

Klausur zur Vorlesung  
“Logistik”  
im Sommersemester 2022

**Hinweise:**

- Die Klausur besteht aus **17** 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 **4** 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 **zwei** zweiseitig handschriftlich beschriebene Hilfsblätter 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	Summe
Punkte					

## 1. Produktionslogistik

(28 Punkte)

- (a) Auf einer Produktionslinie mit vier Stationen betragen die Dauern der jeweiligen Prozessschritte im Mittel 30, 40, 20 und 30 Zeiteinheiten (ZE). Beobachtet wird nun an dieser Linie ein mittlerer Bestand von vier Werkstücken sowie eine mittlere Durchlaufzeit je Werkstück von 200 Zeiteinheiten und ein mittlerer Durchsatz von 0,02 Werkstücken je Zeiteinheit.
- i. Könnte bei einem mittleren Bestand von vier Werkstücken und bei einer mittleren Durchlaufzeit je Werkstück von 200 Zeiteinheiten auch ein anderer Durchsatz auftreten als einer von 0,02 Werkstücken je Zeiteinheit? Begründen Sie Ihre Antwort kurz! (2 P.)

- ii. Berechnen Sie für diesen Fall des gegebenen mittleren Bestandes von vier Werkstücken die Engpassrate  $r_b$ , die erwartete Gesamtbearbeitungszeit  $T_0$ , den kritischen Bestand  $WIP_0$ , den Durchsatz  $TH_{\text{best}}$  sowie die Durchlaufzeit  $CT_{\text{best}}$  für die Modellvorstellung des best-möglichen Falles! Geben Sie dabei die allgemeine Berechnungsformel mit an! (8 P.)

iii. Berechnen Sie für diesen Fall des gegebenen mittleren Bestandes von vier Werkstücken den Durchsatz  $TH_{\text{worst}}$  sowie die Durchlaufzeit  $CT_{\text{worst}}$  für die Modellvorstellung des schlechtest-möglichen Falles! Geben Sie dabei die allgemeine Berechnungsformel mit an! (4 P.)

iv. Berechnen Sie für diesen Fall des gegebenen mittleren Bestandes von vier Werkstücken den Durchsatz  $TH_{\text{pwc}}$  sowie die Durchlaufzeit  $CT_{\text{pwc}}$  für die Modellvorstellung des praktisch-schlechtest-möglichen Falles! Geben Sie dabei die allgemeine Berechnungsformel mit an! (4 P.)

- v. Beurteilen Sie nun anhand Ihrer Ergebnisse die beobachtete Performance der Linie und begründen Sie die Zielrichtung ggf. naheliegender Verbesserungsmaßnahmen! (4 P.)

vi. Erläutern Sie kurz, welche Modellvorstellung den Berechnungen des best-möglichen Falles zugrunde liegt! (2 P.)

vii. Erläutern Sie kurz, welche Modellvorstellung den Berechnungen des praktisch-schlechtest-möglichen Falles zugrunde liegt! (4 P.)

## 2. Bestandmanagement im Fall von Mehr-Produkt-Lagern

(10 Punkte)

- (a) Betrachten Sie ein Zwei-Produkt-Lager mit den folgenden Werten der beiden Produkte:

Parameter	Produkt $i = 1$	Produkt $i = 2$
Bedarfsrate $\tilde{d}_i$ [ME/ZE]	4000	2000
Bestellkostensatz $k_{B_i}$ [GE]	20	20
Wert je Produkteinheit $w_i$ [GE]	200	100

- i. Geben Sie allgemein und für den konkreten Fall die Formel für den Zusammenhang zwischen dem Wert des Grundbestandes  $WG$  und den gesamten Bestellkosten  $BK$  an! (4 P.)

ii. Unterstellen Sie nun, dass im Planungszeitraum die Höhe der gesamten Bestellkosten  $BK = 1000$  GE betragen solle. Ermitteln Sie für diesen Fall jeweils unter Angabe der allgemeinen Berechnungsformel

- den Wert des sich dann einstellenden Grundbestandes  $WG$ , (2 P.)

- den dadurch implizierten Kapitalkostensatz  $r$  (2 P.)

- und die dann optimale Bestellmenge  $q_1$  für das erste Produkt! (2 P.)

### 3. Standortplanung in Verkehrsnetzen

(14 Punkte)

Geben seien Orte  $i = 1, \dots, I$ . Die Distanz  $d_{i,j}$  zwischen zwei Orten  $i$  und  $j$  sei bekannt. Jeder der Orte muss genau einer Serviceeinrichtung zugeordnet werden. Es soll nun entschieden werden,

- wie viele der Serviceeinrichtungen installiert werden,
- an welchen Orten diese Serviceeinrichtungen installiert werden, und
- von welchem Ort  $i$  mit dort installierter Serviceeinrichtung ein Ort  $j$  bedient wird.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Ort  $j$  durch eine Serviceeinrichtung an Ort  $i$  nur dann bedient werden kann, wenn die Distanz  $d_{i,j}$  zwischen den Orten  $i$  und  $j$  die maximal zulässige Distanz  $S_j$  für die Bedienung des Ortes  $j$  nicht überschreitet. Das Ziel der Planung möge darin bestehen, möglichst wenig Serviceeinrichtungen zu installieren.

