

Klausur zur Vorlesung  
“Logistik”  
im Sommersemester 2015

**Hinweise:**

- Die Klausur besteht aus **13** Seiten (inkl. Deckblatt und **Tabelle** im Anhang). Bitte überprüfen Sie, ob Ihr Exemplar vollständig ist, und lassen Sie sich ggf. ein anderes geben.
- Die Klausur besteht aus **3** 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 Formeln etc. 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	Semester

**Bewertung:**

Aufg.	1	2	3	Summe
Punkte				

1. Standortplanung (14 Punkte)

(a) Entfernungsmessung in der Ebene (6 Punkte)

Erläutern Sie die in der Vorlesung behandelten Metriken, um den Abstand zwischen zwei Punkten  $(x_i; y_i)$  und  $(x_j; y_j)$  im  $\mathbb{R}^2$  zu bestimmen.

(b) **Das Hub-Location-Problem (8 Punkte)**

Im Folgenden finden Sie die Ihnen aus der Vorlesung bekannte Modellformulierung für das Hub-Location-Problem:

Indizes und Indexmengen:

$i, j \in V$  Menge aller Knoten  
 $k, m \in H \subseteq V$  Menge der potentiellen Hubs

Parameter:

$c_{ikmj}$  Transportkostensatz für den Transport zwischen den Knoten  $i$  und  $j$  über die Hubs  $k$  und  $m$   
 $f_k$  transportmengenunabhängige Fixkosten für die Einrichtung eines Hubs an Knoten  $k$   
 $t_{ij}$  originäres Transportaufkommen je Periode zwischen den Knoten  $i$  und  $j$

$$\min K = \sum_{k \in H} f_k \cdot y_k + \sum_{i \in V} \sum_{k \in H} \sum_{m \in H} \sum_{j \in V} t_{ij} \cdot c_{ikmj} \cdot x_{ikmj} \quad (1)$$

u. B. d. R.:

$$\sum_{k \in H} \sum_{m \in H} x_{ikmj} = 1 \quad \forall i, j \in V; i \neq j \quad (2)$$

$$x_{ikmj} \leq y_k \quad \forall i, j \in V \text{ und } \forall k, m \in H \quad (3)$$

$$x_{ikmj} \leq y_m \quad \forall i, j \in V \text{ und } \forall k, m \in H \quad (4)$$

$$y_k \in \{0, 1\} \quad \forall k \in H \quad (5)$$

$$x_{ikmj} \geq 0 \quad \forall i, j \in V \text{ und } \forall k, m \in H \quad (6)$$

i. Erläutern Sie die Bedeutung der Entscheidungsvariablen  $y_k$  und  $x_{ikmj}$ . (2 Punkte)

- ii. Erläutern Sie **stichpunktartig** die Zielfunktion (1) sowie die Nebenbedingungen (2) – (4) der Modellformulierung für das Hub-Location-Problem. (6 Punkte)

2. Planung von Transporten, Rundreisen und Touren (24 Punkte)

(a) **Transportproblem (6 Punkte)**

Kennzeichnen Sie **stichpunktartig** das Vorgehen bei der **Transportmethode** zur Bestimmung einer optimalen Lösung für das **Transportproblem**.

(b) **Rundreise- und Tourenplanung (18 Punkte)**

- i. Kennzeichnen Sie **stichpunktartig** die **Gemeinsamkeiten** von Travelling Salesman Problem (TSP) und Vehicle Routing Problem (VRP). (6 Punkte)

- ii. Grenzen Sie **stichpunktartig** das TSP und das VRP durch Darstellung der jeweiligen **Unterschiede** voneinander ab. (6 Punkte)

- iii. Begründen Sie **stichpunktartig** die Notwendigkeit der **Vermeidung von Kurzzyklen** beim TSP bzw. VRP. Kennzeichnen Sie ein geeignetes **Vorgehen** zur Vermeidung von Kurzzyklen für das **TSP**. (6 Punkte)



### 3. Lagerhaltung (22 Punkte)

#### (a) Zeitungsjungenproblem (5 Punkte)

Kennzeichnen Sie die dem **Zeitungsjungenproblem** zugrundeliegenden Modellannahmen und geben Sie dazu praktische Beispiele an.

