

1.	Einleitung und Überblick über Rechnernetze	2
1.1.	Wichtige Definitionen	2
1.2.	Historie des Internet	2
1.3.	Heutiger Stand	3
1.4.	Segmentierung	3
1.5.	Datensicherung	4
1.6.	Flusssteuerung	5
1.7.	Wegewahl (Routing)	5
1.8.	Ende-zu-Ende-Übertragung	6
1.9.	Das ISO-7-Schichten-Modell	6
1.10.	Indirekte Kommunikation im ISO-Modell	9
1.11.	Header und Trailer	9
1.12.	Beschreibung der Schichten im ISO-Modell	11
1.12.1	Bitübertragungsschicht (Schicht 1)	11
1.12.1.1	Datenraten verschiedener Netz-Technologien	11
1.12.2	Sicherungsschicht (Schicht 2)	12
1.12.2.1	MAC-Subschicht (Medium Access Control)	13
1.12.2.2	LLC-Subschicht	14
1.12.3	Vermittlungsschicht (Schicht 3)	15
1.12.4	Transportschicht (Schicht 4)	16
1.12.5	Sitzungsschicht (Schicht 5)	17
1.12.6	Darstellungsschicht (Schicht 6)	17
1.12.7	Anwendungsschicht (Schicht 7)	18
2.	Beschreibung der Darstellungsschicht (ISO-Schicht 6)	21
2.1.	Multimediale Daten	21
2.2.	Kompression von Graphik/Bild/Video-Daten	22
2.3.	Gliederung der Formate zur Datenspeicherung	23
2.4.	Prinzip der Kompression	24
2.5.	Grobgliederung der Kompressionsalgorithmen	25
2.6.	Feingliederung der Kompressionsalgorithmen	26
2.6.1	Entropie-Kodierungen	26
2.6.2	Quellen-Kodierungen	26
2.6.3	Kanal-Kodierungen	27
2.6.4	Hybride Kodierungen	27
2.7.	Verfahren der Entropie-Kodierung	28
2.8.	Verfahren der Quellen-Kodierung	29
2.9.	Verfahren der Kanal-Kodierung	30
2.10.	Verfahren der hybriden Kodierung	30
2.11.	Beschreibung der Entropie-Kodierungsverfahren	31
2.11.1	Laufängenkodierung	31
2.11.2	Morsekode	33

- 2.11.3 Huffman-Kodierung 34**
 - 2.11.3.1 Definition Entscheidungsbaum 35
 - 2.11.3.2 Algorithmus der Huffman-Kodierung 36
 - 2.11.3.3 Regeln zur Erstellung des Entscheidungsbaums 36
- 2.11.4 Variable Length Integer-Kodierung 40**
- 2.11.5 Lempel-Ziv-Kodierung 44**
- 2.11.6 Arithmetische Kodierung 45**
- 2.11.7 Color-Lookup-Table-Kodierung 47**
- 2.12. Beschreibung der Quellen-Kodierungsverfahren 48**
 - 2.12.1 Prädiktive Kodierung 48**
 - 2.12.2 Transformationskodierung 49**
 - 2.12.2.1 Diskrete Fouriertransformation (DFT) 49
 - 2.12.2.2 Mathematischer Hintergrund der DFT 50
 - 2.12.2.3 2D-DFT für Bilder 52
 - 2.12.2.4 Schnelle Fouriertransformation (FFT) 54
 - 2.12.2.5 Diskrete Cosinustransformation (DCT) 54
 - 2.12.3 Vektorquantisierung 55**
- 2.13. Beschreibung der Kanal-Kodierungsverfahren 56**
 - 2.13.1 Farb-Subsampling 56**
 - 2.13.2 Subband-Kodierung 57**
- 3. JPEG (= Hybride Kodierung) 57**
 - 3.1. Vorteile von JPEG 59**
 - 3.2. Wichtige Begriffe in JPEG 59**
 - 3.2.1 Farbraumdarstellung (Farbmodell) 60**
 - 3.2.2 x:y:z-Notation für Farb-Subsampling (CCIR-601) 60**
 - 3.2.3 JPEG-Komponenten (Bild-Bestandteile) 62**
 - 3.2.4 JPEG-Farb-Subsampling 63**
 - 3.2.5 Dateneinheiten 64**
 - 3.2.6 Minimal Coded Units (MCUs) 65**
 - 3.2.6.1 MCUs aus einzelnen Komponentenelementen und Farb-Subsampling 66
 - 3.2.6.2 MCUs aus Blöcken von Komponentenelementen und Farb-Subsampling 67
 - 3.3. Kompression mittels diskreter Cosinustransformation (DCT) 67**
 - 3.4. Verlustfreie Kompression in JPEG 68**
 - 3.5. Prädiktor Modi 69**
 - 3.6. Verlustbehaftete Kompression in JPEG 69**
 - 3.6.1 Sequentieller Modus 70**
 - 3.6.2 Progressiver Modus 70**
 - 3.6.2.1 Spektrale Variante des progressiven Modus 72
 - 3.6.2.2 Approximative Variante des Progressiven Modus 73
 - 3.6.3 Hierarchischer Modus 73**
 - 3.7. Beschreibung des sequentiellen Modus von JPEG 74**
 - 3.7.1 JPEG Blockvorbereitung 75**
 - 3.7.1.1 Konvertierung in den Y-Cb-Cr-Farbraum 75
 - 3.7.1.2 Abspeicherung in drei JPEG-Komponenten 76

