

Aufgaben zur Klausurvorbereitung
Produktion (Wahlfachstudierende)
HWS 2014

Aufgabe 1 (Klassifikation von Planungsproblemen) (18 Punkte)

Erläutern Sie, wie die folgenden Planungsprobleme in die Bereiche “Strategische Planung”, “Taktische Planung” und “Operative Planung” einzuordnen sind.

(a) Layoutplanung (4.5 Punkte)

Planungsproblem: Entscheidung über das Layout eines Standortes. Bestimmt die Anordnung von Maschinen und Transporteinheiten.

(b) Losgrößenplanung (4.5 Punkte)

Planungsproblem: Entscheidung über die Größe einzelner Lose (Lagerkosten vs. Rüstkosten/Bestellkosten).

(c) Reihenfolgeplanung (4.5 Punkte)

Planungsproblem: Entscheidung über die Reihenfolge von Aufträgen, die an einer Maschine, von einem Mitarbeiter oder einem Team bearbeitet werden. Die Reihenfolge hängt von der Kapazität, der Auslastung und ggf. der Zusammensetzung der Teams ab.

(d) Wartungsplanung (4.5 Punkte)

Planungsproblem: Entscheidung über Wartungsaufgaben und Zeitpunkte zu denen diese durchgeführt werden.

Aufgabe 2 (Prozessanalyse) (7 Punkte)

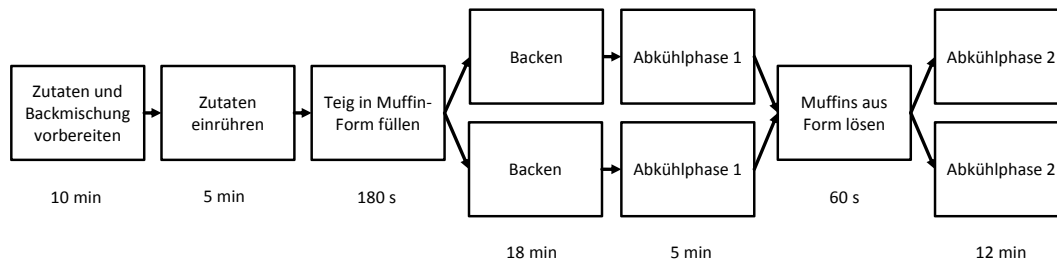
(a) Erläutern Sie, welchen Einfluss die Durchlaufzeit eines mehrstufigen Prozesses auf dessen Kapazität hat. (3 Punkte)

(b) Erläutern Sie, warum die Identifizierung des Engpasses eines Prozesses wichtig ist. (2 Punkte)

(c) Erklären Sie die Bedeutung der Kennzahl “Auslastung”. (2 Punkte)

Aufgabe 3 (Prozessanalyse)**(7 Punkte)**

Das Café *Grandma's Muffin Factory* stellt Muffins her. Deren Herstellung erfolgt in sieben aufeinanderfolgenden Schritten unterschiedlicher Dauer (siehe Abbildung). Die Kapazität der Backstube ist so ausgelegt, dass sich zwei Muffin-Bleche parallel backen sowie anschließend abkühlen lassen. Die einzelnen Aktivitäten der Muffinherstellung werden so eingeplant, dass sich minimale Durchlaufzeiten ergeben.



- (a) Ermitteln Sie die Durchlaufzeit W_s eines Backblechs. Bestimmen Sie darüber hinaus den Engpass der Muffin-Produktion sowie den Durchsatz th der Backstube pro Stunde. **(3 Punkte)**
- (b) Die Backstube kann täglich zehn Stunden zum Backen genutzt werden. Bestimmen Sie die Anzahl der Bleche, die in dieser Zeit gebacken werden können. Beachten Sie, dass die Backstube über Nacht gereinigt wird und daher das System komplett leer sein muss. **(2 Punkte)**
- (c) Die Geschäftsführung erwägt die Investition in eine Abkühlanlage, die die Dauer der Abkühlprozesse je Backblech halbieren würde. Ermitteln Sie die Durchlaufzeit W_s^{neu} eines Backblechs sowie den Durchsatz th^{neu} der Backstube, die sich bei Verwendung der neuen Anlage ergeben. **(2 Punkte)**

Aufgabe 4 (Warte- und Bediensysteme)**(11 Punkte)**

Die Kundenhotline eines kleinen EDV-Unternehmens ist täglich 8 Stunden besetzt. Durchschnittlich dauern telefonische Kundenanfragen $\frac{1}{\mu} = 6$ Minuten bei einer Standardabweichung von $\sigma_s = 2$ Minuten. Durchschnittlich ruft alle $\frac{1}{\lambda} = 9$ Minuten ein Kunde an mit einer Standardabweichung von $\sigma_a = 6$ Minuten.

- (a) Erläutern Sie, mittels welcher Kennzahl Schwankungen der Bedienzeiten und der Zwischenankunftszeiten in einem Warteschlangenmodell berücksichtigt werden können. Erklären Sie außerdem, worin der große Vorteil dieser Kennzahl gegenüber der Standardabweichung besteht. **(2.5 Punkte)**
- (b) Berechnen Sie die durchschnittliche Zeit $E[W_q]$ eines Kunden in der Warteschleife der Telefonanlage bis er mit einem Kundendienstmitarbeiter sprechen kann. **(3.5 Punkte)**

- (c) Bestimmen Sie, wie lange ein Kunde durchschnittlich am Telefon ist. **(1.5 Punkte)**
- (d) Erläutern Sie, wie sich eine steigende durchschnittliche Auslastung auf die durchschnittliche Durchlaufzeit in einem Warte- und Bediensystem mit einem Server auswirkt. Stellen Sie diesen Zusammenhang graphisch dar. **(3.5 Punkte)**

Aufgabe 5 (Warte- und Bediensysteme)

(10 Punkte)

In *Erna's Tante-Emma-Lädchen* kommen pro Stunde $\lambda = 8$ Kunden an. Die Standardabweichung der Zwischenankunftszeiten beträgt dabei $\sigma_a = 5$ Minuten. Erna benötigt für den Informationsaustausch und den Bedienvorgang an der Theke durchschnittlich $\frac{1}{\mu} = 6$ Minuten mit einer Standardabweichung von $\sigma_s = 180$ Sekunden.

