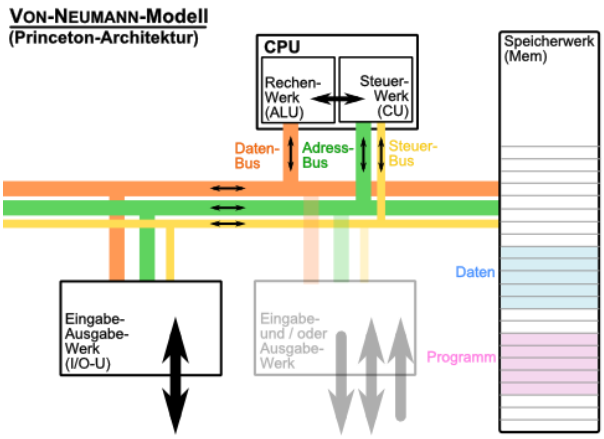
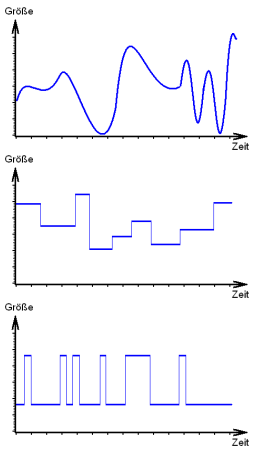
Informatik

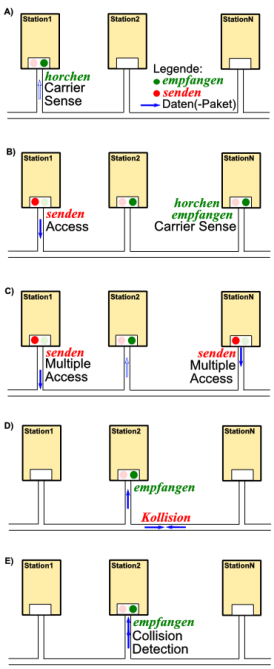
für die Sekundarstufe II

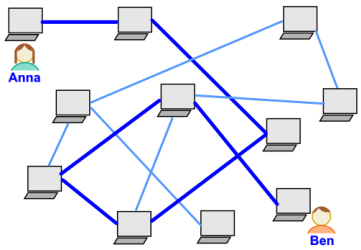
- Rechner, Netzwerke und Protokolle -

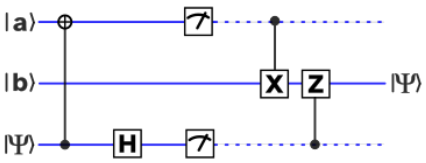
Autor: L. Drews

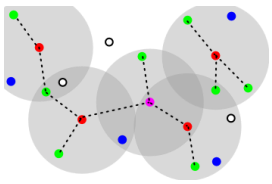


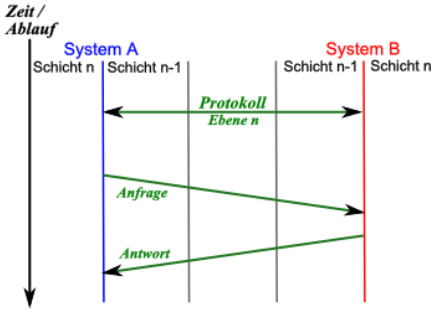


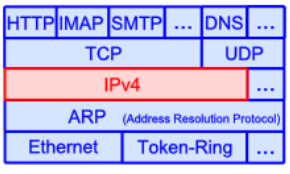








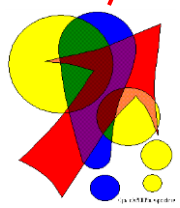




unredigierte Version 0.12d (2025)

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Legende:
mit diesem Symbol werden zusätzliche Hinweise, Tips und weiterführende Ideen gekennzeichnet



Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:

(1) Dieses Skript (Werk) ist zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form veröffentlicht werden.

(2) Das Weglassen von Abschnitten oder Teilen (z.B. Aufgaben und Lösungen) in Teildrucken ist möglich und sinnvoll (Konzentration auf die eigenen Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden). Bei angemessen großen Auszügen gehört das vollständige Inhaltsverzeichnis und die Angabe einer Bezugsquelle für das Originalwerk zum Pflichtteil.

(3) Ein Verkauf in jedweder Form ist ausgeschlossen. Der Aufwand für Kopierleistungen, Datenträger oder den (einfachen) Download usw. ist davon unberührt.

(4) Änderungswünsche werden gerne entgegen genommen. Ergänzungen, Arbeitsblätter, Aufgaben und Lösungen mit eigener Autorenschaft sind möglich und werden bei konzeptioneller Passung eingearbeitet. Die Teile sind entsprechend der Autorenschaft zu kennzeichnen. Jedes Teil behält die Urheberrechte seiner Autorenschaft bei.

(5) Zusammenstellungen, die von diesem Skript - über Zitate hinausgehende - Bestandteile enthalten, müssen verpflichtend wieder gleichwertigen Nutzungsbestimmungen unterliegen.

(6) Diese Nutzungsbestimmungen gehören zu diesem Werk.

(7) Der Autor behält sich das Recht vor, diese Bestimmungen zu ändern.

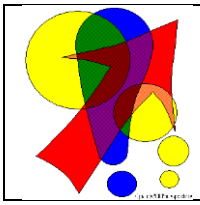
(8) Andere Urheberrechte bleiben von diesen Bestimmungen unberührt.

Rechte Anderer:

Viele der verwendeten Bilder unterliegen verschiedensten freien Lizenzen. Nach meinen Recherchen sollten alle genutzten Bilder zu einer der nachfolgenden freien Lizenzen gehören. Unabhängig von den Vorgaben der einzelnen Lizenzen sind zu jedem extern entstandenen Objekt die Quelle, und wenn bekannt, der Autor / Rechteinhaber angegeben.

public domain (pd)	Zum Gemeingut erklärte Graphiken oder Fotos (u.a.). Viele der verwendeten Bilder entstammen Webseiten / Quellen US-amerikanischer Einrichtungen, die im Regierungsauftrag mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden und darüber rechtlich (USA) zum Gemeingut wurden. Andere kreative Leistungen wurden ohne Einschränkungen von den Urhebern freigegeben.
gnu free document licence (GFDL; gnu fdl)	
creative commens (cc) creative commons	BY: od. neu … Namensnennung … nichtkommerziell … in der gleichen Form … unter gleichen Bedingungen

Die meisten verwendeten Lizenzen schließen eine kommerzielle (Weiter-)Nutzung aus!



Bemerkungen zur Rechtschreibung:

Dieses Skript folgt nicht zwangsläufig der neuen **ODER** alten deutschen Rechtschreibung. Vielmehr wird vom Recht auf künstlerische Freiheit, der Freiheit der Sprache und von der Autokorrektur des Textverarbeitungsprogramms microsoft ® WORD ® Gebrauch gemacht.

Für Hinweise auf echte Fehler ist der Autor immer dankbar.

Inhaltsverzeichnis:

Seite

0. Einleitung 11

1. Rechner - Grundlagen 12

1.0. Grundbegriffe / Grundprinzipien 12

1.0.1. alle mit EVA – oder? 12

1.0.2. analog oder digital – das (!) ist hier die Frage 13

1.1. Grundlagen der digitalen Datenverarbeitung 16

1.1.x. Zahlensysteme 16

1.1.x.y. das duale Zahlensystem 17

1.1.x.y. Konvertierung von Zahlen zwischen den Zahlensystemen 18

1.1.x.y.z. Rechnen im dualen Zahlensystem 21

Exkurs: Wie ging den noch die schriftliche Addition im Dezimalsystem? 21

1.1.x.y.z. logische Operationen im dualen Zahlensystem 27

Logik-Gatter – die technische Realisierung von Logik-Operationen 30

Umsetzung in ein Rechenwerk 33

1.1.x.y. das hexadezimale Zahlensystem 35

1.2. Aufbau von Datenverarbeitungsanlagen 39

Definition(en): Datenverarbeitungsanlage 39

Definition(en): Hardware 39

Definition(en): Software 39

Definition(en): Informatik-System / informatisches System 40

Definition(en): Programm 40

Definition(en): Information 40

Definition(en): Datum 40

Biographie: Konrad ZUSE (1910 - 1995) 41

1.2.1. Grundelement Speicher 42

1.2.2. VON-NEUMANN-Architektur 44

Definition(en): VON-NEUMANN-Architektur 45

Grobaufbau einer CPU 46

Exkurs: Prozessoren von morgen? 51

Biographie: John VON NEUMANN (1903 - 1957) 54

1.2.3. Prozesse 55

Definition(en): Prozess 55

Definition(en): Interrupt 57

Definition(en): Task 58

Definition(en): Thread 58

1.2.4. Programmierung des Rechners / der CPU 59

1.2.4.2. Simulation eines VON-NEUMANN-Rechner mit "Johnny" 60

1.2.2.2.1. Aufbau des Simulators 61

1.2.2.2.2. Programmierung von Johnny 69

1.2.2.2.2.1. Erstellen einfacher Assembler-Programme 69

1.2.2.2.2.2. Beobachtung des VON-NEUMANN-Befehls-Zyklus 77

1.2.2.2.2.3. Erstellen neuer Makro's / Assembler-Befehle 79

1.2.2.3. Simulation eines VON-NEUMANN-Rechner mit MOPS 81

Besonderheiten zum Aufbau der einzelnen Werke 82

Erstellen eines Assembler-Programm's 83

Übersicht zum Assembler-Code in MOPS (Cheat sheet) 84

Übersetzen des Programm's in Maschinen-Code und Simulation der Abläufe 87

1.2.2.4. neuartige Strukturen / Modelle / Konzepte / Erweiterungen bei VON-NEUMANN-Rechnern 88

1.2.5. Harvard-Architektur 89

Definition(en): Harvard-Architektur 89

1.2.6. Assoziativ-Maschine 90

Definition(en): Assoziativ-Architektur 90

1.2.7. Ternär-Rechner ... 91
1.2.7.1. Geschichtliches / Historie ... 91
1.2.7.2. Grundlagen / ternäre Logik ... 92
1.3. das Schalen-Modell ... 96
1.4. Quanten-Computing ... 98
1.4.0. Grundlagen ... 98
1.4.0.1. Historie / Geschichte ... 98
1.4.1. Qubit's ... 99
Definition(en): Qubit (Quanten-Bit) ... 100
Definition(en): Superposition ... 101
Definition(en): Verschränkung ... 101
Definition(en): Dekohärenz ... 101
Definition(en): Unterscheidbarkeit ... 101
1.4.2. Quanten-Schaltkreise – Schaltkreise für Qubit's ... 101
Definition(en): Quanten-Schaltkreis ... 102
Definition(en): Quanten-Gatter ... 103
1.4.3. Quanten-Register ... 104
Definition(en): Quanten-Register ... 105
Definition(en): Basis-Zustand ... 105
Definition(en): Amplitude ... 106
Definition(en): Superposition ... 106
1.4.4.1. Berechnen von Quanten-Registern ... 107
1.4.4.2. Veranschaulichen / Illustration von Quanten-Registern ... 109
1.4.4.3. Veranschaulichung des Messen's in Quanten-Registern ... 110
1.4.4.4. verschiedene Quanten-Gatter in Quanten-Registern ... 112
PAULI-X-Gatter, X-Gatter ... 112
PAULI-Y-Gatter, Y-Gatter ... 114
PAULI-Z-Gatter, Z-Gatter ... 114
HADAMARD-Gatter, H-Gatter ... 117
Anwendung des HADAMARD-Gatter's zur Erzeugung von echtem Zufall ... 118
Nutzung des HADAMARD-Gatter's in Quanten-Registern ... 119
controlled NOT-Gatter, CNOT-Gatter ... 121
TOFFOLI-Gatter ... 123
weitere Objekte in Quanten-Schaltkreisen ... 123
1.4.4. Quanten-Gatter zu Quanten-Schaltkreisen kombiniert ... 125
1.4.5. Quanten-Algorithmen ... 128
1.4.6. Quanten-Computer ... 129
Definition(en): Topologie ... 130
1.5. Virtualisierung ... 131
Virtualisierung / Simulation von Rechnern / Servern ... 131
Einbau einer Zwischen-Schicht ... 132
Emulatoren ... 132
Java Runtime Environment (JRE) ... 132
.Net ... 132
Wine ... 132
echte Virtualisierung von Rechner-Systemen ... 133
virtualBox ... 133
VMware ... 133
Docker ... 133
Cloud-Computing ... 133
1.6. Kenndaten für Computer-Systeme ... 135

2. Netzwerke - Grundlagen ... 136

2.1. Grundlagen Netzwerke ... 136
Definition(en): Netzwerk ... 136
Topologien ... 137
Topologie: Struktur-Aspekt ... 137

Ring-Topologie ... 137
Bus-Topologie ... 138
Stern-Topologie ... 138
Maschen-Netz als offene Misch-Topologie ... 139
weitere Topologien ... 141
Topologie: Ausdehnungs-Aspekt ... 142
GAN ... 142
Definition(en): GAN ... 142
WAN ... 142
Definition(en): WAN ... 142
MAN ... 143
Definition(en): MAN – Metro Area Network ... 143
LAN ... 144
Definition(en): LAN – Local Area Network ... 144
PAN ... 144
Definition(en): PAN – Personal Area Network ... 144
Ad-hoc- und Pico-Netzwerke ... 145
Topologie: (inhaltlicher) Abgrenzungs-Aspekt ... 147
Intranet ... 147
Definition(en): Intranet ... 147
Internet ... 148
Definition(en): Internet ... 148
Kommunikations-Konzepte ... 149
Client-Server-Konzept ... 149
Peer-to-Peer-Konzept ... 150
2.2. Grundlagen Datenübertragung ... 151
2.2.x. allgemeines Modell der Kommunikation ... 151
2.2.x. Medien für die Daten-Übertragung ... 152
2.2.x.y. Kabel ... 152
2.2.x.y.z. Luftkabel ... 152
2.2.x.y.z. Verlegekabel ... 153
2.2.x.y.z. Stromleitungen ... 153
2.2.x.y.z. Erdkabel ... 153
2.2.x.y.z. Unterseekabel ... 153
2.2.x.y. Lichtwellenleiter ... 154
2.2.x.y.z. Single-Mode ... 154
2.2.x.y.z. Multi-Mode ... 154
2.2.x.y. Funkwellen ... 155
2.2.x.y.z. Infrarot ... 155
2.2.x.y.z. Richtfunk ... 155
2.2.x.y.z. Satellitenfunk ... 155
2.2.x.y.z. Landfunk ... 155
2.2.x.y.z. Lokalfunk ... 155
2.3.x. Modulations-Verfahren ... 156
2.3.x.y. Amplituden-Modulation ... 156
2.3.x.y. Frequenz-Modulation ... 157
2.3.x.y. Phasen-Modulation ... 158
2.4.x. Schicht-Modelle ... 159
2.4.x.y. ISO-OSI-Schichtmodell ... 159
Überblick über das OSI-Modell und Einordnung des TCP/IP-Modell's ... 161
Definition(en): ISO-OSI-Modell ... 162
Vereinfachtes Modell für Paketierung im Internet – Waren-Ver- und Entpackung 168
2.4.x.y. DoD-Modell ... 169
2.4.x.y. TCP/IP-Referenz-Modell ... 170
IP-Schicht ... 171
Exkurs: MAC-Adresse ... 172
IP-Adresse ... 173

Berechnungen der Netzwerk-Adressen-Teile: ... 181
Berechnungen der optimalen Netz- / Subnetz-Maske: ... 182
Netzwerk-Automatisierung ... 190
DHCPv6 ... 191
Internet-Ressourcen-Adressen ... 193
OSI-Adressen ... 194
Transport-Schicht ... 195

3. Protokolle - Grundlagen ... 198
Definition(en): Protokolle ... 199
3.x. Kommunikations-Modi ... 201
3.x.1. synchrone Datenübertragung ... 201
3.x.2. asynchrone Datenübertragung ... 201
Verbindungs-orientierte Daten-Übertragung ... 202
Definition(en): Verbindungs-orientierte Kommunikation ... 203
Verbindungs-lose Daten-Übertragung ... 206
Definition(en): Verbindungs-lose Kommunikation ... 206
CSMA/CD-Zugriffs-Verfahren ... 207
Token-Ring-Verfahren ... 209
ALOHA-Verfahren ... 212
Netzwerk-Protokolle ... 213
Address Resolution Protocol - ARP ... 213
Internet Message Control Protokoll - ICMP ... 214
Dynamic Host Configuration Protokoll - DHCP ... 218
DNS-Service ... 219
http- und https-Protokoll ... 222
Codierung ... 225
Definition(en): Codierung ... 225
Codierung von 0 und 1 auf Schicht 1 ... 225
Manchester-Kodierung ... 225
4B/5B-Kodierung ... 226
8B/10B-Kodierung ... 227
weitere Kodierungen ... 228
MLT-3-Kodierung ... 228
PAM5- und Trellis-Kodierung ... 228
RC5-Code ... 229
Umsetzung einer (möglichen) Decodierung des RC5-Codes ... 231
Decabit-Impulsraster ... 231
Unified Diagnostic Services (UDS) ... 233
Chiffrierung ... 234
Definition(en): Chiffrierung ... 234

4. praktische Netzwerke und ihre Protokolle ... 235
4.1. das Ethernet ... 235
Definition(en): Ethernet ... 235
Standard-Ethernet ... 236
10Base5 ... 236
10Base2 ... 236
10BaseT ... 236
10BaseF ... 236
Fast-Ethernet ... 237
Gigabit-Ethernet ... 237
zukünftige Ethernets ... 238
Aufbau eines Ethernet-Paketes (mit maximalen IPv4- / TCP-Daten) ... 239
4.1.x. Ethernet-Geräte ... 240
2.5.x.y. Repeater, Hub's, Switches, Router, Brigdes, Gateway's ... 240
2.5.x.y.z. Repeater ... 242
Definition(en): Repeater ... 242

2.5.x.y.z. Hub ... 243
Definition(en): Hub ... 243
2.5.x.y.z. Bridge ... 244
Definition(en): Brigde ... 244
2.5.x.y.z. Switch ... 245
Definition(en): Switch ... 246
2.5.x.y.z. Router ... 248
Definition(en): Router ... 248
2.5.x.y.z. Gateway ... 249
Definition(en): Gateway ... 249
Wege-Wahl-Verfahren ... 250
Domain Name Service (DNS) ... 250
Datenübertragung ... 250
der heimische WLAN-Router – ein kleines Universal-Gerät ... 254
4.2. Simulation von Netzen mit Filius ... 257
4.2.0. Wege zu Filius ... 257
4.2.1. Aufbau von Netzen ... 258
4.2.1.1. Einrichten und Nutzen von Netzendgeräten in Filius ... 259
4.2.1.2. Verbinden von Netzendgeräten in Filius ... 263
4.2.1.3. Clients und Server ... 270
4.2.2. Verbindung von Netzen ... 273
4.3. Simulation von Netzen mit NetEmul ... 275
4.3.0. Einführung ... 275
4.3.1. Programm-Start und Aufbau eines Netwerkes ... 275
4.3.2. Simulationen und Beobachtungen im Netzwerk ... 278
kleiner Hilfs-Algorithmus zum Erstellen von Netzwerk's- und Kommunikations-Protokollen ... 279
4.3.2.x. ARP-Nachrichten ... 282
4.3.2.x. IP-Nachrichten ... 283
4.3.2.x. zusätzliche Programme auf den Netzgeräten ... 283
4.3.3. Erweiterung um weitere Netzwerk-Komponenten und -Verbindungen ... 285
4.3.3.1. Einbau eines Server's zum Bereitstellen eines Dienstes ... 285
4.3.3.2. Einbau eines Router's zum Verbindung von unterschiedlichen Netzen ... 288
4.3.3.3. Einbau einer Bridge zum Verbindung von Teil-Netzwerk ... 288
4.3.3.4. Verwendung eines Gateway's – zentrale Kontrolle ... 289
4.3.3.5. Verwendung eines Hub's in Netzen ... 289
4.x. spezielle Netze und Protokolle ... 292
ISDN ... 292
DSL ... 292
Kabelmodem ... 292
WLAN ... 293
GSM ... 293
UMTS ... 293
Internet ... 294
Biographie: Tim BERNERS-LEE (1955 -) ... 296
TCP/IP ... 297
IPv4 ... 297
IPv6 ... 297
IPv6 und das IoT ... 300
UDP ... 301
TCP ... 301
Übertragungsrahmen Ethernet ... 302
wichtige Internet-Protokolle ... 303
electronic Mail (eMail) ... 303
POP / IMAP ... 303
SMTP ... 303
Hypertext-System ... 303

Hypertext Transport Protocol (http, HTTP) ... 303
Datei-Übertragungs-Protokolle ... 304
File Transfer Protocol (FTP) ... 304
das Usenet ... 305
4.x. Clouds – Arbeiten in der Wolke ... 306
4.x. IoT – Internet of Things ... 307
4.x.y. MQTT – das Protokoll für IoT ... 308
4.x.y.z. alternative Prokolle für IoT-Anwendungen ... 313
http als IoT-Protokoll ... 313
CoAP ... 313
XMPP ... 314
iBeacon ... 314
4.x. IoV – Internet of Value / Blockchain-Technologie ... 315
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen ... 315
Definition(en): Blockchain ... 315
Sicherheit in Blockchain-Systemen ... 323
4.x.y. Krypto-Zahlungssysteme ... 325
4.x.y.0. Grundlagen ... 325
4.x.y.1. Anwendungs-Beispiele zur Blockchain-Technologie ... 328
4.x.y.2. Blockchain-Hauptanwendung: Finanzwesen und Krypto-Währungen ... 334
4.x.y.2.0. "normale" Bankgeschäfte (ohne Blockchain) ... 334
4.x.y.2.1. Bankgeschäfte mit Blockchain ... 334
Definition(en): Bitcoin ... 335
4.x.y.3. Anwendung: Cloud's und Cloud-Computing ... 338
4.x.y.4. Anwendung: Internet of Things (IoT) ... 339
4.x.y.4. Anwendungs-Bereich: Energie-Sektor ... 341
4.x.y.5. Anwendungs-Bereich: Logistik ... 342
4.x.y.6. Anwendungs-Bereich: Identitäts-Management ... 343
4.x.y. Blockchain selber programmieren ... 345
4.x.y.0. Grundlagen / Ausgangspunkt ... 345
4.x.y.1. einfache Transaktions-Historie ... 345
4.x.y.2. Manipulations-Möglichkeiten der Transaktions-Historie ... 345
4.x.y.3. Absicherung der Transaktions-Historie ... 345
4.x.y.4. ein Blockchain-System a'la Bitchoin ... 346
4.x.y.4.1. ein Blockchain-System a'la Bitchoin in Python ... 346
4.x.y.4.2. ein Blockchain-System a'la Bitchoin in JAVA ... 349

5. Datenschutz und Datensicherheit ... 355

6. Sicherheit in Datennetzen ... 356

7. Netzwerk-Virtualisierung ... 358
7.1. vituelle LAN's - VLAN ... 359
7.2. Port-Channels ... 360
7.3. Tunnel ... 361
7.4. Virtuelle private Netzwerke ... 363
7.5. Linux virtueller Switch ... 365
7.6. Linux als Router ... 367
7.6. VXLAN ... 368
7.6. Virtual Routing and Forwarding - VRF ... 369
VRF mittels MPLS ... 370
VRF zum Managen ... 370
7.8. KVM (Kernel Virtual Machine) ... 371
Tunnel ... 371
7.8. VMware ... 372
7.8.x. VMware NSX ... 373
7.9. Software Defined WAN - SD-WAN ... 374
7.9.1. Locator ID Separation Protocol - LISP ... 376

7.9.1.1. Proxy-xTR ... 378
7.1.1.2. Bewertung von LISP ... 378
7.9.2. Viptela ... 378
7.9.2.1. Zero Touch Provisioning ... 380
7.9.2.2. ausgewählte Feature's von SD-WAN und zugehörigen Lösungen ... 380
8. Netzwerke und Protokolle am Beispiel "Internet" ... 381
8.0. Einleitung ... 381
8.0.x. Digitalisierung ... 381
8.1. kleine Geschichte des Internet's ... 383
8.1.0. Kommunikation vor dem Internet ... 383
8.1.1. Computer als Voraussetzung für moderne Kommunikation ... 385
Geschichte der Computer-Technik ... 385
8.1.2. Entstehung des Internet's ... 388
8.1.3. Smartphone's als neue Dimension der Internet-Nutzung ... 393
8.2. Rechnernetze als Basis des Internet's ... 395
Bit's und Byte's ... 395
binäre, dezimale und hexadezimale Zahlen-Darstellung ... 396
Netzwerke und Netzwerk-Typen ... 396
Wer ist der Chef im Netzwerk? ... 400
Lokale Netzwerke (LAN / WLAN) ... 401
Kopplung von LAN's ... 402
Ethernet ... 403
WLAN – lokale Funk-Netzwerke ... 405
Sicherheit in Funk-Netzen ... 406
Netze für größere Entfernungen – WAN's ... 407
Routing im WAN ... 408
Cloud's und Cloud-Computing ... 409
8.3. Internet – das Netz der Netze ... 410
8.3.1. Kopplung der Vielzahl von Netzwerken - Internetworking ... 410
Zugänge zum Internet ... 414
8.3.2. Protokolle der Vermittlungsschicht - das Internet-Protokoll IP ... 416
8.3.2.1. Internet-Protokoll Version 4 (IPv4) ... 419
Routing bei IPv4 ... 420
Exkurs: DIJKSTRA-Algorithmus ... 422
8.3.2.2. Internet-Protokoll Version 6 (IPv6) ... 423
8.3.3. Protokolle der Transport-Schicht ... 424
8.3.3.1. TCP – Transmission Control Protocol ... 425
Aufbau eines TCP-Paket's ... 426
Verbindungs-Aufbau für eine TCP-Nachrichten-Übertragung ... 428
Ablauf / Verlaufs-Protokoll einer TCP-Nachrichten-Übertragung ... 429
Retransmission (Neuübertragung von fehlenden oder fehlerhaften Datenpaketen) 430
Abbau einer TCP-Nachrichten-Übertragung ... 431
Fluß- und Überlast-Kontrolle im TCP ... 432
TCP-Verwaltung als Endlicher Automat (EA) ... 434
TCP-Port's ... 435
Absicherung des Daten-Transport's auf der Transport-Schicht ... 436
8.3.3.2. UDP – User Datagram Protocol ... 438
8.4.1. grundlegende Protokolle ... 441
ICMP – Internet Control Message Protocol (RCF 792 / 1256) ... 441
ARP – Adress Resolution Protocol ... 443
SNMP – Simple Network Management Protocol ... 443
DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol ... 444
NFS – Network File System ... 444
TCP-Beobachtung mit Wireshark ... 445
8.4. Internet-Anwendungen ... 447
DNS – Domain Name Service ... 447

electronic Mail – eMail – POP / SMTP / IMAP ... 451
File Transport Protocol - FTP ... 455
Instant Messaging / Chat - ... 455
Hypertext Transfer Protocol - http / www ... 455
Exkurs: Aufbau einer HTML-Datei ... 458
Suchmaschinen ... 459
soziale Netzwerke ... 459
8.4.x. erweiterte Protokolle ... 460
Media-Streaming ... 460
Mediatheken, aNetflix und Co ... 461
Voice over IP – VoIP ... 461
online-Gaming ... 462
online-Banking ... 462
Arbeiten in der Cloud ... 463
8.4.x. IoT – Internet of Things (Internet der Dinge) ... 464
smart Home / Gebäude-Steuerung ... 465
8.4.x. Anwendungen / Protokolle der nahen Zukunft ... 465
8.5. Internet-Sicherheit ... 466
8.5.x. Sicherheits-Ziele und Angriffs-Szenarien ... 468
online-Banking ... 471
Probleme beim online-Banking ... 471
social Networking ... 471
Probleme beim social Networking ... 472
Definition(en): Schwachstelle ... 472
Definition(en): Exploit ... 472
Definition(en): Schadcode ... 472
Definition(en): Sicherheitsvorfall ... 473
Definition(en): Malware ... 474
Beispiele für Angriffs-Szenarien ... 476
Phishing ... 477
WannaCry-Kampagne ... 478
Zero-Day-Angriff ... 479
8.5.x. digitale Identität ... 480
Definition(en): digitale Identität ... 480
Definition(en): Authentifizierung ... 481
Definition(en): Autorisation ... 481
8.5.x. Verschlüsselung im Internet ... 482
Definition(en): Kryptographie ... 482
Definition(en): Krytologie ... 484
Definition(en): Steganographie ... 486
8.5.x. allgemeine Sicherheits-Empfehlungen ... 487
sicheres Passwort ... 487
2-Faktor-Authentifizierung ... 487
Datenträger-Verschlüsselung ... 487
Prinzip der Daten-Sparsamkeit ... 488
Updates bei Programmen ... 488
Updates für das Betriebssystem ... 489
Anti-Viren-Software / Internet-Security-Suiten ... 489
Backup's / Datensicherungen ... 490
Firewall ... 490
Literatur und Quellen: ... 491

0. Einleitung

Dieses Skript besteht aus mehreren thematisch-didaktisch orientierten Bereichen.

allgemeine Grundlagen (Kapitel 1 bis 7)
Die Kapitel 1 und 2 beschäftigen sich mit den Grundlagen von Rechnern und Netzwerken. Sie sind Vorausetzungen zum Verständnis moderner Rechner und Netzwerke.
Die verwendeten Arbeitsweisen und Regeln – die sogenannten Protokolle – werden dann im Kapitel 3 besprochen.
Mit den praktischen Netzen und der Simulation solcher Netze beschäftigt sich Kapitel 4. Hier stellen wir u.a. zwei Simulations-Programme ("Filius" und "NetEmul") vor.

Die Kapitel 4 und 5 sind als theoretische Einheit zu betracheten. Hier geht es um Daten-Sicherheit und Daten-Schutz. Diese Kapitel sind weitesgehend unabhängig von den anderen Kapiteln. Die Grundlagen werden aber für ein tiefgreifendes verständnis gebraucht.

spezielle Netze (Kapitel 7)
hier gehen wir weit über den klassischen Unterricht hinaus. Das Kapitel bietet einige Aspekte moderner Netze, die heute zur gängigen Praxis gehören. Interessierte können ja zumindestens mal rüberlesen.

weiter hinten im **Projekt-orientierten Abschnitt (Kapitel 8)** wird die Vernetzung aus der Sicht des Internet's aufgezäumt.

Insgesamt sind durch die verschiedenen Nutzungs- und Herangehens-Weisen Inhalte doppelt. Wiederholungen schaden im Allgemeinen auch nicht. Wer fachlich sicher ist, kann einzelne Absätze oder Seiten überfliegend lesen oder ganz auslassen. Wenn Was unklar bleibt, dann kann man eine der doppelten / mehrfachen Abhandlungen durcharbeiten.

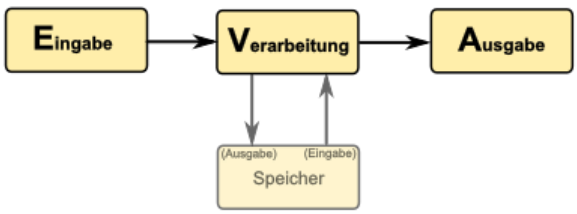
1. Rechner - Grundlagen

> Der Computer arbeitet deshalb so schnell, weil er nicht denkt.
> Daniel LAUB

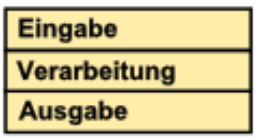
1.0. Grundbegriffe / Grundprinzipien

1.0.1. alle mit EVA – oder?

Eingabe	Verarbeitung		Ausgabe
Eingabeeinheit Daten werden vom Peripherie-gerät eingegeben	**Rechenwerk** führt zur Verarbeitung der Daten arithmetische und logische Operatio-nen durch	**Steuereinheit** steuert den Daten-verkehr zwischen Registern und Spei-chern, sowie den Programmablauf	**Ausgabeeinheit** Daten werden vom Peripheriegerät ausgegeben
	Speicher speichert Programme, Daten und Befehle		



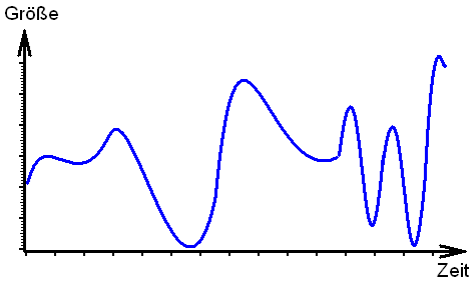
Auch wenn der EVA-Durchgang die entscheidende Struktur ist, so wird man heute immer mehr bewußt, wie wichtig der Speicher eigentlich ist.
In der Literatur wird deshalb auch immer häufiger vom EVAS-Prinzip bzw. EVAS-Modell gesprochen.
Problematisch ist hier aber die Reihenfolge der Buchstaben.
Da wären Abkürzungen EVSA oder ESVA besser geeignet – die klingen aber gar nicht gut.
Um die Sonderstellung des Speichers zu betonen, findet man auch die Benennung als EVA(S)-Prinzip.
Für die Programmierung spielt die Speicherung eine nebenläufige Rolle. Es wird ständig mit dem Speicher hantiert. Eingaben werden dort abgelegt. Bei der Verarbeitung wird lesend und schreibend auf den Speicher zugegriffen. Für die Ausgabe werden dann schließlich die Daten wieder aus dem Speicher herausgeholt und angezeigt.



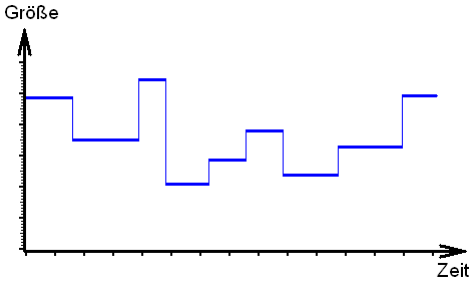
1.0.2. analog oder digital – das (!) ist hier die Frage

exakt müsste es analog oder diskret als Gegenüberstellung heißen

unter analogen Signalen verstehen wir solche, die innerhalb eines bestimmten Bereiches unendlich viele Werte (Zustände) einnehmen können
die Werte sind stufenlos, kontinuierlich

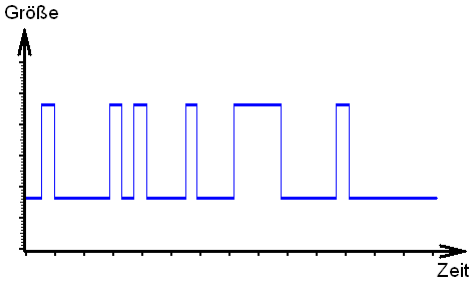


diskrete Signale besitzen innerhalb eines bestimmten Bereiches eine abzählbare Menge von Zuständen; Werte haben / stehen für bestimmte Stufen



sind es zwei verschiedene Zustände dann nennen wir das dual, digital bzw. binär

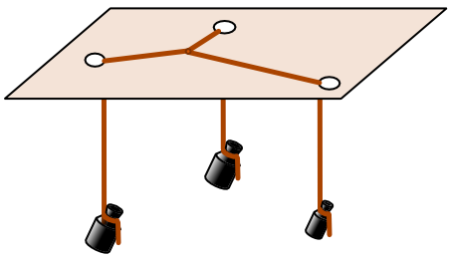
digital kommt ursprünglich von lat.: digital = Finger und meinte mit den Fingern abzählbar



analoge Lösungen für viele Optimierungs-Aufgaben bekannt (z.B. effektivstes Rohrnetz / bester Standort für eine Wasserversorgung usw.)
praktisch ohne Zeitaufwand für die "Berechnung"

Addition und Subtraktion einfach realisierbar
2 V + 3 V = 5 V
6 V – 2 V = 4 V

Nachteil immer nur bestimmte Probleme lösbar



analoge Lösungsmöglichkeit für die Optimierung eines Rohrsystems
(die Gewichte modellieren den Verbrauch an den Standorten (Löcher in der Platte))

In der Frühzeit der elektronischen Datenverarbeitung gab es viele Umsetzungen von Analog-Rechner (z.B. Addition und / oder Subtraktion von Spannungen)

Entscheidung für digitales System, wegen der Einfachheit und Universalität der umzusetzenden Verfahren

Lösung sehr unterschiedlicher Probleme möglich
Nachteil: es müssen Programme zur Lösung jeder Problemklasse geschrieben werden (Algorithmenentwurf)
Programmablauf benötigt Zeit

praktisch basieren digitale Datenverarbeitsanlagen auf zwei Zuständen und drei Arbeitsverfahren, die elektrisch / elektronisch umgesetzt werden müssen:
es werden zwei Zustände definiert, z.B. zwei Spannungen (z.B. 0 V und 5V)
z.B. als Zustand0 und Zustand1 bezeichnet, werden den informatischen Zuständen (Bits) 0 und 1 entsprechend verwendet

Grundlegende Arbeitsverfahren (Operationen) in digitalen Systemen

- **SETZE Zustand1**
- **WECHSEL_ZUSTAND**
- **VERGLEICHE (mit Zustand1)**

grundlegend sind diese Operation für ein einzelnes Bit
alle anderen Leistungen (z.B. für ein Byte oder das Verrechnen von Bits oder Bytes) werden aus diesen Operationen zusammengesetzt

natürlich werden in der Praxis weitere – ev. auch komplexere – Operationen in die Hardware eingebaut

Verweis auf endliche Automaten / TURING-Maschinen in einem anderen Skript

erste – verbreitete – Rechner waren für 4 bit ausgelegt,
Initialzündung und besonders erfolgreich 8 bit-Generation
dann 16 und 32 bit
derzeit (2015) typisch 64 bit

Aufgaben:

1.
2.
3.

