

SCMP I

Supply Chain Management und Produktion: Network Design

(Schwerpunktmodul Supply Network Design)

Johannes Antweiler

WS 2020/2021, V.11.11.2020

Konzept der Veranstaltung

- Konstituierende Sitzung, 10 Themensitzungen, eine Sitzung für offene Fragen, Klausurtermin (13 Termine im Plenum)
- Einführung in OPL (Video)
- Die Studierenden bilden Arbeitsgruppen (10 Termine der Arbeitsgruppen).
- Pro Woche vier Sitzungen, davon 2x90 Minuten Präsenzzeit (Plenum)
 - **Plenum:** Hier werden die zuletzt erarbeiteten Themen vorgestellt und diskutiert. Außerdem wird die bis zur nächsten Sitzung zu bearbeitende Aufgabenstellung besprochen; 90 Minuten
 - **Selbstlernphase:** Hier wird der Stoff im stillen Kämmerlein gelesen, erarbeitet etc.
 - **Gruppensitzung:** Zeit zur Bearbeitung der Hausaufgaben und Vorbereitung der Präsentationen; 90 Minuten

Die Hausaufgaben sind je Arbeitsgruppe in Form einer **Powerpoint-Präsentation** (Dateiname: *Sitzungii-Gruppejj.pptx*, Beispiel: *Sitzung01-Gruppe05.pptx*) jeweils bis zum Vortag der Sitzung um 12 Uhr per Mail an

SCMP-I@wiso.uni-koeln.de

einzureichen. **Diese Präsentationen werden dann im Plenum vorgestellt.** Die Präsentationen müssen neu erstellt worden sein. Zur Herstellung der Präsentationen kann auf Bitmaps zurückgegriffen werden, die in Ilias bereitgestellt werden. **Kopien aus vorangegangenen Semestern sind nicht zulässig.**

Die Qualität der Präsentationen wird bewertet und dient als Grundlage für die Vergabe von Zusatzpunkten, die bei der Bewertung der Klausur berücksichtigt werden. Für die aktive Mitarbeit in der Veranstaltung und die eingereichten Präsentationen können bis zu *sechs* Zusatzpunkte für die Abschlussklausur erworben werden.

Zusatzpunkte werden nur an die Teilnehmer/innen vergeben, die sich in der Veranstaltung aktiv an Vorträgen und Diskussionen beteiligen. Nur für diese Teilnehmer/innen werden dann je vollständig bearbeiteter und fristgerecht abgegebener Hausaufgabe 0,5 Zusatzpunkte vergeben.

Nicht rechtzeitig abgegebene Hausaufgaben können nicht für die Zusatzpunkte gewertet werden. Das *Titelblatt* der Präsentation muss mindestens das *Sitzungsthema* und die *Namen der Gruppenmitglieder* enthalten. (Hinweis: Bitte geben Sie auf *keinen Fall* zusätzlich Prüfungs- oder Matrikelnummer mit an!) Alle eingereichten Präsentationen werden **in der Veranstaltung** zentral bereitgestellt.

Grundannahmen:

- Die Arbeitsbelastung der Studierenden soll sich gegenüber der herkömmlichen Lehrmethode (Vorlesung mit Übung) nicht erhöhen.
- Stoffinhalt und -umfang ändern sich nicht.

Ablauf:

- Am Ende jeder Sitzung erhalten die Studierenden Hausaufgaben (Lesen, Stoff erarbeiten, numerische Beispiele lösen, Internet-Recherche), die bis zum nächsten Termin – in der Selbstlernphase und der Gruppensitzung – bearbeitet werden müssen

- Während einer Plenums-Sitzung:
 - Zusammenfassung der Aufgabenstellung der aktuellen Sitzung (aktuelles Lernziel) (5 min)
 - Präsentation der Ergebnisse, Diskussion von Fragen (80 min)
 - Erläuterung der Aufgabenstellung für die nächste Sitzung (nächstes Lernziel) (5 min)
- In einem Ilias-Forum können Fragen diskutiert werden.

Begleitmaterial zur Vorlesung

Zur Vorbereitung der einzelnen Sitzungen steht **Begleitmaterial** zur Verfügung. Hierbei handelt es sich eine erweiterte und aktualisierte Fassung der **Folien**, die früher in der Frontalvorlesung verwendet wurden. Sie sind im Internet – getrennt nach Sitzungen – zu finden unter der URL

<http://www.produktion-und-logistik.de/invertedclassroom.html>.

Bei der Erzeugung der Präsentationen soll primär dieses Begleitmaterial genutzt werden.

Literatur, Informationsquellen, Software

Die folgenden Quellen (Bücher, Zeitschriftenaufsätze, Internet) bilden die Grundlage der Veranstaltung:

Arnold, D., H. Isermann, A. Kuhn, H. Tempelmeier, and K. Furmans (Eds.) (2008). *Handbuch Logistik* (3. ed.), Berlin. Springer.

Günther, H.-O. and H. Tempelmeier (2020a). *Supply Chain Analytics* (13. ed.). Norderstedt: Books on Demand.

