

Zusammenfassung Telematik

von Carsten Buschmann (kontakt@carsten-buschmann.de)
 nach der Vorlesung „Telematik“
 von Prof. M. Zitterbart
 an der Technischen Universität Braunschweig
 WS 1999/2000

Download unter www.carsten-buschmann.de/skripte/

Bei Fehlern, Anmerkungen, Fragen oder Kritik bitte ich um Mail unter kontakt@carsten-buschmann.de. Weiterhin bin ich unter www.carsten-buschmann.de erreichbar. Die letzte Spalte der Tabelle stellt die (ungefähre, weil jedes Jahr etwas andere) Seitenzahl der Vorlesungsunterlagen dar.

1. Einführung

1.2	Telematik	- Teilgebiet der Informatik, daß sich mit der Kommunikation von Daten befaßt - zusammengesetzt aus Telekommunikation und Informatik	17
	Aufgaben Telematik	zu lösende Probleme: - Kodierung der Bits auf dem Medium - Zusammenstellen der Bits zu Übertragungsrahmen - Fehlererkennung und -behebung - Identifikation eines Rechners - Wegewahl	26
	Information	Informationsbegriff bezieht sich ausschließlich auf den Menschen	21
	Daten	formalisierte Darstellung von Gegenständen unseres Denkens	19
	Signale	als physikalische Darstellung von Daten	19
	Signalparameter	physikalische Kenngröße des Signals, deren Wert(verlauf) die Daten repräsentiert	37
	Signalarten	- ortsabhängig : Werte des Signalparameters S sind Funktion des Ortes, z.B. Speichern - Zeitabhängig : Werte von S sind Funktion der Zeit, - beide Typen sind in einander überführbar	37
	Signalklassen	- zeitkontinuierlich, wertkontinuierlich - zeitkontinuierlich, wertdiskret - zeitdiskret, wertkontinuierlich - zeitdiskret, wertdiskret	38
	Datenkommunikation	Datenaustausch über immaterielle Träger und größere Entfernungen zw. Menschen/Maschinen	22
1.3	Merkmale verteilter Betriebssysteme	Datenverbund - Ziel: höhere Verfügbarkeit, bessere Plattenausnutzung - Zugriff auf geographisch verteilt gespeicherte Daten Funktionsverbund - Ziel: Bereitstellung spez. Funktionen an versch. Stellen - Zugriff auf Spezialrechner und Geräte Lastverbund - Lastverteilung auf versch. Rechner zur gleichmäßigen Auslastung versch. Ressourcen Verfügbarkeitsverbund - Bereitstellung von zus. Ressourcen, auf die bei Bedarf umgeschaltet werden kann	25

2. Übertragungstechniken

2.1	zu lösende Probleme:	- Kodierung der Signale gemäß int. Standards - Organisation der Übertragung (Zusammenstellung von Rahmen, Fehlerkontrolle)	28
	Informationstheorie	Problem: Empf. weiß weniger über den Zustand des Systems als der Sender	29
	Entropie	Mittlerer Nachrichtengehalt einer Nachrichtenquelle, anschaulich mittlere Anz. von Schritten in bin. Baum, um Blatt (=Zeichen) aufzufinden $H = \sum_{i=0}^{n-1} p_i \cdot w_i = p_i \cdot c(z_i) $ H: Entropie, p: Wahrscheinlichkeit eines Zeichens, c: Kodierung	29
	Kanalkapazitätssatz von Shannon:	max erzielbare Datenrate C = B log₂(1 + S/N) B : Bandbreite des Kanals [Hz] S : Energie des Signals, N : Energie der Störquelle; normal: S/N ≈ 20-30 dB ≈ 1000 Energie ist proportional zum Quadrat der Amplitude	30
2.2	Verdrillte Kupferadern	(Twisted Pair) Aderpaar: Zwei jeweils isolierte Kupferadern Kabel: bis zu 2000 Aderpaare STP Shielded Twisted Pair UTP: Unshielded Twisted Pair Eigenschaften: - Frequenzen bis zu 4kHz über mehrere Kilometer, bei kurzen Distanzen bis zu 100 MHz - Durchsatz: bis zu 16 Mbit/s - Repeaterabstand: 2-20 km	32

		<ul style="list-style-type: none"> - hohe Dämpfung - Fehlerwahrscheinlichkeit ca. 10^{-5} - Ausbreitungsgeschwindigkeit 2×10^8 m/s Bsp.: Anschlußbereich Telefonnetz	
	Koaxialkabel	Aufbau: Dicke Kupferader, innere Isolierung, Metallgeflecht, äußere Isolierung Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> - Rauschen wird gut von innerer Leitung ferngehalten - Frequenzen bis 500 MHz, kurze Distanzen bis 750 MHz - Durchsatz bis 500 MBit/s - Repeaterabstand ca. 1 – 10 km - Fehlerwahrscheinlichkeit ca. 10^{-7} Bsp.: Telefonnetz netzintern, Kabelfernsehen	33
	Lichtwellenleiter	Glasfaser, fibre optics Aufbau: <ul style="list-style-type: none"> - bis zu 2000 Faser aus dünnem Glas oder Plastik (2 – 100 μm) - Moden: Wellentypen - Monomodefasern: Brechungsindex konst. über den Radius - Multimodefasern: Brechungsindex Funktion des Radius, etwas höhere Dämpfung Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> - Wellenlängen: 850nm, 1300nm, 1550 nm - Datenraten über 2 GBit/s - Repeaterabstand 10 – 100 km Bsp.: Schnelle Weitverkehrsnetze	34
	Richtfunk	Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> - Entfernung auf optische Sicht begrenzt (40-50km) - Frequenzbereich: derzeit 1,7 – 21 GHz - oberhalb von 10 GHz: Einfluß von Wetter 	35
	Satelliten	Geostationäre Satelliten: <ul style="list-style-type: none"> - 36000 km Höhe - Laufzeit Erde-Sat-Erde 200 –300 ms - Ausleuchtung der Erde mit 3 Satelliten möglich Low-Earth-Orbiting: <ul style="list-style-type: none"> - ca. 760 km Höhe - Hoher technischer Aufwand (Antennennachführung, Kurskorrekturen) 	36
2.4	Abtasttheorem	Die Abtastfrequenz f_A muß mind. doppelt so hoch sein wie die höchste im Signal vorkommende Frequenz f_G (Grenzfrequenz) $f_A \geq 2 f_G$	42
	Quantisierung	<ul style="list-style-type: none"> - Wertebereich des Analogsignals wird in eine endliche Anz. von Quantisierungsintervallen eingeteilt, denen je eine fester diskreter Wert zugeordnet ist - Abtastung und Quantisierung sind voneinander unabhängig! 	42
	Quantisierungsfehler	alle in das Intervall fallenden Werte werden einem diskreten Wert zugeordnet \rightarrow max. Intervallhöhe/2 Fehler	44
	Pulscode-Modulation	PCM: Zusammenfassung der Schritte <ul style="list-style-type: none"> - Abtastung - Quantisierung - Codierung 	45
	CODEC	Codierer/Decodierer	45
	PCM-Fernsprechkanal	Abtastung: <ul style="list-style-type: none"> - Frequenzbereich 300 – 3400 Hz - Abtastfrequenz 8kHz \rightarrow Abtastperiode $1/8000\text{Hz}=125 \mu\text{s}$ Quantisierung: <ul style="list-style-type: none"> - Zahl der Intervalle durch den Grad der Silbenverständlichkeit bestimmt - 256 Intervalle - binäre Kodierung: 8 Bit - Datenrate: 64 kBit/s 	47
	ungleichförmige Quantisierung	Quantisierungsfehler machen sich bei kleinen Signalwerten stärker bemerkbar \rightarrow	47
	Kompander	Kompressor (ungleichförmige Intervallgröße erzeugen) und Expander (Wiederherstellung des ursprünglichen Signals) als Kompandierungskennlinien werden logarithmische Kennlinien verwendet, die schaltungstechnisch durch lineare Teilstücke approximiert werden	47
	A-Law	13 Segment-Kompandierungskennlinie, ITU-Standard G.711, wird bei PCM verwendet. alternativ: μ -Law mit 15 Segmenten (in den USA/Japan)	50
	Leitungscode	Aspekte: <ul style="list-style-type: none"> - Taktrückgewinnung: Taktgehalt eines Codes sollte möglichst unabh. vom Inhalt der übertragenen Daten sein - Gleichstromanteil: z.T. darf aufgrund der angeschlossenen Geräte kein Gleichstrom auftreten (kann nur im stat. Mittel erfüllt werden) - Schrittgeschwindigkeit 	51

		<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl gemeinsam kodierter Zeichen - Resynchronisation (wird meist durch Rahmenbildung ermöglicht) 		
Arten		<ul style="list-style-type: none"> - Binärer Code: Symbolwerte werden durch 2 Signalwert bestimmt - Biphaser Code: Symbolwerte werden durch Signalsprünge bestimmt - Ternäre Codes: 2 Symbolwerte werden in 3 Signalwerte 1, 0, -1 abgebildet - Blockcodes: m Bits werden als Block zusammengefaßt, in n-Bit-Block abgebildet und dann kodiert (z.B. 4B/5B) 	52	
Schrittgeschw.		Anzahl der Signalparameter-Zustandswechsel [Baud]	55	
RZ		<ul style="list-style-type: none"> - Baudrate im Extremfall doppelt so hoch wie Bitrate - Bei Nullfolgen keine Taktrückgewinnung möglich - Gleichstromanteil kann hoch werden 		54
NRZ		<ul style="list-style-type: none"> - sehr einfach zu implementieren - Gleichstromanteil kann hoch werden - keine Taktrückgewinnung möglich 		54
NRZ-S (Space)		<ul style="list-style-type: none"> - Biphaser-Code - Übergang in den entgegengesetzten Signalwert bei einer „0“ - Keine Wechsel bei „1“ - Bei 1-Folgen keine Taktrückgewinnung möglich - Gleichstromanteil kann hoch werden 		57
NRZ-I (Invers)		wie NRZ-S, aber invers	57	
Manchester Code		<ul style="list-style-type: none"> - 1 = Signalübergang von 1 nach 0 in der Intervallmitte - 0 = Signalübergang von 0 nach 1 in der Intervallmitte - Erzeugbar durch XOR-Verknüpfung von Takt und NRZ-Code - Hilfswechsel erhöhen Baudrate - Leichte Taktrückgewinnung - Kein Gleichstrom - Fehlererkennung auf Signalebene: Fehlen erwarteter Signalwechsel erkennbar - eingesetzt z.B. im Ethernet 		59
Diff. Manchester-Code		<ul style="list-style-type: none"> - Signalwechsel in der Mitte jedes Bitintervalls - Signalwechsel am Anfang des Bitintervalls nur, wenn „0“ kodiert wird - Ausgabesignal vom Startlevel abhängig - polaritätsunabhängig - wird z.B. im Token-Ring-Netz eingesetzt 	61	
AMI-Code		<ul style="list-style-type: none"> - Ternärer Code - „1“ wird abwechselnd durch positiven oder negativen Puls in der 1. Hälfte des Intervalls (AMI-RZ) dargestellt - Problem: lange Nullfolgen → 2 aufeinander folgende Nullen werden durch eine 0 und eine umgekehrte 1 kodiert → zu Beginn Synchronisation nötig, da sonst 00 und 01 nicht unterschieden werden können - kein Gleichstrom - einfache Taktrückgewinnung 		62
4B/5B		<ul style="list-style-type: none"> - Ziel: Vermeiden der Ineffizienzen des Manchester Codes, eine langen 0 oder 1-Folgen - Einfügen eines Extrabit, um lange 0-Folgen zu vermeiden (max. eine einführende und 2 abschließende 0en) - Übertragung dann im NRZ-I-Code - 80% Effizienz - Bsp.: FDDI 	63	
2.6	Modem	Modulator: wandelt digitale Daten in analoge Daten Demodulator: analog → digital	65	
	Modulationsverfahren	Amplitudenmodulation (AM) <ul style="list-style-type: none"> - Empf. kann aus Amplitudenhöhe entscheiden, ob 1 oder 0 - recht störempfindlich 	65	

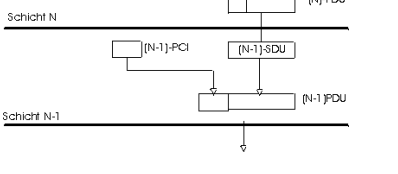
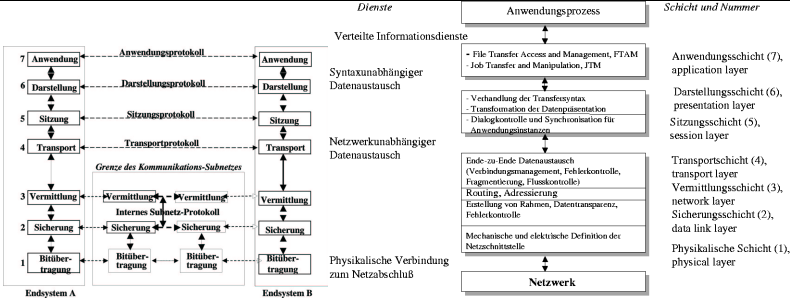
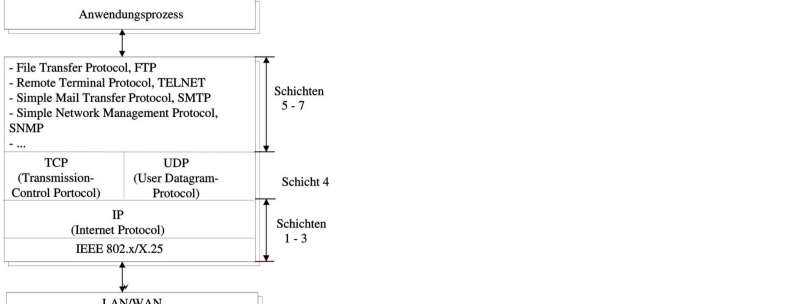
		<ul style="list-style-type: none"> - Bsp: Radio <p>Frequenzmodulation</p> <ul style="list-style-type: none"> - verändert Frequenz des Trägersignals <ul style="list-style-type: none"> - Bsp: Radio <p>Phasenmodulation</p> <ul style="list-style-type: none"> - verändert Phase der übertragenen Sinusschwingung - phasenkohärentes PSK (phase-shift-key) <ul style="list-style-type: none"> - Phasensprung von 180° bei Veränderung des Signals - benötigt Referenzsignal - differentielle D-PSK <ul style="list-style-type: none"> - 1: Phasensprung von 90°, 0: Phasensprung 270° - Takt läßt sich zurückgewinnen 	
	Modem-Standards	<ul style="list-style-type: none"> - V.32bis: 14,4kBit/s - V.34: bis 33,6 kBit/s, erfordert CPU-Leistung von min. 40MIPS - V.90: asymmetrisch (upload: V.34, download bis 56kBit/s), erwartet digitale Vermittlungsstelle 	68
2.8	Asynchrone Übertragung	<ul style="list-style-type: none"> - Sender und Empfänger besitzen voneinander unabh. Taktgeber - „Freie Leitung“: kontinuierlich gesendetes 1-Bit - Startbit („0“) startet Taktgeber des Empfängers, des Takt ist N-mal höher als beim Sender - Stop-Bits setzen Leitung für mind. 1, 1,5 oder 2 Bit auf 1 <ul style="list-style-type: none"> - Leicht zu implementieren - keine Synchronisation der Taktgeber nötig - Takte könne voneinander abweichen → Zeichenlänge beschränkt (5-8 Bit), niedrige Datenraten (bis 19200 Bit/s) - Start- und Stopbit stellen Overhead dar 	68
	Synchrone Übertragung	<ul style="list-style-type: none"> - kompletter Datenrahmen wird kontinuierlich übertragen, ohne Verzögerung zwischen den Zeichen - für größere Datenmengen und -raten - Synchronisation erforderlich <ul style="list-style-type: none"> - Codierung muß Synchronisation des Empf. ermöglichen - Vorangehende Zeichen erforderlich, um Empfänger auf deren Grenzen zu synchronisieren - Synchronisation auf Rahmenebene erforderlich 	73
2.9	Übertragungskanal	Abstraktion eines Übertragungsweges für einen Signalstrom Auf einem Übertragungsweg können mehrere Übertragungskanäle parallel unterhalten werden (Multiplexen)	74
	Raummultiplex	SDM: Bündelung vieler als Einzelübertragungswege dienender Kupferdoppeladern	75
	Frequenzmultiplex	<ul style="list-style-type: none"> - Verfügbare Bandbreite wird in eine Reihe – nicht notwendigerweise gleich breite - Frequenzbänder unterteilt - Schutzbänder zwischen den Frequenzbändern - FDM ist für analoge und schwingungsmodulierte dig. Daten geeignet - Bitströme werden auf Träger aufmoduliert, diese gemischt übertragen, beim Empfänger durch Filter wieder getrennt - Bsp: Telefon über Richtfunk - Problem: Hohe Frequenzen schlechter geeignet (Dämpfung) 	75
	Starres Zeitmultiplex	<ul style="list-style-type: none"> - TDM: gesamte Bandbreite wird für kurze Zeit (Zeitschlitz) einem Sender/Empfänger zugeordnet, nach einer Schutzzeit wird dann die Kapazität dem nächsten Kanal zugeordnet - nur für zeitdiskrete Signale einsetzbar - Sender, Abtaster und Empf. am gleichen Takt, Synchrone Zeittaktstabilität für Zuordnung wichtig - Bsp.: ISDN 	78
	Statistisches Zeitmultiplex	<ul style="list-style-type: none"> - STD: Zeitscheiben werden Sender nicht fest zugeteilt, sondern bei Bedarf - Empfänger kann aus Zeitlage Herkunft nicht erkennen → Kennung/Adresse nötig - wird auch Blockmultiplex genannt 	80
	Wellenlängenmultiplex	<ul style="list-style-type: none"> - WDM: bei Lichtwellenleitern Kanäle mit verschiedenen Wellenlängen mit einigen 10 nm Abstand - Bsp.: breitbandige photonische Netze 	81
	Codemultiplex	<ul style="list-style-type: none"> - CDM: bandbreitespreizendes Modulationsverfahren - Bits werden in Worte kodiert, die Worte verschiedener Sender überlagert. Anhand des Codes kann der Empfänger seinen Strom erkennen 	81
	Kombinationsmöglichkeiten	SDM und TDM jeweils mit allen anderen	82

