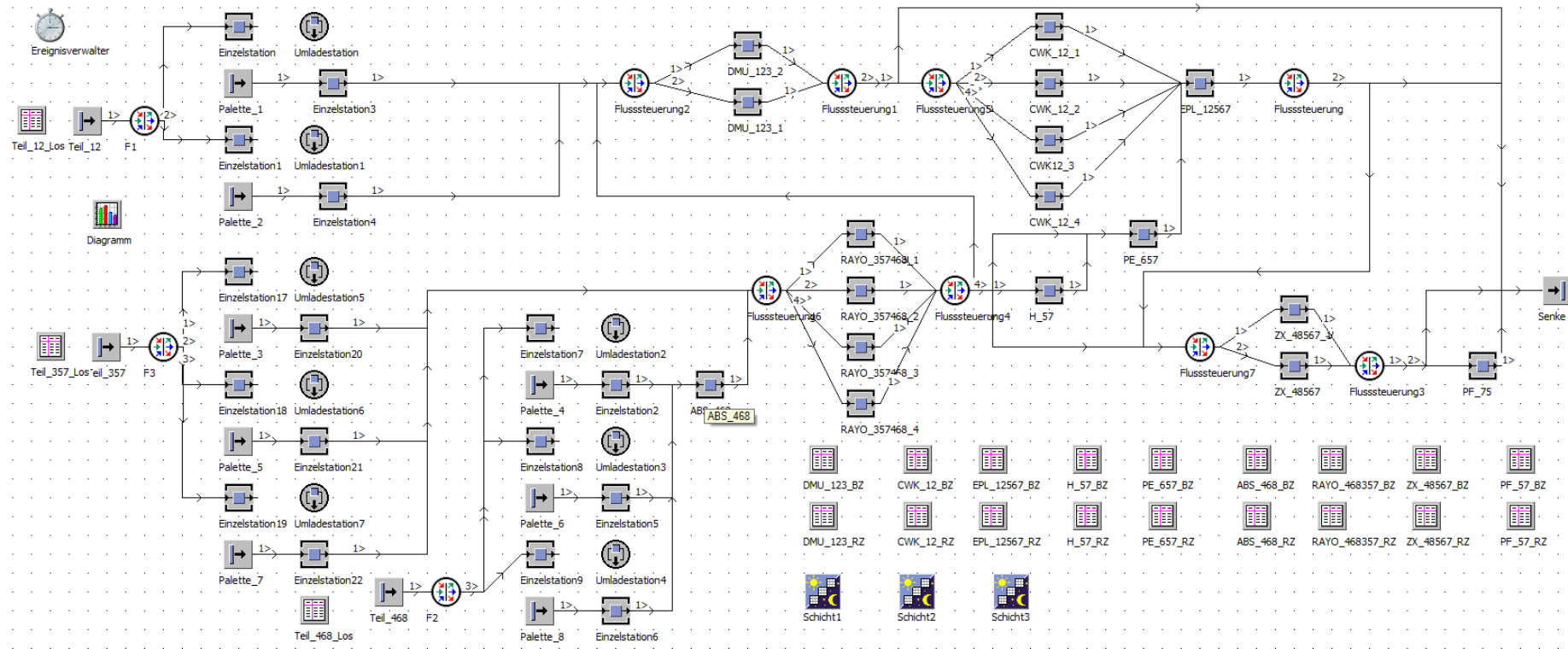


Abb.51: Modell der Werkstattfertigung nach erster Optimierung

**Kumulierte Statistik der von der Senke gelöschten Teile**

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke	Palette1	5:02:31:48.4615	445	0	100.00%	0.00%	0.00%	40.82%	
Senke	Palette2	4:15:14:58.8831	338	0	100.00%	0.00%	0.00%	29.98%	
Senke	Palette5	39:01:47:51.0392	3	0	100.00%	0.00%	0.00%	33.06%	
Senke	Palette7	40:05:47:18.2314	4	0	100.00%	0.00%	0.00%	37.28%	

Abb.52: Statistiktabelle nach erster Optimierung

	Teil 1	Teil 2	Teil 5	Teil 7
Zahl pro Palette	75	400	1.200	1.200
Palette	445	338	3	4
Durchsatz	33.375	135.200	3.600	4.800