- (a) Geben Sie eine lineare Modellformulierung zur Abbildung dieser Problemstellung an! Definieren Sie dazu die Parameter sowie die Entscheidungsvariablen mit ihrem jeweiligen Gültigkeitsbereich und erläutern Sie die Zielfunktion sowie die Nebenbedingungen! (Benutzen Sie dazu bei Bedarf auch den Platz auf der folgenden Seite!) (10 P.)



(b) Stellen Sie sich nun vor, dass der Parameter  $S_j$  für alle Orte  $j$  reduziert wird. Welche Auswirkungen kann dies auf die Anzahl der in einer optimalen Lösung installierten Serviceeinrichtungen haben und welche nicht? Begründen Sie Ihre Antwort! (2 P.)

(c) Stellen Sie sich nun vor, dass eine ggf. an Ort  $i$  installierte Serviceeinrichtung insgesamt nur  $a_i$  verschiedenen Orten zugeordnet werden darf! Bilden Sie diese zusätzliche Anforderung an die Lösung durch ein in den Entscheidungsvariablen lineares Restriktionensystem ab! (2 P.)

#### 4. Transportplanung

(8 P.)

Betrachten Sie als gedanklichen Ausgangspunkt das sogenannte “klassische Transportproblem”. Dieses wird nun um eine neue Problemdimension erweitert. Wir gehen davon aus, dass unterschiedliche Transportmittel  $m = 1, \dots, M$  eingesetzt werden können. Die Transportmengen und die Einheitstransportkostensätze sind nun also abhängig vom Transportmittel.

- (a) Passen Sie das klassische Transportmodell für diesen Fall an! Geben Sie also die Zielfunktion und die Nebenbedingungen an. (Sie müssen die Notation nur dann explizit definieren, wenn Sie von der in der Lehrveranstaltung verwendeten Notation abweichen wollen!)

(4 P.)

- (b) Gehen Sie davon aus, dass Transporte vom Standort  $i$  aus mit dem Transportmittel  $m$  nur dann möglich sind, wenn am Standort  $i$  das Transportmittel  $m$  für den Planungszeitraum beschafft worden ist, z.B. durch Anmietung. Die fixen Kosten der Anmietung des Transportmittels betragen  $f_m$ . Erweitern Sie Ihr Modell in geeigneter Weise um die Entscheidung über die Beschaffung und den Einsatz der Transportmittel für die Standorte, so dass die Modellformulierung weiterhin linear in den Entscheidungsvariablen ist. (4 P.)

# Anhang

## 1 Tabellenwerte der Standardnormalverteilung

Es sei  $X$  eine standardnormalverteilte Zufallsvariable, es sei also ihr Erwartungswert  $\mu = 0$  und ihre Standardabweichung  $\sigma = 1$ . Die folgende Tabelle enthält für  $-3 \leq x \leq 3$  die korrespondierenden Werte der Verteilungsfunktion  $F_X(x)$ .

