



Studiengang	Wirtschaft (postgradual) / HTL
Fach	Operations Research
Art der Leistung	Prüfungsleistung
Klausur-Knz.	PW-OPR-P11-080308 / WH-OPR-P11-080308
Datum	08.03.2008

Bezüglich der Anfertigung Ihrer Arbeit sind folgende Hinweise verbindlich:

- Verwenden Sie ausschließlich das vom Aufsichtführenden **zur Verfügung gestellte Papier** und geben Sie sämtliches Papier (Lösungen, Schmierzettel und nicht gebrauchte Blätter) zum Schluss der Klausur wieder bei Ihrem Aufsichtführenden ab. Eine nicht vollständig abgegebene Klausur gilt als nicht bestanden.
- Beschriften Sie jeden Bogen mit Ihrem **Namen und Ihrer Immatrikulationsnummer**. Lassen Sie bitte auf jeder Seite 1/3 ihrer Breite als Rand für Korrekturen frei und nummerieren Sie die Seiten fortlaufend. Notieren Sie bei jeder Ihrer Antworten, auf welche Aufgabe bzw. Teilaufgabe sich diese bezieht.
- Die Lösungen und Lösungswege sind in einer für den Korrektor **zweifelsfrei lesbaren Schrift** abzufassen. Korrekturen und Streichungen sind eindeutig vorzunehmen. Unleserliches wird nicht bewertet.
- Bei numerisch zu lösenden Aufgaben ist außer der Lösung stets der **Lösungsweg anzugeben**, aus dem eindeutig hervorzugehen hat, wie die Lösung zustande gekommen ist.
- Zur Prüfung sind bis auf Schreib- und Zeichenutensilien ausschließlich die nachstehend genannten Hilfsmittel zugelassen. Werden **andere als die hier angegebenen Hilfsmittel verwendet oder Täuschungsversuche** festgestellt, gilt die Prüfung als nicht bestanden und wird mit der Note 5 bewertet.

Bearbeitungszeit:	90 Minuten
Aufgaben:	3
Höchstpunktzahl:	-100-

Hilfsmittel:
Studienbriefe HFH-Taschenrechner

Bewertungsschlüssel

Aufgabe	1	2	3	Σ
max. erreichbare Punkte	34	33	33	100

Notenspiegel

Note	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	5,0
bei Punkten	100 - 95	94,5 - 90	89,5 - 85	84,5 - 80	79,5 - 75	74,5 - 70	69,5 - 65	64,5 - 60	59,5 - 55	54,5 - 50	49,5 - 0

Aufgabe 1**34 Punkte**

Gegeben sei Ihnen die erweiterte Vorgangsliste eines kleinen Projektes, das lediglich Minimalabstände aufweist. Dabei sind alle Dauerwerte und Zeitdifferenzen in der Einheit „Tage“ aufgeführt. Eine vorab durchgeführte Strukturanalyse hat die in der ersten Spalte genannten Rangwerte geliefert. Zusätzlich sind bereits die Scheinvorgänge „Anfang“ und „Ende“ berücksichtigt worden.

Rang	UV(Diff)	Typ	Vorgang	Dauer
0	–		Anfang	0
3	J(2)	AA	A	2
4	G(-2)	EA	B	1
1	Anfang(0)	EA	C	4
4	A(1) K(1) H(2)	AA EA EE	D	2
1	Anfang(0)	EA	E	3
2	C(0)	EA	F	2
3	J(-1)	EA	G	3
1	C(0)	EA	H	1
4	A(-1)	EE	I	1
2	C(0), E(0)	EA	J	4
3	F(1)	AE	K	1
5	B(0), D(0), I(0)	EA	Ende	0

- a) Führen Sie nach einer geeigneten Sortierung der Vorgänge die Zeitanalyse durch, indem Sie für jeden Vorgang die vier relativen Vorgangszeitpunkte FAZ, SAZ, FEZ und SEZ und für alle echten Vorgänge die gesamte Pufferzeit bestimmen. **Bitte benutzen Sie für die Lösung dieser Teilaufgabe das beigegefügte Lösungsblatt L₁.** **26 P**
- b) Nennen Sie die Projektdauer und alle kritischen Vorgänge. **Bitte benutzen Sie für die Lösung dieser Teilaufgabe das beigegefügte Lösungsblatt L₁.** **2,5 P**

c) Es sei Ihnen der folgende Kalenderausschnitt für den Monat Juni 2009 gegeben.