(b) **Ein-Produkt-Lagerhaltung (17 Punkte)**

- i. Erläutern Sie unter Verwendung einer **Skizze** die Bestellregel einer  $(t, S)$ -Lagerhaltungspolitik! Begründen Sie, wie lang der Risikozeitraum einer  $(t, S)$ -Lagerhaltungspolitik ist! (5 Punkte)

ii. Ein Ein-Produkt-Lager werde an allen 365 Tagen eines Jahres mit einer  $(t, S)$ -Lagerhaltungspolitik betrieben. Der erwartete Bedarf je Tag sei identisch und unabhängig normalverteilt mit  $\mu_D = 80$  ME und  $\sigma_D = 25$  ME, die Länge der Wiederbeschaffungszeit sei 4 Tage. Die Kosten  $k_B$  einer Bestellung betragen 100 GE, der Lagerkostensatz  $k_L$  betrage 36,5 GE je ME und Jahr.

A. Berechnen Sie die kostenminimale Bestellmenge  $q^{opt}$  und den dazu korrespondierenden kostenminimalen Bestellzyklus  $t^{opt}$  gemäß dem klassischen Modell der optimalen Bestellmenge! (4 Punkte)

B. Unterstellen Sie nun, dass das Ein-Produkt-Lager bei einem **vorgegebenen Bestellzyklus von 5 Tagen** mit einem  $\beta$ -Servicegrad von 98% betrieben werden soll. Ermitteln Sie den dazu gerade noch zulässigen Fehlmengenerwartungswert  $E[F(S)]$ , den standardisierten Fehlmengenerwartungswert  $E[FN(\nu)]$ , den Sicherheitsfaktor  $\nu$ , das ganzzahlige (!) Bestellniveau  $S$  und geben Sie den Sicherheitsbestand  $SB$  an! (Eine Tabelle mit den erforderlichen standardisierten Fehlmengenerwartungswerten finden Sie am Ende der Klausur!) (8 Punkte)