Tabelle 9: Berechnung des Durchsatzes nach erster Optimierung

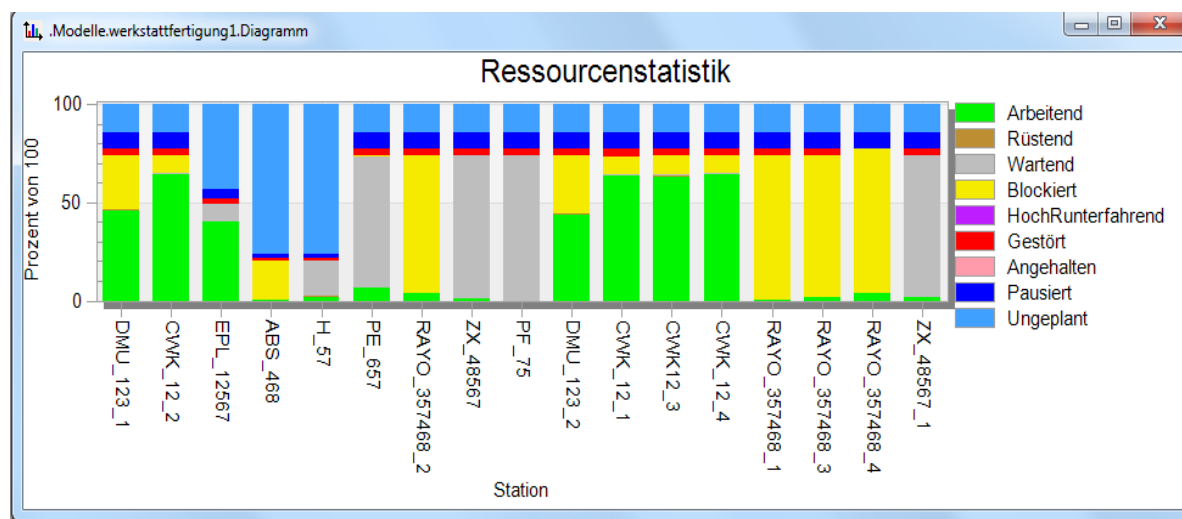


Abb.53: Diagramm der Ressourcenstatistik nach erster Optimierung

Die Statistiktabelle in Abbildung 52 zeigt an, dass die Anzahl der Paletten von Teil 1 viel steigt. Aber Teil 3, 4, 6, 8 haben noch keinen Durchsatz. Das Diagramm in Abbildung 53 weist auch auf, dass der Prozent der Arbeitszeit pro Maschine sich erhöht aber noch viele Maschinen blockiert sind. Durch die Vergleichung von Tabelle 7 und Tabelle 9 ist einfach zu sehen, dass der Durchsatz von Teil 5 sich nur zu 2.400, Teil 7 sich zu 3.600 erhöht, und Teil 3, 4, 5, 6, 7, 8 immer keinen Durchsatz haben, obwohl 3 RAYO und 1 ZX sich steigen. Wegen der unterschiedlichen Bearbeitungszeit, wie die Bearbeitungszeit von ABS einige Stunden ist, aber die Bearbeitungszeit von RAYO einige Tage dauert, ist die Maschinen ABS immer blockiert. In diesem Fall ist der Durchsatz nicht abhängig von der Maschinenanzahl, sondern von Pufferplätzen.

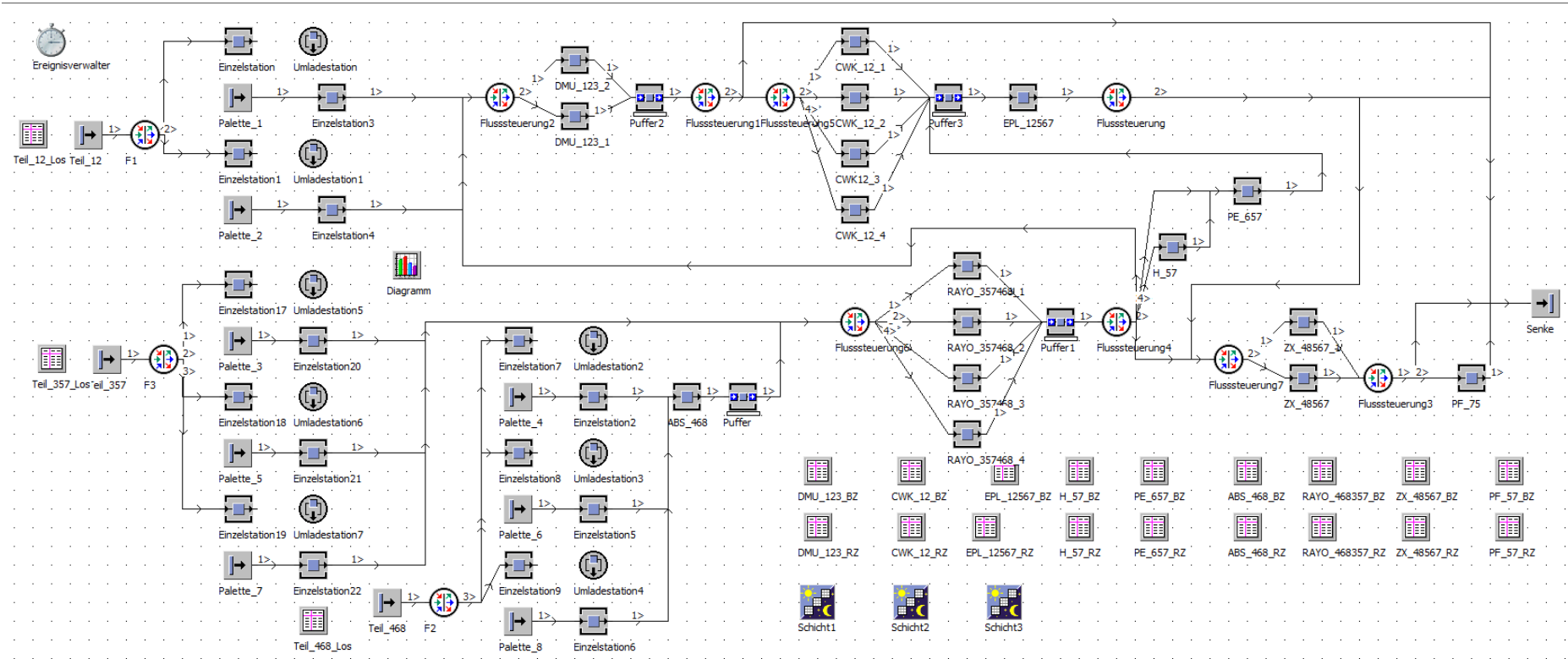


Abb.54: Modell nach zweiter Optimierung

In diesem Modell wird zuerst vier Pufferanlagen (Abb.54) nach den blockierten Maschinen DMU, ABS, RAYO, CWK.

**Kumulierte Statistik der von der Senke gelöschten Teile**


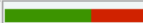
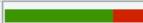
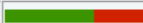
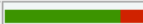
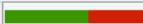


Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke	Palette1	9:10:08:12.0696	399	0	59.23%	0.00%	40.77%	22.12%	
Senke	Palette2	9:02:49:38.4439	289	0	59.50%	0.00%	40.50%	15.24%	
Senke	Palette3	41:09:41:13.1583	33	0	73.79%	0.00%	26.21%	5.87%	
Senke	Palette4	131:12:09:41.0137	10	0	61.44%	0.00%	38.56%	3.01%	
Senke	Palette5	62:12:09:46.9072	30	0	78.50%	0.00%	21.50%	20.67%	
Senke	Palette6	121:16:46:36.5662	11	0	57.08%	0.00%	42.92%	3.77%	
Senke	Palette7	64:06:27:06.0699	30	0	79.30%	0.00%	20.70%	23.34%	
Senke	Palette8	117:19:47:14.8039	11	0	55.77%	0.00%	44.23%	1.95%	

