



Digitale Kommunikationssysteme

Klausur am 18.1.1999, 10.30 Uhr - 12.30 Uhr
Prof. Dr.-Ing. D. Wermser

Punkte:

Note:

Name: _____

Vorname: _____

Matr.-Nr.: _____

Anzahl der abgegebenen Blätter:

+ 10 Aufgabenblätter
(inkl. Anhang)

Für die Klausur sind außer einem Taschenrechner keine Unterlagen oder Hilfsmittel zugelassen. Bitte jedes Blatt mit Namen und Nummer der bearbeiteten Aufgabe kennzeichnen.

Blätter ohne Namensangabe können nicht gewertet werden !

Vorbemerkung zu allen Aufgaben:

Soweit in Aufgaben auf konkrete Kommunikationssysteme (wie z.B. ISDN, GSM, DQDB oder Ethernet) eingegangen wird, ist es nicht erforderlich exakt die spezifisch für diese Systeme definierten Begriffe zu verwenden. Andere von Ihnen gewählte Begriffe, die die entsprechenden Vorgänge, Mechanismen, Funktionen etc. eindeutig beschreiben, sind ebenso zulässig.

1. Bei der Analyse von Vermittlungsverfahren kann unterschieden werden zwischen
 - I. zentralvermittelten gegenüber dezentralvermittelten Systemen,
 - II. leitungsvermittelten gegenüber paketvermittelten Verfahren,
 - III. verbindungsorientierten gegenüber verbindungslos arbeitenden Verfahren.

Bitte erläutern Sie jeweils stichwortartig die Vor- und Nachteile dieser Alternativen im Hinblick auf verschiedene Anwendungen wie

- a.) Telefonie oder Datenkommunikation,
- b.) Individualkommunikation oder Verteildienste.

2. Unten ist eine Code-Tabelle für eine Quelle gegeben, die acht verschiedene Symbole a_0 bis a_7 erzeugt. Handelt es sich bei dem Code um einen Präfix-Code ?
Bitte begründen Sie ihre Antwort.

Symbol	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
zugeordnetes Codewort	111	011	100	110	10	0101	00	0100

Welchen Vorteil bietet der Einsatz von Präfix-Codes ?

3. In modernen digitalen Funktelefonsystemen werden innerhalb der Rahmenstruktur sogenannte "Trainingssequenzen" übertragen. Dies sind feste Bitfolgen, deren Inhalt dem Empfänger bekannt ist. Wozu dienen diese "Trainingssequenzen" ?

4. Ein Kanal-Coder erzeuge die nachfolgend gegebenen Codewörter:

Erzeugte Codewörter	Zugehöriger Binärcode
a_n	
a_0	0000000
a_1	0101010
a_2	1010010
a_3	1111111
a_4	1010101

- a.) Wie groß ist die Code-Distanz ?
 b.) Wieviele Bitfehler können empfängerseitig in jedem Fall erkannt werden ?
 c.) Wieviele Bitfehler können empfängerseitig in jedem Fall korrigiert werden ?
 Bitte geben Sie jeweils eine kurze Begründung für Ihre Antworten zu a.) bis c.) .

5. Die erstmals von Shannon hergeleitete Formel zur Berechnung der Kanalkapazität (maximal übertragbare Bitrate) analoger Kanäle lautet:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

