



System und Modell

Modelle

→ Grundlagen

Einsatz, Leistung,
Kosten

Projekt:

Fertigungs-
Steuerung

Optimierung

ISSOP

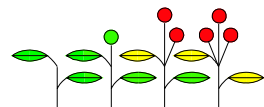
Optimierung für
mittelständische
Unternehmen

Ein Modell ist ein Abbild des realen Systems, das durch Abstraktion und Idealisierung entstanden ist.



Relevante Größen:

- Betriebsmittel: Lokomotiven
Werker
- Organisationsform: Schichtbetrieb
- Auftragslast: Anzahl der Güterwagons





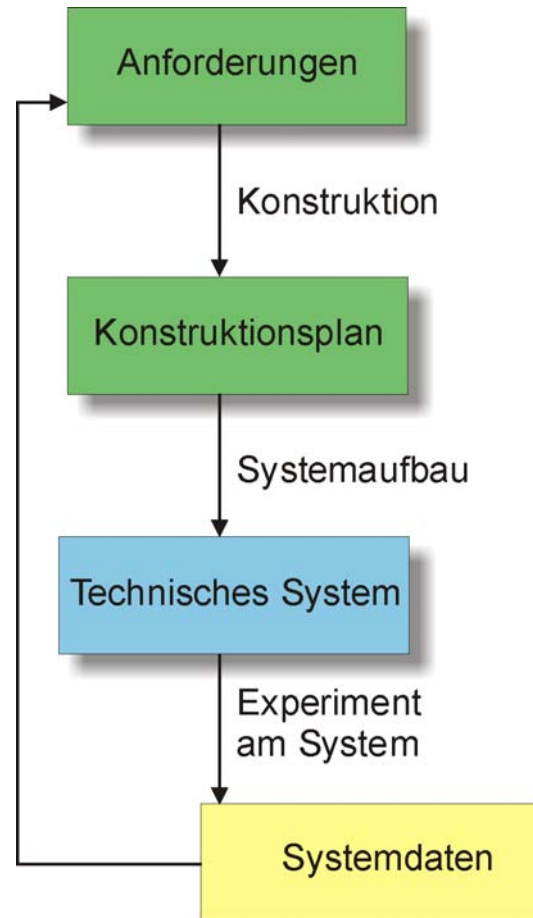
Der technische Entwurfsprozess (ohne Simulation und Optimierung)

Modelle
→ Grundlagen
Einsatz, Leistung,
Kosten
Projekt:
Fertigungs-
Steuerung

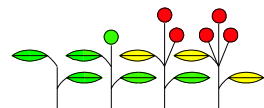
Optimierung

ISSOP

Optimierung für
mittelständische
Unternehmen



Erst nach der Realisierung des Konstruktionsplans lässt sich feststellen, ob das technische System tatsächlich die gestellten Anforderungen erfüllt.





Modelle

→ Grundlagen
Einsatz, Leistung,
Kosten
Projekt:
Fertigungs-
Steuerung

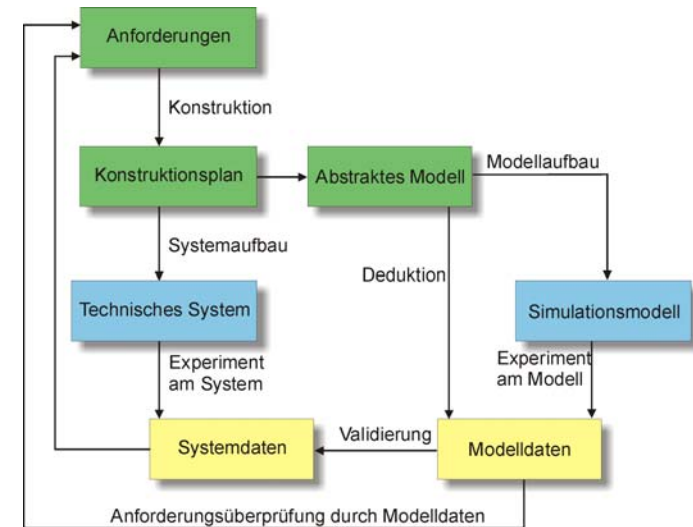
Optimierung

ISSOP

Optimierung für
mittelständische
Unternehmen

Der technische Entwurfsprozess (mit Simulation und Optimierung)

Entwurfsentscheidungen
werden am Modell
überprüft und
gegebenenfalls verbessert.

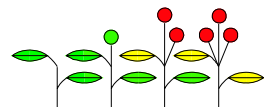


Vorteil:

- Beschleunigung des Entwurfsprozesses
- Kostengünstiges Vorgehen

Nachteil:

- Erfahrung erforderlich





Modelle

→ Grundlagen
Einsatz, Leistung,
Kosten
Projekt:
Fertigungs-
Steuerung

Optimierung

ISSOP

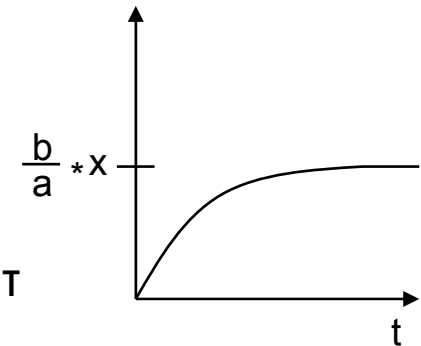
Optimierung für
mittelständische
Unternehmen

Modelle

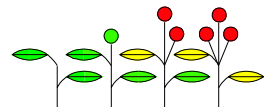
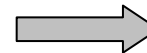
o Analytische Modelle

$$z'(t) = a * z(t) + b * x(t)$$

$$z(t) = e^{a(t-t_0)} * z(t_0) - \int_{t_0}^t e^{a(t-\tau)} * b * x(\tau) d\tau$$



o Simulationsmodelle





Analytische Modelle

- o Auswertung des abstrakten Modells durch Berechnung (Deduktion)