Günther, H.-O. and H. Tempelmeier (2020b). *Übungsbuch Supply Chain Analytics* (10. ed.). Norderstedt: Books on Demand.

Helber, S. (2020). *Operations Management Tutorial* (2. ed.). Hildesheim: Stefan Helber.

Hoitsch, H.-J. (1993). *Produktionswirtschaft* (2. ed.). München: Vahlen.

Tempelmeier, H. (2020a). *Analytics in Supply Chain Management und Produktion – Übungen und Mini-Fallstudien* (7. ed.). Norderstedt: Books on Demand.

Tempelmeier, H. (2020b). *Production Analytics – Modelle und Algorithmen zur Produktionsplanung* (6. ed.). Norderstedt: Books-on-Demand.

Tempelmeier, H. and H. Kuhn (1993). *Flexible Fertigungssysteme – Entscheidungsunterstützung für Konfiguration und Betrieb*. Berlin: Springer.

Internet:

www.produktion-und-logistik.de

www.advanced-planning.eu

Terminübersicht

02.11.2020	10.00 Uhr	Konstituierende Sitzung (Zoom)
03.11.2020	8.00 Uhr	Installation OPL, Video Einführung OPL (Gruppe)
03.11.2020	16.00 Uhr	Vorbereitung Thema 1 (Gruppe)
04.11.2020	8.00 Uhr	Thema 1 (Zoom)
09.11.2020	10.00 Uhr	Vorbereitung Thema 2 (Gruppe)
10.11.2020	8.00 Uhr	Thema 2 (Zoom)
10.11.2020	16.00 Uhr	Vorbereitung Thema 3 (Gruppe)
11.11.2020	8.00 Uhr	Thema 3 (Zoom)
16.11.2020	10.00 Uhr	Vorbereitung Thema 4 (Gruppe)
17.11.2020	8.00 Uhr	Thema 4 (Zoom)
17.11.2020	16.00 Uhr	Vorbereitung Thema 5 (Gruppe)
18.11.2020	8.00 Uhr	Thema 5 (Zoom)
23.11.2020	10.00 Uhr	Vorbereitung Thema 6 (Gruppe)
24.11.2020	8.00 Uhr	Thema 6 (Zoom)
24.11.2020	16.00 Uhr	Vorbereitung Thema 7 (Gruppe)
25.11.2020	8.00 Uhr	Thema 7 (Zoom)
30.11.2020	10.00 Uhr	Vorbereitung Thema 8 (Gruppe)
01.12.2020	8.00 Uhr	Thema 8 (Zoom)
01.12.2020	16.00 Uhr	Vorbereitung Thema 9 (Gruppe)
02.12.2020	8.00 Uhr	Thema 9 (Zoom)
07.12.2020	10.00 Uhr	Vorbereitung Thema 10 (Gruppe)
08.12.2020	8.00 Uhr	Thema 10 (Zoom)
08.12.2020	16.00 Uhr	Vorbereitung Klausur (Zoom)
09.12.2020	8.30 Uhr	1. PT, Klausur, Online via Sciebo
		2. PT voraussichtlich Mitte/Ende März 2021 Online via Sciebo

Sitzung 1

Thema: Grundfragen der industriellen Produktion, Entscheidungsebenen

Lernziele

- Einführung in die Grundbegriffe der industriellen Produktionswirtschaft
- Wertschöpfung, Arbeitssystem, Struktur eines Produktionssystems
- Merkmale der industriellen Produktion: Arbeitsteilung, Anlagenintensität, Kapitaleinsatz
- Entscheidungsebenen, Beispiele für Entscheidungen
- Struktur eines kapazitätsorientierten Planungssystems
- Kontinuierliche Standortplanung, Steiner-Weber-Modell (ein Standort)
- Location-Allocation-Problem (Erweiterung des Steiner-Weber-Modells auf mehrere Standorte)

Hausaufgaben

Problemstellung 1: *Grundfragen der industriellen Produktion*

Aufgaben

- Literatur:
 - Hoitsch (1993), Abschn. 1.2.1, 2.1.1, in Ilias als PDF verfügbar
 - Lesen Sie die einleitenden Erläuterungen zu den Eigenschaften der industriellen Produktion.
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Supply Chain Analytics', S. 1–2
 - Lesen und zusammenfassen

Diskussionspunkte

- Wertschöpfungsprozeß
- Industrielle Produktion, Sachgüterproduktion
- Arbeitsteilung, Anlagenintensität, Kapitaleinsatz, Bedeutung der Instandhaltung
- Arbeitssysteme
- Produktionssystem, Organisationstypen der Produktion
- Kombination von Produktionsfaktoren
- Bewertung der eingesetzten Mengen von Produktionsfaktoren, Faktorpreise
- Entscheidungsorientierung der Produktionswirtschaft, Operations Research, IT

Problemstellung 2: Planungsstruktur

Aufgaben

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Supply Chain Analytics' – Aufgabe A3.1 Entscheidungsebenen
 - Lehrbuch 'Supply Chain Analytics', Kapitel 3
- ☒ Stellen Sie die Unterscheide zwischen strategischer, taktischer und operativer Planung dar.
- ☒ Nennen Sie Beispiele für typische strategische Entscheidungen.
- ☒ Nennen Sie Beispiele für typische taktische Entscheidungen.
- ☒ Nennen Sie Beispiele für operative Entscheidungen (Zielsetzung, Entscheidungsvariablen, Nebenbedingungen).