x	$F_X(x)$						
-3,00	0,001350	-2,24	0,012545	-1,48	0,069437	-0,72	0,235762
-2,99	0,001395	-2,23	0,012874	-1,47	0,070781	-0,71	0,238852
-2,98	0,001441	-2,22	0,013209	-1,46	0,072145	-0,70	0,241964
-2,97	0,001489	-2,21	0,013553	-1,45	0,073529	-0,69	0,245097
-2,96	0,001538	-2,20	0,013903	-1,44	0,074934	-0,68	0,248252
-2,95	0,001589	-2,19	0,014262	-1,43	0,076359	-0,67	0,251429
-2,94	0,001641	-2,18	0,014629	-1,42	0,077804	-0,66	0,254627
-2,93	0,001695	-2,17	0,015003	-1,41	0,079270	-0,65	0,257846
-2,92	0,001750	-2,16	0,015386	-1,40	0,080757	-0,64	0,261086
-2,91	0,001807	-2,15	0,015778	-1,39	0,082264	-0,63	0,264347
-2,90	0,001866	-2,14	0,016177	-1,38	0,083793	-0,62	0,267629
-2,89	0,001926	-2,13	0,016586	-1,37	0,085343	-0,61	0,270931
-2,88	0,001988	-2,12	0,017003	-1,36	0,086915	-0,60	0,274253
-2,87	0,002052	-2,11	0,017429	-1,35	0,088508	-0,59	0,277595
-2,86	0,002118	-2,10	0,017864	-1,34	0,090123	-0,58	0,280957
-2,85	0,002186	-2,09	0,018309	-1,33	0,091759	-0,57	0,284339
-2,84	0,002256	-2,08	0,018763	-1,32	0,093418	-0,56	0,287740
-2,83	0,002327	-2,07	0,019226	-1,31	0,095098	-0,55	0,291160
-2,82	0,002401	-2,06	0,019699	-1,30	0,096800	-0,54	0,294599
-2,81	0,002477	-2,05	0,020182	-1,29	0,098525	-0,53	0,298056
-2,80	0,002555	-2,04	0,020675	-1,28	0,100273	-0,52	0,301532
-2,79	0,002635	-2,03	0,021178	-1,27	0,102042	-0,51	0,305026
-2,78	0,002718	-2,02	0,021692	-1,26	0,103835	-0,50	0,308538
-2,77	0,002803	-2,01	0,022216	-1,25	0,105650	-0,49	0,312067
-2,76	0,002890	-2,00	0,022750	-1,24	0,107488	-0,48	0,315614
-2,75	0,002980	-1,99	0,023295	-1,23	0,109349	-0,47	0,319178
-2,74	0,003072	-1,98	0,023852	-1,22	0,111232	-0,46	0,322758
-2,73	0,003167	-1,97	0,024419	-1,21	0,113139	-0,45	0,326355
-2,72	0,003264	-1,96	0,024998	-1,20	0,115070	-0,44	0,329969
-2,71	0,003364	-1,95	0,025588	-1,19	0,117023	-0,43	0,333598
-2,70	0,003467	-1,94	0,026190	-1,18	0,119000	-0,42	0,337243
-2,69	0,003573	-1,93	0,026803	-1,17	0,121000	-0,41	0,340903
-2,68	0,003681	-1,92	0,027429	-1,16	0,123024	-0,40	0,344578
-2,67	0,003793	-1,91	0,028067	-1,15	0,125072	-0,39	0,348268
-2,66	0,003907	-1,90	0,028717	-1,14	0,127143	-0,38	0,351973
-2,65	0,004025	-1,89	0,029379	-1,13	0,129238	-0,37	0,355691
-2,64	0,004145	-1,88	0,030054	-1,12	0,131357	-0,36	0,359424
-2,63	0,004269	-1,87	0,030742	-1,11	0,133500	-0,35	0,363169
-2,62	0,004396	-1,86	0,031443	-1,10	0,135666	-0,34	0,366928
-2,61	0,004527	-1,85	0,032157	-1,09	0,137857	-0,33	0,370700
-2,60	0,004661	-1,84	0,032884	-1,08	0,140071	-0,32	0,374484
-2,59	0,004799	-1,83	0,033625	-1,07	0,142310	-0,31	0,378280
-2,58	0,004940	-1,82	0,034380	-1,06	0,144572	-0,30	0,382089
-2,57	0,005085	-1,81	0,035148	-1,05	0,146859	-0,29	0,385908
-2,56	0,005234	-1,80	0,035930	-1,04	0,149170	-0,28	0,389739
-2,55	0,005386	-1,79	0,036727	-1,03	0,151505	-0,27	0,393580
-2,54	0,005543	-1,78	0,037538	-1,02	0,153864	-0,26	0,397432
-2,53	0,005703	-1,77	0,038364	-1,01	0,156248	-0,25	0,401294
-2,52	0,005868	-1,76	0,039204	-1,00	0,158655	-0,24	0,405165
-2,51	0,006037	-1,75	0,040059	-0,99	0,161087	-0,23	0,409046
