

Klausur zur Vorlesung  
“Logistik”  
im Sommersemester 2020

**Hinweise:**

- Die Klausur besteht aus **15** 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 **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! Stichwortartige 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	4	5	Summe
Punkte						

## 1. Standortplanung in der Ebene

(10 Punkte)

- (a) Geben Sie an, wie sich die Entfernungsmessungen zwischen zwei Punkten in der Ebene mit der  $L_1$ - und  $L_2$ -Metrik unterscheiden. Nennen Sie eine Anwendungsmöglichkeit für die jeweilige Metrik. (4 P.)

- (b) In der Ebene werde die Entfernung mittels der  $L_1$ -Metrik gemessen. Sie haben drei Orte zu beliefern, deren Koordinaten und Bedarfe in Mengeneinheiten (ME) Sie der folgenden Tabelle entnehmen:

Ort	Koordinaten	Bedarf [ME]
A	(1, 6)	11
B	(2, 1)	3
C	(4, 5)	9

Ermitteln Sie unter Verwendung einer Grafik die Koordinaten des Standortes für ein Produktionswerk, so dass die Summe der Transportkosten zu den Nachfrageorten minimiert wird. Erläutern Sie Ihr Vorgehen. (6 P.)



## 2. Das Covering-Problem

(11 Punkte)

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

### Indizes

$j = 1 \dots n$       Kundenorte  
 $i = 1 \dots m$       potentielle Center

### Parameter:

$d_{ij}$       Entfernung zwischen einem Center  $i$  und einem Kundenstandort  $j$   
 $S_j$       maximale Entfernung zwischen einem Kunden  $j$  und dem ihm zugeordneten Center

$$\min p = \sum_{i=1}^m y_i \tag{1}$$

u. B. d. R.:

$$d_{ij} \cdot x_{ij} \leq S_j \quad \forall i, j \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad \forall j \tag{3}$$

$$y_i \geq x_{ij}, \quad \forall i, j \tag{4}$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i \tag{5}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \tag{6}$$

(a) Erläutern Sie die Bedeutung der Entscheidungsvariablen  $y_i$  und  $x_{ij}$ . (3 P.)

- (b) Erläutern Sie stichpunktartig die Zielfunktion (1) sowie die Nebenbedingungen (2) – (4) der Modellformulierung für das Covering-Problem. (6 P.)

- (c) Eine mathematisch optimale Lösung eines Covering-Problems kann eine betriebswirtschaftlich i.A. wenig sinnvolle Eigenschaft aufweisen. Erläutern sie, welche Eigenschaft dies ist und wie Sie aus einer ökonomischen Perspektive damit umgehen würden. (2 P.)

### 3. Produktgruppenbildung mit einheitlichen Bestellzyklen (13 Punkte)

- (a) Erläutern Sie, aus welchem Grund es sich anbieten kann, bei der Bewirtschaftung von Lagern mit einer großen Anzahl verschiedener Produkte eine Produktgruppenbildung mit einheitlichen Bestellzyklen vorzunehmen! (3 P.)

- (b) Welche Eigenschaft der optimalen Lösung des klassischen Bestellmengenmodells wird dabei genutzt? (1 P.)

- (c) Geben Sie einen allgemeinen Ausdruck für die Kosten einer Produktgruppe  $g$  mit einem gemeinsamen Bestellzyklus der Länge  $T_g$  an sowie einen für die optimale Dauer  $T_g$  des gemeinsamen Bestellzyklus! (4 P.)

- (d) Beschreiben Sie die Grundidee eines heuristischen Algorithmus zur kostenminimalen Aufteilung der verschiedenen Produkte  $i$  auf insgesamt  $G$  verschiedene Produktgruppen mit jeweils einheitlicher Länge  $T_g$  des Bestellzyklus! (3 P.)

- (e) Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Anzahl der gebildeten Gruppen  $G$  und der Summe der Bestell- sowie der Lagerkosten für die Produkte insgesamt, sofern die verschiedenen Produkte kostenminimierend auf die Gruppen zugeordnet werden? (2 P.)



#### 4. Rundreise- und Tourenplanung

(8 Punkte)

- (a) Kennzeichnen Sie stichpunktartig die **Gemeinsamkeiten** des Handlungsreisenden-Problems (engl.: Travelling Salesman Problem (TSP)) und des Grundmodells der Tourenplanung (engl.: Vehicle Routing Problem (VRP)). (4 P.)

- (b) Grenzen Sie stichpunktartig das TSP und das VRP durch Darstellung der **Unterschiede** voneinander ab. (2 P.)

- (c) Begründen Sie stichpunktartig die Notwendigkeit der **Vermeidung von Kurzyklen** beim TSP bzw. beim VRP. (2 P.)

## 5. Ein-Produkt-Lagerhaltung

(18 Punkte)

- (a) Begründen Sie, wie lange im Falle einer  $(s, q)$ -Lagerhaltungspolitik mit kontinuierlicher Bestandsüberwachung sowie einer  $(t, S)$ -Lagerhaltungspolitik jeweils der Risikozeitraum ist. (4 P.)

- (b) Geben Sie jeweils die oberen und unteren Schranken der disponiblen Lagerbestände und der Nettolagerbestände einer  $(s, q)$ - und einer  $(t, S)$ -Lagerhaltungspolitik an. (4 P.)

- (c) Ein Ein-Produkt-Lager werde mit einer **(t, S)-Lagerhaltungspolitik** betrieben. Der erwartete Bedarf je Tag sei identisch und unabhängig normalverteilt mit  $\mu_D = 150$  ME und  $\sigma_D = 30$  ME, die Länge der Wiederbeschaffungszeit sei 1 Tag. Der Bestand wird alle 8 Tage überwacht. Das Lager soll bei einem Bestellniveau von 1404 ME betrieben werden. Ermitteln Sie die Länge des Risikozeitraums, die erwartete Fehlmenge je Bestellzyklus und den sich einstellenden  $\beta$ -Servicegrad. (10 P.)

**Hinweis:** Eine Tabelle mit den erforderlichen standardisierten Fehlmengenerwartungswerten finden Sie am Ende der Klausur!



# 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

		0.009957	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
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		