- 3.7.1.3 Farb-Subsampling 76
- 3.7.1.4 Nullpunktverschiebung 76
- 3.7.1.5 Aufteilung in Blöcke der Größe 8x8 76
- 3.7.2 DCT jedes Blocks 78**
- 3.7.3 Berechnung der DCT-Koeffizienten (Hintransformation) 78**
 - 3.7.3.1 Graphische Darstellung der 2D-Basisfunktionen für die Helligkeitswellen 80
- 3.7.4 Kompression im Fourierraum 81**
 - 3.7.4.1 Kompression durch Quantisierung der Fourierkoeffizienten 82
 - 3.7.4.2 Wirkung der Quantisierung 86
- 3.7.5 Prädiktive Kodierung des Gleichanteils 87**
- 3.7.6 Lauflängenkodierung der Wechselanteile 87**
 - 3.7.6.1 Statistische Kodierung aller Koeffizienten 88

4. MPEG (= Hybride Kodierung) 89

- 4.1. Anwendungsbereiche 90**
 - 4.1.1 MPEG-1 90
 - 4.1.2 MPEG-2 90
 - 4.1.3 MPEG 4 91
- 4.2. Gemeinsame Eigenschaften von MPEG-1 und 2 91**
- 4.3. Unterschiede zwischen MPEG 1,2 und 4 92**
 - 4.3.1 MPEG-1 92
 - 4.3.2 MPEG-2 93
 - 4.3.3 MPEG-4 93
- 4.4. Übersicht MPEG-1 93**
- 4.5. MPEG-1/Video 95**
 - 4.5.1 Bewegungskompensation 96**
 - 4.5.1.1 Vorteile der Bewegungskompensation 99
 - 4.5.1.2 Wann sind zwei Macroblöcke ähnlich? 101
 - 4.5.1.3 Suche nach ähnlichen Macroblöcken 101
 - 4.5.1.4 „Brute-force“-Methode 102
 - 4.5.1.5 Methode mit mehreren Gittern 102
 - 4.5.2 Elimination der zeitlichen Redundanz 103**
 - 4.5.3 Macroblock ohne Entsprechung 103**
 - 4.5.4 MPEG-1-Frames 105**
 - 4.5.4.1 Intracoded Frames (I Frames) 106
 - 4.5.4.2 Predicted Frames 107
 - 4.5.4.3 Bidirectional predicted Frames 108
 - 4.5.4.4 Rückwärtsverzögerung bei B- Frames 110
 - 4.5.4.5 Problem bei B-Rahmen 110
 - 4.5.4.6 DC-coded Frames 111
 - 4.5.5 MPEG-Datenstrom 112**
 - 4.5.6 Schichten des MPEG-Datenstroms: 113**
 - 4.5.6.1 Block-Layer 113
 - 4.5.6.2 Makroblock-Layer 113
 - 4.5.6.3 Slice-Layer 114
 - 4.5.6.4 Picture-Layer 114
 - 4.5.6.5 Group-of-Picture-Ebene 115
 - 4.5.6.6 Sequenz-Layer 116