Ternär-Computer Setun (1956)

Aufgaben:

1. ***Bewerten Sie die folgenden Ausgaben / Geräte als analoge, diskrete und / oder digitale (duale) Signale!***
   a) Uhr mit Ziffern-Anzeige
   b) Schallplatte
   c) Digital-Foto
   d) automatische Treppen-Beleuchtung
   e) CD
   f) gesprochener Text
   g) Alarmanlage
   h) Musik aus Verstärker
   i) klassische Zeiger-Uhr mit mechanischem Uhrwerk
   j) Ein/Aus-Schaltung bei einem Radio-Gerät
   k) Text in Zeitung
   l) Foto (klassische Filmkamera)
   m)
   n) modernes TV-Gerät

2. ***Suchen Sie sich aus Ihrer Lebenswelt 10 (technische) System aus und ordnen Sie diese den analogen, diskreten und / oder digitalen (dualen) Systemen zu!***
3. ***Ein älterer Informatiker behauptet: "Eigentlich wäre es in den Frühzeiten der Datenverarbeitungs-Technik cleverer gewesen auf ein trinäres System zu setzen. Dann hätte man zwei Signal-Stufen für 0 und 1 sowie eine Signal-Stufe (z.B. 0 V) gehabt. Mit der Null-Stufe hätte man besser zwischen Nichtarbeit und der Daten-0 unterscheiden können."***
4. ***Woran könnte es gelegen haben, dass man sich für ein binäres Datenverarbeitungs-Modell entschieden hat?***
5. ***Überlegen Sie sich, ob man auch mit anderen (vielleicht weniger) digitalen Grundoperationen auskommen könnte?***

1.1. Grundlagen der digitalen Datenverarbeitung

1.1.x. Zahlensysteme

Aufgaben:

1. ***Schreiben Sie ein Programm (in der bevorzugten Programmiersprache) mit dem Sie prüfen wieviele Zeichen (Symbole) und wieviele Stellen man benötigt! Prüfen Sie die Stellen-System mit 2 bis 100 Zeichen? Lassen Sie sich die Zahl auch immer im entsprechenden System anzeigen! Benutzen Sie als Symbol-Tabelle die ASCII-Zeichen von Nr. 48 ("0") bis 57 ("9"), 65 ("A") bis 90 ("Z"), 97 ("a") bis 122 ("z") und 128 bis 163!***
2. ***Analysieren Sie die Anzahl der notwendigen Symbole (von 2 bis 100), die notwendige Stellen-Anzahl sowie die Kosten für Speicherung (Produkt aus Stellen-Anzahl und der notwendigen Stellen-Anzahl) für die folgenden Zahlen:***

a)	10	b)	20	c)	50	d)	100	e)	200	f)	500
d)	1'000	e)	10'000	f)	100'000	g)	1'000'000	h)	10'000'000		

3. ***Ist das Dual-System das kostengünstigste Zahlen-Darstellungssystem? Begründen Sie Ihre Meinung!***

1.1.x.y. das duale Zahlensystem

Pos.	Pot.	dual (Nibble)	dez.
0	2^0	0001	1
1	2^1	0010	2
2	2^2	0100	4
3	2^3	0000 1000	8
4	2^4	0001 0000	16
5	2^5	0010 0000	32
6	2^6	0100 0000	64
7	2^7	0000 1000 0000	128
8	2^8	0001 0000 0000	256
9	2^9	0010 0000 0000	512
10	2^{10}	0100 0000 0000	1'024
11	2^{11}	0000 1000 0000 0000	2'048
12	2^{12}	0001 0000 0000 0000	4'092
13	2^{13}	0010 0000 0000 0000	8'192
14	2^{14}	0100 0000 0000 0000	16'384
15	2^{15}	0000 1000 0000 0000 0000	32'768
16	2^{16}	0001 0000 0000 0000 0000	65'536
17	2^{17}	0010 0000 0000 0000 0000	131'072
18	2^{18}	0100 0000 0000 0000 0000	262'144
19	2^{19}	0000 1000 0000 0000 0000 0000	524'288
20	2^{20}	0001 0000 0000 0000 0000 0000	1'048'576

Aufgaben:

1.

2.

3.

1.1.x.y. Konvertierung von Zahlen zwischen den Zahlensystemen

$$zahl = \sum_{i=0}^{n} a_i \cdot b^i = a_n b^n + \ a_{n-1} b^{n-1} + \cdots + \ a_1 b^1 + \ a_0$$

a … Ziffer an der Stellenposition ; b … Basis des Zahlensystems

(Achtung! wegen eines Bugs im Formeleditor von Word sind die Über- und Unterschrift beim Summen-Symbol falsch neben dem Symbol dargestellt!)

Aufgaben:

1.
2. Der Informatik-Professor lädt seine Studenten nach einer Vorlesung über Dualzahlen zu einem Orangensaft anlässlich seines 1000000. Geburtstag ein. Zu welchem Geburtstag sollten die Studenten wirklich gratulieren? Erlebt der Professor eigentlich den 10000000. Geburtstag?
3.

Umwandlung einer Dezimal-Zahl in eine hexadezimale

Die dezimal Zahl wird ganzzahlig durch 16 (- die neue Basis -) geteilt. Der Teiler wird im nächsten Schritt zum Teilen weiterverwendet und der Rest in das passende Symbol umgewandelt.
Ist der Rest Null, dann ist man fertig.

		neue Basis						Symbol
14972	:	16	=	935	Rest	12	→	**C**
935		16		58	Rest	7		**7**
58		16		3	Rest	10		**A**
3		16		0	Rest	3		**3**
								3A7C

Die Ergebnis-Symbol-Kette beginnt mit dem letzten ermittelten Symbol (ev. noch eine Null voranstellen) und endet mit dem ersten ermittelten Symbol.

Aufgaben:

1. Ermitteln Sie die passenden Hexadezimalzahlen zu den folgenden Dezimal-Zahlen!
2. Bestimmen Sie die fehlenden Darstellungen jeweils gleicher Zahlenwerte! (das rote Zahlensystem und Beispiel ist für Fortgeschrittene!)

System Bsp.	1	2	3	4	5	6	7
dual				010111101			
oktal			0573				
dezimal	10						
hexadezimal		02E					
vigesimal						0G6A	
sexagesimal							**0Z1**

3.

Algorithmus zum Umrechnen einer Dezimal-Zahl in eine Zahl mit bestimmter Basis

Festlegen / Eingeben der Basis → bas
Festlegen der Symbol-Liste → sym[0 … bas-1]
Eingeben der (Dezimal)-Zahl → dez
Leeren der Ergebnis-Liste → erg[]
Wiederholen solange bis
! Suchen des nächst höheren Potenz-Wertes → für führende Null
pot = 0
potwert = basis^{pot}
Wiederhole solange bis potwert > dez
  Erhöhe pot !pot = pot +1
  potwert = basis^{pot}
dez → rest
Wiederhole solange pot >= 0
  potwert = basis^{pot}
  Teile rest ganzzahlig durch potwert → symwert + rest
  Wähle Symbol → sym[symbolwert] und hänge an Ergebnis-Liste an → erg = erg + sym
Ausgeben erg

Algorithmus zum Umrechnen einer Zahl mit bestimmter Basis in eine Dezimal-Zahl

Festlegen / Eingeben der Basis → bas
Eingeben der Symbole der Zahl → symbole[]
pot = 0
Wiederholen solange symbole[] länger als 0 bzw. [] ! leer
  entferne letztesSymbol → sym
  sym^{pot} → potwert
  erg + potwert → erg
  Erhöhe pot !pot = pot +1
Ausgeben erg

1.1.x.y.z. Rechnen im dualen Zahlensystem

Addition

Summand 1	0	0	1	1
Summand 2	0	1	0	1
Summe(n-Wert)	0	1	1	10

Exkurs: Wie ging den noch die schriftliche Addition im Dezimalsystem?

Im Zeitalter von Taschenrechnern und ewig verfügbaren Handy's bzw. Smartfon's gehen die – in der Grundschule gelernten mathematischen Methoden schnell den Weg ins Nirwana (bei uns Informatikern ins NIL).

Trotzdem wird es ab und zu doch mal wieder notwendig sein, einfach mal zwei Zahlen zu addieren.

```
1725 + 9562 = ?
```

An die Methodik / den Algorithmus werden sich die meisten noch erinnern.
Zur Sicherheit berechnen wir mit den Taschenrechner od.ä. einmal vor, was raus kommen sollte.

```
1725 + 9562 = 11287
```

Wie ging das nun genau beim schriftlichen Addieren?

1. Notiere die Zahlen so untereinander, dass sie hinsichtlich des Stellensystems übereinstimmen (quasi: Komma über Komma). Ziehe einen Strich unter die Zahlen und notiere ein Plus-Zeichen vor die unterste Zahl.

```
  1725,
+ 9562,
------
```

2. Beginne bei der niedrigsten Stelle
3. Addiere die Ziffern der gleichen Stellenposition bei allen Zahlen miteinander. Notiere die letzte Ziffer dieser Summe unter dem Strich ander zugehörigen Stellenposition.

```
  1725,
+ 9562,
------
```

2. Beginne bei der niedrigsten Stelle
3. Addiere die Ziffern der gleichen Stellenposition bei allen Zahlen miteinander. Notiere die letzte Ziffer dieser Summe unter dem Strich ander zugehörigen Stellenposition.

```
  1725,
+ 9562,
------
```

Hilfe bei Vorzeichen:

```
(+) + (+) = (+)
(+) + (-) = (+) - (+) = (+) | (-)
(-) + (+) = (-) | (+)
(-) + (-) = (-)
```

begonnen wird, wie gewöhnlich ganz rechts
es wird die Werte-Tabelle genutzt (oder das logisch-mathematische Grundschul-Verständis)
bei der Addition von 1 und 1 ergibt sich an der Position eine 0 und eine Position links ein Übertrag (weil die aktuelle Stelle ausgenutzt ist und die höherwertige Stelle benutzt werden muss)
dieser wird in die Berechnung der nächsten Stelle mit einbezogen

		2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	**dezimal**
Summand 1			0	1	0	0	1	0	0	1	= 73
Summand 2			1	1	1	1	1	1	0	0	= 252
Übertrag			1	1	1	1					
Ergebnis		1	0	1	0	0	0	1	0	1	= 325

Bei Berechnungen in Computersystemen muss immer bedacht werden, dass diese endliche Größen für die zu verarbeitenden Zahlen haben (üblich: 8, 16, 32, 64, … bit).
Selbst bei universellen Berechnern (einige Programmiersprachen (z.B. Python) oder CAS-Programme (z.B.: MuPAD)) begrenzt der Speicher (Hauptspeicher ev. mit Festplatte etc.) die Berechnungs-Möglichkeiten. Rechnungen müssen / sollten immer auf Gültigkeit geprüft werden und passende Datentypen ausgewählt werden. Der gewählte Datentyp sollte immer reichlich Reserve nach oben und unten bieten!

Subtraktion

Subtraktion nur begrenzt definiert, da es keine negativen dualen Zahlen gibt
praktisch also eine Subtraktion, wie wir sie in der ersten Klasse kennen gelernt haben (als wir noch keine negativen Zahlen kannten)

Minuend	0	0	1	1
Subtrahend	0	1	0	1
Differenz(-Wert)	0	-11	1	0

		2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	**dezimal**
Minuend			1	1	1	1	0	1	0	1	= 245
Subtrahend			0	1	0	0	1	1	0	0	= 76
geborgt / Borrow-Bit						-1					
Ergebnis			1	0	1	0	1	0	0	1	= 169

Subtraktion über das Zweier-Komplement

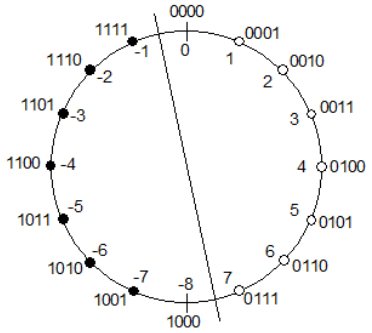
benutzt die interne Darstellung von negativen Zahlen in Computersystemen
macht sich zu nutze, dass eine Subtraktion auch als Addition geschrieben werden kann

für das Beispiel: 245 – 76 lässt sich auch schreiben 245 + (-76)

negative Zahlen werden als Zweier-Komplement dargestellt
Der Minuend wird ev. durch eine führende Null erweitert. Diese steht quasi für das Plus-Zeichen.
Da nur eine kleinere Zahl (Subtrahend) von einer größeren (Minuend) abgezogen werden kann, muss die kleinere Zahl zuerst einmal auf die gleich Länge gebracht werden, d.h. auf der linken Seite werden die nicht-relevanten Nullen (**0**) notiert.
Wenn die kleinere Zahl keine führende Null hat, dann werden beide Zahlen um führende Nullen erweitert.

		2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	**dezimal**
Minuend		**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	= 245
Subtrahend				1	0	0	1	1	0	0	= 76
Subtrahend (erweitert)		**0**	**0**	1	0	0	1	1	0	0	= 76
Übertrag											
Ergebnis											

In der technischen Praxis muss dann natürlich die Verarbeitungsbreite der Rechen-Einheit bzw. des Systems (z.B.: 8, 16, 32 od. 64 bit) beachtet werden.
Die neue Zahl wird nun bit-weise negiert. Dadurch entsteht an der ganz linken Stelle eine **1**, die praktisch das Minus-Zeichen darstellt (Most-Significant-Bit, MSB)). Damit erhält man erst einmal das Komplement.
Für das Zweier-Komplement muss nun noch eine 1 addiert werden.
Wie die technische Zahlen-Darstellung (zumindestens für ganze Zahlen) aussieht, kann der auf 4 bit vereinfachten Realisierung (rechte Abb.) entnehmen.
Wird also ein Nibble (eine 4-bit-Zahl) zur Darstellung von ganzen Zahlen genutzt, dann ergibt sich ein Werte-Bereich von -8 bis 7.



technischer Zahlenkreis
Q: www.info-wsf.de (Ingo Höpping)

		2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	**dezimal**
Minuend		**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	= 245
Subtrahend				1	0	0	1	1	0	0	= 76
Zahlenerweiterung		**0**	**0**	1	0	0	1	1	0	0	= 76
Negation (Komplement)		***1***	*1*	*0*	*1*	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	
Addition von 1			*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	
Übertrag								*1*	*1*		
Zweierkomplement		1	1	0	1	1	0	1	0	0	
Übertrag											
Ergebnis											

Im letzten Schritt wird nun die Addition von Minuend und Zweierkomplent des Subtrahenten berechnet:

		2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	**dezimal**
Minuend		**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	= 245
Subtrahend				1	0	0	1	1	0	0	= 76
Zweierkomplement		**1**	1	0	1	1	0	1	0	0	(-76)
Übertrag		1	1	1	1		1				
Ergebnis	~~1~~	0	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	= 169

Eine neue Ziffer (hier: **1**) auf der linken Seite wird ignoriert bzw. weggestrichen. Die restliche Zahl ist das Ergebnis. Ist das linke Bit eine 1, dann handelt es sich um eine negative Zahl, wenn diese dann im technischen System zugelassen ist.

In technischen System kann und kommt es bei Rechnungen mit ganzen Zahlen auch immer zu Bereichs-Überläufen. So wird z.B. bei der Addition (im 8-Bit-System) von 110 und 20 nicht etwa ein 130 berechnet, sondern das Ergebnis ist eine -126.
Programmierer müssen das beachten! Beim reinen Rechnen im Dualsystem hat das keine Bedeutung.
Wegen so einem Bereichs-Überlauf ist schon mal eine Ariane-5-Rakete explodiert, weil es wegen der Umstellung von Ariane 4 auf 5 zu größeren Zahlen kam. Der Computer berechnete auf einmal negative Werte (wegen des bereichs-Überlaufs) und das Regulations-System versuchte auszugleichen, was den Effekt nicht (bzw. nur unmerklich) reduzierte.

Bit-Sequenz	**7-bit-Ganzzahl**	
0111 1111	+127	
0111 1110	+126	
…		
0000 0010	2	
0000 0001	1	
0000 0000	0	
1111 1111	-1	
1111 1110	-2	
1111 1101	-3	
1111 1100	-4	
…		
1000 0100	-124	
1000 0011	-125	
1000 0010	-126	
1000 0001	-127	
1000 0000	-128	

Aufgaben:

1.

2.

3.

Multiplikation

Faktor 1	0	0	1	1
Faktor 2	0	1	0	1
Produkt(-Wert)	0	0	0	1

Am Besten verfährt man bei der Multiplikation genauso, wie wir es vom schriftlichen Multiplizieren kennen. Die Zahlen werden über einen Strich als Aufgabe notiert. Der erste Faktor wird dann Stelle für Stelle mit den Bits des zweiten Faktors multipliziert und die Bit-Produkte jeweils Stellen-versetzt untereinander notiert. Das funktionier praktisch sehr einfach, da die Multiplikation mit 1 immer die Sequenz des ersten Faktors ergibt. Ist der Bit-Faktor eine Null, dann kommt nur Null raus, was sich ebenfalle leicht notieren lässt.
Am Ende müssen die versetzten Bit-Produkte "nur" noch addiert werden.

```
010101110 x 0110
----------------
    000000000
     010101110
      010101110
       000000000
    ------------
     10000010100
    ============
```

Aufgabe:
Prüfen Sie die Multiplikation im dezimalen Zahlensystem!

Sonderfall: Multiplikation mit 2

Da die doppelt so große Zahl (der Stellen-Wert) immer eine Position weiter links steht, lässt es sich leicht mit 2 multiplizieren, indem man die Ziffern eine Position nach links verschiebt und die frei werdende rechte Position (2^0) mit **0** aufgefüllt.

		2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	**dezimal**
Faktor 1			0	1	0	0	1	1	0	1	= 77
1x Links-Verschiebung		0	1	0	0	1	1	0	1	**0**	= 154

(c,p) 2015 – 2025 lsp: dre

Division

Dividend	0	0	1	1
Divisor	0	1	0	1
Quotient(en-Wert)	n.def.	0	n.def.	1

Auch die Division wird äquivalent zur schriftlichen Division durchgeführt. Über den Strich notiert man die Aufgabe. Nun wird der Divisor mit seiner führenden 1 unter die führende 1 des Dividenden positioniert. Man prüft nun, ob eine Subtraktion möglich ist. Wenn dies funktioniert, wird eine 1 auf der Ergebnisseite notiert und die Subtraktion ausgeführt. Geht die Subtraktion nicht, dann wird die nächste Stelle runter geholt und eine 0 auf die Ergebniss-Seite notiert. So wird weiter verfahren, bis alle Stellen abgearbeitet sind. Für noch offene Stellen des Dividenden (niederwertige Nullen) müssen je runtergeholter Null jeweils auch eine Null an die Ergebnis-Sequenz gehängt werden.

```
11001000 : 1010 = 10100
---------------
-1010
 ----
 00101
 ------
   1010
   1010
   ----
      00
   -----
       00
```

Da Divisionen im Bereich der natürlichen bzw. ganzen sehr häufig mit gebrochenen Ergebnissen enden werden in den meisten Computersystemen die (ganzen) Zahlen vorher ist Gleitkommazahlen umgewandelt und diese dann verarbeitet. Die Algorithmen für Gleitkommazahlen sind dann nicht mehr trivial.

Sonderfall: Division durch 2

Divisor (Teiler) ist eine 2
in Anlehnung an die Multiplikation mit 2 (Stellen-Verschiebung nach Links (Left-Shift, Links-Verschiebung)) wird die Division durch die Rechts-Verschiebung realisiert, die ganz rechte Stelle geht verloren (bzw. wird erste duale Dezimalstelle) und ganz links wird eine **0** aufgefüllt

		2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0		**dezimal**
Dividend		1	0	1	1	0	1	1	0		= 182
1x Rechts-Verschiebung		**0**	1	0	1	1	0	1	1	**0**	= 91

Aufgaben:

1.

für das gehobene Anspruchsniveau:

x. Geben Sie für die ersten vier dualen Nachkommastellen die Werte an! Stimmt das mit dem mathematischen Werten überein?

1.1.x.y.z. logische Operationen im dualen Zahlensystem

NICHT-Operation (NOT, Negation)

auch Komplement
Zeichen / Operator: ¬

Operand	0	1
Ergebnis	1	0

UND-Verknüpfung (AND, Konjunktion)

auch AND
Zeichen / Operator: ^ &
bei Mengen auch ⋂

Operand 1	0	0	1	1
Operand 2	0	1	0	1
Ergebnis	0	0	0	1

ODER-Verknüpfung (OR, Disjunktion)

auch OR
Zeichen / Operator: v
bei Mengen auch ⋃

Operand 1	0	0	1	1
Operand 2	0	1	0	1
Ergebnis	0	1	1	1

ENTWEDER-ODER-Verknüpfung (XOR, Antivalenz)

Antivalenz
auch XOR, exklusives ODER
Zeichen / Operator: ⊕

Operand 1	0	0	1	1
Operand 2	0	1	0	1
Ergebnis	0	1	1	0

daneben von technischer Bedeutung: NAND (UND mit Eingangs-Negation, Inhibition) und NOR (ODER mit Eingangs-Negation, PEIRCE-Funktion)

praktisch kann mit 3 Basis-Funktionen alle 16 Funktionen realisieren

weitere logische Operationen: Kontradiktion, Identitäten, Äquivalenz (NXOR), Implikationen und Tautologie

Übersicht über die logischen Operationen

	Operand 1	0	0	1	1			
Operation	**Operand 2**	**0**	**1**	**0**	**1**			
Kontradiktion (Falsch)		0	0	0	0			
Konjugation (AND)		0	0	0	1			
Inhibition (AND mit Eingangsnegation 2)		0	0	1	0			
Identität zum Operand 1		0	0	1	1			
Inhibition (AND mit Eingangsnegation 1)		0	1	0	0			
Identität zum Operand 2		0	1	0	1			
Antivalenz (XOR)		0	1	1	0			
Disjunktion		0	1	1	1			
PEIRCE-Funktion (NOR)		1	0	0	0			
Äquivalenz (NXOR)		1	0	0	1			
Negation von Operand 2		1	0	1	0			
Implikation aus Operand 2 (OR mit Eing.-Neg.)		1	0	1	1			
Negation von Operand 1		1	1	0	0			
Implikation aus Operand 1 (OR mit Eing.-Neg.)		1	1	0	1			
SHEFFER-Funktion (NAND)		1	1	1	0			
Tautologie (Wahr)		1	1	1	1			

(Rechen-)Regeln bei logischen Operationen

abgeleitet von üblichen Gesetzen aus dem dezimalen Zahlensystem

Assoziativitäts-Gesetz

$$x \vee (y \vee z) = (x \vee y) \vee z$$

Distributivitäts-Gesetz

$$x \vee (y \wedge z) = (x \vee y) \wedge (x \vee z)$$

Kommutativitäts-Gesetz

$$x \vee y = y \vee x$$

Vereinfachungs-Gesetz

$$x \vee x = x$$

Absorbtions-Gesetz

$$x \vee (x \wedge y) = x$$

DEMORGANsche Gesetze

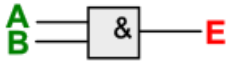
$$\neg x \vee \neg y = \neg(x \wedge y)$$

$$\neg x \oplus \neg y = x \oplus y$$

Logik-Gatter – die technische Realisierung von Logik-Operationen

Symbole an DIN 40900 engelehnt (dort nicht grau ausgefüllt!)

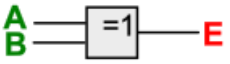
UND-Gatter / AND-Gatter
Konjugation



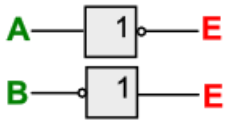
ODER-Gatter / OR-Gatter
Disjunktion



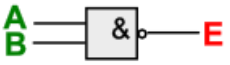
ExODER-Gatter / XOR-Gatter
Antivalenz



NICHT-Gatter / OR-Gatter
Negation



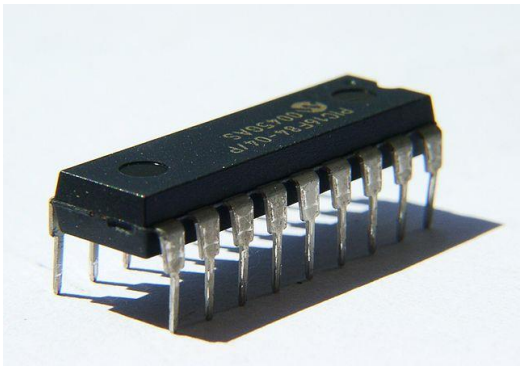
NICHT-UND-Gatter / NAND-Gatter
SHEFFER-Funktion



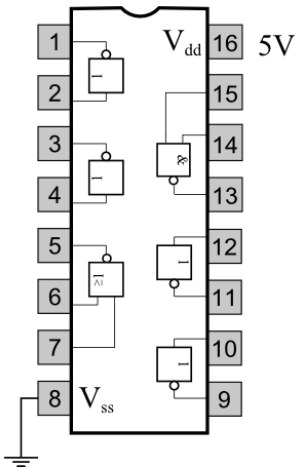
NICHT-ODER-Gatter / NOR-Gatter
PEIRCE-Funktion



Logische Gatter werden zusammengefasst als Integrierte Schaltkreise (Integrated Circuit) produziert und in elektronischen Geräten verbaut. Eine der Krönungen dieser Bautechnik sind moderne Microprozessoren mit mehr als rund 40 Mrd. Transistoren in einem IC.

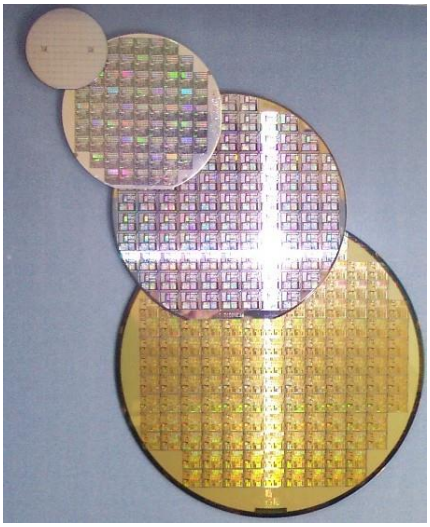


IC (Integrated Circuit) Integriete Schaltung
Q: de.wikipedia.org (Wollschaf)

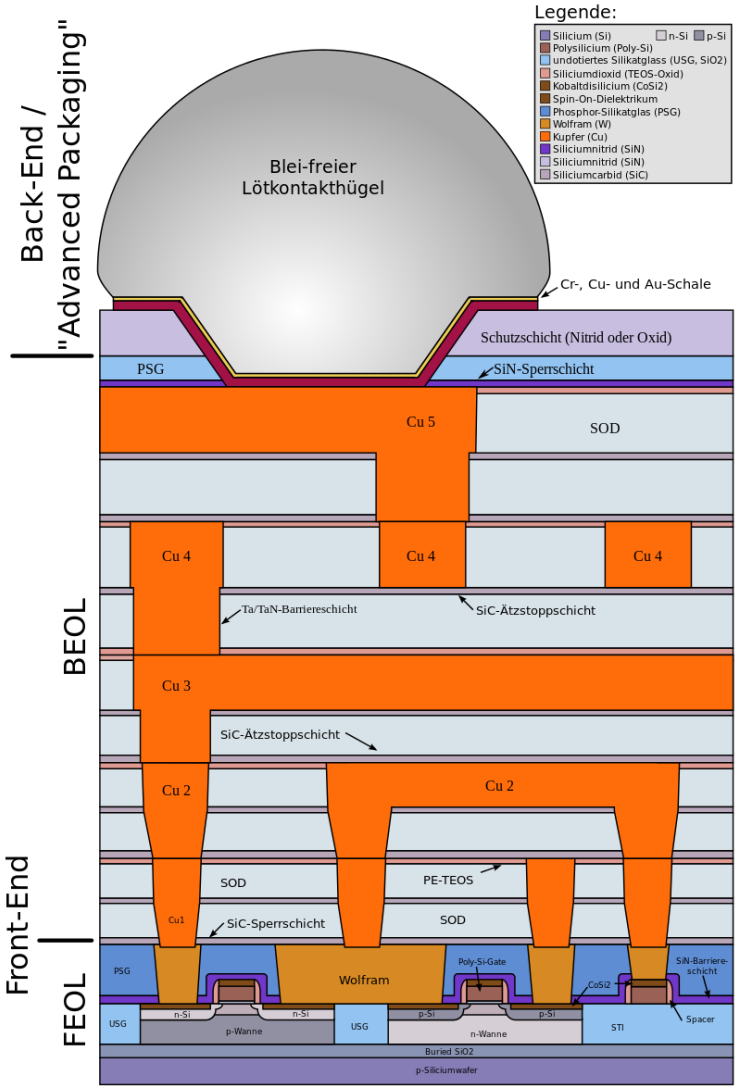


CD4572UB
Integrierter CMOS-Baustein
Texas Insttruments CD4572UB
Q: https://www.mathematik.uni-marburg.de/~thormae/lectures/ti1/ti_3_3_ger_web.html

Jede einzelne Schicht wird über ein Bedapfungs-Verfahren auf die Silicium-Scheiben (Wafer) aufgetragen. Vorher wurde ein Photolack aufgetragen, dieser praktisch wie ein Dia belichtet und das Schalt-Muster so übertragen. Die nicht belichteten Stellen werden herausgeätzt. In die Lücken kann dann das spezielle Material aufgedampft werden.
Ein Wafer enthält meist viele fertige Schaltungs-Platinen, die dann herausgebrochen werden und dann in ein Plastik- oder Keramik-Gehäuse verlötet werden.



Wafer unterschiedlicher Größe
Q: de.wikipedia.org (Stahlkocher + Saperaud~commonswiki)

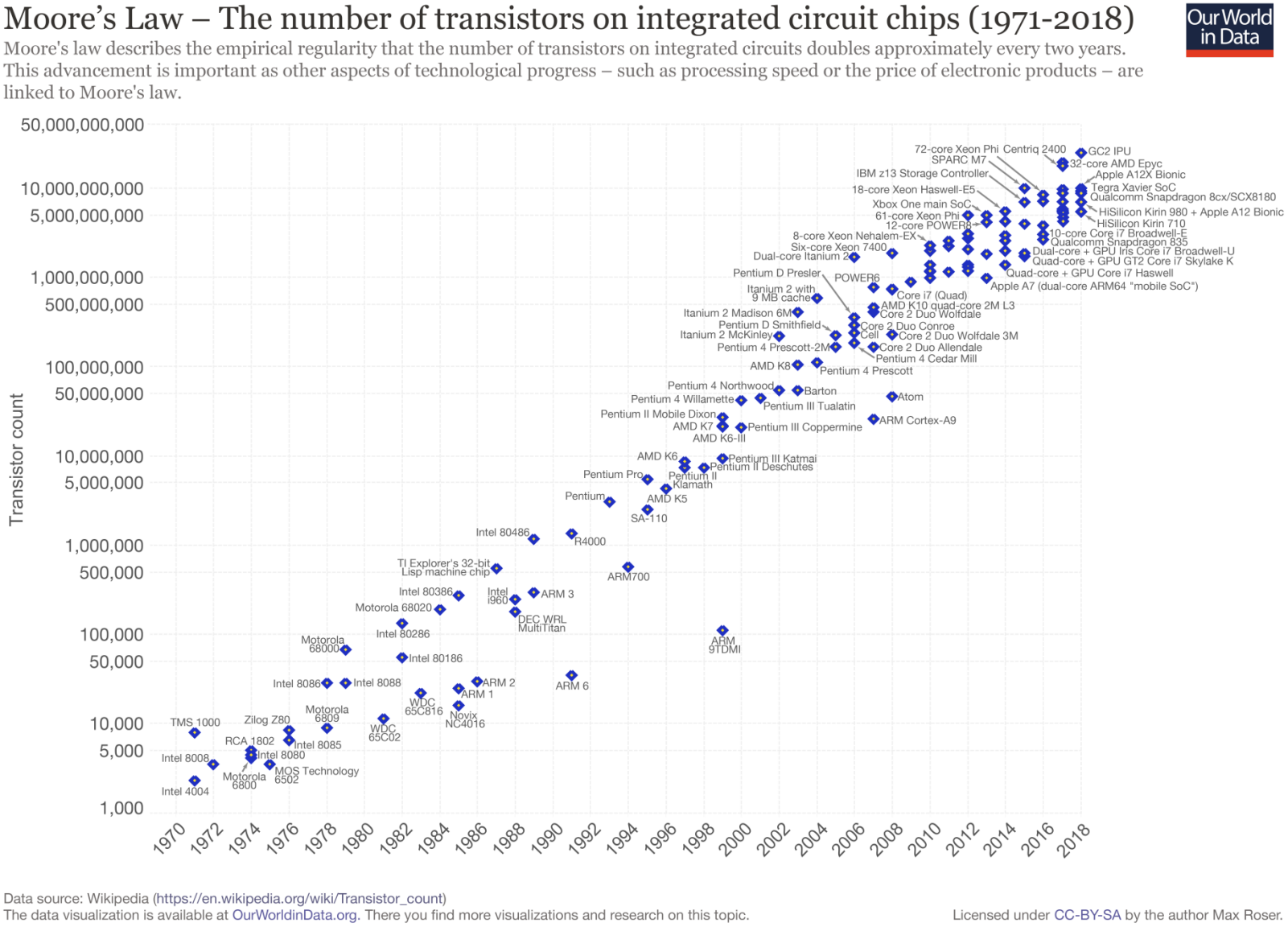


Schichten-Struktur eines CMOS-Schaltkreises
Q: de.wikipedia.org ()

Aufgaben:

1. *Auf der nächsten Seite ist ein Diagramm zum MOOREschen Gesetz abgebildet. Ist darauf wirklich ein expotentielles Wachstum zu sehen? Erläutern Sie Ihre Meinung!*
2.

Das MOOREsche Gesetz besagt, dass sich jedes Jahr die Anzahl der Transistoren auf einem IC verdoppeln würden. MOORE stellte diese Regel schon 1965 kurz nach der Erfindung der IC's auf. Die Verdopplungs-Zeit wurde dann kurze Zeit später von MOORE auf 2 Jahre korrigiert.
Heute schwankt dieser Zeitraum zwischen 1 bis 2 Jahre.
In manchen Phasen kam es allerdings auch zu wesentlich langsameren Entwicklungen der Technik. Oft musste erst wieder eine neue Technologie entwickelt werden. So konnte man nicht mehr mit Licht bzw. UV-Licht belichten, sondern musste auf Laser wechseln, die extreme UV-Strahlung herstellen. Dafür war dann eine totale Umstellung aller Produktions-Schritte und –Materialien (z.B. der Photolacke) notwendig.

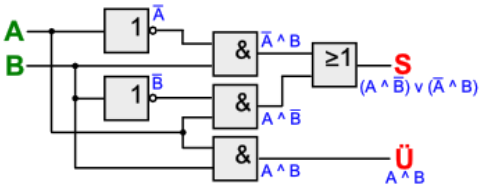


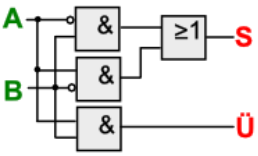
Data source: Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count)
The data visualization is available at OurWorldinData.org. There you find more visualizations and research on this topic.

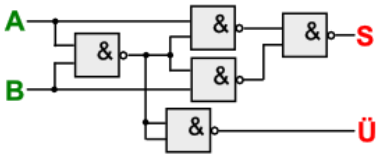
Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Umsetzung in ein Rechenwerk

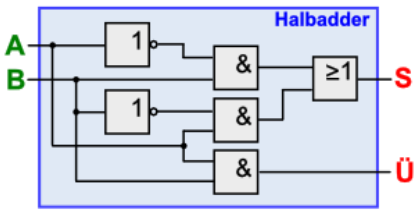


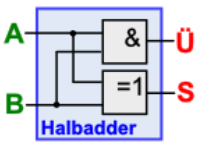


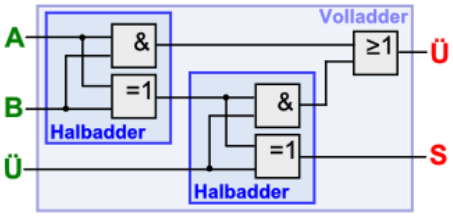


Aufgaben:

1. *Ergänzen Sie die logischen Ergebnisse nach den einzelnen Bausteinen! (siehe oben)*
2.
3.







