



Studiengang	Wirtschaftsingenieurwesen
Fach	Operations Research
Art der Leistung	Prüfungsleistung
Klausur-Knz.	WI-OPR-P12-050528
Datum	28.05.2005

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 Taschenrechner

Bewertungsschlüssel

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

Gegeben sei Ihnen die erweiterte Vorgangsliste eines kleinen Projektes, welches 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 die Scheinvorgänge „Anfang“ und „Ende“ berücksichtigt worden.

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

- a. Führen Sie die Zeitanalyse durch, indem Sie nach einer geeigneten Sortierung der obigen Vorgänge für alle Vorgänge die vier Vorgangszeitpunkte FAZ, SAZ, FEZ und SEZ bestimmen. **28 P**
- b. Nennen Sie die Projektdauer und alle kritischen Vorgänge. **3 P**
- c. Nennen und interpretieren Sie die gesamte Pufferzeit des Vorganges J. **2 P**

Aufgabe 2**33 Punkte**

Lösen Sie die nachstehende LO-Aufgabe mit der Zweiphasenmethode.

$$\begin{array}{ll}
 \text{I} & Z = -x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 5x_4 \rightarrow \max \\
 \text{II} & x_1 - 2x_2 \quad \quad - x_4 \geq 2 \\
 & -x_1 + x_2 + 2x_3 \quad \leq 2 \\
 & x_1 + x_2 + x_3 \quad \leq 4 \\
 & x_1 \quad \quad \quad + x_4 \leq 7 \\
 \text{III} & x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0
 \end{array}$$

Nennen Sie die Lösungswerte der echten Variablen, der Schlupfvariablen und den zugehörigen maximalen Zielfunktionswert.

Aufgabe 3**34 Punkte**

Ein Handelsvertreter soll an einem Tag von seiner Firma im Ort 1 die Kunden in den Orten 2, 3, 4 und 5 besuchen und nach den Gesprächen zu seiner Firma im Ort 1 zurückkehren. Ihnen sei aus Zeitgründen die reduzierte Distanzmatrix D mit der Reduktionskonstanten $s(M) = \rho = 129$ gegeben, deren Elemente Sie folgender Tabelle entnehmen können.

	1	2	3	4	5
1	∞	0	1	1	3
2	0	∞	2	0	2
3	0	1	∞	2	0
4	0	2	0	∞	2
5	1	1	1	0	∞

In welcher Reihenfolge sollte der Handelsvertreter die Orte anfahren, um den kürzesten Gesamtreiseweg zu erhalten?

Lösen Sie die Aufgabe mit der Methode Branch-and-Bound.

Nennen Sie Ihren kürzesten Hamiltonschen Zyklus bzw. Ihre kürzesten Zyklen und die zugehörige wahre Weglänge. Sollten in einer verwendeten Tabelle mehrere Elemente mit größtem Mindestzuwachs existieren, ist stets das erste derartige Element zu wählen. Dabei wird die Tabelle von links nach rechts und von oben nach unten durchlaufen.

Viel Erfolg !



Studiengang	Wirtschaftsingenieurwesen
Fach	Operations Research
Art der Leistung	Prüfungsleistung
Klausur-Knz.	WI-OPR-P12-050528
Datum	28.05.2005

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

15. Juni 2005

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	33	33	34	100

Lösung Aufgabe 1

33 Punkte

UV(Diff)	Typ	V	D	FAZ	SAZ	FEZ	SEZ	GP
-		Anfang	0	0	0	0	0, 4	-
Anfang(0)	EA	D	5	0	0	5	5, 6	0
Anfang(0)	EA	I	3	0	1	3	6 , 4	1
D(3)	EE	B	2	6	7 , 6	8	8, 9	0
I(1)	EA	G	5	4	7	9	12	3
I(4)	EE	K	2	5	6	7	8	1
D(0)	EA	N	5	5	7 , 6	10	11, 12	1
G(-1)	EE	A	1	7	12 , 10	8	11, 13	3
K(0)	EA	F	4	7	8	11	12	1
N(4)	AE	H	3	6	8	9	11	0
B(0)	EA			8		11	14	
B(4)	AA	M	2	10	11	12	13	1
N(0)	EA			10				
H(0)	EA	E	4	11	11	15	15	0
M(2)	EE			10		14		
A(1)	AA	J	2	8	13		15	3
H(-1)	EA			10		12		
F(-1)	EA	L	3	10	11	13	14	1
A(3)	EE			8		11		
L(-2)	EA	C	3	11	12	14	15	1
C(0),E(0),J(0)	EA	Ende	0	14 , 15, 12	15	15	15	-

7 P

7 P

7 P

7 P

b) Die Projektdauer beträgt 15 Tage (Arbeitstage).

1 P

Kritische Vorgänge sind D, B, H und E.

2 P

c) Die gesamte Pufferzeit des Vorganges J ist 3 (Tage). Der Anfangszeitpunkt von J lässt sich unter den günstigsten Bedingungen um 3 Tage (Arbeitstage) verschieben, ohne den Projektendzeitpunkt zu verzögern.