3. Fehler- und Flußkontrolle

3.2	Bitfehler	<p>Ursachen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rauschen mit/ohne Normalverteilung - Verlust der Bitsynchronisation - Übersprechen paralleler Leitungen - Verlust der Leitung <p>Fehlererkennende/-korrigierende Codes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nutzung von Distanz zw. den Codewörtern - Hinzufügen von Redundanz 	87
	Paketfehler	<p>Arten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Paketverlust - Duplizierte Pakete - Empfang ungültiger Pakete (durch Headerfehler oder Verspätung über Verbindungsende hinaus) - Empfang in der falschen Reihenfolge <p>Gegenmaßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sequenznummern, Timer, Quittungen, Sendewiederholungen 	88
3.3.1	Hammingabstand	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Bitpositionen, in denen sich 2 Codewörter unterscheiden, bzw. min. Abstand aller Codewörter voneinander - erkenne e-Bitfehler: H.-Abstand von e+1 nötig - Behebe e-Bitfehler: H.-Abstand von 2e+1 nötig - Wieviele Prüfbits notwendig? $[m \quad \quad r] \quad m + r = n$ 2^m Codewörter, die je n+1 Codewörter belegen $(n+1)2^m \leq 2^n \rightarrow$ $((m+r) + 1) 2^m \leq 2^{m+r}$ $(m + r + 1) \leq 2^r$ untere Grenze für r - Prüfbits werden an den Stellen 1, 2, 4, 8, ... eingefügt - Berechnung: $p_i = \text{XOR}$ über alle Stellen, bei denen das 2^i Bit gesetzt ist 	89
3.3.2	Paritätsbits	<ul style="list-style-type: none"> - vertikale Parität: an jedes Wort wird ein redundantes Bit angefügt, so daß auf eine gerade oder ungerade Anz. von 1en ergänzt wird, erkennt Bitfehler ungerader Anzahl - Längsparität: an Zeichenfolge wird Prüfzeichen mit Spaltenparität angehängt - Rectangular Codes: Kombination aus beiden: erst vertikal, dann längs. Korrigiert 1 Bitfehler im Block, erkennt mehr Fehler 	91
3.3.3	Cylic Redundancy Check	<ul style="list-style-type: none"> - XOR Arithmetik - $G(x)$ Generatorpolynom vom Grad r - Versenden von $D(x) = M(x) x^r + [\text{Rest von } M(x) x^r / G(x)]$ - Empfänger berechnet $M(x) = D(x) / G(x)$, Rest muß 0 sein, sonst Fehler 	94
	Technische Realisierung	<p>Bsp: $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^8 + 1$</p>	97
	Generatorpolynome	<ul style="list-style-type: none"> - erkennen aller Einzelbitfehler: x^i und x^j dürfen nicht 0 sein - nahezu alle Doppelbitfehler: $G(x)$ muß mind. 3 Terme besitzen - Jede ungerade Anz. von Bitfehlern: $G(x)$ muß Faktor $(x + 1)$ enthalten - Bursts mit bis zu m Bitfehlern: $G(x)$ hat den Grad m 	98
	Internet-Prüfsumme	<ul style="list-style-type: none"> - aufaddieren aller 16-Bit Wörter, Resultat wird mit Übertragen, Empfänger führt die gleiche Addition durch - Implementierung: Addition unter Verwendung des 1er-Komplements - verwendet bei IP, UDP, TCP 	100
3.4.1	Sequenznummern	<ul style="list-style-type: none"> - Dateneinheiten werden durchnummeriert und die Nummer mit übertragen - n Bits \rightarrow Sequenznummernraum umfaßt 2^n Sequenznummern 	103
	Sequenznummernraum	<p>hängt ab von</p> <ul style="list-style-type: none"> - T: Zeit für das Senden [s] - A: max. Zeit vor dem Senden von ACK [s] - R: Datenrate [Pakete/s] - MPL: max. Paket Lifetime [s] <p>Worstcase:</p> <ul style="list-style-type: none"> - max. Dauer für das Erreichen einer Dateneinheit: $T + MPL$ - max. Dauer für Quittung: $A + MPL$ - \rightarrow max. $(T + A + 2MPL)R$ Pakete bis Quittung - $2^n \geq (T + A + 2MPL)R$ 	114
3.4.2	Zeitgeber	<ul style="list-style-type: none"> - in Abh. von einer zeitlichen Obergrenze wird vermutet, daß eine Dateneinheit nicht mehr beim Empf. ankommt - Empf. startet Zeitgeber bei Empfang einer korrekten Dateneinheit. Wird die nächste nicht innerhalb des Intervalls empfangen, wird vermutet, daß sie verloren ging. - Dauer des Intervalls hängt von Netz (Laufzeit) und Anwendung (zeitkritisch) ab. 	104
3.4.3	Quittungen	<p>Empf. teilt Sender mittels Quittung mit, ob er eine Dateneinheit empfangen hat oder nicht</p> <p>Varianten:</p>	105

		<ul style="list-style-type: none"> - positive Quittung: ACK - negative Quittung: NACK - selektive Quittung: SACK - kumulative Quittung 	
3.4.4	Automatic Repeat Request	ARQ: Sender erhält positive Quittung über den Erhalt einer Dateneinheit, kann bei Timerablauf Sendewiederholung ausführen	107
	Stop-And-Wait	<ul style="list-style-type: none"> - Sender wartet auf Quittung vom Empfänger, bevor nächste Dateneinheit versendet werden darf - trifft keine Quittung ein, bis Timer abläuft, erfolgt Sendewiederholung - Nachteil: nur eine nicht quitierte Nachricht beim Sender 	108
	Go-Back-N	<p>Sender kann mehrere Dateneinheiten versenden, bis er eine Quittung erhalten muß, die Anz. der ausstehenden Quittungen ist begrenzt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variante 1: Empf. quittiert korrekt empf. Dateneinheiten positiv, u.U. kumulativ. Empfänger wiederholt bei Empfang einer Quittung alle bereits gesendeten, aber noch nicht quitierten Dateneinheiten - Variante 2: Nicht korrekt empfangene Dateneinheiten werden negativ quittiert, Sender wiederholt daraufhin alle Dateneinheiten ab dieser Sequenznummer 	113
	Selective Reject	<ul style="list-style-type: none"> - Sender kann mehrere Dateneinheiten versenden, bis er eine Quittung erhalten muß, die Anz. der ausstehenden Quittungen ist begrenzt. - Bei Fehler sendet Empf. neg. Quittung für diese Dateneinheit. - nur diese Dateneinheit wird wiederholt - Vorteil: kein doppelter Versand korrekter Dateneinheiten - Nachteil: auch der Empfänger muß die Daten puffern 	114
	normalisierter Durchsatz S	(im Vergleich zu max. Paketrate) $S = \frac{R_{max}}{\frac{1}{T_{Data}}} = \frac{\text{max. realisierte Rate}}{\text{max. Paketrate}}$	114
	im Netz gespeicherte Daten a	$a = \frac{T_{prop}}{T_{data}}$	114
	Bewertung Stop-And-Wait	<p>$\Delta T = T_{data} + T_{prop} + T_{proc} + T_{ACK} + T_{prop}$ max Datenrate: $R_{max} = 1 / \Delta T$ Annahme: T_{proc}, T_{ACK} vernachlässigbar $\rightarrow R_{max} = 1 / (T_{data} + 2 T_{prop})$ \rightarrow Stop-And-Wait geeignet bei großen Paketen/kurzen Strecken</p> $S = \frac{\frac{1}{T_{Data} + 2T_{prop}}}{\frac{1}{T_{Data}}} = \frac{T_{Data}}{T_{Data} + 2T_{prop}}$ $S = \frac{1}{1 + 2a}$	114
3.5	Flußkontrolle	Menge der fließenden Daten (über Anzahl der Pakete oder Paketrate) wird kontrolliert	115
	Fensterbasierte Flußkontrolle	<ul style="list-style-type: none"> - Sender kann mehrere Dateneinheiten versenden, ohne eine Quittung zu empfangen - max. Anzahl repräsentiert die Pufferkapazität des Empf. - wird als Fenster bezeichnet (Sliding Window) - Sender: <ul style="list-style-type: none"> - SWS: Send Window Size: max. Anz. ausstehender Quittungen - LAR: Last ACK received: Seq.nr. der letzten quitierten Dateneinheit - LFS: Last frame sent: Seq.nr. der letzten gesendeten Dateneinheit - $LFS \leq LAR + SWS - 1$ - Empfänger: <ul style="list-style-type: none"> - RWS: Receive Window Size - LFA: Last frame acceptable - NFE: next frame expected - $RWS \geq LFA - NFE + 1$ 	118
	Bewertung	<p>Daten angekommen : $t = a$ Daten vom Netz: $t = a + 1$ (gemessen in verschickten Rahmen) Quittung beim Sender: $t = 2a + 1$ Fall 1: $w \geq 2a + 1 \rightarrow$ kontinuierliches Senden möglich Fall 2: $w < 2a + 1 \rightarrow$</p> $S = \frac{w}{2a + 1}$	118
	Ratenbasierte Flußkontrolle	<p>Relevante Parameter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zeitintervall zwischen aufeinander folgenden Dateneinheiten (kann von Paketgröße abhängen) - Max. Größe der Dateneinheiten <p>vermeidet Bursts, ist aber aufwendig zu implementieren</p>	120

4. Netzwerkarchitekturen

4.1	Endsystem	sind nicht in das Weiterleiten der Daten involviert, hier sind die Anwendungen lokalisiert	125
	Zwischensystem	sind im Netz lokalisiert und für das Weiterleiten der Daten im Netz zuständig	125
	Schichtung	Vorteile <ul style="list-style-type: none"> - Definition von Schnittstellen möglich - Komplexes Problem kann in einfachere Teilprobleme zerlegt werden - Details werden verborgen (Änderungen in einer Schicht lassen die anderen unbeeinflusst, Trennung von Spezifikation und Implementierung) Nachteil: Information Hiding (z.T. doppelte Arbeit)	125
4.2	Protokoll	- Funktionen , die definierten Kommunikationsdienst erbringen - Regeln für den Austausch von Daten - Formate (beziehen sich auf die Dateneinheiten)	126
	Protokollinstanzen	- Instanziierung von Protokollen zur Laufzeit - Stellen Dienst zur Verfügung und kommunizieren via Protokoll - mehrere Instanzen des gleichen Protokolls gleichzeitig möglich	127
	Schnittstelle	SAP: Service Access Point - (N)-Instanz bietet Dienste am (N)-SAP der (N+1)-Schicht an - (N)-Instanz nutzt Dienste der (N-1)-Schicht am (N-1)-SAP	129
	Schichtübergreifende Konstruktion von Dateneinheiten	 PDU: Protocol Data Unit SDU: Service Data Unit PCI: Protocol Control Information	130
4.3	Dienstprimitive	Regeln den Datenaustausch an der Dienstschnittstelle Typen - Request: Anfordern einer Dienstleistung durch den Benutzer - Indikation: dem Benutzer anzeigen, daß vom entfernten Benutzer ein Dienst angefordert wurde, oder daß eine Dienstleistung vom Anbieter der Leistung selbst angefordert wurde - Response: Quittieren einer vorherigen Anzeige durch den Benutzer - Confirmation: Quittieren einer vorherigen Anforderung durch den Anbieter	131
4.4	Referenzmodell ISO/OSI		136
	Referenzmodell Internet		136
4.5	Standardisierung	- Fernmeldewesen: Gremienarbeit mit gut strukturierten Lösungen, weltweit einheitlich über Netzanbieter, aber sehr lange Time-To-Market, z.B. ITU, ETSI - Internet: Diskussionen direkt Betroffener führen zu „de-Facto“-Standards, Beispielimplementierungen im Vordergrund → kurze Time-To-Market - RFC = Requests for Comments - Herstellervereinigungen: realisierungsorientiert, schnelle TTM, z.B.: OSF, ATM-Forum	139
4.5	Namen und Adressen	- Name: Für Benutzer lesbar, relativ lang, var. Länge - Adresse: Numerische Kennung, kurz, feste Länge	140
	Hierarchische Namen	- müssen global eindeutig sein → - Aufbau einer Hierarchie, für jede Stufe ein Prä- oder Suffix - Namensraum wird in Domänen aufgeteilt - Internet: verwendet DNS	141

	Adressierung im Telefonnetz		142																								
	Adressierung in Internet	<p>IP-Adressen kennzeichnen Interfaces</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 Klassen - wenig Netze, viele Hosts unterscheidbar <p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 10px;">Klasse A</td> <td style="width: 10px;">0</td> <td style="width: 20px;">Netz-ID</td> <td style="width: 10px;">8</td> <td style="width: 10px;">Host-ID</td> <td style="width: 10px;">16</td> <td style="width: 10px;">24</td> <td style="width: 10px;">32</td> </tr> <tr> <td>Klasse B</td> <td>1 0</td> <td>Netz-ID</td> <td>16</td> <td>Host-ID</td> <td>24</td> <td>32</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Klasse C</td> <td>1 1 0</td> <td>Netz-ID</td> <td>24</td> <td>Host-ID</td> <td>32</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </p> <ul style="list-style-type: none"> - viele Netze, wenige Hosts unterscheidbar - keine hierarchischen Adressen, aber Informationen über die Lokation - Subnetzmaske für die lokale Strukturierung 	Klasse A	0	Netz-ID	8	Host-ID	16	24	32	Klasse B	1 0	Netz-ID	16	Host-ID	24	32		Klasse C	1 1 0	Netz-ID	24	Host-ID	32			143
Klasse A	0	Netz-ID	8	Host-ID	16	24	32																				
Klasse B	1 0	Netz-ID	16	Host-ID	24	32																					
Klasse C	1 1 0	Netz-ID	24	Host-ID	32																						
	Adressierung nach ISO	<ul style="list-style-type: none"> - Initial Domain Part (IDP): IDI (Initial Domain Identifier) spezifiziert den Unterbereich des globalen Wertebereiches der Netzadressen und AFI (Authority and Format Identifier) Verwaltungsstelle, die für Zuweisung der Netzadressen zuständig ist - Domain Specific Part (DSP) Bestimmt durch die Verwaltungsstelle und identifiziert durch den IDI - variable Länge (7-20 Byte) 	146																								
4.7	Kommunikationsformen	<ul style="list-style-type: none"> - Individualkommunikation: Partner bekannt, Unicast, z.B. Telefon - Verteilkommunikation: Empf. sind unbekannt, Broadcast, z.B. Fernsehen - Gruppenkommunikation: Kommunikationspartner (un-)bekannt, Multicast, CSCW 	147																								

5. HDLC

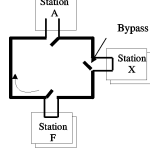
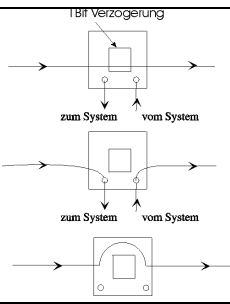
5.1	Eigenschaften/Ziele	<p>Zuverlässige Datenübertragung zw. benachbarten Systemen</p> <p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fehlerkontrolle (CRC, Quittungen, Sendewiederholungen), - Erhaltung der Sendereihenfolge (Sequenznummern) - Auf- und Abbau von Verbindungen <p>Eigenschaften</p> <ul style="list-style-type: none"> - Synchron - Bitorientiert - Punkt-zu-Punkt und Punkt-zu-Mehrpunkt Kommunikation <p>Einsatz: z.B: X.25, ISDN</p>	151
	Stationstypen/Konfigurationen	<p>Stationstypen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leitstation: sendet Befehle an Folgestationen - Folgestationen: sendet Meldungen an Leitstationen - Hybridstationen: können beides <p>Konfigurationen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asymmetrisch (unbalanced configuration): Leitstation mit einer Reihe von Folgestationen - Symmetrisch (balanced configuration): Punkt-zu-Punkt-Kommunikation mit 2 Hybridstationen 	152
	Betriebsarten	<p>Aufforderungsbetrieb (Normal Response Mode, NRM)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asymmetrische Konfiguration - Folgestation kann nur nach Aufforderung durch Leitstation senden <p>Spontanbetrieb (Asynchronous response mode, ARM)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asymmetrische Konfiguration - Folge- und Leitstation kann bei freier Leitung senden <p>Gleichberechtigter Spontanbetrieb (Asynchronous Balanced Mode, ABM)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Symmetrische Konfiguration - Nur für Punkt-zu-Punkt-Kommunikation, Hybridstationen 	153
5.2	Dateneinheiten	<ul style="list-style-type: none"> - Flags kennzeichnen Anfang und Ende - Bitstopfen: in Daten: nach 5 1en wird eine 0 eingefügt - CRC-16 über Adresse, Steuerung, Daten 	154
	Adressierung	<p>Basisadressfeld</p> <ul style="list-style-type: none"> - 8 Bit - Bei Befehlen: Adressierung der Empfängerstation - bei Meldungen: Adressierung der Senderstation <p>Erweitertes Adressfeld:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 7 Bit für Adresse pro Feld 	155