# Anhang: Standardisierte Fehlmengenerwartungswerte und Sicherheitsfaktoren

$E\{FNE(\nu)\}$	$\nu$								
		2.077025	-2.07	1.194646	-1.13	0.501122	-0.19	0.131167	0.75
		2.067219	-2.06	1.185949	-1.12	0.495388	-0.18	0.128916	0.76
2.990396	-2.99	2.057419	-2.05	1.177274	-1.11	0.489693	-0.17	0.126694	0.77
2.980410	-2.98	2.047623	-2.04	1.168619	-1.10	0.484038	-0.16	0.124503	0.78
2.970425	-2.97	2.037832	-2.03	1.159987	-1.09	0.478422	-0.15	0.122340	0.79
2.960440	-2.96	2.028046	-2.02	1.151377	-1.08	0.472846	-0.14	0.120207	0.80
2.950455	-2.95	2.018266	-2.01	1.142789	-1.07	0.467309	-0.13	0.118103	0.81
2.940471	-2.94	2.008491	-2.00	1.134223	-1.06	0.461811	-0.12	0.116028	0.82
2.930488	-2.93	1.998721	-1.99	1.125680	-1.05	0.456354	-0.11	0.113981	0.83
2.920505	-2.92	1.988957	-1.98	1.117160	-1.04	0.450935	-0.10	0.111962	0.84
2.910523	-2.91	1.979198	-1.97	1.108664	-1.03	0.445557	-0.09	0.109972	0.85
2.900541	-2.90	1.969445	-1.96	1.100190	-1.02	0.440218	-0.08	0.108009	0.86
2.890560	-2.89	1.959698	-1.95	1.091741	-1.01	0.434919	-0.07	0.106074	0.87
2.880580	-2.88	1.949957	-1.94	1.083315	-1.00	0.429660	-0.06	0.104166	0.88
2.870600	-2.87	1.940222	-1.93	1.074914	-0.99	0.424441	-0.05	0.102285	0.89
2.860621	-2.86	1.930493	-1.92	1.066537	-0.98	0.419261	-0.04	0.100431	0.90
2.850643	-2.85	1.920771	-1.91	1.058185	-0.97	0.414122	-0.03	0.098604	0.91
2.840665	-2.84	1.911054	-1.90	1.049858	-0.96	0.409022	-0.02	0.096803	0.92
2.830688	-2.83	1.901345	-1.89	1.041556	-0.95	0.403962	-0.01	0.095028	0.93
2.820711	-2.82	1.891642	-1.88	1.033279	-0.94	0.398942	0.00	0.093279	0.94
2.810736	-2.81	1.881946	-1.87	1.025028	-0.93	0.393962	0.01	0.091556	0.95
2.800761	-2.80	1.872257	-1.86	1.016803	-0.92	0.389022	0.02	0.089858	0.96
2.790787	-2.79	1.862575	-1.85	1.008604	-0.91	0.384122	0.03	0.088185	0.97
2.780814	-2.78	1.852900	-1.84	1.000431	-0.90	0.379261	0.04	0.086537	0.98
2.770841	-2.77	1.843233	-1.83	0.992285	-0.89	0.374441	0.05	0.084914	0.99
2.760870	-2.76	1.833573	-1.82	0.984166	-0.88	0.369660	0.06	0.083315	1.00
2.750899	-2.75	1.823920	-1.81	0.976074	-0.87	0.364919	0.07	0.081741	1.01
2.740929	-2.74	1.814276	-1.80	0.968009	-0.86	0.360218	0.08	0.080190	1.02
2.730961	-2.73	1.804639	-1.79	0.959972	-0.85	0.355557	0.09	0.078664	1.03
2.720993	-2.72	1.795010	-1.78	0.951962	-0.84	0.350935	0.10	0.077160	1.04
2.711026	-2.71	1.785390	-1.77	0.943981	-0.83	0.346354	0.11	0.075680	1.05
2.701060	-2.70	1.775778	-1.76	0.936028	-0.82	0.341811	0.12	0.074223	1.06
2.691095	-2.69	1.766174	-1.75	0.928103	-0.81	0.337309	0.13	0.072789	1.07
2.681131	-2.68	1.756579	-1.74	0.920207	-0.80	0.332846	0.14	0.071377	1.08
2.671169	-2.67	1.746993	-1.73	0.912340	-0.79	0.328422	0.15	0.069987	1.09
2.661207	-2.66	1.737415	-1.72	0.904503	-0.78	0.324038	0.16	0.068619	1.10
2.651247	-2.65	1.727847	-1.71	0.896694	-0.77	0.319693	0.17	0.067274	1.11
2.641288	-2.64	1.718288	-1.70	0.888916	-0.76	0.315388	0.18	0.065949	1.12
2.631330	-2.63	1.708738	-1.69	0.881167	-0.75	0.311122	0.19	0.064646	1.13
2.621373	-2.62	1.699198	-1.68	0.873448	-0.74	0.306895	0.20	0.063365	1.14
2.611418	-2.61	1.689668	-1.67	0.865760	-0.73	0.302707	0.21	0.062103	1.15
2.601464	-2.60	1.680147	-1.66	0.858102	-0.72	0.298558	0.22	0.060863	1.16
2.591511	-2.59	1.670637	-1.65	0.850475	-0.71	0.294448	0.23	0.059643	1.17
2.581560	-2.58	1.661137	-1.64	0.842879	-0.70	0.290377	0.24	0.058443	1.18
2.571610	-2.57	1.651647	-1.63	0.835315	-0.69	0.286345	0.25	0.057263	1.19
2.561662	-2.56	1.642168	-1.62	0.827781	-0.68	0.282351	0.26	0.056102	1.20