5,5 P

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
08.06.2009	09.06.2009	10.06.2009	11.06.2009	12.06.2009	13.06.2009	14.06.2009
15.06.2009	16.06.2009	17.06.2009	18.06.2009	19.06.2009	20.06.2009	21.06.2009
22.06.2009	23.06.2009	24.06.2009	25.06.2009	26.06.2009	27.06.2009	28.06.2009

Im genannten Zeitraum sind neben allen Samstagen und Sonntagen keine weiteren arbeitsfreien Tage zu berücksichtigen.

1. Erstellen Sie zum Projekt einen zugehörigen Betriebskalender, wenn das Projekt am 24.06.2009 abends abgeschlossen werden soll. An welchem Tag sollte das Projekt morgens beginnen?
2. Ordnen Sie nur dem Vorgang F die vier Kalenderdaten FAT, SAT, FET und SET zu.

Aufgabe 2

33 Punkte

- a) Lösen Sie die nachstehende LO-Aufgabe mit dem Simplexalgorithmus. Nennen Sie Ihre Lösung und den zugehörigen Zielfunktionswert.

20 P

$$\text{I} \quad Z = 5x_1 + 2x_2 + 4x_3 \rightarrow \max$$

$$\text{II} \quad 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 12$$

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 10$$

$$x_1 + x_3 \leq 4$$

$$\text{III} \quad x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

- b) Führen Sie nur mit Hilfe der letzten Tabelle Ihrer Rechnung zu a) die Sensibilitätsanalyse für den Fall durch, dass lediglich die rechte Seite der ersten Restriktion in II von 12 auf $12 + c_1$ geändert wird. Nennen Sie das Intervall für c_1 , Ihre neue allgemeine Lösung und Ihren neuen Zielwert.
- c) Wie lautet bezugnehmend auf Ihre Rechnung zu b) die Optimallösung und $Z_{\max, \text{neu}}$, wenn die rechte Seite der ersten Restriktion in II nicht 12 sondern 13 heißt?

9 P

4 P

Aufgabe 3**33 Punkte**

Ein Kundendienstmitarbeiter einer Fertighausfirma soll an einem Tag vom Firmensitz im Ort 1 die Kunden in den Orten 2, 3 und 4 aufsuchen und die dort festgestellten Mängel beseitigen. Nach Abschluss der Arbeiten soll der Mitarbeiter wieder zu seinem Firmensitz im Ort 1 zurückkehren. Der Mitarbeiter kennt aufgrund örtlicher Gegebenheiten die zu erwartenden Wegzeiten in Minuten von jedem Ort zu jedem anderen Ort. Diese mittleren Zeiten sind in nachstehender „Distanzmatrix“ D festgehalten

33 P

$$D = \begin{pmatrix} 0 & 24 & 23 & 20 \\ 26 & 0 & 25 & 23 \\ 20 & 20 & 0 & 21 \\ 22 & 24 & 25 & 0 \end{pmatrix}$$

Zeigen Sie an dem bewusst einfachen Beispiel die Vorgehensweise der Methode Branch-and-Bound beim Aufsuchen des zeitkürzesten Hamiltonschen Zyklus vom Ausgangsort 1 über alle übrigen Orte zurück zum Ort 1. Halten Sie alle Schritte einschließlich der unteren Schranken für die „Länge“ (in Minuten) in einem Entscheidungsbaum übersichtlich fest. Nennen Sie den kürzesten Hamiltonschen Zyklus und seine wahre „Länge“ in Minuten. Gewertet wird nur eine mit dem Verfahren Branch-and-Bound gewonnene Lösung.

Hinweis:

- Existieren in einer Tabelle mehrere Elemente mit größtem Mindestzuwachs, ist stets das erste derartige Element zu wählen. Dabei wird unterstellt, dass Sie die Tabelle zuerst in der ersten Zeile von links nach rechts, dann in der zweiten Zeile von links nach rechts, u.s.w. durchlaufen.