- (a) Ermitteln Sie die mittlere Anzahl an Kunden $E[L_q]$, die an der Theke anstehen, sowie deren durchschnittliche Wartezeit $E[W_q]$ bis sie an der Reihe sind. **(6.5 Punkte)**
- (b) Berechnen Sie, inwiefern sich die Durchlaufzeit $E[W_s]$ eines Kunden an Ernas Theke verändern würde, wenn die Standardabweichung bei den Bedienzeiten von $\sigma_s = 180$ Sekunden auf $\sigma_s^{neu} = 120$ Sekunden reduziert werden könnte. **(3.5 Punkte)**

Aufgabe 6 (Warte- und Bediensysteme)

(10 Punkte)

Ein großes deutsches Telekommunikationsunternehmen betreibt eine Telefonhotline unter einer einzigen, landesweiten Rufnummer. Insgesamt arbeiten $N = 80$ Call Center-Agenten in vier unterschiedlichen, gleich großen regionalen Niederlassungen (Nord, Ost, Süd, West). Alle Mitarbeiter besitzen dieselben Qualifikationen und sind in der Lage dieselben Tätigkeiten zu verrichten. Eingehende Anrufe werden unabhängig des Ursprungs zum nächsten verfügbaren Agenten durchgestellt, sodass diese von jeder regionalen Niederlassung bearbeitet werden können. Durchschnittlich rufen $\lambda = 900$ Kunden pro Stunde bei der Hotline an, wobei die Länge eines Anrufes im Mittel $\frac{1}{\mu} = 5$ Minuten beträgt. Des Weiteren nimmt das Management der Call Center Variationskoeffizienten von $c_a = c_s = 1.0$ für die Zwischenankunftszeiten und Bearbeitungszeiten an.

Geben Sie bei Ihren Berechnungen neben dem Rechenweg auch die allgemeinen Formeln an.

- (a) Bestimmen Sie die erwartete Wartezeit $E[W_q]$ eines anrufenden Kunden sowie die erwartete Anzahl von Kunden in der Warteschlange $E[L_q]$. **(4 Punkte)**
- (b) Das Management der Call Center beabsichtigt einen standardisierten Fragebogen zu implementieren, um die Variabilität des Bearbeitungsprozesses zu reduzieren. Wie würde sich die erwartete Wartezeit $E[W_q]$ eines anrufenden Kunden verändern, wenn die Standardabweichung der Anrufdauer auf $\sigma_s = 4$ Minuten reduziert werden könnte. Nehmen Sie an, dass alle anderen Inputparameter unverändert bleiben. **(2.5 Punkte)**

- (c) Während der Schulferien sammelt ein Mittelstufenschüler in einer der Call Center-Niederlassungen erste praktische Berufserfahrung. Dabei schlägt er vor, aufgrund der räumlichen Nähe eine regionale Hotline je Niederlassung einzuführen anstatt der einen, landesweiten Rufnummer. Berechnen Sie, um wie viel Prozent sich die erwartete Wartezeit $E[W_q]$ eines anrufenden Kunden sowie die erwartete Warteschlangenlänge $E[L_q]$ dadurch verändern würden. Nehmen Sie dabei an, dass die Kunden des Telekommunikationsunternehmens gleichmäßig über die vier Regionen (Nord, Ost, Süd, West) verteilt sind und sämtliche anderen Inputparameter aus Aufgabenteil (a) unverändert bleiben.

(3.5 Punkte)

Aufgabe 7 (Lineare Programme)