Modelle

→ Grundlagen

Einsatz, Leistung, Kosten

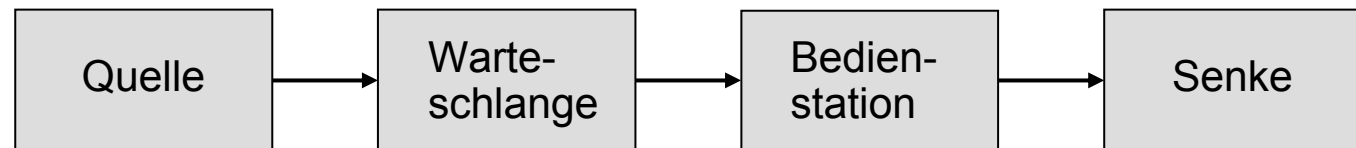
Projekt:
Fertigungs-
Steuerung



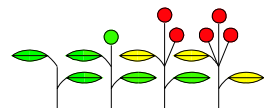
Optimierung

ISSOP

Optimierung für
mittelständische
Unternehmen



- o Mittlere Zwischenankunftszeit: λ
- o Mittlere Bedienzeit: μ
- o Mittlere Verweilzeit: $E[V] = \frac{1}{\mu - \lambda}$





Simulationsmodelle

Dynamisches Nachspielen

Modelle

→ Grundlagen

Einsatz, Leistung,
Kosten

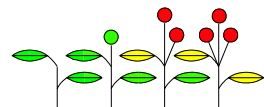
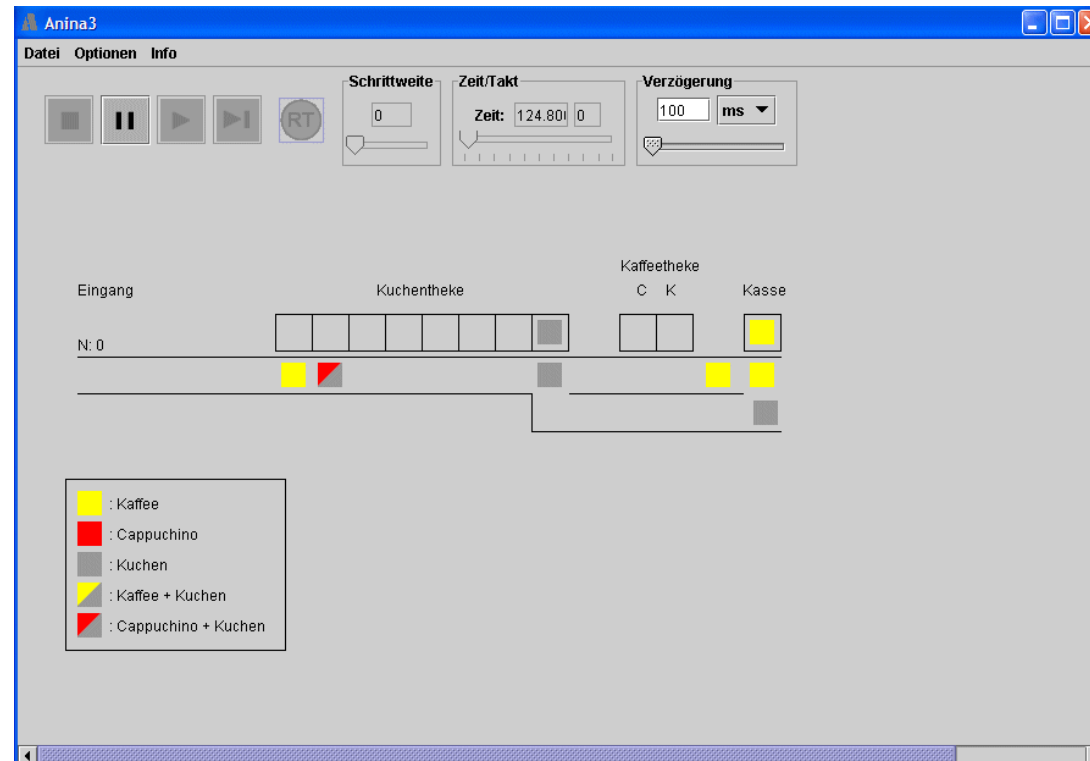
Projekt:

Fertigungs-
Steuerung

Optimierung

ISSOP

Optimierung für
mittelständische
Unternehmen





Modelle

Grundlagen

→ Einsatz, Leistung,
Kosten

Projekt:

Fertigungs-
Steuerung

Optimierung

ISSOP

Optimierung für
mittelständische
Unternehmen

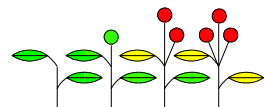
Einsatz , Leistung, Kosten

Ein Simulationsprojekt verlangt eine intensive Zusammenarbeit zwischen

- Auftraggeber
- Modell- und Simulationsexperte

Ein Simulationsmodell unterstützt die rationale Entscheidungsfindung durch das Aufweisen der Konsequenzen, die sich aus einer Entwurfsentscheidung ergeben.

Für ein Modellprojekt sollten mindestens 5% der Investitionssumme aufgewandt werden. Das bedeutet eine preisgünstige Versicherung gegen Planungsfehler.





Modelle

Grundlagen

→ Einsatz, Leistung, Kosten

Projekt:

Fertigungs-
Steuerung

Optimierung

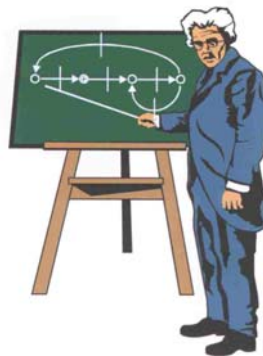
ISSOP

Optimierung für
mittelständische
Unternehmen

Einsatz , Leistung, Kosten



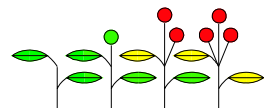
Auftraggeber



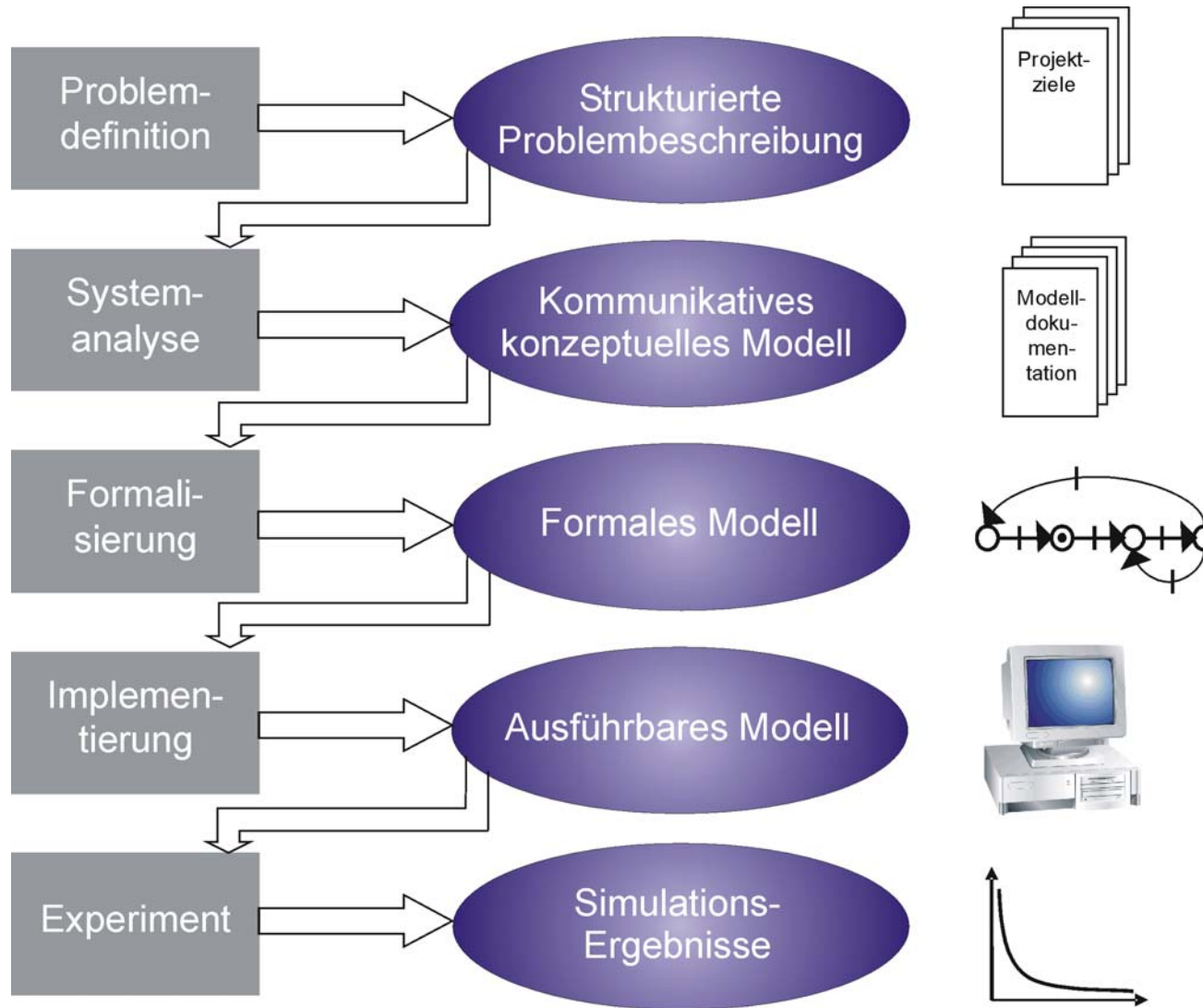
Modell- und
Simulationsexperte

- Unscharfe Aufgabenstellung
- Wissen über das reale System
- Anforderungen an das reale System

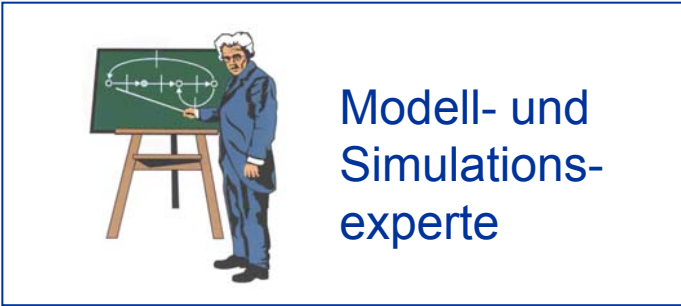
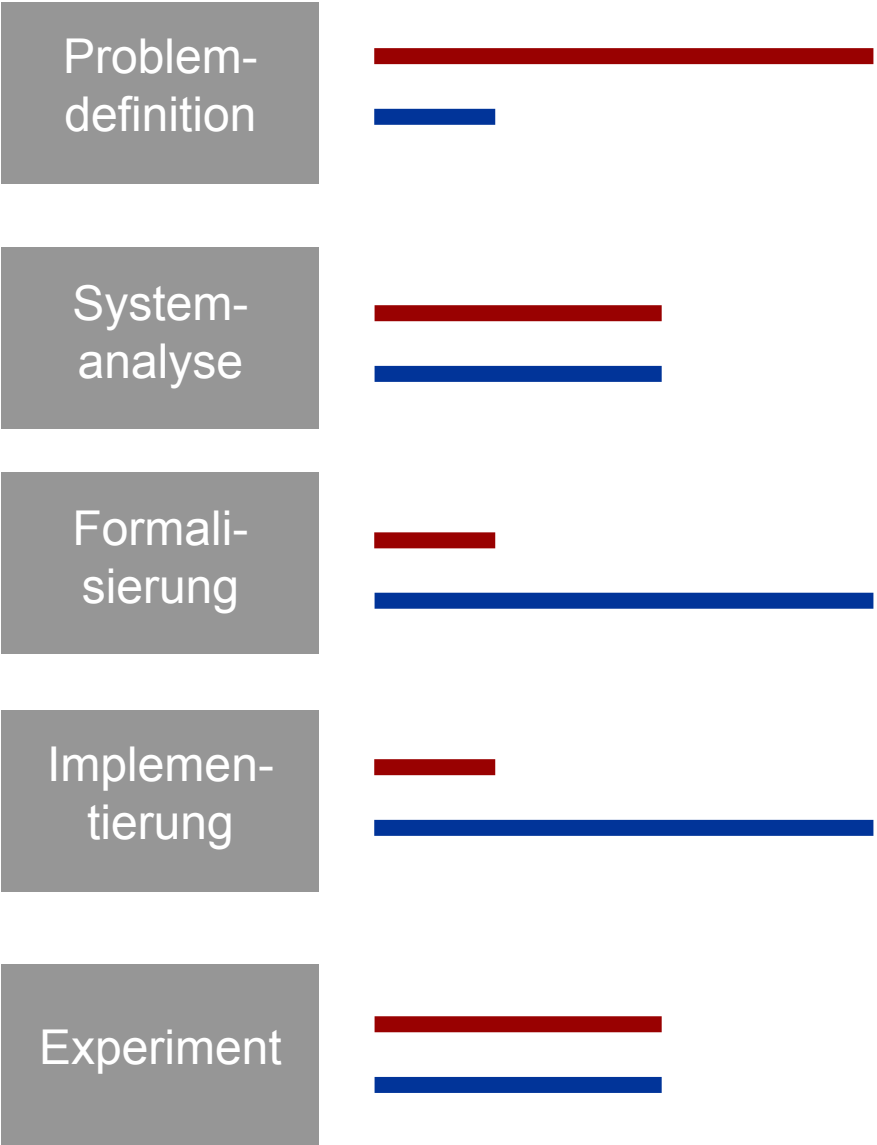
- Modellierungsmethoden
- Lösungstechniken