Viel Erfolg !



Studiengang	Wirtschaft (postgradual) / HTL
Fach	Operations Research
Art der Leistung	Prüfungsleistung
Klausur-Knz.	PW-OPR-P11-080308 / WH-OPR-P11-080308
Datum	08.03.2008

Für die Bewertung und Abgabe der Prüfungsleistung sind folgende Hinweise verbindlich vorgeschrieben:

- Die Vergabe der Punkte nehmen Sie bitte so vor wie in der Korrekturrichtlinie ausgewiesen. Eine summarische Angabe von Punkten für Aufgaben, die in der Korrekturrichtlinie detailliert bewertet worden sind, ist nicht gestattet.
- Nur dann, wenn die Punkte für eine Aufgabe nicht differenziert vorgegeben sind, ist ihre Aufschlüsselung auf die einzelnen Lösungsschritte Ihnen überlassen.
- Stoßen Sie bei Ihrer Korrektur auf einen anderen richtigen Lösungsweg, dann nehmen Sie bitte die Verteilung der Punkte sinngemäß zur Korrekturrichtlinie vor.
- Rechenfehler sollten grundsätzlich nur zu Abwertung eines Teilschritts führen. Wurde mit einem falschen Zwischenergebnis richtig weiter gerechnet, so erteilen Sie die hierfür vorgesehenen Punkte ohne weiteren Abzug.
- Ihre Korrekturhinweise und Punktbewertung nehmen Sie bitte in einer zweifelsfrei lesbaren Schrift vor: Erstkorrektur in **rot**, evtl. Zweitkorrektur in **grün**.
- Die von Ihnen vergebenen Punkte und die daraus sich gemäß dem nachstehenden Notenschema ergebene Bewertung tragen Sie in den Klausur-Mantelbogen sowie in die Ergebnisliste ein.
- Gemäß der Diplomprüfungsordnung ist Ihrer Bewertung folgendes Notenschema zu Grunde zu legen:

Notenspiegel

Note	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	5,0
Punkte	100 - 95	94,5 - 90	89,5 - 85	84,5 - 80	79,5 - 75	74,5 - 70	69,5 - 65	64,5 - 60	59,5 - 55	54,5 - 50	49,5 - 0

- Die korrigierten Arbeiten reichen Sie bitte spätestens bis zum

26. März 2008

in Ihr Studienzentrum ein. Dies muss persönlich oder per Einschreiben erfolgen. Der angegebene Termin ist unbedingt einzuhalten. Sollte sich aus vorher nicht absehbaren Gründen eine Terminüberschreitung abzeichnen, so bitten wir Sie, dies unverzüglich Ihrem Studienzentrumsleiter anzuzeigen.

BEWERTUNGSSCHLÜSSEL

Aufgabe	1	2	3	Σ
max. erreichbare Punkte	34	33	33	100

Lösung Aufgabe 1**34 Punkte**

a)

UV(Diff)	Typ	V	D	FAZ	SAZ	FEZ	SEZ	GP
-		Anfang	0	0	0	0	0,-4	-
Anfang(0)	EA	C	4	0	0	4	7,-6 , 4	0
Anfang(0)	EA	E	3	0	1	3	4	1
C(0)	EA	H	1	4	7	5	8	3
C(0)	EA	F	2	4	6	6	8	2
C(0), E(0)	EA	J	4	4,-3	-5 , 4	-7 , 8	8	0
J(2)	AA	A	2	6	7	8	9,-11	1
J(-1)	EA	G	3	7	7	10	-11 , 10	0
F(1)	AE	K	1	4	6	5	7	2
G(-2)	EA	B	1	8	9	9	10	1
A(1)	AA	D	2	7	8	9	10	1
K(1)	EA			6				
H(2)	EE			5		7		
A(-1)	EE	I	1	6	9	7	10	3
B(0), D(0), I(0)	EA	Ende	0	9,-9 , 7 , 10	10	10	10	-

6,5 P**6,5 P****6,5 P****6,5 P**

b)

Die Projektdauer beträgt 10 Arbeitstage.