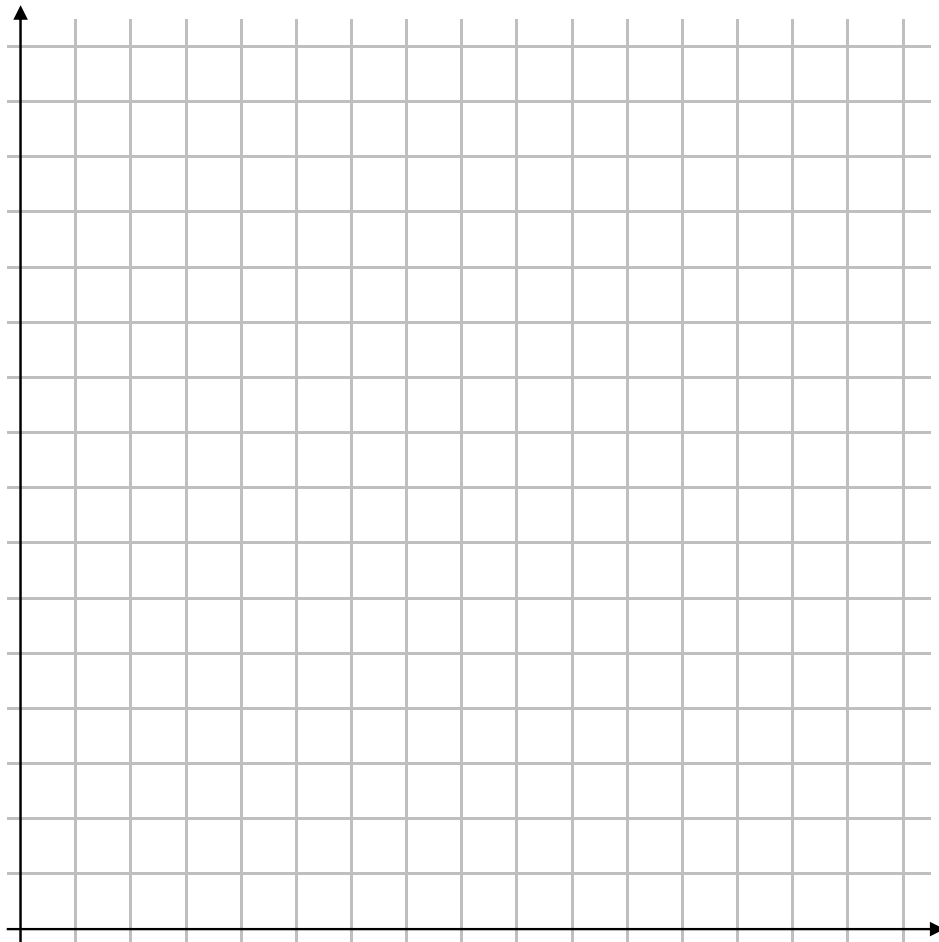
(13 Punkte)

Die Firma *Wichtelmann GmbH & Co. KG* fertigt Gartenzwerge. Es steht das folgende Sortiment zur Auswahl:

- Zwerg *Gregor* mit Laterne, handbemalt
- Zwerg *Hendrik* mit Schaufel

Bei der Fertigung der Gartenzwerge müssen Maschinenzeiten sowie Rohstoffverfügbarkeiten berücksichtigt werden. *Gregor* und *Hendrik* werden beide aus Ton gefertigt, von dem 200 Einheiten auf Lager liegen. Dabei werden für einen *Hendrik* 5 Einheiten des Tons sowie für einen *Gregor* 2 Einheiten benötigt. Der Ton muss im Herstellungsprozess gebrannt werden. Zur Fertigung sind insgesamt 360 Maschinenstunden verfügbar. Der Ofen wird zur Herstellung beider Zwergentypen jeweils 6 Stunden pro Stück beansprucht. Da *Gregor* handbemalt wird, ist zur Herstellung zusätzlich eine Arbeitskraft notwendig. Diese benötigt zur Fertigstellung von *Gregor* 1.5 Stunden und kann höchstens 60 Stunden mit der Fertigung verbringen. Der Gewinn pro Stück für *Hendrik* beträgt 70 EURO, *Gregor* wird aufgrund der aufwendigeren Herstellung teurer verkauft und erzielt einen Gewinn von 100 EURO pro Stück.

- (a) Formulieren Sie das zugehörige lineare Programm. **(7 Punkte)**
- (b) Lösen Sie das in Aufgabenteil (a) formulierte lineare Programm mithilfe der folgenden Vorlage graphisch. Kennzeichnen Sie den zulässigen Bereich. Geben Sie außerdem die optimale Lösung an und berechnen Sie deren Gewinn. **(6 Punkte)**



Aufgabe 8 (Lineare Programmierung)

(27 Punkte)

Ein Betrieb stellt zwei verschiedene Reinigungsmittel A und B her. Beide Produkte setzen sich aus den Rohstoffen 1 und 2 zusammen. Von den beiden Rohstoffen sind 130 bzw. 90 ME verfügbar. Die Produktionskapazität für die Herstellung der beiden Produkte beträgt insgesamt 1000 Stunden. Die Material- und Kapazitätsbedarfe sowie Nachfragen, Kosten und Erlöse der beiden Produkte sind in der folgenden Tabelle gegeben. Die Nachfrage muss nicht vollständig erfüllt werden.

Produkt	A	B
Nachfrage in ME	100	150
Kapazitätsbedarf in h pro ME	5	4
Materialbedarf des Rohstoffes 1 pro ME	40%	70%
Materialbedarf des Rohstoffes 2 pro ME	60%	30%
Erlös in EUR/ME	60	50
Material- und Produktionskosten in EUR/ME	48	35

- (a) Formulieren Sie ein lineares Entscheidungsmodell zur Bestimmung des optimalen Produktionsprogramms. **(8.5 Punkte)**

(b) Stellen sie den Lösungsraum graphisch dar und ermitteln sie die optimale Lösung. **(7 Punkte)**

(c) Formulieren Sie für das obige Entscheidungsproblem ein lineares Optimierungsmodell in *allgemeiner* Form. Gehen Sie davon aus, dass N Endprodukte unter Einsatz von M Rohstoffen in einer einstufigen Fertigung hergestellt werden. Kennzeichnen Sie Indizes, Parameter und Entscheidungsvariablen. **(11.5 Punkte)**

Aufgabe 9 (Lineare Programmierung)