- 4.6. MPEG-1/Audio 116**
 - 4.6.1 Wie funktioniert der MP 3-Player? 117**
 - 4.6.2 MPEG1-Audio-Kanäle 119**
- 4.7. MPEG-2 119**
 - 4.7.1 Blockschaltbild der MPEG2 Audio- und Video-Signalmischung 122**
 - 4.7.2 MPEG-2/Audio 122**
- 4.8. MPEG-4 123**
 - 4.8.1 MPEG-4-Kompressionsverfahren 124**
- 5. Anwendungsschicht (ISO-Schicht 7) 126**
 - 5.1. Klassifizierung nach Diensten und Anwendungen 126**
 - 5.1.1 Weitere Beispiele für Internet-Dienste 127**
 - 5.2. Steuerungsprotokolle 128**
 - 5.3. Vergleich zwischen dem ISO 7-Schichten-Modell und dem Internet 129**
 - 5.4. Verzeichnisdienste (Namensdienste) 129**
 - 5.5. Domain Name System (DNS) 130**
 - 5.6. Abbildung von Rechnernamen auf Netzadressen bei DNS 131**
 - 5.6.1 Root-Knoten im DNS 132**
 - 5.6.2 DNS-Namen 133**
 - 5.6.3 Der DNS-Namensbaum 134**
 - 5.6.4 Realisierung des DNS 137**
 - 5.6.4.1 Resource Records 137
 - 5.6.4.2 Zonen 138
 - 5.6.5 Namens“auflösung“ 139**
 - 5.6.5.1 Schema der rekursiven Namensauflösung 140
 - 5.6.6 Autoritativer Namens-Server 141**
 - 5.6.6.1 Aufgaben des autoritativen Namens-Servers 141
 - 5.6.7 Anfragen an den autoritativen Name Server (Query) 141**
 - 5.6.8 Aufbau des Query Headers 142**
 - 5.6.9 Dateien, die jeder Name Server braucht 144**
 - 5.6.10 Aufbau eines Resource Records 144**
 - 5.6.10.1 Aufbau des Typ-Feldes eines Resource Records 145
 - 5.6.11 Beispiel einer manuellen DNS Query 146**
 - 5.7. Telnet (Telecommunication Network) 147**
 - 5.7.1 Telnet-Programme 148**
 - 5.8. FTP (File Transfer Protocol) 149**
 - 5.8.1 Sichere Übertragung bei FTP 151**
 - 5.9. List Server 152**
 - 5.10.E-Mail (Electronic Mail) 153**
 - 5.10.1 Benutzeragent 154**
 - 5.10.2 Nachrichtentransferagent 155**
 - 5.10.3 Beispiel für die Zustellung einer E-Mail 157**
 - 5.10.4 POP3-Protokoll (Post Office Protocol Version 3) 158**
 - 5.10.5 IMAP (Interactive Mail Access Protocol) 158**