-2,50	0,006210	-1,74	0,040930	-0,98	0,163543	-0,22	0,412936
-2,49	0,006387	-1,73	0,041815	-0,97	0,166023	-0,21	0,416834
-2,48	0,006569	-1,72	0,042716	-0,96	0,168528	-0,20	0,420740
-2,47	0,006756	-1,71	0,043633	-0,95	0,171056	-0,19	0,424655
-2,46	0,006947	-1,70	0,044565	-0,94	0,173609	-0,18	0,428576
-2,45	0,007143	-1,69	0,045514	-0,93	0,176186	-0,17	0,432505
-2,44	0,007344	-1,68	0,046479	-0,92	0,178786	-0,16	0,436441
-2,43	0,007549	-1,67	0,047460	-0,91	0,181411	-0,15	0,440382
-2,42	0,007760	-1,66	0,048457	-0,90	0,184060	-0,14	0,444330
-2,41	0,007976	-1,65	0,049471	-0,89	0,186733	-0,13	0,448283
-2,40	0,008198	-1,64	0,050503	-0,88	0,189430	-0,12	0,452242
-2,39	0,008424	-1,63	0,051551	-0,87	0,192150	-0,11	0,456205
-2,38	0,008656	-1,62	0,052616	-0,86	0,194895	-0,10	0,460172
-2,37	0,008894	-1,61	0,053699	-0,85	0,197663	-0,09	0,464144
-2,36	0,009137	-1,60	0,054799	-0,84	0,200454	-0,08	0,468119
-2,35	0,009387	-1,59	0,055917	-0,83	0,203269	-0,07	0,472097
-2,34	0,009642	-1,58	0,057053	-0,82	0,206108	-0,06	0,476078
-2,33	0,009903	-1,57	0,058208	-0,81	0,208970	-0,05	0,480061
-2,32	0,010170	-1,56	0,059380	-0,80	0,211855	-0,04	0,484047
-2,31	0,010444	-1,55	0,060571	-0,79	0,214764	-0,03	0,488034
-2,30	0,010724	-1,54	0,061780	-0,78	0,217695	-0,02	0,492022
-2,29	0,011011	-1,53	0,063008	-0,77	0,220650	-0,01	0,496011
-2,28	0,011304	-1,52	0,064255	-0,76	0,223627	0,00	0,500000
-2,27	0,011604	-1,51	0,065522	-0,75	0,226627	0,01	0,503989
-2,26	0,011911	-1,50	0,066807	-0,74	0,229650	0,02	0,507978
-2,25	0,012224	-1,49	0,068112	-0,73	0,232695	0,03	0,511966
						0,04	0,515953
						0,05	0,519939
						0,06	0,523922
						0,07	0,527903
						0,08	0,531881
						0,09	0,535856
						0,10	0,539828
						0,11	0,543795
						0,12	0,547758
						0,13	0,551717
						0,14	0,555670
						0,15	0,559618
						0,16	0,563559
						0,17	0,567495
						0,18	0,571424
						0,19	0,575345
						0,20	0,579260
						0,21	0,583166
						0,22	0,587064
						0,23	0,590954
						0,24	0,594835
						0,25	0,598706
						0,26	0,602568
						0,27	0,606420
						0,28	0,610261
						0,29	0,614092
						0,30	0,617911
						0,31	0,621720
						0,32	0,625516
						0,33	0,629300
						0,34	0,633072
						0,35	0,636831
						0,36	0,640576
						0,37	0,644309
						0,38	0,648027
						0,39	0,651732
						0,40	0,655422
						0,41	0,659097
						0,42	0,662757
						0,43	0,666402
						0,44	0,670031
						0,45	0,673645
						0,46	0,677242
						0,47	0,680822
						0,48	0,684386
						0,49	0,687933
						0,50	0,691462
						0,51	0,694974
						0,52	0,698468
						0,53	0,701944
						0,54	0,705401
						0,55	0,708840
						0,56	0,712260
						0,57	0,715661
						0,58	0,719043
						0,59	0,722405
						0,60	0,725747
						0,61	0,729069
						0,62	0,732371
						0,63	0,735653
						0,64	0,738914
						0,65	0,742154
						0,66	0,745373
						0,67	0,748571
						0,68	0,751748
						0,69	0,754903
						0,70	0,758036
						0,71	0,761148
						0,72	0,764238
						0,73	0,767305
						0,74	0,770350
						0,75	0,773373
						0,76	0,776373
						0,77	0,779350
						0,78	0,782305
						0,79	0,785236