		- erstes Bit = 0, wenn weitere Adressfelder folgen, sonst 1	
	Rahmentypen	<div style="text-align: center;"> 1 2 3 4 5 6 7 8 </div> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;"> 0 N(S) P/F N(R) </div> <p>I-Rahmen (Information frames):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datenübertragung - bei gesetztem Pollbit muß Empf. antworten - N(R) quittiert den Empfang aller Rahmen bis N(R)-1 <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;"> 1 0 S S P/F N(R) </div> <p>S-Rahmen (Supervisory Frames)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Steuerung des Datenflusses - Kodierung der Befehle durch S-Bits <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;"> 1 1 M M P/F M M M </div> <p>U-Rahmen (Unnumbered Frames)</p> <ul style="list-style-type: none"> - steuern die Verbindung - Kodierung der Befehle in den M-Bits 	156
	Folgennummern	<p>3 Bit Länge</p> <p>Sendefolgenr. N(S)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sendefolge-Zähler V(S) gibt Nummer des nächsten zu sendenden I-Rahmens an - N(S) ergibt sich direkt aus V(S), dieser wird dann inkrementiert <p>Empfangsfolgenr N(R):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Empfangsfolgezähler V(R) enthält laufende Nummer der Sendefolge-Nr. N(S) des nächsten erwarteten I-Rahmens - kann I- oder S-Rahmen mitgegeben werden, um alle I-Rahmen mit N(S) < N(R) zu bestätigen 	157
	Poll/Final-Bit	<ul style="list-style-type: none"> - P/F (Poll) in Befehl: Anforderung von einer (Folge von)Meldungen - P/F (Final) in Meldung: Antwort auf Befehl mit P/F =1 - NRM: Folgestation darf nach Senden einer Meldung mit P/F=1 als Antwort auf Befehl mit P/F=1 keine weiteren Pakete senden - ARM/ABM: Auf Befehl mit P/F=1 muß Vorrang mit Meldung mit P/F=1 geantwortet werden, weitere Meldungen mit P/F=0 möglich 	158
	Meldungen/Befehle des S-Rahmens	<p>RR (Receive ready)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datenstation gibt Empfangsbereitschaft bekannt (Befehl oder Meldung), gleichzeitig werden empfangene I-Rahmen bestätigt <p>RNR (Receive not ready)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datenstation kann zur Zeit keine I-Rahmen empfangen <p>REJ (Reject)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anforderung einer Übertragungswiederholung - Bestätigung aller I-Rahmen mit N(S) < N(R) - Anforderung aller I-Rahmen mit N(S) >= N(R) <p>SREJ (Selective Reject)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anforderung einer Übertragungswiederholung des Rahmens mit N(S) = N(R) 	159
	Meldungen/Befehle des U-Rahmens	<ul style="list-style-type: none"> - U-Befehle: SNRM, SARM, SABM,....: Starten einer best. Betriebsart, Rücksetzen von V(S) und V(R) - U-Befehl DISC: Aufheben des alten Betriebszustandes, Übergang in Wartezustand ohne Übertragung - U-Meldung UA (Unnumbered ACK): Bestätigung von U-Befehlen - U-Befehl UP (Unnumbered Poll): Anforderung von Meldungen durch die Leitstation - U-Befehl UI (Unnumbered Information): Es können Daten ohne Erhöhung der Folgennummern gesendet werden, z.B.: Zustandsinformationen 	160
	Beispiel	siehe Folien 162ff	160

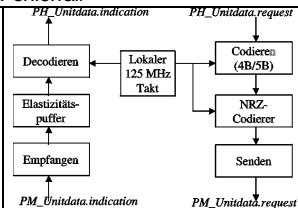
6. Medienzugangskontrolle und lokale Netze

6.1	Medienzuteilungsstrategien	Wichtige Aspekte: Durchsatz, Verzögerung, Stabilität, Fairneß	168
6.2	Feste Zuteilungsstrategie	<p>Den Benutzern werden fest Zeitschlitze zugeordnet, in denen sie senden dürfen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geringer Overhead durch Kontrollinformationen - Datenrate nur in Stufen variierbar, z.B. jeder x-te Zeitschlitz - Kapazität ist dem Benutzer fest zugeordnet, auch wenn sie nicht benutzt wird - Dadurch z.T. längere Übertragungszeit als var. Strategien 	170
	PCM-Multiplexsystem	<ul style="list-style-type: none"> - 8 Bit pro Zeitscheibe, pro Kanal 64kBit/s - Verschachtelungsgrad (Periode): 32 Kanäle - Rahmendauer: 125 µs, insges. 2048 MBit/s - Kanal 0: abwechselnd Rahmenkennworte (Rahmenidentifikation, Synchronisation) und Meldeworte (z.B. Überwachung der Digitalisierung) - Kanal 15: Kennzeichenübertragung für vermittlungstechnische Daten - 30 Nutzkanäle 	171
	Variable Zuteilungsstrategie	<p>Man bekommt das Medium variabel (nach Bedarf) zugeteilt</p> <ul style="list-style-type: none"> - relativ hoher Overhead, da Adresse notwendig - Datenrate flexibel regulierbar - bessere Kapazitätsausnutzung möglich - Nachteil: variabel lange Wartezeiten 	175
	Bewertung der Strategien	<ul style="list-style-type: none"> - feste Zuteilung: Kanal mit Datenrate μ Bit/s, N Teilkanäle mit je μ/n Bit/s. Übertragungszeit für X Bit: $T_p = \frac{X}{\mu} = \frac{X}{n \cdot \frac{\mu}{n}}$	176

		<ul style="list-style-type: none"> - variable Zuteilung: - Übertragungszeit: $T_U = \frac{X}{\mu}$ s - Wartezeit W hängt von Kanalauslastung ϵ, S ist die mittlere Sendezeit: $W = \frac{\epsilon S}{1 - \epsilon}$, wenn X mittlere Länge der Dateneinheiten, dann $S = X/\mu$ - $T_s = T_U + W = \frac{X}{\mu} + \frac{\epsilon X}{1 - \epsilon} \cdot \frac{1}{\mu} = \frac{X/\mu}{1 - \epsilon}$ s - $\frac{T_p}{T_s} = N(1 - \epsilon)$, d.h. je nach N und ϵ entweder T_p oder T_s besser 		
	Zentrale Zuteilung durch Polling	<ul style="list-style-type: none"> - Auswählte Station fordert System über spezielle Dateneinheit zum Senden auf - Sendedauer muß geregelt werden - Zyklus von Sendeaufrufen kann bei großer Anz. von Stationen sehr lang werden - Nachteil: Single-Point-of-Failure 	178	
	Zuteilung durch Token	<ul style="list-style-type: none"> - Nur wer den Token hat, darf Senden - Zuteilung dezentral vom gerade Sendeberechtigten, wenn dieser nicht mehr Senden will/darf - Netz als logischer Ring organisiert, jeder kennt Vorgänger bzw. Nachfolger - Probleme: Überwachung des Ringes erforderlich, Verlust von Tokens, Ausfall eines Rechners 	179	
	Zufällige Strategie: Aloha	<ul style="list-style-type: none"> - Zufälliger Zugriff auf das Medium, keine Medienüberwachung - gleichzeitiges Senden (Überlagerung) wird vom Empfänger erkannt - funktioniert nur bei zufälliger Verteilung der Sendewünsche und geringer Kollisionswahrscheinlichkeit - erzielbare Leistungsfähigkeit: ca. 18% der Kanalkapazität - Verbesserte Variante: Slotted Aloha, bis ca. 36% der Kanalkapazität 	180	
6.3	Lokale Netze	<ul style="list-style-type: none"> - bitserielle Übertragung von Daten zwischen unabh., untereinander verbundenen Komponenten - Rechtlich unter der Kontrolle des Benutzers, wenige Kilometer Durchmesser - Datenraten bis Gbit, demnächst auch TBit 		182
	Topologien	<ul style="list-style-type: none"> - Bus: Ethernet, Tokenbus - Ring: Token-Ring (oft über Stern realisiert), FDDI - Stern: TKAnI, lokale ATM Netze, Fast-/Giga-Ethernet - Trend zum Stern: einfachere Wartung, Verwendung intelligenter Hubs, aber hoher Kabelaufwand 	185	
	Wichtige Standards	<ul style="list-style-type: none"> - 802.2 LLC - 802.3 CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications - 802.5 Token Ring Access Method and ... - 802.11 Wireless LAN Medium Access and Physical Layer 	187	
	LLC: Typen und Klassen	<ul style="list-style-type: none"> - Typ1: Unbestätigter, verbindungsloser Dienst, höhere Schichten sind für Erhaltung der Reihenfolge... zuständig, Typischerweise in lokalen Netzen - Typ 2: Verbindungsorientierter Dienst, Verbindungsauf- und -abbau, zuverlässig, Flußkontrolle - Typ 3: Bestätigter, verbindungsloser Datagrammdienst - Klasse I: Typ 1 - Klasse II: Typen 1 und 2 - Klasse III: Typen 1 und 3 	188	
	Adressierung	<ul style="list-style-type: none"> - In Broadcastnetzen muß Empfänger der Daten identifiziert werden. - 802-Adressen identifizieren die Interfaces 		190
6.4	CSMA/CD	<p>Carrier Sense Multiple Access: Station prüft, ob Medium frei, wenn ja, kann gesendet werden, Kollisionserkennung durch Medienüberwachung, wiederholtes Senden durch Backoff-Alg. geregelt</p>	191	
	Backoff-Algorithmus	<ul style="list-style-type: none"> - Regelt Wartezeit der Stationen nach Kollision bis zum nächsten Senden - i-te Kollision 0 oder 1 oder... oder 2ⁱ⁻¹ Slotzeiten (512 Bit = 51,2 µs) warten - nach 16 Kollisionen wird Systemfehler angenommen 	192	
	persistenter Kanalzugriff	<ul style="list-style-type: none"> - nicht persistent: Ist Kanal frei, wird gesendet, ist er belegt, wird zufällig berechnete Zeit (Backoff Time) gewartet, dann ein neuer Versuch gestartet - 1-persistent: Station hört das Medium weiter ab, und startet eigene Übertragung sofort nach der laufenden Übertragung (Sendewahrscheinlichkeit = 1) (Bsp.: Ethernet) 	194	

		<ul style="list-style-type: none"> - p-persistent: Station hört das Medium weiter ab, nach Ende der Übertragung startet eigene Übertragung mit einer Wahrscheinlichkeit von p, sonst wird eine feste Zeit t gewartet. Implementierung: Kompromiß zw. Kanalauslastung und Kollisionswahrscheinlichkeit 																																	
	CSMA/CD vs. Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> - CSMA/CD von IEEE spezifiziert, Ethernet von Xerox, Digital und Intel entwickelt - CSMA/CD <table border="1"> <tr> <th>Präambel</th> <th>Start-Delimiter</th> <th>Ziel-adresse</th> <th>Quell-adresse</th> <th>Länge</th> <th>Nutzdaten</th> <th>PAD</th> <th>CRC</th> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1</td> <td>2/6</td> <td>2/6</td> <td>2</td> <td>0...1454</td> <td>0...46</td> <td>4</td> </tr> </table> <p>[Byte]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Präambel: 7x 10101010 (Manchester Codierung) - Startdelimiter: kennzeichnet Beginn der Dateneinheit 10101011 - PAD: um Mindestlänge zu erzeugen <ul style="list-style-type: none"> - Ethernet <table border="1"> <tr> <th>Präambel</th> <th>Ziel-adresse</th> <th>Quell-adresse</th> <th>Typ</th> <th>Nutzdaten</th> <th>Pool</th> <th>CRC</th> <th>Postambel</th> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2/6</td> <td>2/6</td> <td>2</td> <td>0...1454</td> <td>0...46</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> </table> <p>[Byte]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Typ: Kennung zum Demultiplex der empf. Daten 	Präambel	Start-Delimiter	Ziel-adresse	Quell-adresse	Länge	Nutzdaten	PAD	CRC	7	1	2/6	2/6	2	0...1454	0...46	4	Präambel	Ziel-adresse	Quell-adresse	Typ	Nutzdaten	Pool	CRC	Postambel	8	2/6	2/6	2	0...1454	0...46	4	2	196
Präambel	Start-Delimiter	Ziel-adresse	Quell-adresse	Länge	Nutzdaten	PAD	CRC																												
7	1	2/6	2/6	2	0...1454	0...46	4																												
Präambel	Ziel-adresse	Quell-adresse	Typ	Nutzdaten	Pool	CRC	Postambel																												
8	2/6	2/6	2	0...1454	0...46	4	2																												
	Basisband- vs. Breitband	<ul style="list-style-type: none"> - Basisbandübertragung - digitale Übertragung, einfache Technik - gesamtes Frequenzspektrum wird genutzt, Zeitmultiplex - z.B. PCM, Ethernet - Breitbandübertragung - analoge oder digitale Übertragung - Frequenzmultiplex (typischerweise Kanäle à 6 MHz) - unidirektional - teure Technik, hohe Distanzen überbrückbar (> 10 km) - Bsp: Kabelfernsehen 	198																																
	Übertragungssysteme	<ul style="list-style-type: none"> - Basisschema: nn BASE/BROAD k/T/F/VG - nn: Datenrate in Mbit/s - k: max Ausdehnung eines Segmentes in 100 m - T: Twisted Pair, F Fibre Optic, VG Voice Grade (= Breitband) 	197																																
	10 Base-5 (Yellow Cable)	<ul style="list-style-type: none"> - 10 Mbit/s, Bitfehlerrate < 10⁻⁸ - Passiver Stationsanschluß (keine Signalregenerierung durch Nicht-Sender) - Manchester Kodierung - max. 100 Anschlüsse / Segment, 500 m Segmentgröße - AUI: Attachment Unit Interface, MAU: Medium Attachment Unit 	199																																
	10 Base-2 (Cheapernet)	<ul style="list-style-type: none"> - Bitfehlerrate < 10⁻⁷ - max. 30 Stationen / Segment, max. 4 Repeater hintereinander, min. 0,5 Meter zw. 2 Stationen, 200 m Segmentgröße - Anschluß über T-Stück an BNC 	200																																
	10 Base-T und 10 Base-F	<ul style="list-style-type: none"> - Varianten mit Twisted-Pair bzw. Glasfaser - Sternkonfiguration bei 10Base-T, 100 m Segmentgröße - 10Base-FP (Passiv): bis 500 m, sehr komplex - 10 Base-FA (Aktiv): bis 2000m, Umwandlung optisch-elektrisch erforderlich 	201																																
6.5	Tokenring	<ul style="list-style-type: none"> - Zugriff über Token geregelt - aktiver Stationsanschluß über Ringadaptor mit je 1 Bit Verzögerung - unidirektionaler Betrieb, alle Daten durchlaufen alle Ringadaptoren - Ausfall eines Adaptors/Kabels unterbricht den Ring → Bypass - Genau ein Monitor im Ring zur Fehlerkorrektur - In jeder Station ein Stand-By-Monitor 	202																																
	Zustände Ringadaptor	<ul style="list-style-type: none"> - Abhörzustand: - Abhören des Bitstromes, z.B. zum Erkennen des eigenen Adresse - ggf. Kopieren von Daten bzw. Modifizieren einzelner Bits - Sendezustand: - Aussenden der Sendebits über abgehende Teilstrecke - Ankommende (d.h. selbst gesendete) Bits werden einbehalten und überprüft - Überbrückungszustand - Daten werden direkt weitergeleitet 	203																																
	Format der Dateneinheiten	<table border="1"> <tr> <th>Start-delimiter</th> <th>Zugriffs-kontrolle</th> <th>Enddelimitier</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table> <p>Token</p> <table border="1"> <tr> <th>Flag</th> <th>Start-delimiter</th> <th>Zugriffs-kontrolle</th> <th>Paketkontrolle</th> <th>Quelladresse</th> <th>Zielladresse</th> <th>Daten</th> <th>CRC</th> <th>Enddelimitier</th> <th>Status</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2/6</td> <td>2/6</td> <td>0..131</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table> <p>Dateneinheit</p> <table border="1"> <tr> <th>Zugriffs-kontrolle</th> </tr> <tr> <td>P P P T M R R R</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> - P Priorität (8 Stufen) - T Tokenbit (0=frei) - M Monitorbit - R Reservierungsbits zum Reservieren einer neuen Prioritätsstufe <p>Paketkontrolle</p>	Start-delimiter	Zugriffs-kontrolle	Enddelimitier	1	1	1	Flag	Start-delimiter	Zugriffs-kontrolle	Paketkontrolle	Quelladresse	Zielladresse	Daten	CRC	Enddelimitier	Status	1	1	1	1	2/6	2/6	0..131	4	1	1	Zugriffs-kontrolle	P P P T M R R R	207				
Start-delimiter	Zugriffs-kontrolle	Enddelimitier																																	
1	1	1																																	
Flag	Start-delimiter	Zugriffs-kontrolle	Paketkontrolle	Quelladresse	Zielladresse	Daten	CRC	Enddelimitier	Status																										
1	1	1	1	2/6	2/6	0..131	4	1	1																										
Zugriffs-kontrolle																																			
P P P T M R R R																																			

		<ul style="list-style-type: none"> - MAC- oder LLC-Kontrolldaten <p>Startdelimitier: J,K: fehlerhafter Diff-Manchester Code <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>J</td><td>K</td><td>0</td><td>J</td><td>K</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table></p> <ul style="list-style-type: none"> - kein Signalwechsel in der Intervallmitte - J hat gleichen Signalwert wie vorangegangenes Signal - K wechselt Signalwert <p>Enddelimitier <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>J</td><td>K</td><td>1</td><td>J</td><td>K</td><td>1</td><td>I</td><td>E</td></tr></table></p> <ul style="list-style-type: none"> - I, E im token immer 0 - Dateneinheit: I=0 → letzte Dateneinheit einer Sequenz, sonst I=1 - E-Bit dient der Fehlerkontrolle <p>Status <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>A</td><td>K</td><td>F</td><td>r</td><td>A</td><td>K</td><td>F</td><td>r</td></tr></table></p> <ul style="list-style-type: none"> - A: Addressbit zeigt an, ob Adresse erkannt wurde - K: Kopierbit zeigt an, ob Daten beim Empfänger kopiert wurden - F : Fehlerbit: Übertragungsfehler erkannt - r: reserviert 	J	K	0	J	K	0	0	0	J	K	1	J	K	1	I	E	A	K	F	r	A	K	F	r	
J	K	0	J	K	0	0	0																				
J	K	1	J	K	1	I	E																				
A	K	F	r	A	K	F	r																				
	Prioritäten	<p>Erhöht ein System im Ring die Priorität, so muß dieses die Priorität auch wieder zurücksetzen</p> <p>Jedes System hat folgende Variablen:</p> <p>Prioritätsregister:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Für die höchste Priorität der wartenden Dateneinheit - Für die Priorität im Zugriffskontrollfeld - Für die Reservierung im Zugriffskontrollfeld <p>Keller</p> <ul style="list-style-type: none"> - für die Speicherung der neuen und der alten Priorität - erlaubt mehrfaches Erhöhen der Priorität 	209																								
	Zirkulierende Daten/Token mit hoher Priorität	<ul style="list-style-type: none"> - Sender setzt M=0 - aktiver Monitor setzt M=1 - sieht der aktive Monitor Daten mit M=1, löscht er diese und erzeugt ein neues Token 	213																								
	Verlorenes Token	<ul style="list-style-type: none"> - aktiver Monitor startet Timer (> Ringumlaufzeit), wenn Token vorbeikommt - Falls Timer abläuft, löscht er alle Daten und erzeugt ein neues Token (Beaconing) 	214																								
	Fehlerpakete	<p>Fehlerkorrektur benutzt spezielle Managementpakete</p> <ul style="list-style-type: none"> - Claim Token: aktiven Monitor bestimmen - Duplicate Address Token: prüfen, ob keine Adresse doppelt - Active Monitor present: regelmäßig vom Monitor gesendet - Standby Monitor present: während Initialisierung, um Adresse der Nachbarn zu bestimmen - Beacon (um festzustellen, wieviele Stationen ausgefallen sind) - Purge: Monitor setzt alle Stationen zurück 	212																								
	Einfügen einer neuen Station	<p>4 Schritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selbsttest vor dem Einfügen - Einfügen in den Ring, prüfen, ob aktiver Monitor vorhanden - Test, ob die Adresse im Ring eindeutig ist - Teilnahme an der „Neighboring Notification“ um sich bei Nachbarn bekannt zu machen 	215																								
	Ringlänge	<ul style="list-style-type: none"> - Verzögerung pro Station 1 Bit (0,25 µs bei 4 MBit) - min. Verzögerung kann garantiert werden - min. Ringlänge von 24 Bit (Token) muß gegeben sein → Monitor besitzt Puffer 	216																								
	Eigenschaften Tokenring	<ul style="list-style-type: none"> - Erlaubt strukturierte Verkabelung von Gebäuden - Zuverlässigkeit (fehlerhafte Systeme können aus dem Ring ausgeschlossen werden) - dezentrale Tokensteuerung - Neue Generierung der Rechteckimpulse in jedem System → wenig rauschempfindlich, große Ringe mit vielen Systemen möglich - Natürliche Anwendung für Glasfaser 	217																								
6.6	Gründe für FDDI	Fibre Distributed Data Interface: Sprung in die 100 MBit/s Klasse, größere räumliche Ausdehnung (100 km), viele Stationen (599)	218																								
	Normung	von ANSI, von ISO übernommen, kein IEEE-Standard für FDDI	218																								
	Schichtenmodell	s. F. 219	219																								
	2 Ringe	<ul style="list-style-type: none"> - Primärring: Datenübertragung im Normalfall - Sekundärring: Datenübertragung im Fehlerfall 	220																								
	Technischer Aufbau	<ul style="list-style-type: none"> - max. Taktabweichung 0.01%, Max Rahmenlänge 4500 Bits → min 4,5 Bit Puffer nötig, in der Praxis meist 3 – 10 Byte 	221																								
	Signalkodierung	<p>4B/5B Kodierung, ein Block heißt Symbol, Kodierung in NRZ-1</p> <p>FDDI nutzt 16 illegale Symbole zu Steuerzwecken:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quiet 00000: Medium tot - Idle 11111: Medium Frei - J 11000, K 10001: im Startdelimitier - T 01101 im Enddelimitier 	222																								