mit

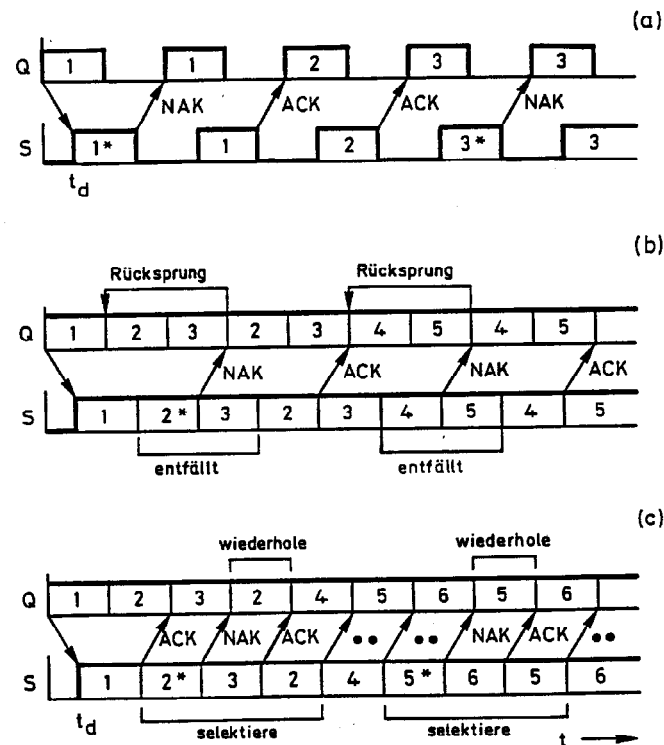
C Kanalkapazität (bit / s)

B Bandbreite (Hz)

S/N Leistung des Nutzsignals S (Signal) im Verhältnis zur Leistung des Rauschens N (Noise)

- a.) In welchem Wertebereich des Signal / Rauschverhältnisses S/N arbeiten Spread Spectrum / CDMA Systeme typisch ?
 b.) Erläutern Sie ein Beispiel für ein Verfahren, mit dem die für Spread Spectrum / CDMA notwendige Bandspreizung erreicht wird.
6. Weshalb bzw. unter welchen Voraussetzungen / Annahmen ist es zulässig, bei der Durchführung der Simulationsrechnungen zur Funkversorgungsplanung für Funktelefonnetze nur die Verbindung Basisstation => Mobilstation ("Down-Link") zu berücksichtigen ?

7. Unten sind drei verschiedene Möglichkeiten zur Realisierung des ARQ-Verfahren dargestellt ("Stop-and-Wait", "Go-Back-N", "Selective-Repeat").



Grundlegende ARQ-Prozeduren.
(a) Stop- and Wait, (b) Go-Back-N für N=2, (c) Selective-Repeat.
Q: Quelle, S: Senke, (*) Fehlerhafter Block.

Welche der Alternativen erzielt den höchsten mittleren Durchsatz, wenn die Quittierungsnachrichten gegenüber den Nutzdaten vernachlässigbar kurz sind und die Bitfehlerrate auf dem genutzten Kanal klein ist ?

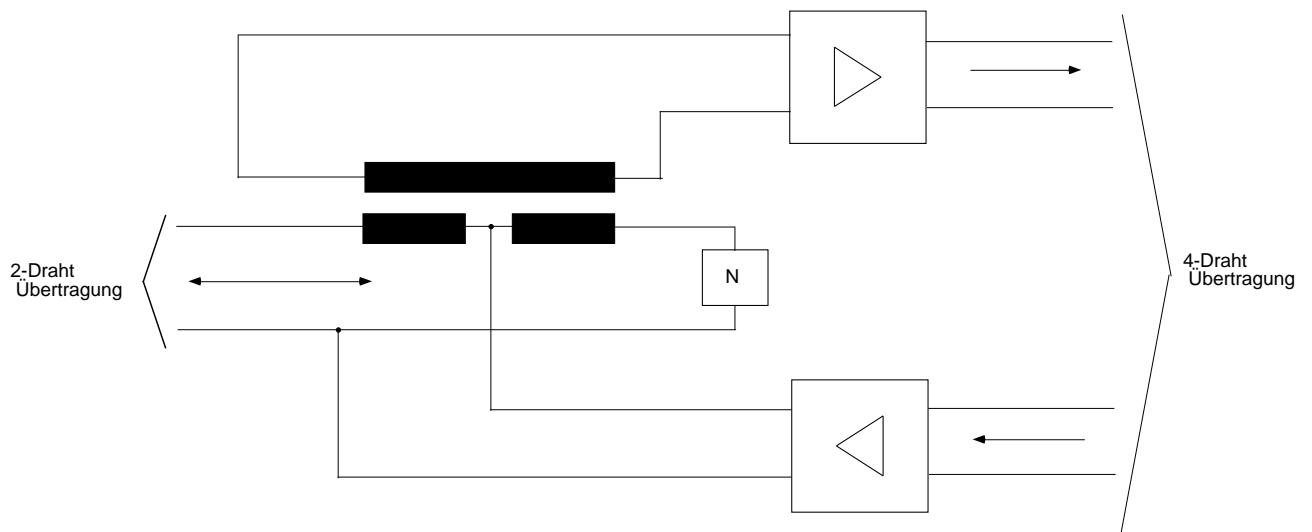
Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