0,80	0,788145	1,23	0,890651	1,68	0,953521	2,13	0,983414	2,58	0,995060
0,81	0,791030	1,24	0,892512	1,69	0,954486	2,14	0,983823	2,59	0,995201
0,82	0,793892	1,25	0,894350	1,70	0,955435	2,15	0,984222	2,60	0,995339
0,83	0,796731	1,26	0,896165	1,71	0,956367	2,16	0,984614	2,61	0,995473
0,84	0,799546	1,27	0,897958	1,72	0,957284	2,17	0,984997	2,62	0,995604
0,85	0,802337	1,28	0,899727	1,73	0,958185	2,18	0,985371	2,63	0,995731
0,86	0,805105	1,29	0,901475	1,74	0,959070	2,19	0,985738	2,64	0,995855
0,87	0,807850	1,30	0,903200	1,75	0,959941	2,20	0,986097	2,65	0,995975
0,88	0,810570	1,31	0,904902	1,76	0,960796	2,21	0,986447	2,66	0,996093
0,89	0,813267	1,32	0,906582	1,77	0,961636	2,22	0,986791	2,67	0,996207
0,90	0,815940	1,33	0,908241	1,78	0,962462	2,23	0,987126	2,68	0,996319
0,91	0,818589	1,34	0,909877	1,79	0,963273	2,24	0,987455	2,69	0,996427
0,92	0,821214	1,35	0,911492	1,80	0,964070	2,25	0,987776	2,70	0,996533
0,93	0,823814	1,36	0,913085	1,81	0,964852	2,26	0,988089	2,71	0,996636
0,94	0,826391	1,37	0,914657	1,82	0,965620	2,27	0,988396	2,72	0,996736
0,95	0,828944	1,38	0,916207	1,83	0,966375	2,28	0,988696	2,73	0,996833
0,96	0,831472	1,39	0,917736	1,84	0,967116	2,29	0,988989	2,74	0,996928
0,97	0,833977	1,40	0,919243	1,85	0,967843	2,30	0,989276	2,75	0,997020
0,98	0,836457	1,41	0,920730	1,86	0,968557	2,31	0,989556	2,76	0,997110
0,99	0,838913	1,42	0,922196	1,87	0,969258	2,32	0,989830	2,77	0,997197
1,00	0,841345	1,43	0,923641	1,88	0,969946	2,33	0,990097	2,78	0,997282
1,01	0,843752	1,44	0,925066	1,89	0,970621	2,34	0,990358	2,79	0,997365
1,02	0,846136	1,45	0,926471	1,90	0,971283	2,35	0,990613	2,80	0,997445
1,03	0,848495	1,46	0,927855	1,91	0,971933	2,36	0,990863	2,81	0,997523
1,04	0,850830	1,47	0,929219	1,92	0,972571	2,37	0,991106	2,82	0,997599
1,05	0,853141	1,48	0,930563	1,93	0,973197	2,38	0,991344	2,83	0,997673
1,06	0,855428	1,49	0,931888	1,94	0,973810	2,39	0,991576	2,84	0,997744
1,07	0,857690	1,50	0,933193	1,95	0,974412	2,40	0,991802	2,85	0,997814
1,08	0,859929	1,51	0,934478	1,96	0,975002	2,41	0,992024	2,86	0,997882
1,09	0,862143	1,52	0,935745	1,97	0,975581	2,42	0,992240	2,87	0,997948
1,10	0,864334	1,53	0,936992	1,98	0,976148	2,43	0,992451	2,88	0,998012
1,11	0,866500	1,54	0,938220	1,99	0,976705	2,44	0,992656	2,89	0,998074
1,12	0,868643	1,55	0,939429	2,00	0,977250	2,45	0,992857	2,90	0,998134
1,13	0,870762	1,56	0,940620	2,01	0,977784	2,46	0,993053	2,91	0,998193
1,14	0,872857	1,57	0,941792	2,02	0,978308	2,47	0,993244	2,92	0,998250
1,15	0,874928	1,58	0,942947	2,03	0,978822	2,48	0,993431	2,93	0,998305
1,16	0,876976	1,59	0,944083	2,04	0,979325	2,49	0,993613	2,94	0,998359
1,17	0,879000	1,60	0,945201	2,05	0,979818	2,50	0,993790	2,95	0,998411
1,18	0,881000	1,61	0,946301	2,06	0,980301	2,51	0,993963	2,96	0,998462
1,19	0,882977	1,62	0,947384	2,07	0,980774	2,52	0,994132	2,97	0,998511
1,20	0,884930	1,63	0,948449	2,08	0,981237	2,53	0,994297	2,98	0,998559
1,21	0,886861	1,64	0,949497	2,09	0,981691	2,54	0,994457	2,99	0,998605
1,22	0,888768	1,65	0,950529	2,10	0,982136	2,55	0,994614	3,00	0,998650
		1,66	0,951543	2,11	0,982571	2,56	0,994766		
		1,67	0,952540	2,12	0,982997	2,57	0,994915		