		- S/R wird als logische 1/0 für A und C verwendet	
	Datenformate	<div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Präambel 16</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Start-Delimiter 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Kontrolle 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">End-Delimiter 2 [Symbole]</div> </div> <p>Token</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Präambel 16</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Start-Delimiter 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Kontrolle 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Ziel-Adresse 4/12</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Quell-Adresse 4/12</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Nutzdaten 8</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CRC 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">End-Delimiter 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Status ≥3 [Symbole]</div> </div> <p>Daten</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Präambel 16</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Start-Delimiter 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Kontrolle 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Ziel-Adresse 4/12</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Quell-Adresse 4/12</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Nutzdaten 8</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CRC 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">End-Delimiter 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Status ≥3 [Symbole]</div> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Präambel: IDLE-Symbole (max Frequenz von Signalwechseln, schwankt zwischen 12-16 Symbolen) - Start-Delimiter: JK zur Synchronisation auf Symbolgrenzen/Beginn der Dateneinheit - End-Delimiter: 1 (Daten) oder 2 (Token) T-Symbole - Status: vergleichbar Tokenring 	224
	Verkehrsarten	<p>Synchroner Verkehr</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stationen bekommen festen Anteil Bandbreite zugeordnet (SAT: Synchronous Association Time) - Zugriff wird nicht über Timed-Token-Rotation-Protocol geregelt, sondern über Station-management (SMT) <p>Asynchroner Verkehr</p> <ul style="list-style-type: none"> - wird über Timed-Token-Rotation-Protocol geregelt - Restricted: nur für 2 Stationen zugänglich, z.B. schneller Dateitransfer - Non Restricted: für alle Stationen zugänglich, 8 Prioritätsstufen, Daten mit hoher Priorität werden zuerst gesendet, solche mit geringerer Priorität nur, wenn Token noch gehalten werden darf 	225
	Timed-Token-Rotation-Protocol	<p>relevante Parameter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TRT (Token-Rotation-Time) jede Station mißt Tokenumlaufzeit - TTRT (Target TRT): Sollzeit für Tokenumlauf 4 – 165 ms, wird beim Claiming ausgehandelt - THT (Token Holding Time) = TTRT – TRT. Frühes Token: THT positiv, nur dann darf asynchroner Verkehr gesendet werden. Spätes Token: THT negativ - LC (Late Counter) zählt verspätete Tokenankünfte, bei LC=2 neuer Claim-Prozess 	227
	FDDI-Stationstypen	<p>Stationen</p> <ul style="list-style-type: none"> - DAS (Dual Attachment Station): Anschluß an Doppelring - SAS (Single Attachment Station): Anschluß an Einfachring - DAC (dual Attachment Concentrator): Anschluß zweier Einfachringe an Doppelring - SAC (Single ...): Anschluß zweier Einfachringe an Einfachring <p>Ports:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A und B für Anschluß an Doppelring - M (Master) Eröffnung eines neuen Baumbereiches - S (Slave) zum Anschluß an einen Konzentrator 	222
	FDDI- Weiterentwicklungen	<p>Variante zur Reduktion der Kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verdrillte Kupferadern (UTP5), Entfernung bis max 100 m - völlig neue PMD, veränderte PHY-Schicht <p>Diskutierte Erweiterungen</p> <p>FDDI-II</p> <ul style="list-style-type: none"> - zusätzlich auch Unterstützung isochronen Verkehrs - Station operiert im Hybridmodus <p>FFOL (FDDI Follow On)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung von Dienstintegration. Datenrate bis 1,2 Gbit/s - Unterstützt vorhandene FDDI-Kabeltechnologie 	234
6.7	Fast-Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> - 100 Base-T, Standard IEEE 802.3u - max. 200m Ausdehnung → 512 Bit min. Rahmenlänge kann beibehalten werden - Sterntopologie mit vermittelten und nicht vermittelten Hubs - Kabel: bei 100 Base-T4 UTP (max. 100m), bei 100 Base-TX STP (max. 100m) oder Glasfaser (Multimode bis 2km) bei 100 Base-FX 	235
6.8	Drahtlose lokale Netze	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatzgebiete: wo keine Verkabelung möglich ist, bei Mobilität - Vorteile: Geringe Installations-/Wartungskosten, Flexibilität, Parallelbetrieb zu existierenden Netzen einfach - Nachteile: meist geringe Datenrate, Fehlersicherheit, Mithören - Topologie: Infrastruktur- vs. Ad.hoc-Netz 	237
	IEEE 802.11	<ul style="list-style-type: none"> - Datenrate 1 Mbit/s - Ad hoc oder Infrastruktur 	239

		<ul style="list-style-type: none"> - 2 Zugriffsmechanismen: <ul style="list-style-type: none"> - CSMA basierte verteilte Methode: DCF = Distributed Coordination Function - Kollisionsfreier Zugriff: PCF = Point Coordination Function: Pollingverfahren des Access points <p>Andere Standards</p> <ul style="list-style-type: none"> - HIPERLAN: Datenrate bis 20 Mbit/s angestrebt, Prioritätsunterstützung - Wireless ATM 	
Architektur	<ul style="list-style-type: none"> - Basic Service Set: Gruppe von Stationen, die dieselbe Frequenz nutzen. Freq.Hopping, damit evtl. Störungen nicht den ges. Verkehr betreffen - Access Point: Zugang zum drahtgebundenen Netz/zum die Funkstationen verbindenden Festnetz - Portal: Übergang in andere Netze 		240
CSMA/CA Zugriffsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Abhören des Mediums - wenn Medium frei: IFS (Inter Frame Space) abwarten, dann verbleibende Backoff-Slots abwarten, dann Senden. Wenn während des Backoff-Timers jemand anderes sendet: Timer stoppen - - Prioritätsklassen: unterschiedlich lange IFS: DIFS (DCF) > PIFS (PCF) > SIFS (Quittungen) 		241
Fehlerbehebung	<ul style="list-style-type: none"> - Quittungen und Sendewiederholungen auf MAC-Ebene (Stop-And-Wait) - Senden des ACK sofort nach SIFS, Timerablauf löst Sendewiederholung aus 		243

7. Wegewahl

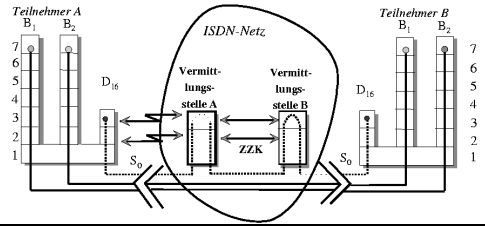
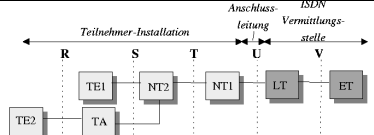
7.1	Ziel	Datenaustausch über große Entfernungen → Zentrale Aufgabe: Wegewahl (Routing)	251
	Ausprägungen	<p>X.25: Verbindungsorientierte Dienste in öffentlichen Netzen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufgaben: Vermittlung, Multiplexen, Datenübertragung, Segmentieren/Reassemblieren, Fehlererkennung/-behebung, Flußregelung <p>Internet Protocol:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufgaben: Übertragung und Vermittlung, Segmentieren/Reassemblieren, Erkennen/Anzeigen von Systemfehlern 	251
	Subnetz	ein oder mehrere offene Zwischensysteme, die die Vermittlungsfunktion bereitstellen und durch die offene Endsysteme Netzwerkverbindungen aufbauen können	252
	Virtuelle Verbindung	<ul style="list-style-type: none"> - Weg wird beim Verbindungsaufbau ausgewählt, d.h. Zieladresse nur bei Verbindungsaufbau nötig - gesamter über diese Verbindung fließender Verkehr nimmt den selben Weg - 3 Phasen; Verbindungsaufbau, Übertragung, Abbau - Ende-zu-Ende-Verbindung - „perfekter Kanal“, d.h. Ordnungserhaltung, Fehlerüberwachung für Endsysteme transparent, Flußkontrolle durch das Subnetz - Niedriger Overhead für Adressierung - keine Neusortierung/Fehlerüberwachung im Endsystem nötig 	253
	Datagramme	<ul style="list-style-type: none"> - für jedes Datagramm wird in jedem Knoten erneut eine Wegewahlentscheidung getroffen - Die Datagramme einer Kommunikationsbeziehung können dabei unterschiedliche Wege nehmen - Zieladresse in jedem Paket nötig - Fehlerbehandlung, evtl. Neusortierung und Flußsteuerung explizit durch das Endsystem - Einfach zu implementieren, niedriger Aufwand für kurze Verbindungen - flexibel 	253
7.2	IP	<ul style="list-style-type: none"> - Verbindungsloses Datagramm-Protokoll - IP-Adressen haben Ende-zu-Ende-Signifikanz, sind Hosts zugeordnet, enthalten Informationen über Topologie des Netzes und Geographie - benutzt ICMP (Internet Control Message Protocol), ARP (Address Resolution Protocol), IGMP (Internet Group Management Protocol) 	257

IP-Datagramm	<ul style="list-style-type: none"> Type of Service: Precedence (3 Bit), Delay(1), Throughput(1), Reliability(1) Flags: Bit 0: reserviert, Bit 1: 0 = darf fragmentiert werden, 1= wird in diesem Fall verworfen, Bit 2: 0 = letztes Fragment, 1 sonst Identifier: identifiziert Fragmente eines Paketes 	<table border="1"> <tr><td>Version (4)</td><td>Header Length (4)</td></tr> <tr><td colspan="2">Type of Service (8)</td></tr> <tr><td colspan="2">Total Length (16)</td></tr> <tr><td colspan="2">Identifier (16)</td></tr> <tr><td>Flags (3)</td><td>Fragment Offset (13)</td></tr> <tr><td colspan="2">Time to Live (8)</td></tr> <tr><td colspan="2">Protocol (8)</td></tr> <tr><td colspan="2">Header Checksum (16)</td></tr> <tr><td colspan="2">Source Address (32)</td></tr> <tr><td colspan="2">Destination Address (32)</td></tr> <tr><td colspan="2">Options and Padding (variabel)</td></tr> <tr><td colspan="2">Data (variabel)</td></tr> </table>	Version (4)	Header Length (4)	Type of Service (8)		Total Length (16)		Identifier (16)		Flags (3)	Fragment Offset (13)	Time to Live (8)		Protocol (8)		Header Checksum (16)		Source Address (32)		Destination Address (32)		Options and Padding (variabel)		Data (variabel)		260									
Version (4)	Header Length (4)																																			
Type of Service (8)																																				
Total Length (16)																																				
Identifier (16)																																				
Flags (3)	Fragment Offset (13)																																			
Time to Live (8)																																				
Protocol (8)																																				
Header Checksum (16)																																				
Source Address (32)																																				
Destination Address (32)																																				
Options and Padding (variabel)																																				
Data (variabel)																																				
Empfang eines IP-Datagramms	werden auf Korrektheit geprüft: Länge des Kopfes, IP-Version, Datagrammlänge, Prüfsumme, Lebenszeit, Protokollidentifikation, Adressklasse		259																																	
IP-Forwarding	<ul style="list-style-type: none"> im Router: IP-Adresse bleibt gleich, MAC-Adresse ändert sich, TTL wird reduziert, Check-Summe wird neu berechnet wird ein Fehler erkannt, wird ICMP benachrichtigt, daß evtl. mit Aussenden einer Kontrolldateneinheit reagiert Weiterleiten: wenn IP-Adresse D in direkt angeschlossenen Netz: MAC-Adresse mit ARP ermitteln, dann versenden. Sonst: Netzwerk von D mit Netzwerkadressen in Routingtabelle vergleichen, MAC-Adresse des Next-Hop ermitteln, versenden 		261																																	
Segmentieren/Reassemblieren	<ul style="list-style-type: none"> Ziel: Anpassung an verschiedene max. Paketlängen in den unterliegenden Netzen Fragmente enthalten u.a.: Quell- und Ziel-IP, IP-Paketnummer, Fragment-Offset (Stelle, an der Fragment in Originalpaket einzusetzen ist (in 8 Byte)) und Flags 		258																																	
IP-Option: Source-Routing	<ul style="list-style-type: none"> in Optionsfeld-Liste stehen IP-Adressen der gewünschten Zwischensysteme, diese tragen dann dort ihre outgoing-IP ein loose-SR: nur einige Zwischensystem sind angegeben (so kann man Overlaynetze realisieren), strict-SR: alle ZS sind angegeben wird heute meist aus Sicherheitsgründen ignoriert 		262																																	
IP-Option: Route-Recording	Zwischensysteme tragen ihre incoming-IP in Feld ein, auf das Zeiger zeigt		264																																	
IP-Option: Zeitstempel	<ul style="list-style-type: none"> jeder Router trägt Zeit in Feld ein, auf das Zeiger zeigt kann Ermittlung der Laufzeit und Leitungsqualität dienen Problem, Feldgröße, Genauigkeit der Uhren 		265																																	
ARP-Dateneinheit	<table border="1"> <tr><td>Netzwerk-Typ</td><td>Protokoll-Typ</td></tr> <tr><td>HLEN</td><td>PLEN</td></tr> <tr><td colspan="2">Betriebs-Code</td></tr> <tr><td colspan="2">MAC-Adresse des Senders</td></tr> <tr><td>MAC-Adresse des Senders</td><td>IP-Adresse des Senders</td></tr> <tr><td>IP-Adresse des Senders</td><td>MAC-Adresse des Empfängers</td></tr> <tr><td colspan="2">MAC-Adresse des Empfängers</td></tr> <tr><td colspan="2">IP-Adresse des Empfängers</td></tr> </table> <p>← 32 Bit →</p>	Netzwerk-Typ	Protokoll-Typ	HLEN	PLEN	Betriebs-Code		MAC-Adresse des Senders		MAC-Adresse des Senders	IP-Adresse des Senders	IP-Adresse des Senders	MAC-Adresse des Empfängers	MAC-Adresse des Empfängers		IP-Adresse des Empfängers		<p>Netzwerk Typ: 1 = Ethernet; 6 = IEEE 802.2</p> <p>Protokoll Typ: 2048 = IP</p> <p>HLEN: 2 = 16-Bit MAC-Adresse; 6 = 48-Bit MAC-Adresse</p> <p>PLEN: 4 = 32-Bit IP-Adresse</p> <p>Betriebs Code: 1 = Request; 2 = Reply</p> <p>HLEN: Header Address Length (z.B. der MAC-Adresse), PLEN: Protocol Address Length (z.B. der IP-Adresse)</p>	266																	
Netzwerk-Typ	Protokoll-Typ																																			
HLEN	PLEN																																			
Betriebs-Code																																				
MAC-Adresse des Senders																																				
MAC-Adresse des Senders	IP-Adresse des Senders																																			
IP-Adresse des Senders	MAC-Adresse des Empfängers																																			
MAC-Adresse des Empfängers																																				
IP-Adresse des Empfängers																																				
Adressauflösung	<ul style="list-style-type: none"> Dynamisches Lernen von Adresszuordnungen: Kleine Tabellen, hohe Flexibilität Falls kein Eintrag vorhanden ist: <ul style="list-style-type: none"> Broadcast eines ARP-query (enthält Ziel-IP) jeder Host liest query, überprüft seine IP, antwortet ggf. mit seiner MAC in ARP-response Suchende Instanz trägt Informationen in ARP-Cache ein 		268																																	
7.3	Weiterleiten bei Virtuellen Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> X.25: Netzzugangsprotokoll, spezifiziert Schnittstelle zw. Dateneneinrichtung (DEE) und Datenübertragungseinrichtung (DÜE) → Netzinterne Abläufe transparent feste und gewählte virtuelle Verbindungen, var. Paketlänge bis zu 4096 Verbindungen über eine Teilnehmeranschlußleitung umfaßt die unteren 3 Schichten des ISO/OSI-Protokolls: Schicht 1: X.21, Schicht 2: LAP B (Symmetrische Steuerung, Hybridstationen, keine I-Rahmen als Meldungen, Nutzung der Reject-Funktion, InBand-Signalling), Schicht 3: Paketschicht (Virtuelle Verbindungen) 	269																																	
Logischer Kanal	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Kennungen (=Kanalnummer):</p> <ul style="list-style-type: none"> identifizieren virtuelle Verbindung kürzer als komplette Adressen, lokal relevant bei Zuteilung Kollisionen möglich, unterschiedliche Nummernbereiche für Richtungen (unidirektional ein-/ausgehend, bidirektional) <p>Statistisches Multiplexen innerhalb von X.25</p>		270																																	
Flußkontrolle in X.25	ähnlich wie bei HDLC, allerdings Ende-zu-Ende-Steuerung (über Zwischensysteme hinweg)		271																																	
Dateneinheiten	<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td colspan="4">Bestimmung des Grundformats (GFI)</td><td colspan="4">Logische Kanalgruppennummer (LCG)</td></tr> <tr><td colspan="8">Logische Kanalnummer (LCN)</td></tr> <tr><td colspan="8">Kennzeichen für den Pakettyp</td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1	Bestimmung des Grundformats (GFI)				Logische Kanalgruppennummer (LCG)				Logische Kanalnummer (LCN)								Kennzeichen für den Pakettyp								<p>GFI: Group Format Identifier:</p> <ul style="list-style-type: none"> Q: Qualifier Bit: Unterscheidung Nutz-/Kontrolldaten D: Delivery Confirmation Bit Rest: Folgenummern: 00 = mod 8, 	<p>Bsp: Nutzdaten P(S) mod 8</p>	272
8	7	6	5	4	3	2	1																													
Bestimmung des Grundformats (GFI)				Logische Kanalgruppennummer (LCG)																																
Logische Kanalnummer (LCN)																																				
Kennzeichen für den Pakettyp																																				