Diskussionspunkte

- Strategische Planung, Taktische Planung, Operative Planung
- Struktur der operativen Planung

Problemstellung 3: Allgemeines zur Standortplanung, Standortplanung in der Ebene

Aufgaben

- Literatur:
 - Arnold et al. (2008), S. 94–97, in Ilias als PDF verfügbar
 - Lehrbuch 'Supply Chain Analytics', Abschnitt 6.2
- ☒ Stellen Sie die Grundlagen der betrieblichen Standortplanung zusammenfassend dar.
- Literatur:
 - Lehrbuch 'Supply Chain Analytics', Abschnitt 6.1
- ☒ Erläutern Sie die Struktur eines Logistik-Netzwerks.
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion' – Aufgabe A1.1: Steiner-Weber-Modell
- ☒ Erklären Sie das Modell (Annahmen, Zielfunktion, mögliche Anwendungsfälle)
- ☒ Erläutern Sie folgende Formel:

$$d_i^a = \sqrt{(s_x - x_i^a)^2 + (s_y - y_i^a)^2} \quad i = 1, 2, \dots, I$$

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion' – Aufgabe A1.2: Location-Allocation-Problem
 - ☒ Erklären Sie das Modell (Annahmen, Unterschied zum Steiner-Weber-Modell) und beschreiben Sie die Lösungsmethode.
 - ☒ Rechnen Sie die Kosten der Startlösung nach.

Diskussionspunkte

- Elemente eines Logistik-Netzwerks, Supply Chain, Supply Network
- Räumliche Struktur eines Logistiksystems
- Standortfaktoren (in den Bereichen Beschaffung, Produktion, Absatz)
- Annahmen des Steiner-Weber-Modells
- Warum wird im Steiner-Weber-Modell ein iteratives Verfahren eingesetzt?
- Das iterative Verfahren verändert in jeder Iteration die x - und die y -Koordinate des gesuchten Standortes. Wie kann man Berge, Seen, verbotene (rechteckige) Flächen berücksichtigen?

Sitzung 2

Thema: Diskrete Standortprobleme

Lernziele

- Standortplanung mit gegebener Menge potentieller Standorte
- Mathematisches Modell, OPL-Version
- Modellerweiterungen

Hausaufgaben

Problemstellung 4: Standortmodell: Simple Plant Location Problem (SPLP)

Aufgaben

- Literatur:
 - OPL-Anleitung in Ilias
 - Installieren Sie OPL auf Ihrem (Windows-)Rechner und machen Sie sich mit der Nutzung von OPL vertraut, falls dies noch nicht geschehen ist.
- Literatur:
 - Lehrbuch 'Supply Chain Analytics', Abschnitt 6.3
 - Erläutern Sie das Modell STANDORT; erklären Sie jede einzelne Formel
 - Ergänzen Sie das Modell um die Nebenbedingungen:
$$x_{ij} \leq d_j \cdot \gamma_i \quad (i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J)$$
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion' – Aufgabe A1.3: Standortplanung bei gegebenen potentiellen Standorten
 - Implementieren Sie das Modell in OPL und spielen Sie mit den Daten. Variieren Sie die Fixkosten.
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Supply Chain Analytics', Abschnitt 13.1
 - Erläutern Sie das Klassische Transportmodell und erklären Sie die Nord-West-Eckenregel zur einfachen heuristischen Bestimmung einer Lösung.

Diskussionspunkte

- Was kann man sich konkret unter einem Absatzzentrum vorstellen?
- Welchen Einfluß haben die Fixkosten auf die Anzahl genutzter Standorte?

- Fügen Sie eine Bedingung in das Modell ein, nach der exakt zwei Standorte genutzt werden sollen.
- Wie sieht die optimale Lösung aus, wenn alle potentiellen Standorte unbegrenzte Kapazitäten haben?
- Wie kann man aus dem Standortmodell ein klassisches Transportmodell erzeugen?
- Lösung des klassischen Transportproblems mit der Nord-West-Ecken-Regel

Problemstellung 5: *Standortmodell: SPLP mit Single Sourcing*

Aufgaben

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A1.5: Standortplanung bei gegebenen potentiellen Standorten, Single-Sourcing
- ☒ **Erweitern Sie das obige OPL-Modell um die Single-Sourcing-Bedingung und vergleichen Sie die optimalen Lösungen.**

Diskussionspunkte

- Nennen Sie Gründe für die Single-Sourcing-Bedingung.
- Welchen Einfluß hat die Single-Sourcing-Bedingung auf die Kosten der optimalen Lösung? Begründen Sie Ihre Antwort mit allgemeinen Argumenten aus der mathematischen Optimierung.