Aufgaben für die gehobene Anspruchsebene:

1. *Überlegen Sie sich die Rechen-Funktionen (Addition, Substraktion und Multiplikation) für das Ternär-System, wobei die Zahlen 1, 0 und 1 verwendet werden sollen! (1 steht dabei für -1)*
2. *Überlegen Sie sich die grundlegenden Logik-Funktionen ("UND", "ODER" und "NICHT") für das Ternär-System, wobei die Zahlen 1, 0 und 1 verwendet werden sollen! (1 steht dabei für -1 und entspricht der Negation von 1)*

LogicSim

Digital

1.1.x.y. das hexadezimale Zahlensystem

Nibble sind 4 bit auch Halbbyte genannt

Pos.	Pot.	dual (Nibble)	dez.
0	16^0	0001	1
1	16^1	0010	16
2	16^2	0100	4
3	16^3	0000 1000	8
4	16^4	0001 0000	16
5	16^5	0010 0000	32
6	16^6	0100 0000	64
7	16^7	0000 1000 0000	128
8	16^8	0001 0000 0000	256
9	16^9	0010 0000 0000	512
10	16^{10}	0100 0000 0000	1'024
11	2^{11}	0000 1000 0000 0000	2'048
12	2^{12}	0001 0000 0000 0000	4'092
13	2^{13}	0010 0000 0000 0000	8'192
14	2^{14}	0100 0000 0000 0000	16'384
15	2^{15}	0000 1000 0000 0000 0000	32'768
16	2^{16}	0001 0000 0000 0000 0000	65'536
17	2^{17}	0010 0000 0000 0000 0000	131'072
18	2^{18}	0100 0000 0000 0000 0000	262'144
19	2^{19}	0000 1000 0000 0000 0000 0000	524'288
20	2^{20}	0001 0000 0000 0000 0000 0000	1'048'576

dual / Nibble	hexadezimal	dezimal	octal
0000	0	0	00
0001	1	1	01
0010	2	2	02
0011	3	3	03
0100	4	4	04
0101	5	5	05
0110	6	6	06
0111	7	7	07
1000	8	8	10
1001	9	9	11
1010	A	10	12
1011	B	11	13
1100	C	12	14
1101	D	13	15
1110	E	14	16
1111	F	15	17

dual	hex.	dez.	dual	hex.	dez.	dual	hex.	dez.	dual	hex.	dez.
0000 0000	00	0	0100 0000	40	64	1000 0000	80	128	1100 0000	C0	192
0000 0001	01	1	0100 0001	41	65	1000 0001	81	129	1100 0001	C1	193
0000 0010	02	2	0100 0010	42	66	1000 0010	82	130	1100 0010	C2	194
0000 0011	03	3	0100 0011	43	67	1000 0011	83	131	1100 0011	C3	195
0000 0100	04	4	0100 0100	44	68	1000 0100	84	132	1100 0100	C4	196
0000 0101	05	5	0100 0101	45	69	1000 0101	85	133	1100 0101	C5	197
0000 0110	06	6	0100 0110	46	70	1000 0110	86	134	1100 0110	C6	198
0000 0111	07	7	0100 0111	47	71	1000 0111	87	135	1100 0111	C7	199
0000 1000	08	8	0100 1000	48	72	1000 1000	88	136	1100 1000	C8	200
0000 1001	09	9	0100 1001	49	73	1000 1001	89	137	1100 1001	C9	201
0000 1010	0A	10	0100 1010	4A	74	1000 1010	8A	138	1100 1010	CA	202
0000 1011	0B	11	0100 1011	4B	75	1000 1011	8B	139	1100 1011	CB	203
0000 1100	0C	12	0100 1100	4C	76	1000 1100	8C	140	1100 1100	CC	204
0000 1101	0D	13	0100 1101	4D	77	1000 1101	8D	141	1100 1101	CD	205
0000 1110	0E	14	0100 1110	4E	78	1000 1110	8E	142	1100 1110	CE	206
0000 1111	0F	15	0100 1111	4F	79	1000 1111	8F	143	1100 1111	CF	207
0001 0000	10	16	0101 0000	50	80	1001 0000	90	144	1101 0000	D0	208
0001 0001	11	17	0101 0001	51	81	1001 0001	91	145	1101 0001	D1	209
0001 0010	12	18	0101 0010	52	82	1001 0010	92	146	1101 0010	D2	210
0001 0011	13	19	0101 0011	53	83	1001 0011	93	147	1101 0011	D3	211
0001 0100	14	20	0101 0100	54	84	1001 0100	94	148	1101 0100	D4	212
0001 0101	15	21	0101 0101	55	85	1001 0101	95	149	1101 0101	D5	213
0001 0110	16	22	0101 0110	56	86	1001 0110	96	150	1101 0110	D6	214
0001 0111	17	23	0101 0111	57	87	1001 0111	97	151	1101 0111	D7	215
0001 1000	18	24	0101 1000	58	88	1001 1000	98	152	1101 1000	D8	216
0001 1001	19	25	0101 1001	59	89	1001 1001	99	153	1101 1001	D9	217
0001 1010	1A	26	0101 1010	5A	90	1001 1010	9A	154	1101 1010	DA	218
0001 1011	1B	27	0101 1011	5B	91	1001 1011	9B	155	1101 1011	DB	219
0001 1100	1C	28	0101 1100	5C	92	1001 1100	9C	156	1101 1100	DC	220
0001 1101	1D	29	0101 1101	5D	93	1001 1101	9D	157	1101 1101	DD	221
0001 1110	1E	30	0101 1110	5E	94	1001 1110	9E	158	1101 1110	DE	222
0001 1111	1F	31	0101 1111	5F	95	1001 1111	9F	159	1101 1111	DF	223
0010 0000	20	32	0110 0000	60	96	1010 0000	A0	160	1110 0000	E0	224
0010 0001	21	33	0110 0001	61	97	1010 0001	A1	161	1110 0001	E1	225
0010 0010	22	34	0110 0010	62	98	1010 0010	A2	162	1110 0010	E2	226
0010 0011	23	35	0110 0011	63	99	1010 0011	A3	163	1110 0011	E3	227
0010 0100	24	36	0110 0100	64	100	1010 0100	A4	164	1110 0100	E4	228
0010 0101	25	37	0110 0101	65	101	1010 0101	A5	165	1110 0101	E5	229
0010 0110	26	38	0110 0110	66	102	1010 0110	A6	166	1110 0110	E6	230
0010 0111	27	39	0110 0111	67	103	1010 0111	A7	167	1110 0111	E7	231
0010 1000	28	40	0110 1000	68	104	1010 1000	A8	168	1110 1000	E8	232
0010 1001	29	41	0110 1001	69	105	1010 1001	A9	169	1110 1001	E9	233
0010 1010	2A	42	0110 1010	6A	106	1010 1010	AA	170	1110 1010	EA	234
0010 1011	2B	43	0110 1011	6B	107	1010 1011	AB	171	1110 1011	EB	235
0010 1100	2C	44	0110 1100	6C	108	1010 1100	AC	172	1110 1100	EC	236
0010 1101	2D	45	0110 1101	6D	109	1010 1101	AD	173	1110 1101	ED	237
0010 1110	2E	46	0110 1110	6E	110	1010 1110	AE	174	1110 1110	EE	238
0010 1111	2F	47	0110 1111	6F	111	1010 1111	FA	175	1110 1111	EF	239
0011 0000	30	48	0111 0000	70	112	1011 0000	B0	176	1111 0000	F0	240
0011 0001	31	49	0111 0001	71	113	1011 0001	B1	177	1111 0001	F1	241
0011 0010	32	50	0111 0010	72	114	1011 0010	B2	178	1111 0010	F2	242
0011 0011	33	51	0111 0011	73	115	1011 0011	B3	179	1111 0011	F3	243
0011 0100	34	52	0111 0100	74	116	1011 0100	B4	180	1111 0100	F4	244
0011 0101	35	53	0111 0101	75	117	1011 0101	B5	181	1111 0101	F5	245
0011 0110	36	54	0111 0110	76	118	1011 0110	B6	182	1111 0110	F6	246
0011 0111	37	55	0111 0111	77	119	1011 0111	B7	183	1111 0111	F7	247
0011 1000	38	56	0111 1000	78	120	1011 1000	B8	184	1111 1000	F8	248
0011 1001	39	57	0111 1001	79	121	1011 1001	B9	185	1111 1001	F9	249
0011 1010	3A	58	0111 1010	7A	122	1011 1010	BA	186	1111 1010	FA	250
0011 1011	3B	59	0111 1011	7B	123	1011 1011	BB	187	1111 1011	FB	251
0011 1100	3C	60	0111 1100	7C	124	1011 1100	BC	188	1111 1100	FC	252
0011 1101	3D	61	0111 1101	7D	125	1011 1101	BD	189	1111 1101	FD	253
0011 1110	3E	62	0111 1110	7E	126	1011 1110	BE	190	1111 1110	FE	254
0011 1111	3F	63	0111 1111	7F	127	1011 1111	BF	191	1111 1111	FF	255
0100 0000	40	64	1000 0000	80	128	1100 0000	C0	192	1 0000 0000	100	256

Links
https://www.translatorscafe.com/unit-converter/DE/numbers/3-23/decimale-base%2020/ (Umrechungen der Zahlensysteme)

Grenzen von Zahlen-System
z.B. Zweier-Potenzen in Excel

Beispiel in Python 0.2 + 0.1 ergibt 0.300000000004
→ Fließkomma-Zahlen-Darstellung in Rechner-Systemen

führend	folgend (Einer, 16^0)																		
HEX	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**00**	**000**	**0000**
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	0	0
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	256	4096	65536
2	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	512	8192	131072
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	768	12288	196608
4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	1024	16384	262144
5	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	1280	20480	327680
6	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	1536	24576	393216
7	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	1792	28672	458752
8	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	2048	32768	524288
9	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	2304	36864	589824
A	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	2560	40960	655360
B	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	2816	45056	720896
C	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	3072	49152	786432
D	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	3328	53248	851968
E	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	3584	57344	917504
F	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	3840	61440	983040
10	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	4096	65536	1048576

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

1.2. Aufbau von Datenverarbeitungsanlagen

Datenverarbeitungsganlage = Daten-verarbeitendes System

Definition(en): Datenverarbeitungsanlage
Eine Datenverarbeitungsanlage (EDVA) ist ein System, das mittels Vorschriften (Befehlen, Anweisungen) mit Informationen (Daten) umgeht.
Ein Rechner / Computer / eine EDVA ist ein technisches Gerät(e-System) zum Abarbeiten von Programmen mit denen Daten zielgerichtet manipuliert werden sollen.

Definition(en): Hardware
Hardware ist die technische (mechanische und elektr(on)ische) Ausstattung einer Datenverarbeitungsanlage (DVA).
Hardware sind die materiellen Bestandteile eine Datenverarbeitungsanlage.

Definition(en): Software
Software sind die in der Datenverarbeitungsanlage benutzten Programme und Daten.
Software sind die immateriellen Bestandteile einer Datenverarbeitungsanlage.
Software sind die nicht-technischen Bestandteile einer Datenverarbeitungsanlage.

Software basiert immer auf Hardware, innerhalb derer die Information durch verschiedene Systemzustände und / oder Strukturen repräsentiert wird

FLYNNsche Klassifikation

klassische Rechner (PCs usw.) besitzen SISD-Architekturen
Single Instruction, Single Data

	Single Instruction	**Multiple Instruction**
Single Data	**SISD** (PCs, … (VON-NEUMANN-Rechner; Harvard-Rechner))	**MISD** (wenige Großrechner bzw. Supercomputer (z.B. Schachcomputer))
Multiple Data	**SIMD** (Graphik- und Video-Verarbeitung, Großrechner, Supercomputer)	**MIMD** (Großrechner, Supercomputer, verteiltes Rechnen)

Definition(en): Informatik-System / informatisches System
Ein Informatik-System ist eine Zusammenstellung von Hardware-, Software- und Netzwerk-Komponenten zur Lösung eines Anwendungs-Problems.

Parallel-Verarbeitung
mehrere unabhängig voneinander arbeitende Rechensystem (praktisch VON-NEUMANN-Rechner, die über ein Netzwerk oder Bus-System miteinander kommunizieren
besonders häufig im Graphik-Bereich benutzt, weil dort z.B. für Millionen von Pixeln die gleichen berechnungen durchgeführt werden müssen und das unabhängig vom Nachbar-Pixel
Verwaltungs- und Steuer-Anteil steigt überproportional mit der Anzahl der parallelen Einheiten

Definition(en): Programm
Ein Programm ist eine Folge von (auf die Hardware und ihre Arbeitsweise zugeschnittene) Arbeitsvorschriften zum Lösen einer Aufgabe.
Ein Programm ist die Hardware-spezifische Umsetzung eines Algorithmus.

Definition(en): Information
Informationen sind Daten die ein informatisches System zur Erfüllung seiner Aufgabe braucht.

Definition(en): Datum
Ein Datum (Mehrzahl: Daten) ist die Information, die mittels eines Programms benutzt wird.

Biographie: Konrad ZUSE (1910 - 1995)

1.2.1. Grundelement Speicher

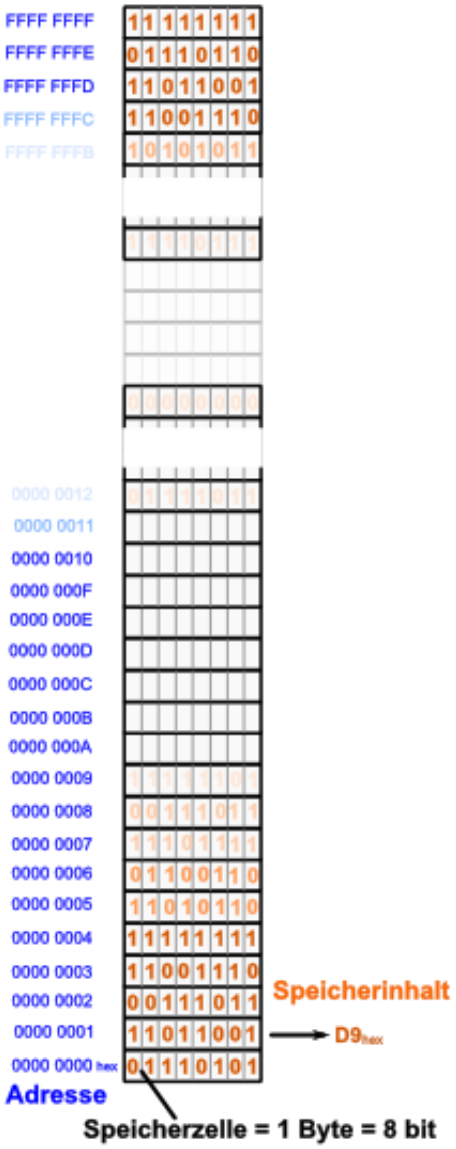
Speicher besteht aus Speicherzellen, die praktisch hintereinander / übereinander angeordnet sind

typische Speicherzelle sind 1 Byte breit – besitzen also 8 bit

in modernen PC's sind die Speicher breiter organisiert – meist 16 oder 32 bit
es werden mehrere Speicherzellen gemeinsam gelesen / geschrieben
Byte, Word (2 Byte), DoubleWord (2 Word = 4 Byte), Quadword (2 DWord = 8 Byte)

jede Speicherzelle hat eine einmalige Adresse
beginnend bei 0H fortlaufend bis zum Ende des adressierbaren Bereichs, der sich aus den Digitalstellen des Adress-Busses ergibt

8 bit Adress-Bus lässt nur 256 Byte zu
16 bit ermöglicht 64 KiB (Kibi Byte) = 65'535 Byte
32 bit kann 4'294'967'295 Byte (4 GiB)
moderne 64 bit-Systeme könnten mit 18'446'744'065'119'617'025 Byte = 16'000'000 TiB = 16'000 PiB = 16 EiB richtig viel abspeichern
Betriebssystem muss die Adress-Breite auch verarbeiten können
da liegt derzeit der begrenzende Faktor
neben physikalischen Grenzen derzeit die einprogrammierten Grenzen entscheidend



Speicher muss nicht vollständig sein

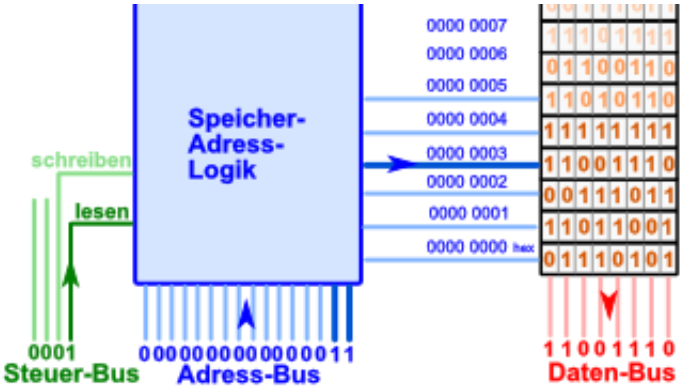
z.B. BIOS-Speicher liegt am Ende des physikalisch erreichbaren / adressierbaren Speicher-Bereichs

extra reservierte Speicher-Bereiche z.B. für Graphik-Karte, Tastatur-Zwischenspeicher (Tastatur-Cache), …
vom Computer-Bautyp abhängig

über die Leitungen des Adress-Bus wird die gültige Adresse eingestellt

liegt auf der Lese-Leistung (Steuer-Bus) ein Signal, dann wird adressierte Speicherzelle zum Kopieren der Daten auf den Daten-Bus angeregt

bei Schreib-Befehl wird der Inhalt des Daten-Bus in die adressierte Speicherzelle geschrieben



Aufgaben:

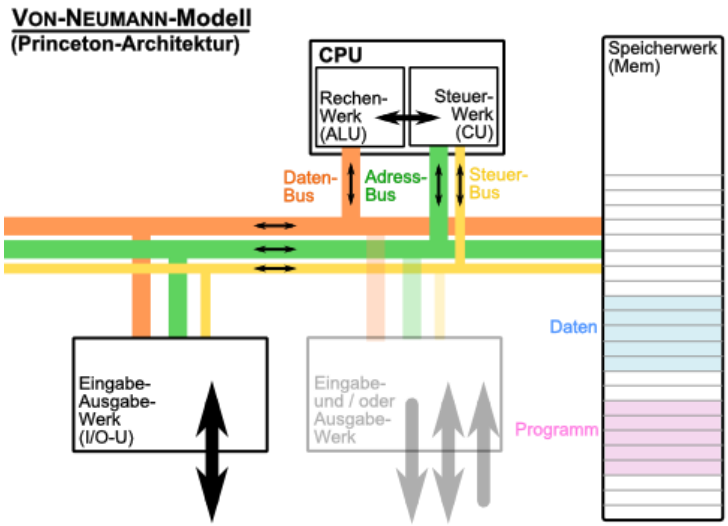
1. Was bedeuten die Speichergrößen MiB, GiB und TiB?

2.

KibiByte
MebiByte
GibiByte
TebiByte
GibiByte
ExbiByte
PebiByte
ExbiByte
ZebiByte
YobiByte
RobiByte
QuebiByte

1.2.2. VON-NEUMANN-Architektur

1945
damals gab es quasi noch gar keine Rechner im heutigen Sinn
Rechner waren fest mit Programm versehen, entweder durch Hardware-Verschaltung oder über Lochkarten-Befehle und –Daten
John VON NEUMANN war Mathematiker aus Östereich-Ungarn, später dann in die USA emigriert
gleichzusetzen mit Princeton-Architektur (an der Princeton Univercity entwickelt)
basiert auf Idee von Konrad ZUSE



Prinzipien des VON-NEUMANN-Modells

- **Gesamtsystem besteht aus 5 Funktionseinheiten (Werken)** — Rechenwerk, Steuerwerk, Speicherwerk, Eingabewerk, Ausgabewerk
- **alle Werke sind über einen (zentralen) Bus miteinander verbunden** — parallele Adress-, Daten und Steuer-Leitungen (= Bus)
- **die Zentraleinheit (CPU) arbeitet Taktgesteuert** — kHz bis GHz
- **die interne Signalmenge ist binär kodiert** — 0 od. 1
- **im Rechner werden Worte fester Länge verarbeitet** — z.B. 4, 8, 16, 32, … bit
- **der Hauptspeicher besteht aus fortlaufend adressierten (Speicher-)Worten** — Speicherinhalt nur über Speicheradresse zugänglich
- **System ist frei programmierbar** — Programme werden extern eingegeben und intern verarbeitet
- **System ist hinsichtlich der verarbeiteten Daten universell**
- **Zentraleinheit verarbeitet Befehlsworte und Datenworte sequenziell (hintereinander)**

in der theoretischen Informatik wird eine VON-NEUMANN-Rechner zu den TURING-Maschinen oder –Automaten gezählt (→ Automaten-Theorie → endliche Automaten)

im gemeinsamen Speicher befinden sich sowohl Daten als auch ein Programm

die Begriffe Rechner, Architektur und Modell werden hier äquivalent verwendet

Gegenstück ist Harvard-Architektur ()

Definition(en): VON-NEUMANN-Architektur
Die VON-NEUMANN-Architektur ist ein Referenzmodell der Datenverarbeitung, bei der ein von mehreren Bestandteilen (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe) gemeinsam genutzter Speicher sowohl die Programme als auch die Daten enthält.
Ein VON-NEUMANN-Rechner ist ein Schaltungs- / Geräte-Konzept bei dem die vier Grundgeräte (Werke) (Rechenwerk, Steuerwerk, Speicherwerk und Ein-Ausgabe-Werk) über einen gemeinsam benutztes Bus-System (Adress-Bus, Daten-Bus, Steuer-Bus) verbunden sind und miteinander kommunizieren.

Speicher ist 1-dimensional struktoriert, praktisch ein Stapel aus Speicherzellen, die von Adresse 0 bis x (meist System- oder Hardware-Grenze) durchnummeriert sind

System-Ablauf:

1. Programm (Befehle) befinden sich im Speicher
2. der Befehlzähler zeigt auf nächsten Befehl
3. Befehl (auf den (/ dessen Adresse) der Befehlszeiger zeigt) wird gelesen
    a) ev. werden Daten eingelesen (Speicher → Register)
    b) Befehl wird ausgeführt (Verknüpfung von Daten, Fällen von Entscheidungen, Berechnungen von Sprüngen), ev. werden Daten (z.B. Befehlsergebnisse) zurückgespeichert (Register → Speicher)
    c) Befehlszähler verändert (normal um eins erhöht; bei Sprungbefehlen auch in größeren Schritten)
4. weiter bei 3.

ein minimales Programm muss im System fest eingespeichert sein (ROM, EEPROM, …) (belegt meist bestimmte Speicherzellen (typisch ab Adresse 0)) ev. nur Sprung zu eigentlichem Arbeitssystem: z.B. BIOS (Basic Input/Output System)
BIOS auf PCs liegt am oberen Ende des Speicher-Bereiches
wenn Nutzer vom BIOS sprechen dann meinen sie das Konfigurations-Programm für das BIOS, das seine Konfiguration im cMOS-Speicher ablegt (Batterie-gestützt)
damit lädt das System dann kaskadenartig übergeordnete Programme (z.B. Firmware (z.B. Treiber od. Hardware-interne (ROM-)Speicher), Betriebssystem, Anwenderprogramm)

auf modernen Rechnern durch UEFI (Unified Extensible Firmware Interface) ersetzt / erweitert
ist erweiterbare universelle und standardisierte Schnittstelle zwischen Firmware und Betriebssystem

in modernen Rechnern ist das VON-NEUMANN-Modell immer noch der zentrale Kern, aus der Sicht der Nutzer-Software bleibt dies auch so
aus Hardware-Sicht ist VN-Modell teilweise aufgehoben oder hierarchisiert
dazu kommen Tendenzen zur Parallelisierung und Virtualisierung, die auch auf Software-Seite das allgemeine Modell bröckeln lassen

VON-NEUMANN-Flaschenhals (von Neumann bottleneck)
ist das Bus-System, wenn eine Komponente / ein Werk bzw. eine Komination von Quellwer und Zielwerk darauf zugreift, dann ist er quasi für die anderen gespeert
es kann immer nur eine Sache zur Zeit erledigt werden (die Einfachheit wird zum Problem)
die Einfachheit wurde aber ursprünglich der Komplexität vorgezogen, weil sie damals nicht beherrschbar war
das VN-Modell hat deshalb so lange hervorragend funktioniert, weil die CPUs die komplexisten, Leistungs-schwächsten und teuersten Bestandteile eines Computer waren
heute gleichen sich die Komplexitäten, Leistungen und Preise stärker an (an den Grenzen des derzeit machbaren)
derzeit (2015) ist eher der Speicher das begrenzende Element (meist zu langsam); schnellerer Speicher zu teuer und deshalb zur als relativ kleiner Cache (Zwischenspeicher) benutzt

Grobaufbau einer CPU

Breite der verschiedenen Speicher, Register und Zähler von der CPU-Architektur-Breite bestimmt
die meisten Speicher und Zähler haben die Breite der Architektur, dazu kommen einige mit doppelt so großer Breite

man unterscheidet Byte, Word und

Register als Speicher für Argumente, Ergebnisse und Zwischenergebnisse
quasi Variablen-Speicher

RISC und CISC

Arithmetrik-Logik-Einheit verarbeitet Microcode, der sich aus den Befehlen ableitet
man unterscheidet 1-Byte-, 2- und 3-Byte- Befehle
die 1-Byte-Befehle erfüllen bestimmte Operationen z.B. mit vorbelegten Zählern oder Registern
bei 2-Byte-Befehlen ist das 2. Byte häufig mit einem Argument belegt, es gibt aber auch komplexe Befehle, die erst mit dem 2. Byte vollständig sind
dies gilt z.B. bei Block-Befehlen so, die ganze Adress- oder Register-Blöcke mit einem Mal bearbeiten können

bei 3-Byte-Befehlen sind häufig 2 Argumente im 2. und 3. Byte folgend

VON-NEUMANN-Befehls-Zyklus
Arbeits-Schrittfolge beim Erledigen eines Prozessor-Befehls

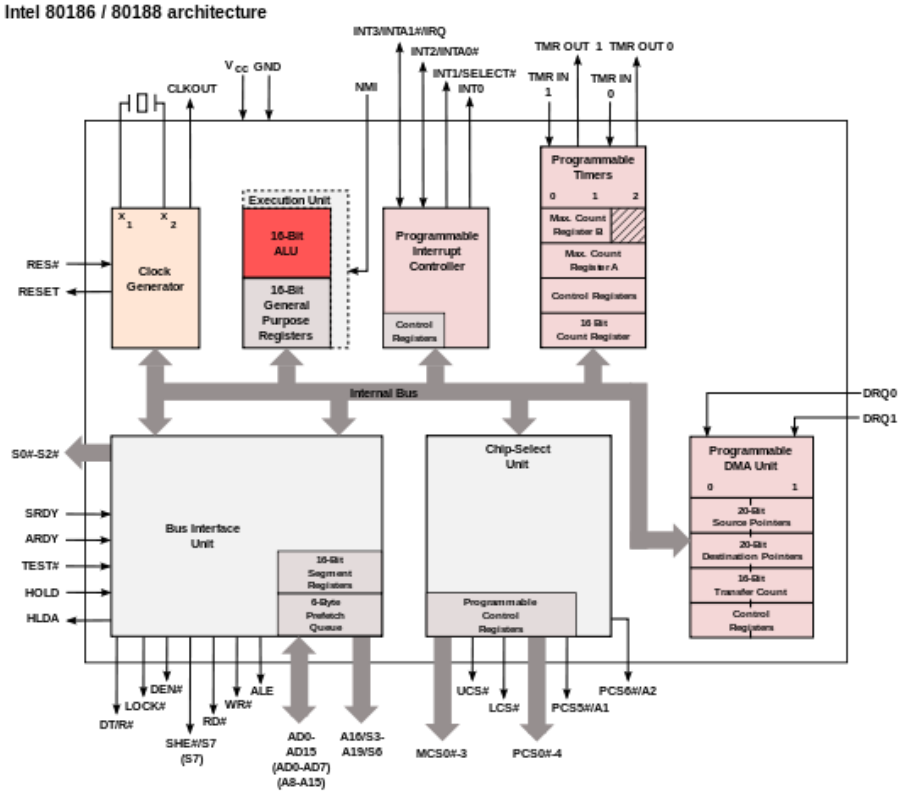
Schritt	Bezeichnung	Inhalt / Arbeits-Leistung
1	**(Instruction-) FETCH (IF)**	Befehls-Aufruf Befehl wird aus der Speicher-Adresse geladen, die in Befehls-Register (Befehls-Zähler) steht
2	**(Instruction-) DECODE (ID)**	Dekodierung Befehlszähler um die Befehls-Länge erhöht das Steuerwerk schaltet die zum Befehl gehörenden Logik-Schaltungen ein (bzw. gibt Daten-Leitung dahin frei)
3	**FETCH OPERANDS (FO)**	Operanden-Aufruf aus dem Speicher oder anderen Registern werden zusätzliche Operanden (Daten) geladen (auf die Logik-Schaltungen geleitet)
4	**EXECUTE (Executation Stage) (EX)**	Befehls-Ausführung Rechen-Logik arbeitet; Befehlszähler wird erhöht bzw. bei Schleifen / Sprüngen auf anderen Wert (neue Befehls-Adresse) gesetzt
5	**WRITE BACK (WB)**	Zurückschreiben (des Ergebnisses) ev. werden die Ergebnisse aus der Logik-Schaltung in Register oder Speicherzellen geschrieben

je nach Befehls-Typ und Daten-Menge werden für einen Befehl minimal ein Takt und maximal 5 Takte gebraucht
die 5-stufige Prozessor-Taktung ist eher allgemein gemeint und theoretisch.
In der Praxis sind die Prozessoren eher 4-stufig aufgebaut. Dabei fallen die Takte 2 und 3 meist zu einem zusammengafasst bzw. Arbeits-teilig ausgeführt
in der ersten Takt-Hälfte erfolgt die Dekodierung und in der zweiten das Nachladen von Operanden

die meisten aktuellen Prozessoren arbeiten in einer Mischform zwischen VON-NEUMANN und Harvard-Architektur
Daten und Befehle werden intern getrennt behandelt; nach außen hin (extern) aber in einem (gemeinsamen) Speicher abgelegt
die Schritte von zwei Befehlen laufen nicht direkt hintereinander ab, sondern werden nur leicht Takt-versetzt abgearbeitet → Pipelining
weiterhin erfolgt parallele Abarbeitung von Befehlen → Ports
(bei modernen Prozessoren können so z.B. 40 Befehle gleichzeitig in der EXECUTE-Phase sein)

der Urvater (ab 1978) der heute weit verbreiteten Pentium®-Prozessoren usw. war der legendäre intel-8086
mit 29'000 Transitoren, maximal 5 MHz, einer Verarbeitungsbreite von 16 bit und 14 Registern ist mit den heutigen Prozessor-Bolliden nicht mehr zu vergleichen
ungefähr 100 Befehle verfügbar

in den nächsten Jahren folgten dann immer Leistungs-stärkere, schnellere und universellere Prozessoren
in der Nachfolge des 8086 waren dass z.B.:



Architektur des intel 80186
Q: de.wikipedia.org (Appaloosa)

Aufgaben:

1. *Ein Schüler hat in einer Klausur behauptet, ein Prozessor – wie z.B. der intel 80186 – wäre ein VON-NEUMANN-Rechner. Setzen Sie sich mit dieser Behauptung auseinander!*
2. *Stellen Sie von den Mikroprozessoren der intel-x86-Reihe die maximale Prozessorgeschwindigkeit und den (physikalisch) adressierbaren Speicher gegen das Ersterscheinungsjahr graphisch dar! Leiten Sie Tendenzen / Regeln ab!*
3. *Recherchieren Sie die ungefähren Transitoren-Zahlen und die Ersterscheinungsjahre der verschiedenen Mikroprozessoren der intel x86-Reihe und stellen Sie die graphisch gegen die Jahreszahl dar! Leiten Sie eine oder mehrere Tendenzen ab!*

intel-Name	ab Jahr	Datenbus bit	Adressbus bit	max. Speicher (adressierbar)	Registerbreite bit	bis x MHz	L1-Cache, L2-Cache, L3-Cache; max.	Kerne max.	
8086	1978	8	16		8 / 16	10	-	1	
80186	1982	16	20	1 MiB	8 / 16 / 32	16		1	
80286	1982	16	24	16 MiB	8 / 16 / 32	20		1	
80386	1985	32 / 16 (SX)	32 / 24 (SX)	4 GiB / 16 MiB (SX)	8 / 16 / 32 / 64	33		1	
80486	1989	32	32	4 GiB	8 / 16 / 32 / 64	50		1	
Pentium® (I) P5 (80586)	1993	64	32	4 GiB	8 / 16 / 32 / 64	66 / 200		1 RISC	
Pentium Pro® (P6)	1995	64	36	64 GiB		200	8 + 8 KiB 1'024 KiB	1	
Pentium II®	1997	64	32	4 GiB		450	2'048 KiB	1	
Celeron	1998	64	32	4 GiB		2'500		1	
Pentium III®	1999	64	32	4 GiB		1'400		1	
Pentium 4®	2000	64	32	4 GiB				1	
Pentium M	2002	64	32	4 GiB		2'260		1	
Core 2 Duo	2006					3'300	6 MiB	2	
Core 2 Quad	2007	64	36	64 GiB		3'000		2x 2	
Core i7	2008	3x 64	36	64 GiB		3'330	32 KiB 256 KiB 8 MiB	4	
intel Atom®	2008	64	36	144 GiB		2'130	32 KiB 512 – 1'024 KiB	2 - 4	
i5	2009	64				3'500		4	
i7	2009	64				3'900		4 - 12	
i3	2010	64				3'400		2	

sehr vereinfachte Rechenformeln

$$\frac{Anzahl_Befehle}{1\,s} = TaktFrequenz\,[Hz]$$

funktioniert nur bei Ein-Takt-Befehlen (z.B. NOP)

$$\frac{Anzahl_Befehle}{TaktFrequenz\,[Hz]} = Zeit\,[s]$$

vereinfacht für CPU- / Maschinen-Befehle mit den 5 klassischen Takten

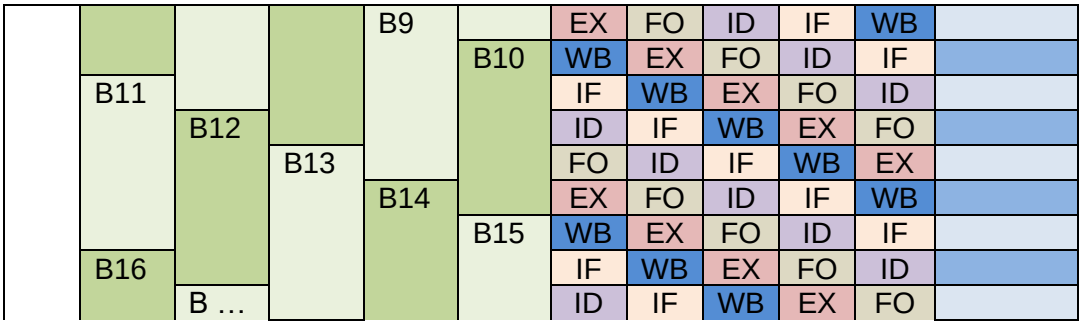
	Befehls-Takt		System-Takt	
Programm …	Befehl 1	instruction fetch	1 Takt	5 Takte
		instruction decode	1 Takt	
		fetch operand	…	
		execute		
		write back		
	Befehl 2	instruction fetch		5 Takte
		instruction decode		
		fetch operand		
		execute		
		write back		
	Befehl 3	instruction fetch		5 Takte
		instruction decode		
		fetch operand		
		execute		
		write back		
	Befehl …	instruction fetch		…
		instruction decode		

Pipelining

Für jeden Abarbeitungs-Teil eines Maschinen-Befehl's sind andere Teile der CPU zuständig.
Während der Arbeit eines Befehls-Auswerter sind also immer mehrere CPU-Teile unbenutzt
Es ist also sinnvoll, diese Teile immer schon mit nachfolgenden Befehlen zu beschäftigen
Die leicht verschobene – quasi fast parallele – Abarbeitung mehrerer Prozessoer-Befehle nebeneinander nennt man Pipelining.

idealisiert für unabhängige Folge von Maschinen-Befehlen mit 5 Takten

	Befehls-Pipline's					Prozessor-Pipelines's					System-Takt
Programm …	B1					IF					1 Takt
		B2				ID	IF				1 Takt
			B3			FO	ID	IF			…
				B4		EX	FO	ID	IF		
					B5	WB	EX	FO	ID	IF	
	B6					IF	WB	EX	FO	ID	
		B7				ID	IF	WB	EX	FO	
			B8			FO	ID	IF	WB	EX	



Praktisch gibt es aber Abwandlungen und Probleme.
Befehle haben unterschiedliche Längen (Anzahl von Takten für ihre Abarbeitung)
eigentlich werden weniger Pipeline's im Prozessor gebrauch
bei Sprung-Befehlen (z.B. nach Vergleichen) ist eine Vorausschau (statistisch) zu 50 % umsonst; hier kann durch geeignete Compiler eine Optimierung erfolgen (normaler Schleifen-Körper in de Pipeline, Abbruch-Szenario dann mit selteneren unbenutzter Vorausschau, die veworfen wird)
ein Befehl in einer anderen Pipeline braucht ein Ergebnis aus einer vorlaufenden Pipeline, die aber noch keine Daten zurückgeschrieben hat; hier bauen moderne Compiler NOP-Befehle ein
hier ist Pipelining dann eher nachteilig (höhere Prozessor-Preise für Prozessoren, deren Leistungs-Potentiale nicht ausgenutzt werden können)

Exkurs: Prozessoren von morgen?

"Rock Creek" (2009) ist ein sogenannter Sigle-Chip-Cloud-Prozessor, der aus 4 Gruppen a' 6 Doppelkern-Prozessoren-Einheiten (also 48 Kerne) zusammengesetzt ist. Intern neben Bus-Systemen wird hauptsächlich über Messages kommuniziert. Dafür sind auf dem Chip auch noch 24 Router integriert. Insgesamt sind 1,3 Milliarden Transistoren verbaut.
Praktisch kann jeder Kern mit einem eigenen Betriebssystem booten. Derzeit wird ein angepasstes Linux verwendet.

beobachtet man die Aktivitäten der CPU genauer, dann können die folgenden feiner gegliederten Abfolgen (Micro-Anweisungen) beobachtet werden

Daten (Anweisung) in Befehlsspeicher einlesen	1. Adresse auf dem Adressbus einstellen 2. Eingabeleitung auf Steuerbus aktivieren 3. Daten vom Datenbus (in Befehlsspeicher) übernehmen
Anweisung ausführen	1. Befehlslogik einstellen (Anweisung decodieren) 2. Befehlslogik aktivieren 3. Befehls(adress)zähler um 1 erhöhen
Daten eingeben	1. Eingabeadresse auf dem Adressbus einstellen 2. Eingabeleitung auf Steuerbus aktivieren 3. Daten vom Datenbus übernehmen
Daten in Speicher schreiben	1. Adresse auf dem Adressbus einstellen 2. Daten auf den Datenbus legen 3. Schreibleitung auf Steuerbus aktivieren
Daten in Register einlesen	1. Adresse auf dem Adressbus einstellen 2. Eingabeleitung auf Steuerbus aktivieren 3. Daten vom Datenbus (in Register) übernehmen
Registern verändern	1. Rechenlogik aktivieren 2. Ergebnis in Register speichern 3. Befehls(adress)zähler erhöhen
2 Registern verknüpfen	1. Rechenlogik aktivieren 2. Ergebnis in ein Register speichern 3. Befehls(adress)zähler erhöhen
Registern auswerten	1. Rechenlogik aktivieren 2. je nach Ergebnis den Befehls(adress)zähler verändern
Befehlszähler verändern	1. Befehlszähler einstellen
Daten aus Register speichern	1. Adresse auf Adressbus einstellen 2. Daten auf den Datenbus legen 3. Schreibleitung auf Steuerbus aktivieren
Daten aus Speicher lesen	1. Adresse auf Adressbus einstellen 2. Leseleitung auf Steuerbus aktivieren 3. Daten vom Datenbus übernehmen
Daten ausgeben	1. Adresse auf Adressbus einstellen 2. Daten auf den Datenbus legen 3. Schreibleitung auf Steuerbus aktivieren

Vergleich und Gegenüberstellung von VON-NEUMANN- und Harvard-Architektur

	VON-NEUMANN-Architektur	Harvard-Architektur
Gemeinsamkeiten	• Bauelemente: Busse, CPU, Speicher, I/O-Systeme •	
Unterschiede	• gemeinsamer Haupt-Bus (geteilt in Daten-, Adress- und Steuer-Bus) • zentraler Bus • periphere CPU	• getrennte Busse für Daten und Befehle • Busse peripher angelegt • zentrale CPU
Vorteile	• nur ein Bus, der universell genutzt werden kann • Speicher ist flexibel zwischen Daten und Programmen aufteilbar	• Daten und Befehle können gleichzeitig, aber auch unabhängig voneinander geladen werden • da Trennung von Daten und Programm in untterschiedlichen Speichern, kann fehlerhafter od. manipulierter Code keine Programme überschreiben (nur Daten)
Nachteile	• Bus mit seiner Geschwindigkeit ist der Flaschenhals des Systems • Daten und Programme nicht unterscheibar	• freier Speicher lässt sich nicht für die jeweils anderen Daten bzw. Programme nutzen

Biographie: John VON NEUMANN (1903 - 1957)

Geburtsname János Lajos Neumann von Margitta

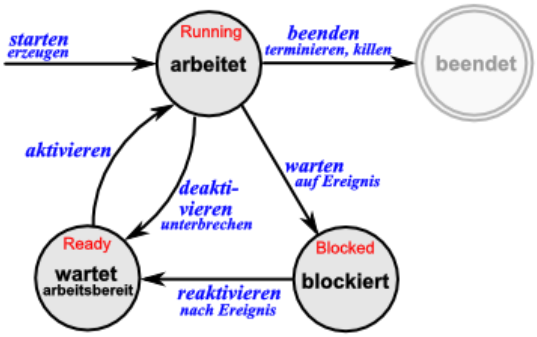
Rechner-Architektur
Spiel-Theorie

1.2.3. Prozesse

Definition(en): Prozess
Ein Prozess ist ein Programm oder ein Programm-Teil, der von einem Prozessor als eine zusammenhängende Einheit betrachtet wird.
Ein Prozess ist ein Programm oder ein Programm-Teil, der vom Betriebssystem als eigenständige Einheit verstanden wird und vom Prozessor oder einem Teil (Kern) abgearbeitet wird.
Ein Prozess ist eine von einem Betriebssystem gesteuerte, eigenständige Informations-Verarbeitungs-Einheit.
Ein Prozess ist die konkrete Instanzierung eines Programm's zu dessen Abarbeitung im Informations-Verarbeitungs-System.
Ein Prozess ist die Ablauf-Umgebung eines Programm's in einem Rechner-System.