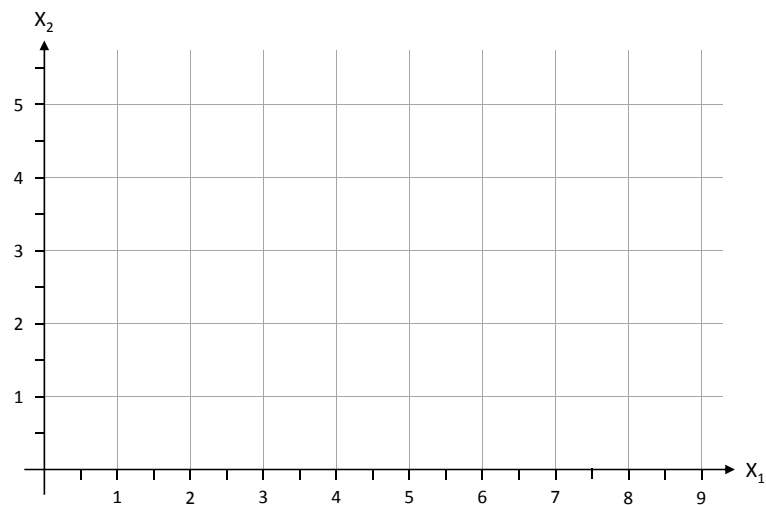
(10 Punkte)

(a) Lösen Sie das folgende lineare Programm graphisch.

(5.5 Punkte)

$$\min 2X_1 + X_2$$

$$\begin{aligned} \text{u.B.d.N.} \quad & -X_1 + X_2 \leq 1 \\ & X_1 + 3X_2 \geq 6 \\ & X_1 \leq 4 \\ & X_1, X_2 \geq 0 \end{aligned}$$

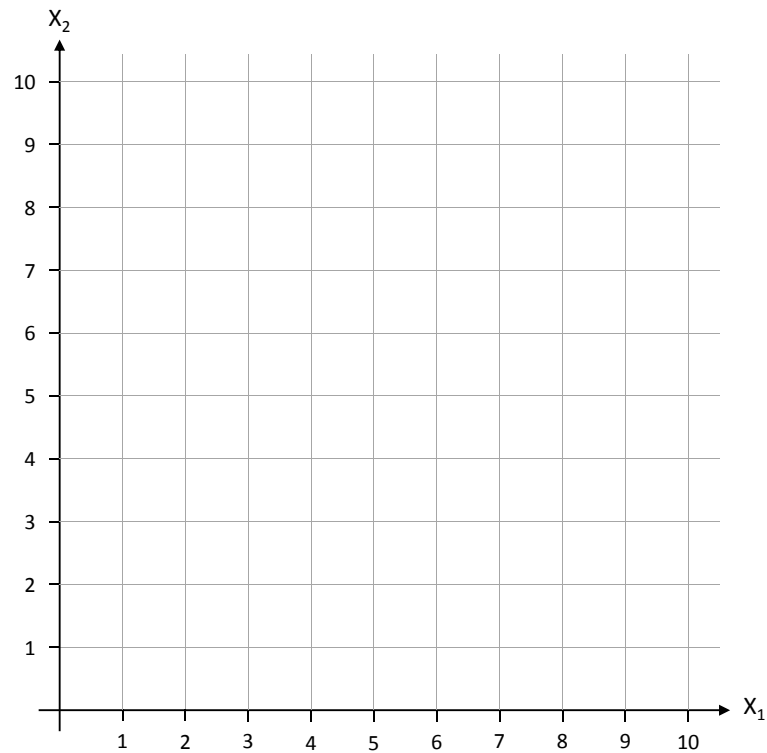


(b) Lösen Sie das folgende lineare Programm graphisch.

(4.5 Punkte)

$$\min 1.75X_1 + 2X_2$$

$$\begin{aligned} \text{u.B.d.N.} \quad & 4.5X_1 + 3X_2 \leq 22.5 \\ & X_1 + X_2 = 6 \\ & X_1, X_2 \geq 0 \end{aligned}$$



Aufgabe 10 (Beschäftigungsglättung)

(16 Punkte)

Das folgende aus der Vorlesung bekannte Modell zur Beschäftigungsglättung soll in den unten stehenden Teilaufgaben derart erweitert werden, dass die darin gegebenen Annahmen erfüllt werden.

Indizes:

$t = 1, \dots, T$ Perioden

Parameter:

d_t Aggregierte Nachfragemenge in Periode t
 L_0 Lageranfangsbestand
 k^l Lagerkostensatz pro Mengeneinheit und Periode
 c Produktionskapazität pro Periode
 a Produktionskoeffizient
 o^{max} Maximale Zusatzkapazität pro Periode
 k^o Kosten je Einheit der Zusatzkapazität

Entscheidungsvariablen:

X_t Produktionsmenge in Periode t
 O_t Genutzte Zusatzkapazität in Periode t
 L_t Lagerbestand am Ende der Periode t

Zielfunktion:

$$\min \sum_{t=1}^T k^l \cdot L_t + \sum_{t=1}^T k^o \cdot O_t$$

Nebenbedingungen:

$$\begin{aligned}L_{t-1} + X_t - d_t &= L_t & \forall t = 1, \dots, T \\a \cdot X_t &\leq c + O_t & \forall t = 1, \dots, T \\O_t &\leq o^{\max} & \forall t = 1, \dots, T \\X_t, L_t, O_t &\geq 0 & \forall t = 1, \dots, T\end{aligned}$$

- (a) Es werden I Produkttypen betrachtet. **(7 Punkte)**
- (b) Es werden J Ressourcen berücksichtigt. **(7.5 Punkte)**
- (c) Die Kosten der Zusatzkapazität sind zeitabhängig, d.h. sie hängen von der Periode t ab. **(1.5 Punkte)**

Aufgabe 11 (Beschäftigungsglättung) (9 Punkte)

Ein Unternehmen stellt einen Produkttyp her. Zur Planung der kommenden $T = 8$ Monate verwendet es das in der Vorlesung vorgestellte Optimierungsmodell zur Beschäftigungsglättung.