Abb.55: Statistiktabelle nach zweiter Optimierung

	Zahl pro Palette	Palette	Durchsatz
Teil 1	75	399	29.925
Teil 2	400	289	115.600
Teil 3	250	33	8.250
Teil 4	600	10	6.000
Teil 5	1200	30	36.000
Teil 6	600	11	6.600
Teil 7	1200	30	36.000
Teil 8	300	11	3.300

Tabelle 10: Berechnung des Durchsatzes nach zweiter Optimierung

Es ist klar, dass die Ergebnisse in der Statistiktabelle (Abb.55) nach der Simulation verbessert werden. Jedes Teil hat schon einen Durchsatz. Die Mengen in der Tabelle 10 sagen aus, dass der Durchsatz von Teil 2, 5, 7 die Zielgröße erreichen kann. Aber Teil 2 wird viel größer als 36.000 produziert.

Noch ein Problem ist, dass die Anzahl der Paletten von Teil 3, 5, 7 und von Teil 4, 6, 8 ähnlich, aber Stückzahl pro Palette unterschiedlich ist. Alle diese Teile werden auf der Maschine RAYO bearbeitet. Dann können die Maschinen RAYO in zwei Gruppen verteilt werden. 2 RAYO bearbeiten Teil 3, 5, 7, und 2 RAYO bearbeiten Teil 4, 6, 8. Die Stückzahl pro Palette von Teil 5 und Teil 7 beträgt 1200, aber von Teil 3 nur 250. Deswegen braucht ein RAYO zur Bearbeitung von Teil 3. Aus dem gleichen Grund wird noch ein ABS für Teil 8 und ein DMU gesetzt. Ein DMU bearbeitet nur Teil 2 mit 1-Schichtsystem. Teil 1 und Teil 3 werden reihum zu der anderen zwei DMU transportiert und dort in 2 Schichten bearbeitet. Sonst ist noch ein PE notwendig und beide Maschinen arbeiten mit 2-Schichtsystem. Das Schichtsystem von EPL ändert

sich auch, nicht mit 2-Schichtsystem sondern mit 3-Schichtsystem.

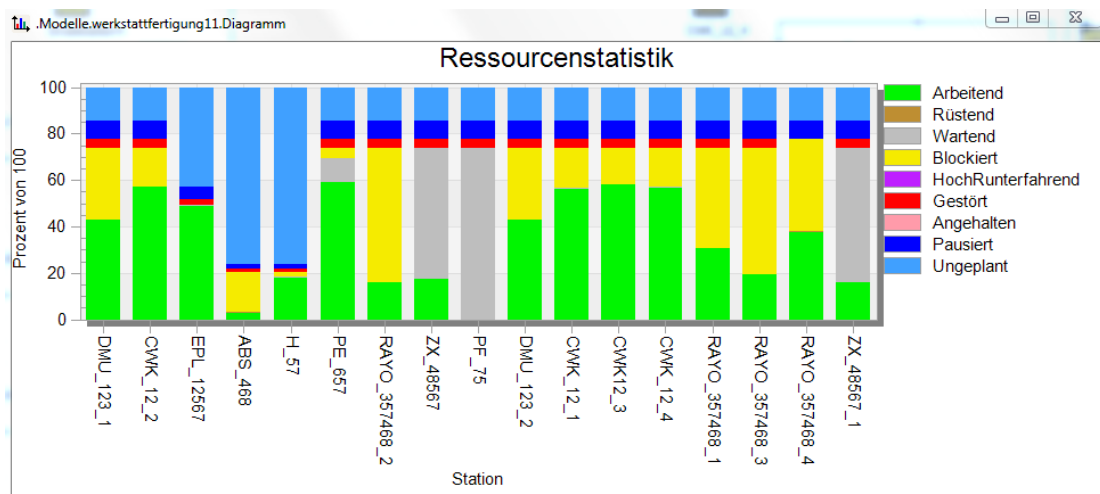


Abb.56: Diagramm der Ressourcenstatistik nach der zweiten Optimierung

Nach obere Abbildung 56 werden insgesamt 8 Puffer für die Maschinen DMU, CWK, ABS, RAYO und EPL eingesetzt. Das neues Modell zeigt in der Abbildung 57.

Alle acht Teile werden nach diesem Fertigungsprozess 36.000 pro Jahr produziert (siehe Tabelle 11). Die mittlere Durchlaufzeit jedes Teil liegt in der dritten Spalte in der Abbildung 58. Um die Auslastung pro Maschine in diesem Modell zu rechnen, werden alle Dateien in der Tabelle 8 erneuert. Die Auslastung pro Maschine steht in der letzten Spalte von Tabelle 12.