Modellierungsphase



Kooperation





Modelle

Grundlagen

Einsatz, Leistung,
Kosten

→ Projekt:
Fertigungs-
Steuerung

Optimierung

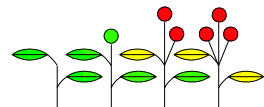
ISSOP

Optimierung für
mittelständische
Unternehmen

Projekt Fertigungssteuerung

Sind Modelluntersuchungen überhaupt erforderlich?

Verstehen erfahrene Ingenieure, Planer oder
Werksmeister mehr von einer Analyse als ein
Simulationsexperte?





Modelle

Grundlagen

Einsatz, Leistung,
Kosten

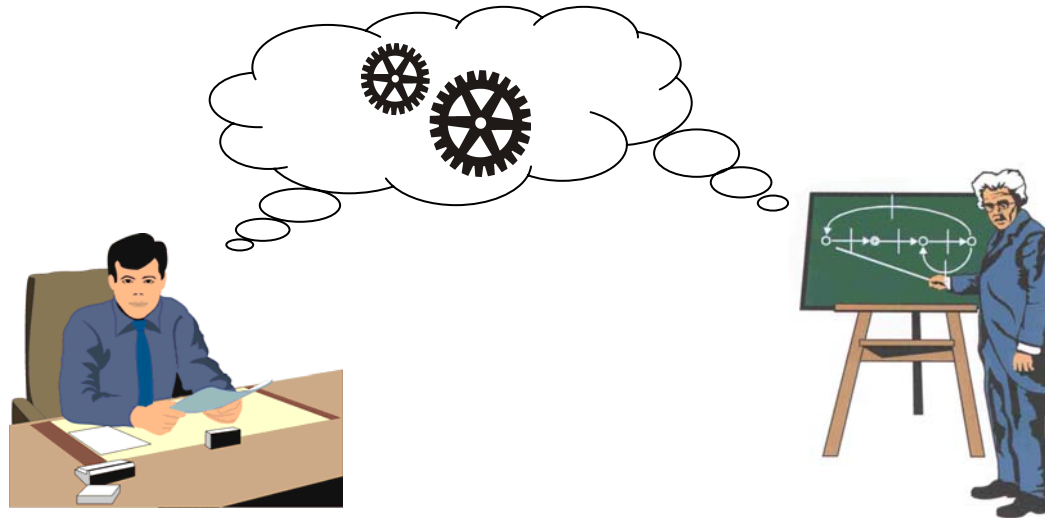
→ Projekt:
Fertigungs-
Steuerung

Optimierung

ISSOP

Optimierung für
mittelständische
Unternehmen

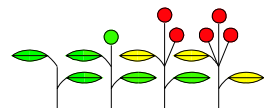
Projekt Fertigungssteuerung

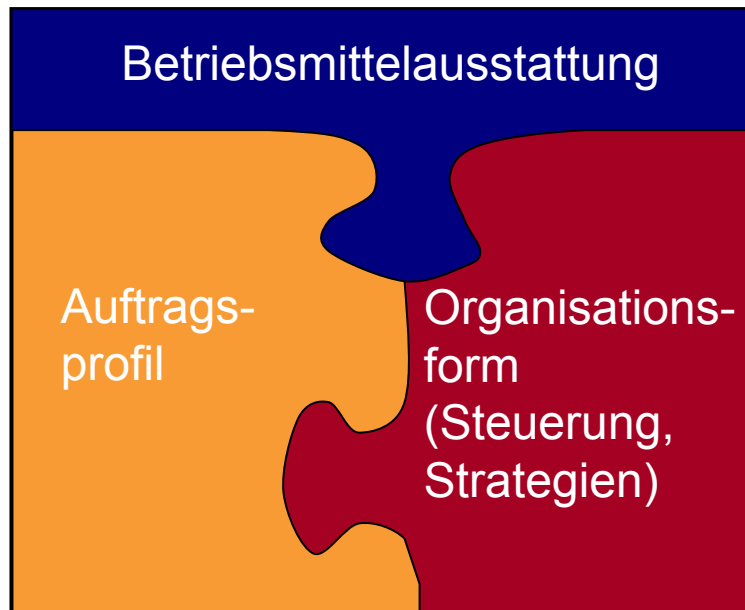


An einer einfachen Fertigungsplanung wird das Verhalten in Bezug auf

- Betriebsmittelausstattung
- Auftragsprofil
- Organisationsform

überprüft.





