Leibniz Universität Hannover
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
Institut für Produktionswirtschaft
Prof. Dr. Stefan Helber

Sitzplatznr.:

Klausur zur Veranstaltung
"Gestaltung industrieller Produktionsprozesse"
im Wintersemester 2021/22

Hinweise:

- Die Klausur besteht aus **14** Seiten (inkl. Deckblatt). Bitte überprüfen Sie, ob Ihr Exemplar vollständig ist und lassen Sie sich ansonsten ein anderes geben.
- Die Klausur besteht aus **5** Aufgaben, die alle zu bearbeiten sind. Die erreichbare Punktzahl ist bei jeder Aufgabe angegeben. Insgesamt sind bei einer Klausurdauer von **60 Minuten** maximal **60 Punkte** zu erreichen.
- **Der Lösungsweg muß erkennbar sein!** Wenn Sie zur Beantwortung einer Frage eine Formel verwenden, so geben Sie diese zunächst in allgemeiner Form an!
- **Bitte antworten Sie kurz und präzise! Stichpunktartige Antworten genügen!**
- Erlaubte Hilfsmittel sind ein nicht-programmierbarer Taschenrechner sowie ein zweiseitig handschriftlich beschriebenes Hilfsblatt im Format DIN A4 mit Inhalten nach Ihrer Wahl.
- Zur Beantwortung der Fragen finden Sie genügend Platz in der Klausur. Bitte reißen Sie die Klausur nicht auseinander und verwenden Sie kein eigenes Papier.
- Tragen Sie bitte zuerst Ihre persönlichen Daten ein.

Persönliche Daten:

Nachname	Vorname	Matrikelnr.	Studienfach	Abschluss	Semester

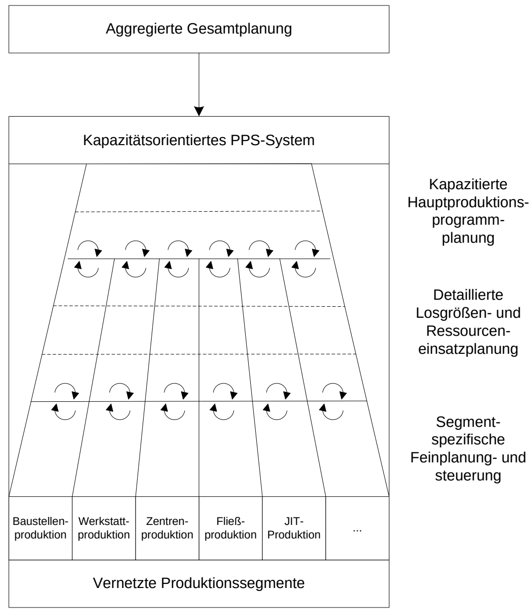
Bewertung:

Aufg.	1	2	3	4	5	Summe
max. Punkte	14	8	17	10	11	60
Punkte						

Viel Erfolg bei der Klausur!

1. **KPPS-Pyramide** **14 Punkte**

Betrachten Sie die dargestellte und aus der Vorlesung bekannte KPPS-Pyramide.



(a) Erläutern Sie kurz die Bedeutung der Planungsebenen "Kapazitierte Hauptproduktionsproduktionsprogrammplanung" und "Detaillierte Losgrößen- und Ressourceneinsatzplanung". Gehen Sie dabei jeweils auf den grundsätzlichen Tradeoff zwischen den verschiedenen Kostenarten der Zielfunktion und die zu treffenden Entscheidungen ein. **(6 P.)**

(b) Erläutern Sie, in welchem Zusammenhang die genannten Planungsebenen zu einander stehen. Gehen Sie auch darauf ein, welche Bedeutung die Produktionssegmente in den einzelnen Ansätzen haben. **(3 P.)**

(c) In den aus diesen Planungsebenen in der Vorlesung behandelten deterministischen Problemstellungen wird eine vollständige Bedarfsbefriedigung angenommen. Erklären Sie, was passieren würde, wenn diese Annahme ersatzlos gestrichen würde. Beschreiben Sie, wie ein Modell angepasst werden müsste, damit auch ohne vollständige Bedarfsbefriedigung eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Lösung gefunden wird. (**2 P.**)

(d) Wieso wird bei der stochastischen Losgrößenplanung keine vollständige Bedarfsbefriedigung verlangt und wie wird dieser Aspekt stattdessen berücksichtigt? (**3 P.**)

2. **Prognose bei saisonalem Bedarf** **8 Punkte**

Für ein Produkt ist der Bedarf der letzten 8 Perioden in der nachfolgenden Tabelle gegeben.

k	1	2	3	4	5	6	7	8
y_k	36	13	44	60	18	55	88	24

Die Prognose für zukünftige Perioden soll mit einem multiplikativen Prognosemodell unter Berücksichtigung einer Saisonalität von 3 Perioden und unter Verwendung der folgenden Notation erfolgen:

- TC: glatte Komponente (Trend)
- I: zufällige, irreguläre Komponente
- S: Saisonzyklus

Die folgenden Daten wurden bereits bestimmt:

- Rohwert des Saisonfaktors für die 1. Saison (Perioden 1, 4, 7): $\widetilde{s}_1 = 1,53$
- Rohwert des Saisonfaktors für die 2. Saison (Perioden 2, 5, 8): $\widetilde{s}_2 = 0,41$

(a) Bestimmen Sie für die 3. Saison (Perioden 3, 6) den Rohwert des geschätzten Saisonfaktors $\widetilde{s}_3$ sowie den geschätzten Saisonfaktor s_3. Der Lösungsweg muss erkennbar sein! Runden Sie auf zwei Nachkommastellen. **(6 P.)**

(b) Beschreiben Sie allgemein das weitere Vorgehen zur Bestimmung der verbleibenden Schätzer des Prognosemodells. (Hinweis: Es ist nicht erforderlich, die konkreten Werte zu berechnen!) **(2 P.)**

3. **Dynamische Losgrößenplanung, GLSP** **17 Punkte**

Im Folgenden wird die in der Vorlesung behandelte und Ihnen somit bekannte Modellformulierung für das General Lotsizing Problem GLSP dargestellt.

Hinweis: Sie können die Notation und das Modell zunächst überspringen und dann zielgerichtet in den Teilaufgaben die angesprochenen Elemente des Modells betrachten.

Indizes und Indexmengen:	
$i, k = 0, 1, ..., K$	Produkte ($i, k = 0$: Nullzustand)
$l = 1, \dots, L$	Linien
$s = 1, ..., S$	(Mikro-)Perioden
$t = 1, ..., T$	(Makro-)Perioden
S_t	Menge der Mikroperioden von Makroperiode t
Daten:	
ac_{lk}	variable Bereitschaftskosten für die Aufrechterhaltung des Rüstzustandes von Produkt k auf Linie l
C_{lt}	Kapazität der Linie l in Makroperiode t
d_{kt}	Bedarf von Produkt k in Makroperiode t
hc_k	Kosten der Lagerung einer Einheit von Produkt k über eine Makroperiode
pc_{lk}	variable Produktionskosten von Produkt k auf Linie l
$q_{lk}^{\min}$	Mindestlosgröße von Produkt k auf Linie l
$q_{l0}^{\min}$	Minimalzeit, die Linie l im Nullzustand sein muss, wenn dieser Zustand erreicht wird
sc_{lik}	Kosten eines Rüstvorgangs von Produkt i auf Produkt k an Linie l
st_{lik}	Dauer eines Rüstvorgangs von Produkt i auf Produkt k an Linie l
tb_{lk}	Stückbearbeitungszeit für Produkt k auf Linie l (Produktionskoeffizient)
Y_{k0}	Lageranfangsbestand von Produkt k
δ_{lk0}	Anfangszustand, gleich 1, wenn Linie l zu Beginn der Planung für Produkt k gerüstet ist, 0 sonst
Entscheidungsvariablen (Auszug):	
$Q_{l0s} \geq 0$	Zeit in Mikroperiode s, in der sich die Anlage im Nullzustand (nicht gerüstet) befindet
$Y_{kt} \geq 0$	Lagerbestand von Produkt $k \neq 0$ am Ende von Makroperiode t

Generelles Losgrößenproblem (GLSP)

Zielfunktion:

$$\text{Min} \sum_{t=1}^{T}\sum_{k=1}^{K} hc_k \cdot Y_{kt} + \sum_{l=1}^{L}\sum_{i=0}^{I}\sum_{k=0}^{K}\sum_{s=1}^{S} sc_{lik} \cdot \gamma_{liks} + \sum_{l=1}^{L}\sum_{k=0}^{K}\sum_{s=1}^{S} pc_{lk} \cdot Q_{lks} + \sum_{l=1}^{L}\sum_{k=0}^{K}\sum_{s=1}^{S} ac_{lk} \cdot \overline{q}_{lks} \tag{1}$$

Nebenbedingungen:

$$Y_{k,t-1} + \sum_{l=1}^{L} \sum_{s \in S_t} Q_{lks} - d_{kt} = Y_{kt}, \qquad \forall t, k \neq 0 \tag{2}$$

$$\sum_{k=0}^{K} \sum_{s \in S_t} (tb_{lk} \cdot Q_{lks} + \overline{q}_{lks}) = C_{lt} - \sum_{i=0}^{I} \sum_{k=0}^{K} \sum_{s \in S_t} st_{lik} \cdot \gamma_{liks}, \qquad \forall l, t \tag{3}$$

$$tb_{lk} \cdot Q_{lks} + \overline{q}_{lks} \leq C_{lt} \cdot \delta_{lks}, \qquad \forall l, k, t, s \in S_t \tag{4}$$

$$Q_{lks} \geq q_{lk}^{\min} \cdot (\delta_{lks} - \delta_{lk,s-1}), \qquad \forall l, k, s \tag{5}$$

$$\sum_{k=0}^{K} \delta_{lks} = 1, \qquad \forall l, s \tag{6}$$

$$\gamma_{liks} \geq \delta_{li,s-1} + \delta_{lks} - 1, \qquad \forall l, i, k, s \tag{7}$$