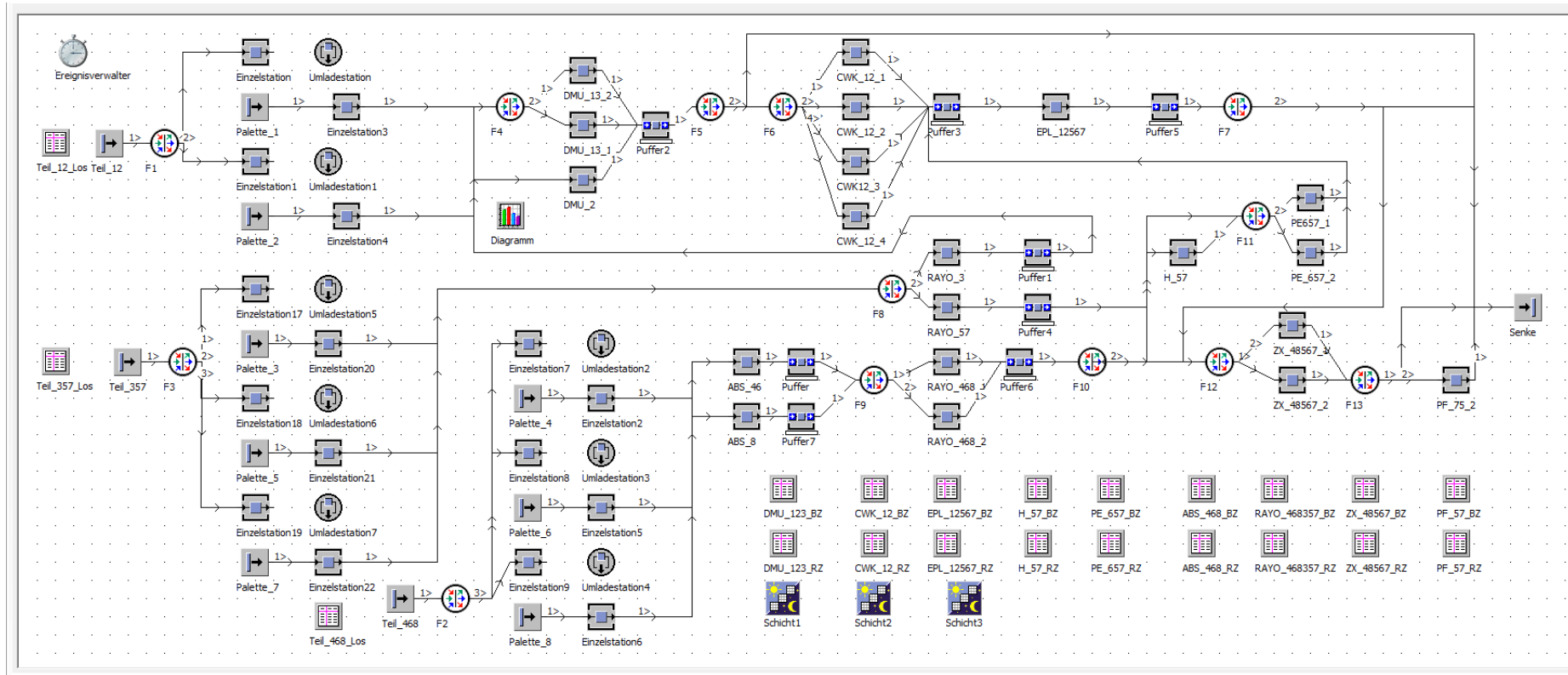


Abb.57: Modell nach dritter Optimierung



**Kumulierte Statistik der von der Senke gelöschten Teile**

Objekt	Name	Mittlere Durchlaufzeit	Durchsatz	TPH	Produktion	Transport	Lagerung	Wertschöpfung	Anteil
Senke	Palette1	6:02:39:24.1776	598	0	72.24%	0.00%	27.76%	34.10%	
Senke	Palette2	11:05:35:02.4073	127	0	85.27%	0.00%	14.73%	12.37%	
Senke	Palette3	10:07:02:27.8090	153	0	83.17%	0.00%	16.83%	23.62%	
Senke	Palette4	26:15:13:05.8863	71	0	64.21%	0.00%	35.79%	14.86%	
Senke	Palette5	53:20:33:42.8904	32	0	79.45%	0.00%	20.55%	23.98%	
Senke	Palette6	28:03:35:10.1442	73	0	63.77%	0.00%	36.23%	16.28%	
Senke	Palette7	56:02:24:39.7946	31	0	83.19%	0.00%	16.81%	26.74%	
Senke	Palette8	19:02:27:04.7609	147	0	51.78%	0.00%	48.22%	12.00%	

Abb.58: Statistiktabelle nach dritter Optimierung

	Zahl pro Palette	Palette	Durchsatz
Teil 1	75	598	44.850
Teil 2	400	127	50.800
Teil 3	250	153	38.250
Teil 4	600	71	42.600
Teil 5	1200	32	38.400
Teil 6	600	73	43.800
Teil 7	1200	31	37.200
Teil 8	300	147	44.100