8. Bestimmen Sie einen Huffman-Code für eine gedächtnislose Quelle, die die unten angegebenen Codewörter mit den angegebenen Wahrscheinlichkeiten erzeugt.

Symbol	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
Symbol-wahrscheinlichkeit	0,001	0,2	0,05	0,001	0,085	0,25	0,003	0,01	0,25	0,15
Codewörter (Huffman-Code)										

Wie groß ist die mittlere Wortlänge, die sich nach Anwendung des von Ihnen bestimmten Huffman-Codes auf die Quelle ergibt ?

9. Vergleichen Sie die LAN/MAN-Konzepte CSMA/CD ("aloha-basiert"), Tokenring sowie DQDB hinsichtlich
 - a.) Durchsatz relativ zur Bitrate auf dem Medium,
 - b.) Echtzeitfähigkeit (garantierte maximale Paketlaufzeit),
 - c.) Bedienung isochroner Dienste.
10. Bitte erläutern Sie die Funktionsweise der unten dargestellten analogen Gabelschaltung. Warum ist diese Gabelschaltung für die Duplex-Übertragung digitaler Signale über eine Zweidraht-Verbindung (Teilnehmeranschlußleitung bei ISDN) nicht ausreichend ?

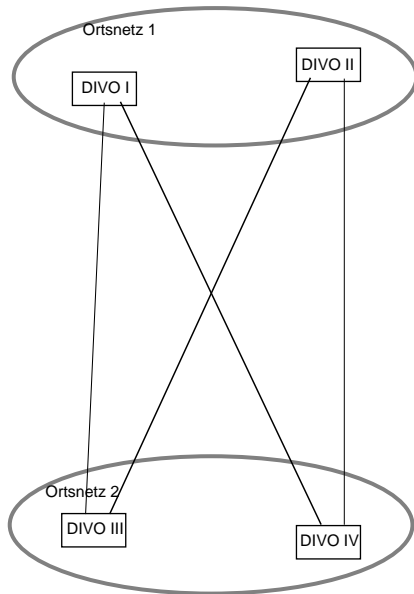


11. Der Betreiber eines GSM Funktelefonnetzes habe ein Frequenzband von $2 \cdot 12 \text{ MHz}$ zur Verfügung. Welche Größe dürfen die Funkzellen maximal haben, wenn in einem Gebiet eine Verkehrskapazität von 100 E / km^2 benötigt wird ?

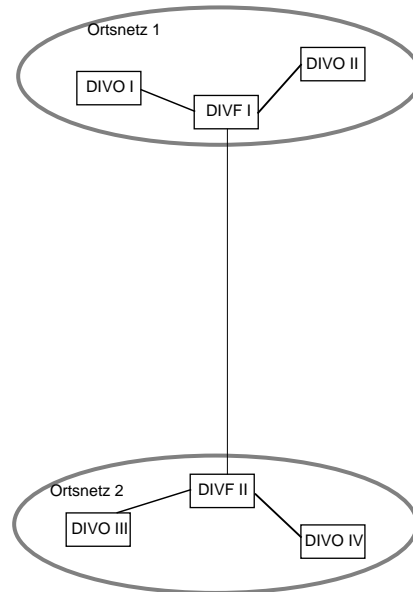
Angaben / Annahmen / Vereinfachungen zur Berechnung:

- Es werden nur omnidirektionale (nicht-sektorierte) Funkstationen eingesetzt.
- Zur Sicherung eines ausreichenden Gleichkanalstörungsabstands soll ein 12-er Frequenzwiedernutzungsmuster eingesetzt werden.
- Jeder GSM-FDMA-Kanal hat eine Bandbreite von $2 * 200 \text{ kHz}$.
- Vereinfachend wird angenommen, daß auf jedem GSM-FDMA Kanal 8 TDMA-Zeitschlitzte als Nutzkanäle voll zur Verfügung stehen.
- Für die Funkverbindung soll eine Besetztwahrscheinlichkeit 1 % eingehalten werden.
- Für Bestimmung der erzielbaren Verkehrswerte soll die Erlang B Formel eingesetzt werden (entsprechende Tabellen finden Sie in der Anlage).

12. Unten sind zwei Alternativen für die Verbindung von zwei Ortsnetzen dargestellt, die jeweils zwei DIVOs haben:



Alternative I



Alternative II

Die Verbindungen innerhalb der Ortsnetze (zwischen DIVOs bzw. DIVOs und DIVEs) seien ebenso wie die Kapazität aller beteiligten Vermittlungsstellen so ausgelegt, daß die hieraus resultierende Besetztwahrscheinlichkeiten zu 0 angesetzt werden können.

Zur Vereinfachung wird angenommen, daß abgehender Verkehr nur von Ortsnetz 1 in Richtung Ortsnetz 2 auftritt und nicht in umgekehrter Richtung. Fernverbindungen können von DIVOs innerhalb von Ortsnetzen nicht weitervermittelt werden.

An DIVO I seien 500 Teilnehmer angeschlossen, an DIVO II 800 Teilnehmer. Das gerichtete Verkehrsaufkommen zur Hauptverkehrsstunde sei:

Verkehrsquelle / -ziel	Verkehrsaufkommen
DIVO I => DIVO III	10 mE / Teilnehmer
DIVO I => DIVO IV	8 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO III	5 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO IV	10 mE / Teilnehmer

- Wieviele Kanäle müssen die eingezeichneten Leitungsbündel zur Verbindung der Ortsnetze mindestens haben, damit in keinem Fall eine Besetztwahrscheinlichkeit $> 0,5 \%$ auftritt ?
- Welche Alternative ist hinsichtlich der insgesamt benötigten Kanalzahl zur Verbindung der Ortsnetze günstiger ?

Warum ? (Stichwort genügt !)

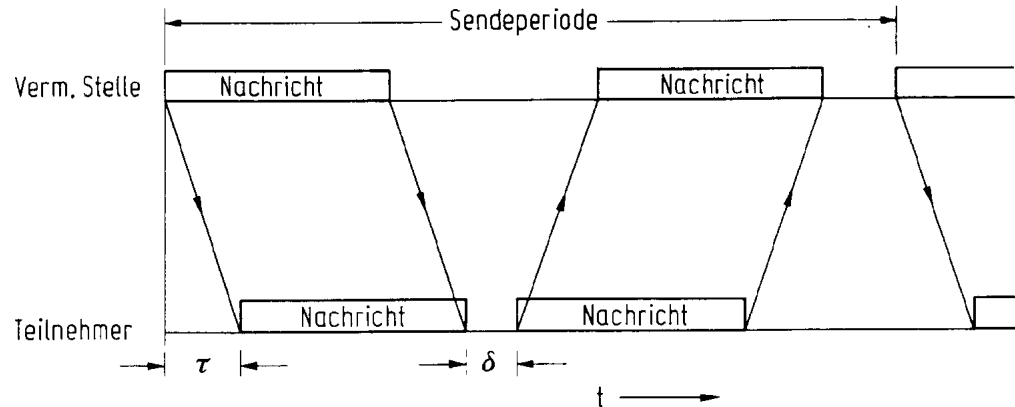
Verkehrstabellen (nach Erlang B) stehen ihnen im Anhang zur Verfügung.