Ein technisches System besteht immer aus den drei folgenden Komponenten:

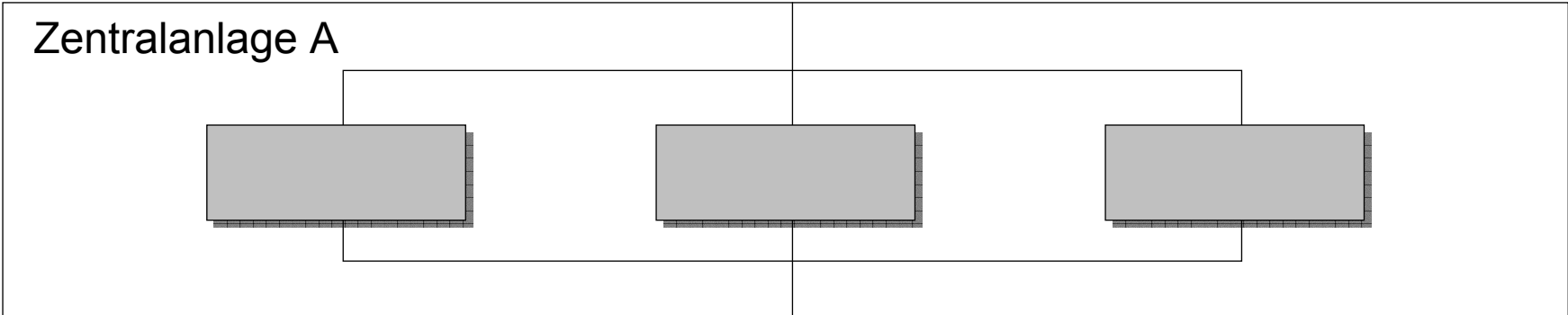
- Betriebsmittel
- Auftragsprofil
- Organisationsform

Die drei Komponenten sind eng aufeinander bezogen.