Prozess-Zustände (aus der Sicht des Betriebssystems)

- **arbeitet**
- **wartet**
- **blockiert**



Betriebs-System hat Prozess-Scheduler, der die verschiedenen Prozesse, die eigentlich gleichzeitig ablaufen müssten, verwaltet

Möglichkeit wäre Liste von Prozessen mit einer Reihenfolge entsprechend der Priorität
Gefahr, dass Prozesse mit geringer Priorität ganz untergehen

mehrere Prozessoren oder Prozessoren mit mehreren Kernen können mehrere unabhängige Prozesse parallel / nebenläufig ausführen

gleiches gilt für mehrere Instanzen des gleichen Programms
nebenläufige Prozesse können nur auf globale Ressourcen (z.B. Maus-Position, Tastatur-Eingaben, …) zugreifen, meist ist nur ein lesender Zugriff erlaubt
das Schreiben setzt i.A. exklusive Prozesse voraus, sie greifen nur alleine (eben exklusiv) auf eine Ressource zu

mit bestimmten Befehlen kann man die exklusive Abarbeitung eines Programm-Abschnitts realisieren
in dieser Zeit kann dann kein Interrupt oder ein anderer Prozess die Abarbeitung des Programm-Abschnitts verhindern

besonders ausgenutzt wird die Nebenläufigkeit von den Graphik-Prozessoren auf Graphik-Karten. Sie brechnen in vielen Kernen gleichzeitig mehrere Graphik-Elemente (meist Pixel).
die Graphik-Prozessoren sind häufig speziell optimierte RISC-Prozessoren

Semaphoren
sind Markierungen / Anzeiger für bestimmte System-Zustände oder Verfügbarkeiten von Ressourcen

besser Zeitscheiben
Round-Robin-Scheduler
Prozesse bekommen Anteile an Prozessor-Zeit
relativ gerechte Verteilung der Ressourcen
Nachteil ist, dass auch hoch-priorisierte Prozesse länger brauchen
am Ende der zugeteilten Prozessorzeit muss Zustand des Prozessor's, des Stack's und ev. andere Speicherbereiche (z.B. Cache) usw. gesichert werden muss und dann natürlich vor dem Vortsetzen im nächsten Zeit-Abschnitt wieder geladen werden müssen
das kosten Zeit
würde die Sicherung der Prozess-Zustände nicht passieren und Prioritäten nicht beachtet werden, dann könnte z.B. ein heilloses Daten-Chaos entstehen. Mehrere Druck-Prozesse können z.B. nicht gleichzeit auf einen Druck zugreifen. Das würde dann wohl gemischte Ausdrucke ergeben.
Ein Drucker ist also z.B. eine kritische oder auch exklusive Ressource. Nur ein Prozess kann / darf zu einer Zeit auf sie zugreifen. Andere Prozesse müssen dann in den "blockiert"-Zustand versetzt werden, auch wenn ihnen gerade CPU-Zeit zugeteilt wurde.

Andere Prozesse können nebenläufig abgearbeit werden. So behindern sich das Drucken eines Dokumentes und die Anzeige einer Maus-Bewegung praktisch nicht.

Betriebssystem müssen Konflikte zwischen Prozessen verhindern / erkennen und die Abläufe u.U. passend steuern

in Windows-Systemen ist ein besonderer niedrig-priorisierter Prozess – der "Leerlaufprozess" – ein Puffer für nicht genutzte Prozessor-Zeit

heutige Rechner mit ihren Betriebssystemen sind Kombinationen aus mehreren Kernen in einer CPU und optimierter Zeitscheiben-Steuerungen.

Interrupt's

Um das Eintreffen bestimmte Ereignisse zu beobachten, müssten viele Port's und Schnittstellen überwacht werden. Das würde sehr viel Arbeits-Zeit kosten. Hier hat man sich bei modernen Rechnern für einen anderen Mechanismus entschieden. Bestimmte Ereignisse können Unterbrechungen – engl. Interrups – auslösen. Dabei wird die normale Abarbeitung der Prozesse unterbrochen, der Prozess-Zustand gesichert und dann mit der Interrupt-Routine auf das Unterbrechungs-Ereignis reagiert. Danach wird dann wieder mit der normalen Prozess-Bearbeitung weiter gemacht.

Interrupt-Arten

- **Hardware-Interrupt** werden durch technische Bestandteile ausgelöst
- **Software-Interrupt** werden von einem Programm ausgelöst

Hardware-Interrupt-Routinen waren in älteren Betriebssystem oft der Einstiegs-Punkt für Viren und ähnliche System-Schädlinge
heute hat der Nutzer keinen direkten Zugriff mehr auf die Hardware, die Interrupts und deren Behandlungs-Routinen. Sie sind vom restlichen System abgekapselt (→ Schalen-Modell).

Interrupt-Arten

- **System-Interrupt** Interrupts, die sich aus bestimmen System-Bedingungen ergeben und eine Reaktion ds Betriebssystem erfordern
- **Anwendungs-Interrupt** Unterbrechungen, die sich aus der Abarbeitung eines Programm's / Algorithmus ergeben, wie z.B. Division durch Null
  Anwendung reagiert auf einen Abarbeitungs-Fehler
-

Definition(en): Interrupt
Ein Interrupt ist eine Unterbrechung der normalen Prozess-Bearbeitung, um auf ein Ereignis mit einem speziellen Programm (Interrupt-Routine) zu reagieren.

Definition(en): Task
Ein Task ist eine Aufgabe (ein Programm / Service), die vom (Betriebs-)System ausgeführt wird. Ein Task kann aus mehreren Prozessen bestehen.

Thread (dt.: Faden)

eigenständiger / abgegrenzter Ausführungs- od. Programm-Strang innerhalb eines Prozesses

Definition(en): Thread
Ein Thread ist ein (meist kleiner) Programm-Abschnitt (Algorithmen-Teil), der zusammenhängend abgearbeitet werden soll, auf ein bestimmtes Daten-Segment zugreift und ev. über bestimmten Referenzen / Zeiger auf das Daten-Sdegment verfügt.

User-Thread ist ein entsprechender Software-Abschnitt des Anwender-Programms
im Allgemeinen ist hier keine Steuerung des Betriebssystems notwendig
Anwendung muss aber ev. bei nebenläufigen Thread's dafür sorgen, dass Abhängigkeiten bei Daten beachtet werden
ein Thread kann nicht auf einen berechneten Wert eines anderen Thread's zugreifen, wenn diese Berechnung noch nicht abgeschlossen ist

1.2.4. Programmierung des Rechners / der CPU

eigentlich in dualer Form (Maschinencode)
praktisch eindeutige Zuordnung von Speicherzelle (Adresse) und ihrem digitalem Inhalt (entweder CPU-Befehl oder Daten (z.B. für Register oder Speicher)
Daten in chiffrierter Form

besser lesbar in Assembler-Sprache geschrieben
Umschreibungen der CPU-Anweisungen in einfache Mnemonics

Quelltext muss dann in duale Form übersetzt (compiliert bzw. interpretiert) werden (vom sagenannten Assembler:
von Hand in dualer Form (Maschinencode) oder per Assembler geschriebene Programme gleich gross, da eine 1 : 1-Übersetzung erfolgt
Quelltext durch Mnemonics und Hilfsstrukturen (z.B. Sprungmarken) sowie Kommentare deutlich aufgebläht

noch angenehmer für Menschen Programmierung in höherer Programmiersprache:

auch diese Quelltexte müssen in duale Form übersetzt werden
spezieller Interpreter oder Compiler notwendig
Programme üblicherweise deutlich größer / länger und damit langsamer als Maschinencode
Quelltexte lassen sich vielfach für andere CPU's nutzen (allerdings andere Übersetzer benötigt)
Quelltexte üblicherweise durch sinnvolle Zusammenfassung von Maschinenbefehlen zu höheren Befehlsgruppen (Schlüsselwörter der Programmiersprache) kleiner als Maschinencode

Entwicklung der höheren Programmiersprachen

Grace HOPPER

Crazy Grace, Miss COBOL

Tauschen von MOPS und Johnny
Betonung der beobachteten Simulation (z.B. in Zeitlupe)

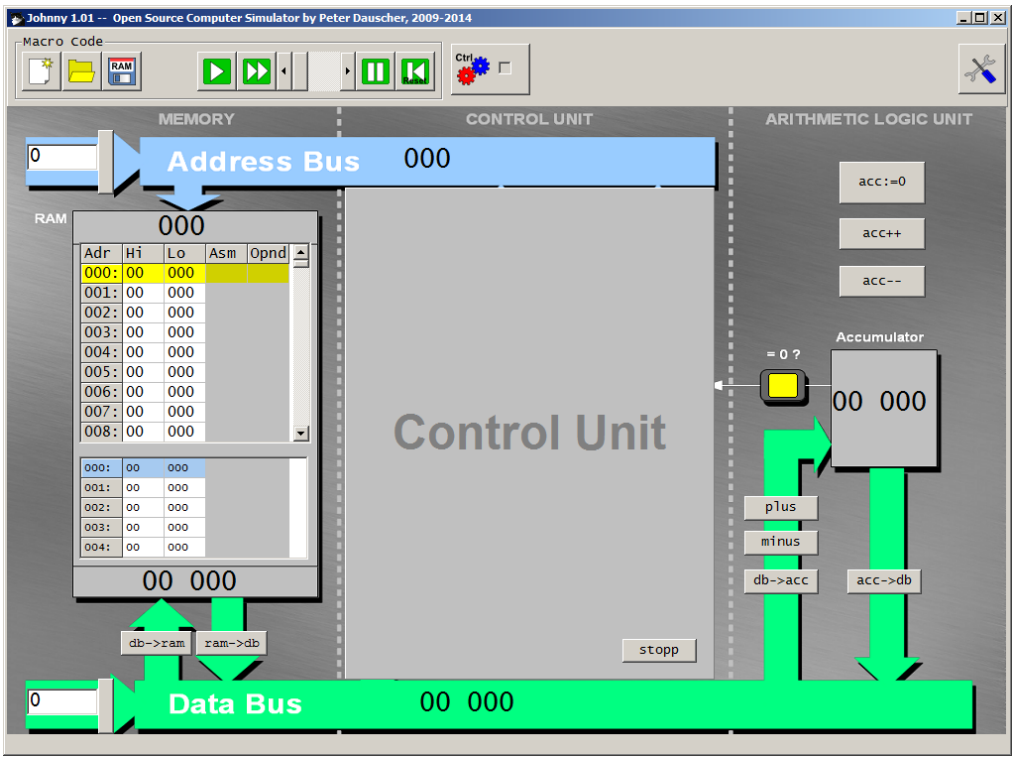
1.2.4.2. Simulation eines VON-NEUMANN-Rechner mit "Johnny"

"Johnny" ist ein Simulations-Programm für einen vereinfachten VON-NEUMANN-Rechner. Das von Peter DAUSCHER entwickelte Programm steht unter der GPL V.3 und ist als portable App nutzbar.
Für Windows steht ein Download der ausführbaren Dateien zur Verfügung (→). Für andere Betriebssysteme muss der – frei verfügbare Quellcode – kompiliert werden. Die letzte - derzeit ladbare Version 1.01 ist aus dem Jahr 2014.
Im Io-Stick von Timo Hempel (→https://tinohempel.de/info/info/IoStick/index.html) ist "Johnny" fertig integriert und sofort nutzbar.
Das nach dem Download zu entzippende Verzeichnis kann aber auch direkt irgendwohin kopiert werden und daraus die Johnny.EXE gestartet werden. Kopiert man den Ordner in den PortableApps-Ordner eines portable-Apps-Sticks, dann findet man "Johnny" nach dem nächsten Start im Menü.
Da verschiedene Elemente eines VON-NEUMANN-Systems anders abgebildet oder weggelassen wurden, sollte man den Simulator wirklich nur als Simulator verstehen, nicht als Darstellung des Modell's. Auch Tatsachen (Speicher-Inhalte) und Interpretationen (z.B. Asm + Opnd) sind teilweise gemischt.
Im Folgenden werden wir uns vorrangig mit der Bedienung beschäftigen, da diese dann für die Übungs-Aufgaben gebraucht wird.

Links:
https://www.youtube.com/watch?v=74UbqN4o9Po (sehr kleine Einführung; P. SCHNABEL; 02:11)
https://wiki.zum.de/wiki/Rechnerarchitektur_mit_Simulator_JOHNNY (Wiki + Info; P. DAUSCHER) [5★]

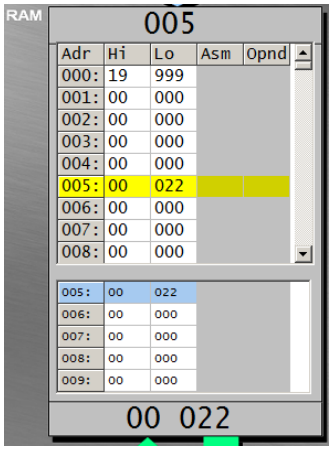
1.2.2.2.1. Aufbau des Simulators

Nach dem Start und dem Weg-Klicken der Programm-Info (Splash-Screen) sehen wir vier Elemente eines VON-NEUMANN-Rechner's.



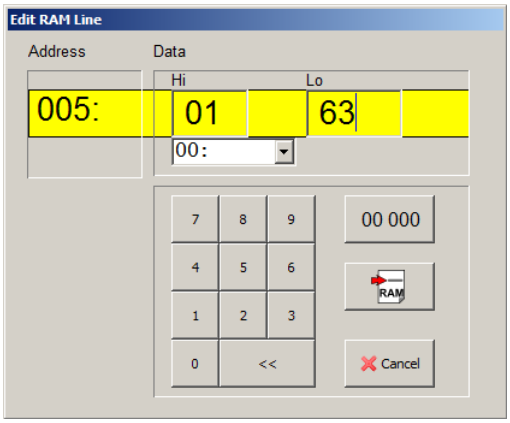
Dazu gehören der Speicher (Memory) und der Prozessor mit Kontroll-Einheit und der Arithmetik-Logik-Einheit sowie das Bus-System. Das Bus-System besteht hier nur aus Adress- und Daten-Bus.
Da auf die Eingabe-Ausgabe-Einheiten (IO-Unit's)verzichtet wurde, benötigen wir auch nicht unbedingt einen Steuer-Bus.
Praktisch kann man sich den Simulator als Prototypen eines sehr einfachen Prozessor's vorstellen, der auf seinen eigenen Speicher (Cache) zugreift.
Mittels Symbol-Leiste über dem abgebildeten Prozessor finden wir die Bedien-Elemente des Simulator's sowie die Einstellungen.

Speicher(-Werk) (Memory)



Der Speicher (RAM … Random Access Memory → beliebiger Zugriffs-Speicher) hat 1'000 Speicherzellen, die über die Adressen 000 bis 999 angesprochen werden können. Die Auswahl einer Speicherzelle wird über den Adress-Bus gesteuert.
Die Anzeige des Speicher's ist in zwei Bereiche geteilt. Der obere Bereich dient als Eingabe-Bereich. Hier lassen sich Daten und Programme ablegen. Bei VON-NEUMANN-Rechner liegen beide ja gemeinsam im gleichen Speicher.
Der untere Bereich dient der Anzeige der aktuellen Aktivitäten (Lesen-Speichern) im RAM. So kann dann später im oberen Bereich das Lesen der Programm-Anweisungen und unten das Lesen und Schreiben der Daten simultan beobachtet werden.

Die Speicher-Zellen lassen sich durch Klicken auf die Anzeige-Zeile einer Speicherzelle im oberen Bereich mit Werten belegen.

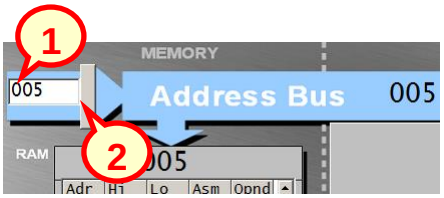


Als Werte sind hier Zahlen zwischen 0 und 19'000 erlaubt. Der Gesamt-Wert wird in den High-Wert und den Low-Wert zerlegt. Der High-Wert sind die Tausender und Zehntausender. Die Einer bis Hunderter kommen in den Low-Bereich. In echten Systemen haben wir ja auch ein Higl-Byte und ein Low-Byte in einem 16-bit-System.

Ein solches direktes Hinein-Schreiben in den Speicher ist natürlich in echten Systemen nicht möglich. Einzig die Benutzung eines ROM (Read Only Memory → Nur-Lese-Speicher) wäre so simulierbar (entspricht dem Brennen eines ROM).

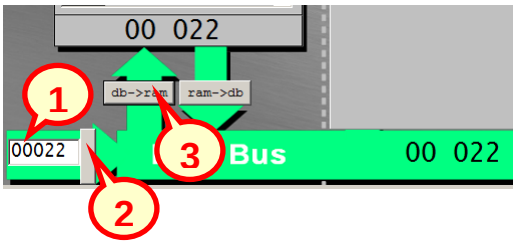
Der normale Weg wäre über die Bus-Systeme möglich. Dabei könnten die Daten von irgendwelchen IO-Geräten stammen.

Zuerst müssen wir die zu benutzende Speicherzelle mit ihrer Adresse spezifizieren. Dazu wird zuerst die (dezimale) Adresse angegeben und diese dann über die schmale (unbeschriftete) Schaltfläche auf den Daten-Bus geschrieben.



Hat alle geklappt, erscheint die Adresse oben in der Speicher-Anzeige.

Mit dem Inhalt gehen wir sachlich ähnlich vor. Nur muss am Schluß der Wert vom Daten-Bus noch in den Speicher geschrieben werden. Dazu dient die Schaltfläche "db → ram".



Sachlich könnten alle am Bus angeschlosenen Geräte / Einheiten den Daten-Bus auslesen. In der Praxis wird die Berechntigung dazu über den Steuer-Bus geregelt.

Die Speicher-Belegung (bisher sind es ja nur Daten) lassen sich als ram-Datei in Johnny speichern. Später kann die Datei dann auch das zugehörige Programm enthalten – es ist ja auch nur eine Speicher-Belegung im RAM.

Aufgaben:

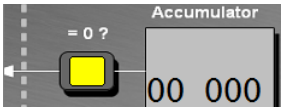
1. ***Belegen Sie den RAM auf den Speicherzellen 000 und 001 mit den Zahlen 13 und 4! Speichern Sie sich die Speicher-Belegung als Übung1.ram ab!***
2. ***Belegen Sie nun den Speicher beginnend bei 004 mit den ersten 5 ungeraden natürlichen Zahlen! Speichern Sie sich die Speicher-Belegung als Übung2.ram ab.***
3.

Rechenwerk (ALU … Arithmetic Logic Unit → Arithmetik-Logik-Einheit)

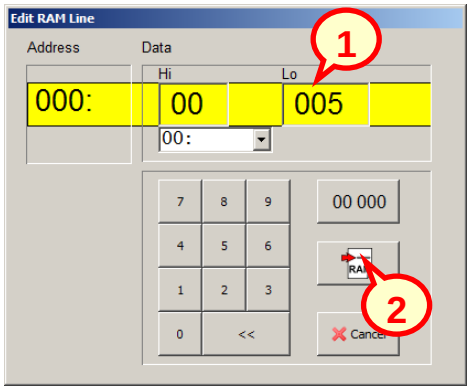
Die ALU ist das Kernstück moderner Prozessoren und dort mit Hunderten Funktionen ausgestattet. In unserem Simmulator sind es nur sehr wenige.
Um mit verschiedenen Zahlen – oder besser Bit-Mustern arbeiten zu können – verfügen die ALU's über eine Vielzahl interner Speicher-Plätze. Diese werden Register genannt. Das Haupt-Register heißt Akkumulator. In diesem werden die eigentlichen Funktionen ausgeführt.
Unser Johnny-Computer kann in seiner ALU die folgenden Funktionen realisieren:

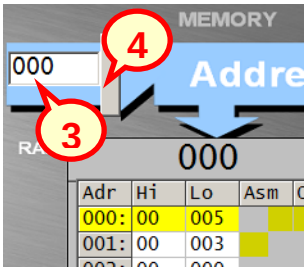
Funktion	Schaltfläche	
addiere Akkumulator und Daten-Bus	plus	Akkumulator := Akkumulator **+** Daten-Bus
subtrahiere Daten-Bus vom Akkumulator	minus	Akkumulator := Akkumulator **-** Daten-Bus
lade Daten-Bus in Akkumulator	db->acc	Akkumulator := Daten-Bus
gebe Akkumulator auf Daten-Bus **aus**	acc->db	Daten-Bus := Akkumulator
setze Akkumulator **auf 0**	acc:=0	Akkumulator := **0**
inkrementiere den Akkumulator	acc++	Akkumulator := Akkumulator **+ 1**
dekrementiere den Akkumulator	acc--	Akkumulator := Akkumulator **- 1**

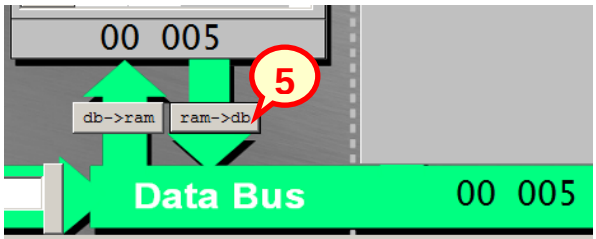
Nebenbei prüft die ALU ständig, ob der Akkumulator den Wert Null hat. Ist das so, dann wird ein Signal (Flag) gesetzt.
In Johnny ist das durch das Leuchten des gelben Lämpchen zu erkennen.



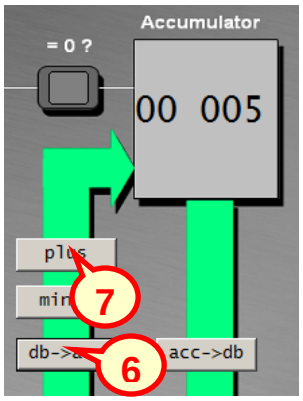
All diese Funktionen werden in einer echten ALU natürlich nicht auf Knopfdruck oder durch irgendwelche Männchen erledigt. Das Auslösen einer Funktion erfolgt Programm-gesteuert durch die Controll-Einheit. Dazu später mehr.
Wollen wir nun z.B. zwei Zahlen addieren, die in den Speicherzellen 000 und 001 stehen, dann brauchen wir die folgenden Arbeitsschritte.
Zuerst wählen wir die passende Speicherzelle durch Klicken aus. Im folgenden Dialog können wir nun Hi- und Low-Wert der Zelle im gelben Bereich ändern (**1**). Die Änderung wird dann wirksam, wenn die RAM-Taste gedrückt wurde (**2**).
Genau so verfahren wir mit der zweiten Speicherzelle. Hier könnte z.B. eine 3 eingegeben werden.
Die Rechen-Operationen können nur in der ALU erfolgen. Also müssen die Daten dahin transportiert werden.
Zuerst wählt man die passende Adresse auf dem Adress-Bus (**3 + 4**).
Nun kann mit **[ram -> db]** der Inhalt der gewählten Speicherzelle auf den Daten-Bus gebracht werden (**5**).

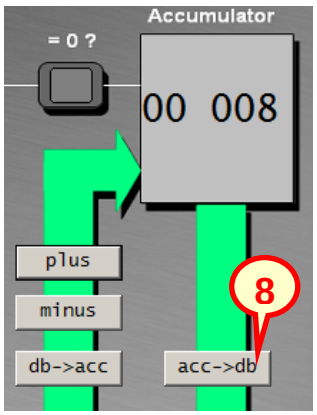




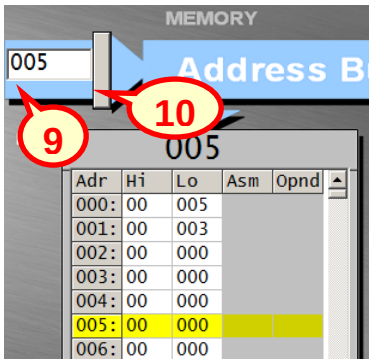


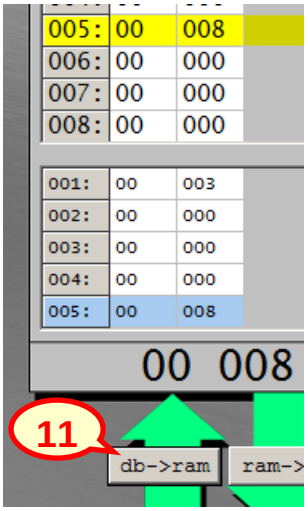
Die ALU kann nun den Daten-Bus lesen und den Inhalt in den Akkumulator (das Haupt-rechen-Register) übernehmen (**6**).
Als nächstes muss der zweite Operant auf den Daten-Bus gebracht werden. Dazu wiederholen wir die die Schritte **3** bis **5** mit der Speicherzelle 001.
Die ALU kann nun den Daten-Bus-Inhalt zum Akkumulator dazuaddieren (**[plus]**; (**7**)) oder abziehen (**[minus]**).





Nachdem der Akkumulator nun das Ergebnis enthält, muss dieses in den Speicher zurück. Der Weg geht über den Daten-Bus (**8**) in die passende Speicherzelle.Diese muss aber erst adressiert werden. Die gewünschte Zelle soll die Adresse 005 haben. Das Vorgehen haben wir schon besprochen. Zuerst wird die Adresse (**9**) auf dem Adress-Bus eingestellt (**10**) und dann noch der Transfer vom Daten-Bus ausgelöst (**11**).
Damit ist die Aufgabe erledigt.





Aufgaben:

1. ***Geben Sie in die Speicherzellen 010, 011 und 012 die Zahlen 24, 4 und 13 ein! Überlegen Sie sich die Schritte, die gemacht werden müssen, um die drei Zahlen zu addieren und das Ergebnis in der Zelle 004 zu speichern! Probieren Sie die Arbeitsschritte immer einzeln aus! Notieren Sie die gemachten Schritte und machen Sie sich daneben Bemerkungen, was jeweils bei dem Schritt gemacht wird! Speichern Sie sich die Speicher-Belegung als ram-Datei ab!***
2. ***Erstellen Sie ein Programm dass die Inhalte der Speicherzellen 011 und 012 von der Zelle 004 subtrahiert! Das Ergbnis soll nun in der Speicherzelle 009 gespeichert werden! Notieren Sie sich die Befehle! Speichern Sie sich den Speicher-Inhalt ab!***
3. ***Laden Sie die Speicher-Belegung Übung2 und addieren Sie die Zahlen in die Zelle 002!***
4. ***Erstellen Sie die folgende Speicherbelegung!***
   a) ***fortlaufend ab der Speicherzelle 030 die geraden Zahlen beginnend bei 2 bis einschließlich 10***
   b) ***beginnend bei der Speicherzelle 995 rückwärts die Zahlen 1 bis 20***
5. ***Geben Sie in den Adressen 010 und 011 die Zahlen 1'001 und 2'002 ein und addieren Sie beide über die ALU! Das Ergebnis soll dann in der Speicherzelle 012 abgelegt werden! Notieren Sie sich alle Arbeitsschritte!***
6.

Simulation von Programmen
Beobachten und Protokollieren zum Programm-Ablauf (z.B. Befehl-Zähler, bestimmte (Daten-)Adressen)
Verändern der Daten im Programm
Verändern der Funktion des Programm's

Entwicklung eigener Programme

Kartenspiel "Digitalo" (Inf-Schule)

Video's Logische Operationen / schalter mit Domino-Steine

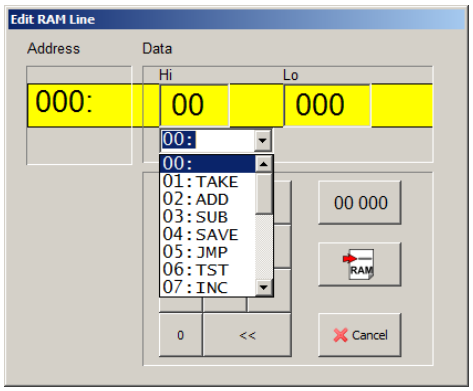
Flip-Flop und Halb-Addierer zusammenstellen / entwickeln

Maschinen- und Assembler-Programmierung

Aus den einzelnen Funktionen sinnvolle größere Daten-Operation zusammenzusetzen ist schon beachtlich aufwendig. Da bestimmte Aufgaben, wie z.B. das Laden des Inhaltes aus einer bestimmten Speicherzelle immer wieder die gleichen Einzel-Operationen erfordern, sind solche Aufgaben als feste Befehle im System gespeichert.

Es sind praktisch die Maschinencode-Befehle, die im Speicher als Programm liegen. In Johnny werden diese Makro's genannt. Die Maschinencode-Befehle sind immer im High-Adressteil anzugeben. Der Low-Teil enthält dann eventuell notwendige Operanden-Daten. Bei der Eingabe sehen wir neben dem Maschinencode – bei Johnny sind das die Befehle 00 bis 19 – auch gleich eine Text-Angabe. Hierbei handelt es sich um die Menschen-lesbare Form – dem Assemblercode.

Die Befehle 11 bis 19 kann man selbst definieren.



Maschinen-Befehl	Assembler- / Makro-Befehl	Operand	Beschreibung / Funktion
00			
01	**TAKE**	Adresse	der Wert der angegebenen absoluten ***Adresse*** wird in den Akkumulator ge**laden**
02	**ADD**	Adresse	der Wert der angegebenen absoluten ***Adresse*** wird zum Akkumulator dazu **addiert**
03	**SUB**	Adresse	der Wert der angegebenen absoluten ***Adresse*** wird vom Akkumulator **subtrahiert**
04	**SAVE**	Adresse	der Wert des Akkumulator wird in der angegebenen absoluten ***Adresse*** ge**speichert**
05	**JMP**	Adresse	**Programm-Fortsetzung** an der angegebenen ***Adresse*** (Programm-Zähler setzen))
06	**TST**	Adresse	testet den Wert der angegebenen (Daten-)***Adresse***; wenn der **Vergleich 0** ergibt, wird die nachfolgende (Programm-)Adresse übersprungen (die direkt nachfolgende (Programm-)Adresse kann dann z.B. für HLT oder JMP genutzt werden (→ Schleifen-Konstrukt)
07	**INC**	Adresse	**erhöht** den Wert in der angegebenen absoluten ***Adresse* um 1**
08	**DEC**	Adresse	**erniedrigt / verringert** den Wert in der angegebenen absoluten ***Adresse* um 1**
09	**NULL**	Adresse	**setzt** den Wert der angegegeben ***Adresse* auf 0**
10	**HLT**	---	Halt bzw. Stopp (Programm-Ende) → Johnny erzeugt eine Bildschirm-Meldung
11 - 19			frei programmierbare Makro's bzw. eigene Assembler-Anweisungen

Die programmier-technische Seite schauen wir uns gleich an (→). Zuerst sollen noch die Elemente von Johnny vollständig besprochen werden.

Auf die Kompatibiltät zu bzw. die Nutzung des Bonsai-Modus vernachlässigen wir hier. Wer dahingehend interessiert ist oder mit diesem Modus arbeiten will / muss, dem sei die Bedienungs-Anleitung angeraten. Mehr noch wird man sich auf die Suche nach Sekundär-Literatur machen müssen, da die Beschreibung recht knapp ausfällt.

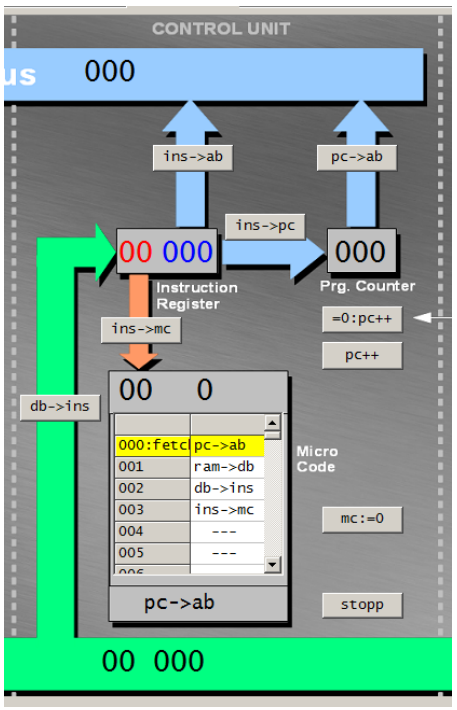
Links:
https://bonsai.pinyto.de/ (Bonsai-Rechner online)

Kontroll-Einheit (Control Unit → Steuerungs-Einheit)

In der Kontroll-Einheit werden die einzelnen Maschinen-Befehle ausgeführt. Dabei werden sie in die notwendigen Mikro-Code-Befehle für einen Durchlauf des VON-NEUMANN-Zyklus zerlegt und dann getaktet ausgeführt.



Normalerweise ist die Control-Einheit verdeckt, da die Abläufe ohne Vorkenntnisse hier schwer zu verfolgen sind. Mit dem "Ctrl-Zahnräder"-Button kann die Control-Einheit aufgedeckt werden. Die Symbol- bzw. Menü-Leiste erweitert sich dann auch um Steuer-Elemente für den Umgang mit Mikro-Befehlen.



Drei Elemente sind für die interne Abarbeitung von Programmen in der CPU bedeutsam. Da ist zum Ersten der Programm-Zähler (Prg.Counter). Er enthält die Adresse des abzuarbeitenden Befehls im Speicher. Der Begriff des Zählers ist dabei etwas irreführend. Vielmehr müsste es Befehls-Adressen-Register od. so ähnlich heißen.

Das Befehls-Register (Instruction Register) enthält den aktuellen Maschinen-Befehl. Der vordere Teil (**rot**) wird für die innere Mikrocode-Abarbeitung benötigt. Der rechte Teil (**blau**) steht für eine Adresse. In echten Prozessoren kann dieser Teil aber auch andere Operanden enthalten. So etwas ist in Johnny nicht umgesetzt.

Die Adresse im Instruktions-Register kann für die direkte Steuerung des Adress-Busses genutzt werden. Fast alle Assembler-Befehle in Johnny haben Adressen als Operand.

Weiterhin kann der Befehlszähler neu eingestellt werden. Das passiert eben bei Sprung-Befehlen.

Die Anzeige der Micro-Code-Sequenzen ermöglicht uns einen Einblick in die Einzelschritte einer Befehls-Abarbeitung.

Die Abarbeitung des VON-NEUMANN-Zyklus für einzelne Assembler-Befehler sehen wir uns etwas weiter hinten an (→ 1.2.2.2.2.2. Beobachtung des VON-NEUMANN-Befehls-Zyklus).

Aufgaben:

1.

2.

3.

4. Erstellen Sie nun ein Programm (Makro), dass … !

1.2.2.2.2. Programmierung von Johnny

Mit Hilfe der Assembler-Befehle (Makro's) können wir nun Programme schreiben, die sehr stark an Assembler-Codes für moderne CPU's erinnern. Praktisch lässt sich auf dieser Ebene alles programmieren, was ein moderner Computer kann. Man wird aber schnell feststellen, das Aufwand und Nutzen in keinem vernünftigen Verhältnis stehen. Da müssen bessere Programmier-Tool her, um die heutigen Probleme zu lösen. Zu solchen Tool's gehören z.B. höhere Programmiersprachen wie BASIC, Python, JAVA usw. usf. (s.a. → 🕮 **Sprachen und Automaten,** 🕮 **Python,** 🕮 **JAVA**)
Daneben sind es Datenbank-Management-Systeme, die einen etwas anders gearteten Zugang zu den Computer-Systemen von heute zulassen (s.a. → 🕮 **Datenbanken**).

1.2.2.2.2.1. Erstellen einfacher Assembler-Programme

Programme in Johnny sollten mit der Adresse 000 beginnen. Darauf sind verschiedene Bedien-Elemente von Johnny eingerichtet. Wer will kann natürlich auch ab irgendeiner anderen Adresse starten.
Schauen wir uns zuerst ein fertiges Programm an, um die Teile des Assembler-Code's und die "Denkweise" von Johnny kennen zu lernen.

Addieren zweier Zahlen			
Speicher-Adresse	**Assembler-Befehl (Asm)**	**Operand (Opnd)**	**Kommentare / Beschreibungen / Hinweise**
000	TAKE	010	lade den Inhalt von Adresse 010 in den Akkumulator
001	ADD	011	addiere den Inhalt von Adresse 011 zum Akkumulator
002	SAVE	012	speichere den Akkumulator in der Adresse 012
003	HLT	000	beende das Programm
004	00	000	*nicht relavante Zell-Inhalte sind ausgegraut*
010	00	004	1. Datum
011	00	003	2. Datum
012	00	000	Ergebnis-Adresse
013	00	000	

Aufgaben:

1. *Erstellen Sie das Additions-Programm im Speicher!*
2. *Sichern Sie den Speicher (RAM) mittels "Save RAM as Johnny File" ("Speichern unter …")!*
3. *Starten Sie das Programm mit dem Abspiel-Button! (Achten Sie darauf, dass Sie mit Adresse 000 starten!)*
4. *Verfolgen Sie nun schrittweise die Abarbeitung Ihres Programms!*

Ein gutes Mittel, die Programm-Abläufe zu verfolgen sind Protokolle. Wir dokumentieren dabei nur die Veränderungen. Steht kein neuer Wert im Protokoll, dann gilt der letzte notierte Inhalt. (Im nächsten Beispiel verwenden wir eine Ausgrauung! Später lassen wir diese Inhalte komplett weg.)

	Speicher		Busse		CPU			
Takt	akt. Adr.	Adr.-Inhalt	Adr.-Bus	Daten-Bus	Inst.-Reg.	Akk.	Prog.-Zhlr.	
0	000	01'010	000	00'000	00'000	00'000	000	
1	001	02'011	010	00'004	01'010	00'004	001	
2	002	04'012	011	00'003	02'011	00'007	002	
3	003	10'000	012	00'007	04'012	00'007	003	
4	STOP	10'000	003	10'000	10'000	00'007	003	

Wir merken hier schnell, dass sich hier viele Informationen doppeln, so dass wir auf eine Protokollierung ev. verzichten können. Das werden wir zukünftig nach Bedarf tun. Was uns aber auch interessiert, sind die bearbeiten Speicher-Adressen unserer Daten. Da diese sich im Laufe der Programm-Arbeitung ebenfalls ändern können, nehmen wir sie in die Spalten-Reihe mit auf.
Ein gut nachvollziehbares Protokoll sieht dann z.B. so aus.

	Speicher		Busse		CPU			Daten-RAM		
Takt	akt. Adr.	Adr.-Inhalt	Adr.-Bus	Daten-Bus	Inst.-Reg.	Akk.	Prog.-Zhlr.	010	011	012
0	000	01'010	000	00'000	00'000	00'000	000	004	003	000
1	001	02'011	010	00'004	01'010	00'004	001	004	003	000
2	002	04'012	011	00'003	02'011	00'007	002	004	003	000
3	003	10'000	012	00'007	04'012	00'007	003	004	003	007
4	STOP	10'000	003	10'000	10'000	00'007	003	004	003	007

Für einfache Programme scheint der Aufwand etwas groß. Aber spätstens bei komplexeren Programmen mit Vergleichen, Sprüngen usw. wird dieses Vorgehen bei der Fehler-Analyse nicht mehr zu umgehen sein. Früh übt sich, wer ein Meister werden will. Auch die besten Musiker haben mit dem Üben der Ton-Leiter angefangen.

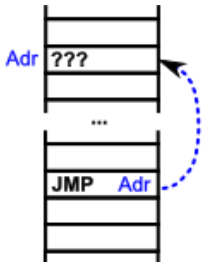
Aufgaben:

1. *Ändern Sie das Programm so ab, dass die Zelle 010 von der Zelle 011 abgezogen wird! Im RAM steht unter der Adresse 010 eine 30 und in 011 eine 45.*
2. *Notieren Sie das Programm zuerst auf Papier und gehen Sie es theoretisch durch (Papier-Simulation)! (Sie dürfen sich natürlich ein "Protokoll" mitschreiben.)*
3. *Geben Sie das Programm ein, speichern Sie es und führen Sie es dann schrittweise aus!*
4. *Wenn das Programm exakt arbeitet, starten Sie es erneut und erstellen Sie sich ein vollständiges Protokoll!*

Übungs-Aufgaben:

1. *Erstellen Sie ein Programm, das die Inhalte der Adressen 020, 021 und 022 addiert und unter der Adresse 025 abspeichert!*
2. *Gesucht ist ein Programm, das die Inhalte der Adressen 030, 031, 032 und 033 vor der Addition um 1 verringert! Das Ergebnis soll unter der Adresse 034 abgespeichert werden!*
3. *Erstellen Sie ein Papier-Protokoll für den Fall, das Sie das (funktionierende) Programm von Aufgabe 2 erneut ablaufen lassen!*
4. *Lassen Sie das Programm nun ein zweites Mal ablaufen und vergleichen Sie den Programm-Ablauf mit Ihrem "vorausgesagtem" Papier-Protokoll!*
5.