Tabelle 11: Berechnung des Durchsatzes nach dritte Optimierung

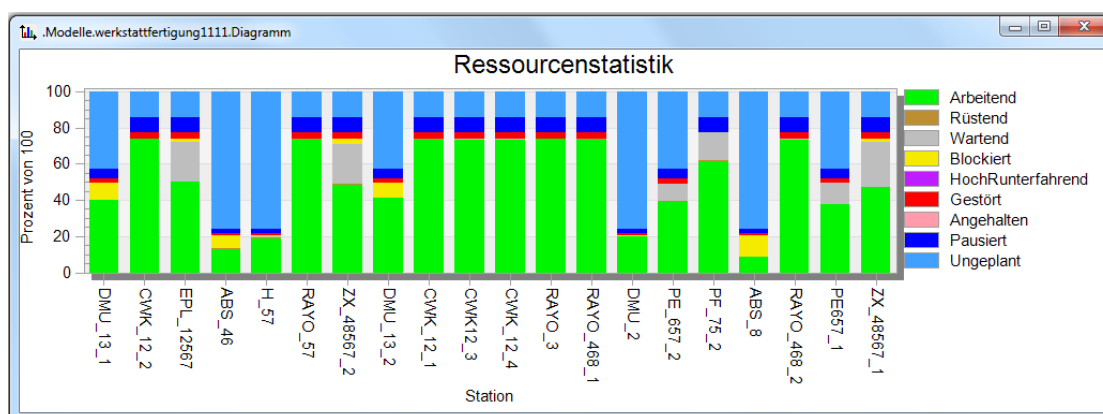


Abb.59: Diagramm der Ressourcenstatistik nach dritter Optimierung

Betriebsmittel	Teil-Nr	Z <sub>L</sub> [Los/a]	X <sub>L</sub> [Stck/Los]	t <sub>r</sub> [min/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]	T <sub>K</sub> [h/a]	A [d/a]	h [min/S]	η	S [S/d]	T <sub>E</sub> [h/a]	BM <sub>r</sub> [Stck]	BM [Stck]	Ausl. [%]
DMU	2	30	1200	12	2	1206	250	435	0.95	1	1722	0.70	1	70
	1	80	450	16	6	3621	302	435	0.95	2	4160	0.87	2	73
	3	48	750	20	4	2416	302	435	0.95	2	4160	0.58		
CWK	1	80	450	28	32	19237	302	435	0.95	3	6240	3.08	4	82
	2	30	1200	30	2	1215	302	435	0.95	3	6240	0.19		
EPL	1	80	450	8	2	1211	302	435	0.95	3	6240	0.19	1	59
	2	30	1200	8	1	604	302	435	0.95	3	6240	0.10		
	5	30	1200	5	1	603	302	435	0.95	3	6240	0.10		
	6	30	1200	5	1	603	302	435	0.95	3	6240	0.10		
	7	30	1200	5	1	603	302	435	0.95	3	6240	0.10		
RAYO	3	48	750	22	10	6018	302	435	0.95	3	6240	0.96	1	96
	4	30	1200	25	5	3013	302	435	0.95	3	6240	0.48	1	96
	6	30	1200	25	5	3013	302	435	0.95	3	6240	0.48		
	5	30	1200	18	4	2409	302	435	0.95	3	6240	0.39	1	87
	7	30	1200	25	5	3013	302	435	0.95	3	6240	0.48		
	8	40	900	25	7.5	4517	302	435	0.95	3	6240	0.72	1	72
ABS	4	30	1200	15	0.5	308	250	435	0.95	1	1722	0.18	1	53
	6	30	1200	15	1	608	250	435	0.95	1	1722	0.35		
	8	40	900	8	1	605	250	435	0.95	1	1722	0.35		
ZX	4	30	1200	15	4	2408	302	435	0.95	3	6240	0.39	2	58
	5	30	1200	15	2	1208	302	435	0.95	3	6240	0.19		
	6	30	1200	17	2	1209	302	435	0.95	3	6240	0.19		
	7	30	1200	15	1.5	908	302	435	0.95	3	6240	0.15		
	8	40	900	24	2.5	1516	302	435	0.95	3	6240	0.24		
H	5	30	1200	17	1	609	250	435	0.95	1	1722	0.35	1	88
	7	30	1200	20	1.5	910	250	435	0.95	1	1722	0.53		
PE	5	30	1200	24	4	2412	302	435	0.95	2	4160	0.58	2	73
	6	30	1200	24	2	1212	302	435	0.95	2	4160	0.29		
	7	30	1200	24	4	2412	302	435	0.95	2	4160	0.58		
PF	5	30	1200	18	3.5	2109	302	435	0.95	3	6240	0.34	1	82
	7	30	1200	30	5	3015	302	435	0.95	3	6240	0.48		
						5124								

Tabelle 12: Berechnung der Auslastung pro Maschine

## 5 Vergleichung von der Reihenfertigung und Werkstattfertigung

Die Fertigung von Schneckengetrieben wird von der Reihenfertigung und Werkstattfertigung simuliert. Um eine bevorzugende Fertigungsstruktur auszuwählen, werden die zwei Modelle in solchen Kenngrößen verglichen:

- Durchlaufzeit
- Maschinenanzahl
- Auslastung pro Maschine

Die Durchlaufzeit ist ein zentraler Begriff der Fertigungssteuerung. Innerhalb der Fertigung bezeichnet die Durchlaufzeit die Zeitspanne, die von Beginn der Bearbeitung bis zur Fertigstellung eines Fertigerzeugnisses benötigt wird. [13]

	Reihenfertigung		Werkstattfertigung
Teil 1	1:25:29	Palette 1	6:02:39:25
Teil 2	36:22	Palette 2	11:05:35:03
Teil 3	34:28	Palette 3	10:07:02:28
Teil 4	1:20:15	Palette 4	26:15:13:06
Teil 5	1:00:05	Palette 5	53:20:33:43
Teil 6	1:21:53	Palette 6	28:03:35:11
Teil 7	1:05:45	Palette 7	56:02:24:40
Teil 8	1:33:29	Palette 8	19:02:27:05

Tabelle 13: Durchlaufzeit jedes Teils in der Reihenfertigung/ jeder Palette in der Werkstattfertigung

Die Durchlaufzeit bei der Reihenfertigung bezeichnet als jedes Teil, aber die Durchlaufzeit bei der Werkstattfertigung ist als jede Palette. In diesem Fall ist es schwer zu sagen, welche Fertigungsstruktur weniger Durchlaufzeit beträgt.

	Reihenfertigung	Werkstattfertigung
DMU	3	3
CWK	5	4
EPL	5	1
RAYO	6	4
H	2	1
PE	3	2
PF	2	1
ZX	5	2
Summer	31	18

Tabelle 14: Maschinenanzahl in den 2 Modellen

Die Maschinenanzahl basiert auf der Bearbeitungszeit eines Teils. Außerdem beeinflussen die verschiedenen Fertigungsstrukturen die Zahl der Maschinen. Tabelle 14 zeigt an, dass insgesamt 31 Maschinen für die Reihenfertigung benötigt werden, die mehr als die Maschinenanzahl in der Werkstattfertigung sind. Mehr Maschinen zu kaufen erhöht nicht nur die Fixkosten, sondern auch die Personalkosten, weil die Firma mehr Mitarbeiter beschäftigen muss. Außerdem müssen Zwischenanlagen in den zwei Modellen eingesetzt werden.

In der folgenden Tabelle 15 wird die Auslastung pro Maschine in Reihenfertigung und Werkstattfertigung verglichen. Natürlich haben die Maschinen in der Werkstattfertigung höheren Auslastungsgrad. In der Werkstattfertigung kann die Maschinen eines Typs gleichzeitig viele unterschiedliche Teile bearbeiten, was den Nutzungsgrad maximal macht.

Zusammenfassung: das Schneckengetriebe wird besser in Werkstattfertigung hergestellt.