- (a) Geben Sie die Zielfunktion des Optimierungsmodells zur Beschäftigungsglättung an und definieren Sie die darin verwendeten Größen. **(5 Punkte)**
- (b) Erklären Sie, was im Modell zur Beschäftigungsglättung mit den Lagerbilanzgleichungen sichergestellt werden soll. Geben Sie außerdem die Lagerbilanzgleichung für eine Periode t an. Definieren Sie die im Vergleich zu Aufgabenteil (a) zusätzlich verwendeten Größen. **(4 Punkte)**

Aufgabe 12 (Beschäftigungsglättung) (10 Punkte)

- (a) Nennen und erläutern Sie kurz die beiden im Rahmen der Beschäftigungsglättung kennengelernten Basisstrategien. **(4 Punkte)**
- (b) Zur Planung der Produktion der kommenden 8 Monate verwendet ein Unternehmen das in der Vorlesung besprochenen Modell zur Beschäftigungsglättung. Bei den in der untenstehenden Tabelle gegebenen monatlichen Nachfragemengen d_t produziert das Unternehmen konstant $X_t = 50$ Produkteinheiten je Monat ($t = 1, 2, \dots, 8$). Bestimmen Sie den notwendigen Anfangslagerbestand L_0 , sodass dieser Produktionsplan fehlermengenfrei umgesetzt werden kann. Geben Sie außerdem den sich dabei ergebenden Lagerbestand L_8 am Ende des Planungszeitraumes an. **(6 Punkte)**

Monat t	1	2	3	4	5	6	7	8
Nachfrage d_t	41	49	72	53	34	67	28	56
Produktionsmenge X_t	50	50	50	50	50	50	50	50

Aufgabe 13 (Beschäftigungsglättung)

(16 Punkte)

Ein Unternehmen produziert einen Produkttyp. Für einen Planungszeitraum von 6 Monaten sind dabei die folgenden schwankenden Nachfragemengen bekannt:

Monat t	1	2	3	4	5	6
Nachfrage d_t	60	25	100	110	75	80

Die Nachfrage soll in jedem Monat voll erfüllt werden und das Rückstellen von Aufträgen zur späteren Auslieferung ist nicht gestattet. Eine frühere Produktion mit anschließender Lagerung zur späteren Auslieferung ist dagegen erlaubt. Allerdings fallen dabei Lagerkosten von 25 Geldeinheiten je Produkt und Monat an. Zu Beginn des Planungszeitraums befinden sich keine fertigen Produkte im Lager.

Zur Herstellung eines Produktes werden 4 Stunden der Produktionskapazität benötigt, deren monatliches Maximum bei 300 Stunden liegt. Sollte die reguläre Kapazität nicht ausreichend sein, können unbegrenzt Zusatzkapazitäten beschafft werden, welche allerdings mit 15 Geldeinheiten je Stunde vergütet werden müssen. Auch wenn die reguläre Kapazität nicht voll ausgelastet ist, muss sie trotzdem voll bezahlt werden.

- Geben Sie die Lagerbilanzgleichung für den zweiten Monat an. (1 Punkt)
- Ermitteln Sie den Produktionsplan (Gesamtproduktionsmengen X_t , monatlich genutzte Überkapazitäten O_t und Lagermengen L_t), welcher sich beim Produktionsprinzip der Synchronisation ergibt und ermitteln Sie die entstehenden Kosten für genutzte Überkapazitäten und Lagerung. (7 Punkte)
- Wie hoch muss die (konstante) maximale monatliche Zusatzkapazität in Stunden sein, damit das Produktionsprinzip der Synchronisation umgesetzt werden kann? (1 Punkt)
- Ermitteln Sie den Produktionsplan (Produktionsmengen X_t , monatlich genutzte Zusatzkapazitäten O_t und Lagermengen L_t), welcher sich beim Produktionsprinzip der Emanzipation ergibt. Dabei soll in den 6 Monaten die über den Planungszeitraum aggregierte Nachfragemenge hergestellt werden. Ermitteln Sie darüber hinaus die entstehenden Kosten für genutzte Zusatzkapazitäten und Lagerung. (7 Punkte)

Aufgabe 14 (Hauptproduktionsprogrammplanung) (6 Punkte)

- (a) Auf welcher Ebene im hierarchischen Planungsprozess ist die Hauptproduktionsprogrammplanung anzusiedeln? **(2 Punkte)**
- (b) Was unterscheidet die Hauptproduktionsprogrammplanung von dem ihr übergeordneten Planungsproblem? **(4 Punkte)**

Aufgabe 15 (Produktionssteuerung) (6 Punkte)

- (a) Nehmen Sie Stellung zu der folgenden Aussage und begründen Sie Ihre Antwort: "Ein wesentlicher Vorteil des Pull-Prinzips besteht darin, dass sich keine Bestände akkumulieren können." **(3 Punkte)**
- (b) Erläutern Sie drei Gründe, welche dazu führen können, dass die Verweildauer von Werkstücken an den Stationen eines Fließproduktionssystems stochastisch ist. **(3 Punkte)**

Aufgabe 16 (Produktionssteuerung) (17 Punkte)