Problemstellung 6: *Standortplanung für Auslieferungsläger*

Aufgaben

- Literatur:
 - Helber (2020), Abschnitt 14.2, S. 280–287
- ☒ **Erläutern Sie das Modell zur Standortplanung von Auslieferungslagern (anhand des Beispiels aus Helber (2020))**


Sitzung 3

Thema: Produktionssegmente, Layoutplanung, Fließproduktion

Hausaufgaben

Problemstellung 7: *Produktionssegmente und Layoutplanung*

Aufgaben

- Fabrikplanung, Node Design
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-130.html>)
 - ☒ Lesen und zusammenfassen

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A2.1: Fabrikplanung
 - ☒ Lesen und zusammenfassen

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A2.2: Organisationsformen der Produktion
 - ☒ Lesen und zusammenfassen

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A2.3: Werkstattproduktion versus Fließproduktion
 - ☒ Lesen und zusammenfassen

- Literatur:
 - Lehrbuch 'Supply Chain Analytics', Abschnitt 7.2
 - Helber (2020), Abschnitt 14.1
 - ☒ Erklären Sie das quadratische Zuordnungsmodell zur Layoutplanung.

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A2.4: Layoutplanung, Zweieraustauschverfahren
 - ☒ Erklären Sie die Zwischenschritte



Diskussionspunkte

- Welche Beziehungen bestehen zwischen Produktvielfalt und Produktionsmenge

- Vor- und Nachteile der Werkstattproduktion
- Ziele der Layoutplanung (Transportkosten, Transportleistung, Transportentfernung, Standortwechselkosten, Zwischenlagerkosten)
- Welche Daten werden für die Layoutplanung benötigt?
- Erläutern Sie die Berechnung der Transportkosten zwischen zwei Anordnungsobjekten im quadratischen Zuordnungsmodell
- Warum ist das Zweieraustauschverfahren nur ein heuristisches Verfahren?

Problemstellung 8: *Fließproduktion, Einflußfaktoren*

Aufgaben

- Design von Fließproduktionssystemen
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-132.html>)
 - ☒ Beschreiben Sie die wesentlichen Merkmale eines Fließproduktionssystems.
- Einflußgrößen der Leistung eines Fließproduktionssystems
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-477.html>)
 - ☒ Beschreiben Sie die wichtigsten Einflußgrößen des Outputs eines Fließproduktionssystems.
 - ☒ Erläutern Sie den Begriff Verfügbarkeit. Stellen Sie den Zusammenhang zwischen *MTTR*, *MTTF* und der Verfügbarkeit graphisch dar.
- Virtuelle Fabrikbesichtigungen (Virtual Factory Tours)
 - ☒ Suchen Sie im Internet (z. B. Youtube) nach virtuellen Fabrikbesichtigungen (Factory Tours), in denen Fließproduktionssysteme gezeigt werden. Beschreiben Sie die charakteristischen Merkmale dieser Systeme.

Diskussionspunkte

- Nennen Sie Beispiele für Fließproduktionssysteme
- Vor- und Nachteile der Fließproduktion

Sitzung 4

Thema: Konfiguration von Fließproduktionssystemen (deterministische Bedingungen)


Lernziele

- Problem der Fließbandabstimmung
- Verfahrensablauf
- Mathematisches Optimierungsmodell
- Heuristisches Lösungsverfahren

Hausaufgaben

Problemstellung 9: *Fließbandabstimmung, Assembly-line balancing*

Aufgaben

- Fließbandabstimmung, Modellierung
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-160.html>)
 - ☒ Erläutern Sie das Simple Assembly Line Balancing Problem. Welche Daten sind gegeben? Worüber wird entschieden? An welcher Stelle in der Produktionsplanung tritt dieses Problem auf? Erklären Sie die mathematischen Modelle SALBP-1 und SALBP-2 und vergleichen Sie diese.
 - ☒ Implementieren Sie das Modell SALBP-2 in OPL.

Literatur:

- Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A3.1: Fließbandabstimmung, SALBP
- ☒ Erklären Sie die Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen. Schreiben Sie die Ungleichung für die Arbeitselemente AE-2 und AE-3 im Voranggraphen aus Bild A3.1 auf.

- Fließbandabstimmung, Heuristisches Verfahren

Literatur:

- Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A3.2: Fließbandabstimmung, heuristisches Prioritätsregelverfahren
- ☒ Erläutern Sie die Vorgehensweise zur Lösung der Aufgabe.
- ☒ Finden Sie mit OPL für dieses Beispiel die minimalen Taktzeiten, die bei $M = \{6, 7, 8\}$ Stationen erreichbar sind und erklären Sie ihre Vorgehensweise.