Betriebsmittelausstattung

Quelle

Puffer



M1

M2

M3

M4

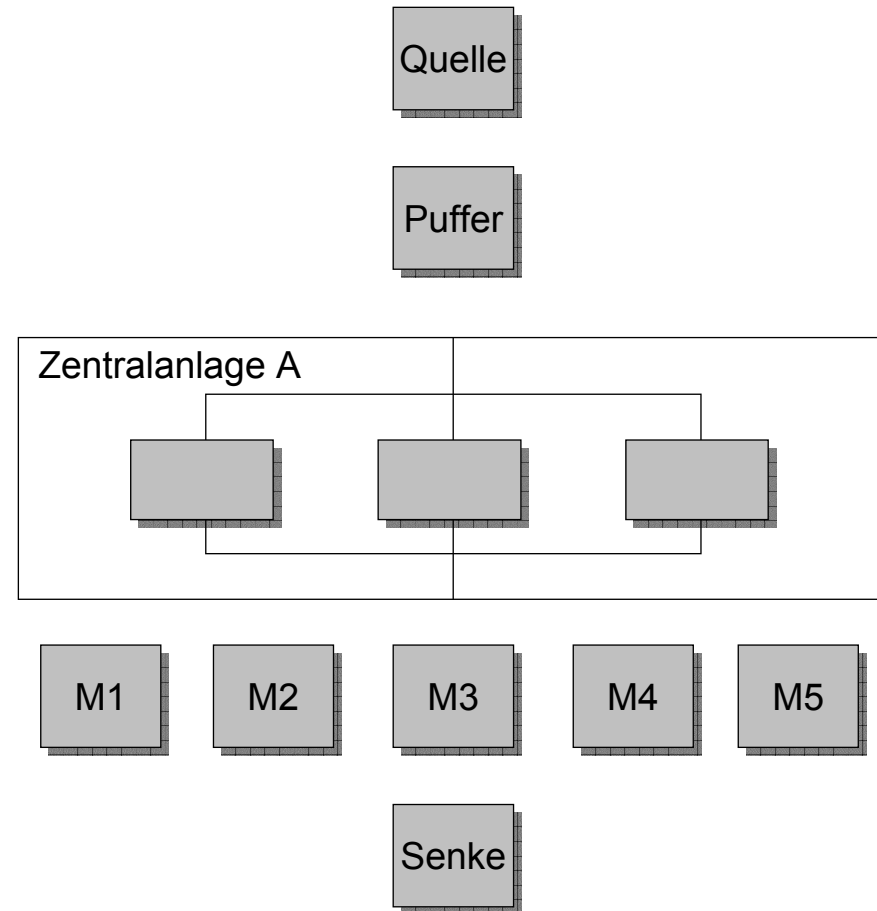
M5

Senke

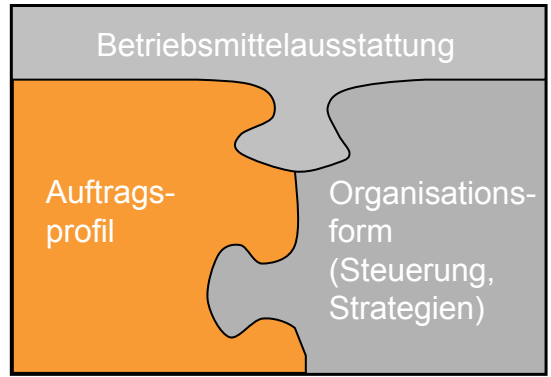
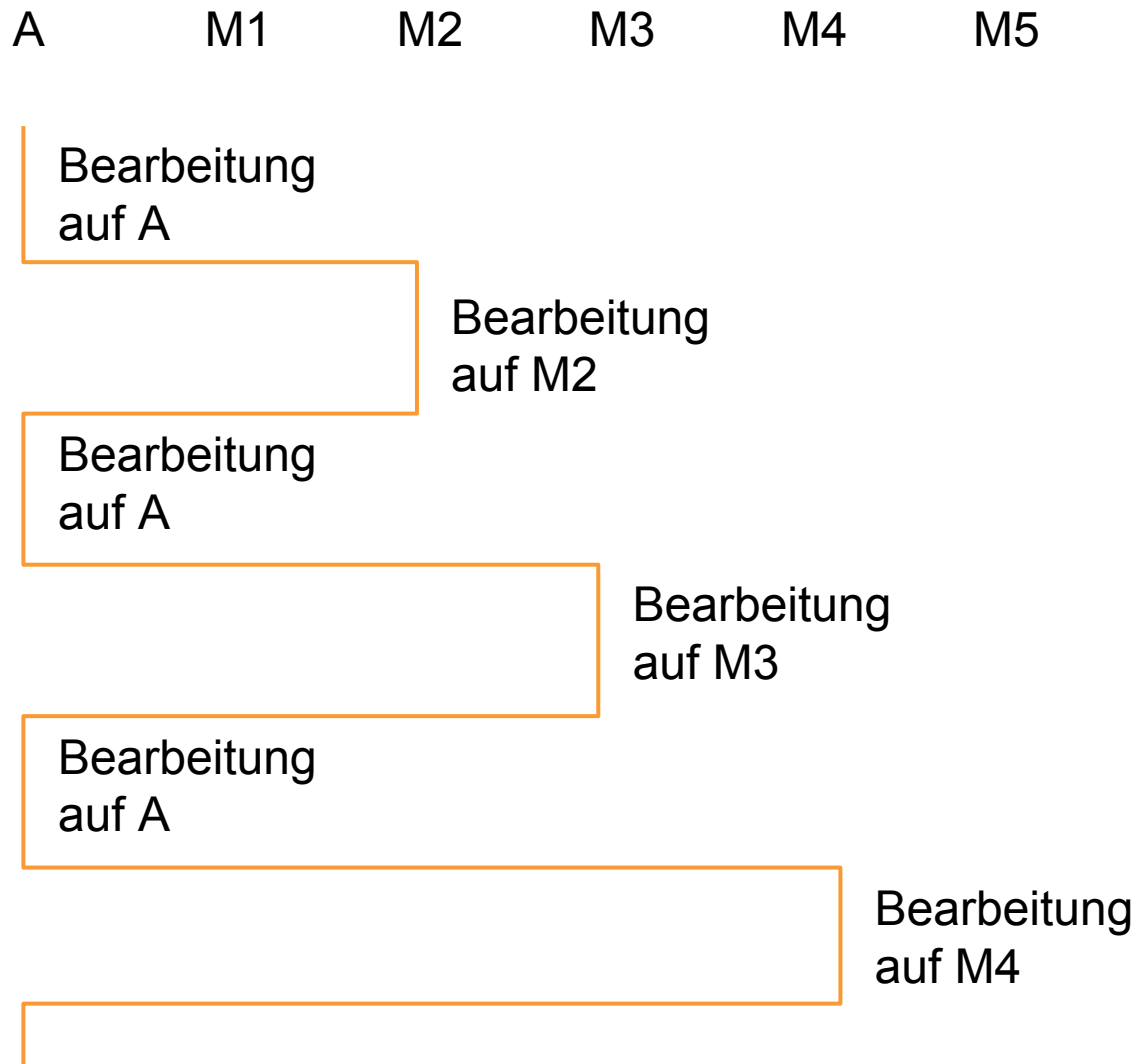
Betriebsmittelausstattung

Das zu untersuchende Fertigungsproblem besteht aus

- **Quelle**
Unbearbeitete Werkstücke betreten das Modell.
- **Puffer**
Hier stauen sich Aufträge, die auf Bearbeitung durch die Station A warten.
- **Zentralanlage A**
Die Zentralanlage A besteht aus zwei bzw. drei parallelen Maschinen.
- **Maschinen M1 ... M5**
- **Senke**
Fertige Werkstücke verlassen das Modell.



Auftragsprofil



Auftragsprofil

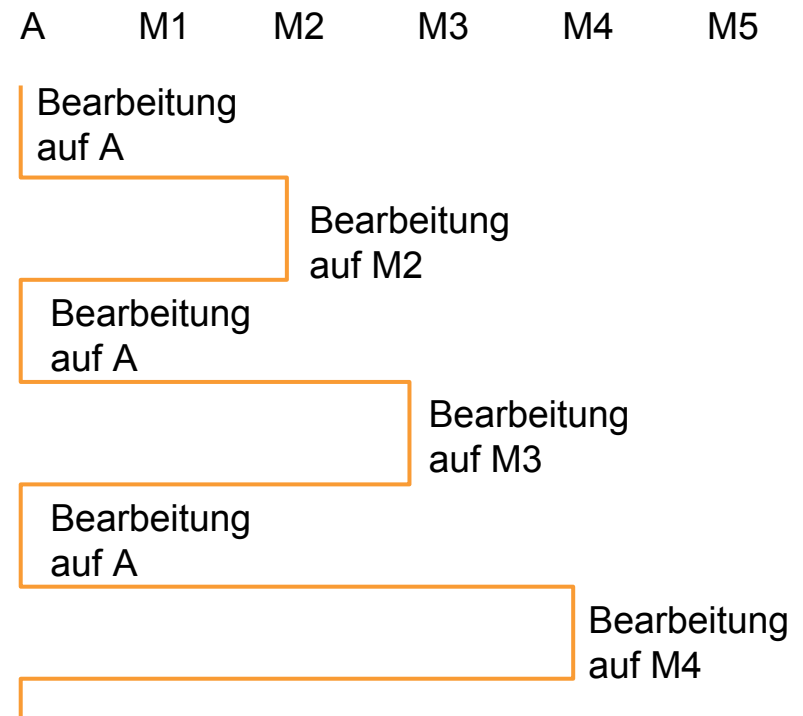
Für jedes Werkstück gibt es einen Auftragsplan, der angibt, in welcher Reihenfolge die erforderlichen Arbeitsschritte auf welcher Maschine ausgeführt werden müssen.

Der Arbeitsplan sieht vor, dass nach jeder Bearbeitung auf der Maschine A jeweils eine Bearbeitung auf den nachgeordneten Maschinen M1...M5 erfolgen muss.

Es gibt zwei Typen von Werkstücken:

- Normale Werkstücke
- Eilige Werkstücke mit hoher Priorität

Jedes Werkstück durchläuft 6 derartige Zyklen.