2 P

Lösung Aufgabe 2	33 Punkte
-------------------------	------------------

x_1	x_2	x_3	x_4	s_1	s_2	s_3	s_4	k_1	r.S.	
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	
1	-2	0	-1	-1	0	0	0	0	2	
①	-2	0	-1	-1	0	0	0	1	2	7 P
-1	1	2	0	0	1	0	0	0	2	
1	1	1	0	0	0	1	0	0	4	
1	0	0	1	0	0	0	1	0	7	
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	
1	-2	0	-1	-1	0	0	0	1	2	6,5 P
0	-1	2	-1	-1	1	0	0	1	4	
0	3	1	1	1	0	1	0	-1	2	
0	2	0	2	1	0	0	1	-1	5	
x_1	x_2	x_3	x_4	s_1	s_2	s_3	s_4	r.S.	Zielzeile + 1. Zeile	
-1	4	2	5	0	0	0	0	0	1 P	
0	2	2	4	-1	0	0	0	2		
1	-2	0	-1	-1	0	0	0	2	6 P	
0	-1	2	-1	-1	1	0	0	4		
0	3	1	①	1	0	1	0	2		
0	2	0	2	1	0	0	1	5		
0	-10	-2	0	-5	0	-4	0	-6		
1	1	1	0	0	0	1	0	4	6,5 P	
0	2	3	0	0	1	1	0	6		
0	3	1	1	1	0	1	0	2		
0	-4	-2	0	-1	0	-2	1	1		

Die Optimallösung lautet:

6 P

$x_1=4$, $x_2=0$, $x_3=0$, $x_4=2$, $s_1=0$, $s_2=6$, $s_3=0$, $s_4=1$ mit $Z_{max}=6$.

Lösung Aufgabe 3 **34 Punkte**

	1	2	3	4	5
1	∞	0^2	1	1	3
2	0^0	∞	2	0^0	2
3	0^0	1	∞	2	0^2
4	0^0	2	0^1	∞	2
5	1	1	1	0^1	∞

M:
s(M) = 129

1 P

1) M→M₁: Wahl von (1, 2). Die Verbindung (1, 2) ist die erste mit maximaler Mindestverschlechterung. Damit kein Kurzzyklus entsteht, ist die Verbindung 2-1 zu verbieten. Das bedeutet: $d_{21}^* = \infty$.

1,5 P

	1	3	4	5
2	∞	2	0^2	2
3	0^0	∞	2	0^2
4	0^0	0^1	∞	2
5	1	1	0^1	∞

M₁: $\rho_1 = 0$
s(M₁) = s(M) + $\rho_1 = 129$

1,5 P

1 P

M→M₂: Wahl von $\overline{(1, 2)}$. Das bedeutet $d_{12}^* = \infty$

1 P

	1	2	3	4	5	Min
1	∞	∞	1	1	3	1
2	0	∞	2	0	2	0
3	0	1	∞	2	0	0
4	0	2	0	∞	2	0
5	1	1	1	0	∞	0

1

1,5 P

	1	2	3	4	5	Min
1	∞	∞	0	0	2	1
2	0	∞	2	0	2	0
3	0	1	∞	2	0	0
4	0	2	0	∞	2	0
5	1	1	1	0	∞	0

Min

1,5 P

	1	2	3	4	5
1	∞	∞	0	0	2
2	0	∞	2	0	2
3	0	0	∞	2	0
4	0	1	0	∞	2
5	1	0	1	0	∞

1 P

$M_2: \rho_2=2$
 $s(M_2)=s(M_1)+\rho_2=129+2=131$

1 P

2) $M_1 \rightarrow M_3$: Wahl von (2, 4). Die Verbindung (2, 4) ist die erste mit maximaler Mindestverschlechterung in M_1 . Der Kurzzyklus 1-2-4-1 ist dabei zu verbieten. Das bedeutet: $d_{41}^* = \infty$.

1,5 P

	1	3	5	Min
3	0	∞	0	0
4	∞	0	2	0
5	1	1	∞	1

1,5 P

1

	1	3	5
3	0 ⁰	∞	0 ²
4	∞	0 ²	2
5	0 ⁰	0 ⁰	∞

1 P

$M_3: \rho_3=1$
 $s(M_3)=s(M_1)+\rho_3=129+1=130$

1 P

$M_1 \rightarrow M_4$: Wahl von $\overline{(2, 4)}$. Das bedeutet $d_{24}^* = \infty$.

1 P

	1	3	4	5	Min
2	∞	2	∞	2	2
3	0	∞	2	0	0
4	0	0	∞	2	0
5	1	1	0	∞	0

1,5 P

2

	1	3	4	5
2	∞	0	∞	0
3	0	∞	2	0
4	0	0	∞	2
5	1	1	0	∞

1,5 P

$M_4: \rho_4=2$

$s(M_4)=s(M_1)+\rho_4=129+2=131$

1 P

3) $M_3 \rightarrow M_5$: Wahl von (3, 5). Die Verbindung (3, 5) ist die erste mit maximaler Mindestverschlechterung in M_3 . Der Kurzzzyklus 3–5–3 ist zu verbieten, was $d^*_{53} = \infty$ bedeutet. 1,5 P

		1	3
4	∞	0	
5	0	∞	
	1 P		

$M_5: \rho_5 = 0$
 $s(M_5) = s(M_3) + \rho_5 = 130 + 0 = 130$ 1 P

Gewählt werden die Verbindungen (4, 3) und (5, 1). 1 P

$M_3 \rightarrow M_6$: Wahl von $\overline{(3, 5)}$. Das bedeutet $d^*_{35} = \infty$. 1 P

		1	3	5
3	0	∞	∞	
4	∞	0	2	
5	0	0	∞	
Min	0	0	2	2
	1,5 P			

		1	3	5
3	0	∞	∞	
4	∞	0	0	
5	0	0	∞	
	1 P			

$M_6: \rho_6 = 2$
 $s(M_6) = s(M_3) + \rho_6 = 130 + 2 = 132$ 1 P

Ergebnis: M_5 besitzt die kleinste untere Schranke für die Rundreiselänge mit 130 und enthält den aus (1, 2), (2, 4), (4, 3), (3, 5) und (5, 1) zusammengesetzten kürzesten Hamiltonschen Zyklus 1–2–4–3–5–1 mit der wahren Länge 130. 4 P