Teil-Nr.	Maschinen	Reihenfertigung	Werkstattfertigung
1	DMU	0,58	0,73
	CWK	0,77	0,82
	EPL	0,19	0,59
2	DMU	0,70	0,70
	CWK	0,70	0,82
	EPL	0,35	0,59
3	DMU	0,38	0,73
	RAYO	0,96	0,96
4	RAYO	0,72	0,96
	ABS	0,07	0,53
	ZX	0,58	0,58
5	EPL	0,14	0,59
	RAYO	0,58	0,87
	ZX	0,29	0,58
	H	0,14	0,88
	PE	0,58	0,73
6	PF	0,50	0,82
	EPL	0,14	0,59
	RAYO	0,72	0,96
	ABS	0,14	0,53
	ZX	0,29	0,58
7	PE	0,29	0,73
	EPL	0,14	0,59
	RAYO	0,72	0,87
	ZX	0,22	0,58
	H	0,22	0,88
	PE	0,58	0,73
8	PF	0,72	0,82
	RAYO	0,72	0,72
	ABS	0,10	0,35
	ZX	0,24	0,58

Tabelle 15: Auslastung pro Maschine

---

## 6 Fazit

Der Schwerpunkt dieser Arbeit ist zu untersuchen, ob das Schneckengetriebe besser in Reihenfertigung oder in Werkstattfertigung hergestellt werden soll. Mit der Software Plant Simulation können ein Modell in Reihenfertigung ohne Losgröße und ein Modell in Werkstattfertigung mit Losgröße und Rüstzeit erstellt werden. Um die Zielgröße des Durchsatzes zu erreichen, werden die Maschinenanzahl, Schichtsystem pro Maschine und Pufferplätze zwischen den Maschinen mit Hilfe vom Tool in der Software optimiert. Durch die Vergleichung der Durchlaufzeit jedes Teils, der Kosten für Maschinen und der Auslastung pro Maschine wird eine Zusammenfassung gegeben: die Werkstattfertigung ist bevorzugend.

Im Vergleich zu der Werkstattfertigung ist für die Reihenfertigung mehr Maschinen benötigt und die Auslastung jeder Maschine niedriger als die Maschinen in Werkstattfertigung. Aber die Werkstattfertigung hat auch ein Vorteil, dass viel Pufferplätze zwischen den Maschinen wegen der komplizierten Fertigungsstruktur eingesetzt werden müssen. Es ist ein Vorteil von Gruppenfertigung. Gruppenfertigung ermöglicht den Nutzungsgrad der Maschinen höher als bei Reihenfertigung. Deshalb ist die Gruppenfertigung auch eine durchführbare Auswahl.

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Software Plant Simulation 6.....	6
Abb.2: Modell der Kleinteilfertigung 8.....	8
Abb.3: Skizze der Werkstattfertigung und Gruppenfertigung.....	9
Abb.4: Skizze der Fließ- und Reihenfertigung.....	10
Abb.5: Schneckengetriebe MT110.....	11
Abb.6: Explosionsdarstellung Gesamtsystem.....	12
Abb.7: Schichtkalender für das 1-Schichtsystem.....	14
Abb.8: Schichtkalender für das 2-Schichtsystem.....	14
Abb.9: Schichtkalender für das 3-Schichtsystem.....	14
Abb.10: Modell der Reihenfertigung für Teil 1.....	17
Abb.11: Modell der Reihenfertigung für Teil 2.....	17
Abb.12: Modell der Reihenfertigung für Teil 3.....	17
Abb.13: Modell der Reihenfertigung für Teil 4.....	18
Abb.14: Modell der Reihenfertigung für Teil 5.....	18
Abb.15: Modell der Reihenfertigung für Teil 6.....	18
Abb.16: Modell der Reihenfertigung für Teil 7.....	18
Abb.17: Modell der Reihenfertigung für Teil 8.....	19
Abb.18: Statistiktabelle für Teil 1.....	19
Abb.19: Statistiktabelle für Teil 2.....	19
Abb.20: Statistiktabelle für Teil 3.....	19
Abb.21: Statistiktabelle für Teil 4.....	19
Abb.22: Statistiktabelle für Teil 5.....	20
Abb.23: Statistiktabelle für Teil 6.....	20
Abb.24: Statistiktabelle für Teil 7.....	20
Abb.25: Statistiktabelle für Teil 8.....	20
Abb.26: Diagramm der Ressourcenstatistik von Linie 1.....	21
Abb.27: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 1.....	23
Abb.28: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 2.....	24
Abb.29: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 3.....	24
Abb.30: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 4.....	24

---

Abb.31: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 5 .....	24
Abb.32: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 6 .....	25
Abb.33: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 7 .....	25
Abb.34: neues Modell der Reihenfertigung für Teil 8 .....	25
Abb.35: neue Statistiktabelle für Teil 1 .....	25
Abb.36: neue Statistiktabelle für Teil 2 .....	26
Abb.37: neue Statistiktabelle für Teil 3 .....	26
Abb.38: neue Statistiktabelle für Teil 4 .....	26
Abb.39: neue Statistiktabelle für Teil 5 .....	26
Abb.40: neue Statistiktabelle für Teil 6 .....	26
Abb.41: neue Statistiktabelle für Teil 7 .....	26
Abb.42: neue Statistiktabelle für Teil 8 .....	26
Abb.43: Modell der Fließfertigung von Teil 2 .....	27
Abb.44: Statistiktabelle der Fließfertigung für Teil 2 .....	27
Abb.45: Modell mit Losgröße .....	28
Abb.46: Ausgangsdaten .....	28
Abb.47: Struktur der Werkstattfertigung von Schneckengetrieben .....	30
Abb.48: Modell der Werkstattfertigung .....	31
Abb.49: Statistiktabelle der Werkstattfertigung .....	32
Abb.50: Diagramm der Ressourcenstatistik aller Maschinen im Werkstattfertigung .....	32
Abb.51: Modell der Werkstattfertigung nach erster Optimierung .....	35
Abb.52: Statistiktabelle nach erster Optimierung .....	36
Abb.53: Diagramm der Ressourcenstatistik nach erster Optimierung .....	36
Abb.54: Modell nach zweiter Optimierung .....	37
Abb.55: Statistiktabelle nach zweiter Optimierung .....	38
Abb.56: Diagramm der Ressourcenstatistik nach der zweiten Optimierung .....	39
Abb.57: Modell nach dritter Optimierung .....	40
Abb.58: Statistiktabelle nach dritter Optimierung .....	41
Abb.59: Diagramm der Ressourcenstatistik nach dritter Optimierung .....	41
Abb.60: Schnecken-Fußgehäuse .....	52
Abb.61: Gehäusedeckel .....	52
Abb.62: Antriebsgehäuse .....	52
Abb.63: Antriebswelle .....	53