Diskussionspunkte

- Einbettung der Fließbandabstimmung in den Prozeß der Fabrikplanung
- Vergleich der Annahmen des SALBP-1 und des SALBP-2
- Zielsetzungen
- Komplexität des Problems
- Beziehungen zwischen Taktzeit und Stationsanzahl
- Minimale Taktzeit
- Stationszeit
- Prioritätsregelverfahren, prinzieller Ablauf

Sitzung 5

Thema: Konfiguration von Fließproduktionssystemen (stochastische Bedingungen)

Lernziele

- Einfluß der Stochastik auf die Leistung eines Fließproduktionssystems
- Relevante Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Systeme mit unbegrenzten Puffern

Hausaufgaben

Problemstellung 10: *Fließproduktionssysteme unter stochastischen Bedingungen*

Aufgaben



- Einflußgrößen der Leistung eines Fließproduktionssystems
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-165.html>)
 - ☒ Wovon hängen die Auslastungsanteile einer Station (Leerzeit, ...) ab?
- Stochastische Bearbeitungszeiten: Gamma-Verteilung
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-477.html>)
 - ☒ Erzeugen Sie eine Dichtefunktion der Gamma-Verteilung mit Excel.
- ☒ Erklären Sie den Einfluß der MTTR auf die Produktionsrate eines Fließproduktionssystems bei unterschiedlichen Verfügbarkeiten anhand einer Graphik.
- Systeme mit begrenzten Puffern und begrenzter Anzahl von Werkstückträgern
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-487.html>)
 - ☒ Warum folgt die Produktionsrate einem umgekehrten 'U'?

Diskussionspunkte

- Exponentialverteilung
- Gammaverteilung, Schätzung der Parameter
- Mittelwert, Varianz, Variationskoeffizient
- Einfluß des Produktmix auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Bearbeitungszeiten an einer Station
- Einfluß von Störungen (Verfügbarkeit) auf die Leistung eines Fließproduktionssystems

Problemstellung 11: Fließproduktionssysteme mit unbegrenzten Puffern

Aufgaben

- Installieren Sie die kostenlose Software 'Queueing Calculator' auf Ihrem Windows 10 Rechner und nutzen Sie dieses Programm für die Berechnungen in den folgenden Aufgaben. (Alternativ können die Berechnungen auch mit dem Produktions-Management-Trainer ausgeführt werden.)
- Warteschlangenmodelle
 -  (<http://www.pom-consult.de/production-analytics/advancedplanning-126.htm>)
- Literatur:
 - Lehrbuch 'Supply Chain Analytics', Abschnitt 7.3.2
 - ☒ Wiederholen Sie die Vorgehensweise der exakten Dekomposition eines Fließproduktionssystemes mit exponentialverteilten Bearbeitungszeiten
- Fließproduktionssysteme mit unbegrenzten Puffern
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-485.html>)
 - ☒ Beschreiben Sie die Vorgehensweise der approximativen Dekomposition eines Fließproduktionssystemes mit allgemein verteilten Bearbeitungszeiten
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A3.4: Stochastische Bearbeitungszeiten, Handarbeitsplätze
 - ☒ Implementieren Sie die im Übungsbuch angegebenen Formeln in Excel und reproduzieren Sie die Berechnungen.

Diskussionspunkte

- Typen von Warteschlangenmodellen, $M/M/1$ -Modell, ...
- Warum kann man ein Fließproduktionssystem mit unbegrenzten Puffern und exponentialverteilten Bearbeitungszeiten *exakt* dekomponieren?
- Warum kann man ein Fließproduktionssystem mit unbegrenzten Puffern und allgemein verteilten Bearbeitungszeiten nur approximativ analysieren? Warum führt die Dekomposition nicht zu einer exakten Aussage?
- Wie groß ist der Variationskoeffizient einer exponentialverteilten Zufallsvariablen?
- Was versteht man unter Simulation?
- Warum simuliert man nicht einfach ein Fließproduktionssystem und verzichtet auf analytische Berechnungen?

Sitzung 6

Thema: Completion-Time-Konzept; Leistungsanalyse von Fließproduktionssystemen mit begrenzten Puffern


Lernziele

- Methoden zur Leistungsanalyse für verschiedene Systemstrukturen
- Zusammenhang zwischen Optimierung und Leistungsanalyse
- Analyse von 2-Stationen-Systemen als Werkzeug zur Zerlegung längerer Systeme
- Approximationsformeln für große Systeme

Hausaufgaben

Problemstellung 12: *Completion-Time Konzept*

Aufgaben


- Beschreibung des Completion-Time Konzepts
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-485a.html>)
 - ☒ Erläutern Sie die Annahmen und die Vorgehensweise des Completion-Time Konzepts.
 - ☒ Zeichnen Sie eine Graphik, die den Zusammenhang zwischen MTTR und MTTF bei gegebener Verfügbarkeit wiedergibt und interpretieren Sie die Graphik.

Diskussionspunkte

- MTTR, MTTF, Verfügbarkeit


Problemstellung 13: *Approximationsformeln für große Systeme mit beschränkten Puffern*

Aufgaben

- Approximation mit einer geschlossenen Formel
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-165.html>)
 - ☒ Stellen Sie die Approximationsformel von Blumenfeld dar und erklären Sie die Wirkung der Einflußgrößen der Produktionsrate. Unter welchen Voraussetzungen kann man diese Approximation anwenden?