## 2 Standardisierte Fehlmengenerwartungswerte

Es sei  $X$  eine standardnormalverteilte Zufallsvariable, folglich gilt für ihre Dichtefunktion

$$f_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}. \quad (1)$$

Man kann nun die Frage stellen, wie groß der Erwartungswert jenes Betrages ist, um den die standardnormalverteilte Zufallsvariable  $X$  einen vorgegebenen Wert  $v$  überschreitet, und dafür das Symbol  $\Phi^1(v)$  definieren:

$$\begin{aligned} \Phi^1(v) &= E[\max(0, X - v)] \\ &= \int_{x=-\infty}^{x=\infty} \max(0, x - v) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \\ &= \int_{x=v}^{x=\infty} (x - v) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \end{aligned} \quad (2)$$

Diese Größe wird als *standardisierter Fehlmengenerwartungswert* oder auch als *Verlustfunktion erster Ordnung* bezeichnet, weil man mit ihr abbilden kann, um wie viel eine zufällige standardnormalverteilte Nachfrage  $X$  einen vorhandenen Bestand oder eine beschaffte Menge  $v$  im Mittel überschreitet.

Die folgende Tabelle enthält für  $-3 \leq v \leq 3$  die korrespondierenden standardisierten Fehlmengenerwartungswerte  $\Phi^1(v)$ .