Programme mit unbedingten Wiederholungen / Schleifen / Schlaufen



Eigentlich würden wir Schleifen erst nach den Verzweigungen besprechen, aber bei dem eingeschränkten Befehls-Satz unseres Johnny-Rechner's brauchen wir für viele Aufgaben den Sprung-Befehl JMP.
Seine Wirkungsweise ist schnell erklärt. Als Operand erwartet JMP eine Programm-Adresse, d.h. die Stelle im Programm, an der das Programm weiter fortgesetzt werden soll. Ob die Ziel- bzw. Sprung-Adresse dabei vor oder hinter der aktuellen Befehls-Adresse liegt, ist egal. Praktisch manipuliert der JMP-Befehl den Programmzähler.
Springen wir hinter die aktuelle Programm-Adresse, dann wird zunächst einmal ein Teil des nachfolgenden Programm-Codes ausgelassen. Beim Sprung nach vorne – also zu einer kleineren Adresse (s.a. Abb.) – bewirkt eine unendliche Schleife. Das Programm wird ja wieder von der (kleinen) Sprung-Adresse bis hin zum JMP-Befehl abgearbeitet und dann wieder der Sprung durchgeführt – und das immer wieder und wieder.
Solche Schleifen kann man durch einen Trick auch wieder verlassen – dazu gleich mehr (→ Programme mit bedingten Schleifen / Wiederholungen / Schlaufen).
Das nachfolgende Programm soll immer abwechselnd eine 11'111 bzw. eine 00'000 in die Speicherzelle 020 schreiben.

Abwechselndes Abspeichern zweier Zahlen			
Speicher-Adresse	**Assembler-Befehl (Asm)**	**Operand (Opnd)**	**Kommentare / Beschreibungen / Hinweise**
000	TAKE	010	lade den Inhalt von Adresse 010 in den Akkumulator
001	SAVE	020	speichern des Akkumulator in die Zelle 020
002	TAKE	011	lade den Inhalt von Adresse 011 in den Akkumulator
003	SAVE	020	speichern des Akkumulator in die Zelle 020
004	JMP	**000**	springe zum 1. Befehl der Wiederholung
005	00	000	***nicht relavante Zell-Inhalte sind ausgegraut***
010	**11**	111	1. Datum
011	**00**	**000**	2. Datum
020			Ergebnis-Adresse

Aufgaben:

1. *Erstellen Sie ein Programm, das die Muster 11'011, 10'101 und 10'001 immer abwechselnd in die Speicherzelle 030 speichert!*
2. *Lassen Sie ein Programm den Inhalt der Zelle 005 immer jeweils um 1 erhöhen! Beobachten Sie den Verlauf des Programm's!*
3. *In den Zellen 020 und 021 sind die Zahlen 11'111 einzuspeichern! Mittels eines Programms soll der Wert der Zelle 020 immer um 1 erhöht und der von 021 um 1 verringert werden! Beobachten Sie den Verlauf des Programm's!*

Programme mit Verzweigungen / Entscheidungen / Unterscheidungen

In der Praxis findet man Programme, die so schön linear ablaufen sehr selten. Vielfach müssen Entscheidungen getroffen werden, ob etwas so oder so gemacht werden soll. Auch Wiederholungen bestimmter Schrittfolgen sind an der Tages-Ordnung. Dazu aber später (→ Programme mit Schleifen / Wiederholungen / Schlaufen).
Betrachten wir zuerst einmal Verzweigungen im Programm-Ablauf. An bestimmten Stellen macht es oft keinen Sinn den "normalen" Ablauf weiter zu verfolgen. Nur wenn eine bestimmte Bedingung erfüllt ist, soll weiter gearbeitet werden. So ein Fall ist z.B. eine Division durch Null. Diese ist nicht definiert. Sollte so ein Fall in unserem Programm-Ablauf auftreten, dann ist jede folgende Berechnung (mit dem "Ergebnis der Division") unsinnig. Also sollte das Programm lieber anhalten, als Unsinn auszurechnen.
Häufig werden zwei verschiedene Stukturen unterschieden. Sachlich sind es beide Verzweigungen, aber bei der einfachen oder einseitigen Verzweigung wird nur der DANN- bzw. THEN-Zweig genutzt.
Bei vollständigen oder zweiseitigen Verzweigungen wird sowohl der DANN- oder THEN-Zweig, als auch der SONST- oder ELSE-Zweig in die Struktur aufgenommen. Obwohl beide Seiten / Fälle vorhanden sind, müssen sie nicht automatisch auch mit Programm-Code gefüllt werden.

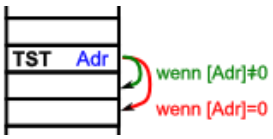


Struktogramm-Symbol einer einfachen Verzweigung (bedingte Ausführung)

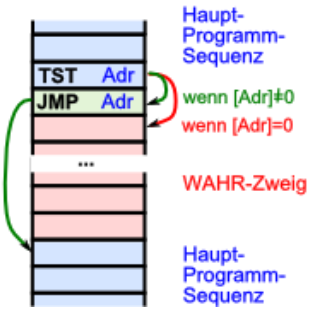
Passender ist es natürlich, sonst würde man ja auch mit einer einseitigen Verzweigung hinreichen.
Als erste Variante schauen wir uns einseitige Verzweigungen an. Z.B. soll bei einem Fehler-Fall einfach nicht mehr weiter gearbeitet werden. Wir nehmen mal das Beispiel, dass eine Speicher-Zelle ein 0 enthält und dies sei nicht zulässig / definiert für unser Programm. Es soll dann stoppen.

Test-Sequenz			
Speicher-Adresse	**Assembler-Befehl (Asm)**	**Operand (Opnd)**	**Kommentare / Beschreibungen / Hinweise**
00x			
00x +1	TST	031	Test, ob 2. Datum 0 ist → wenn ja, überspringen des nächten Befehls
00x +	00	000	*nicht relavante Zell-Inhalte sind ausgegraut*
030	00	024	1. Datum
031	00	000	2. Datum
032	00	000	Ergebnis-Adresse
033	00	000	

Problem ist, für für den Test-Fall "**[Adr] ≠ 0**" nur einen folgenden Maschinen-Befehl nutzen können. Dahinter ist schon der automatische Weiter-Lauf für "**[Adr] = 0**". Hier wird quasi mit dem WAHR-Zweig fortgesetzt.
Somit bleibt uns nichts anderes übrig, als einen Sprung-Befehl zu benutzen.



Mit diesem überspringen wir den WAHR-Zweig (DANN oder THEN), um die Haupt-Programm-Sequenz (**bläulich**) weiter fortzusetzen.
Es folgt somit der WAHR-Zweig (**rötlich**). Dieser wird immer dann ausgeführt, wenn der Test der Inhalts der angegebenen Adresse Null ergeben hat.
Nach dem Durchlauf dieser Sequenz geht der Ablauf automatisch in die Haupt-Programm-Sequenz über.
Der alternative Zweig (FALSCH-Zweig) wird in unserem Fall nicht gebraucht. Er besteht nur noch aus dem Sprung-Befehl (**grünlich**) zum Überspringen des WAHR-Zweig's.



Beispiele für Anwendungen einer bedingten Ausführung / einfachen Alternative:

nur fortsetzen, wenn eine Zahl größer als die andere ist

eine 1 in eine Zelle schreiben, wenn die Zahl größer als eine andere ist

das Maximum von zwei Zahlen in eine Zelle schreiben

ist a < b dann soll eine 1 in eine Zelle geschrieben werden, bei a = b eine 2 und wenn a > b dann eine 3

multiplikation einer Zahl mit einem festen Faktor (z.B.: 3)

testen ob 2 Zellen mit 0 belegt sind

Division teilbarer Zahlen

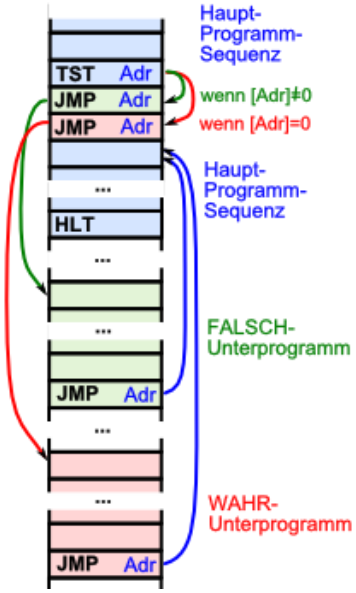
Modulo Berechnung (Rest bei ganzzahliger Division)

Ganzzahlige Division mit Rest (Ergebnis: Teiler und Rest)
Q: https://www.inf-schule.de/rechner/johnny/spruenge/uebungen (+ dre)

Aufgaben:

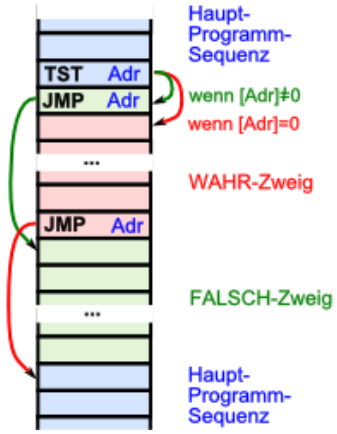
1.
2. *Erstellen Sie ein Programm, das von den Daten aus der Speicherzelle 020 und 022 den größeren Inhalt in die Zelle 021 speichert!*
3. *Erstellen Sie ein Programm, das von den Daten aus der Speicherzelle 020 und 022 den kleinsten Inhalt in die Zelle 021 speichert!*

Beim genauen Betrachten sind unsere Verzweigungen immer zweiseitig. Oft wird auch der zweite Zweig (FALSCH-, FALSE- od. SONST-Zweig) gebraucht.
Das erfordert eine etwas kompliziertere Struktur unseres Programm's. Wie vorne besprochen folgt dem Jump-Befehl direkt hinter dem Test, der WAHR-Zweig (**rötlich**). Am Ende muss nun allerdings ein Sprung hinter den FALSCH-Zweig (**grünlich**) stehen. (Ansonsten würde auch der FALSCH-Zweig mit abgearbeitet werden!)
Der Sprung (direkt) hinter dem Test führt nun zum FALSCH-Zweig (**grünlich**). Nach dessen Durchlauf geht die Abarbeitung wieder automatisch in die Haupt-Programm-Sequenz (**bläulich**) über.
Liegen die WAHR- und FALSCH-Zweige irgendwoanders im Speicher – quasi als Unterprogramme – dann muss auch noch der Rücksprung in die Haupt-Programm-Sequenz bedacht werden.





Struktogramm-Symbol einer vollständigen Verzweigung



Wir suchen als Beispiel das Maximum oder die Größte zweier Zahlen (X, Y)). In höheren Programmier-Sprachen gibt dafür entweder eine passende Funktion oder man löst die Aufgabe mit einem direkten Vergleich der beiden Zahlen. Leider bietet uns Johnny keinen passenden Befehl.
Man kann sich aber mit dem Bilden der Differenz (X - Y) zwischen beiden Zahl behelfen. Es kommt entweder eine Differenz größer als Null heraus. In dem Fall, war X die größere Zahl. Diese muss dann in eine Ergebnis-Zelle gespeichert werden.
Im anderen Fall – also die Differenz ist kleiner oder gleich Null – speichern wir Y in die Ergebniss-Zelle.
Da in Johnny die Differenz nie kleiner als Null werden kann, ergibt die Differenz-Bildung dann nur Null.

Bestimmen des Maximum's von zwei Zahlen			
Speicher-Adresse	**Assembler-Befehl (Asm)**	**Operand (Opnd)**	**Kommentare / Beschreibungen / Hinweise**
000	TAKE	020	lade 1. Zahl (aus Zelle 020) in den Akkumulator
001	SUB	021	subtrahiere vom Akkumulator den Wert aus Zelle 021
002	SAVE	021	speichere die Differenz (im Akku.) in die Zelle 021
003	TST	021	teste / vergleiche die Diffferenz (Zelle 021) mit Null
004	JMP	007	ist die Diff. > 0, dann springe zur Übernahme der 1. Zahl
005	TAKE	021	sonst (Diff <= 0), dann übernehme die 2. Zahl
006	JMP	008	beende Zweig und springe zum Programmende
007	TAKE	020	übernehme die 2. Zahl in Akkumulator
008	SAVE	022	nehme Akku als Maximum (Zelle 022)
009	HLT		Ende des Programm's
010			
	00	000	***nicht relavante Zell-Inhalte sind ausgegraut***
020	00	014	1. Zahl
021	00	033	2. Zahl
022	00	000	Ergebnis-Adresse (Maximum)
023	00	000	

Übungs-Aufgaben:

1. *Das Maximum-Programm soll kompakter werden und die Daten ab der Zelle 010 liegen. Passen Sie das Programm an und testen Sie es mit verschiedenen Zahlen!*
2. *Verändern Sie das Maximum-Programm so, dass es das Minimum der zwei Inhalte in der Zelle 021 speichert!*
3. *In den Speicherzellen 030 und 031 befinden sich zwei Zahlen. Ein Programm soll nun in die Zelle 029 eine 1 schreiben, wenn die Zahl in 031 größer als die in 030 ist. Ansonsten soll in der Zelle 030 eine 0 stehen.*
4. *Erstellen Sie ein Programm, dass eine Zahl in der Speicherzelle 025 mit 7 multipliziert! Das Ergbnis soll in der Zelle 026 auftauchen!*
5. *Eine teilbare Zahl in der Speicherzelle 030 soll durch die Zahl in Zelle 031 geteilt werden! Das Erfebnis speichern Sie in der Zelle 033!*

Übungs-Aufgaben für das geheonbene Anspruchsniveau:

6. *Realisiere die ganzzahlige Division mit Rest für zwei Zahlen in den Speicherzellen 040 (Dividend) und 041 (Divisor). Dem Quotient(enwert) ist die Speicherzelle 042 und dem Rest die Zelle 043 zugeordnet worden.*
7. *Erstellen Sie ein Programm, dass eine Zahl in der Speicherzelle 005 mit 17 multipliziert und in der Zelle 006 abspeichert!*
8. *Überlegen Sie sich ein Programm, dass eine Potentierung durchführen kann! Die Basis steht in der Zelle 050 und der Exponent in 051. Für das Ergebnis benutzen Sie 053!*

Programme mit bedingten Schleifen / Wiederholungen / Schlaufen

Wiederholungen sind das Lieblings-Geschäft der Programmierer. Sie unterstützen ihr allgegenwärtiges "Arbeits-Prinzip" Faulheit. Viele – wenn nicht gar die meisten Erfindungen (einschließlich Computer) und Software-Produkte sind deshalb erfunden worden, weil wir zu "faul" waren, es anders / traditionell / händisch zu machen (;-).
Genauso scheuen es die Programmierer gleichen Quelltext mehrfach hintereinander aufzuschreiben. Zu groß ist dabei die Gefahr, Abschreib-Fehler zu machen, oder bei Fehler-Korrekturen eine Abschrift zu übersehen.
Meist ist allerdings nicht klar, wieoft eine Schleife durchlaufen werden muss. Denken wir z.B. an die Multiplikation von zwei Zahlen.
Da Multiplikationen nicht im Befehls-Umfang von Johnny sind, müssen wir sie auf Additionen zurückführen. Das ist ein klassischer Fall für eine bedingte Schleife. Die Schleife (Addition der zu multiplizierenden Zahl) müssen wir sooft ausführen, wie es der zweite Faktor angibt. Irgendwann müssen wir testen, ob wir schon genug Additionen ausgeführt haben. Da unser Test-Befehl nur mit Null vergleichen kann, benutzen wir zur Kontrolle des zweiten Faktors nicht das Hochzählen, sondern das Runterzählen bis Null.

Multiplikation zweier Zahlen			
Speicher-Adresse	**Assembler-Befehl (Asm)**	**Operand (Opnd)**	**Kommentare / Beschreibungen / Hinweise**
000	NULL	020	Löschen der Ergebnis-Zelle
001	TAKE	020	lade den letzten Ergebnis-Stand in den Akkumulator
002	ADD	021	addiere den ersten Faktor zum Akku (letztes Erg.)
003	SAVE	020	speichere neues Erg. (im Akku) in die Ergebnis-Zelle
004	DEC	022	verringere den 2. Faktor um 1 (Runterzählen der Add.)
005	TST	022	prüfen, ob schon bei 0 angekommen
006	JMP	001	wenn nicht, dann springe zu Zelle 001 (wiederhole ab 001)
007	HLT	000	Programm beenden
008	00	000	***nicht relavante Zell-Inhalte sind ausgegraut***
020	**00**	000	Ergebnis
021	00	004	1. Faktor
022	00	005	2. Faktor

In den meisten Fällen wird man wohl zurück zu einer niederen Adresse springen und schon einmal getätigte Befehle wiederholen. Man kann aber auch ein Unterprogramm irgendwo im Speicher positionieren, zu dessen Anfang man dann springt- Am Ende des Unterprogramms muss dann ein Rücksprung erfolgen. Dieser wird sehr wahrscheinlich der gerade getätigte Test sein (muss es aber nicht!).

Aufgaben:

1. ***Schreiben Sie ein Programm, dass von einer Zahl in der Zelle 030 (z.B. = 24) sooft den Wert aus der Zelle 031 (z.B. = 4) abzieht, wie es in der Zelle 032 (z.B. = 3) angegeben wurde!***
2.
3.

Übungs-Aufgaben:

1.
2.
3.

1.2.2.2.2.2. Beobachtung des VON-NEUMANN-Befehls-Zyklus

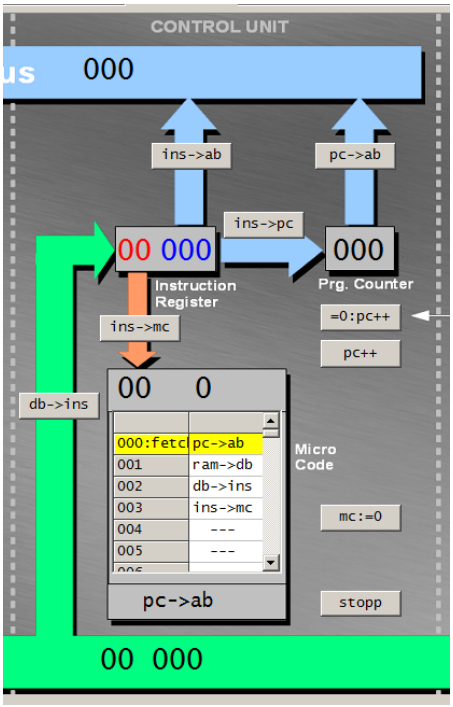
Nachdem wir nun große Assembler-Programme geschrieben haben kehren wir noch einmal zu den Mikro-Befehlen und dem VON-NEUMANN-Befehls-Zyklus zurück.

Der VON-NEUMANN-Befehls-Zyklus setzte sich ja aus den 5 Phasen FETCH, DECODE, FETCH OPERANDS, EXECUTE und WRITE BACK zusammen.

Für die Beobachtung der Abläufe decken wir die Control Unit über "Ctrl"-Schaltfläche wieder auf.



Als einfaches Beispiel betrachten wir ein gut bekanntes Assembler-Programm – die Addition von zwei Adress-Inhalten und dem Abspeichern des Ergebnis in einer weiteren Speicherzelle. Um einen kleinen Effekt zu zeigen "erweitern" wir das Programm vorm Halt noch um einen NOP-Befehl.



Der Simulator Johnny stellt uns nach dem Öffnen der Controll-Einheit einige zusätzlich Bedien-Elemente im Menü zur Verfügung. Der grüne Abspiel-Button realisiert eine Abarbeitung eines Assembler-Befehls in Micro-Schritten. Das sind wieder genau die micro-Befehle, die wir zu Anfang (→ Rechenwerk (ALU … Arithmetic Logic Unit (Arithmetrik-Logik-Einheit)) besprochen haben.



Die Micro-Befehle zu den einzelnen Assembler-Befehlen sind im Micro-Code des Prozessors gespeichert und werdn dann Takt-gesteuert abgearbeitet.

Asm		Micro-Code	Instr.-Reg.	Prg.-Ctr.	ALU Acc	MEM / RAM 010	011	012
	fetch	pc -> ab	00 000	000		005	003	
		ram -> db						
		db -> ins	01 010					
		ins -> mc						
TAKE	010	acc:=0			000			
		ins -> ab						
		ram -> db						
		plus			005			
		pc++		001				
		mc:=0						
	fetch	pc -> ab						
		ram -> db						
		db -> ins	02 011					
		ins -> mc						
ADD	011	ins -> ab						
		ram -> db						
		plus			008			
		pc++		002				
		mc:=0						
	fetch	pc -> ab						
		ram -> db						
		db -> ins	04 012					
		ins -> mc						
SAVE	012	ins -> ab						
		acc -> db						
		db-> ram						008
		pc++		003				
	fetch	pc -> ab						
		ram -> db						
		db -> ins	09 000					
		ins -> mc						
NULL	000	ins -> ab			000			
		acc:=0						
		acc -> db						
		db -> ram						
		pc++		004				
		mc:=0						
	fetch	pc -> ab						
		ram -> db						
		db -> ins	10 000					
		ins -> mc						
HLT	000	stopp						
		mc:=0						



Aufgaben:

1. Warum wiederholt die CPU die letzten Micro-Code's (roter Pfeil) immer wieder? Sollte die CPU nicht anhalten? Erläutern Sie Ihren Standpunkt!
2. Stimmt das Johnny-Assembler-Modell mit dem VON-NEUMANN-Zyklus-Modell überein? Prüfen Sie! Klären Sie ev. vorhandene Widersprüche auf!
3.

VON-NEUMANN-Befehls-Zyklus

Schritt	Bezeichnung	Inhalt / Arbeits-Leistung
1	**(Instruction-) FETCH (IF)**	Befehls-Aufruf Befehl wird aus der Speicher-Adresse geladen, die in Befehls-Register (Befehls-Zähler) steht
2	**(Instruction-) DECODE (ID)**	Dekodierung Befehlszähler um die Befehls-Länge erhöht das Steuerwerk schaltet die zum Befehl gehörenden Logik-Schaltungen ein (bzw. gibt Daten-Leitung dahin frei)
3	**FETCH OPERANDS (FO)**	Operanden-Aufruf aus dem Speicher oder anderen Registern werden zusätzliche Operanden (Daten) geladen (auf die Logik-Schaltungen geleitet)
4	**EXECUTE (Executation Stage) (EX)**	Befehls-Ausführung Rechen-Logik arbeitet; Befehlszähler wird erhöht bzw. bei Schleifen / Sprüngen auf anderen Wert (neue Befehls-Adresse) gesetzt
5	**WRITE BACK (WB)**	Zurückschreiben (des Ergebnisses) ev. werden die Ergebnisse aus der Logik-Schaltung in Register oder Speicherzellen geschrieben

1.2.2.2.2.3. Erstellen neuer Makro's / Assembler-Befehle

z.B. CPY Quell-Adresse (Ziel-Adresse ist in der nachfolgenden Adresse (im Programm-Code))
Q: https://www.inf-schule.de/rechner/johnny/zusatzmaterial/exkurs_eigene_makrobefehle

speichere Wert in einer bestimmten Adresse

komplexe Aufgaben zu Johnny:

1.

2. Was würde passieren, wenn ein Programm den ganzen Speicher mit Nullen beschreibt? Erklären Sie ausführlich! Macht es einen Unterschied, ob man von der untersten (000) zur obersten (999) löscht oder umgekehrt?

3. Erstellen Sie ein Programm, das ab einer bestimmten Speicherzelle die Werte aufsummiert!
   a) für eine erste Variante in die Anzahl der Summanden festgelegt
   b) in einer erweiterten Variante soll solange summiert werden bis, 0 in der zu lesenden Speicherzelle steht!

4. Schreiben Sie ein Programm, dass beginnend bei einer vorgegebenen Speicherzelle solange die verdoppelten Speicher-Werte wieder abspeichert (auf der gleichen Speicherzelle), bis eine Null im Speicher gefunden wird!

5.

6.

7. Geben Sie in die Speicherzellen 040, 041 und 042 die Zahlen 24, 4 und 13 ein! Erstellen Sie ein Programm, dass diese drei Zahlen addiert und das Ergebnis in Zelle 045 abspeichert! Speichern Sie sich das Programm als add3 ab! Notieren Sie sich untereinander die Befehle und machen Sie sich daneben Bemerkungen, was jeweils bei dem Schritt gemacht wird!

8. Erstellen Sie ein Programm dass die Inhalte der Speicherzellen 041 und 042 von der Zelle 040 subtrahiert! Das Ergbnis soll nun in der Speicherzelle 026 gespeichert werden! Speichern Sie sich das Programm als sub3 ab! Notieren Sie sich wieder die Befehle und passende Bemerkungen!

9. Übernehmen Sie die folgende Tabelle und berechnen Sie den Wert der Zelle 046 voraus, wenn jeweils das Programm sub3 abläuft!
   Belegen Sie die Speicherzellen 040, 041 und 042 immer jeweils neu mit den angegebenen Zahlen und lassen Sie jeweils das Programm laufen!

Speicher-Belegung			vorberechnetes	Speicherzelle	Vergleich /
040	041	042	Ergebnis	046	Bemerkungen
30	17	4			
21	15	6			
23	20	7			

10. Bei der geringen Anzahl an Funktionen stellt sich die Frage, ob eine solche ALU prinzipiell alle Aufgaben lösen kann? Diskutieren Sie in der Gruppe!

komplexe Aufgaben für die gehobene Anspruchsebene:

11. Kombinieren Sie die Programme sub3 und add3 und lassen Sie dann in Zelle 044 die Addition der beiden Teilergebnisse (Summe und Differenz) eintragen!!

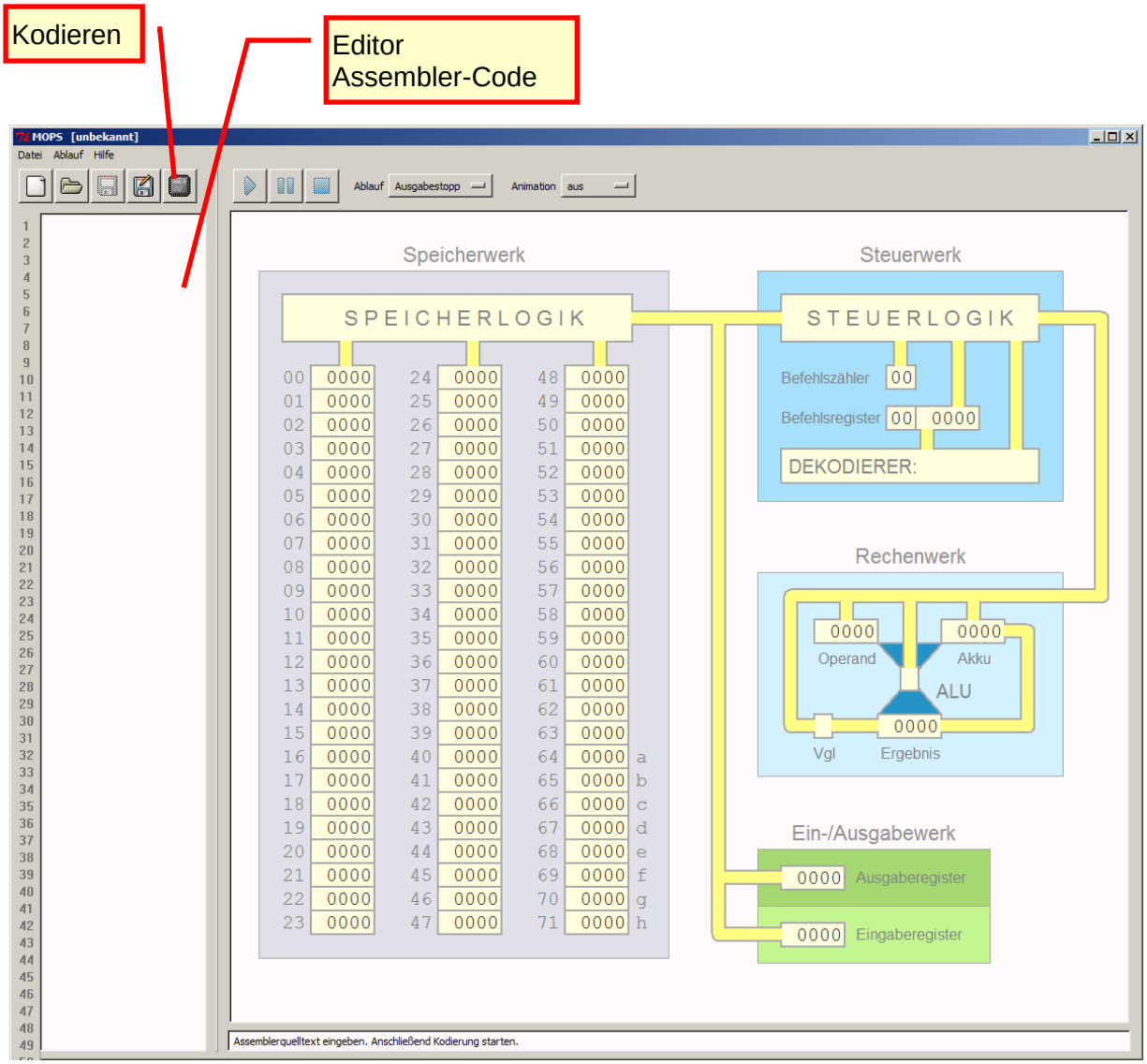
x.

y. Schreibe eine Virus für einen Johnny-Rechner, der sich selbst im Speicher kopiert!

z.

1.2.2.3. Simulation eines VON-NEUMANN-Rechner mit MOPS

Bei dem Programm MOPS handelt es sich um einen **Mo**dell-Rechner mit **Ps**eudo-Assembler. Der name leitet sich aus diesen beiden Haupt-Merkmalen ab.
In MOPS wird eine VON-NEUMANN-Rechner (VNR) simuliert. Die dargestellten Abläufe orientieren sich an dem klassischen VON-NEUMANN-Zyklus.



Der Modell-Rechner hat einen begrenzten Speicher. Der erste Teil ist für den Programm-Code (Maschinen-Code in Dezimal-Darstellung) reserviert. Die Maschinen-Befehle sind ausgewählte – aber systematisch vewendete – Dezimal-ZahlenAm Ende des Speichers sind für die Variablen a bis h insgesamt 8 Speicherzellen deklariert. Jede Speicherzelle kann dezimale Werte von -9999 bis +9999 aufnehmen.
Die Verwendung von Dezimal-Zahlen ermöglich einen Einstieg in das Programm ohne die Schwelle Umwandlung / Verständnis von Dual- und / oder Hexadezimal-Zahlen.
Für Windows gibt es ein Installations-Programm. Das Programm darf in der veröffentlichten Form beliebig genutzt und weitergegeben werden (Freeware).

Die Linux-Version setzt jeweils einen aktuellen Python-Interpreter voraus.

Besonderheiten zum Aufbau der einzelnen Werke

Speicherwerk
Wie schon erwähnt ist der Speicher in MOPS sehr begrenzt. Er besitzt nur 72 Speicherzellen. Die ersten 64 sind für Programm-Code (in Maschinen-Sprache) reserviert. Der restliche Speicher (8 Speicherzellen) sind für Daten verfügbar. Der Zugriff kann direkt über die Addresse oder symbolisch über die Variablen a bis h erfolgen.
Der Speicherinhalt jeder Zelle wird als Dezimal-Zahl angezeigt. Das erleichtert das Verständnis und verbessert die Übersicht.

Arithmetik-und Logik-Einheit (ALU, Rechenwerk)
ist in echten Computern im Microprozessor eingebaut
die ALU enthält Speicherzellen für die Rechen-Logik, diese werden allgemein Register genannt
ein Register ist besonders herausgestellt. das ist der Akkumulator (übers.: "Zusammenführer"). Hier hinein kommen die Rechen-Ergebnisse. Der Akkumulator (kurz Akku) kann aber auch eine Eingabe für die Rechen-Logik enthalten. Nach dem Abarbeiten des Rechen-Befehls ist die Eingabe aber durch die Ausgabe – also das Ergebnis – ersetzt.

Steuerwerk
gehört ebenfalls in den Microprozessor
vornehmliche Aufgabe ist das Befehls-Zählen, was man sich auch als Zeiger auf die gültige Programm-Speicherzelle vorstellen kann.
Der in der aktuellen Programm-Speicherzelle stehende Maschinen-Code (hier eine Dezimal-Zahl) wird in das Befehls-Register geladen und dann "dekodiert". Das bedeutet innerhalb des Microprossor's werden die passenden Leitungen aktiv gesetzt und die Befehls-Abarbeitung (Micro-Code des Prozessor's) ausgelöst.
Da jeder Maschinen-Befehl in MOPS aus zwei Teilen (Speicherzellen) besteht, wird der Befehlszähler normalerweiser immer um 2 erhöht. Bei Sprung-Befehlen kann auch eine bestimmte Zahl angegeben sein. Diese entspricht der Position des angesprungenen Befehls (Sprung-Adresse).
Das Steuerwerk kontrolliert auch die Bus-Leitungen. Das meint, ob die Leitungen freigeschaltet sind und gültige Daten (Speicher-Adressen, Daten) enthalten.
Die verschiedenen Bus-Systeme (Adress-, Daten- und Steuer-Bus) werden nicht unterschieden und durch die (dunkel-)gelben Stränge beschrieben. Die Detail hierzu werden in MOPS ignoriert.

Ein- und Ausgabe-Werk
Die Ausgabe erfolgt über ein extra Register – quasi auch wie eine Speicherzelle.
Eine Eingabe erfolgt online bei der Simulation des übersetzten Programm's. MOPS bleibt bei einer erwarteten Eingabe stehen und ließt nach einem [Enter] das Eingabe-Register aus. Eine Eingabe wird nur akzeptiert, wenn diese gültig ist. In anderen Fällen muss man die Eingabe wiederholen.

Erstellen eines Assembler-Programm's

mnemonischer Assembler-Code

der Assembler-Code ist nicht-case-sensitiv, das bedeutet man kann Groß- und Klein-Buchstaben beliebig verwenden

das Ende eines Programm's wird mit dem Befehl **end** festgelegt

alle Assembler-Befehle erwarten maximal einen Operanden
zweiter Operand ist im Allgemeinen der Akkumulator

in jede Zeile darf und kann nur ein Assembler-Befehl geschrieben werden
Befehl und Operand werden durch mindestens ein Leerzeichen (oder Tabulator) voneinander getrennt
Kommentare beginnen mit einem Semikolon (**;**), alles was dann rechts davon steht, wird beim Compilieren übergangen
Sprungziele können Zeilennummern (des Editor's) oder eigene Marken sein
eine Zeilennummer wird mit einer Raute (**#**) gekennzeichnet
eine Marke wird an der Defintions-Stelle mit einem Doppelpunkt (**:**) notiert
Marken müssen mit einem Buchstaben beginnen, es können dann weitere Buchstaben und Ziffern folgen

(Speicher-)Addresse beginnen mit einem Dollar-Zeichen (**$**)
für Daten gibt es einen eingeschränkten Speicherbereich von $64 bis $71 mit somit 8 Daten-Speicherzellen
für diese Speicherzellen / Adressen können die Variablen **a** bis **h** als Alias-Symbole benutzt werden

Übersicht zum Assembler-Code in MOPS (Cheat sheet)

Befehl		Maschi-nen-Code	Befehls-Funktion	
ld adresse **ld** variable	load	**10**	lädt den Wert aus der angegebenen Speicher-Zelle in den Akkumulator	
ld wert	load	**11**	lädt den Wert in den Akkumulator	
st adresse **st** variable	store	**12**	speichert den Inhat des Akkumulator's in die angegebene Speicher-Zelle	
in adresse **in** variable	input	**20**	überträgt den Inhalt aus dem Eingabe-Register in die angegebene Speicher-Z.	
out adresse **out** variable	output	**22**	überträgt den Inhalt des Akkumulator's in das Ausgabe-Register	
out wert	output	**23**	schreibt den Wert ins Ausgabe-Register	
add adresse **add** variable	add	**30**	addiert den Wert aus der angegebenen Speicherzelle zum Akkumulator	
add wert	add	**31**	addiert der Wert zum Akkumulator (Summe → Akku)	
sub adresse **sub** variable	subtract	**32**	subtrahiert den Wert aus der angegeb. Speicherzelle vom Akkumulator (Differenz im Akku)	
sub wert	subtract	**33**	subtrahiert den Wert vom Akkumulator (Differenz im Akku)	
mul adresse **mul** variable	multiply	**34**	multipliziert den Wert aus der angegeb. Speicherzelle mit dem Akku (→ Akku)	
mul wert	multiply	**35**	multipliziert den Wert mit dem Akku (Produkt im Akku)	
div adresse **div** variable	divide	**36**	dividiert den Akku-Wert durch den Wert aus der angegeb. Speicherzelle (Quotient im Akku)	
div wert	divide	**37**	dividiert den Akku-Wert durch den Wert (Quotient im Akku)	
mod adresse **mod** variable	modulo	**38**	berechnet den Rest der ganzzahligen Division des Akku's durch den Wert aus der angegeb, Speicherz. (Rest → Akku)	
mod wert	modulo	**39**	berechnet den Rest der ganzzahligen Division des Akku's durch den Wert (Rest → Akku)	
cmp adresse **cmp** variable	compare	**40**	vergleicht den Wert aus der angegeb. Speicherzelle mit dem Akkumulator (→ Akku)	
cmp wert	compare	**41**	vergleicht den Wert mit dem Akkumulator (→ Akku)	
jmp zeile **jmp** marke	jump	**50**	springt zur Zeile oder der Marke (setzt Befehl-Zähler auf diesen Wert)	
jlt zeile **jlt** marke	jump if less then	**52**	springt zur Zeile oder der Marke, wenn (nach cmp) der Akku kleiner als Null ist (setzt Befehl-Zähler auf diesen Wert)	
jeq zeile **jeq** marke	jumg if equal	**54**	springt zur Zeile oder der Marke, wenn (nach cmp) der Akku gleich Null ist (setzt Befehl-Zähler auf diesen Wert)	
jgt zeile **jgt** marke	jump greater than	**56**	springt zur Zeile oder der Marke, wenn (nach cmp) der Akku größer als Null ist (setzt Befehl-Zähler auf diesen Wert)	
end		**60**	beendet das Programm (→ STOP)	

`:marke` … Definition einer Marke / An-Sprung-Stelle
`;kommentar` … beliebiger Text als Kommentar

einige ausgewählte MOPS-Programme (lose Sammlung):

```
 1  ; Gerade Zahlen rückwärts
 2  in a
 3  ; gerade machen
 4  ld a
 5  mod 2
 6  cmp 0
 7  ld a
 8  jeq weiter
 9  sub 1
10  ; rückwärts zählen
11  st b :weiter
12  out b
13  sub 2
14  cmp 0
15  jgt weiter
16  end
```

aus Bedienungs-Anleitung von MOPS

Zahl negrieren

```
1  ;zahl negieren
2  in a
3  ld a
4  sub a
5  sub a
6  st b
7  out b
8  end
```

…:

```
1  ;zahl negieren
2  in a
3  ld a
4  mul -1
5  st b
6  out b
7  end
```

Q: http://informatik.rostfrank.de/info/lex03/mops.html

FIBONACCHI-Fkt.

```
 1  ld 0
 2  st b ;n-2
 3  ld 1
 4  st c ;n-1
 5  st h ;ergebnis
 6  in a ;eingabe
 7  ld h :fib
 8  add b
 9  add c
10  st h
11  ld c
12  st b
13  ld h
14  st c
15  out h
16  ld a
17  sub 1
18  st a
19  cmp 0
10  jgt fib
21  end
```

Q: http://informatik.rostfrank.de/info/lex03/mops.html

Test auf gerade Zahl

```
 1  ;test gerade zahl
 2  ;wenn gerade dann 1 in Ausgabe, sonst 0
 3  in a
 4  ;testen
 5  ld a
 6  mod 2
 7  cmp 0
 8  jeq gerade
 9  jgt ungerade
10  ld 1 :gerade
11  st b
12  out b
13  jmp ende
14  ld 0 : ungerade
15  st b
16  out b
17  end :ende
```

nach Q: http://informatik.rostfrank.de/info/lex03/mops.html

Kubik-Funktion

```
 1  ;3. Potenz (bis 21)
 2  in a
 3  ;gerade machen
 4  ld a
 5  mod 2
 6  cmp 0
 7  ld a
 8  jeq weiter
 9  sub 1
10  ;rückwärts zählen
11  st b :weiter
12  out b
13  sub 2
14  cmp 0
15  jgt weiter
16  end
```

nach Q: http://informatik.rostfrank.de/info/lex03/mops.html

```
 1  ;sortieren zweier zahlen
 2  ;h=help
 3  in a
 4  in b
 5  ld a
 6  cmp b
 7  jlt ende
 8  ;tausch
 9  ld a
10  st h
11  ld b
12  st a
13  ld h
14  st b
15  end :ende
```

Q: http://informatik.rostfrank.de/info/lex03/mops.html

bis 10 hochzählen

```
1  in a
2  ld a
3  st a :naechste
4  cmp 10
5  jgt ende
6  add 1
7  jmp naechste
8  st a :ende
   end
```

```
1
2
3
4
5
6
7
8
```

Division mit Nachkommastellen

```
 1  ;Werte eingeben
 2  in a ;Zähler
 3  in b ;Nenner
 4
 5  ;Sichergehen, dass b nicht 0 ist
 6  ld b
 7  cmp 0
 8  jeq #3
 9
10  ;Division (ganzzahlig)
11  ld a :loop ;Anfang Schleife
12  div b
13  st d
14  out d
15
16  ;Rest ermitteln
17  ld a
18  mod b
19  st a ;Rest
20  cmp 0 ;fertig?
21  jeq end
22
23  ;mit 10 multiplizieren
24  mul 10
25  st a
26  jmp loop
27
28  ;Beenden
29  end :end
```

Q: https://www.gommehd.net/forum/threads/mops.560644/

Division mit bel. vielen Nachkommast.