13. Welche der nachfolgenden Aussagen zum OSI-Schichtenmodell für Kommunikationsprotokolle sind zutreffend ? (Bitte ankreuzen)

	Ja	Nein
Das OSI-Schichtenmodell definiert 9 Schichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das OSI-Schichtenmodell definiert 7 Schichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das OSI-Schichtenmodell spezifiziert ein konkretes Kommunikationsprotokoll.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das OSI-Schichtenmodell ist ein Referenz-Modell für die Entwicklung von schichtenorientierten Kommunikationsprotokollen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die OSI-Schichten 1 bis 3 sind transportorientiert, die darüberliegenden sind anwendungsorientiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die OSI-Schichten 1 bis 4 sind transportorientiert, die darüberliegenden sind anwendungsorientiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die netzseitige Sicherung gegen Übertragungsfehler ist der OSI-Schicht 4 zugeordnet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Anzahl der Schichten des OSI-Modells folgt unmittelbar aus systemtheoretischen Überlegungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Anzahl der Schichten des OSI-Schichtenmodells ist willkürlich und ein Kompromiß zwischen zu hohem und zu niedrigem Detaillierungsgrad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alle heutigen Kommunikationsprotokolle halten sich streng an die im OSI-Modell definierten Schichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Heutige Kommunikationsprotokolle sind schichtenorientiert spezifiziert. Sie halten sich aber nicht alle an die im OSI-Modell festgelegten Schichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ein Protokoll ist das geregelte Zusammenspiel zwischen Instanzen, die verschiedenen Systemen, aber derselben Schicht angehören.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die zu derselben OSI-Schicht in zwei miteinander kommunizierenden Systemen gehörenden Instanzen kommunizieren jeweils direkt ohne Nutzung der Dienste anderer Schichten miteinander.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Zur Sicherung des Datenschutzes ("Recht auf informationelle Selbstbestimmung") ist eine verschlüsselte Übertragung insbesondere bei Funktelefonsystemen notwendig. Mit welchem Verfahren kann man erreichen, daß vom mobilen Endgerät und netzseitig für jede Verbindung neue Schlüssel verwendet werden, ohne daß die Schlüssel über die Funkschnittstelle übertragen werden müssen ?