- (a) Erklären Sie die Funktionsweise eines Kanban-Produktionssystems. **(7 Punkte)**
- (b) Geben Sie an, wie hoch der maximale Bestand an fertigen und unfertigen Produkten (Work in Process) in einem Kanban-Produktionssystem ist. **(1 Punkt)**
- (c) Erläutern Sie die Konsequenzen einer zu hohen Zahl an Kanban-Karten in einem Kanban-Produktionssystem. **(1 Punkt)**
- (d) Erläutern Sie die Funktionsweisen einer Push- und einer Pull-Produktionssteuerung. Gehen Sie dabei explizit auf die Unterschiede ein. **(8 Punkte)**

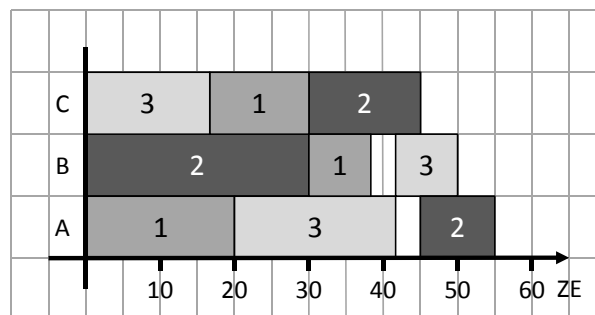
Aufgabe 17 (Allgemeine Fragen) (10 Punkte)

In den folgenden Teilaufgaben sind mehrere Aussagen gegeben. Erläutern Sie in jeder Teilaufgabe, ob die jeweilige Aussage wahr oder falsch ist.

Achtung: Punkte werden nur für Antworten mit Erklärungen vergeben.

- (a) "In der strategischen Planung wird mit einem niedrigen Aggregationsgrad gearbeitet." **(1.5 Punkte)**
- (b) "In einem mehrstufigen, d.h. einem sich aus mehreren Aktivitäten zusammensetzenden, Prozess ist mindestens eine der verwendeten Ressourcen voll ausgelastet." **(1 Punkt)**

- (c) “Kapazitätsbelastungsfaktoren sind notwendig, um sicherzustellen, dass ein Vorprodukt rechtzeitig zur Verfügung steht.” **(1 Punkt)**
- (d) “Nettobedarfe sind Bedarfe, die aus dem Hauptproduktionsprogramm unter Berücksichtigung von Lagerbeständen berechnet werden.” **(1 Punkt)**
- (e) “Bruttobedarfe berücksichtigen Vorlaufverschiebungen, um Vorlaufzeiten zu berücksichtigen.” **(1.5 Punkte)**
- (f) “Der folgende Maschinenbelegungsplan ist optimal bezüglich der Minimierung der Produktionsdauer. Gehen Sie davon aus, dass die vorgegebene Bearbeitungsreihenfolge der Aufträge auf den einzelnen Maschinen eingehalten wird.” **(2 Punkte)**



- (g) “Der Anteil der Rüstkosten an den Gesamtkosten sinkt mit steigender Losgröße.” **(2 Punkte)**

Aufgabe 18 (Losgrößenplanung)

(10 Punkte)

Geben Sie das in der Vorlesung behandelte kapazitierte Wagner-Whitin-Modell formal an. Kennzeichnen Sie dabei Entscheidungsvariablen, Zielfunktion und Nebenbedingungen. Die folgenden Indizes und Parameter sind gegeben.

Indizes:

$t = 1, \dots, T$ Perioden

Parameter:

d_t Nachfrage in Periode t in Mengeneinheiten (ME)
 c Maximale Produktionsmenge in einer Periode in Mengeneinheiten (ME)
 s Rüstkosten je Rüstvorgang in Geldeinheiten (GE)
 k^l Lagerkosten je Mengeneinheit (ME) und Periode in Geldeinheiten (GE)
 M Hinreichend große Zahl

Aufgabe 19 (Losgrößenplanung)

(11 Punkte)

- (a) Erweitern Sie das in der Vorlesung besprochene kapazitierte Wagner-Whitin-Modell,

sodass die Losgrößen für verschiedene Produkte simultan berechnet werden können. In jeder Periode ist mehr als ein Rüstvorgang erlaubt. Jedes Produkt kann verschiedene Kapazitätsbedarfe haben. Es gibt allerdings eine Maximalkapazität pro Periode. Darüber hinaus können Lagerkosten und Rüstkosten unterschiedlich sein für verschiedene Produkte. Die folgenden Indizes, Parameter und Entscheidungsvariablen (welche angepasst werden müssen), sowie das Basismodell sind gegeben. **(9 Punkte)**

Indizes:

$t = 1, \dots, T$ Perioden
 $k = 1, \dots, K$ Produkte

Parameter:

d_t Nachfrage in Periode t
 c_t Maximale Kapazität (in Stunden) in Periode t
 a Produktionskoeffizient (Kapazitätsbedarf in Stunden pro Einheit)
 s Rüstkosten pro Rüstvorgang
 k^l Lagerhaltungskosten pro Einheit und Periode
 M Hinreichend große Zahl

Entscheidungsvariablen:

X_t Produktionsmenge in Periode t
 L_t Lagerendbestand in Periode t
 $\gamma_t = \begin{cases} 1 & \text{falls in Periode } t \text{ gerüstet wird,} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$

Zielfunktion:

$$\text{Minimiere } \sum_{t=1}^T (s \cdot \gamma_t + k^l \cdot L_t)$$

Nebenbedingungen:

$$\begin{aligned} L_{t-1} + X_t - d_t &= L_t, & \forall t = 1, \dots, T \\ X_t &\leq M \cdot \gamma_t & \forall t = 1, \dots, T \\ X_t &\leq c_t & \forall t = 1, \dots, T \\ X_t, L_t &\geq 0 & \forall t = 1, \dots, T \\ \gamma_t &\in \{0; 1\} & \forall t = 1, \dots, T \end{aligned}$$

- (b) Nehmen Sie an, dass für alle Produkttypen $k = 1, 2, \dots, K$ der Rüstkostensatz s_k gleich Null ist. Erläutern Sie die Struktur einer optimalen Lösung. **(2 Punkte)**

Aufgabe 20 (Prioritätsregeln)

(7 Punkte)

Welche Prioritätsregeln können im Rahmen der Maschinenbelegungsplanung unterschieden werden? Erläutern Sie zwei Regeln und gehen Sie dabei auf die Kenngrößen “Durchlaufzeit” und “Verspätung” ein.