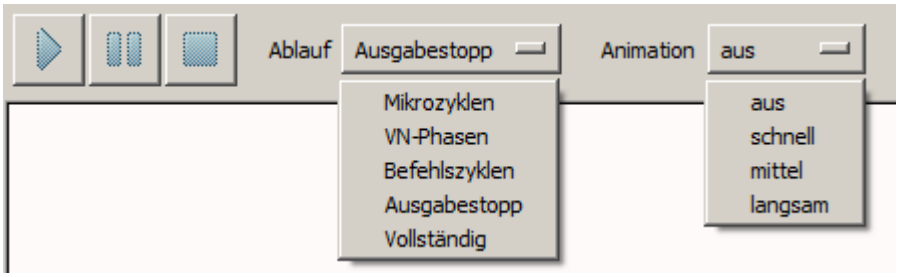
```
 1  ;Werte eingeben
 2  in a ;Zähler
 3  in b :B ;Nenner
 4  in c ;Anzahl der nachkommastellen
 5
 6  ;Sichergehen, dass b nicht 0 ist
 7  ld b
 8  cmp 0
 9  jeq B
10
11  ;Division (ganzzahlig)
12  ld a
13  div b
14  st d
15  out d
16
17
18  ;Rest ermitteln
19  ld a :loop ;Anfang Schleife
20  mod b
21  st a ;Rest
22  cmp 0 ;fertig?
23  jeq end
24
25  ;mit 10 multiplizieren
26  mul 10
27  st a
28
29  ld a
30  div b
31  st d
32  out d
33
34  ld h
35  add 1
36  st h
37  ld h
38  cmp c
39  jeq end
40  jmp loop ;Ende Schleife
41
42
43  ;Beenden
44  end :end
```

Q: https://www.gommehd.net/forum/threads/mops.560644/

Übersetzen des Programm's in Maschinen-Code und Simulation der Abläufe

"Kodieren" ([F4]) übernimmt das Compilieren des Assembler-Code's in Maschinen-Code

klassische Steuerung über Steuer-Schaltflächen



VN-Phasen … VON NEUMANN-Phasen (MOPS realisiert nur die Phasen 1 bis 3)
zu beobachten in der Status.Zeile als Beschreibung und optisch in der Graphik

Aufgaben:

1. ***Erstellen Sie ein Assembler-Programm zur Addition von 2 Zahlen, die in a und b gespeichert werden sollen! Das Ergebnis soll in h stehen und ausgegeben werden.***
2. ***2.***
3. ***3.***

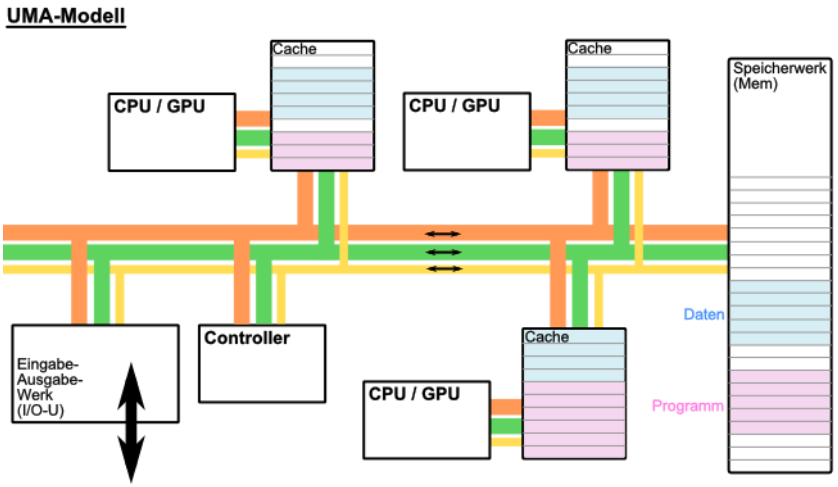
Q: http://www.viktorianer.de/info/mops.html

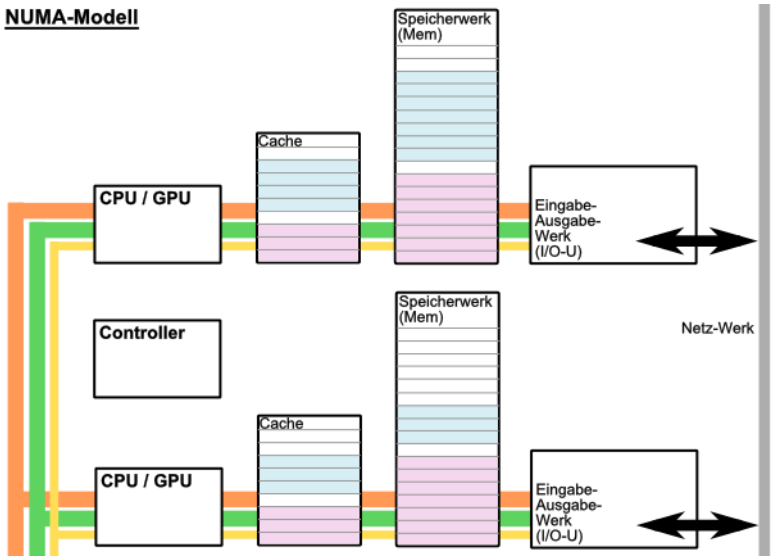
Programme erkunden
Grenzen austesten
Umgang mit abweichenden Eingaben usw. (z.B. negative Zahlen) / Erkennen von Fehlern
Abändern eines Programm's (z.B. Ändern der Operation (Subtraktionen statt Addition))
Schreiben eigener Programme

1.2.2.4. neuartige Strukturen / Modelle / Konzepte / Erweiterungen bei VON-NEUMANN-Rechnern

Basis sind VON-NEUMANN-Systeme, die durch Elemente anderer Rechner-Konzepte – meist Harvard-Konzept) ergänzt / erweitert werden
es werden die Vorteile der Einzel-Konzepte optimierend kombiniert

neu sind UMA- und NUMA-Computing-Modelle

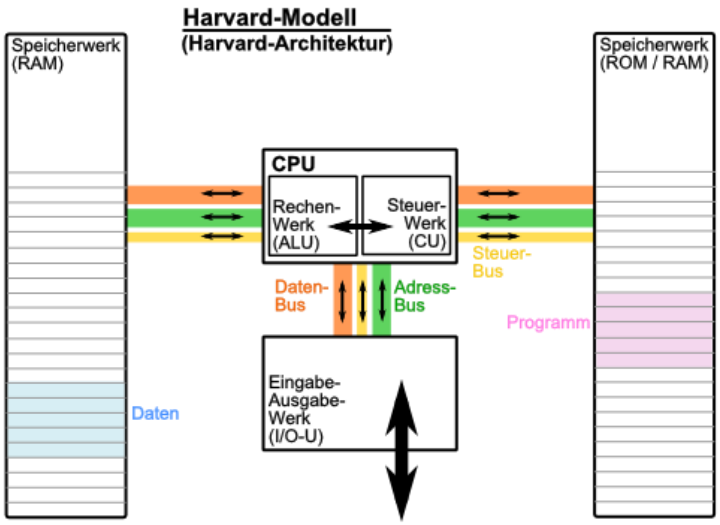




1.2.5. Harvard-Architektur

getrennte Programm- und Daten-Speicher mit getrennten Bus-System (natürlich trotzdem Adress-, Daten- und Steuer-Bus vorhanden, nur Datentyp ist unterschiedlich (Programme oder zu bearbeitende Daten))
historisch war der Programmspeicher ROM der Datenspeicher RAM
gleichzeitiges und unabhängiges Laden von Programmen (Befehlen) und Daten möglich
System braucht weniger Arbeits-Takte
Speicherschutz ist weiterer Vorteil, Daten können nicht Programm-Code überschreiben (z.B. auch unempfindlicher gegen Viren)
keine Puffer-Überläufe möglich

nachteilig ist die notwendige großzügige Ausstattung mit beiden Speichern, weil sie sich nicht gegenseitig ergänzen können (wie das praktisch bei VN-Rechnern gemacht wird)
es kann zu nichtvorhersehbaren "Wettläufen" zwischen dem Programmteil und dem Datenteil kommen (Race Condtions)
heute werden wieder die Konzepte von der Trennung von Daten und Programmen in bestehende System integriert → Virtualisierung; Sandbox-Systeme



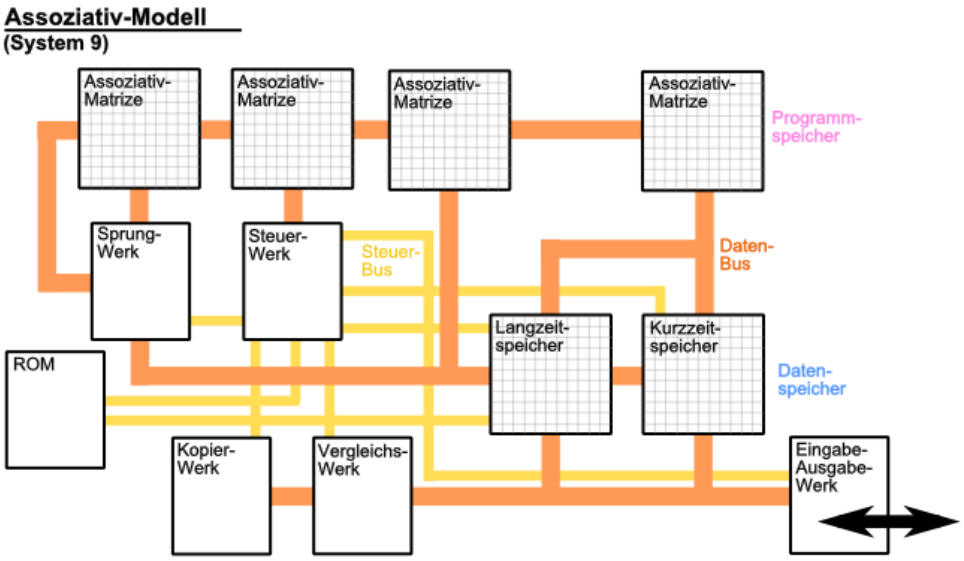
Theoretisch ist die Harvard-CPU der Flaschenhals dieses Modells. Da aber die CPU's technisch sehr hoch entwickelt sind und auch breiter (hinsichtlich der Daten- und Adress-Busbreite) ausgelegt werden können, gibt es keinen praktischen Flaschenhals.

Definition(en): Harvard-Architektur
Die Harvard-Architektur ist ein Referenzmodell der Datenverarbeitung, bei der Programm- und Datenspeicher voneinander getrennt sind. Die (Harvard-)CPU hat zenzralen Zugriff auf die beiden Speicher und die Input-Output-Werke.
Ein Harvard-Rechner ist ein Schaltungs- / Geräte-Konzept bei dem seine drei Grundgeräte (Programm- und Daten-Speicherwerk und Ein-Ausgabe-Werk) über einen zentralen Prozessor verbunden sind, gesteuert werden und miteinander kommunizieren.

1.2.6. Assoziativ-Maschine

Assoziativ-Matrizen sind der Speicher für Programme und Daten; keine festen Speicherort für Daten; arbeitet mit unterschiedlichen / wandelbaren / zufällig gewählten Strategien, so dass die Ergebnisse von Aufruf zu Aufruf / Programmabarbeitung zu Programmabarbeitung unterschiedlich ausfallen

angelehnt an Informations-Verarbeitung in biologischen System (Gehirn) allerdings auschließlich mit Dual-System (im biologischen Systemen gibt es auch analoge Komponenten) praktisch immun gegen (heutige) Computerviren, Ausspähen von Daten extrem erschwert



Definition(en): Assoziativ-Architektur
Die Assoziativ-Architektur ist ein offenes Modell der Datenverarbeitung, bei dem über eine freie Programmierung – assoziativ über nachfolgende Befehle hinweg – eine Verknüpfung der Daten realisiert wird, die in mehreren – unterschiedlich miteinander verbundenen – Matrixen-Speicherwerken gehalten werden.

Aufgaben:

1.
2. *Geben Sie an bis zu welcher Grösse (hexadezimal) die 4, 8, 16, 32 und 64 bit-Systeme ihren Speicher adressieren können! Ermitteln Sie die dezimalen Äquivalente!*
3. *Ein befreundeter Nutzer hat mit seinem 32 bit-Windows-System (2 GB Hauptspeicher, 1 TB Festplatte, 1 TB Graphikkarte) bei speziellen Anwendungen Speicher-Probleme. Er möchte jetzt von Ihnen eine Empfehlung, wie er seinen Rechner + Anwendung sinnvoll (mit geringen Kosten) aufrüsten / verändern kann.*
   Machen Sie ein oder zwei Vorschläge und erläutern Sie diese!

1.2.7. Ternär-Rechner

1.2.7.1. Geschichtliches / Historie

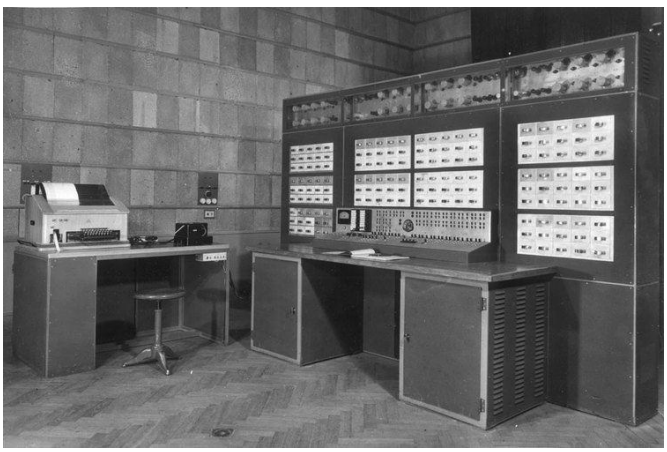
1956 von Nikolai petrowitsch BRUSENZOW (1925 -) als Rechner "Setun" realisiert
arbeitete mit 18 Ternär-Ziffern (18 Trits (ternary digits))
namensgebend war der Fluß nahe der LOMONOSOW-Universität in Moskau

Herbert R. GROSCH entwickelte am MIT zur gleichen Zeit ein vergleichbares Projekt ("Whirlwind")
Projekt hatte aber kein Erfolg

funktionierte mit magnetischen Schalt-Elementen und Dioden (Röhren wurden ausgeschlossen; Transistoren gab es noch nicht)

Bau-Elemente per Hand gefertigt und gelötet
nach 10 Tagen erster Prototyp funktionsfähig und er funktionierte fehrlerfrei

Speicher wurde als 6 Trit-System (= 1 Tryte)



Setun-Rechner
Q: https://alchetron.com/Setun

50 Rechner produziert
davon 30 an sowjetischen Universitäten genutzt

Projekt in der Sowjetunion weiterverfolgt und
dort als Setun-70 realisiert (1970)

Rechner Setun 70
Q:

6'000 Operation pro Sekunde

1974 wurde noch ein Lern-System ("Mentor") entwickelt

danach endete die Ära der Ternär-Computer

Simulatoren:
https://github.com/askfind/Emulator-Setun-1958

1.2.7.2. Grundlagen / ternäre Logik

es gilt:
+1 …WAHR
-1 FALSCH
0 UNBESTIMMT

	NOT	
a	**-1**	+1
	0	0
	+1	-1

logische Operationen mit zwei Operanten

Junctor	**Umschreibung(en)**	**Gatter**	
Tautologie	immer WAHR		
Exklusion	SCHEFFERscher Strich	NUND, NAND	
Implikation			
Replikation			
Disjunktion	oder	ODER; OR	
Pränonpendenz	niemals a		
Postnonpendenz	niemals b		
Äquivalenz	exklusives Nicht-Oder	XNOR	Spiegelungs-
Kontravalenz	exklusives Oder	XOR	Achse
Postpendenz	nur b		
Präpendenz	nur a		
Rejektion	Nicht-Oder	NOR	
Präsektion	negative Replikation		
Postsektion	negative Implikation		
Konjunktion	Und	UND, AND	
Antilogie	immer FALSCH		

für einzelne Junctoren gibt es leicht andere Ergebnis-Tabellen
man muss sich aber für ein Logik-System (KLEENE K3 od. ŁUKASIEWICZ Ł3) entscheiden, dann ist sich in sich konsistent
hier Umsetzung der STILLER-Logik S3

		b		
AND		**-1**	**0**	**+1**
a	**-1**	-1	-1	-1
	0	-1	0	0
	+1	-1	0	+1

		b		
OR		**-1**	**0**	**+1**
a	**-1**	-1	0	+1
	0	0	0	+1
	+1	+1	+1	+1

XOR		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	-1	0	+1
	0	0	0	0
	+1	+1	0	-1

NAND		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	+1	+1
	0	+1	0	0
	+1	+1	0	-1

NOR		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	0	-1
	0	0	0	-1
	+1	-1	-1	-1

XNOR		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	0	-1
	0	0	0	0
	+1	-1	0	+1

immer wenn, dann

(mat.) Implikation		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	+1	+1
	0	0	0	+1
	+1	-1	0	+1

nur wenn, dann

(mat.) Replikation		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	0	-1
	0	+1	0	0
	+1	+1	+1	+1

genau dann, wenn

(mat.) Äquivalenz		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	0	-1
	0	0	0	0
	+1	-1	0	+1

Postsektion		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	-1	-1	-1
	0	0	0	-1
	+1	+1	0	-1

Präsektion		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	-1	0	+1
	0	-1	0	0
	+1	-1	-1	-1

Tautologie		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	+1	+1
	0	+1	+1	+1
	+1	+1	+1	+1

Antilogie		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	-1	-1	-1
	0	-1	-1	-1
	+1	-1	-1	-1

Präpendenz		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	-1	-1	-1
	0	0	0	0
	+1	+1	+1	+1

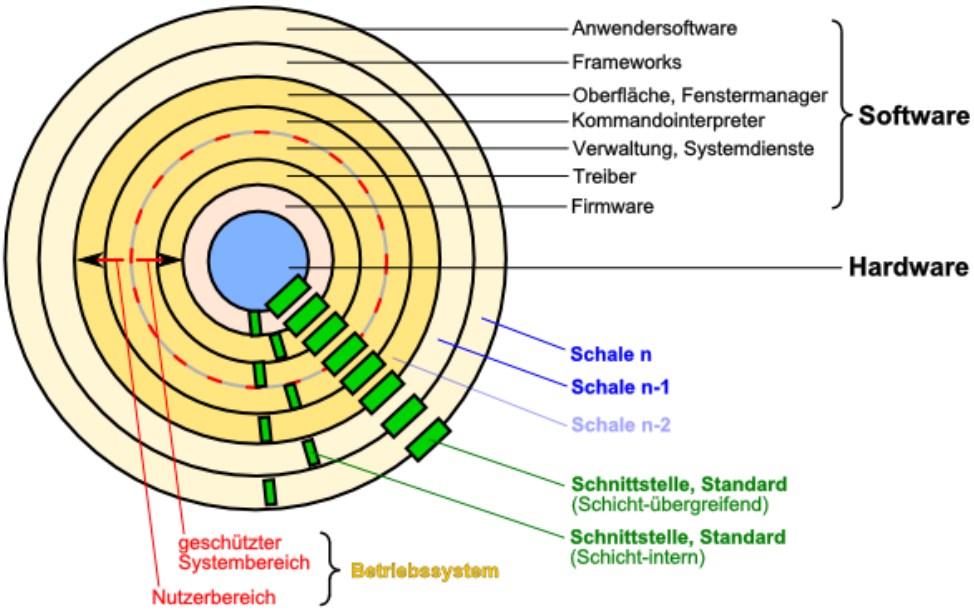
Pränonpendenz		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	+1	+1
	0	0	0	0
	+1	-1	-1	-1

Postpendenz		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	-1	0	+1
	0	-1	0	+1
	+1	-1	0	+1

Postnonpendenz		b		
		-1	**0**	**+1**
a	**-1**	+1	0	-1
	0	+1	0	-1
	+1	+1	0	-1

nach Q: STILLER, Joachim: Dreiwertige Logik – Zur dreiwertigen Logik

1.3. das Schalen-Modell



Schnittstellen sind definierte Objekte, Methoden (Funktionen) und Attribute (Variablen (für Kennwerte)) und deren Beschreibung.
So stellt Windows (als Betriebssystem) z.B. die verschiedenen Bedienelemente zur Verfügung. Deren Aussehen und Funktionalität ist in allen Windows-Programmen gleich. Ein Programmierer muss in seinem Programm nur festlegen, wo sich das Bedienelement im Programm-Fenster befindet und welche Eingangs- und Ausgangs-Daten sowie Optionen genutzt werden sollen.
Wie diese Bedienelemente funktionieren und welcher Quellcode dahintersteckt bleibt dem Programmierer verborgen. Sie sind das Betriebsgeheimnis von microsoft.
Intern greifen die Bedienelemente auf rudimentäre Funktionen des Betriebssystems zurück. Auch diese sind definiert, damit andere Programmierer (von microsoft) diese benutzen können. Solche Schicht-internen Schnittstellen sind ebenfalls ein Betriebsgeheimnis.
Die rudmentären Funktionen greifen wieder auf noch elementarere Funktionen der Treiber zurück. Die Treiber besitzen wiederum eine Schnittstelle zu den Hardware-orientierten Funktionen innerhalb dieser Schicht. Wie die Hardware genau programmiert wird ist das Betriebsgeheimnis der Herstellerfirmen.

Schnittstellen im Alltag:
im Auto: Lenker, Pedale und Schalter (zum Bedienen des Auto's)
wie das Auto intern (z.B. der Motor oder der Board-Computer) funktioniert, ist für den Fahrer nicht wichtig

im Haushalt: Fernsteuerung zum Fernseher
wir bedienen die Knöpfe, wie die Steuerbefehle zum Fernseher übertragen werden und wie der Fernseher intern z.B. die Kanäle oder die Lautstärke einstellt sind (für den Bediener) verborgene Funktionen der Fernseh-Elektronik

im Smartphone: Browser-App
z.B. werden mittels Touch-Befehlen die Verbindung zu einer Webseite aufgebaut und die Steuerelemente der Webseite benutzt; wie der Verbindungs-Aufbau und die Daten-Übertragung funktioniert, weiss nur der Browser-Programmierer.

Aufgaben:

1. ***Finden Sie weitere Alltags-Schnittstellen! Beschreiben Sie kurz die Kommunikation zwischen den Schichten!***
2. ***Warum sind Schnittstellen-nutzende Programme eigentlich immer kleiner als solche Programme, die direkt auf die Hardware zugreifen!***

Schnittstellen sind genauso wie die Trennung von Inhalt und Design Beispiele für das sehr erfolgreiche Konzept **Separation of Concerns** (Trennung nach Belangen / Bedarf)
Beim Trennen von Inhalt und Design (/ Gestaltung) – wie es z.B. bei der Erstellung von Webseiten auftritt – liegt vorrangig eine horizontale Nebenordnung vor. Eine CSS-Datei (CSS … Cascading Style Sheets) beschreibt das Aussehen der Inhalte und Gliederungen aus der HTML-Datei.
Bei den Schnittstellen liegt dagegen vorrangig eine vertikale Struktur der Auftrennungen nach den Belangen vor. Eine Schale (der Verantwortlichkeit und Kompetenz) legt sich um eine untergeordnete – elementarer und Hardware-näher angelegte Schale. Nach Außen folgt eine mehr Anwendungs- und Menschen-orientierte Schale, die auch komplexer strukturiert ist.

Schalen-Ebene	**Bezeichnung**	**Beispiele**	
oberste Ebene	höhere Programmiersprache	print-Befehl input-Befehl Schleifen-Anweisung …	print("ABC")
			erzeugeBitMusterAufConsole("A") …
	Betriebssystem		call Maschinen-Routine
	Hardware		setzt Bit's im Video-Speicher

1.4. Quanten-Computing

Q: basierend auf Open.HPI-Kursen "Einführung in Quantencomputing"; Prof. JUST; 2022 sowie "Quantenkrytographie"; Prof. HETTEL, 2022 sowie …

1.4.0. Grundlagen

heute praktisch noch weitesgehend Zukunftsmusik
Theorie schon recht entwickelt
es fehlt die praktische Realisierung

1.4.0.1. Historie / Geschichte

mit der Wende vom 19. zum 20 Jhd. kam die Quanten-Physik auf
Erkenntnis, dass sich Elementar-Teilchen und Licht-Teilchen / -Quanten anders verhalten als die klassischen Objekte in der mechanischen Physik

Welle-Teilchen-Dualismus
mathematische Modelle der Quanten-Physik / Quanten-Mechanik schwer zugänglich
PLANCK (→ Wirkungs-Quantum), EINSTEIN (→ "spukhafte Fernwirkung"), BOHR (→ Atom-Modell), HEISENBERG (→ Unschärfe-Relation), SCHRÖDINGER (→ Orbital-Gleichung; "Katze"), STERN, PAULI, BORN, FEYMAN

Berechnungs-Modell der Quanten-Informatik (1980 – 1985)

seit 1994 SHOR beschreibt Algorithmus zur Faktorisierung von Zahlen
hätte große Auswirkung auf Kryptographie → großes öffentliches Interesse
praktische Umsetzung noch offen, weil Hardware fehlt

Was könnten Quanten-Computer (besser)?

- völlig neuartige Dinge berechnen (, die auf klassischen Computern nicht berechenbar sind)
    - echter Zufall
    - Teleportation
    - abhörsichere Kommunikation
- Dinge berechnen, die auf klassischen Computern zwar berechenbar sind, aber viel zu lang dauern würden
    - schnelles Knacken von klassischen kryptographischen Verfahren (quasi: praralelles Brute force)
    - Optimierungs-Probleme
    - Material-Forschung
    - Klima-Modelle
    - Arzneimittel-Wirkungen
-

derzeit nur serielle Abarbeitung von Quanten-Verarbeitung
praktisch wird aber eine paralelle Verarbeitung gebraucht

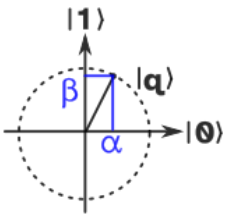
großes Zukunfts-Potential

1.4.1. Qubit's

kleinste Information-Einheit eines Quanten-Computer's
entspricht dem Bit in einem klassischen Computer
Schreibweise nach DIRAC oder auch Bra-Ket-Schreibweise (Wortspiel zu bracket = engl. Klammer) mit snekrechten Strich beginnend und mit schließender Winkel-Klammer (ersatzweise: Größer-Zeichen) endend: $|0\rangle$

	(klassisches) Bit	Qubit
	• Wert 0 oder 1 • (aktueller) Zustand: 0 oder 1	• Wert $\|0\rangle$ oder $\|1\rangle$ oder einen Wert dazwischen (Superposition) • Zustand ist $\alpha\|0\rangle + \beta\|1\rangle$
	• z.B.: - …0; | …1	• z.B.: - …$\|0\rangle$; | …$\|1\rangle$; aber auch: / … irgendetwas dazwischen $\alpha\|0\rangle + \beta\|1\rangle$ •
Eigenschaften	• beim Auslesen (/ Messen) des Zustand's ändert sich der Wert nicht (Realismus) • die Änderung eines Bit's kann nicht gleichzeitig ein anderes Bit beeinflussen (es wird immer Zeit / ein Takt gebraucht) (Lokalität) •	• das Auslesen (/ Messen) des Zustand's ändert meistens auch den Wert / Zustand → ergibt immer $\|0\rangle$ oder $\|1\rangle$ • die Änderung eines Qubit's kann den Zustand unmittelbar / im selben Augenblick verändern (Verschränkung, "spukhafte Fernwirkung" EINSTEIN) •
Algorithmen	• verändert Bit für Bit das System • laufen Schritt-artig / getaktet ab • sind (per Definition) deterministisch (liefern bei gleichen Ausgangs-Bedingungen immer das gleiche Ergebnis)	• eine Veränderung (ein Algorithmen-Schritt) eines Qubit's verändert i.A. unmittelbar das gesamte System • probabilistisch (Zufalls-geprägt) •

$|q\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$
α und β sind komplexe Zahlen (also: Bereich / Menge $\mathbb{C}$)
als Nebenbedingung gilt: $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$



Beschreibung als Matrix:
durch Basis-Vektoren: $|0\rangle = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$ $|1\rangle = \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$
algemein: $|q\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle = \alpha\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + \beta\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\alpha\\\beta\end{pmatrix}$

Man kann sich ein Qubit auch als schwingendes Licht-Teilchen vorstellen. So ein Photon kommt der praktischen Umsetzung von Quanten-Computern mit Licht auch sehr Nahe. Das Photon ist dann ein schwingendes Teilchen. Liegt die Schwingungs-Ebene in der Waage-

rechten, dann ist dies im Basis-Zustand |0⟩ und schwingt es in der Senkrechten, dann entspricht dies dem |1⟩-Zustand.
In den meisten Fällen haben wir eine Schwingungs-Ebene irgendwo zwischen Waagerechten und Senkrechten, was eben durch unsere Gleichung $|q\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ ausgedrückt wird. Mit der Messung / Beobachtung nimmt ein Photon dann eine der beiden Basis-Zustände ein.

Definition(en): Qubit (Quanten-Bit)
Ein Qubit ist ein Zweizustands-System mit Quanten-Eigenschaften, dass durch Messung sicher einen der beiden Zustände (hier: |0⟩ od. |1⟩) hat.
Ein Qubit ist die kleinste Rechen- / Informations-Einheit eines Quanten-Rechner's. Für das Qubit gelten die Gesetze der Quanten-mechanik, d.h. z.B., dass das Qubit bis zu seiner Messung mehrere Zustände einnehmen kann, die aber mit einer Messung eindeutig festgelegt sind.

im Qubit liegen die Zustände 0 und 1 quasi überlagert vor, erst wenn man misst, dann offenbart sich der aktuelle Wert
wie bei SCHRÖDINGERs Katze, erst wenn man in die Box schaut weiss man, ob die Katze lebt oder vergiftet wurde

die Nachbildung von 45 Qubit's würden den Speicherplatz des heute größten Super-Rechners benötigen

bei 50 Qubit's gelangen wir an die Grenze der sogenannten Quanten-Überlegenheit
die Rechen-Leistung eines 50 Qubit-Rechner's könnte mit keinem denkbaren Super-Rechner mehr erreicht werden

ein Rechner der 250 Qubit's nachbilden wollte, benötigt alle Atome des Universum's als Bit-Speicher

Qubit's	**Nachbildung mit … bit**	
1	256	
2	512	
3	1024	
4	2048	
5	4096	
6	8192	
7	16384	
8	32768	
10	131072	
20	$1{,}71799 * 10^{10}$	
30	$2{,}25180 * 10^{15}$	
50	$3{,}86856 * 10^{25}$	
100		

Modell für einen Quanten-Algorithmus:
Würfel mit Röhren als Kanten und Hohlkugeln als Ecken
eine Kugel ist mit Flüssigkeit gefüllt
Würfel kann in x-, y- und z-Richtung geschüttelt werden, um die Flüssigkeit zu verteilen
ein Arbeitsschritt ist einmal Schütteln, wobei sich die Flüssigkeit über die Kante (der Schüttel-Richtung) gleichmäßig verteilt

Aufgabe: Flüssigkeit der einen Kugel gleichmäßig auf alle Kugel verteilen
? Wieviel Schüttel-Operationen sind notwendig, um die Flüssigkeit gleichmäßig auf die Kugeln zu verteilen?

Qubit-Eigenschaften

Definition(en): Superposition
Die Superposition ist die Fähigkeit eines (Quanten-)Objekt's, in mehreren Zuständen gleichzeit zu sein. Erst mit der Beobachtung / Messung nehmen die (Quanten-)Objekte einen definierten Zustand ein.

Definition(en): Verschränkung
Die Verschränkung ist die Eigenschaft von zwei kombinierten / verbundenen (Quanten-)Objekten, bei der Änderung des einen Objekt's instantan / praktisch gleichzeitig das zweite Objekt ebenfalls zu verändern.

Definition(en): Dekohärenz
Die Dekohärenz ist die Eigenschaft eines (Quanten-)Objekt's, bei der Wechselwirkung mit der Umgebung einen definierten Zustand einzunehmen und damit auch ihre Superposition-Eigenschaft (unwiederbringbar) zu verlieren.

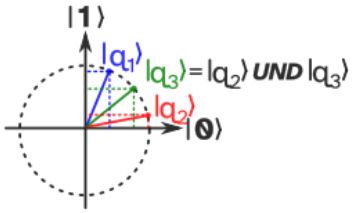
wichtig für diverse Verrechnungen ist der Fakt, ob Qubit's **unterscheidbar** sind.
Für die Basis-Zustände $|0\rangle$ und $|1\rangle$ ist das eindeutig möglich. Was passiert aber mit Qubit's im allgemeinen / diversen Zustand $\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$? Hier bewirkt erst die Messung einen definierten Zustand. Es kann der Zustand $|0\rangle$ oder $|1\rangle$ herauskommen. Misst man also z.B. eine $|0\rangle$, dann ist nicht klar, ob der Zustand vorher schon eine $|0\rangle$ war oder erst durch die Messung aus dem diversen Qubit entstanden ist. Dieses Problem lässt sich auch mit Quanten-Gattern (→) nicht lösen. Qubit's sind nur bis zu einem bestimmten Teil unterscheidbar. Allgemein gilt das nicht.

Definition(en): Unterscheidbarkeit
Die Unterscheidbarkeit beschreibt .

1.4.2. Quanten-Schaltkreise – Schaltkreise für Qubit's

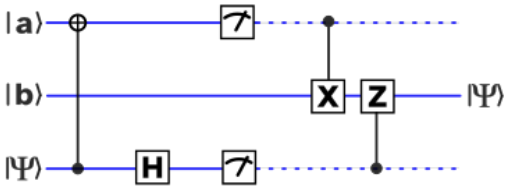
$|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ Ψ … sprich: psi

bei Quanten-Schaltkreisen entspricht die Anzahl der Eingänge (z.B. $\alpha|0\rangle$, $\beta|1\rangle$, $|\Psi\rangle$) der Anzahl der Ausgänge



in einen Quanten-Schaltkreis (QSK) gehen genausoviele Eingänge hinein, wie hinauskommen

Beispiel für einen Quanten-Schaltkreis:
Er besteht aus den Quanten-Gattern CNOT, H, X und Z. Dazu gibt es Mess-Punkte, die entweder mit einem Analog-Meßgeräte-Logo oder M gekennzeichnet werden.
Nach der der Messung ist der Zustand entweder $\alpha|0\rangle$ oder $|1\rangle$. Dies wird durch die gestricehelten Linien angegeben.
Nach dem Messen verhalten sich die Qubit's wie normale Bit's.

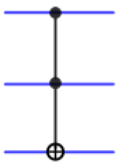


Berechnungs-Modell nach FEYMAN und DEUTSCH
genutze Quanten-Eigenschaft ist die Verschränkung
derzeit lassen sich rund 20 bis 130 Qubit's modellieren
einzelne Qubit's lassen sich beeinflussen
Lösung universeller Probleme denkbar

weiteres Modell: Quantum Simulated Annealing (z.B. D_Wave)
modelliert bis zu 5'000 Qubit's
keine Kontrolle über einzelne Qubit's
genutzter Quanten-Effekt ist der Quanten-Tunnel-Effekt
derzeit für die Lösung von Optimierungs-Problemen genutzt
Prinzip:
ein mit dem "Problem" vorbereitetes System wird bis dicht zum absoluten Null-Punkt abgekühlt
das System nimmt nun den geringst-möglichen Energie-Zustand (für das "Problem") ein

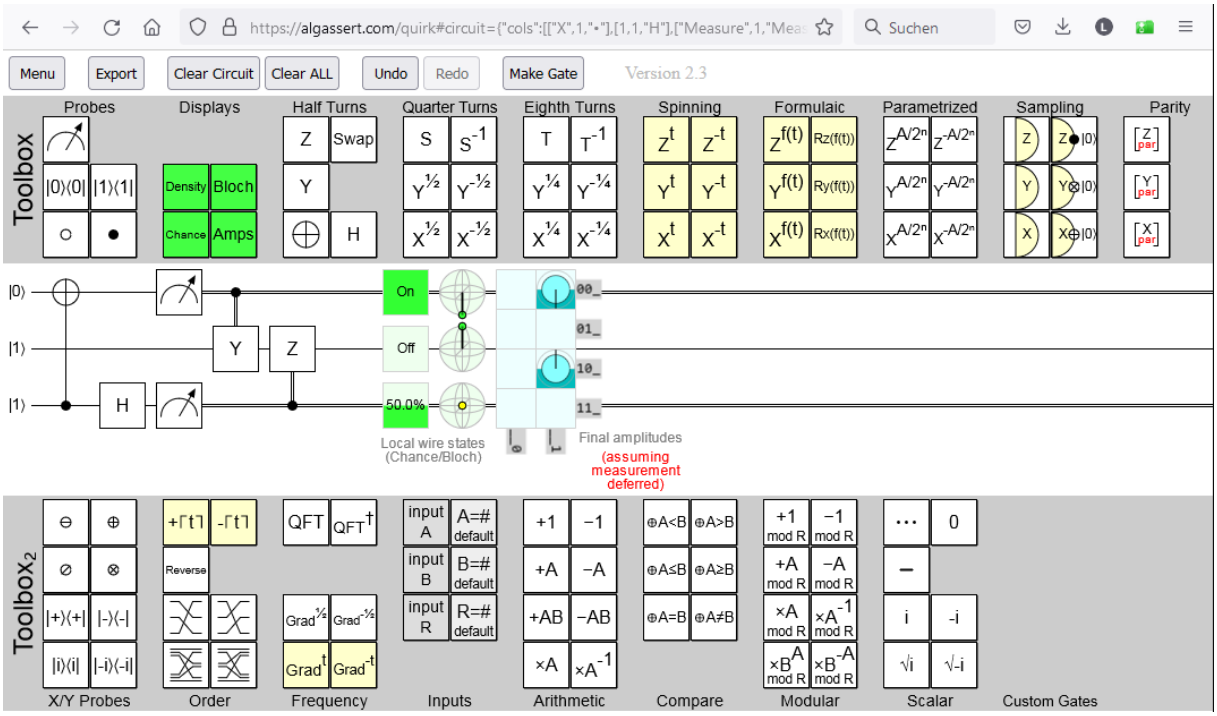
Definition(en): Quanten-Schaltkreis

Quanten-Gatter werden durch kalibrierte Laser, elektrische oder magnetische Felder oder Mikrowellen realisert
dabei muss die Erzeugung von Fehlern möglichst gering sein
notwendig ist ein universelles Set an Gattern
ein universelles Gatter, dass alle Operationen realsieren kann ist das TOFFOLI-Gatter



Definition(en): Quanten-Gatter

Ein Quanten-Gatter ist eine Steuereinrichtung, welche die Wechselwirkungen von Qubit's untereinander oder mit der Umgebung beeinflusst.