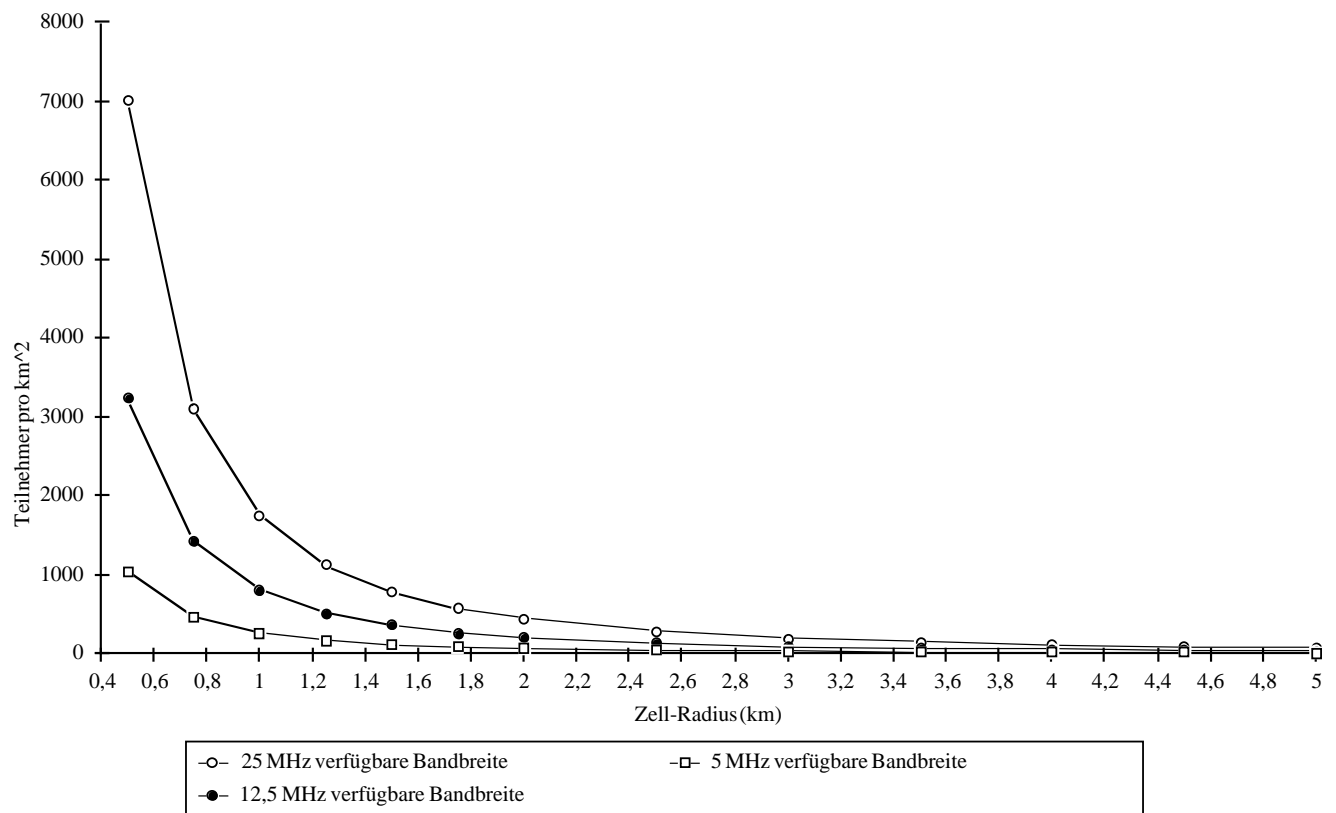
15. Unten ist ein Prinzip-Diagramm zur Duplex-Übertragung über ein Zweidraht-Medium mittels "Time-Division-Duplex" (TDD) gegeben.



Berechnen Sie die pro Übertragungsrichtung im Mittel verfügbare Nutzbitrate, wenn

- das Zweidrahtmedium eine Übertragungsrate von 1 Mbit/s hat,
 - die Laufzeit $= 150 \mu\text{s}$ beträgt,
 - das Schutzintervall mit $= 100 \mu\text{s}$ festgelegt ist und
 - die übertragenen Nachrichtenblöcke einen Umfang von 500 Bit haben.
16. In modernen Funktelefonssystemen (z.B. GSM) wird die Lokalisierung der Teilnehmer für den Aufbau von Fest -> Mobil Verbindungen mit zweistufigen Aufenthaltsdateien realisiert, wobei die erste Stufe größere Regionen und die zweite Stufe den genaueren Aufenthaltsbereich des Teilnehmers festhält.
- Weshalb ist diese Zweistufigkeit vorteilhaft bzw. erforderlich ?
- Erläutern Sie ihre Antwort mit einer Skizze zu den Vorgängen beim Aufbau einer Festnetztelefon -> Mobiltelefon Verbindung.
17. Welches spezifische Problem tritt in ATM-Vermittlungsstellen wegen der Zulassung von Verbindungen mit variablen Bitraten auf ?
- Welche Ansätze zur Beherrschung dieses Problems sind Ihnen bekannt ?
18. Signallaufzeit in ATM-Systemen
- a.) Welche Netzelemente tragen in einem ATM-Netz (Breitband-ISDN) zu den Verzögerungen der zu übertragenden Nutzdatenströme bei ?
 - b.) Kennzeichnen Sie jeweils, ob es sich um fixe und/oder variable Verzögerungszeiten handelt.
 - c.) Wodurch sind die von Ihnen angegebenen Verzögerungen bedingt ?