2.551715	-2.55	1.632700	-1.61	0.820280	-0.67	0.278396	0.27	0.054961	1.21
2.541769	-2.54	1.623242	-1.60	0.812810	-0.66	0.274479	0.28	0.053840	1.22
2.531825	-2.53	1.613796	-1.59	0.805372	-0.65	0.270601	0.29	0.052737	1.23
2.521883	-2.52	1.604360	-1.58	0.797967	-0.64	0.266761	0.30	0.051652	1.24
2.511943	-2.51	1.594937	-1.57	0.790594	-0.63	0.262959	0.31	0.050587	1.25
2.502004	-2.50	1.585525	-1.56	0.783254	-0.62	0.259196	0.32	0.049539	1.26
2.492067	-2.49	1.576124	-1.55	0.775947	-0.61	0.255470	0.33	0.048510	1.27
2.482132	-2.48	1.566736	-1.54	0.768673	-0.60	0.251782	0.34	0.047498	1.28
2.472198	-2.47	1.557360	-1.53	0.761432	-0.59	0.248131	0.35	0.046504	1.29
2.462267	-2.46	1.547996	-1.52	0.754225	-0.58	0.244518	0.36	0.045528	1.30
2.452337	-2.45	1.538645	-1.51	0.747051	-0.57	0.240943	0.37	0.044568	1.31
2.442410	-2.44	1.529307	-1.50	0.739912	-0.56	0.237404	0.38	0.043626	1.32
2.432484	-2.43	1.519981	-1.49	0.732806	-0.55	0.233903	0.39	0.042700	1.33
2.422561	-2.42	1.510669	-1.48	0.725735	-0.54	0.230439	0.40	0.041791	1.34
2.412640	-2.41	1.501370	-1.47	0.718698	-0.53	0.227011	0.41	0.040897	1.35
2.402720	-2.40	1.492085	-1.46	0.711696	-0.52	0.223621	0.42	0.040020	1.36
2.392804	-2.39	1.482813	-1.45	0.704729	-0.51	0.220267	0.43	0.039159	1.37
2.382889	-2.38	1.473555	-1.44	0.697797	-0.50	0.216949	0.44	0.038313	1.38
2.372977	-2.37	1.464312	-1.43	0.690900	-0.49	0.213667	0.45	0.037483	1.39
2.363067	-2.36	1.455083	-1.42	0.684038	-0.48	0.210422	0.46	0.036668	1.40
2.353160	-2.35	1.445868	-1.41	0.677212	-0.47	0.207212	0.47	0.035868	1.41
2.343255	-2.34	1.436668	-1.40	0.670422	-0.46	0.204038	0.48	0.035083	1.42
2.333352	-2.33	1.427483	-1.39	0.663667	-0.45	0.200900	0.49	0.034312	1.43
2.323453	-2.32	1.418313	-1.38	0.656949	-0.44	0.197797	0.50	0.033555	1.44
2.313556	-2.31	1.409159	-1.37	0.650267	-0.43	0.194729	0.51	0.032813	1.45
2.303662	-2.30	1.400020	-1.36	0.643621	-0.42	0.191696	0.52	0.032085	1.46
2.293770	-2.29	1.390897	-1.35	0.637011	-0.41	0.188698	0.53	0.031370	1.47
2.283882	-2.28	1.381791	-1.34	0.630439	-0.40	0.185735	0.54	0.030669	1.48
2.273996	-2.27	1.372700	-1.33	0.623903	-0.39	0.182806	0.55	0.029981	1.49
2.264114	-2.26	1.363626	-1.32	0.617404	-0.38	0.179912	0.56	0.029307	1.50
2.254235	-2.25	1.354568	-1.31	0.610943	-0.37	0.177051	0.57	0.028645	1.51
2.244359	-2.24	1.345528	-1.30	0.604518	-0.36	0.174225	0.58	0.027996	1.52
2.234486	-2.23	1.336504	-1.29	0.598131	-0.35	0.171432	0.59	0.027360	1.53
2.224616	-2.22	1.327498	-1.28	0.591782	-0.34	0.168673	0.60	0.026736	1.54
2.214750	-2.21	1.318510	-1.27	0.585470	-0.33	0.165947	0.61	0.026124	1.55
2.204887	-2.20	1.309539	-1.26	0.579196	-0.32	0.163254	0.62	0.025525	1.56
2.195028	-2.19	1.300587	-1.25	0.572959	-0.31	0.160594	0.63	0.024937	1.57
2.185172	-2.18	1.291652	-1.24	0.566761	-0.30	0.157967	0.64	0.024360	1.58
2.175321	-2.17	1.282737	-1.23	0.560601	-0.29	0.155372	0.65	0.023796	1.59
2.165472	-2.16	1.273840	-1.22	0.554479	-0.28	0.152810	0.66	0.023242	1.60
2.155628	-2.15	1.264961	-1.21	0.548396	-0.27	0.150280	0.67	0.022700	1.61
2.145788	-2.14	1.256102	-1.20	0.542351	-0.26	0.147781	0.68	0.022168	1.62
2.135952	-2.13	1.247263	-1.19	0.536345	-0.25	0.145315	0.69	0.021647	1.63
2.126120	-2.12	1.238443	-1.18	0.530377	-0.24	0.142879	0.70	0.021137	1.64
2.116292	-2.11	1.229643	-1.17	0.524448	-0.23	0.140475	0.71	0.020637	1.65
2.106468	-2.10	1.220863	-1.16	0.518558	-0.22	0.138102	0.72	0.020147	1.66
2.096649	-2.09	1.212103	-1.15	0.512707	-0.21	0.135760	0.73	0.019668	1.67
2.086835	-2.08	1.203365	-1.14	0.506895	-0.20	0.133448	0.74	0.019198	1.68