Simulation eines Quanten-Schaltkreises auf: https://algassert.com/quirk

Aufruf-Link zur Simulation:
https://algassert.com/quirk#circuit={%22cols%22:[[%22X%22,1,%22%E2%80%A2%22],[1,1,%22H%22],[%22Measure%22,1,%22Measure%22],[%22%E2%80%A2%22,%22Y%22],[1,%22Z%22,%22%E2%80%A2%22]],%22init%22:[0,1,1]}

interessante Links:
https://algassert.com/quirk Simulation von Quanten-Schaltkreisen

1.4.3. Quanten-Register

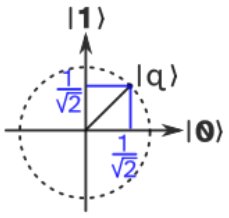
mehrere Quanten-Bit's (Qubit's) bilden ein Register
neben der Betrachtung des Verhalten's der einzelnen Qubit's muss nun auch noch mit beachtet werden, wie die Qubit's untereinander verbunden / verschränkt sind

Quanten-Register aus 3 Qubit's hat die Gestalt:

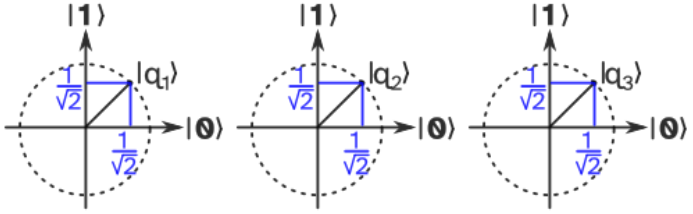
Einzel-Wahrscheinlichkeit / Zustände	Quadrate der Einzel-Wahrscheinlichkeiten
$\alpha_0 * \|000\rangle$	$\|\alpha_0\|^2$
$+ \alpha_1 * \|001\rangle$	$+ \|\alpha_1\|^2$
$+ \alpha_2 * \|010\rangle$	$+ \|\alpha_2\|^2$
$+ \alpha_3 * \|011\rangle$	$+ \|\alpha_3\|^2$
$+ \alpha_4 * \|100\rangle$	$+ \|\alpha_4\|^2$
$+ \alpha_5 * \|101\rangle$	$+ \|\alpha_5\|^2$
$+ \alpha_6 * \|110\rangle$	$+ \|\alpha_6\|^2$
$+ \alpha_7 * \|111\rangle$	$+ \|\alpha_7\|^2$
	= 1,0

ausgehend vom klassischen Münzwurf mit 3 Münzen gibt es 8 Zustände (000) bis (111) (wobei Kopf z.B. 0 bedeutet und 1 die Zahl)
praktisch treten alle 8 Zustände gleich-wahrscheinlich auf (praktisch 1/8); gültig nur für ungezinkte / faire Münzen
bei gezinkten Münzen ist die Verteilung leicht verändert, also ungleich wahrscheinlich
außer für den Fall, dass Münzen immer das gleich Ergebnis liefern, ist es nicht möglich alle Münzen (zusammen) so zu präparieren, dass immer ein bestimmtes Ergebnis auftaucht
jede Münze hat immer noch seine eigene Wahrscheinlichkeit und die ist unabhängig von den Ergebnisse der anderen Münzen

wenn sich ein Qubit fair ist, dann wäre α und β jeweils $\frac{1}{\sqrt{2}}$



drei verschränkte faire Qubit's



werden die drei Qubit's zu einem zeitpunkt gemessen, dann erhalten wir einen der Zustände |000⟩, |001⟩ … |111⟩.

daraus ergibt sich für jeden Zustand eine Wahrscheinlichkeit für a bei jedem Qubit mit $\frac{1}{\sqrt{8}}$

damit ergibt sich als Zustand des Quanten-Register's

Einzel-Wahrschein-	Quadrate der Einzel-

	lichkeit / Zustände	Wahrschein-lichkeiten
Berechnung Quadrate und Summe ???	$\frac{1}{\sqrt{8}} * \|000\rangle$	$\|\frac{1}{\sqrt{8}}\|^2$
	$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|001\rangle$	$+ \|\frac{1}{\sqrt{8}}\|^2$
	$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|010\rangle$	$+ \|\frac{1}{\sqrt{8}}\|^2$
	$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|011\rangle$	$+ \|\frac{1}{\sqrt{8}}\|^2$
	$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|100\rangle$	$+ \|\frac{1}{\sqrt{8}}\|^2$
	$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|101\rangle$	$+ \|\frac{1}{\sqrt{8}}\|^2$
	$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|110\rangle$	$+ \|\frac{1}{\sqrt{8}}\|^2$
	$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|111\rangle$	$+ \|\frac{1}{\sqrt{8}}\|^2$
		= 1,0

Definition(en): Quanten-Register

besteht das Quanten-System aus 2 Qubit's dann schreiben wir das z.B. so auf.

$$|\Psi\rangle = |\varphi\rangle_1 |\varphi\rangle_2 = |\varphi\rangle_1 \otimes |\varphi\rangle_2$$

ist z.B. $|\varphi\rangle_1 = \alpha_1|0\rangle + \beta_1|1\rangle$ und $|\varphi\rangle_2 = \alpha_2|0\rangle + \beta_2|1\rangle$ dann ergibt sich:

$$|\varphi\rangle_1 \otimes |\varphi\rangle_2 = \alpha_1|0\rangle + \beta_1|1\rangle \otimes \alpha_2|0\rangle + \beta_2|1\rangle$$
$$= \alpha_1\alpha_2|00\rangle + \alpha_1\beta_2|01\rangle \otimes \alpha_2\beta_1|10\rangle + \beta_1\beta_2|11\rangle$$

können wir ein 2-Qubit-Quanten-System wie oben schreiben – die Verküpfung der einzelnen Qubit's erfolgt über das tensor-Produkt, dann spricht man von einen **separierbar**en bzw. **unverschränkt**en System
sollte dies nicht so sein, dann sind die Qubit's (miteinander) **verschränkt** (bzw. nicht-separierbar) und lassen sich in den BELL-Zuständen beschreiben:

$$|\Phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \qquad |\Phi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle)$$
$$|\Psi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle) \qquad |\Psi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle)$$

Definition(en): Basis-Zustand

Die Basis-Zustände (eines Register's) sind die möglichen Mess-Ergebnisse für ein Quanten-Register.
In den von uns betrachteten 1-Qubit-Quanten-Systemen sind die Basis-Zustände $|0\rangle$ und $|1\rangle$.

Definition(en): Amplitude

Eine Aplitude ist ein α-Wert für einen Register-Zustand / Basis-Zustand.

Definition(en): Superposition

Eine Superposition ist die Situation, wenn zwei Amplituden (a-Werte von Basis-Zuständen) nicht 0 sind.
Es ist in diesem Fall nicht eindeutig, welchen Zustand die Qubit's letztendlich einnehmen.

ist ein Qubit mit einer negaiven Amplitude versehen (hier q_7)

Einzel-Wahrscheinlichkeit / Zustände	Quadrate der Einzel-Wahrscheinlichkeiten
$\frac{1}{\sqrt{8}} * \|000\rangle$	$\|\alpha_0\|^2$
$- \frac{1}{\sqrt{8}} * \|001\rangle$	$+ \|\alpha_1\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|010\rangle$	$+ \|\alpha_2\|^2$
$- \frac{1}{\sqrt{8}} * \|011\rangle$	$+ \|\alpha_3\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|100\rangle$	$+ \|\alpha_4\|^2$
$- \frac{1}{\sqrt{8}} * \|101\rangle$	$+ \|\alpha_5\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|110\rangle$	$+ \|\alpha_6\|^2$
$- \frac{1}{\sqrt{8}} * \|111\rangle$	$+ \|\alpha_7\|^2$
	= 1,0

für verschränkte Qubits ergeben sich

Einzel-Wahrscheinlichkeit / Zustände	Quadrate der Einzel-Wahrscheinlichkeiten
$\frac{1}{\sqrt{2}} * \|000\rangle$	$\|\alpha_0\|^2$
$+ 0 * \|001\rangle$	$+ \|\alpha_1\|^2$
$+ 0 * \|010\rangle$	$+ \|\alpha_2\|^2$
$+ 0 * \|011\rangle$	$+ \|\alpha_3\|^2$
$+ 0 * \|100\rangle$	$+ \|\alpha_4\|^2$
$+ 0 * \|101\rangle$	$+ \|\alpha_5\|^2$
$+ 0 * \|110\rangle$	$+ \|\alpha_6\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{2}} * \|111\rangle$	$+ \|\alpha_7\|^2$
	= 1,0

1.4.4.1. Berechnen von Quanten-Registern

ausgehend von 3 Qubit's mit

$|q_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle$
$|q_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle$
$|q_3\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle$

? $|q_1, q_2, q_3\rangle$

über Tensor-Produkt
$|q_1, q_2, q_3\rangle = |q_1\rangle \otimes |q_2\rangle \otimes |q_3\rangle$

Einzel-Wahrscheinlichkeit / Zustände	Quadrate der Einzel-Wahrscheinlichkeiten
$\frac{1}{\sqrt{8}} * \|000\rangle$	$\|\alpha_0\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|001\rangle$	$+ \|\alpha_1\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|010\rangle$	$+ \|\alpha_2\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|011\rangle$	$+ \|\alpha_3\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|100\rangle$	$+ \|\alpha_4\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|101\rangle$	$+ \|\alpha_5\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|110\rangle$	$+ \|\alpha_6\|^2$
$+ \frac{1}{\sqrt{8}} * \|111\rangle$	$+ \|\alpha_7\|^2$
	= 1,0

$$|q_1, q_2, q_3\rangle = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle\right) \otimes \left(\frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle\right) \otimes \left(\frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle\right)$$

$$\begin{aligned}
= & \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \\
& + \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \\
& + \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \\
& + \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \\
& + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \\
& + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \\
& + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \\
& + \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |1\rangle
\end{aligned}$$

Vereinfachung

$$\frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes \left(\frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{1}{\sqrt{2}}\frac{1}{\sqrt{2}} * |0\rangle \otimes |0\rangle \otimes |0\rangle = \frac{1}{\sqrt{8}} * |000\rangle\right.$$

ergibt dann:

$$\begin{aligned}
|q_1, q_2, q_3\rangle = & \frac{1}{\sqrt{8}} * |000\rangle \\
= & + \frac{1}{\sqrt{8}} * |001\rangle \\
= & + \frac{1}{\sqrt{8}} * |010\rangle \\
= & + \frac{1}{\sqrt{8}} * |011\rangle
\end{aligned}$$

$= + \frac{1}{\sqrt{8}} * |100\rangle$
$= + \frac{1}{\sqrt{8}} * |101\rangle$
$= + \frac{1}{\sqrt{8}} * |110\rangle$
$= + \frac{1}{\sqrt{8}} * |111\rangle$

gilt ja nur für faire Qubit's; allg. gilt dann:

$$
\begin{aligned}
|q_1, q_2, q_3\rangle &= |q_1\rangle \otimes |q_2\rangle \otimes |q_3\rangle \\
&= (\alpha_1|0\rangle + \beta_1|1\rangle) \otimes (\alpha_2|0\rangle + \beta_2|1\rangle) \otimes (\alpha_3|0\rangle + \beta_3|1\rangle) \\
&= \alpha_1\alpha_2\alpha_3|000\rangle \\
&\quad + \alpha_1\alpha_2\beta_3|001\rangle \\
&\quad + \alpha_1\beta_2\alpha_3|010\rangle \\
&\quad + \alpha_1\beta_2\beta_3|011\rangle \\
&\quad + \beta_1\alpha_2\alpha_3|100\rangle \\
&\quad + \beta_1\alpha_2\beta_3|101\rangle \\
&\quad + \beta_1\beta_2\alpha_3|110\rangle \\
&\quad + \beta_1\beta_2\beta_3|111\rangle
\end{aligned}
$$

Man nennt Quanten-Register, die sich als Tensor-Produkt der einzelnen Qubit's beschreiben lassen, **separierbar** bzw. **unverschränkt**.
Mit anderen Worten: Sind die einzelnen Qubit's eines Quanten-Register, unverschränkt / separierbar / unabhängig voneinander, dann lässt sich der Zustand des Quanten-Register's über das Tensor-Produkt der einzelnen Qubit's berechnen.
Sind die Qubit's dagegen **verschränkt** bzw. **nicht separierbar**, dann gilt:

$$|q_1, q_2, q_3\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|000\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|111\rangle$$

Aus den obigen Formeln leitet sich auch die Matrix-Schreibweise von Quanten-Registern ab:
die beiden Quantenbit-Zustände werden in einem Basis-Vektor notiert
durch Basis-Vektoren: $|0\rangle = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$ $|1\rangle = \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$

$$\begin{matrix}|0\rangle\\|1\rangle\end{matrix}\ \begin{pmatrix}?\\?\end{pmatrix}$$

allgemein: $|q\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle = \alpha\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + \beta\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\alpha\\\beta\end{pmatrix}$
die Möglichkeiten (Register-Zustände) werden nacheinander Zeilen-weise notiert.
Die Matrix enthält dann jeweils genutzten Register-Zustand (mit 1 gekennzeichnet)
Amplituden werden vor den Vektor notiert
für ein Register mit 2 Qubit's ergibt sich dann:

$$\begin{matrix}|00\rangle\\|01\rangle\\|10\rangle\\|11\rangle\end{matrix}\ \begin{pmatrix}?\\?\\?\\?\end{pmatrix}$$

im Folgenden zeigen wir meist mehrere Darstellungs- bzw. Visualisierungs-Formen für die Register und Gatter
i.A. reicht es, wenn man sich auf eine Form einschiesst, begleitend sind die Formeln aber sicher immer eine recht verständliche und universelle Form

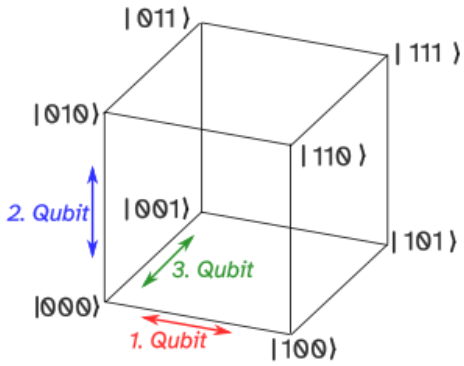
1.4.4.2. Veranschaulichen / Illustration von Quanten-Registern

Das folgende Quanten-Register soll etwas besser illustriert werden.

Wir bleiben dabei zuerst einmal bei 3 Qubits.

Zur Veranschaulichung benutzen wir das unten gezeichnete Würfel-Modell (nach JUST). Die Qubit's stellen die Richtungen im kartesischen Koordinaten-System dar.

$$
\begin{aligned}
|q_1, q_2, q_3\rangle &= \sqrt{\tfrac{2}{16}} * |000\rangle \\
&= + \sqrt{\tfrac{0}{16}} * |001\rangle \\
&= - \sqrt{\tfrac{2}{16}} * |010\rangle \\
&= - \sqrt{\tfrac{3}{16}} * |011\rangle \\
&= - \sqrt{\tfrac{1}{16}} * |100\rangle \\
&= + \sqrt{\tfrac{1}{16}} * |101\rangle \\
&= + \sqrt{\tfrac{4}{16}} * |110\rangle \\
&= + \sqrt{\tfrac{3}{16}} * |111\rangle
\end{aligned}
$$

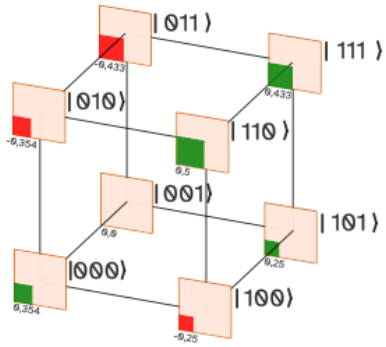


Dadurch liegen die Register-Zustände an den Ecken.

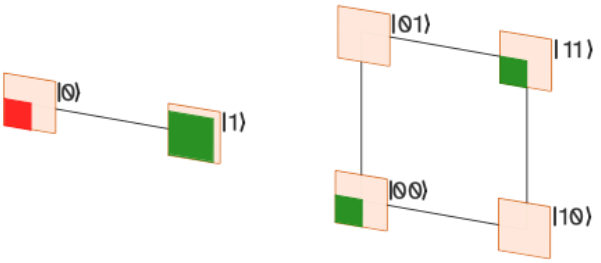
Im nächsten Schritt werden die Amplituden hinzugefügt. Dazu erhält jeder Zustand eine eigene "Anzeige-Tafel", in der die Amplitude als Fläche dargestellt ist. Eine rote Fläche bedeutet einen positiven Wert, eine grüne entsprechend eine negative.

Die Summe aller Flächen muss am Ende genau 1 also einmal das "Anzeige-Quadrat" ergeben.

Die kleinen Zahlenwerte unter den kleinen Quadraten sind die Amplituden.



Kleinere Quanten-Register mit einem oder zwei Qubit's ließen sich als Strecke / Kante bzw. als Fläche darstellen.



1-Qubit-Register $(-\frac{1}{2}\,|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}\,|1\rangle)$

und 2-Qubit-Register $(\frac{1}{\sqrt{2}}\,|00\rangle + |11\rangle)$

Will man dagegen ein Quanten-Register mit vier Qubit's veranschaulichen, dann stoßen wir mit unseren üblichen Dimensionen an die Grenze. Eine Hilfs-Lösung ist ein sogenannter Hyper-Würfel – also einem Würfel in einem Würfel (s.a. Abb. weiter hinten).

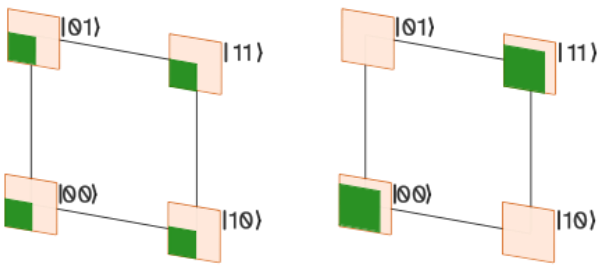
Mit Hilfe dieses Darstellungs-Verfahren's können wir auch gut erkennen, ob Qubit's verschränkt oder unververschränkt sind.

Vergleicht man ein unverschränktes und ein verschränktes Quanten-Register mit jeweils zwei fairen Qubit's, dann ergebn sich völlig unterschiedliche Schmata.

Links das unverschränkte System:

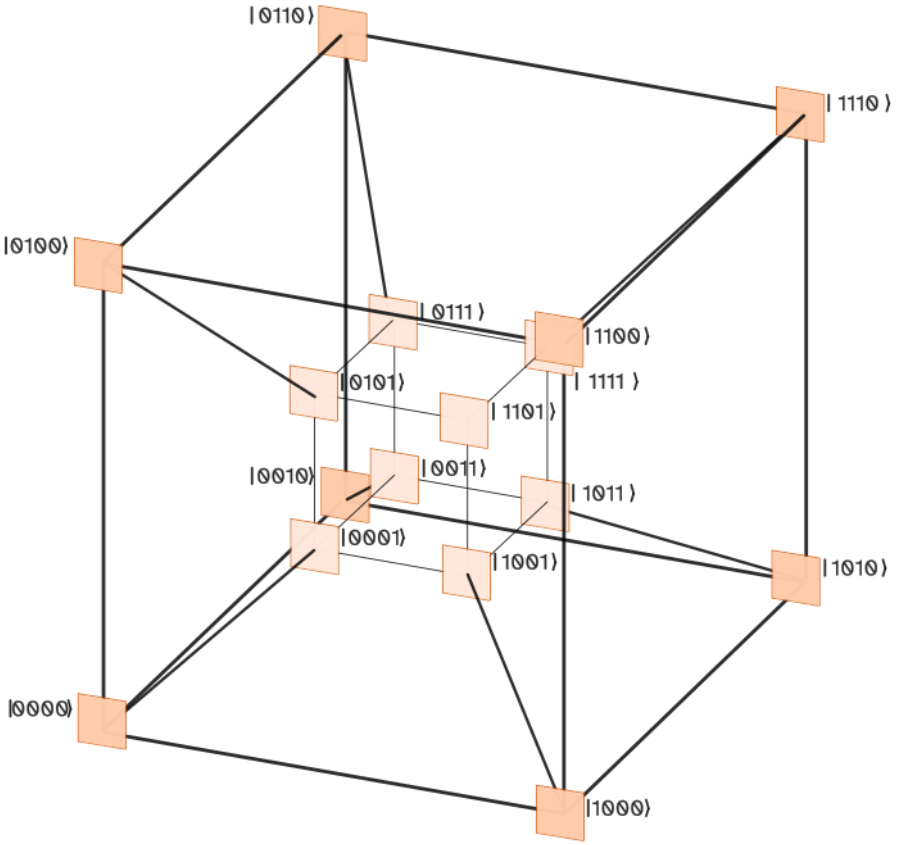
$$(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\,|0\rangle + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\,|1\rangle) \otimes (\tfrac{1}{\sqrt{2}}\,|0\rangle + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\,|1\rangle)$$

und rechts das entsprechende ver-



schränkte System:

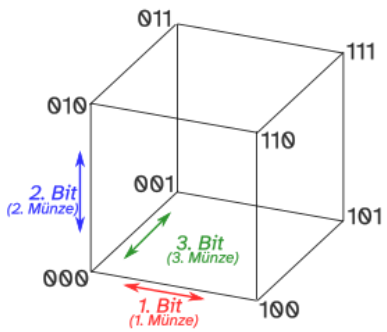
$$\frac{1}{\sqrt{2}}\,|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\,|11\rangle$$



Modell für ein Quanten-Register mit 4 Qubit's (Darstellung als Hyper-Würfel)

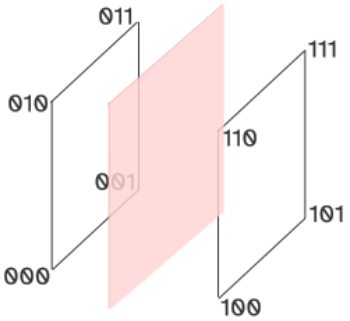
1.4.4.3. Veranschaulichung des Messen's in Quanten-Registern

Erst mit der Messung nehmen Qubit's einen bestimmten Wert ein.
Es kann aber auch sein, dass die Messung des einen Qubit's auch ein anderes Qubit mit beeinflusst. Das ist immer dann so, wenn die beiden Qubit's miteinander verschränkt sind.

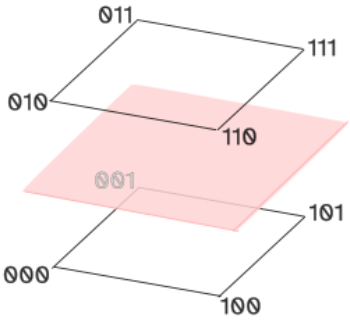


Rück-Griff auf Messung / Beobachtung in einem fairen Münzwurf-System. Jeder der Ergebnis-Zustände ist gleich groß. Wieder angenommen Kopf wird durch 0 und Zahl durch eine 1 repräsentiert, dann ergibt sich als Modell ein Würfel mit den Zuständen an den Ecken.
Auch hier ist die Zustands-Verteilung für eine Münze wie oben. Links/rechts für die erste Münze, hoch/runter für die zweite und vorn/hinten für die dritte Münze. Praktisch sind wir auf der Ebene von Bit's.
Bei einem Münzwurf-Versuch mit fairen Münzen soll das Ergebnis noch nicht sichbar sein. In diesem Fall sind alle Zustände (Würfel-Ecken) möglich.
Deckt man nun eine der Münzen auf, dann teilt sich der Ergebnis-Würfel quasi in zwei Flächen. Dabei ist nur noch eine gültig. Zb.B. nach dem Aufdecken der 1. Münze entweder die linke oder die rechte Fläche (s.a. linke Abb.).

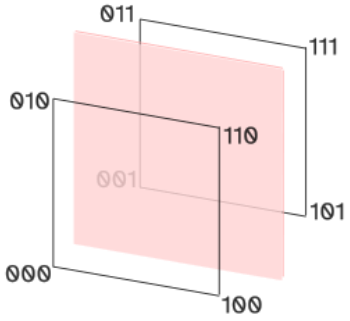
Praktisch ist es auch egal, welche der Münzen man zuerst aufdeckt, die Anzahl der nun gültigen Möglichkeiten ist immer vier.



nur 1. Münze aufgedeckt

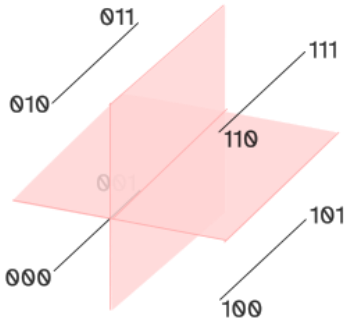


nur 2. Münze aufgedeckt

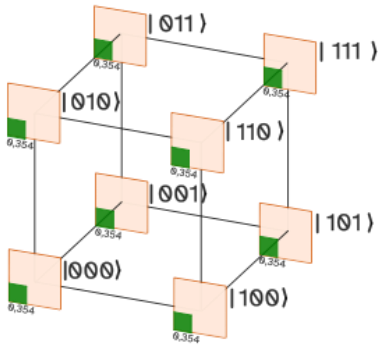


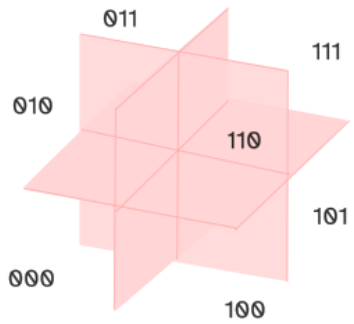
nur 3. Münze aufgedeckt

Mit dem Aufdecken einer zweiten Münze verringert sich die Menge der möglichen Ergebnisse weiter. Wir befinden uns jetzt im Bereich einer der vier Kanten. Es bleiben somit nur noch zwei mögliche Zustände.
Durch das Aufdecken der zwei Münzen wissen wir schon, wo wir uns im Würfel befinden.
Wurden alle Münzen aufgedeckt, dann ist da Ergebnis eindeutig. Wir befinden uns in einer der Ecken des Ergebnis-Würfel's.

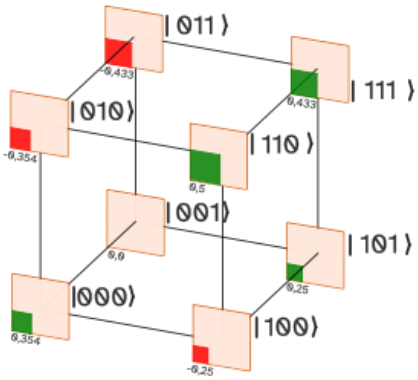


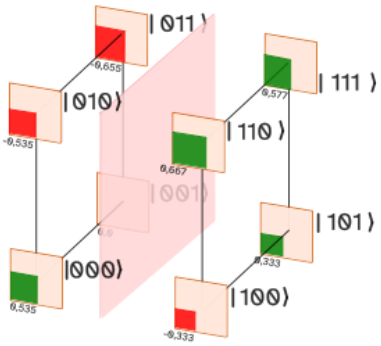
Das gleiche Verfahren können wir nun auch bei den Quanten-Registern anwenden.



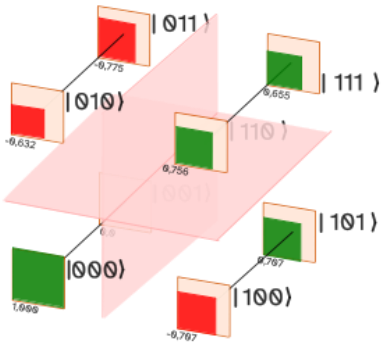


Um die besonderen Effekte zu zeigen, nutzen wir nicht ein faires Quanten-Register (s. Abb. hier drüber), sondern ein spezielles mit abweichenden Amplituden (s. Abb. rechts).
Wie sich die Messung an einem fairen System reürä-sentiert, kann man dann leicht nachvollziehen. Das ist eine schöne Übung.
Mit dem Messen des ersten Qubit's teilen wir den Würfel genauso, wie oben bei den Münzen.
Wieder bekommen wir eingegrenzte Ergebnis-Welten. Es tritt nun aber ein besonderer Effekt ein. Die Summe der Amplituden-Quadrate muss jetzt aber innerhalb des noch quantifizierten Bereiches gleich 1 sein.

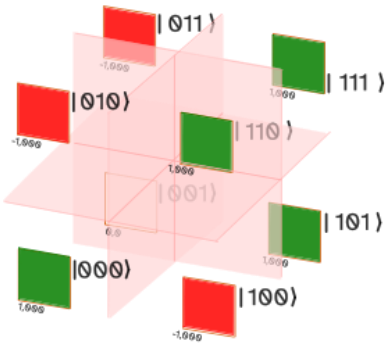




nur 1. Qubit gemessen

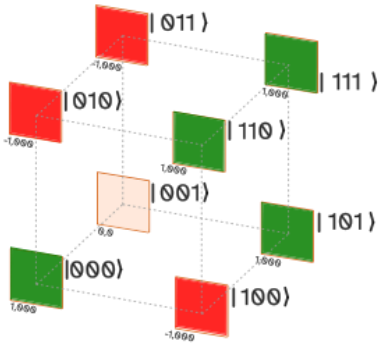


1. und 2. Qubit gemessen



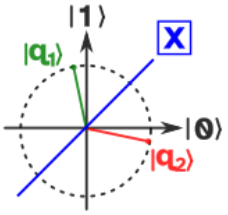
alle 3 Qubit gemessen

Die Einzell-Amplituden müssen dementsprechend angepasst (normiert) werden.
Verzichtet man am Ende noch auf die Schnittflächen, dann wird das Endergebnis nach allen drei Messungen noch besser sichtbar.



1.4.4.4. verschiedene Quanten-Gatter in Quanten-Registern

PAULI-X-Gatter, X-Gatter



PAULI-X-Gatter
als Vektoren-Spiegelung
an einer 45°-Geraden

1-Qubit-Gatter
tauscht die Amplituden eines Qubit's

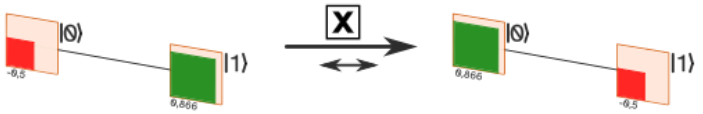
in der Vektor-Darstellung an einem Kreis entspricht die Funktion des PAULI-X-Gatter's einer Spiegelung des Vektor's an einer 45°-Geraden (Fkt.: y = - x)

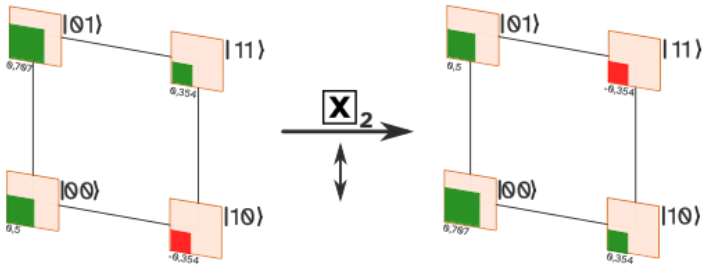
$$\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \xrightarrow{X} \beta|0\rangle + \alpha|1\rangle$$

$$\text{also } |0\rangle \xrightarrow{X} |1\rangle$$

$$\text{bzw. } |1\rangle \xrightarrow{X} |0\rangle$$

bei Anwendung eines PAULI-X-Gatter's auf ein Qubit in einem Quanten-Register ändert die Amplituden an einer "Spiegel"-Ebene
für das 2. Quanten-Bit wäre das in unserem Darstellungs-Modell die waagerechte Ebene zwischen den Qubit's





$$|q_1\ q_2\rangle = \frac{1}{2}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|01\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|10\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|11\rangle$$

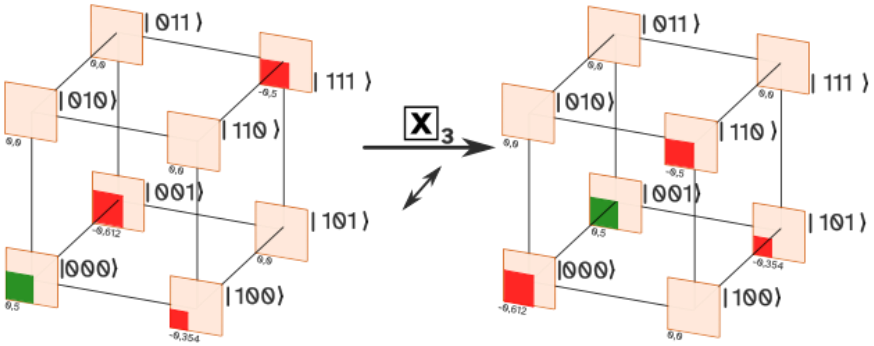
X_2

$$|q_1\ q_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{2}|01\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|10\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|11\rangle$$

alternativ ließe sich das auch durch Tauschen der Zustände bei gleichliegenden Amplituden darstellen:

$$|q_1\ q_2\rangle = \frac{1}{2}|01\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|11\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|10\rangle$$

Dieses Prinzip lässt auch leicht auf Quanten-Register mit 3 Qubit's anwenden.
Als Beispiel soll das PAULI-X-Gatter auf das 3. Qubit angewendet werden.
Nun steht die "Spiegel"-Ebene senkrecht und ist praktisch parallel zur Betrachtungs-Vorderseite
somit wird die Vorder- und die Hinter-Seite getauscht



$$|q_1\ q_2\ q_3\rangle = \frac{1}{2}|000\rangle - \sqrt{\frac{3}{8}}|001\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|100\rangle - \frac{1}{2}|111\rangle$$

X_3

$$|q_1\ q_2\ q_3\rangle = \frac{1}{2}|001\rangle - \sqrt{\frac{3}{8}}|000\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|101\rangle - \frac{1}{2}|110\rangle$$

bzw. alternativ (mit getauschten Amplituden):

$$|q_1\ q_2\ q_3\rangle = -\sqrt{\frac{3}{8}}|000\rangle + \frac{1}{2}|001\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|101\rangle - \frac{1}{2}|110\rangle$$

Aufgaben:

1.
2. *Denken Sie sich ein 2-Qubit-Register aus! Übergeben Sie dieses einem Kurs-Partner und beauftragen Sie diesen, ein PAULI-X-Gatter auf das 1. Qubit anzuwenden! Wenn der Partner fertig ist, kontrollieren Sie gemeinsam das Ergebnis!*
3. *Notieren Sie das obige Beispiel-Quanten-Register in der vollständigen Form (mit allen Quanten-Zuständen)! Wenden Sie dann das PAULI-X-Gatter auf das 3. Qubit des Register's an und notieren Sie das Ergebnis in der gewünschten Form! Kennzeichnen Sie die Stellen, an denen das Gatter gewirkt hat!*
4. *Notieren Sie das obige Beispiel-Quanten-Register in der vollständigen oder gekürzten Form! Wenden Sie dann das PAULI-X-Gatter auf das 2. Qubit des Register an und notieren Sie das Ergebnis in der gewünschten Form! Kennzeichnen Sie die Stellen, an denen das Gatter gewirkt hat!*

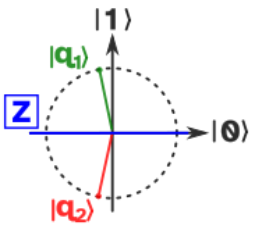
PAULI-Y-Gatter, Y-Gatter

$$\begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

PAULI-Z-Gatter, Z-Gatter

1-Qubit-Gatter
tauscht die Amplituden eines Qubit's

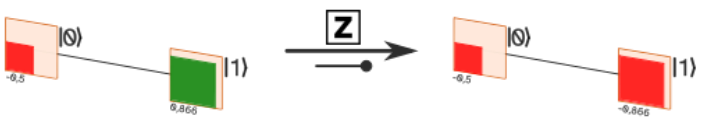
bei Anwendung des PAULI-Z-Gatter's auf ein Quanten-Bit wird bei dem Qubit das Vorzeichen der Amplitude des |0⟩-Zustand's gewechselt
praktisch Spiegelung an der Waagerechten



PAULI-Z-Gatter
als Vektoren-Spiegelung
an einer 45°-Geraden

$$|1\rangle \xrightarrow{Z} -|1\rangle \quad \text{oder} \quad -|1\rangle \xrightarrow{Z} |1\rangle \quad \text{sowie} \quad |0\rangle \xrightarrow{Z} |0\rangle$$

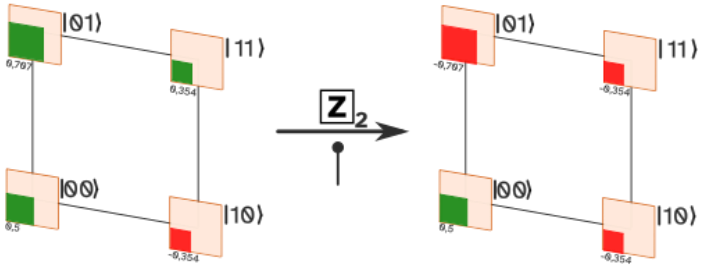
allgemein also:
$\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \rightarrow \alpha|0\rangle - \beta|1\rangle$



schreibt man das Beispiel mit Amplituden zu den Zuständen

$$-\frac{1}{2}|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle \xrightarrow{Z} -\frac{1}{2}|0\rangle - \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle$$

wird ein PAULI-Z-Gatter auf ein Qubit in einem Quanten-Register angewendet (hier auf das 2. Qubit), dann hat das auch Auswirkungen auf die anderen Qubit's
es wechselt das Vorzeichen aller |1⟩-Zustände