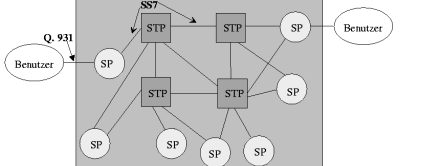
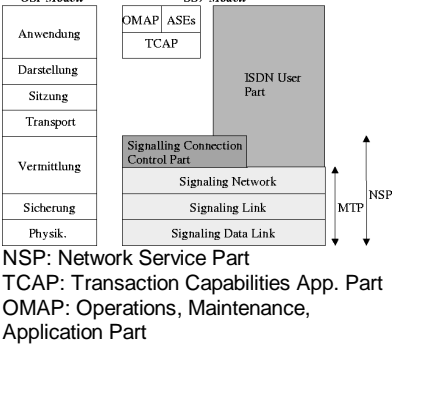
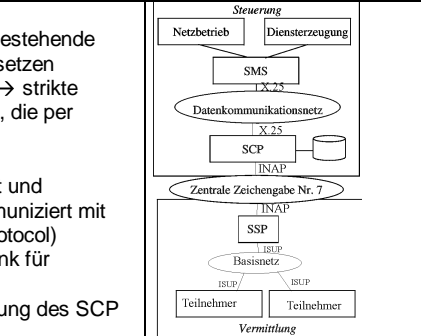
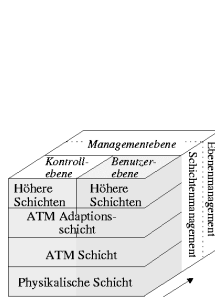
		01 = mod 128 M: More Data Bit: falls noch Daten folgen P: Folgenummern Unterscheidung Kanalnr./Kanalgruppennr nicht relevant	<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>Q</td><td>D</td><td>0</td><td>1</td><td colspan="4">LCG</td></tr> <tr><td colspan="8">LCN</td></tr> <tr><td>P(R)</td><td>M</td><td>P(S)</td><td>0</td><td colspan="4"></td></tr> <tr><td colspan="8">... Daten ...</td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1	Q	D	0	1	LCG				LCN								P(R)	M	P(S)	0					... Daten ...								
8	7	6	5	4	3	2	1																																					
Q	D	0	1	LCG																																								
LCN																																												
P(R)	M	P(S)	0																																									
... Daten ...																																												
	Beispiel:	siehe Folie 274		272																																								
7.4	Internetworking: Aufgaben ZS/Komponenten Routing	Aufgaben Zwischensysteme: - stellen globalen Netzverbund her - effizientes Weiterleiten von Daten (Routing) - Unterstützung abgeschlossener Teilnetze Komponenten Routing: Routingalgorithmen, -protokolle, -tabellen		275																																								
	Typen von Zwischensystemen	- Repeater (Schicht 1): Signalverstärker, Realisieren phys. Verbindung zw. Netzen, ermöglichen größere Ausdehnung des Netzes, können Verkehr nicht beeinflussen - Brücken (Schicht 2): können Verkehr zwischen Teilnetzen separieren, erhöhen Anz. anschließbarer Stationen - Router (Schicht 3): verbinden eigenständige Teilnetze - Gateways: koppeln auf höheren Schichten		31, 276																																								
	Grundkomponenten eines Zwischensystems	- mehrere Netzanschlüsse - Vermittlungskomponente - Kontrollinstanzen 2 Pfade für Dateneinheiten: Kontroll- und Datenpfad		277																																								
7.4.1	Transparente (Spanning- Tree-) Brücken	Aufgaben: - Lernen der Lokation von Endsystemen in Hashtabelle, (sonst fluten) - Weiterleiten von Daten, evtl. „Übersetzen“ - Filtern von Dateneinheiten anhand von Filterdatenbasis (Zieladresse, Ausgangsport und Zeitgeber zum „Verlernen“ von Einträgen; statische und dynamische Einträge): Daten mit lokalem Ziel werden nicht über die Brücke weitergereicht - Erkennen von Schleifen in der Netztopologie, um kreisende oder duplizierte Daten zu vermeiden		279																																								
	Spanning-Tree-Alg	- konfiguriert Brücken zu Baumtopologie → Verkehrskonzentration an der Wurzel - Bestandteil des Brückenprotokolls, (gehört zum Kontrollpfad), Austausch von Informationen über BPDU (Bridge Protocol Data Unit) - Vorr.: Gruppenadresse zur Adressierung aller Brücken, eindeutige Brücken- und Anschlusskennungen in jeder Brücke, Pfadkosten bekannt		282																																								
		Ablauf - Bestimmung der Root-Brücke anhand kleinster Brückenennung aus MAC Adresse und Prioritätsfeld. Bei Initialisierung geht jede Brücke davon aus, daß sie Root ist, Austausch von Kennungen über BPDUs - Identifizieren des Rootanschlusses: Berechnung der Pfadkosten zur Root, Selektion des Anschlusses mit den kleinsten Kosten - Anschluß eines LANs mit geringsten Kosten wird Designated-Anschluß, Brücke damit Designated-Brücke - Configuration BPDUs werden regelmäßig versendet → ggfs. Umkonfiguration → Einträge in Filterdatenbasen müssen verlernt werden, wenn sie nicht benutzt werden		284																																								
	Zustände von Netzanschlüssen	Forwarding: Designated-Anschlüsse leiten Daten weiter Blocking: Anschlüssen, die nicht im Baum sind, leiten keine Daten weiter Listening/Learning: Vermieden temporäre Schleifen während Rekonfiguration Disabled: Anschluß abgeschaltet		286																																								
	Koppelung versch. LANs	- Konvertierung der Datenformate: Probleme: Unterschiedliche max. Paketlängen, unterschiedliche Felder - Einkapselung: vermeidet Informationsverluste, direkt angeschlossenes Netz kann nicht angesprochen werden, übernächstes muß „passen“		287																																								
	Source-Routing-Brücken	- Pfad einer Dateneinheit wird vom Endsystem (für höhere Protokolle transparent) per Explorer-Dateneinheit ermittelt und der Dateneinheit mitgegeben		288																																								
	TB vs. SRB	Verzögerung: TB: gering, SRB: ggf. hoch (wg. Explorer) Routing: TB: nicht optimal, SRB: optimal alternative Wege: TB: nein, SRB: ja Kapazitätsnutzung: TB: schlecht, SRB: gut Skalierbarkeit: TB: schlecht, SRB gut, Reihenfolgeerhaltung: TB: ja, SRB: nein		288																																								
7.4.2	Routing	- Funktion: Ermitteln der Netzwerk-(d.h. IP-)Adresse des nachfolgenden Systems, Abbilden auf die Anschlußpunkt- (d.h. MAC-) Adresse - Routingtabelle: erstellt von Routingprotokollen: IP-Adresse des nächsten Systems und Ausgangskennung - Adressumsetzungstabelle: erstellt von ARP, MAC Adresse des nächsten		289																																								

		Systems			
	Protokolle in IP-Router	<ul style="list-style-type: none"> - Vermittlungsschicht: IP, ARP, RARP (Reverse ARP), ICMP, IGMP, SNAP (Subnetwork Access Protocol): dient Zuordnung der Pakete zu einem höher liegenden Protokoll - Routingprotokolle: BGP (Border Gateway Protocol), EGP (External Gateway Protocol), RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First) - Netzwerkmanagement: SNMP (Systems Network Management Protocol) 		290	
	Multiprotokoll-Router	<ul style="list-style-type: none"> - mehrere Vermittlungsschicht-Protokolle mit eigener Routing- und Adressumsetzungstabelle sowie Routingprotokollen gleichzeitig in Vermittlungsschicht implementiert - Ankommende Pakete werden einzelnen Protokollen zugeordnet, dies ist pro Datenstrom fest, prinzipiell kein Wechsel von einem Netzwerkprotokoll in ein anders 		292	
7.4.3	Routing-Protokolle	Basiskomponenten: <ul style="list-style-type: none"> - Algorithmen: statische vs. adaptive Algorithmen, adaptive: zentrale vs. verteilte - im praktischen Einsatz: adaptive verteilte Algorithmen - Routingprotokolle - Routingtabellen 		295	
	Ebenen des Routings	A: zwischen Routing-Domänen (=AS) B: zw. Bereichen innerhalb einer Domäne C: Identifikation von Systemen innerhalb eines Teilnetzes	ISO IDRP IS-IS ES-IS (IS=Intermediate System, ES=End-System)	Internet BGP, IDRP, EGP IGP (RIP, OSPF) ARP (IGP=Interior Gateway-Protocol)	298
	Routingalgorithmen	Distanz-Vektor-Algorithmen <ul style="list-style-type: none"> - Distanz ist Routingmetrik - jedes System kennt Distanz zu allen anderen Systemen innerhalb des AS - aktuelle Distanzen werden zwischen benachbarten Systemen ausgetauscht - Problem: kürzerer wird schnellerem Pfad vorgezogen - Bsp: Distance-Vector-Routing-Protocol (DVRP), RIP Linkstate-Algorithmen <ul style="list-style-type: none"> - Unterschiedliche Metriken möglich - berücksichtigt Zustände der Netzanschlüsse - Router kennt Netztopologie (innerhalb AS), berechnet so seine Routinginformation - konvergieren schneller als Distanz-Vektor-Alg. - Bsp.: OSPF 		296	
	RIP	<ul style="list-style-type: none"> - Metrik: Hops - alle 30s wird komplette Routing-Information (d.h. Tabelle) an benachbarte Systeme versandt, unabh. von Änderungen - langsame Konvergenz → kaum für größere Netze geeignet - Einträge werden gelöscht, falls ein Router sich 180s nicht gemeldet hat - Problem: Schlechte Nachrichten verbreiten sich per Count-to-Infinity sehr langsam, während dessen Kreisen Pakete in diese Richtung (s.a. Keshav S. 300) → Split-Horizon: Entfernung zu einem System wird nicht in die Richtung weitergereicht, in der das System liegt 		299	
	RIP-Version-2	<ul style="list-style-type: none"> - Subnetz-Routing (Subnetzmaske wird unterstützt) - Authentifizierung unterstützt - Multicast (an alle angeschlossenen Router) unterstützt 		301	
	OSPF	<ul style="list-style-type: none"> - wegen Komplexität umstritten - Idee: Updateinformationen und Einträge haben Sequenznummern, jeder Knoten kennt Netztopologie, jeder Knoten kann mit Dijkstra kürzeste Wege berechnen - Empfang einer Update-Dateneinheit: <ul style="list-style-type: none"> - falls Eintrag nicht vorhanden: hinzufügen und Broadcasten - falls Eintrag älter: Überschreiben und Broadcasten - falls Eintrag neuer: zurückschicken des aktuellen Wertes - Updates müssen zuverlässig übertragen werden - Falls mehrere Router an Broadcastnetz: der mit kleinster Adresse wird Designated-Router, dieser leitet Infos an andere per Multicast weiter 		302	
7.4.4	Internet-Firewalls	<ul style="list-style-type: none"> - Schutz vor Zugriff, Veränderung von Daten und Stören der Kommunikation - Einzelne Pakete werden abhängig von Quelle, Ziel, Protokoll (Port) und Richtung untersucht und ggf. verworfen, bevor sie in irgendeiner Weise weiterverarbeitet werden - jede Dateneinheit wird separat betrachtet, d.h. keine „Historie“ 		293	

8. Weitverkehrsnetze

8.1	Netze und Dienste	<ul style="list-style-type: none"> - Netz: dient der Implementierung von Diensten - Teledienst: ermöglicht spezielle Einzelanwendung, umfaßt alle 7 Schichten, Interne Implementierung bleibt dem Betreiber überlassen, ist für Benutzer transparent - Trägerdienst: bietet Übertragungsstrecke zw. Kunden an, umfaßt max. die Schichten 1 – 3, Kunde ist für höhere Schichten selbst verantwortlich 	309	
	Schema Fernsprechnet	Innerhalb des Netzes Trennung der Sprechrichtungen (4-Draht-Leitung), Teilnehmer-Anschluß: 2-Draht-Leitung	310	
8.2	ISDN	Ziel: digitale Kommunikation bis zum Teilnehmer, Integration unterschiedlicher Dienste Standardisierung: Nationales ISDN (FTZ 1TR6 bis 2000), Euro ISDN (E-DSS-1: European Digital Subscriber Signalling System 1)	311	
	ISDN-Anschlüsse	Basisanschluß: 2 x 64 kBit/s (B1, B2-Kanal) + 16 kBit/s (D16-Kanal) Primär-Multiplex-Anschluß: 30 x 64 kBit/s + 64 kBit/s (D64) B-Kanäle: unabhängig voneinander, können verschiedene Zielrichtungen haben und unterschiedliche Daten übertragen D-Kanal: dient der Kennzeichenübertragung	312	
	ISDN und ISO/OSI-Referenzmodell	 <ul style="list-style-type: none"> - B1, B2: Schicht 1: S0-Standard, Schichten 2 – 7: abh. von Anw. - D16: Schicht 1: S0-Standard, Schicht 2: LAPD, Schicht 3: Q.931 - ZZK: Zentraler Zeichengabe Kanal (SS7) 	313	
	Referenzpunkte / Funktionseinheiten	<p>Funktionseinheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ET: Exchange Termination (Vermittlungsabschluß) - LT: Line Termination (Leitungsabschluß) - NT1: Network Terminator 1: (Netzabschluß, nur Schicht 1), Grenze zw. Kunde und Telekom - NT2: Schicht 1 bis 3 Funktionalität - TA: Terminal Adaptor - TE1: Terminal Equipment Type 1 (ISDN-Gerät) - TE2: (nicht ISDN-fähiges Gerät) 	 <p>s.a. Haaß 330, Tanenbaum 162</p>	314
	Schnittstellen	sind besondere Ausprägungen der Referenzpunkte <ul style="list-style-type: none"> - S₀: Anschlußleitung im Teilnehmerbereich, Bussystem zum Anschluß von bis zu 8 Endgeräten - U_{K0} öffentl. Teilnehmeranschlußleitung: Verbindung zw. NT und dig. OVSt - U_{p0}: Teilnehmeranschluß (NT bzw. TE) an TKAnl: - S_{M2}: Primär-Multiplex-Anschluß: Schnittstelle zw. TKAnl und NT - U_{K2}: Primär-Multiplex-Anschluß: Schnittstelle zw. NT und OVSt: Kupferkabel - U_{G2}: Primär-Multiplex-Anschluß: Schnittstelle zw. NT und OVSt: Glasfaser 	315	
	ET	Vermittlungsstelle, Schichten 1-3 <ul style="list-style-type: none"> - (De-)Multiplex - Verbindungsüberwachung - Fehlerüberwachung und -alarmierung - Kontroll- und Testfunktionen - LAP-D (Schicht 2) - Signalisierung (Schicht 3) 	316	
	LT	Leitungsübertragungseinrichtung, Umsetzung zw. niederratigem Teilnehmeranschluß und hochratiger Vermittlungsstelle <ul style="list-style-type: none"> - Umsetzen der Übertragungsverfahren - Ableiten/Regenerieren von Takten - Fehlerüberwachung/Alarmierung - Fernstromversorgung des Teilnehmerbereiches 	316	
	NT1	bedient Teilnehmeranschlußleitung <ul style="list-style-type: none"> - Umsetzen von Übertragungsverfahren - Abschluß der Teilnehmerinstallation (S₀) - Schicht 1 Funktionalität: Rahmenfehlererkennung, Taktregenerierung, Rahmensynchronisation, - Speisung der Teilnehmerinstallation - D-Echo-Kanal-Steuerung 	317	
	NT2	bedient Endgerätezugang <ul style="list-style-type: none"> - Umsetzen der Übertragungsverfahren S₀-U_{K0}, - Protokollverarbeitung Schicht 2 und 3 - Vermittlungsfunktion Schicht 3 - Multiplexfunktion 	317	
	TA	Paßt TE2 auf die Anforderungen von NT2 an <ul style="list-style-type: none"> - analoge bzw. digitale nicht-ISDN-Geräte können hierüber betrieben werden 	317	
	Übertragungsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Ziel: Wiederverwendung vorhandener Verkabelung, d.h. 2-Draht-Kupfer-Leitung an der Anschlußleitung 	320	