Problemstellung 14: 2-Stationen-Systeme

Aufgaben

- Analyse eines 2-Stationen-Systems mit begrenzten Puffern, *unendliche* Ankunftsrate
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-478.html>)
 - ☒ Erläutern Sie das Markov-Modell

 - ☒ Betrachten Sie zwei Stationen mit identischen Bearbeitungsraten $\mu_1 = \mu_2 = 0.8$ sowie der Puffergröße 0. Wie viele Zustände gibt es? Stellen Sie das Gleichungssystem auf und bestimmen Sie die stationären Zustandswahrscheinlichkeiten.
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A3.6: Zwei-Stationen-Modell mit beschränktem Puffer, *endliche* Ankunftsrate
 - ☒ Überprüfen Sie die einzelnen Rechenschritte.

 - ☒ Zeigen Sie den Einfluß der Puffergrößen auf den Output des Zwei-Stationen-Systems anhand einer Graphik.

Diskussionspunkte

- Zeigen Sie den Einfluß der Puffergrößen auf die Leistung des Zwei-Stationen-Systems
- Zeigen Sie den Einfluß der Puffergrößen auf die Größe des Gleichungssystems.

Problemstellung 15: *Modellierung eines 2-Stationen-Systems mit einem Warteschlangenmodell*

Aufgaben

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A3.8: Zwei-Stationen-Modell mit beschränkten Puffern, $M/M/1/N$ -Modell
- ☒ Bearbeiten Sie die Aufgabenteile (a) und (b)

Diskussionspunkte

- Ankunftsrate, Bedienrate
- Einfluß der Begrenzung der Kunden im Warteschlangensystem
- Einfluß der Veränderung der Ankunftsrate und der Bedienrate auf den Output des Systems.

Sitzung 7

Thema: Leistungsanalyse von großen Fließproduktionssystemen und Pufferoptimierung


Lernziele

- Dekompositionskonzept theoretisch verstehen und praktisch anwenden
- Bedeutung von Puffern in stochastischen Fließproduktionssystemen
- Zusammenhang zwischen der Pufferoptimierung und der Leistungsanalyse eines Fließproduktionssystems.
- Grundkonzepte zur Bestimmung der optimalen Puffergrößen
- Beziehungen zwischen Pufferanzahl und Pufferverteilung

Hausaufgaben

Problemstellung 16: *Analyse eines langen Fließproduktionssystems mit exponentialverteilten Bearbeitungszeiten*

Aufgaben

- –  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-479.html>)
 - ☒ Erklären Sie die Logik des Dekompositionskonzeptes für den Fall, daß die Subsysteme mit M/M/1-Warteschlangenmodellen analysiert werden können.
- ☒ Betrachten Sie ein Fließproduktionssystem mit 4 Stationen, exponentialverteilten Bearbeitungszeiten mit dem Mittelwert $b_m = 1$ ($m = 1, 2, 3, 4$) und keinen Pufferplätzen (d. h. Puffergrößen sind 0). Erklären Sie die Formeln aus dem Internet zur Bestimmung der Produktionsrate des Systems anhand der folgenden Berechnungen.

Iteration 1

Vorwärtsrechnung

Berechnung der Zugangsraten bei gegebenen Bedienraten

Subsystem [1,2]

Station 1 ist niemals unbeschäftigt!

Bedienrate der Upstream-Station $M_u(1,2)$: $\mu_u(1,2) = 1.0000$

Subsystem [2,3]

Berechne Produktionsrate $X(1,2)$ $\mu_u(1,2) = 1.0000, \mu_d(1,2) = 1.0000$ $X(1,2) = 1.0000 \cdot (1 - 0.3333) = 0.6667$ $\frac{1}{\mu_u(2,3)} = \frac{1}{1.0000} + \left(\frac{1}{0.6667} - \frac{1}{1} \right) = 1.5000$ Bedienrate der Upstream-Station $M_u(2,3)$: $\mu_u(2,3) = 0.6667$

Subsystem [3,4]

Berechne Produktionsrate $X(2,3)$ $\mu_u(2,3) = 0.6667, \mu_d(2,3) = 1.0000$ $X(2,3) = 1.0000 \cdot (1 - 0.4737) = 0.5263$ $\frac{1}{\mu_u(3,4)} = \frac{1}{1.0000} + \left(\frac{1}{0.5263} - \frac{1}{1} \right) = 1.9000$ Bedienrate der Upstream-Station $M_u(3,4)$: $\mu_u(3,4) = 0.5263$

Iteration 1

Rückwärtsrechnung

Berechnung der Bedienraten bei gegebenen Zugangsraten

Subsystem [3,4]

Station 4 ist niemals blockiert!