5.10.6 SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) 158

5.10.6.1 Beispiel für SMTP-Dialog 159

5.10.7 MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) 160

5.10.7.1 Quoted Printable Encoding 161

5.10.7.2 ISO 8859-1-Tabelle 163

5.10.7.3 Base64Encoding 164

5.10.7.4 Typen von MIME-E-Mails (kleiner Auszug) 166

5.11. World Wide Web (www) 168

5.11.1 Was ist das www? 168

5.11.2 Komponenten des www 169

5.11.3 Die wichtigsten Ziele des www 169

5.11.4 Wichtige Entwicklungen im www 170

5.11.5 www als Hypermedium 173

5.11.5.1 Was ist ein Hypermedium? 173

5.11.5.2 Hypertext 173

5.12. URL-Adressierung 174

5.12.1 Einfaches URL-Format 175

5.12.2 Komplexes URL-Format 175

5.13. Aufruf einer statischen web-Seite bei einem web-Server über die URL 177

6. Wichtige Web-Technologien 177

6.1. Client-Server-Architektur 178

6.2. HTML 181

6.3. Java Servlet 181

6.4. Java Portlets 182

6.5. Java Server Pages (JSP) 183

6.6. Applets 184

6.7. Sonstige Open Source Technologien für das www 185

6.8. Hypertext Transport-Protokoll 185

6.8.1 HTTP-Entwurfsziele 186

6.8.2 Nachteile von http 187

6.8.3 HTTP-Transaktion (Phasen 1-4) 187

6.8.4 Raum-/Zeitdiagramm des http-Protokolls 189

6.8.4.1 1. Connection 189

6.8.4.2 2. Request 189

6.8.4.3 3. Response 192

6.8.4.4 4. Disconnection 192

6.8.5 Beispiele von Elementen im Response-Header 193

6.8.6 Unterschied zwischen http und REST 194

6.8.7 Unterschied zwischen REST und WebDAV 195

7. Middleware für verteilte Anwendungen im Internet 196

7.1. Übersicht 197

7.2. Status und Verwendbarkeit bekannter Middleware 198

7.3. Das Network File System (NFS) 200

- 7.3.1 Merkmale von NFS 200**
- 7.3.2 Funktionsweise von NFS 201**
- 7.3.3 NFS-Protokoll (bis NFS-Version 3) 204**
- 7.3.4 Mount-Protokoll (bis NFS-Version 3) 204**
- 7.3.5 Netzwerk Lock-Manager und Lock-Protokoll (bis NFS-Version 3) 206**
- 7.3.6 Ab NFS-Version 4 (RFC 3530) 207**
- 7.3.7 NFS und Datensicherheit (security) 207**
- 7.3.8 Netzwerk Status-Monitor 208**
- 7.4. Das Common Gateway Interface (CGI) 208**
 - 7.4.1 Erstellen einer dynamischen web-Seite (Web-Formular) über CGI 209**
 - 7.4.2 Ablauf bei einer dynamischen web-Seite mit CGI 211**
 - 7.4.3 Serverseitiger Aufruf von CGI zur Bearbeitung eines html- Formulars 213**
 - 7.4.4 Parameterübergabe zwischen Web Client und Web Server 213**
 - 7.4.5 Das CGI-Parameterformat 215**
 - 7.4.6 Speicherung der Benutzereingaben 217**
 - 7.4.6.1 Versteckte Felder 217
 - 7.4.6.2 Cookies 218
 - 7.4.6.3 Erstellen eines Cookies 219
 - 7.4.6.4 Bedeutung der Datenfelder imSet-Cookie-Schlüsselwort 220
 - 7.4.6.5 HTML-Kommando zur Cookie-Erstellung 221
- 7.5. Remote Procedure Calls (RPCs) 222**
 - 7.5.1 Definition von RPCs 223**
 - 7.5.2 Eigenschaften von RPCs 224**
 - 7.5.3 Unterschiede zu lokalen Prozeduraufrufen 224**
 - 7.5.3.1 Inkompatibilitäten bei der Rechnerkommunikation 225
 - 7.5.4 Parameterübergabe bei RPCs 227**
 - 7.5.5 Aufruf einer entfernten Prozedur 229**
 - 7.5.5.1 Ablaufdiagramm des Fernaufrufs 231
 - 7.5.5.2 RPC-Aufruf inkl. der Betriebssystemdienste 233
 - 7.5.6 Zusammenbinden des Client mit dem RPC Server 234**
 - 7.5.6.1 Statisches Binden 234
 - 7.5.6.2 Dynamisches Binden 234
 - 7.5.7 Signatur einer RPC-Funktion 235**
 - 7.5.8 Beispiel SUN RPCs 235**
 - 7.5.9 Automatische Stub-Code-Erzeugung für RPCs 236**
 - 7.5.10 Verteiltes Binden von Client und Server 237**
 - 7.5.10.1 Ablauf des verteilten Bindens 239
 - 7.5.11 Fehlersituationen bei RPCs 240**
 - 7.5.11.1 RPC-Fehlersemantik 241
 - 7.5.12 Geschwindigkeit von RPCs 242**
 - 7.5.13 Maßnahmen zur Effizienzsteigerungen bei RPCs 242**
 - 7.5.13.1 Verminderung der Kopienzahl 243
 - 7.5.13.2 Einführen von Vater- und Kindprozessen 244
 - 7.5.13.3 Einführen von leichtgewichtigen Prozessen 247
 - 7.5.14 Zusammenfassung der Probleme bei RPCs 248**
- 7.6. Microsoft .net 249**

8. Virtuelle Maschinen 251

- 8.1. Vorteile der Virtualisierung 253**
- 8.2. Aufbau einer VM 255**
- 8.3. Nachteile der Virtualisierung 256**
- 8.4. Host OS und Guest OS 256**
- 8.5. Hypervisor 257**
- 8.6. ESXi, KVM, QEMU und Hyper-V 259**

9. Server-Virtualisierung 260

- 9.1. Emulation von PCI-Geräten durch QEMU 262**
 - 9.1.1 Gerätetreiberzugriff auf emuliertes PCI-Netzwerkgerät 263**
 - 9.1.2 IO-Virtualisierung und Virtualisierungsbeschleuniger 264**
- 9.2. Technische Herausforderungen der Server-Virtualisierung 265**
- 9.3. Vertiefung der Server-Virtualisierung 267**
- 9.4. Inter-VM und Inter-vCPU-Kommunikation auf demselben Server 268**
- 9.5. Vertiefung der IO-Virtualisierung 269**
- 9.6. Arten der Server-Virtualisierung 272**
 - 9.6.1 Vollständige Simulation der Hardware in Software 273**
 - 9.6.2 Zusammenfassung Simulation der Hardware in Software 275**
 - 9.6.3 Paravirtualisierung 276**
 - 9.6.4 Hardware-unterstützte Virtualisierung 278**
- 9.7. SR-IOV 279**
- 9.8. Container anstelle von VMs 280**

10. Cloud Computing 281

- 10.1. Vorteile einer Cloud 282**
- 10.2. Nachteile einer Cloud 284**
- 10.3. Das Cloud-Betriebssystem 285**
- 10.4. Das Cloud OS „OpenStack“ 286**
 - 10.4.1 OpenStack-Dienste 287**
 - 10.4.2 Eigenschaften des OpenStack Cloud OS 291**
 - 10.4.3 Unterstützung von OpenStack durch libvirt 291**
 - 10.4.4 OpenStack im Kontext 293**