---

Abb.64: Antriebsritzel.....	53
Abb.65: Schnecke.....	53
Abb.66: Antriebsrad.....	53
Abb.67: Abtriebswelle.....	54
Abb.68: Arbeitspläne.....	54
Abb.69: Arbeitspläne.....	55

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Eigenfertigungsteile des Schneckengetriebes.....	13
Tabelle 2: Bearbeitungszeit der Maschinen von acht Teile.....	16
Tabelle 3: Bestimmung der Maschinenanzahl.....	22
Tabelle 4: die Bearbeitungszeit der Maschine von Teil 2.....	27
Tabelle 5: Bestimmung der Stückzahl pro Palette.....	29
Tabelle 6: Rüstzeit der Maschinen von acht Teile.....	29
Tabelle 7: Berechnung des Durchsatzes.....	32
Tabelle 8: Berechnung der Maschinenanzahl.....	34
Tabelle 9: Berechnung des Durchsatzes nach erster Optimierung.....	36
Tabelle 10: Berechnung des Durchsatzes nach zweiter Optimierung.....	38
Tabelle 11: Berechnung des Durchsatzes nach dritter Optimierung.....	41
Tabelle 12: Berechnung der Auslastung pro Maschine.....	42
Tabelle 13: Durchlaufzeit jedes Teils in der Reihenfertigung/ jeder Palette in der Werkstattfertigung.....	43
Tabelle 14: Maschinenanzahl in den 2 Modellen.....	44
Tabelle 15: Auslastung pro Maschine.....	45

## 9 Videoverzeichnis

1. Modell der Werkstattfertigung mit erster Optimierung
2. Modell der Werkstattfertigung mit zweiter Optimierung
3. Modell der Werkstattfertigung mit erster Optimierung
4. Modell der Werkstattfertigung mit Losgröße

---

## 9. Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Bachelorarbeit eigenständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen, Darstellungen und Hilfsmittel benutzt habe. Dies trifft insbesondere auch auf Quellen aus dem Internet zu. Alle Textstellen, die wortwörtlich oder sinngemäß anderen Werken oder sonstigen Quellen entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall unter genauer Angabe der jeweiligen Quelle, auch der Sekundärliteratur, als Entlehnung gekennzeichnet.

Ich erkläre hiermit weiterhin, dass die vorgelegte Arbeit zuvor weder von mir noch – soweit mir bekannt ist von einer anderen Person an dieser oder einer anderen Hochschule eingereicht wurde.

Darüber hinaus ist mir bekannt, dass die Unrichtigkeit dieser Erklärung eine Benotung der Arbeit mit der Note "nicht ausreichend" zur Folge hat und dass Verletzungen des Urheberrechts strafrechtlich verfolgt werden können.

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

---

## 10 Literaturverzeichnis

- [1]: <http://www.plant-simulation.de/>, 09.01.2017
- [2]: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/Images/plant-simulation-rear-axle-lg\\_tcm1023-136567.jpg](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/plant-simulation-rear-axle-lg_tcm1023-136567.jpg), 09.01.2017
- [3]: <http://www.promasim.com/de/software/pdfs/PlantSimulationProduktbeschreibung.pdf>, 09.01.2017
- [4]: <http://www.plant-simulation.de/einsatzbereiche.html>, 09.01.2017
- [5]: Software Plant Simulation, Beispiele, Kleinteilfertigung
- [6]: <https://www.der-wirtschaftsingenieur.de/index.php/fertigungsmittelanordnung/>  
22.03.2017
- [7]: <https://de.wikipedia.org/wiki/Werkstattfertigung>, 22.03.2017
- [8]: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gruppenfertigung>, 22.03.2017
- [9]: <https://card2brain.ch/box/logistik36>, 22.03.2017
- [10]: <https://de.wikipedia.org/wiki/Flie%C3%9Fbandfertigung>, 22.03.2017
- [11]: Prof. Dr.-Ing. Uwe Prét (FHTW Berlin), IBF der TU Chemnitz, plavis GmbH; Teilfertigungs- und Montageprojekt“ Schneckengetriebeproduktion“, Juli 2007
- [12]: [http://www.gunt.de/en/?option=com\\_gunt&task=gunt.list.category&product\\_id=972](http://www.gunt.de/en/?option=com_gunt&task=gunt.list.category&product_id=972), 09.01.2017
- [13]: <https://de.wikipedia.org/wiki/Durchlaufzeit>, 29.03.2017
- [14]: <http://www.uwe-pret.de/fabrikplanung/skripte/stapel3/getriebe.pdf>, 30.03.2016

# 11 Anlagenverzeichnis

## 11.1 Übersicht der Einzelteile

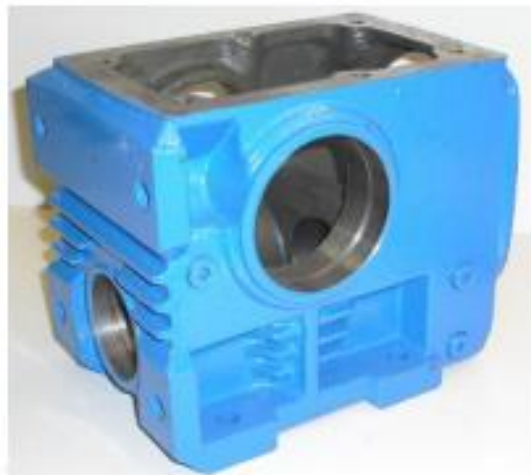


Abb.60: Schnecken-Fußgehäuse [14]



Abb.61: Gehäusedeckel [14]