		<ul style="list-style-type: none"> - min. 144 kBit/s erforderlich, bis zu 8 km (90% aller Anschlüsse) bzw. bis zur 1,5 km (50%) - Vierdraht-Verfahren: S₀-Bus - Zeitgetrenntlage-Verfahren: U_{p0}-Schnittstelle (max. 1km zwischen NT und TKAnl.) - Gleichlage-Verfahren mit Echokompensation: U_{k0}-Schnittstelle für Basisanschluß 													
	4-Draht-Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Richtungstrennung mit je einer Doppelader entsprechend Simplexbetriebsart - Reichweite: 1000 m Punkt-zu-Punkt, 150 m Busbetrieb 	321												
	Zeitgetrenntlage-Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - 2-Draht-Duplex-Übertragung, beide Richtungen werden auf dem selben Aderpaar übertragen - Senden und Empfangen erfolgt zu unterschiedlichen Zeitpunkten, (Halb-Duplex-Betrieb, „Ping-Pong“-Verfahren) - Divo gibt Takt vor, Teilnehmerschnittstelle leitet Takt ab (hoher Taktgehalt der Kodierung nötig) - Reichweite begrenzt durch Laufzeit und Übertragungsrate $v = \frac{B}{2(T_L + T_D + T_S)}$	322												
	Gleichlage-Verfahren mit Echokompensation	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaften: Signale werden in gleicher Zeit- und Frequenzlage übertragen, d.h. gleichzeitiges Senden und Empfangen, Entkopplung durch Gabelschaltung - Echosignale: da Gabel nicht exakt trennen kann und durch Reflexion auf der Leitung → adaptive Filter zur Echokompensation - U_{k0} in MMS43 (4B3T), bzw. 2B1Q kodiert, um Baudrate zu senken 	324												
	S0-Rahmen	<ul style="list-style-type: none"> - AML-Codierung - Jeder Rahmen gleichstromfrei, L-Bits ergänzen Pulse auf gerade Anzahl - Rahmenkennung durch Codeverletzung bei F= +0 (letztes 0 Bit muß +0 sein, da jeder Teilrahmen mit -0 beginnt) und FA (in Bezug auf F) - im NT werden die S0 Rahmen in Uk0 Rahmen umgewandelt und umgekehrt, dabei spiegelt der NT die gelesenen D-Kanal-Bits in die E-Bits - A-Bit für Aktivierungsprozedur (Gerät wird aktiv), N, S als Füllbits 	327												
	D-Kanal-Belegung im S0-Bus	<ul style="list-style-type: none"> - Falls im D-Kanal keine Rahmen der Schicht 2 zu übertragen sind, werden 1-Signale gesendet (d.h. Ruhe auf der Leitung), gegenüber denen sich 0-Signale im Bus durchsetzen würden - NT reflektiert D-Bit im E-Bit - eine Station überträgt nur dann, wenn eine der eigenen Priorität entsprechende Anz. von 1en erkannt wurden - Kollisionserkennung durch Beobachten des Echo-Bits nach dem Aussenden der Daten. Rahmen unterscheiden sich spätestens an der Adresse - Erkennt ein Gerät eine Kollision, muß es Aufhören, zu senden - Nach dem Senden wird Priorität reduziert, s.d. länger gewartet werden muß 	331												
	D-Kanal-Protokoll Schicht 2	<p>LAP-D: baut auf LAP B auf</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Flag</td> <td>Adresse</td> <td>Kontrolle</td> <td>Nutzdaten</td> <td>Frame Check</td> <td>Flag</td> </tr> </table> <div style="margin-left: 20px;"> <table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">8 Bit</td> </tr> <tr> <td>SAPI</td> <td>C/R EA</td> </tr> <tr> <td>TEI</td> <td>EA</td> </tr> </table> <p>EA = 0: es folgt ein Byte im Adreßfeld EA = 1: Ende des Adreßfelds C/R: Command / Response</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Adressfeld: 16 Bit = erweitertes Adressfeld in HDLC - SAPI = Service Access Point Identifier (6 Bit): Kennzeichnung des Dienstes: 0: Signalisierung, 1: Paketdaten nach Q.931, 16: Paketdaten nach X.31, 63 TEI-Verwaltung - TEI = Terminal Endpoint Identifier (7 bit): Adresse der Gerätes: 0: Punkt-zu-Punkt, 1-63: Geräte mit festen TEIs, 64-126: vom Netzknoten anzufordernde TEIs, 127: Broadcast 	Flag	Adresse	Kontrolle	Nutzdaten	Frame Check	Flag	8 Bit		SAPI	C/R EA	TEI	EA	333
Flag	Adresse	Kontrolle	Nutzdaten	Frame Check	Flag										
8 Bit															
SAPI	C/R EA														
TEI	EA														
	Zentrale Zeichengabe Nr. 7	<ul style="list-style-type: none"> - Signalisierung strikt vom Nutzdatentransfer getrennt (Out-of-Band-Signalling) auf Zentralen Zeichengabe Kanälen (CCS, Common Channel Signaling): - optimiert für 64 kBit/s Kanäle, paketorientiert, zuverlässig, Punkt-zu-Punkt, über Festnetz oder Satelliten 	337												

	Funktionale Einheiten	<ul style="list-style-type: none"> - Signalling Point (SP): Komponente des Netzes, die SS7-Dateneinheiten zu behandeln - Service Transfer Point: kann SS7-Daten weiterleiten - Signalling Link: Datenkanal, der 2 SPs verbindet 		338																														
	Kontroll- vs. Informationsebene	<ul style="list-style-type: none"> - Kontrollebene (-säule): Aufbau- und Management der Verbindungen, Anforderung über D-Kanal mit Q.931, netzintern SS7 - Informationsebene: Informationsaustausch nach Etablieren der Verbindung 		339																														
	SS7 Protokoll-Architektur	<p>MTP = Message Transfer Part: zuverlässiger, verbindungsloser Dienst für das Routing von Dateneinheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Signalling Data Link: phys. Schicht, bis 64 kBit/s - Signalling Link: Zuverlässiger Datenaustausch auf einem Übertragungsabschnitt, Flußkontrolle, Fehlerkontrolle(Go-BackN bzw. präventive Methode), 3 Rahmentypen: MSU (Message Signal Unit) für Signalisierung, LSSU (Level Status Signal Unit) für Kontrollinformationen auf Signal-Link-Ebene, FISU (Fill In Signal Unit) - Signalling Network: Nachrichtenlenkung (Routing) und Netzwerkmanagement (Routing Informationen) 	 <p>NSP: Network Service Part TCAP: Transaction Capabilities App. Part OMAP: Operations, Maintenance, Application Part</p>	340																														
	SCCP	<ul style="list-style-type: none"> - erweitert MTP (globale Adressierung, Nachrichtenlenkung (Nummernauswertung)) - 4 Dienstklassen (verbindungslos mit/ohne Folgenummern, verbindungsorientiert mit/ohne Flußkontrolle) 		342																														
	ISDN-User Part	kann auf MTP oder NSP aufsetzen, muß mit Q.931 zusammenarbeiten, operiert innerhalb des Netzes, transparent für den Benutzer		343																														
	Verbindungsaufbau	s. Folie 344		343																														
8.3	Intelligente Netze	<p>def. Schnittstelle für Mehrwertdienste</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ziel: Intelligenz in Höheren Ebenen Ansideln, bestehende Netze zum Transport von Nutzinformationen einsetzen - Basistechnologie: Programmierbare Switches → strikte Trennung von Dienststeuerung und -vermittlung, die per SS7 kommunizieren <p>Aufbau</p> <ul style="list-style-type: none"> - SSP (Service Switching Point): Mittler zw. VSt und Steuerung, leitet IN-Rufe zum SCP weiter, kommuniziert mit ihm per INAP (Intelligent Network Application Protocol) - SCP (Service Control Point): benutzt Datenbank für Dienststeuerung und -logik - SMS (Service Management System): Verwaltung des SCP per X.25 		345																														
8.4	B-ISDN	<ul style="list-style-type: none"> - Broadband ISDN: 155 Mbit/s, 622Mbit/s, 2Gbit/s - Neue Vermittlungs- und Übertragungstechnologie: ATM 		352																														
	Breitband-Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> - Interaktive Dienste: Dialogdienst (z.B. Bildtelefon), Mitteilungsdienste (Multimediale Nachrichten), Abrufdienste (Video-On-Demand), - Verteildienste mit/ohne Benutzerzugriffssteuerung 		354																														
	Teilnehmer-Netz-Schnittstelle	<ul style="list-style-type: none"> - Ähnlichkeit mit ISDN - Bitrate: 20Mbit/s – 2Gbit/S - Signalisierung mit D16/D64, Schicht 2 und 3 ähnlich zu ISDN 		355																														
	ATM	<ul style="list-style-type: none"> - schnelle Paketvermittlung, statistisches Multiplexen, Datenrate/Verzögerung variabel - unzuverlässig, im Switch nur Weiterleitung und Prüfsumme über Labels, Verlagerung der Komplexität in die Endsysteme - kontinuierlicher Strom von Zellen konstanter Länge (53 Byte): OAM (Operations And Maintance)-Zellen, Leerzellen, Datenzellen - Virtueller Kanal (VC): Unidirektionale virtuelle Verbindung, Vitueller Pfad (VP): Bündel von VCs mit gleichen Endpunkten, Zuordnung über VPI und VCI (nur von Punkt-zu-punkt-Signifikanz → Labelswapping) im Zellkopf 		353																														
	Referenzmodell	<ul style="list-style-type: none"> - 3 Ebenen (Säulen, Trennung von Kontrolle, Informationen und Management), 3 hierarchische Schichten zum Benutzer: Q.931, netzintern auf SS7 	 <table border="1" data-bbox="901 1758 1380 2060"> <thead> <tr> <th>Dienstklasse</th> <th>Klasse A</th> <th>Klasse B</th> <th>Klasse C</th> <th>Klasse D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bitrate</td> <td>konstant</td> <td colspan="3">variabel</td> </tr> <tr> <td>Zeitbeziehung</td> <td colspan="2">benötigt</td> <td colspan="2">nicht benötigt</td> </tr> <tr> <td>Verbindungsart</td> <td colspan="3">verbindungsorientiert</td> <td>verbindungslos</td> </tr> <tr> <td>Beispiele</td> <td>Isochrome Dienste (Sprache, unkomp. Video)</td> <td>Variable Bitrate mit Zeitbeziehung (komp. Video)</td> <td>Verbindungsorientierte Datenübertragung</td> <td>Verbindungslose Datenübertragung (LAN)</td> </tr> <tr> <td>AAL-Diensttyp</td> <td>AAL 1</td> <td>AAL 2</td> <td colspan="2">AAL 3/4 AAL 5</td> </tr> </tbody> </table>	Dienstklasse	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D	Bitrate	konstant	variabel			Zeitbeziehung	benötigt		nicht benötigt		Verbindungsart	verbindungsorientiert			verbindungslos	Beispiele	Isochrome Dienste (Sprache, unkomp. Video)	Variable Bitrate mit Zeitbeziehung (komp. Video)	Verbindungsorientierte Datenübertragung	Verbindungslose Datenübertragung (LAN)	AAL-Diensttyp	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4 AAL 5		359
Dienstklasse	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D																														
Bitrate	konstant	variabel																																
Zeitbeziehung	benötigt		nicht benötigt																															
Verbindungsart	verbindungsorientiert			verbindungslos																														
Beispiele	Isochrome Dienste (Sprache, unkomp. Video)	Variable Bitrate mit Zeitbeziehung (komp. Video)	Verbindungsorientierte Datenübertragung	Verbindungslose Datenübertragung (LAN)																														
AAL-Diensttyp	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4 AAL 5																															

		aufbauendes Protokoll	
8.5	GSM	<ul style="list-style-type: none"> - Global System for Mobile Communication: Zellularfunknetz, 890-915 MHz (uplink), 935-960 MHz (downlink) - Ziele: Leistungsmerkmale wie ISDN, Sprachqualität, Abhörsicherheit 	361
	Funkzellen	<ul style="list-style-type: none"> - Interferenzfreie Wiederverwendung von Frequenzen wg. begrenzter Reichweite möglich - Einteilung der zu versorgenden Fläche in Zellen - Zusammenfassen der Zellen zu Clustern, so daß alle Zellen eines Clusters versch. Frequenzen haben und benachbarte Zellen verschiedener Cluster verschiedene Frequenzen verwenden 	362
	Konsequenzen der Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> - Lokation: mobile Benutzer müssen lokalisiert werden, um Anruf weiterzuleiten - Handover: Weiterreichen von einer Funkzelle zur nächsten (Wechsel muß erkennbar sein) - Roaming: Suche nach einem geeigneten Netz für die Kommunikation (Betreiberkooperation und gemeinsame Luftschnittstelle erforderlich) 	363
	Systemstruktur	<p>Luft-Schnittstelle</p> <p>A-Schnittstelle</p> <p>HLR: Home Location Register AC: Authentification Center VLR: Visited Location Register EIR: Equipment Identification Register OMC: Operation and Maintenance System</p>	364
	Luftschnittstelle U	<ul style="list-style-type: none"> - Jeder der 124 Funkkanäle ist in 8 Zeitschlitzte aufgeteilt - Präambel dient Synchronisation (Verz. bis 233 Mikrosek. kann ausgeglichen werden) und Messen der Kanalqualität - Nettodatenrate: 22,8 kBit/s, davon 13 kBit/s Sprache 	365
	Basestation Sub-System (BSS)	<ul style="list-style-type: none"> - Basisstation: kleinster Funkversorgungsbereich in GSM, Überwachung des Funkverkehrs von und zur Mobilstation - BSC: intelligenter Teil des BSS, steuert mehrere Basisstationen, ca. 500 Verkehrskanäle gleichzeitig möglich, einleiten/überwachen von Zellenwechseln/Handover, Anpassung der Bitraten (U: 13 kBit/s, A: 64 kBit/s), Verschlüsselung auf Luftschnittstelle 	366
	Switching Sub-System (SSS)	<ul style="list-style-type: none"> - Signalisierung mit SS7 - Mobile Switching Center (MSC): Etablieren von Verbindungen mit Festnetzen oder dem Mobilnetz, Steuern und Überwachen der BSCs, - Home location Register (HLR): enthält Daten aller im MSC-Bereich registrierten Teilnehmer - Visitor Location Register (VLR): umfaßt alle Mobilteilnehmer, die im Funkversorgungsbereich des MSC aktiv sind, beim Einbuchen erhält des VLR die relevanten Daten aus dem HLR - Authentification Center (AC): enthält Schlüssel und Algorithmen zur Generierung von Authentifizierungsparametern wie teilnehmerindividuelle Schlüssel 	367
	Subscriber Identity Module (SIM)	<ul style="list-style-type: none"> - Authentifizierung zw. SIM und GSM - Daten wie Netzkenung, Teilnehmernummer MSIM (Mobile Subscriber Identification Number), PIN, ... 	368
	Signalisierungs-Protokolle	<ul style="list-style-type: none"> - Schicht 2: LAP-Dm: verbindungsorientiert, Punkt-zu-Punkt, zuverlässig, zusätzlich zu LAP-D: Segmentieren/Reassemblieren, Fenstergröße = 1 (Stop-And-Wait), Anhalten und Wiederaufnahmen (z.B. beim Weiterreichen) - Schicht 3: - RR (Radio Resource management): Signalisierungen zum Zuteilen von Funkverbindungen, -handover - MM (Mobility Management): Funktion bzgl. Mobilität: Authentifikation, Lokation - CM (Communication Management): Verbindungsauf-/abbau 	369
	Handover	3 Typen: Intra BSC-Handover, Inter-BSC-Handover, Inter-MSC-Handover	371
8.6	Kabelnetze	<ul style="list-style-type: none"> - Teilweise Ersetzen der Kupfer-Koax-Kabel durch Glasfaser: HFC (Hybrid Fiber Coax) - Digitale Kanäle nutzen bisher ungenutzte Frequenzbänder: - Upstream: 5-45 MHz, 1-2 MHz/Kanal, 2-10 Mbit/s 	372

		<ul style="list-style-type: none"> - Downstream: 450-750 MHz, 6 MHz/Kanal, 30-40 Mbit/s - Standardisierung für Mediengriff läuft, z.B. IEEE 802.14 	
	Struktur von HFC-Netzen	<ul style="list-style-type: none"> - Baumstruktur: Wurzel = Headend, Blätter = Benutzer - Asym. Kommunikation: Downstream: Broadcast Headend → Nutzer, Upstream: Punkt-zu-Punkt-Verbindung zw. Teilnehmer und Headend → Zugriffskonflikte müssen aufgelöst werden - Keine direkte Kommunikation zwischen Teilnehmern am gleichen Baum → Verkehrskonzentration an der Wurzel 	373
	Mediengriff	<ul style="list-style-type: none"> - Stationen können Kollisionen nicht erkennen → Headend regelt Zugriff, erkennt Kollisionen, informiert Teilnehmer darüber, kann Kanäle (Slots) reservieren - Upstream-Kanal: reservierte Slots (keine Kollisionen) und Contention Slots (Kollisionen möglich) - IEEE 802.14: Contention Slots zu Anforderung reservierte Slots, Datenübertragung dann über vom Headend reservierte Slots 	374

9. Transportschicht

9.1	Überblick	<p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Benutzer-zu-Benutzer Verbindung (statt Ende-zu-Ende) - Isolierung höherer Schichten vom Netz, transparente Übertragung - Wahlmöglichkeit der Dienstgüte - Segmentieren/Reassemblieren - Fehlerkontrolle und -behebung, Reihenfolgeerhaltung - Flußkontrolle (verhindert Überschwemmen des Empfängers) - Staukontrolle (verhindert Überschwemmen des Netzes) - Multiplexen von Transportverbindungen <p>Probleme</p> <ul style="list-style-type: none"> - Heteroge Rechner: vorhandene Ressourcen müssen kommuniziert werden - Sender kennt nicht alle Teilstrecken im Netz 	379	
	Verbindungsreferenzen	z.B. Portnr. werden beim Aufbau der Verbindung ausgetauscht, dienen der Identifikation der Verbindung, haben lediglich lokale Signifikanz, müssen nach Abbau „eingefroren werden“	385	
	Dienstgüteparameter	<ul style="list-style-type: none"> - beziehen sich auf Eigenschaften der Verbindung zwischen den Transportverbindungsendpunkten - werden zwischen Benutzer und Erbringer des Dienstes ausgehandelt - z.B. Verzögerung und Fehlerwahrscheinlichkeit des Verb.aufbaus, Durchsatz, Übertragungsverzögerung, Fehlerwahrscheinlichkeit, ... 	386	
	Protokolle	<ul style="list-style-type: none"> - ISO/OSI: 5 versch. Transportprotokolle TP0 ... Tp4 - Internet: TCP, UDP - Multimediatransportprotokolle: unterstützen QoS und Gruppenkommunikation 	387	
9.2	UPD	<ul style="list-style-type: none"> - RFC 792; nur Multiplexen von Transportverbindungen, Port identifiziert Prozesse, keine weiteren Funktionen wie Zuverlässigkeit/Verbindung - wird für Multimedia-Streaming verwendet, da nachsenden hier nicht lohnt - Well-kown-Ports: Ansprechen von Diensten auf entfernten Rechnern, nur zum initiieren der Komm. 	388	
	UDP-Prüfsumme	<ul style="list-style-type: none"> - Berechnung optional, ab Ipv6 verpflichtend, gleicher Algorithmus wie IP - über UPD-Kopf und -Daten und Pseudoheader (Ziel-, Quell-IP und Länge des IP-Paketes): erlaubt Prüfung, ob Daten zwischen den korrekten Endpunkten ausgetauscht wurden → Trennung der Schichten 3 und 4 nicht durchzuhalten 		389
9.3	TCP	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission Control Protocol: zuverlässiger, verbindungsorientierter Dienst, RFC 793 - arbeitet mit Bytestrom - kann direkt mit TP4 verglichen werden - Segmentieren: s.IP 	390	
	Kontrolle des Bytestromes	<p>Wann wurden genug Bytes zum Versenden gesammelt?</p> <ul style="list-style-type: none"> - MSS (Maximum Segment Size): kann sich an max. Paketgröße des direkt angeschlossenen Netzes oder an bei Aufbau ermittelte MTU (Max. Transfer Unit) orientieren - Push-Flag: Sender verlangt direktes Senden (z.B. telnet) - Zeitgeber: nach Ablauf wird gesendet 	393	
	Verbindungsaufbau	<ul style="list-style-type: none"> - Passives Öffnen: Bereitschaft eines Servers, Verbindungen zu akzeptieren - Aktives Öffnen: Client öffnet aktiv Verbindung zu einem Server - 3-Wege-Handshake, Quittung für nächste erwartete Seq.nr. mit, 2 Zeitgeber 		394
	Verbindungsabbau	<ul style="list-style-type: none"> - Ordnungsgemäßer Abbau: beide Seiten müssen Verbindung schließen, wird nur eine Richtung geschlossen, ist noch ein unidirektionaler Datenfluß möglich - Verbindung kann mit Reset (RST-Segment) abgebrochen werden 	395	