Bedienrate der Downstream-Station $M_d(3,4)$: $\mu_d(3,4) = 1.0000$

Subsystem [2,3]

Berechne Produktionsrate $X(3,4)$ $\mu_u(3,4) = 0.5263, \mu_d(3,4) = 1.0000$ $X(3,4) = 1.0000 \cdot (1 - 0.5545) = 0.4455$ $\frac{1}{\mu_d(2,3)} = \frac{1}{1} + \left(\frac{1}{0.4455} - \frac{1}{0.5263} \right) = 1.3448$ Bedienrate der Downstream-Station $M_d(2,3)$: $\mu_d(2,3) = 0.7436$

Subsystem [1,2]

Berechne Produktionsrate $X(2,3)$ $\mu_u(2,3) = 0.6667, \mu_d(2,3) = 0.7436$ $X(2,3) = 0.7436 \cdot (1 - 0.3703) = 0.4682$ $\frac{1}{\mu_d(1,2)} = \frac{1}{1.0000} + \left(\frac{1}{0.4682} - \frac{1}{0.6667} \right) = 1.6357$ Bedienrate der Downstream-Station $M_d(1,2)$: $\mu_d(1,2) = 0.6113$

Eine andere Berechnungsweise, die zu denselben Ergebnisse führt, findet sich in Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion' – Aufgabe A3.9: Fließproduktionssystem mit beschränkten Puffer, Dekomposition

- ☒ Rechnen Sie die Zahlen für Subsystem (2,3) in der Rückwärtsrechnung der Iteration 1 Schritt für Schritt nach.

Diskussionspunkte


- Analyse eines Subsystems
- Parameter eines Subsystems
- Erfassung der Interdependenzen zwischen den Subsystemen in den Dekompositionsgleichungen
- Quantifizierung von Starving- und Blocking-Wahrscheinlichkeiten
- Quantifizierung von Starving- und Blocking-Zeiten


Problemstellung 17: *Einflußgrößen der Puffer*

Aufgaben

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A3.10: Einfluß der Variabilität der Bearbeitungszeiten auf die benötigten Puffer
- ☒ Erklären Sie die Graphik.

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A3.13: Pufferoptimierung
- ☒ Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Pufferanzahl und Produktionsrate.

- –  (<http://www.pom-consult.de/FlowEval/PufferOptTheorie.Htm>)
- ☒ Zusammenfassen

- –  (<http://www.pom-consult.de/FlowEval/ExNet1.Htm>)
- ☒ Sehen Sie sich den Film an. Achten Sie auf die Daten. Wie unterscheiden diese sich von den Annahmen, die wir bisher getroffen haben.

- ☒ Erläutern Sie das Primalproblem und das Dualproblem. Nennen Sie für beide Problemstellungen jeweils eine praktische Anwendungssituation.

- ☒ Beschreiben Sie das Gradientenverfahren zur Lösung des Dualproblems.

- ☒ Implementieren Sie die Berechnung der projizierten Gradienten in MS-Excel und zeigen Sie, daß die Addition eines Vielfachen dieses Vektors zum Vektor der Puffer keine Veränderung der Gesamtanzahl der Puffer verursacht.

Diskussionspunkte

- Dualproblem, Primalproblem
- Isoquanten bei zwei Puffern (drei Stationen)

Sitzung 8

Thema: Zentrenproduktion, Produktionsinseln

Lernziele

- Merkmale eines Produktionszentrums
- Probleme bei der Strukturierung von Produktionsinseln
- Analyse von Produktionsinseln
- Optimierungsprobleme

Hausaufgaben

Problemstellung 18: *Produktionsinseln*

Aufgaben

- Literatur:
 - Internetsuche
 - ☒ Suchen Sie im Internet nach dem Stichwort 'Modulare Montage' (wird derzeit von Audi propagiert) und beschreiben Sie die Arbeitsweise einer Produktionsinsel in diesem Konzept und die 'smarte' Steuerung des Materialflusses.

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A4.3: Leistungsanalyse einer Produktionsinsel
 - ☒ Erklären Sie die in der Aufgabe dargestellte Vorgehensweise.

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A4.5: Konfigurierung einer Produktionsinsel
 - ☒ Erklären Sie das Verfahren von Askin. Erläutern Sie das mathematische Optimierungsmodell.

- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A4.6: Vergleich zwischen Werkstattproduktion und Inselproduktion
 - ☒ Erklären Sie die in der Aufgabe dargestellte Vorgehensweise. Welche Annahmen bezüglich der Bearbeitungszeiten werden getroffen.