Aufgabe 21 (Maschinenbelegungsplanung)**(20 Punkte)**

Drei Aufträge $i = 1, \dots, 3$ müssen in unterschiedlicher Maschinenfolge drei Maschinen A, B und C durchlaufen. Die Maschinenfolge gemäß der folgenden Tabelle gibt die Maschine an, die für Arbeitsgang h von Auftrag i benötigt wird.

Auftrag i	Arbeitsgang h		
	1	2	3
1	A	C	B
2	B	A	C
3	B	C	A

Die Bearbeitungszeiten (in Minuten) für die Arbeitsgänge h der Aufträge i sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Auftrag i	Arbeitsgang h		
	1	2	3
1	20	15	10
2	15	25	5
3	10	15	30

Auftrag 1 soll nach 45 min, Auftrag 2 nach 60 min und Auftrag 3 nach 70 min ausgeliefert werden.

- (a) Ermitteln Sie die Maschinenbelegung nach der KOZ-Regel. Geben Sie an, welche Aufträge verspätet ausgeliefert werden und wie groß die durchschnittliche Verspätung aller Aufträge ist. Berechnen Sie außerdem die mittlere Durchlaufzeit eines Auftrags.

(10 Punkte)

- (b) Ermitteln Sie die Maschinenbelegung nach der Liefertermin-Regel. Geben Sie an, welche Aufträge verspätet ausgeliefert werden und wie groß die durchschnittliche Verspätung aller Aufträge ist. Berechnen Sie außerdem die mittlere Durchlaufzeit eines Auftrags.

(10 Punkte)**Aufgabe 22 (Maschinenbelegungsplanung)****(7 Punkte)**

Drei Aufträge $i = 1, \dots, 3$ müssen in unterschiedlicher Reihenfolge zwei Maschinen A und B durchlaufen. Die folgende Tabelle gibt dabei die Maschine an, welche für Arbeitsgang h von Auftrag i benötigt wird.

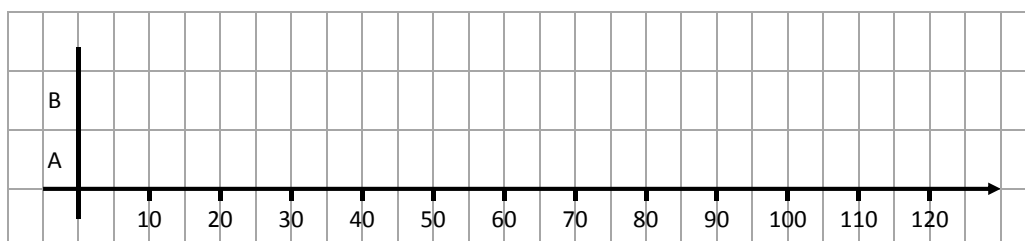
Auftrag i	Arbeitsgang h	
	1	2
1	A	B
2	B	A
3	A	B

Die Bearbeitungszeiten (in Minuten) für die Arbeitsgänge h der Aufträge i sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Auftrag i	Arbeitsgang h	
	1	2
1	20	30
2	10	30
3	10	40

Die Aufträge 1 und 2 sollen nach 50 min. bzw. 100 min., Auftrag 3 nach 80 min. ausgeliefert werden.

- (a) Ermitteln Sie in dem folgenden Diagramm die Maschinenbelegung nach der **Liefertermin-Regel** (das Aufstellen einer Tabelle ist dabei nicht notwendig). **(4 Punkte)**



- (b) Geben Sie die Fertigstellungszeitpunkte sowie die Verspätungen von allen drei Aufträgen an. **(3 Punkte)**

Aufgabe 23 (Maschinenbelegungsplanung)

(10 Punkte)

Drei Aufträge $i = 1, \dots, 3$ müssen in unterschiedlicher Reihenfolge zwei Maschinen A und B durchlaufen. Die folgende Tabelle gibt jeweils die Maschine an, welche für Arbeitsgang h von Auftrag i benötigt wird.

Auftrag i	Arbeitsgang h	
	1	2
1	A	B
2	B	A
3	A	B

Die Bearbeitungszeiten (in Minuten) für die Arbeitsgänge h der Aufträge i sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Auftrag i	Arbeitsgang h	
	1	2
1	20	30
2	10	30
3	10	40

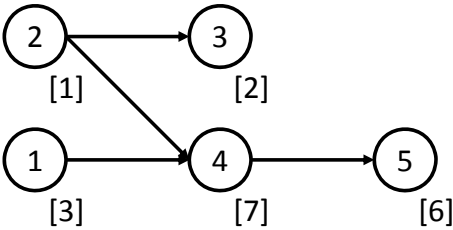
Die Aufträge 1 und 2 sollen nach 50 bzw. 100 min., Auftrag 3 nach 80 min. ausgeliefert werden.

Ermitteln Sie die Maschinenbelegung nach der **Kürzeste-Operationszeit-Regel** mit Hilfe der folgenden Tabelle. Das Zeichnen eines Diagramms ist **nicht** notwendig.