	Datenformat	<p>Flags:</p> <ul style="list-style-type: none"> - URG: Urgentzeiger gültig, zeigt auf Ende wichtiger Daten - ACK: Quittungsnr. gültig - PSH: Push-Flag: Daten sofort ausliefern - RST: zurücksetzen der Verbindung - SYN: Synchronisation der Seq.nr, um Verb. zu initiieren - FIN: Sender hat Senden der Daten abgesch. - NACK (ab RFC 1106) Selective Retransm. 		396
	TCP Optionen	Max Segment Size, Window Scale Factor (Skaliert den in „Fenstergröße“ angegebenen Faktor), Timestamp (um Umlaufzeiten zu messen), End of Option list, No operation (um Felder auf 4-Byte Länge auszurichten)		398
	Flußkontrolle	Empfänger teilt Sender verbleibende Puffergröße mit. Um zu kleine Pakete zu vermeiden, sollte nur in bestimmten Abständen gesendet werden/ Fenstergröße mitgeteilt werden		400
	Sendewiederholung s-Timer	<p>geglättete Umlaufzeit: $RTT = \alpha RTT + (1-\alpha) M$ ← gemessene Umlaufzeit</p> <p>geglättete Varianz: $D = \beta D + (1 - \beta) RTT - M$</p> <p>Timerlänge: $RTO = RTT + 4 D$</p>		400
	Timer in TCP	<ul style="list-style-type: none"> - Retransmission Time Out: signalisiert, bis wann Quittung erwartet wird - Persist Timer: falls Fenstergröße auf 0 und Quittungen verloren gehen, kann es zu Deadlock kommen → fragt in exponentiell wachsenden Abständen nach (mit 1 Byte Dateneinheiten) - Keepalive Timer: besagt, wann der Partner als abgestürzt angenommen wird - 2MSL(Max. Segment Life)-Timer: mißt die Zeit, die Verbindung im TIME_WAIT-Zustand verbringt 		402
	Staukontrolle	<ul style="list-style-type: none"> - Ziel: Kontrolle der Datenmenge zu Beginn eines Datentransfers und nach Auftreten von Datenverlusten → Vermeidung von Staus in Routern - für jede Verbindung wird zusätzliches Staukontrollfenster eingeführt, Größe initial = 1 - Sendekredit = min (Staukontrollfenster, Empfangsfenster) - Slowstart: exponentielle Vergrößerung des Staukontrollfensters - Probing: lineare Vergrößerung - Bei Verlusten: Fenstergröße = 1, halbieren des Schwellwertes für Probing 		405
9.4	Programmier-Schnittstelle	<p>zwischen Anwendungen und Transportsystem: Socket = Kommunikationsendpunkt</p> <ul style="list-style-type: none"> - einführt unter Berkley UNIX für die Sprache C - Client/Server Beziehung: unsymmetrische Kommunikationsbeziehung, die häufig den Anwendungen zugrunde liegt 		408
		<ul style="list-style-type: none"> - Socket erstellen: <code>int socket(int family, int type, int protocol)</code> family: AF_INET, AF_UNIX, type: SOCK_STREAM, SOCK_DGRAM, protocol: auf 0 setzen - Adresse zuweisen: <code>int bind(int fd, struct sockaddr *myaddr, int addrlen);</code> sockaddr: Zeiger auf Adressstruktur, addrlen: deren Adresse - Server auf Wee-known port lauschen lassen: <code>int listen(int fd, int backlog);</code> backlog: Warteschlangenlänge für eingehende Verbindungswünsche - Verbindung zu Server aufbauen: <code>int connect(int fd, struct sockaddr *serveraddr, int addrlen);</code> - Verbindungswunsch annehmen: <code>int accept(int fd, struct sockaddr *peer, int addrlen)</code> Rückgabewert ist der neue Sockethandle - Verbindung schließen: <code>int close(int fd);</code> - senden: <code>int send(int fd, char *buf, int len, int flags)</code> <code>sendto(int fd, char *buf, int len, int flags, struct sockaddr *to, int addrlen)</code> - empfangen: <code>int recv(int fd, char *buf, int len, int flags)</code> <code>recvfrom(int fd, char *buf, int len, int flags, struct sockaddr *from, int *addrlen)</code> 	416	
	Bsp's:	siehe Folien 419/420		416

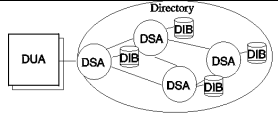
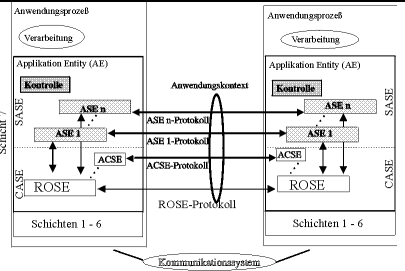
10. Anwendungsnahe Dienste und Anwendungen

10.1	RPC	<ul style="list-style-type: none"> - Grundkonzept: Server stellen Dienste zu Verfügung, Clients nutzen sie, indem sie Anfragen an Server senden, Weiterleitung ist möglich, Server wird so zum Client - ermöglicht Aufruf von Prozeduren auf entfernten Rechnern, Datenaustausch für Programmierer transparent - über TCP/UPD angesiedelt 		422
	entfernter Prozeduraufruf	<ul style="list-style-type: none"> - synchrone Übertragung des Kontrollflusses → aufrufender Client wird blockiert - Ebene der Programmiersprache - getrennte Adressräume: keine netzweiten Adressen, sondern Zeiger - Übertragung der Daten, somit Fehler möglich, die im lokalen System nicht auftreten - Datenaustausch: Parameter und Ergebnisse → unterschiedliche Darstellung der Daten 		424

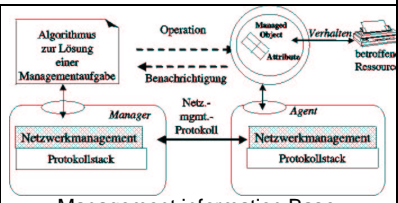
	RPC Semantik	<ul style="list-style-type: none"> - Anfragen oder Antworten können verloren gehen oder verfälscht werden, Client oder Server können während des Aufrufes abstürzen - bzgl. der Fehlerkontrolle/Wiederholungen werden folgende Semantiken unterschieden: 	<table border="1"> <tr> <td>RPC-Semantik</td> <td>Anfrage einer Wiederholung</td> <td>Filterung Duplikate</td> <td>Wiederausführung/Wiederholung reply</td> </tr> <tr> <td>May be</td> <td>Nein</td> <td>Nein</td> <td>Nein</td> </tr> <tr> <td>At-least-once</td> <td>Ja</td> <td>Nein</td> <td>Wiederausführung</td> </tr> <tr> <td>At-most-once</td> <td>Ja</td> <td>Ja</td> <td>Wiederholung reply</td> </tr> <tr> <td>Exactly-once</td> <td>Ja</td> <td>Ja</td> <td>Nein</td> </tr> </table>	RPC-Semantik	Anfrage einer Wiederholung	Filterung Duplikate	Wiederausführung/Wiederholung reply	May be	Nein	Nein	Nein	At-least-once	Ja	Nein	Wiederausführung	At-most-once	Ja	Ja	Wiederholung reply	Exactly-once	Ja	Ja	Nein	425
RPC-Semantik	Anfrage einer Wiederholung	Filterung Duplikate	Wiederausführung/Wiederholung reply																					
May be	Nein	Nein	Nein																					
At-least-once	Ja	Nein	Wiederausführung																					
At-most-once	Ja	Ja	Wiederholung reply																					
Exactly-once	Ja	Ja	Nein																					
	Modell eines RPC	<ul style="list-style-type: none"> - Stubs: Aufruf-/Ergebnis(de-)kodierung: Transformation der Daten in eine flache, standardisierte Repräsentation (Marshalling/Unmarshalling) - RPC-Laufzeitsystem: Übertragung/Empfang des Aufrufes/Ergebnisses 		426																				
	Dynamisches Binden	<ul style="list-style-type: none"> - Finden und Auswählen des Servers, d.h. Ermitteln der vollst. Adresse des Servers. Findet zur Laufzeit statt, da ansonsten keine Lokationstransparenz 		428																				
	Portmapper	<p>Aufgaben: Abbilden von RPC-Programmnummern auf Protokollports, Abbildungen werden in einer lokalen Datenbasis gespeichert, keine Lokationstransparenz (hierzu wäre z.B. Directory Service erforderlich)</p>		249																				
	Schnittstellenbeschr.	<ul style="list-style-type: none"> - einheitliche Beschreibung der Prozeduren und Parameter nötig - Schnittstellenbeschreibungssprache: formale Sprache zur Beschreibung von Prozeduren und Parametern, Signatur (Name, Parameter, Ausnahmebehandlung), z.B. ASN.1 (Abstract Syntax Notation Number1), XDR (eXternal Data Representation), IDL (Interface Definition Language) - auf Basis der Schnittstellenbeschreibungssprache können Stubs automatisch erzeugt werden 		430																				
	Spezifikation von Prozeduren	<ul style="list-style-type: none"> - grundsätzlicher Aufbau <pre>[Datentypdefinitionen] program PROGRAMM_NAME { version VERSIONS_NAME { [Prozedurdeklarationen wie void write(writeargs)=1 (Proz.nr)] }=versionsnummer; }=programmnummer;</pre> - Bei Aufruf: senden eines Tripels mit Programmnummer, Versionsnummer, Prozedurnummer 		433																				
	Dispatcher	<ul style="list-style-type: none"> - Server besteht aus Dispatcher, Server-Stubs und entfernten Prozeduren - Dispatcher ordnet eine ankommende Anfrage der Prozedur zu, indem es die Prozedurnummer auswertet 		431																				
10.2	Datenrepräsentation	für Verständigung von Sender und Empfänger ist eine einheitliche Datenrepräsentation von Formaten, Datentypen, Datenkompression, -ver- und -entschlüsselung erforderlich		436																				
	Little/Big-Endian	<ul style="list-style-type: none"> - Big-Endian: MSB wird an niedrigster Adresse gespeichert - Little Endian: MSB wird an höchster Adresse gespeichert 		437																				
10.2.1	XDR	<ul style="list-style-type: none"> - De-facto-Standard für Client-Server-Anwendungen, wird auf Sun-RPC eingesetzt, spezifiziert nach RFC - Basis: Byte mit 8 Bit, Ausrichtung auf 4 Bytes (Ausnahme: Character, bei Strings wird die Länge davor geschrieben), bytestromorientiert - Spezifiziert Kodierung für jeden Datentyp: <ul style="list-style-type: none"> - Basistypen: Integer, Enumeration, Boolean, Gleitkommazahlen, Opaque (uninterpretiert) - flache Typen: Arrays, Structures - komplexe Typen (z.B. Listen) 		439																				
10.2.2	ASN.1	<ul style="list-style-type: none"> - abstrakte Syntax: Sprache zur Spezifikation der Parameter (Typen und Werte) von Benutzerdaten, ohne die Wertrepräsentation zu bestimmen - Kodierregeln: Spezifizieren die Abbildung der Benutzerdaten in die Form der zu übertragenden Daten; BER: international standardisiert - Transfersyntax: Konkrete Repräsentation der durch die abstrakte Syntax beschriebenen Daten, es können mehrere solche Transfersyntaxen für eine abstrakte Syntax bestehen wird z.B. für SNMP Simple Network Management Protocol verwendet 		444																				
	Definierbare Objekte	<ul style="list-style-type: none"> - Typen: definieren neue Datentypen, Großbuchstabe am Anfang - Werte: definieren die Ausprägung(Inhalt) von Typen, Kleinbuchstabe am Anfang - Makros: ändern die Grammatik einer Sprache, Blockbuchstaben 		447																				
	Typen	<ul style="list-style-type: none"> - Unterschiedene Datentypen: <ul style="list-style-type: none"> - einfache: Integer, Enumeration (nur über def. Werte ansprechbar), Bitstring, Object Identifier (definiert Pfad durch Baum), ... - zusammengesetzte: sequence/sequence of (geordnet), set/set of (ungeordnet, u.U. Tags erforderlich), Choice (ist immer eine der Möglichkeiten) 		449																				

		- tagged Typen es können „Optional“ und „Default“-Werte angegeben werden															
	Tags	4 Klassen: - Universal : Global eindeutig, spezifizieren u.a. Datentypen - Application : eindeutig innerhalb eines ASN.1-Moduls - Context-specific : eindeutig innerhalb eines Konstruktortyps - Private : definiert durch das Unternehmen/die Anwendung: dort eindeutig IMPLICIT bewirkt das Auslassen des ursprünglichen Tags	453														
	BER	- Identifizier (Tag) : ein oder mehrere Oktaden, die die Kodierung für Klassen-Typ und -nummer enthalten - Länge : gibt die Länge des Inhaltes (hängt nicht vom Typ ab) an bzw. kennzeichnet, daß ein Endezeichen vorhanden ist - Endezeichen : kann vorhanden sein, besteht aus zwei 0-Oktaden - Inhalt : eigentlicher Datenwert	456														
	Tag	Aufbau <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 20px;">Klasse</td> <td style="width: 20px;">Typ</td> <td style="width: 100px;">Tagnummer</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> - Klassen: universal = 00, ..., private = 11 - Typ: 0 = einfacher Typ, 1 = zusammengesetzter Typ - Tagnummer: nur die Werte 0,..., 30 werden genutzt, sind alle Bits gesetzt (31), sind die folgenden Bytes auch Tagnummer, 0 im MSB signalisiert Ende 	Klasse	Typ	Tagnummer	458											
Klasse	Typ	Tagnummer															
	Längenfeld	- bekannte Länge : kurze Form: MSB 0, die anderen 7 Bits kodieren die Länge. Lange Form: erstes Bit 1, restliche 7 Bits kodieren Anz. der Längenoktaden, folgende Bits sind Länge - unbekannte Länge : 1000 0000, falls Länge noch nicht bekannt ist	459														
10.3	Internet Namensraum	Struktur : Domäne mit Sub-Domänen, oberste Ebene sind generische (.com) oder Länderdomains, Blätter repräsentieren Domänen ohne Sub-Domänen, aber mit IP-Equipment	463														
	DNS	- Internetsysteme können über Namen oder IP-Adresse identifiziert werden → Abbildung von Namen auf IP nötig - Domain Name System : Verteilte Datenbank mit einer Hierarchie von Name-Servern, Kommunikation nach Client-Server-Modell über DNS-Protokoll (Port 53, über UDP), rekursive und iterative Anfragen möglich - Anfragen nach IP-Adressen, Mail-Servern, Aliasen oder Name-Servern. Kann auch der Lastverteilung dienen, dann Rotation der Antwort-IP	462														
	Name-Server	- Hierarchie von Name-Servern (→ Skalierbarkeit), keiner verfügt über die volle Information - Typen : Root-Server, Lokale (in Unis, ISPs,...), Authoritative Name-Server (unterste Ebene): hier ist jedes System registriert, oft Co-Lokation mit lokalem Name-Server - Für jede Hierarchiestufe (Domäne) gilt: besitzt Autorität zu Namensvergabe innerhalb dieser; besitzt Name-Server, der für die nächst tiefere Ebene zuständig ist; kennt einen Root-Server	466														
	DNS-Dateneinheiten	- Arten von Paketen : Query und Reply, es werden je ein oder mehrere Resource Records (RR) mitgeführt - RR : Tupel mit (Name, Wert, Type, TTL) - Typ=A : Name = Hostname, Wert= zugehörige IP - Typ= NS : Name=Domain, Wert= Hostname of a Server (weiß, wie IPs für Systeme dieser Domain bestimmt werden) - Typ= CNAME : Name=Alias Hostname, Wert: Kanonischer Name - Typ= MS : Name=Alias hostname, Wert=Hostname Mailserver	471														
		<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 50%;">Identification</td> <td style="width: 50%;">Flags</td> </tr> <tr> <td>Number of Questions</td> <td>Number of answer RRs</td> </tr> <tr> <td>Number of authority RRs</td> <td>Number of additional RRs</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Questions (Variable number of RRs)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Answers (Variable number of RRs)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Authority (Variable number of RRs)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Additional information (Variable number of RRs)</td> </tr> </table>	Identification	Flags	Number of Questions	Number of answer RRs	Number of authority RRs	Number of additional RRs	Questions (Variable number of RRs)		Answers (Variable number of RRs)		Authority (Variable number of RRs)		Additional information (Variable number of RRs)		
Identification	Flags																
Number of Questions	Number of answer RRs																
Number of authority RRs	Number of additional RRs																
Questions (Variable number of RRs)																	
Answers (Variable number of RRs)																	
Authority (Variable number of RRs)																	
Additional information (Variable number of RRs)																	
10.4	Email	- vergleichbar mit Post: Asynchroner Datenaustausch - Grundlegende Komponenten : User Agents (=Mail Clients), Mail Server (mit Queue und Postfächern), Simple Mail Transfer Protocol - Ablauf : HELO, MAIL FROM, RCTP TO, DATA, . , QUIT	474														
	Mail Format nach RFC 822	- Header : Message-ID, Date, From, To, Cc, BCC, Reply-To, In-Reply-To, Subject sowie Body - Probleme : keine Übertragung von Binärdateien, keine länderspezifischen Zeichen, begrenzte Größe	476														
	MIME	- Multipurpose Internet Mail Extensions - Content-Types (multipart, mixed, parallel, alternative, digest): Text (Plain, richtext, HTML), Message (rfc 822, partial, external), image (gif, jpeg), audio, application (PostScript, octett-Stream) - Transfer Encoding : 7bit (ASCII) oder 8bit (non-ASCII), binary, quoted-printable, base64 - mehrere Typen in einer Nachricht möglich	477														
	POP3	- Post Office Protocol v3 : Übertragung der Nachrichten zum Client und Ablegen in	479														