0.018738	1.69	0.009445	1.96	0.004486	2.23	0.002004	2.50	0.000841	2.77
0.018288	1.70	0.009198	1.97	0.004359	2.24	0.001943	2.51	0.000814	2.78
0.017847	1.71	0.008957	1.98	0.004235	2.25	0.001883	2.52	0.000787	2.79
0.017415	1.72	0.008721	1.99	0.004114	2.26	0.001825	2.53	0.000761	2.80
0.016993	1.73	0.008491	2.00	0.003996	2.27	0.001769	2.54	0.000736	2.81
0.016579	1.74	0.008266	2.01	0.003882	2.28	0.001715	2.55	0.000711	2.82
0.016174	1.75	0.008046	2.02	0.003770	2.29	0.001662	2.56	0.000688	2.83
0.015778	1.76	0.007832	2.03	0.003662	2.30	0.001610	2.57	0.000665	2.84
0.015390	1.77	0.007623	2.04	0.003556	2.31	0.001560	2.58	0.000643	2.85
0.015010	1.78	0.007419	2.05	0.003453	2.32	0.001511	2.59	0.000621	2.86
0.014639	1.79	0.007219	2.06	0.003352	2.33	0.001464	2.60	0.000600	2.87
0.014276	1.80	0.007025	2.07	0.003255	2.34	0.001418	2.61	0.000580	2.88
0.013920	1.81	0.006835	2.08	0.003160	2.35	0.001373	2.62	0.000560	2.89
0.013573	1.82	0.006649	2.09	0.003067	2.36	0.001330	2.63	0.000541	2.90
0.013233	1.83	0.006468	2.10	0.002977	2.37	0.001288	2.64	0.000523	2.91
0.012900	1.84	0.006292	2.11	0.002889	2.38	0.001247	2.65	0.000505	2.92
0.012575	1.85	0.006120	2.12	0.002804	2.39	0.001207	2.66	0.000488	2.93
0.012257	1.86	0.005952	2.13	0.002720	2.40	0.001169	2.67	0.000471	2.94
0.011946	1.87	0.005788	2.14	0.002640	2.41	0.001131	2.68	0.000455	2.95
0.011642	1.88	0.005628	2.15	0.002561	2.42	0.001095	2.69	0.000440	2.96
0.011345	1.89	0.005472	2.16	0.002484	2.43	0.001060	2.70	0.000425	2.97
0.011054	1.90	0.005321	2.17	0.002410	2.44	0.001026	2.71	0.000410	2.98
0.010771	1.91	0.005172	2.18	0.002337	2.45	0.000993	2.72	0.000396	2.99
0.010493	1.92	0.005028	2.19	0.002267	2.46	0.000961	2.73	0.000382	3.00
0.010222	1.93	0.004887	2.20	0.002198	2.47	0.000929	2.74		
0.009957	1.94	0.004750	2.21	0.002132	2.48	0.000899	2.75		
0.009698	1.95	0.004616	2.22	0.002067	2.49	0.000870	2.76		