1 P

Die kritischen Vorgänge sind C, J und G.

1,5 Pc) c₁)

lfd. Nr.	1	2	3	4	5
Datum	11.06.2009	12.06.2009	15.06.2009	16.06.2009	17.06.2009

lfd. Nr.	6	7	8	9	10
Datum	18.06.2009	19.06.2009	22.06.2009	23.06.2009	24.06.2009

2,5 P

Das Projekt sollte morgens am 11.06.2009 beginnen.

1 Pc) c₂)

Vorgang	FAT	SAT	FET	SET
F	17.06.2009	19.06.2009	18.06.2009	22.06.2009

2 P

Lösung Aufgabe 2**33 Punkte**

a)

x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	r.S.
5	2	4	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	12
1	1	1	0	1	0	10
1	0	1	0	0	1	4
0	2	-1	0	0	-5	-20
0	1	-1	1	0	-2	4
0	1	0	0	1	-1	6
1	0	1	0	0	1	4
0	0	1	-2	0	-1	-28
0	1	-1	1	0	-2	4
0	0	1	-1	1	1	2
1	0	1	0	0	1	4
0	0	0	-1	-1	-2	-30
0	1	0	0	1	-1	6
0	0	1	-1	1	1	2
1	0	0	1	-1	0	2

4 P

4 P

4 P

4 P

Die Lösung lautet: $Z_{\max} = 30$

1 P

$$x_1 = 2 \quad x_2 = 6 \quad x_3 = 2 \quad s_1 = 0 \quad s_2 = 0 \quad s_3 = 0$$

3 P

b) Es werde die rechte Seite der 1. Restriktion von 12 auf $12 + c_1$ geändert. Damit sich die Optimallösung qualitativ nicht ändert, muss bei vorliegender \leq -Restriktion gelten:

$$\begin{pmatrix} 6 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix} + c_1 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{array}{l} 6 \geq 0 \text{ wahr} \\ 2 - c_1 \geq 0 \rightarrow c_1 \leq 2 \\ 2 + c_1 \geq 0 \rightarrow c_1 \geq -2 \end{array}$$

$$-2 \leq c_1 \leq 2$$

5 P

Ändert man nur die rechte Seite der 1. Restriktion von 12 auf $12 + c_1$ mit $-2 \leq c_1 \leq 2$, so lautet die neue Optimallösung $(2 + c_1, 6, 2 - c_1, 0, 0, 0)$ mit $Z_{\max, \text{neu}} = 30 + c_1$.

c) $13 = 12 + c_1$ liefert $c_1 = 1$. Es gilt $-2 \leq 1 \leq 2$. Damit lauten die Optimallösung $(3, 6, 1, 0, 0, 0)$ und $Z_{\max, \text{neu}} = 30 + \pi_1 c_1 = 30 + 1 = 31$.

Lösung Aufgabe 3 **33 Punkte**

	1	2	3	4	Min
1	∞	24	23	20	20
2	26	∞	25	23	23
3	20	20	∞	21	20
4	22	24	25	∞	22
					85

1,5 P

	1	2	3	4	
1	∞	4	3	0	
2	3	∞	2	0	
3	0	0	∞	1	
4	0	2	3	∞	
Min	0	0	2	0	2

1,5 P

	1	2	3	4	
1	∞	4	1	0 ¹	
2	3	∞	0 ¹	0 ⁰	
3	0 ⁰	0 ²	∞	1	
4	0 ¹	2	1	∞	

1,5 P

M: $\rho = s(M) = 85 + 2 = 87$

1 P

1) $M \rightarrow M_1$: Wahl der Verbindung (3, 2). Verbot des nicht erlaubten Kurzzyklus 3-2-3 liefert $d_{23}^* = \infty$. **2 P**