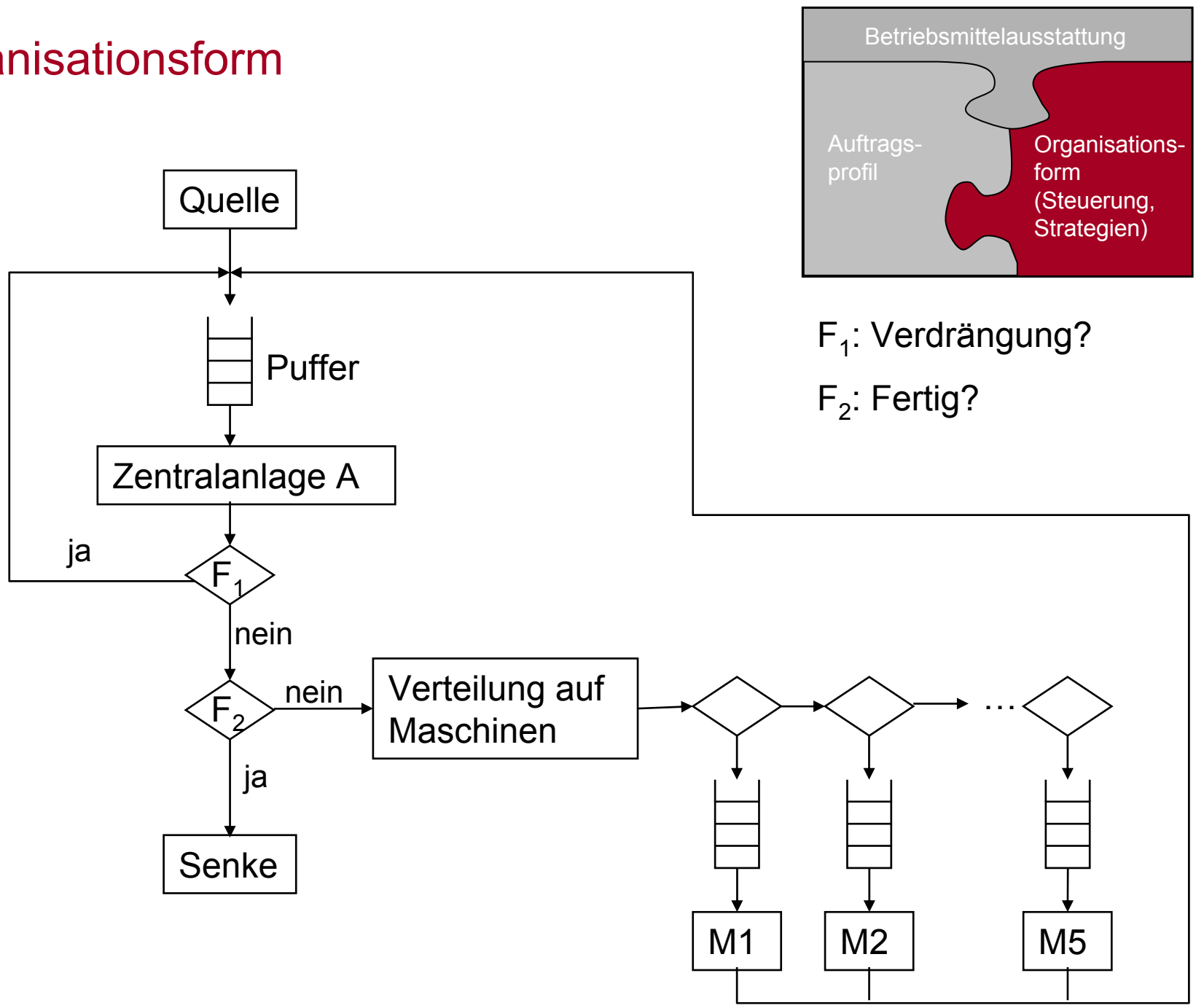
Auftragsprofil

	Mittlere Bearbeitungszeit	Wahrscheinlichkeit für Belegung
M1	430	0.05
M2	50	0.40
M3	70	0.30
M4	210	0.10
M5	135	0.15

Um das Modell zu vereinfachen, wird nicht der vollständige Arbeitsplan angegeben.

Es wird festgelegt, mit welcher Wahrscheinlichkeit und mit welcher mittleren Bearbeitungszeit ein Werkstück nach der Bearbeitung auf der Zentralanlage A eine nachgeordnete Maschine M1...M5 in Anspruch nimmt.

Organisationsform

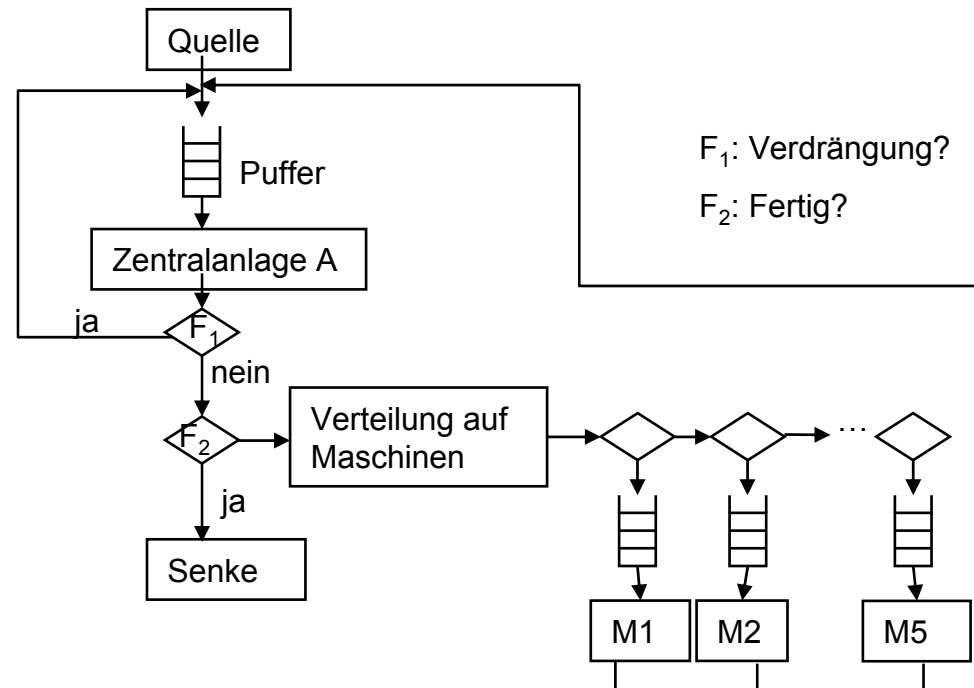


Organisationsform

Normale Werkstücke warten im Puffer auf die Bearbeitung.

Werkstücke mit hoher Priorität können normale Werkstücke verdrängen. Die normalen Werkstücke werden mit der Restbearbeitungszeit wieder in den Puffer gestellt.