19. Im unten gegebenen Diagramm ist die bedienbare Verkehrskapazität (in Teiln. / km²) für ein Funktelefonsystem auf der Basis des GSM-Standards in Abhängigkeit von der gewählten Zellgröße dargestellt.



- a.) Welche Größen müssen bekannt sein, um die Stützstellen der dargestellten Kurven berechnen zu können?
(Nur Bezeichnung der Größen angeben, die Angabe der entsprechenden Zahlenwerte ist nicht gefordert.)
- b.) Weshalb nimmt die erzielbare Teilnehmerkapazität auf weit mehr als das Fünffache zu, wenn die Breite des verfügbaren Frequenzbands von 5 MHz auf 25 MHz erhöht wird?
20. Zeichengabenetz in einem leitungsvermittelten Kommunikationssystem (ISDN)
- a.) Wodurch unterscheidet sich die assoziierte von der nicht-assozierten Führung des Zeichengabenetzes in einem leitungsvermittelten Kommunikationssystem (ISDN)?
- b.) Welche Bedeutung haben in dem Zusammenhang STPs (Signalling Transfer Points) und SEPs (Signalling End Points)?
- c.) Welche Vorteile kann ein nicht-assoziertes Zeichengabenetz für einen Netzbetreiber haben?

TABLE Trunk-Loading Capacity, Based on Erlang B Formula, Full Availability

Trunks	Grade of Service 1 in 1000		Grade of Service 1 in 500		Grade of Service 1 in 200		Grade of Service 1 in 100		Grade of Service 1 in 50		Grade of Service 1 in 20	
	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU
1	0.04	0.001	0.07	0.002	0.2	0.005	0.4	0.01	0.7	0.02	1.8	0.05
2	1.8	0.05	2.5	0.07	4	0.11	5.4	0.15	7.9	0.22	14	0.38
3	6.8	0.19	9	0.25	13	0.35	17	0.46	22	0.60	32	0.90
4	16	0.44	19	0.53	25	0.70	31	0.87	39	1.09	55	1.52
5	27	0.76	32	0.90	41	1.13	49	1.36	60	1.66	80	2.22
6	41	1.15	48	1.33	58	1.62	69	1.91	82	2.28	107	2.96
7	57	1.58	65	1.80	78	2.16	90	2.50	106	2.94	135	3.74
8	74	2.05	83	2.31	98	2.73	113	3.13	131	3.63	163	4.54
9	92	2.56	103	2.85	120	3.33	136	3.78	156	4.34	193	5.37
10	111	3.09	123	3.43	143	3.96	161	4.46	183	5.08	224	6.22
11	131	3.65	145	4.02	166	4.61	186	5.16	210	5.84	255	7.08
12	152	4.23	167	4.64	190	5.28	212	5.88	238	6.62	286	7.95
13	174	4.83	190	5.27	215	5.96	238	6.61	267	7.41	318	8.83
14	196	5.45	213	5.92	240	6.66	265	7.35	295	8.20	350	9.73
15	219	6.08	237	6.58	266	7.38	292	8.11	324	9.01	383	10.63
16	242	6.72	261	7.26	292	8.10	319	8.87	354	9.83	415	11.54
17	266	7.38	286	7.95	318	8.83	347	9.65	384	10.66	449	12.46
18	290	8.05	311	8.64	345	9.58	376	10.44	414	11.49	482	13.38
19	314	8.72	337	9.35	372	10.33	404	11.23	444	12.33	515	14.31
20	339	9.41	363	10.07	399	11.09	433	12.03	474	13.18	549	15.25
21	364	10.11	388	10.79	427	11.86	462	12.84	505	14.04	583	16.19
22	389	10.81	415	11.53	455	12.63	491	13.65	536	14.90	617	17.13
23	415	11.52	442	12.27	483	13.42	521	14.47	567	15.76	651	18.08
24	441	12.24	468	13.01	511	14.20	550	15.29	599	16.63	685	19.03
25	467	12.97	495	13.76	540	15.00	580	16.12	630	17.50	720	19.99
26	493	13.70	523	14.52	569	15.80	611	16.96	662	18.38	754	20.94
27	520	14.44	550	15.28	598	16.60	641	17.80	693	19.26	788	21.90