	1	3	4	
1	∞	1	0	
2	3	∞	0	
4	0	1	∞	
Min	0	1	0	1

1,5 P

→

	1	3	4	
1	∞	0 ⁰	0 ⁰	
2	3	∞	0 ³	
4	0 ³	0 ⁰	∞	

1,5 P

M_1 : $\rho_1 = 1$ liefert $s(M_1) = s(M) + \rho_1 = 87 + 1 = 88$

1 P

2) $M \rightarrow M_2$: Entscheidung für $\overline{(3,2)}$. Das bedingt $d_{32}^* = \infty$. **1 P**

	1	2	3	4	
1	∞	4	1	0	
2	3	∞	0	0	
3	0	∞	∞	1	
4	0	2	1	∞	
Min	0	2	0	0	2

1,5 P

→

	1	2	3	4	
1	∞	2	1	0	
2	3	∞	0	0	
3	0	∞	∞	1	
4	0	0	1	∞	

1,5 P

M_2 : $\rho_2 = 2$ liefert $s(M_2) = s(M) + \rho_2 = 87 + 2 = 89$

1 P

3) $M_1 \rightarrow M_3$: Wahl von (2, 4). Verbot des nicht erlaubten Kurzzyklus 2–4–2 (nicht von Interesse) und von 3–2–4–3 durch $d_{43}^* = \infty$. **2 P**

	1	3
1	∞	0
4	0	∞

1 P

M_3 : $\rho_3=0$ ergibt $s(M_3)=s(M_1)+\rho_3 = 88+0 = 88$
 Es werden zusätzlich (1, 3) und (4, 1) gewählt.

2 P

4) $M_1 \rightarrow M_4$: Entscheidung für $\overline{(2,4)}$. Das bedingt $d_{24}^* = \infty$. **1 P**

	1	3	4	Min
1	∞	0	0	0
2	3	∞	∞	3
4	0	0	∞	0

3

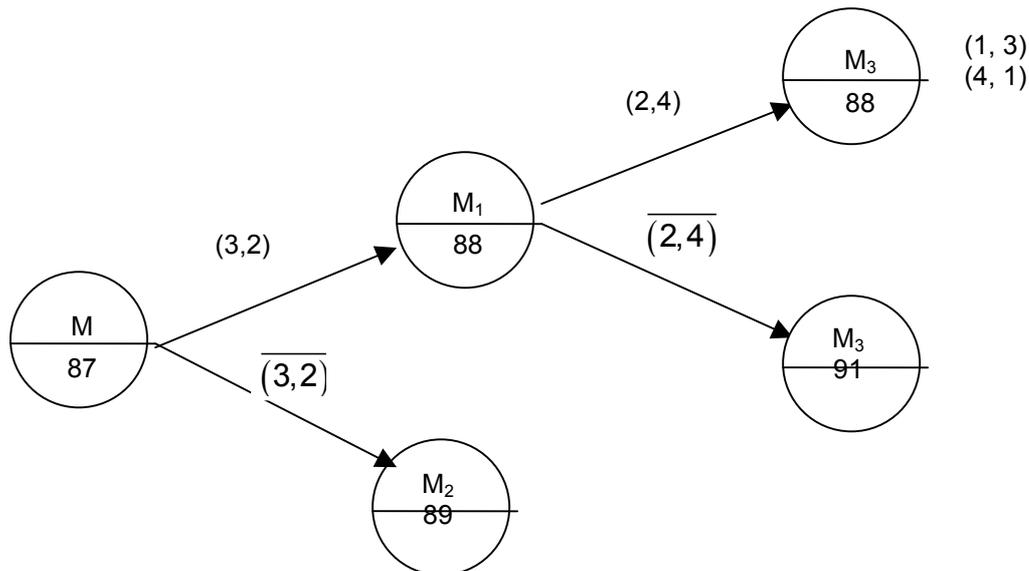
1,5 P

→

	1	3	4
1	∞	0	0
2	0	∞	∞
4	0	0	∞

1,5 P

M_4 : $\rho_4=3$
 $s(M_4)=s(M_1)+\rho_4 = 88+3 = 91$

1 P


Der kürzeste Hamiltonsche Zyklus enthält die Verbindungen (3, 2), (2, 4), (1, 3) und (4, 1). **3,5 P**
 Er lautet 1–3–2–4–1 und seine „Länge“ beträgt 88.