$v$	$\Phi^1(v)$								
-3,00	3,000382	-2,54	2,541769	-2,08	2,086835	-1,62	1,642168	-1,16	1,220863
-2,99	2,990396	-2,53	2,531826	-2,07	2,077024	-1,61	1,632699	-1,15	1,212104
-2,98	2,980410	-2,52	2,521883	-2,06	2,067219	-1,60	1,623242	-1,14	1,203365
-2,97	2,970425	-2,51	2,511943	-2,05	2,057418	-1,59	1,613796	-1,13	1,194646
-2,96	2,960440	-2,50	2,502004	-2,04	2,047623	-1,58	1,604360	-1,12	1,185949
-2,95	2,950455	-2,49	2,492067	-2,03	2,037832	-1,57	1,594937	-1,11	1,177274
-2,94	2,940472	-2,48	2,482132	-2,02	2,028046	-1,56	1,585525	-1,10	1,168620
-2,93	2,930488	-2,47	2,472199	-2,01	2,018266	-1,55	1,576124	-1,09	1,159987
-2,92	2,920506	-2,46	2,462267	-2,00	2,008491	-1,54	1,566736	-1,08	1,151377
-2,91	2,910523	-2,45	2,452337	-1,99	1,998721	-1,53	1,557360	-1,07	1,142789
-2,90	2,900542	-2,44	2,442410	-1,98	1,988957	-1,52	1,547996	-1,06	1,134223
-2,89	2,890561	-2,43	2,432484	-1,97	1,979198	-1,51	1,538645	-1,05	1,125680
-2,88	2,880580	-2,42	2,422561	-1,96	1,969445	-1,50	1,529307	-1,04	1,117160
-2,87	2,870600	-2,41	2,412640	-1,95	1,959698	-1,49	1,519981	-1,03	1,108664
-2,86	2,860621	-2,40	2,402720	-1,94	1,949957	-1,48	1,510669	-1,02	1,100190
-2,85	2,850643	-2,39	2,392804	-1,93	1,940222	-1,47	1,501370	-1,01	1,091741
-2,84	2,840665	-2,38	2,382889	-1,92	1,930493	-1,46	1,492085	-1,00	1,083315
-2,83	2,830688	-2,37	2,372977	-1,91	1,920770	-1,45	1,482813	-0,99	1,074914
-2,82	2,820712	-2,36	2,363067	-1,90	1,911054	-1,44	1,473555	-0,98	1,066537
-2,81	2,810736	-2,35	2,353159	-1,89	1,901345	-1,43	1,464312	-0,97	1,058185
-2,80	2,800761	-2,34	2,343255	-1,88	1,891642	-1,42	1,455083	-0,96	1,049858
-2,79	2,790787	-2,33	2,333352	-1,87	1,881946	-1,41	1,445868	-0,95	1,041556
-2,78	2,780814	-2,32	2,323453	-1,86	1,872257	-1,40	1,436668	-0,94	1,033279
-2,77	2,770841	-2,31	2,313556	-1,85	1,862575	-1,39	1,427483	-0,93	1,025028
-2,76	2,760870	-2,30	2,303662	-1,84	1,852900	-1,38	1,418314	-0,92	1,016803
-2,75	2,750899	-2,29	2,293770	-1,83	1,843233	-1,37	1,409159	-0,91	1,008604
-2,74	2,740929	-2,28	2,283882	-1,82	1,833573	-1,36	1,400020	-0,90	1,000431
-2,73	2,730961	-2,27	2,273996	-1,81	1,823920	-1,35	1,390898	-0,89	0,992285
-2,72	2,720993	-2,26	2,264114	-1,80	1,814276	-1,34	1,381791	-0,88	0,984166
-2,71	2,711026	-2,25	2,254235	-1,79	1,804639	-1,33	1,372700	-0,87	0,976074
-2,70	2,701060	-2,24	2,244358	-1,78	1,795010	-1,32	1,363626	-0,86	0,968009
-2,69	2,691095	-2,23	2,234486	-1,77	1,785390	-1,31	1,354568	-0,85	0,959972
-2,68	2,681132	-2,22	2,224616	-1,76	1,775777	-1,30	1,345528	-0,84	0,951962
-2,67	2,671169	-2,21	2,214750	-1,75	1,766174	-1,29	1,336505	-0,83	0,943981
-2,66	2,661207	-2,20	2,204887	-1,74	1,756579	-1,28	1,327499	-0,82	0,936028
-2,65	2,651247	-2,19	2,195028	-1,73	1,746992	-1,27	1,318510	-0,81	0,928103
-2,64	2,641288	-2,18	2,185172	-1,72	1,737415	-1,26	1,309539	-0,80	0,920207
-2,63	2,631330	-2,17	2,175320	-1,71	1,727847	-1,25	1,300587	-0,79	0,912340
-2,62	2,621373	-2,16	2,165472	-1,70	1,718288	-1,24	1,291653	-0,78	0,904503
-2,61	2,611418	-2,15	2,155628	-1,69	1,708738	-1,23	1,282737	-0,77	0,896694
-2,60	2,601464	-2,14	2,145788	-1,68	1,699198	-1,22	1,273840	-0,76	0,888916
-2,59	2,591511	-2,13	2,135952	-1,67	1,689668	-1,21	1,264961	-0,75	0,881167
-2,58	2,581560	-2,12	2,126120	-1,66	1,680147	-1,20	1,256102	-0,74	0,873448
-2,57	2,571610	-2,11	2,116292	-1,65	1,670637	-1,19	1,247263	-0,73	0,865760
-2,56	2,561662	-2,10	2,106468	-1,64	1,661137	-1,18	1,238443	-0,72	0,858102
-2,55	2,551715	-2,09	2,096649	-1,63	1,651647	-1,17	1,229643	-0,71	0,850475