Zeit	Maschine A		Maschine B	
	wartend	zugeteilt	wartend	zugeteilt

Aufgabe 24 (Fließbandabstimmung)
(13 Punkte)

Gegeben sei der folgende Vorranggraph, in dem die Aktivitätszeiten in Minuten angegeben sind.



- (a) Führen Sie eine Fließbandabstimmung unter Anwendung der Prioritätsregel Rangwert (Rangwertverfahren) mit einer Taktzeit von $c = 10$ Minuten durch. Verwenden Sie dazu die im folgenden gegebenen Tabellen. **(10 Punkte)**

Rangwertberechnung:

i	t_i (Min.)	$\sum_{j \in N_i} P_j$ (Min.)	P_i	Rang
5	6			
4	7			
3	2			
2	1			
1	3			

Fließbandabstimmung:

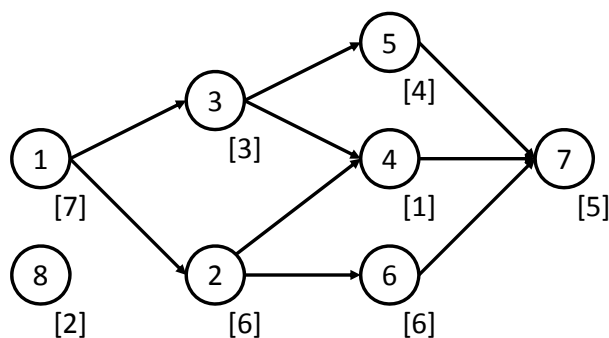
Station	Aktivität	Aktivitätszeit (Min.)	Verbleibende Zeit (Min.)	Stationszeit (Min.)

- (b) Geben Sie die Formel zur Berechnung des Bandwirkungsgrades U an. Berechnen und interpretieren Sie diesen. **(3 Punkte)**

Aufgabe 25 (Fließbandabstimmung)

(15 Punkte)

Gegeben sei der folgende Vorranggraph, bei dem die Elementzeiten in Minuten angegeben sind.



Pro Stunde sollen fünf Produkte produziert werden.

- (a) Geben Sie die Formel für die benötigte Taktzeit c bei gegebener Produktionsmenge x und gegebenem Planungszeitraum T an. Bestimmen Sie anschließend die einzuhalten- de Taktzeit, wenn fünf Produkte pro Stunde produziert werden sollen. **(1.5 Punkte)**
- (b) Geben Sie die Formel für die theoretische Mindestanzahl an benötigten Arbeitsstatio- nen an. Bestimmen Sie außerdem die Mindestanzahl basierend auf obigem Vorrang- graphen. **(1.5 Punkte)**
- (c) Führen Sie eine Fließbandabstimmung mit der Prioritätsregel Rangwert (Rangwert- verfahren) durch. **(10 Punkte)**
- (d) Geben Sie die Formel zur Berechnung des Bandwirkungsgrades an. Berechnen und interpretieren Sie diesen für das gegebene Beispiel. **(2 Punkte)**

Aufgabe 26 (Fließbandabstimmung)

(4 Punkte)

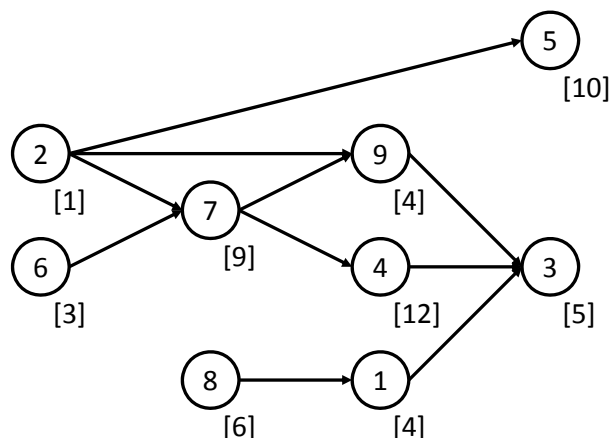
Gehen Sie bei den folgenden Fragen zur Fließbandabstimmung davon aus, dass die in den Teilaufgaben nicht erwähnten Größen konstant bleiben. Eine Begründung der Antworten ist nicht notwendig.

- (a) Erläutern Sie, wie sich die Anzahl der mindestens benötigten Arbeitsstationen in Ab- hängigkeit von der vorgegebenen Taktzeit verändert. **(2 Punkte)**
- (b) Erläutern Sie, wie die benötigte Taktzeit in Abhängigkeit von der benötigten Produk- tionsmenge verändert. **(1 Punkt)**
- (c) Erläutern Sie, wie sich der Bandwirkungsgrad in Abhängigkeit von der Durchlaufzeit verändert. **(1 Punkt)**

Aufgabe 27 (Vorranggraphen)

(6 Punkte)

Diese Aufgabe bezieht sich auf den folgenden Vorranggraphen.



(a) Erläutern Sie das Konzept, das hinter einem Vorranggraphen steckt. **(1 Punkt)**

(b) Bestimmen Sie, ob die folgende Zuordnung der Aktivitäten zu Stationen bei einer vorgegebenen Taktzeit von 15 Zeiteinheiten zulässig ist. Begründen Sie ihre Antwort. **(2 Punkte)**

Aktivität	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Station	2	1	4	3	4	1	2	1	1

(c) Ermitteln Sie die theoretische Mindestanzahl an benötigten Stationen bei einer gegebenen Taktzeit von 15 Minuten. **(1 Punkt)**