Ausschnitt aus Verkehrswerttabellen (Erlang B)

Teil I (1 bis 27 Kanäle im Bündel)

TABLE Trunk-Loading Capacity, Based on Erlang B Formula, Full Availability

Trunks	Grade of Service 1 in 1000			Grade of Service 1 in 500			Grade of Service 1 in 200			Grade of Service 1 in 100			Grade of Service 1 in 50			Grade of Service 1 in 20		
	UC	TU		UC	TU		UC	TU		UC	TU		UC	TU		UC	TU	
28	546	15.18		578	16.05		627	17.41		671	18.64		725	20.15		823	22.87	
29	573	15.93		606	16.83		656	18.22		702	19.49		757	21.04		858	23.83	
30	600	16.68		634	17.61		685	19.03		732	20.34		789	21.93		893	24.80	
31	628	17.44		662	18.39		715	19.85		763	21.19		822	22.83		928	25.77	
32	655	18.20		690	19.18		744	20.68		794	22.05		854	23.73		963	26.75	
33	683	18.97		719	19.97		774	21.51		825	22.91		887	24.63		998	27.72	
34	711	19.74		747	20.76		804	22.34		856	23.77		919	25.53		1033	28.70	
35	739	20.52		776	21.56		834	23.17		887	24.64		951	26.43		1068	29.68	
36	767	21.30		805	22.36		864	24.01		918	25.51		984	27.34		1104	30.66	
37	795	22.03		834	23.17		895	24.85		950	26.38		1017	28.25		1139	31.64	
38	823	22.86		863	23.97		925	25.69		981	27.25		1050	29.17		1175	32.63	
39	851	23.65		892	24.78		955	26.53		1013	28.13		1083	30.08		1210	33.61	
40	880	24.44		922	25.60		986	27.38		1044	29.01		1116	31.00		1246	34.60	
41	909	25.24		951	26.42		1016	28.23		1076	29.89		1149	31.92		1281	35.59	
42	937	26.04		981	27.24		1047	29.08		1108	30.77		1182	32.84		1317	36.58	
43	966	26.84		1010	28.06		1078	29.94		1140	31.66		1215	33.76		1353	37.57	
44	995	27.64		1040	28.88		1109	30.80		1171	32.54		1248	34.68		1388	38.56	
45	1024	28.45		1070	29.71		1140	31.66		1203	33.43		1282	35.61		1424	39.55	
46	1053	29.26		1099	30.54		1171	32.52		1236	34.32		1315	36.53		1459	40.54	
47	1083	30.07		1129	31.37		1202	33.38		1268	35.21		1349	37.46		1495	41.54	
48	1111	30.88		1159	32.20		1233	34.25		1300	36.11		1382	38.39		1531	42.54	
49	1141	31.69		1189	33.04		1264	35.11		1332	37.00		1415	39.32		1567	43.54	
50	1170	32.51		1220	33.88		1295	35.98		1364	37.90		1449	40.25		1603	44.53	

Ausschnitt aus Verkehrswerttabellen (Erlang B)

Teil II (28 bis 50 Kanäle im Bündel)