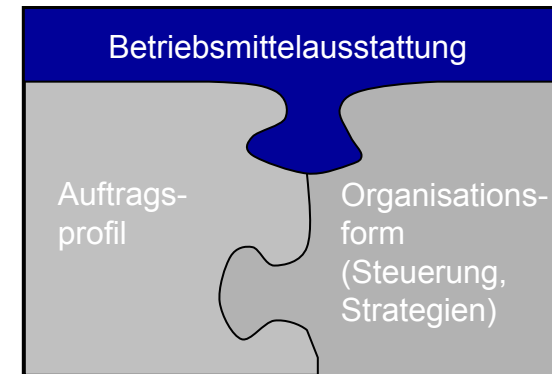
Nach jeder Bearbeitung durch die Zentralanlage A erfolgt eine Nachbearbeitung auf einer der Maschinen M1 ... M5.



Bei den Maschinen M1 ... M5 ist keine Verdrängung möglich. Eilaufträge stellen sich in den Warteschlangen vor diesen Maschinen an die erste Stelle.

Nach der Bearbeitung durch eine der Maschinen M1 ... M5 erfolgt eine neue Bearbeitung durch die Zentralanlage A.

1. Aufgabe



Modifikation der Betriebsmittelausstattung

Erweiterung der Zentralanlage A von zwei auf drei Maschinen

		Zentralanlage mit 2 Elementen	Zentralanlage mit 3 Elementen
Zentralanlage A	MWL	5.279	
	MWZ	181.1	
Maschine M1	MWL	0.418	
	MWZ	318.4	
	MA	56.6%	
Maschine M2	MWL	0.334	
	MWZ	30.9	
	MA	53.8%	
Maschine M3	MWL	0.375	
	MWZ	46.9	
	MA	56.1%	
Maschine M4	MWL	0.416	
	MWZ	153.8	
	MA	56.8%	
Maschine M5	MWL	0.346	
	MWZ	85.0	
	MA	54.9%	

MWL
Mittlere Warteschlangenlänge

MWZ
Mittlere Wartezeit in der Schlange

MA
Mittlere Auslastung in Prozent

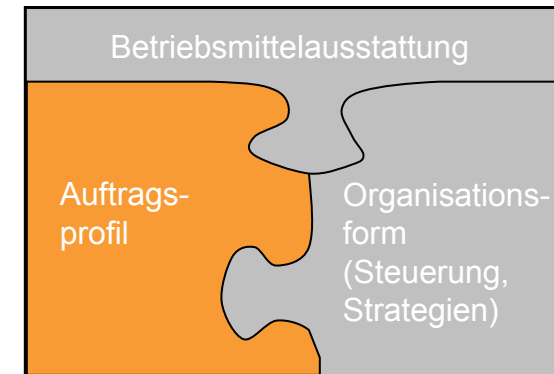
		Zentralanlage mit 2 Elementen	Zentralanlage mit 3 Elementen
Zentralanlage A	MWL	5.279	1.215
	MWZ	181.1	33.3
Maschine M1	MWL	0.418	1.239
	MWZ	318.4	722.8
	MA	56.6%	74.0%
Maschine M2	MWL	0.334	0.893
	MWZ	30.9	64.1
	MA	53.8%	69.4%
Maschine M3	MWL	0.375	1.082
	MWZ	46.9	104.81
	MA	56.1%	72.3%
Maschine M4	MWL	0.416	1.204
	MWZ	153.8	346.2
	MA	56.8%	72.9%
Maschine M5	MWL	0.346	0.959
	MWZ	85.0	184.1
	MA	54.9%	70.3%

MWL
Mittlere Warteschlangen-
länge

MWZ
Mittlere Wartezeit in der
Schlange

MA
Mittlere Auslastung in
Prozent

2. Aufgabe



Modifikation des Auftragsprofils

Einführung von 10% der Aufträge mit hoher Priorität

	Zentralanlage mit 2 Elementen	Zentralanlage mit 3 Elementen
Aufträge mit niedriger Priorität	MVZ 4785 DS 2.583	
Aufträge mit hoher Priorität	MVZ 1920 DS 0.280	

MVZ Mittlere Verweilzeit

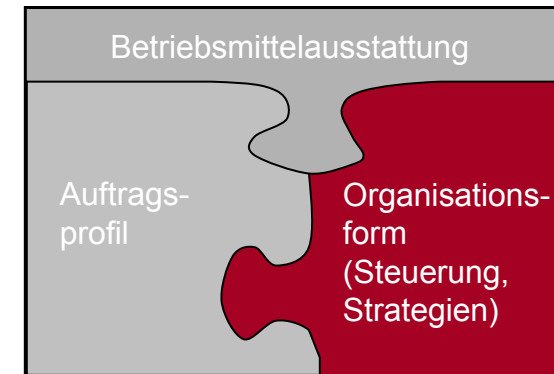
DS Durchsatz = Anzahl der Aufträge in 1000 Zeiteinheiten

	Zentralanlage mit 2 Elementen		Zentralanlage mit 3 Elementen
Aufträge mit niedriger Priorität	MVZ	4785	3620
	DS	2.583	3.344
Aufträge mit hoher Priorität	MVZ	1920	2246
	DS	0.280	0.363

MVZ Mittlere Verweilzeit

DS Durchsatz = Anzahl der Aufträge in 1000 Zeiteinheiten

3. Aufgabe



Modifikation der Organisationsform

Die Bearbeitungsreihenfolge der Aufträge in der Zentralanlage A wird einer einfachen FIFO-Strategie so geändert, dass der Belegungszustand der nachgeordneten Maschinen M1 ... M5 berücksichtigt wird.

	Mittlere Verweilzeit	Durchsatz
Strategie 1 PFIFO	3486	3.706
Strategie 2 OPT		

Durchsatz = Anzahl der Aufträge in 1000 Zeiteinheiten

PFIFO FIFO mit Prioritäten

OPT dynamische Prioritätenvergabe

	Mittlere Verweilzeit	Durchsatz
Strategie 1 PFIFO	3486	3.706
Strategie 2 OPT	3502	3.698

Durchsatz = Anzahl der Aufträge in 1000 Zeiteinheiten

PFIFO FIFO mit Prioritäten

OPT dynamische Prioritätenvergabe