Diskussionspunkte

- Begriffe 'Gruppentechnologie', 'Modulare Montage'
- Produktfamilien, Maschinengruppen

- Optimierungsansätze zur Bildung von Produktionsinseln
- Warteschlangennetzwerk; wie bildet man den Materialfluß zwischen den Maschinen ab?
- Losgrößen bei Inselproduktion
- Durchlaufzeiten bei Inselproduktion
- Lagerbestand bei Inselproduktion

Sitzung 9

Thema: Leistungsanalyse und Optimierung von Flexiblen Fertigungssystemen



Lernziele

- Begriff des Flexiblen Fertigungssystems (FFS)
- Methoden zur analytischen Leistungsanalyse eines FFS
- Geschlossenes Warteschlangenmodell, Mittelwert-Analyse

Hausaufgaben

Problemstellung 19: Leistungsanalyse eines Flexiblen Fertigungssystem

Aufgaben

- Flexible Fertigungssysteme (Begriff, Design-Probleme)
 -  (<http://www.produktion-und-logistik.de/produktionundlogistik-133.html>)
 - ☒ Beschreiben Sie die Merkmale eines Flexiblen Fertigungssystems.
 - ☒ Stellen Sie die Bestandteile eines Bearbeitungszentrums dar.
-  (<http://www.produktion-und-logistik.de>)
 - ☒ Suchen Sie im Internet nach Bildern und Filmen von Flexiblen Fertigungssystemen. Identifizieren Sie die Komponenten eines FFS.
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Supply Chain Analytics', Aufgabe C7.7: Konfigurierung eines Flexiblen Fertigungssystems (Datenaufbereitung und statische Analyse)
 - ☒ Erläutern Sie die Berechnungen.
- Literatur:
 - Lehrbuch 'Supply Chain Analytics', Abschnitt 7.4.1.
 - ☒ Erläutern Sie die Annahmen und das Verfahren der Mittelwertanalyse (Mean-Value-Analysis) zur Bestimmung der Leistungskenngrößen eines Flexiblen Fertigungssystems (bzw. eines geschlossenen Warteschlangennetzwerks).
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A4.1: Konfigurierung eines Flexiblen Fertigungssystems, Frage b)
 - ☒ Reproduzieren Sie die Berechnungen der MVA für das Beispiel in MS-Excel.

Diskussionspunkte

- Nennen Sie Ursachen der Flexibilität eines FFS
- Erläutern Sie die Vorgehensweise der Mittelwertanalyse
- Erläutern Sie den Unterschied zwischen der mittleren Warteschlangenlänge bei Ankunft eines Kunden (arrival-instant) und der mittleren Warteschlangenlänge im Zeitablauf (time-average)
- Vergleich Statische Analyse und Mittelwert-Analyse: Unterschiede, Aussagefähigkeit

Problemstellung 20: *Geschlossenes Warteschlangennetzwerk mit einem zentralen Server*

Aufgaben

- ☒ Beschreiben Sie ein geschlossenes Warteschlangennetzwerk. Gehen Sie auf den Fluß der 'Kunden' in dem Netzwerk ein. Welche Daten werden zur Analyse eines Flexiblen Fertigungssystem mit einem solchen Netzwerk benötigt?

Problemstellung 21: *Modulare Montage anstatt Fließproduktion*

Aufgaben

- ☒ Unter '<http://blog.audi.de/2016/11/23/modulare-montage-statt-fließband/>' finden Sie einen Blog-Beitrag der Audi AG, in dem unter der Bezeichnung 'Modulare Montage' beschrieben wird, wie in der Automobilmontage die lineare Fließproduktion durch eine Inselproduktion ersetzt werden könnte. Dieses Konzept ist derzeit noch in der Planung.
Bevor man diese Idee in der Praxis umsetzt, ist eine genaue Analyse der Funktionsfähigkeit erforderlich.
Skizzieren Sie ein *offenes* Warteschlangennetzwerk, mit dem dieses Fertigungskonzept analysiert werden kann.

Sitzung 10

Thema: Leistungsanalyse und Optimierung von Flexiblen Fertigungssystemen

Lernziele

- Analyse von Flexiblen Fertigungssystemen
- Optimierungsprobleme
- LP-Ansätze zur Optimierung von FFS mit unbegrenzter Anzahl von Paletten

Hausaufgaben

Problemstellung 22: *Ressourcen- und Arbeitsplanoptimierung*

Aufgaben

- Literatur:
 - Tempelmeier and Kuhn (1993), Abschnitt 421.
Modell von Secco-Suardo: Arbeitsplanoptimierung bei unbegrenzter Anzahl Paletten für ein Flexibles Fertigungssystem
- ☒ Erläutern Sie das Modell und implementieren Sie es in OPL.
- Literatur:
 - Übungsbuch 'Analytics in SCM und Produktion', Aufgabe A4.2: Ressourcen- und Arbeitsplanoptimierung für ein Flexibles Fertigungssystem
- ☒ Erläutern Sie das Modell und implementieren Sie es in OPL. Zeigen Sie die Unterschiede zum Modell von Secco-Suardo auf.

Diskussionspunkte

- Annahmen der LP-Modelle
- Zusammenhang mit der statischen Analyse

Problemstellung 23: *Kapazitätsoptimierung*

Aufgaben

- Literatur:
 - Tempelmeier and Kuhn (1993), Abschnitt 43.
- ☒ Erläutern Sie das Modell CA-VS von Vinod und Solberg. Zeigen Sie anhand eines numerischen Beispiels mit Hilfe der Mittelwertanalyse, daß die Produktionsrate $X(\underline{S}, N)$ bei gegebener Anzahl von Servern bzw. Maschinen eine nichtlineare Funktion der Anzahl Paletten (N) ist.