		<p>Postfach, Keine Zustandshaltung über POP3-Sitzung hinaus</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ablauf: TCP-Verbindung zu POP-Server an port 110, Authentisierung (Kennung und Passwort), Transaktion (Abrufen und markieren von Nachrichten), Update (löschen markierter Nachrichten) 	
	IMAP	<ul style="list-style-type: none"> - Internet Mail Access Protocol: Email bleiben auf Server gespeichert, Zustandshaltung über eine Sitzung hinaus → Zugriff von versch. Computern möglich - Vorteile: Benutzer kann Nachrichten auf Server kreieren und verwalten, suchen, Verzeichnisbäume, Teilnachrichten abrufbar - Auflauf: Verbindungsaufbau zu IMAP-Server, Interaktion 	481
10.5	WWW	<ul style="list-style-type: none"> - Client-Server-Applikation mit Hypertext - Universal Resource Lokator (URL): Darstellung der Lokation und Zugriffsmethode auf Internet-Ressourcen: <scheme>:<scheme-specific-part> - Hypertext (über ein Netz verbundene Objekte): HTML zur Beschreibung - Austausch über Hyper Text Transfer Protocol (HTTP): zustandsloses Protokoll (Server hält keine Informationen über Clients) über TCP 	482
	HTTP	<ul style="list-style-type: none"> - einfaches, nachrichtenbasiertes ASCII-Protokoll mit Request und Response - Request-Befehle: GET, HEAD, PUT, POST, DELETE, LINK, UNLINK 	484
	Nichtpersistente Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> - pro TCP-Verbindung genau ein Request-Response-Paar, danach wird die Verbindung geschlossen - Probleme: Hoher Ressourcenverbrauch im Server, Slow-Start, RTT 	485
	Persistente Verb.	<p>mehrere Objekte werden über die gleiche TCP-Verbindung bedient, Reduziert Slow-Start-Verzögerung</p> <ul style="list-style-type: none"> - ohne Pipelining: Request wird erst nach Erhalt der vorangegangenen Response versendet - mit Pipelining: Requests können direkt nacheinander versendet werden, Default-Modus bei HTTP 1.1 	486
	HTTP-Dateneinheiten	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Request</p> <ul style="list-style-type: none"> - Request Line: Befehl, URL, HTTP-Version - Header-Lines: Infos über UserAgent, akzeptierte Objekte, Sprache, ... - Entity Body: relevant z.B. bei POST </div> <div style="width: 45%;"> <p>Response</p> <ul style="list-style-type: none"> - Status Line: HTTP-Version, Status (als Code und Text) (z.B. OK) - Header-Lines: Informationen Bearbeitungszeit, Typ des Server, Datum/Größe der Datei, ... </div> </div>	487
	Web-Cache (Proxy)	<ul style="list-style-type: none"> - dient als Server und als Client, speichert in eigenem Speicher angeforderte Objekte → Geringere Antwortzeiten, Reduktion der Netzlast 	489
10.6	Verzeichnisdienst X.500	<ul style="list-style-type: none"> - Funktionen: globales verteiltes Verzeichnis, Speichern, lesen, ändern und löschen von Informationen über Objekte durch Personen, Applikationen und Managementprozesse, Identifikation über eindeutige Namen, Isolation des Benutzers von Änderungen der Abbildung von Namen auf Adressen, Alias-Namen. - 4 Modelle: Informations-, Funktionales, Organisations- und Sicherheitsmodell 	490
10.6.1	Informationsmodell	<ul style="list-style-type: none"> - Beschreibt logische Struktur, Syntax und Bedeutung der im Verzeichnis verwalteten Informationen - Directory Information Base (DIB): Menge der verwalteten Verzeichniseinträge - Verzeichniseintrag: Sammlung von Informationen über ein einzelnes Objekt, besitzt Relativ Distinguished Name (RDN) (eindeutig relativ zu Vorgängern), jedes Objekt besitzt genau einen Eintrag ein der DIB und evtl. ein oder mehrere Aliase - Objektklasse: identifiziert Familie von Objekte, die Eigenschaften gemein haben, jedes Objekt gehört zu mind. einer Objektklasse 	492
	Directory Information Tree	<ul style="list-style-type: none"> - DIT: Anordnung der Verzeichniseinträge in einem Baum: basiert auf den hierarchischen Realwelt-Beziehungen der Objekte, unterstützt das systematische Finden von Objekten und das verteilte Management der DIB - Eindeutiger Name (Distinguished Name) leitet sich aus Baumstruktur ab, setzt sich aus den RDNs zusammen 	494
10.6.2	Funktionales Modell	<ul style="list-style-type: none"> - Directory User Agent: Anwendungsprozess, wird von Person oder Programm gesteuert - Directory System Agent: Anwendungsprozess, Teil des Directories, hält Teile der DIB, stellen einen, keinen oder mehrere Zugriffspunkte zur Verfügung - Operationen: Zuordnen/Aufheben ein Zuordnung 	496

		(Bind/Unbind), Leseoperationen (Read, Compare, Abandon), Suchoperationen (List, Search), Änderungsoperationen (Add Entry, Remove, Modiy) - für Lese-, Schreib- und Suchoperationen steht je ein eigener ASE zur Verfügung		
10.6.3	Integration in die Anwendungsschicht	- Anwendungsprozess: setzt sich aus Verarbeitungs-Komponenten und evtl. mehreren Application Entities (AE) zusammen - AE: Schicht 7, benutzt ASEs: Application Service Elements, in SASEs (Specific ASEs, spezifische Anwendungsdienstelemente) und CASEs (Common ASEs, gemeinsame Anwendungselemente) wie ACSE, ROSE, FTAM u.a., repräsentiert die in Kommunikation assoziierten Aspekte eines Anwendungsprozesses - Anwendungskontext: umfaßt alle verwendeten Protokolle - Kontrollfunktionen koordinieren das Zusammenwirken der ASEs		499
	ACSE	- Association Control Service Element: Auf- und Abbau von Anw.-Assoziationen, verpflichtend für alle Anwendungskontexte, Spielt während des Datenverkehrs keine Rolle - Anwendungsdateneinheiten: (APDUs): AARQ (Application Association Request), AARE (Application Association Response), RLRQ (Release Request), RLRE (Release Response), ABRT (Abort) - muß Informationen bekommen, welche ASEs in die Kommunikation involviert werden		503
	ROSE	- Remote Operation Service Element: zuständig für den Aufruf von Operationen auf entfernten Systemen, Erg. und Fehler werden zurückgemeldet, ist nur in Datenverkehr involviert, kann wahlweise in Anwendungskontext integriert werden - APDUs: Invoke (Aufruf auf entferntem System), Reject (Ablehnen solcher Aufrufe), Error, Result (Meldung des Ergebnisses)		504
	RTSE	Reliable Transfer SE: für zuverlässigen Datenaustausch erforderlich		504

11. Netzwerkmanagement

11.1	Aufgabenbereiche	- Konfigurationsmanagement (Configuration Management): Erzeugen und Verwalten von Konfigurationsinformationen, Parametrisieren der Kommunikation, Kontrolle der Einstellungen und Geräte, liefert grundlegende Informationen über die Netzstruktur - Fehlermanagement (Fault Management): soll störungsfreien Betrieb des Netzes gewährleisten, wichtig für das Vertrauen der Nutzer, Fehlererkennung, -isolation und -behebung - Leistungsmanagement (Performance Management): Überwachen und Verbessern der Netzleistung, Erkennen von Überlastsituationen, häufigen Fehlern ... - Abrechnungsmanagement (Accounting Management): Mitprotokollieren der Ressourcenbelegung, Abrechnungsdaten sammeln und auswerten - Sicherheitsmanagement (Security Management): Vergabe von Kennungen, Datenverschlüsselung, Erkennen und Verhindern von Sicherheitsangriffen		512
	System-Management	an Netzwerkmanagement angegliederte Aufgabenbereiche wie Datensicherung, Organisation verteilter Dateisysteme, Benutzerverwaltung, ...		514
11.2	Komponenten	- Manager: Zentrale Managementanwendung, Schnittstelle zur Inanspruchnahme von Managementdiensten, nimmt Antworten/Meldungen vom Agenten entgegen - Agent: Bestandteil jeder Ressource, bildet Schnittstelle zu dieser, führt Aktionen auf ihr aus, nimmt Anfragen vom Manager entgegen, bildet Antworten/Meldungen - Managementprotokolle: Kommunikation zw. Manager und Agenten - Managed Object (MO): abstraktes Modell der Ressource mit Attributen (privat oder public, beeinflussen das Verhalten), Operationen, Meldungen, Verhalten		515
11.3	OSI-Netzwerk-Management	- Bereitstellung von Basisfunktionen für Management-Anwendungen als verteilte Anwendung - 4 Modelle: Informations-, Funktionales, Organisations- und Kommunikationsmodell		519
11.3.1	Informations-Modell	- Objektorientierter Ansatz: Registrierung aller MOs in Klassen im ISO-Registrierungsbaum, Beschreibung der MOClasses durch mandatory (verpflichtende) und conditional (optionale) Packages. Multiple Inheritance mit Allomorphie (sich wie andere Klassen verhalten können), Enthaltensein-Beziehung (Containment) durch Namensgebung im Containment-Tree (lokale vs. globale Namen) - Operationen auf MOs: create, delete, action - Operationen auf Attributen: get value, replace value, replace with default, add member, remove member - Syntaxbeschreibung per ANS.1, Kodierung per BER, Name per ASN.1 Object Identifier		519

		- Behaviour in natürlicher Sprache	
11.3.2	Kommunikations-Modell	- Bestandteil der Anwendungsschicht, Benutzung von ACSE und ROSE - CMISE: Common Management Information Service Element: allg. OSI-Kommunikationsdienst für das Systemsmanagement, stellt einfach Grundoperationen zur Verfügung, Operiert auf einzelnen MOs (Scoping/Filtering), Dienstprimitive: M-Get, M-Set, M-Action, M-Create, M-Delete, M-Cancel-Get, Protokoll: CMIP (Common Management Information Protocol)	526
	Scoping	- Selektion mehrerer MOs aufgrund der Position im Containment-Tree - 4 Ebenen: Nur Wurzel, alle Objekte der/bis zur n-ten Generation, gesamter Teilbaum	526
	Filtering	Selektion von MOs aus vorselektierter Gruppe durch Tests (boolesche Ausdrücke) auf Attributwerten bzw. hinsichtlich der Anwesenheit von Attributwerten	530
11.4	Internet-Management	- SNMP: Simple Network Management Protocol. Dienstprimitive: GetRequest (Attribut), GetNextRequest, SetRequest, GetResponse, Trap - Agent soll möglichst einfach sein, gleiche Managementtechnologie für alle Geräte, keine Objektorientierung, setzt auf UDP, Integration neuer Funktionen ohne Änderung der Agenten	531
	Trap-Directed Polling	SNMP-Manager pollt regelmäßig die Agenten, diese können zusätzlich durch sog. Traps Ausnahmesituationen signalisieren, s.d. der Manager seine Polling-Strategie anpassen kann	532
	Management-Informationen	- Objekttypen, gesammelt in MIB, in der Regel nicht strukturiert (kein Containment) - Beschreibung mit ASN.1, Attribute sind einen einfachen, nicht zusammengesetzten, typisierten Variablen, als Operationen auf Variablen nur lesen und schreiben	533

12. Spezifikation, Modellierung, Bewertung

12.1	Endliche Automaten	Ziel: Eindeutige und verifizierbare Beschreibung von Protokollen, natürlichsprachliche Beschreibung oft nicht eindeutig → Beschreibung durch endl. Automaten und darauf aufbauende formale Beschreibungssprachen	539
	Mealy	$M = (Z, E, A, \delta, \lambda)$, $\delta : Z \times E \rightarrow Z$, $\lambda : Z \times E \rightarrow A$ Moore-Automat: statt λ Ausgabefunktion β mit $\beta : Z \rightarrow A$ Automaten lassen sich als Tupel, Zustands-/Übergangdiagramm oder Tabellen für δ und λ darstellen	540
	Homomorphismen	$F: Z \rightarrow Z'$, $G: E \rightarrow E'$ und $H: A \rightarrow A'$ surjektiv $F(\delta(z,e)) = \delta'(F(z), G(e))$ und $H(\lambda(z, e)) = \lambda'(Z(z), G(E))$	543
	Isomorphismus	- ex. Homomorphismus von M nach M' und F, G, H sind bijektiv - M und M' haben die gleiche Struktur, lediglich die Ein- und Ausgabezeichen sowie die Zustandsbenennungen können verschieden sein	544
	Äquivalenz	- 2 Automaten sind äquivalent, wenn $E = E'$, $A = A'$ und gleiche Eingabefolgen gleiche Ausgabefolgen erzeugen - 2 Zustände heißen äquivalent, wenn beide als Startzustand das gleiche E/A-Verhalten definieren	545
	Zusammenhang	jeder Zustand erreichbar	546
	Minimalität	Zusammenhängender Automat ohne äquivalente Zustände bzw. in einer Menge äquivalenter Automaten ist der mit am wenigsten Zuständen der minimale	546
	Erweiterte endl. Automaten	- Erweiterungen betreffen den Automaten selbst, die Kopplung mehrere Automaten sowie die Beschreibung des Automaten - einführen von Variablen und ggf. Parametern → Zustandsraum $Z' = Z \times V1 \times V2 \times \dots \times P1 \times P2 \dots$ - Zustandsübergang hängt von Bedingungen (logischen Formeln) über Variablen, Parameter und Eingabezeichen - Jedem Übergang sind Ausgabezeichen und evtl. Variablenzuweisungen zugeordnet	551
	Zeitgeber	- Variablen „mit Eigenleben“ - Deklaration: timer T1 (200msec) - spezielle Operationen: START(T1), RESET (T1) anhalten, zurücksetzen, TIMEOUT(T1):bool	554
	Kanäle	- verbindet 2 Automaten - nichtspeichernde Kanäle: Senden und Empfangen muß gleichzeitig erfolgen (Rendezvouskonzept), sonst blockieren entweder Sender oder Empfänger. - Vorteil: keine Pufferung erforderlich - Nachteil: Starre Synchronisation zw. Sender und Empfänger	555
	Warteschlangen	- Kanäle können zwischenspeichernde Eigenschaft haben (begrenzt oder Unbegrenzt) → Warteschlange - Sender kann mit enqueue ein Zeichen anhängen, Empfänger mit dequeue ein Zeichen entnehmen, blockieren nur, wenn Schlange voll bzw. leer ist - bei Größe=1: Rendezvouskonzept	556
12.2	Spezifikations-Sprachen	- Zustandsraum Z als Werteraum eines Aufzählungstyps deklariert, des weiteren werden Variablen, Timer, Kanäle und Konstanten vereinbart - „ausführbarer Teil“ besteht nicht aus Folge von Anweisungen, sondern aus den Zuständen entsprechenden Abschnitten, in denen Zustandsübergänge beschrieben sind - Bsp: ESTELLE, SDL, UML	562
	SDL	- Secification and Description Language: System aus gleichberechtigten Prozessen, die als erweiterte Automaten spezifiziert werden - Beschreibung von Verhalten und Strukturierung von Systemen - Graphische Darstellung und Programmiersprachliche Darstellung - System gliedert sich in Blöcke, die Unterblöcke oder Prozesse enthalten → Hierarchie unterstützt Top-down-Ansatz - Blöcke: kommunizieren über Kanäle mit ihrer Umwelt	563

		- Prozesse: kommunizieren über Signale, eine parallel laufenden FIFO-Queue pro Prozess, Empfang von Signal löst Zustandübergänge aus, alle Prozesse sind autonom und nebenläufig, ein Prozess kann einen anderen erzeugen, sich aber nur selbst beenden	
12.3	Modellierung von Kommunikations-Systemen	- zur Evaluation der Leistungsfähigkeit von Protokollen: funktionale Leistungsfähigkeit (Verklemmungsfreiheit...), Leistungsfähigkeit unter Lastsituationen (Einhaltung von Verzögerungen...) - Methoden: Analytische Modellierung (z.B. mit Statistik) und simulative Modellierung (kann sehr ins Detail gehen)	572
	Warteschlangen-Systeme	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Beschreibung eines Warteschlangensystems</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anforderungsstrom durch stochastischen Prozess - Bedienzeiten durch identisch verteilte Zufallsgrößen - Bediensituation durch Angabe des Verhaltens der Forderungen, die die Bedienstation besetzen <p>Unterscheidung</p> <ul style="list-style-type: none"> - offene Warteschlangensysteme (Ereignissen können hinzukommen/Wegfallen) - geschlossene Warteschlangensysteme (feste Anz. von Ereignissen) 	573
	Variablen zur Analyse	- Verweilzeit = Wartezeit + Bedienzeit - τ : Zwischenankunftszeit zw. zwei aufeinanderfolgenden Aufträgen, λ : Mittlere Ankunftsrate - s : Bedienzeit eines Auftrages, μ : Mittlere Bedienzeit - l : Anz. Aufträge im System; l_q : Warteschlangenlänge , l_s : Anzahl der Aufträge , die bedient werden - r : Antwortzeit, d.h. Zeit eines Auftrages im System - w : Wartezeit zwischen Ankunft im System und Beginn der Bearbeitung	575
	Theorem von Little	Zusammenhang zwischen mittlerer Anz. von Aufträgen im System L und mittlerer Wartezeit eines Auftrages W $L = \lambda \cdot W$	578