(a) Welche Vorteile bietet die Kombination von Mikro- und Makroperioden, wie sie in diesem Modell verfolgt wird? Gehen Sie dabei auch darauf ein, warum beim GSLP die Längen der Mikroperioden modellendogen bestimmt werden. **(3 P.)**

(b) Erläutern Sie die Bedeutung und den Definitionsbereich der Entscheidungsvariablen Q_{lks}, $\overline{q}_{lks}$, γ_{liks} und δ_{lks}. **(4 P.)**

(c) Erläutern Sie **stichpunktartig** die Gleichungen (3). Begründen Sie, warum diese nicht als **Ungleichung** modelliert werden können. **(3 P.)**

(d) Nehmen Sie an, die Nebenbedingungen (4) würden gänzlich entfallen. Welche Konsequenzen hätte dies für eine mit diesem Modell bestimmte Lösung? **(2 P.)**

(e) Betrachten Sie die Nebenbedingungen (5).

i. Geben Sie in der folgenden Tabelle für jede Kombination der Variablen δ_{lks} und $\delta_{lk,s-1}$ die Begrenzung von Q_{lks} in Verbindung mit der aus dem GLSP bekannten Variablendefinition an und kennzeichnen Sie kurz, was dies inhaltlich bedeutet. **(2 P.)**

δ_{lks}	δ_{lks-1}	Q_{lks}	Bedeutung
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

ii. Geben Sie an, welche Funktion diese Nebenbedingungen somit erfüllen. **(1 P.)**

iii. Welche Probleme könnten auftreten, wenn stattdessen die Restriktion
$Q_{lks} \geq q_{lk}^{min} \cdot \delta_{lks}, \ \forall l, k, s$
verwendet werden würde? Welche Probleme können auch bei der im GLSP gewählten Formulierung auftreten? **(2 P.)**

4. **Lösungsansätze für Losgrößenprobleme** **10 Punkte**

(a) Kennzeichnen Sie stichpunktartig die Idee und die Vorgehensweise der in der Vorlesung vorgestellten Fix-and-Optimize-Heuristik zur Lösung des *Capacitated Lotsizing Problems (CLSP)*. Gehen Sie dabei auch auf die Startlösung und Dekompositionsstrategien ein. (**8 P.**)

(b) Warum ist bei bei der Fix-and-Optimize-Heuristik häufig notwendig, in den Unterproblemen Überstunden zu berücksichtigen? (**2 P.**)

5. **"Shifting-bottleneck-Verfahren"** **11 Punkte**

(a) Kennzeichnen Sie stichwortartig die Zielsetzung und Vorgehensweise des "Shifting-bottleneck-Verfahrens" zur Lösung von Job-Shop-Scheduling-Problemen. (**5 P.**)

(b) Für drei Aufträge ($j = 1, \ldots, 3$) soll mit dem "Shifting-Bottleneck-Verfahren" ein Maschinenbelegungsplan erstellt werden. Dabei müssen die einzelnen Aufträge die drei Maschinen A, B und C in unterschiedlicher Bearbeitungsreihenfolge durchlaufen. Die in der folgenden Tabelle angegebene Maschinenfolge μ_{jh} gibt die Maschine an, die von Auftrag j für Arbeitsgang h benötigt wird.

	Arbeitsgang h		
Auftrag j	**1**	**2**	**3**
1	C	B	A
2	B	C	A
3	B	A	C

Die jeweiligen Bearbeitungszeiten t_{jh} sind für jeden Auftrag j und Arbeitsgang h in der nachfolgenden Tabelle angegeben:

	Arbeitsgang h		
Auftrag j	**1**	**2**	**3**
1	3	3	1
2	2	1	3
3	5	3	1

Alle Aufträge stehen zum Beginn der Planung ($t = 0$) zur Verfügung.

Bestimmen Sie für die Iteration 1 des "Shifting-Bottleneck-Verfahrens" lediglich für Maschine A (!) den zugehörigen Maschinenbelegungsplan.

i. Geben Sie dafür zunächst die Vorlauf-, Bearbeitungs- und Nachlaufzeiten auf Maschine A in der ersten Iteration an. **(3 P.)**

ii. Bestimmen Sie mit dem *Verfahren von Schrage* den zugehörigen Maschinenbelegungsplan und zeichnen Sie ihn in das nachfolgende Koordinatensystem ein. (**3 P.**)