Abb.62: Antriebsgehäuse [14]



Abb.63: Antriebswelle [14]



Abb.64: Antriebsritzel [14]



Abb.65: Schnecke [14]



Abb.66: Antriebsrad [14]

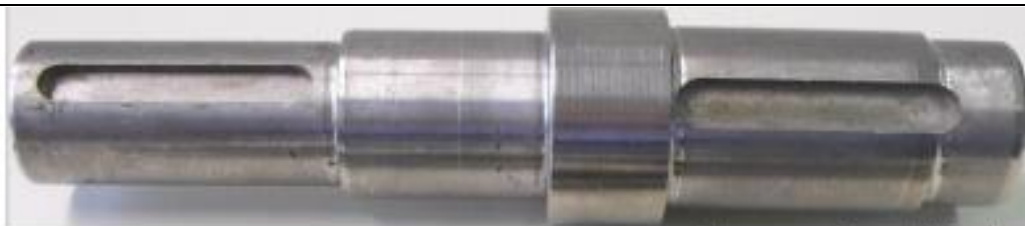


Abb.67: Abtriebswelle [14]

## 11.2 Arbeitspläne

<b>Teil 1 - Schnecken-Fußgehäuse MT 110.10.00.001</b>			
Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	Rüstzeit tr [min/Los]	Stückzeit te [min/Stck]
1-10 autom. strahlen innen u. außen 1225	extern	-	-
1-20 temp. Korrosionsschutz 1225	extern	-	-
1-30 fräsen Bezugsflächen in Vorr. (3 Seiten-Bearb.), SPC	DMU 35	16	6
1-40 fräsen fertig (5 Seitenbearb.)	CWK 500	28	32
1-50 entgraten	Entgratplatz	8	2
1-60 prüfen n. Prüfplan	-	-	-
<b>Teil 2 - Gehäusedeckel MT 110.10.00.002</b>			
Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	Rüstzeit tr [min/Los]	Stückzeit te [min/Stck]
2-10 autom. strahlen	extern	-	-
2-20 temp. Korrosionsschutz	extern	-	-
2-30 planfräsen Auflagefläche auf Schlichtmaß	DMU 35	12	2
2-40 bohren, plansenken u. gewindebohren alle Bohrungen kplt.	CWK 500	30	2
2-50 entgraten	Entgratplatz	8	1
2-60 prüfen n. Prüfplan	-	-	-
<b>Teil 3 - Antriebsgehäuse MT 110.10.01.001</b>			
Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	Rüstzeit tr [min/Los]	Stückzeit te [min/Stck]
3-10 autom. Strahlen	extern	-	-
3-20 temp. Korrosionsschutz	extern	-	-
3-30 drehen kplt.	RAYO 165	22	10
3-40 bohren, plansenken u. gewindebohren alle Bohrungen kplt.	DMU 35	20	4
3-50 prüfen n. Prüfplan	-	-	-
<b>Teil 4 - Antriebswelle MT 110.10.01.002</b>			
Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	Rüstzeit tr [min/Los]	Stückzeit te [min/Stck]
4-10 sägen 169 lg.	ABS 265	15	0.5
4-20 drehen kplt. mit Schleifaufm.,	RAYO 165	25	5
4-30 schleifen Lager- und Dichtsitz	ZX 1	15	4
4-40 prüfen n. Prüfplan	-	-	-
<b>Teil 5 - Antriebsritzel MT 110.10.01.003</b>			
Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	Rüstzeit tr [min/Los]	Stückzeit te [min/Stck]
5-10 autom. Strahlen	extern	-	-
5-20 temp. Korrosionsschutz	extern	-	-
5-30 drehen kplt. mit Schleifaufm.	RAYO 165	18	4
5-40 räumen Nut	H100	17	1
5-50 fräsen Verzahnung, SPC	PE 150 C	24	4
5-60 entgraten	Entgratplatz	5	1
5-70 einsatzhärten	extern	-	-

Abb.68: Arbeitspläne

<b>Teil 6 - Schnecke MT 110.10.00.003</b>			
<b>Benennung des Arbeitsvorganges</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Rüstzeit tr [min/Los]</b>	<b>Stückzeit te [min/Stck]</b>
6-10 sägen 159 lg.	ABS 265	15	1
6-20 kplt. drehen mit Schleifaufm.	RAYO 165	25	5
6-30 fräsen Schneckenverzahnung, SPC	PE 150 C	24	2
6-40 entgraten	Entgratplatz	5	1
6-50 einsatzhärten	extern	-	-
6-60 schleifen Lagersitze	ZX 1	17	2
6-70 wälzschleifen Schneckenverzahnung	extern	-	-
6-80 prüfen n. Prüfplan	-	-	-
<b>Teil 7 - Antriebsrad MT 110.10.00.004</b>			
<b>Benennung des Arbeitsvorganges</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Rüstzeit tr [min/Los]</b>	<b>Stückzeit te [min/Stck]</b>
7-10 autom. Strahlen	extern	-	-
7-20 temp. Korrosionsschutz	extern	-	-
7-30 kplt. drehen mit Schleifaufm.	RAYO 165	25	5
7-40 räumen Nut	H100	20	1.5
7-50 fräsen Verzahnung	SPC PE 150 C	24	4
7-60 entgraten	Entgratplatz	5	1
7-70 einsatzhärten	extern	-	-
7-80 schleifen innen und Stirnseite	ZX 1	15	1.5
7-90 wälzschälen Zahnflanken	PF 150 C	30	5
7-100 prüfen n. Prüfplan	-	-	-
<b>Teil 8 - Abtriebswelle MT 110.10.00.005</b>			
<b>Benennung des Arbeitsvorganges</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Rüstzeit tr [min/Los]</b>	<b>Stückzeit te [min/Stck]</b>
8-10 sägen 192 lg.	ABS 265	8	1
8-20 drehen kplt. mit Schleifaufm.	RAYO 165	25	7.5
8-30 schleifen Lagersitze	ZX 1	24	2.5
8-40 prüfen n. Prüfplan	-	-	-

Abb.69: Arbeitspläne