-0,70	0,842879	0,03	0,384122	0,78	0,124503	1,53	0,027360	2,28	0,003882
-0,69	0,835315	0,04	0,379261	0,79	0,122340	1,54	0,026736	2,29	0,003770
-0,68	0,827781	0,05	0,374441	0,80	0,120207	1,55	0,026124	2,30	0,003662
-0,67	0,820280	0,06	0,369660	0,81	0,118103	1,56	0,025525	2,31	0,003556
-0,66	0,812810	0,07	0,364919	0,82	0,116028	1,57	0,024937	2,32	0,003453
-0,65	0,805372	0,08	0,360218	0,83	0,113981	1,58	0,024360	2,33	0,003352
-0,64	0,797967	0,09	0,355557	0,84	0,111962	1,59	0,023796	2,34	0,003255
-0,63	0,790594	0,10	0,350935	0,85	0,109972	1,60	0,023242	2,35	0,003159
-0,62	0,783254	0,11	0,346353	0,86	0,108009	1,61	0,022699	2,36	0,003067
-0,61	0,775947	0,12	0,341811	0,87	0,106074	1,62	0,022168	2,37	0,002977
-0,60	0,768673	0,13	0,337309	0,88	0,104166	1,63	0,021647	2,38	0,002889
-0,59	0,761432	0,14	0,332846	0,89	0,102285	1,64	0,021137	2,39	0,002804
-0,58	0,754225	0,15	0,328422	0,90	0,100431	1,65	0,020637	2,40	0,002720
-0,57	0,747051	0,16	0,324038	0,91	0,098604	1,66	0,020147	2,41	0,002640
-0,56	0,739912	0,17	0,319693	0,92	0,096803	1,67	0,019668	2,42	0,002561
-0,55	0,732806	0,18	0,315388	0,93	0,095028	1,68	0,019198	2,43	0,002484
-0,54	0,725735	0,19	0,311122	0,94	0,093279	1,69	0,018738	2,44	0,002410
-0,53	0,718698	0,20	0,306895	0,95	0,091556	1,70	0,018288	2,45	0,002337
-0,52	0,711696	0,21	0,302707	0,96	0,089858	1,71	0,017847	2,46	0,002267
-0,51	0,704729	0,22	0,298558	0,97	0,088185	1,72	0,017415	2,47	0,002199
-0,50	0,697797	0,23	0,294448	0,98	0,086537	1,73	0,016992	2,48	0,002132
-0,49	0,690900	0,24	0,290377	0,99	0,084914	1,74	0,016579	2,49	0,002067
-0,48	0,684038	0,25	0,286345	1,00	0,083315	1,75	0,016174	2,50	0,002004
-0,47	0,677212	0,26	0,282351	1,01	0,081741	1,76	0,015777	2,51	0,001943
-0,46	0,670422	0,27	0,278396	1,02	0,080190	1,77	0,015390	2,52	0,001883
-0,45	0,663667	0,28	0,274479	1,03	0,078664	1,78	0,015010	2,53	0,001826
-0,44	0,656949	0,29	0,270601	1,04	0,077160	1,79	0,014639	2,54	0,001769
-0,43	0,650267	0,30	0,266761	1,05	0,075680	1,80	0,014276	2,55	0,001715
-0,42	0,643621	0,31	0,262959	1,06	0,074223	1,81	0,013920	2,56	0,001662
-0,41	0,637011	0,32	0,259196	1,07	0,072789	1,82	0,013573	2,57	0,001610
-0,40	0,630439	0,33	0,255470	1,08	0,071377	1,83	0,013233	2,58	0,001560
-0,39	0,623903	0,34	0,251782	1,09	0,069987	1,84	0,012900	2,59	0,001511
-0,38	0,617404	0,35	0,248131	1,10	0,068620	1,85	0,012575	2,60	0,001464
-0,37	0,610943	0,36	0,244518	1,11	0,067274	1,86	0,012257	2,61	0,001418
-0,36	0,604518	0,37	0,240943	1,12	0,065949	1,87	0,011946	2,62	0,001373
-0,35	0,598131	0,38	0,237404	1,13	0,064646	1,88	0,011642	2,63	0,001330
-0,34	0,591782	0,39	0,233903	1,14	0,063365	1,89	0,011345	2,64	0,001288
-0,33	0,585470	0,40	0,230439	1,15	0,062104	1,90	0,011054	2,65	0,001247
-0,32	0,579196	0,41	0,227011	1,16	0,060863	1,91	0,010770	2,66	0,001207
-0,31	0,572959	0,42	0,223621	1,17	0,059643	1,92	0,010493	2,67	0,001169
-0,30	0,566761	0,43	0,220267	1,18	0,058443	1,93	0,010222	2,68	0,001132
-0,29	0,560601	0,44	0,216949	1,19	0,057263	1,94	0,009957	2,69	0,001095
-0,28	0,554479	0,45	0,213667	1,20	0,056102	1,95	0,009698	2,70	0,001060
-0,27	0,548396	0,46	0,210422	1,21	0,054961	1,96	0,009445	2,71	0,001026
-0,26	0,542351	0,47	0,207212	1,22	0,053840	1,97	0,009198	2,72	0,000993
-0,25	0,536345	0,48	0,204038	1,23	0,052737	1,98	0,008957	2,73	0,000961
-0,24	0,530377	0,49	0,200900	1,24	0,051653	1,99	0,008721	2,74	0,000929
-0,23	0,524448	0,50	0,197797	1,25	0,050587	2,00	0,008491	2,75	0,000899
-0,22	0,518558	0,51	0,194729	1,26	0,049539	2,01	0,008266	2,76	0,000870
-0,21	0,512707	0,52	0,191696	1,27	0,048510	2,02	0,008046	2,77	0,000841
-0,20	0,506895	0,53	0,188698	1,28	0,047499	2,03	0,007832	2,78	0,000814
-0,19	0,501122	0,54	0,185735	1,29	0,046505	2,04	0,007623	2,79	0,000787
-0,18	0,495388	0,55	0,182806	1,30	0,045528	2,05	0,007418	2,80	0,000761
-0,17	0,489693	0,56	0,179912	1,31	0,044568	2,06	0,007219	2,81	0,000736
-0,16	0,484038	0,57	0,177051	1,32	0,043626	2,07	0,007024	2,82	0,000712
-0,15	0,478422	0,58	0,174225	1,33	0,042700	2,08	0,006835	2,83	0,000688
-0,14	0,472846	0,59	0,171432	1,34	0,041791	2,09	0,006649	2,84	0,000665
-0,13	0,467309	0,60	0,168673	1,35	0,040898	2,10	0,006468	2,85	0,000643
-0,12	0,461811	0,61	0,165947	1,36	0,040020	2,11	0,006292	2,86	0,000621
-0,11	0,456353	0,62	0,163254	1,37	0,039159	2,12	0,006120	2,87	0,000600
-0,10	0,450935	0,63	0,160594	1,38	0,038314	2,13	0,005952	2,88	0,000580
-0,09	0,445557	0,64	0,157967	1,39	0,037483	2,14	0,005788	2,89	0,000561
-0,08	0,440218	0,65	0,155372	1,40	0,036668	2,15	0,005628	2,90	0,000542
-0,07	0,434919	0,66	0,152810	1,41	0,035868	2,16	0,005472	2,91	0,000523
-0,06	0,429660	0,67	0,150280	1,42	0,035083	2,17	0,005320	2,92	0,000506
-0,05	0,424441	0,68	0,147781	1,43	0,034312	2,18	0,005172	2,93	0,000488
-0,04	0,419261	0,69	0,145315	1,44	0,033555	2,19	0,005028	2,94	0,000472
-0,03	0,414122	0,70	0,142879	1,45	0,032813	2,20	0,004887	2,95	0,000455
-0,02	0,409022	0,71	0,140475	1,46	0,032085	2,21	0,004750	2,96	0,000440
-0,01	0,403962	0,72	0,138102	1,47	0,031370	2,22	0,004616	2,97	0,000425
0,00	0,398942	0,73	0,135760	1,48	0,030669	2,23	0,004486	2,98	0,000410
0,01	0,393962	0,74	0,133448	1,49	0,029981	2,24	0,004358	2,99	0,000396
0,02	0,389022	0,75	0,131167	1,50	0,029307	2,25	0,004235	3,00	0,000382
		0,76	0,128916	1,51	0,028645	2,26	0,004114		
		0,77	0,126694	1,52	0,027996	2,27	0,003996		