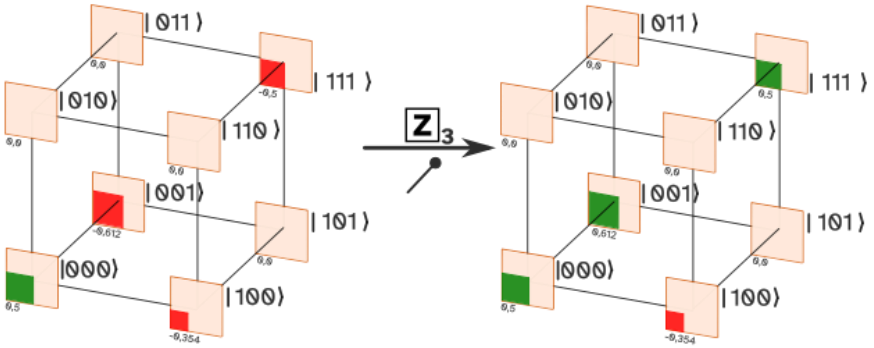


$$|q_1\, q_2\rangle = \frac{1}{2}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|01\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|10\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|11\rangle$$

Z_2

$$|q_1\, q_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle - \frac{1}{2}|01\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|10\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|11\rangle$$

wendet man nun das PAULI-Z-Gatter auf das 3. Qubit an, dann ergibt analog



für das Beispiel-Register ergibt sich:

$$|q_1\, q_2\, q_3\rangle = \frac{1}{2}|000\rangle - \sqrt{\frac{3}{8}}|001\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|100\rangle - \frac{1}{2}|111\rangle$$

Z_3

$$|q_1\, q_2\, q_3\rangle = \frac{1}{2}|000\rangle + \sqrt{\frac{3}{8}}|001\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|100\rangle + \frac{1}{2}|111\rangle$$

was eben nur Vorzeichen-Wechseln bei den Zuständen ergibt, deren 3. Qubit den Zustand |1⟩ haben

Aufgaben:

1.
2. *Denken Sie sich ein 2-Qubit-Register aus! Übergeben Sie dieses einem Kurs-Partner und beauftragen Sie diesen, ein PAULI-Z-Gatter auf das 1. Qubit anzuwenden! Wenn der Partner fertig ist, kontrollieren Sie gemeinsam das Ergebnis!*
3. *Notieren Sie das obige Beispiel-Quanten-Register in der vollständigen Form (mit allen Quanten-Zuständen)! Wenden Sie dann das PAULI-Z-Gatter auf das 3. Qubit des Register's an und notieren Sie das Ergebnis in der gewünschten Form! Kennzeichnen Sie die Stellen, an denen das Gatter gewirkt hat!*
4. *Notieren Sie das obige Beispiel-Quanten-Register in der vollständigen oder gekürzten Form! Wenden Sie dann das PAULI-Z-Gatter auf das 2. Qubit des Register an und notieren Sie das Ergebnis in der gewünschten Form! Kennzeichnen Sie die Stellen, an denen das Gatter gewirkt hat!*

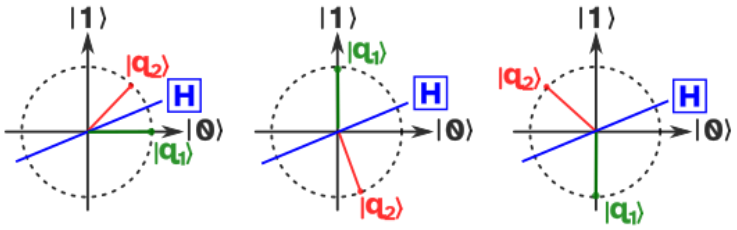
HADAMARD-Gatter, H-Gatter

erzeugt gleich-verteilte Superposition

Spiegeln an einer 22,5°-Geraden

als Matrix:

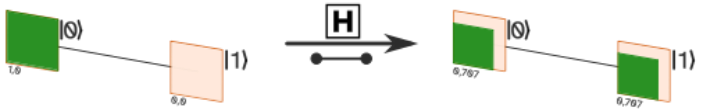
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$



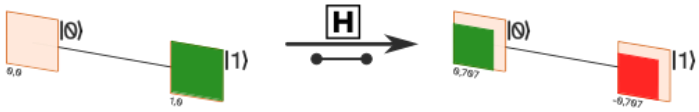
Wirkung von HADAMERD auf die Zustände |0⟩, |1⟩ und -|1⟩
(|q1⟩ **(grün)** … vor dem Gatter; |q2⟩ **(rot)** … nach dem Gatter)

diese Grund-Funktionen im mathematischen und dem Veranschaulichungs-Modell:

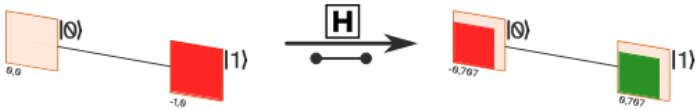
$$|0\rangle \xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle = |+\rangle$$



$$|1\rangle \xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle = |-\rangle$$



$$-|1\rangle \xrightarrow{H} -\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle = -|-\rangle$$

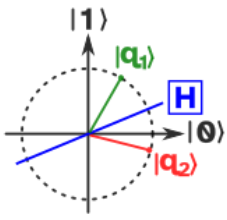


allgemein gilt:

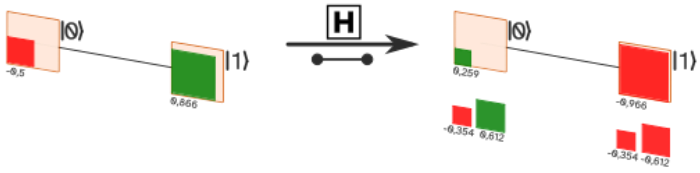
$$\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \xrightarrow{H} \frac{\alpha+\beta}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{\alpha-\beta}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

Beispiel:
beliebiger Quanten-Zustand:

$$-\frac{1}{2}|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle \xrightarrow{H} \frac{-1+\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{-1-\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}|1\rangle$$



Wirkung am Flächen-Modell:



die Anwendung des H-Gatter's auf den |0⟩- und den |1⟩–Zustand separat sind als Nebenrechnung unter dem Ergebis zu sehen

zu beachten ist, dass sich die Flächen addieren (nicht etwa die Amplituden)

$$|+\rangle \xrightarrow{H} |0\rangle$$

$$\xrightarrow{H}$$

|-⟩ → |1⟩

wird das HADAMARD-Gatter zwei-mal hintereinander jeweils auf das Ergebnis angewendet, dann ergibt sich der Ausgangs-Zustand (Identität); die Einzel-Wirkung wird praktisch dann aufgehoben

Anwendung des HADAMARD-Gatter's zur Erzeugung von echtem Zufall

Quanten-Schaltkreis							
	Eingang			nach Gatter		Messung	**Ausgang** (Wahrscheinlichkeit)
Register-Zustand	**|0⟩**	1 * |0⟩ + 0 * |1⟩		$\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |0⟩ + $\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |1⟩		**od.**	**|0⟩** 50 % bzw. 0,5 **|1⟩** 50 % bzw. 0,5

aus einem Basis-Zustand (hier:) wird ein (nachweisbar!) echter Zufall erzeugt

derzeit schon in Hardware umgesetzt

Nutzung des HADAMARD-Gatter's in Quanten-Registern

z.B. Quanten-Register mit 3 Qubit's (nicht verschränkt)

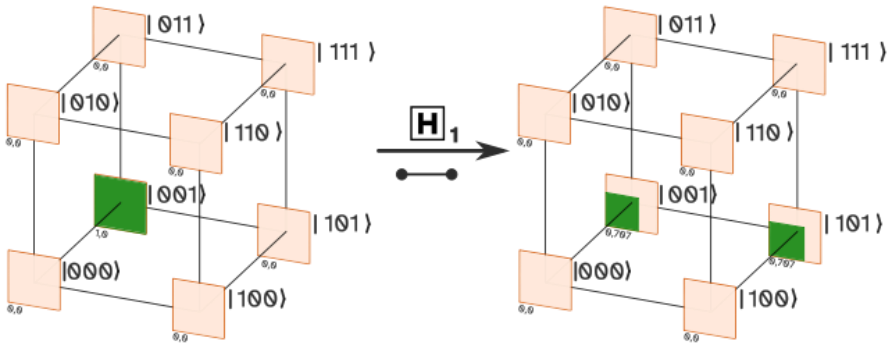
für Basis-Zustand $|001\rangle$ lässt sich auch schreiben $|0\rangle \otimes |01\rangle$ (od. einfacher: $|0\rangle * |01\rangle$)

$$H\,|001\rangle = H\,|0\rangle * |01\rangle = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle\right) * |01\rangle$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}}|001\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|101\rangle$$

bzw. anders gerechnet durch direktes Einsetzen:

$$|001\rangle \xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}|001\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|101\rangle$$

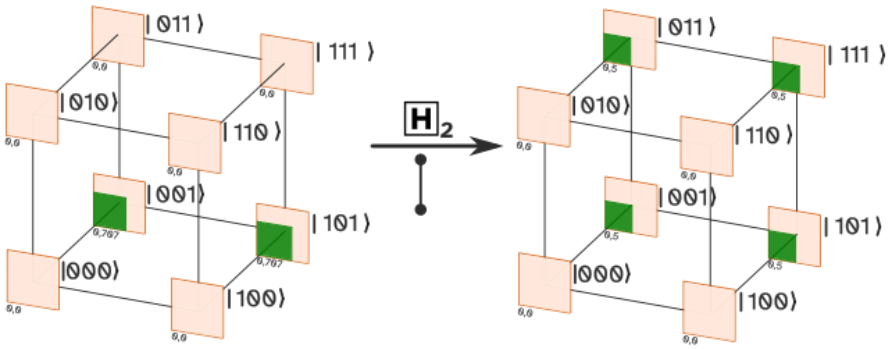
graphisch im Würfel-Modell könnte das so aussehen



in der Folge soll nun HADAMARD auf das 2. Quanten-Bit angewendet werden
rechnerisch ergibt sich

$$H\left(\frac{1}{\sqrt{2}}|001\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|101\rangle\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}*\frac{1}{\sqrt{2}}|000\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}*\frac{1}{\sqrt{2}}|011\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}*\frac{1}{\sqrt{2}}|101\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}*\frac{1}{\sqrt{2}}|111\rangle$$

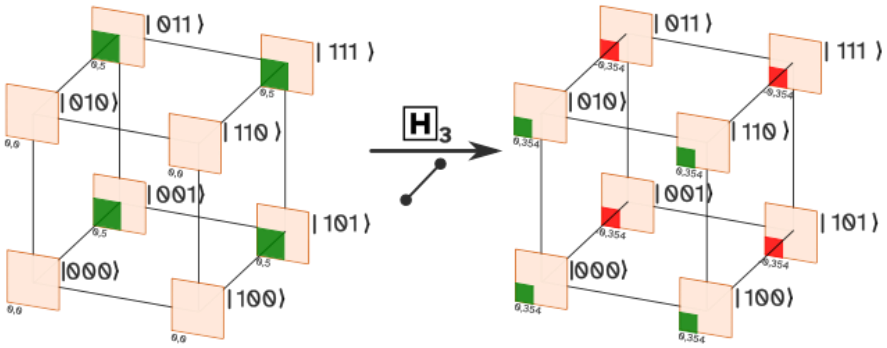
und der graphischen Darstellung im Würfel
die Amplitude wurde nun quasi durch "Schütteln" gleichmäßig auf die obere und untere Ebene verteilt
allerdigs bleibt die Vorderseite leer, da hier ja bisher keine Amplituden vorhanden sind



im letzten Schritt wenden wir ein HADAMARD-Gatter auf das 1. Quanten-Bit an
Nun ist allerdings der |0⟩–Zustand in der vorderen Ebene tragend

$$H\left(\frac{1}{2}|001\rangle + \frac{1}{2}|011\rangle + \frac{1}{2}|101\rangle + \frac{1}{2}|111\rangle\right) =$$
$$\frac{1}{\sqrt{8}}|000\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|001\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|010\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|011\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|100\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|101\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|110\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|111\rangle$$

das Würfel-Modell macht die negierten Anteile auf der Rück-Seite (entspricht ja den negativen Amplituden bei den Basis-Zuständen) schön deutlich



alle Qubit's sind jeweils einzeln geblieben, sie sind also nicht verschränkt
wir erhalten eine Superposition aus allen Basis-Zuständen
Welche Vorzeichen wir bei den Amplituden erhalten, ist nur vom Ausgangs-Zustand abhängig. Die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Basis-Zuständen ist gleichverteilt.

Aufgaben:

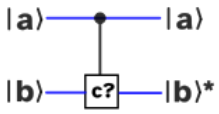
1. *Überlegen Sie sich, was sich verändert, wenn man HADAMARD – wie oben, aber ausgehend vom Zustand* $|101\rangle$ *anwendet!*
2. *Wenden Sie HADAMARD nach und nach auf das 3-Qubit-Register* $|000\rangle$ *an! (Entscheiden Sie sich für ein Lösungs-Verfahren (graphisch oder rechnerisch)!)*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Wenden Sie HADAMARD nach und nach auf das 3-Qubit-Register* $\frac{1}{\sqrt{2}}|000\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|001\rangle$ *an! (Entscheiden Sie sich für ein Lösungs-Verfahren (graphisch oder rechnerisch)!)*

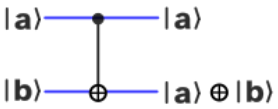
controlled NOT-Gatter, CNOT-Gatter

gesprochen sii-nott
gesteuertes Verneinen
ist ein 2 Quanten-Gatter (1 Qubit ist das Ziel-Qubit (target) und 1 Steuer-Qubit (control))
Funktion: wenn das Steuer-Qubit $|1\rangle$, dann wird beim Ziel-Qubit die Amplitude negiert bzw. der Basis-Zustand getauscht
zählt zu den universellen Gattern, mit diesen lassen sich praktisch alle Funktionen / anderen Gatter nachbauen / ersetzen
es gehört zu den gesteuerten Gattern, diese haben die nebenstehende Gatter-Struktur und lassen sich mit einer Matrix beschreiben der freie Bereich wird durch die spezielle Funktion des Gatters bestimmt



$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ? & ? \\ 0 & 0 & ? & ? \end{pmatrix}$$

beim CNOT-Gatter würde die Register-Struktur und die Matrix dann so aussehen:



$$\textbf{CNOT} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

die besser lesbare und wohl auch verständlichere Form als mathematischer Ausdruck lautet:

$$|q_1\, q_2\rangle = -\frac{1}{\sqrt{8}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|01\rangle + \frac{1}{2}|10\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|11\rangle$$

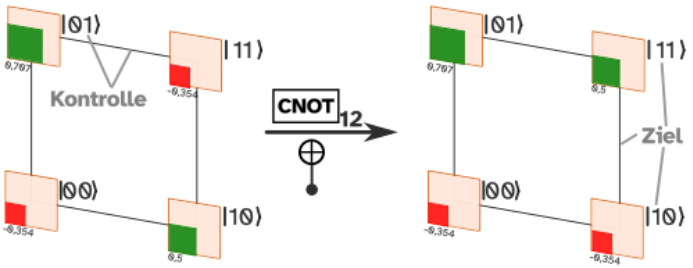
$CNOT_{12}$

$$|q_1\, q_2\rangle = -\frac{1}{\sqrt{8}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|01\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|10\rangle + \frac{1}{2}|11\rangle$$

bzw. durch Tausch der Zustände (im Ausdruck)

$$|q_1\, q_2\rangle = -\frac{1}{\sqrt{8}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|01\rangle + \frac{1}{2}|11\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|10\rangle$$

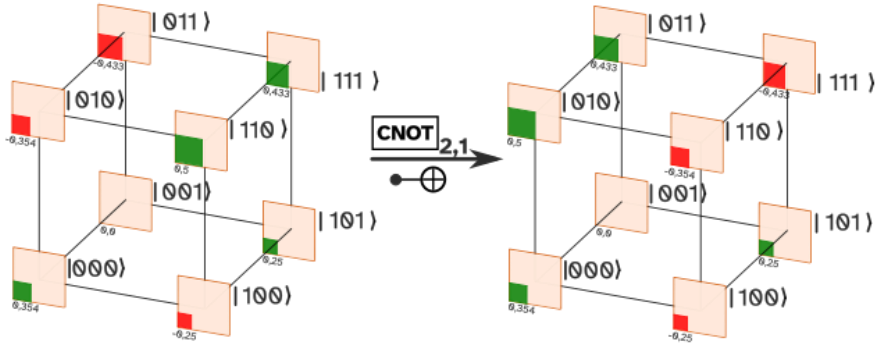
die Veranschaulichung im graphischen Modell zeigt die Wirkung eben nur beim 2. Qubit (vertikale Kante) – also hoch–runter–Richtung – wenn das 1. Qubit (horizontale Kante) Eins ist
Das trifft somit nur die rechte Kante, an der eben die Amplituden getauscht werden



$$|q_1\, q_2\rangle = \frac{1}{2}|01\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|11\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|10\rangle$$

für ein Quanten-Register mit 3 Qubit's ergibt sich entsprechendes Bild

Hier wählen wir mal ein CNOT-Gatter auf dem 1. Qubit, welches durch das 2. Qubit gesteuert wird.



mathematisch ergibt sich:

$$|q_1\, q_2\, q_3\rangle = \frac{1}{\sqrt{8}}|000\rangle + 0\,|001\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|010\rangle - \frac{\sqrt{3}}{4}|011\rangle - \frac{1}{4}|100\rangle + \frac{1}{4}|101\rangle + \frac{1}{2}|110\rangle + \frac{\sqrt{3}}{4}|111\rangle$$

$CNOT_{21}$

$$|q_1\, q_2\, q_3\rangle = \frac{1}{\sqrt{8}}|000\rangle + 0\,|001\rangle + \frac{1}{2}|010\rangle + \frac{\sqrt{3}}{4}|011\rangle - \frac{1}{4}|100\rangle + \frac{1}{4}|101\rangle - \frac{1}{\sqrt{8}}|110\rangle - \frac{\sqrt{3}}{4}|111\rangle$$

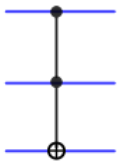
wo 2. Qubit |1⟩ ist (also oben), werden die Amplituden mit unterschiedlichem 1. Qubit (also entlang der Links-Rechts-Kanten) getauscht
die vollzogenen Tausche sind also:

$\alpha_2\,|010\rangle \rightarrow \alpha_2\,|110\rangle$ $\quad \alpha_3\,|011\rangle \rightarrow \alpha_3\,|111\rangle$ $\quad \alpha_6\,|110\rangle \rightarrow \alpha_6\,|010\rangle$
$\alpha_7\,|111\rangle \rightarrow \alpha_7\,|011\rangle$ $\quad$ **Kontroll**-Qubit $\quad$ **Ziel**-Qubit

Aufgaben:

1. *Zeigen Sie die Wirkung eines $CNOT_{1,3}$-Gatter's auf das obige Beispiel-Quanten-Register!*
2. *Wenden Sie $CNOT_{3,1}$ auf das obige Beispiel-Qubit-Register an! (Entscheiden Sie sich für ein Lösungs-Verfahren (graphisch oder rechnerisch)!)*

TOFFOLI-Gatter

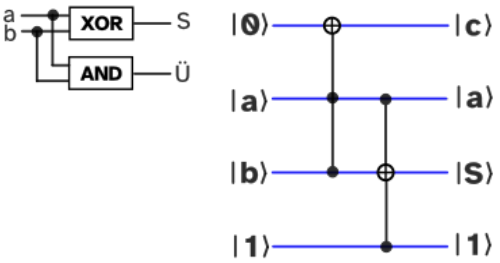


universelles Gatter, aus dem sich sehr viele Funktionen zusammenstellen lassen

$\mathbf{T} = (a \wedge b) \oplus c$

$$\mathbf{T} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

aus 2 TOFOLLI-Gatern kann ein Halb-Addierer zusammengestellt werden



Aufgaben:

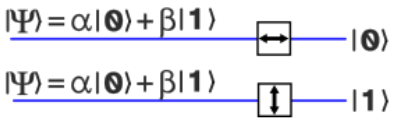
1. Informieren Sie sich, wie das Block-Bild eines Voll-Addierer's aussieht!

2. Stellen Sie einen Voll-Addierer aus TOFOLLI-Gattern zusammen!

weitere Objekte in Quanten-Schaltkreisen

Da wir ja bei den Quanten vorrangig von schwingenden Photonen in einem Licht-Computer ausgehen, kommen auch Polarisations-Filter als Mess-Einrichtungen in den Schaltkreisen vor.

Sie prüfen, ob ein Qubit in einem bestimmten Schwingungs-Zustand ist. Passiert ein beliebiges Qubit $|q\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ ein Polarisations-Filter für die waagerechte Schwingungs-Ebene, dann liegt das Qubit nun im Zustand $|0\rangle$ vor. Prüft man dagegen mit einem senkrechten Polarisations-Filter und das Qubit geht durch, dann ist sein Zustand eben $|1\rangle$. Nach der Kopenhagener Interpretation kommt es nach der Messung zum Zusammenbruch der Wellen-Funktion.

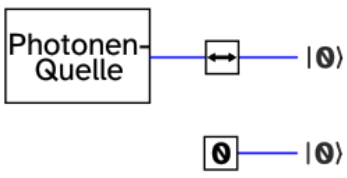


Man spricht auch von Projektion. Es wird ein diverses Qubit entweder auf den Basis-Zustand $|0\rangle$ oder $|1\rangle$ geprüft.

Verwenden lässt sich dies, um Qubit's in einem definierten Zustand zu produzieren.

Setzt man eine Qubit-Quelle (Photonen-Quelle) vor ein Polarisations-Filter, dann erhält man hinter dem Gatter (Gitter) nur Qubit eines Basis-Zustand's.

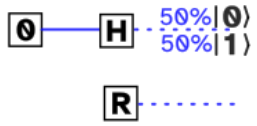
Als Vereinfachung können wir dann gleich so eine Art 0-Gatter schreiben. Dieses produziert nur den Basis-Zustand $|0\rangle$. Man spricht auch von einem **(Qubit-)Generator**.



Äquivalent kann auch ein 1-Gatter erstellt werden, welches eben nur Qubit's mit dem Basis-Zustand $|1\rangle$ erzeugt.

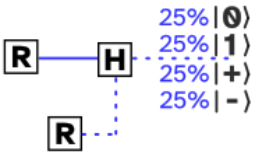
Für viele Zwecke benötigt man einen **Zufalls-Generator**. Dieser soll die Basis-Zustände |0⟩ und |1⟩ mit exakt 50%iger Wahrscheinlichkeit erzeugen.

Ein solcher Generator lässt sich aus einem 0-Generator und einem nachgeschalteten HADAMARD-Gatter (→ HADAMARD-Gatter, H-Gatter) erstellen. Auch hier kann ein vereinfachtes Symbol für den Zufalls-Generator eingeführt werden. Das R steht dabei für Random bzw. verkürzt Rand.



Mit einem solchen Zufalls-Generator für die beiden Basis-Zustände lässt sich nun wiederum ein Zufalls-Generator für die Zustände |0⟩, |1⟩, |+⟩ und |-⟩ erstellen. Dazu wir hinter dem Zufalls-Generator noch ein weiteres HADAMARD-Gatter positioniert, welches aber zufällig aktiviert wird. Es handelt sich quasi um ein controlled-H-Gatter.

So erhält man dann die Zustände |0⟩, |1⟩, |+⟩ und |-⟩.



1.4.4. Quanten-Gatter zu Quanten-Schaltkreisen kombiniert

Wiederholung von weiter vorne:

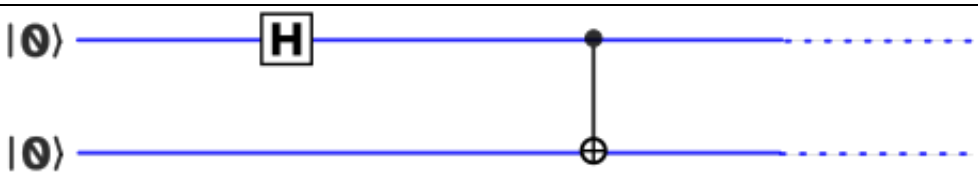
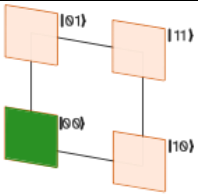
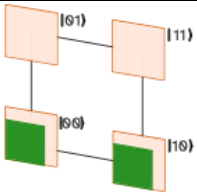
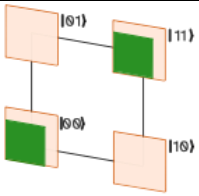
Quanten-Schaltkreis							
	Eingang			nach Gatter		Messung	**Ausgang** (Wahrscheinlichkeit)
Register-Zustand	**|0⟩**	1 * |0⟩ + 0 * |1⟩		$\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |0⟩ + $\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |1⟩		**od.** **|0⟩**	50 % bzw. 0,5
						|1⟩	50 % bzw. 0,5

betrachtet nun für Quanten-Register mit zwei Qubit's

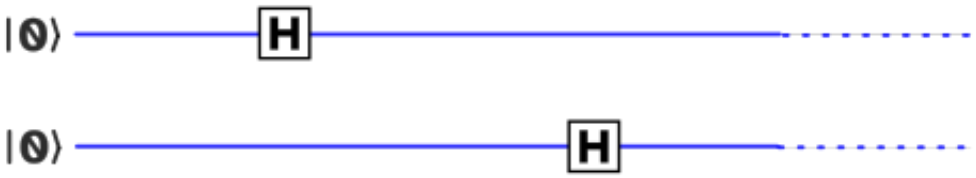
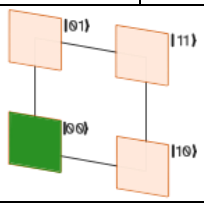
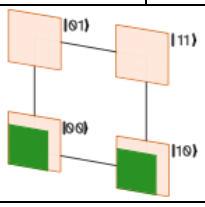
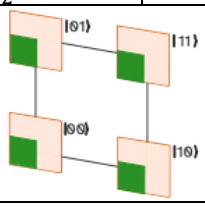
Superposition mit Verschränkung

Superposition bedeutet, dass eben mehrere Ergbnisse möglich sind (mit ausreichend großen Wahrscheinlichkeiten)
Verschränkung bedeutet, dass zwei Qubit's miteinander verbunden (über die imginäre Fern-Wirkung von Quanten)

Ausgangs-Situation ist |00⟩
wohl-definiert (also eindeutig)
Analyse im Zustands-Raum

Quanten-Schalt-kreis							
	Eingang			nach 1. Gatter		**Ausgang**	
Register-Zustände	**|0⟩**	1 * |0⟩ + 0 * |1⟩	**H** →	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |00⟩ + $\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |01⟩	**$CNOT_{1,2}$** →	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |00⟩ + 0 * |01⟩	50 %
	|0⟩	1 * |0⟩ + 0 * |1⟩		1 * |00⟩ + 0 * |01⟩		0 * |10⟩ + $\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |11⟩	50 %
Visualisierung							

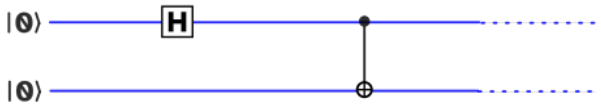
Superposition ohne Verschränkung

Quanten-Schalt-kreis						
	Eingang		nach 1. Gatter		**Ausgang**	
Register-Zustände	**|0⟩** 1 * |0⟩ + 0 * |1⟩	H →	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |00⟩ + $\frac{1}{\sqrt{2}}$ * |01⟩		$\frac{1}{2}$ * |00⟩ + $\frac{1}{2}$ * |01⟩	25 % 25 %
	|0⟩ 1 * |0⟩ + 0 * |1⟩		1 * |00⟩ + 0 * |01⟩	H →	$\frac{1}{2}$ * |10⟩ + $\frac{1}{2}$ * |11⟩	25 % 25 %
Visuali-sierung						

Kombination eines HADAMARD- und eines CNOT-Gatters zur Erzeugung eines verschränkten System's

Schaltkreis liefert aus einem |00⟩ als Eingang den verschränkten Ausgang $|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$

schrittweise:



$|00\rangle \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |10\rangle) \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$

Cloning-Maschine

dieses Gatter / dieser Schaltkreis soll ein beliebiges Qubit $|q\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ oder einen der Basis-Zustände |0⟩ bzw. |1⟩ kopieren
im Black-Box-Modell würde das so aussehen



die Cloning-Maschine müsste also

$$U(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle)|?\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle)\ (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle)$$
$$= \alpha^2|0\rangle|0\rangle + \alpha\beta|0\rangle|1\rangle + \alpha\beta|1\rangle|0\rangle + \beta^2|1\rangle|1\rangle$$

erfüllen. Dabei stoßen wir auf ein Problem. Verwendet man statt der obigen Gleichung eine anderes Ausmultiplikations-Verfahren, dann ergibt sich

$U(\alpha|0\rangle|?\rangle + \beta|1\rangle|?\rangle) = \alpha\, U|0\rangle|?\rangle + \beta\, U|1\rangle|?\rangle) = \alpha|0\rangle|0\rangle + \beta|1\rangle|1\rangle$

was eben ein Widerspruch zur obigen Gleichung darstellt. Daraus folgt, dass eine Cloning-Maschine nicht existieren kann. Man spricht auch vom **No-Cloning-Theorem**.

1.4.5. Quanten-Algorithmen

SHOR-Algorithmus (1984)
faktorisiert eine Zahl in polynominaler Zeit (bei "normalen" Rechner ist die Komplexität $\boldsymbol{O}(?)$)
benutzt FOURIER-Transformation; zerlegt eine Funktion in Frequenzen
expotentiell schneller als normaler Computer
große Bedeutung für die Kryptographie, da die Zerlegung einer Zahl in Primzahl-Faktoren, wegen des nicht-trivialen Bestimmen's von Primzahlen einfaches Ermitteln der Schlüssel verhindert

sind sehr schnell

BB84-Protokoll (1984)
Verfahren zum sicheren Austausch von privaten Schlüsseln für eine sichere Kommunikation

GROVER (+2)
schneller Such-Algorithmus für große, unsortierte Datenbanken
man beobachtet quadratische Beschleunigung
Komplexität hier $\boldsymbol{O}(\sqrt{N})$ sonst $\boldsymbol{O}(?)$

Simulationen im Bereich Biochemie, Chemie und Medizin, Stau-Vermeidungen

DEUTSCH-JOSZA-Algorithmus
ermittelt ob eine Funktion balanciert (f(0) f(1)) oder konstant (f(0) = f(1))ist
löst das Problem von DEUTSCH
Quanten-Computer lösen das Problem mit nur einem Zugriff auf die Funktion

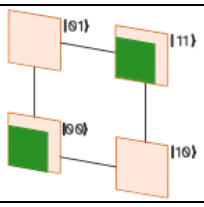
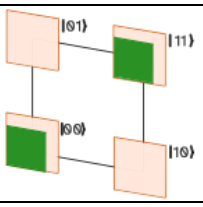
viele (echte) Probleme (in der klassischen "Bit"-Informatik) haben die Komplexität $\boldsymbol{O}(2^n)$, bei Quanten-Algorithmen sinkt / ist die Komplexität nur noch $\boldsymbol{O}(n)$

abhörsichere Kommunikation

wenn Anna und Ben sich unterhalten und eine geheime Nachricht austauschen wollen, dann könnte eine Zwischen-Person (hier Ella) die Nachricht mithören (Men-in-Middle-Angriff) oder sich gar mal als Ben und mal als Anna ausgeben und die Nachricht(en) abfangen und manipulieren
ein sicherer Austausch von Schlüsseln für eine klassisch-verschlüsselte Kommunikation ist so nicht möglich, Ella könnte sich schon in die erste Kommunikation bzw. die Kommunikations-Anbahnung einmischen
bei entfernter Kommunikation, und besonders, wenn sich die Kommunikanten nicht kennen, dann ist eine sichere Kommunikation kaum möglich

mit Quanten-Systemen ist eine sichere Kommunikation und vor allem ein sicherer Schlüssel-Tausch für eine klassisch-verschlüsselte Kommunikation möglich
beide Kommunikanten haben ein verschränktes Quanten-Register

jetzt misst einer der beiden Kommunikanten sein Quanten-Register
in unserem Beispiel kann jetzt nur oder herauskommen
der messende Kommunikant teilt dem anderen nun mit "Ich habe gemessen!" ohne auch etwas über das mess-Ergebnis selbst mitzuteilen
nun kann der andere Kommunikat sein Quanten-System abfragen und erhält, wegen der Verschränkung, das gleiche Ergebnis und kann ebenfalls mittteilen, das er gemessen hat
auch hier wird das Ergebnis nicht mitgeteilt
der Mithörer bekommt also nur die Information, dass ein Schlüssel od.ä. ausgetauscht / erstellt wurde, aber garnichts über dessen Inhalt

Anna				Ben
				
		Ella		

bei ausreichend vielen verschränkten Quanten-Bit's kann das Ergebnis auch nicht mehr sinnvoll vorausgesagt / erraten werden
hier – bei 2 Qubit's würde die Chance beim Erraten bei 50% liegen

Problem ist der Austausch der verschränkten Quanten-Bit's
wenn Ella sich da einmischt ist ein "Men-in-the-Middle"-Angriff weiterhin denkbar

Idee: Modell der weichen Passung

klassische Prüfung testet mögliches Ergebnis für Ergebnis den Algotithmus / das gestellte Problem

auch schrittweise Testung einzelner Zwischen-Lösungen möglich

der weichen (An-)Passung der möglichen Ergebnisse an einen Algorithmus
alle möglichen Ergebnisse werden quasi gleichzeitig geprüft, wobei eben nur einzelne oder wenige Ergebnisse passen

1.4.6. Quanten-Computer

Bedingungen, die ein System erfüllen muss, um als Quanten-Computer genutzt zu werden:

Bedingungen	
1. Messbarkeit	der Ausgang (Output) des System's muss messbar / lesbar sein, d.h. Qubit für Qubit
2. Universalität	es werden eine realisierbare Auswahl von Quanten-Gattern benötigt, mit deren Hilfe beliebige Operation ausgeführt werden können
3. Skalierbarkeit	das System muss um weitere Qubit's erweiterbar sein, ohne dass die Quanten-Zustände zerstört / verändert werden
4. Initialisierung	alle Qubit's müssen in den Zustand $\|0\rangle$ versetzbar sein
5. Kohärenz	die einzelnen Quanten-Zustände müssen stabil gegen Dekohärenz sein, so dass man Fehler-Strategien in einem umsetzbaren Rahmen realisieren kann

Esels-Brücke MUSIK

Problem ist die notwendige Isolation der Qubit's von der Umgebung, damit keine Dekohärenz eintritt (und damit die Qubit's ihre Superpositions-Eigenschaft verlieren)
gleichzeit müssen die Qubit's aber auch manipulierbar sein, damit Eingaben und Initialisierungen gesetzt werden können
Ziel ist ein bestmöglicher Kompromiß

unbewegliche Qubit's interagieren nur mit ihren unmittelbaren Nachbarn (eine Langstrecken-Kommunikation (Verschrängung mit entfernten Qubit's) ist nur über spezielle Swap-Gate's möglich
bei beweglichen Qubit's ist es möglich, dass alle Qubit's miteinander kommunizieren können

Definition(en): Topologie
Die Topologie ist die Beschreibung der Verbindbarkeit / Kombinierbarkeit der einzelnen Qubit's, um eine Verschränkung zu erzielen.

1.5. Virtualisierung

Haupt-Zielrichtung
Unabhängigkeit von der Hatdware
Erhöhung der Sicherheit
Vereinheitlichung / Standardisierung der Systeme

Virtualisierung / Simulation von Rechnern / Servern

Vorteile:

- Einsparung an Hardware
- Einsparung an Energie (praktische läuft nur noch ein echter Rechner)
- Mehr-Verbrauch an Energie nur, wenn die Client's wirklich arbeiten
- effektivere Nutzung der Ressourcen
- meist bessere Verfügbarkeit
- einfaches Erstellen von vielen gleichartigen Servern
- schnelleres Auf- und Runter-Skalieren (Server-Anzahl)
- gute Isolation von Servern
- isoliertes Testen von Software
- Bereitstellung von Honey-Pot's (für Firewall-Systeme) → Beobachtung des Hacker-Verhalten's; Bereitstellung von irrelevaten Daten in großer Menge
- gute Wiederherstellbarkeit bei Ausfällen
- …

Nachteile:

- Host-Rechner muss Leistungs-stärker sein; braucht mehr Speicher (ev. bessere CPU)
- Ausfall / Fehler des Host's beeinflusst mehrere Client's
- bei gleichzeitiger Hoch-Belastung der Client's kommt der Host schnell an seine Grenzen
- …

Komponente	**Energie-Verbrauch [W]**		
	Leerlauf	**Voll-Last**	
Computer (PC)	120	300	
Bildschirm	3	40	
Laptop	30	75	
Drucker (Laser-)	5	400	
Drucker (Tintenstrahl-)	3	200	
(kleiner) Server	150	400	
(großer) Server mit virtualisierten Servern	350	750	
Smartphone			

Aufgaben:

1. *Vergleichen Sie quantitativ den Leerlauf-Energie-Verbrauch von 3 kleinen (vollständigen) Servern mit einem großen (vollständigen) Server! Der große Server soll pro virtualisiertem Server ungefähr 10% mehr Energie verbrauchen.*
2. *Ermitteln Sie mit Hilfe eines Messgerätes für den Strom-Verbrauch den täglichen Energie-Bedarf Ihres Arbeits-Rechner's (PC, Tablet, Laptop, …) und Ihres Smartphone's (Laden)!*
3. *Berechnen Sie die Tages- und Jahres-Energie-Kosten zu den obigen Aufgaben für einen Strom-Preis von 45 Cent pro kWh!*

Einbau einer Zwischen-Schicht

bietet den Programmier-Systemen eine einheitliche Hardware
Unterbindung des direkten Zugriff's auf Hardware-Komponenten, damit Einschränkung der (feindlichen) Hardware-Manipulationen und des Ressourcen-Verbrauch's
meist Kontrolle der Zugriffe durch die Zwischen-Schicht

Emulatoren

bildet ausgewählte Funktionen eines anderen System's nach
z.B. um Atari-Spiele auf einem PC nutzen zu können

z.B. Snes9x emuliert ein Super-Nintendo-System auf dem PC
benötigt werden nur die sonst im ROM gespeicherten Spiel-Programme als Datei
z.B. verfügbar auf: https://emulatorgames.net/roms/super-nintendo/

Java Runtime Environment (JRE)

vereinheitlicht Zugriffs-Möglichkeiten der JAVA-Programme auf die lokale Hardware und das laufende Betriebssystem

.Net

Wine

erzeugt in einem Linux-System eine Schnittstelle zu (nachgebauten) Windows-Funktionen

echte Virtualisierung von Rechner-Systemen

Host ist lokaler Rechner

virtualBox

https://virtualbox.org
praktisch frei verfügbar
natürlich ev. Lizenzen für die gehosteten Systeme notwendig

VMware

Docker

Cloud-Computing

Bereitstellung von Programmen (Apps) oder Systemen über das Internet oder das eigene Netz

Host ist ein Internet-Server

https://owncloud.org
bietet diverse Nutz-Leistungen

-

für eigene Rechner nutzbar (z.B. auch auf einem Raspberry Pi)
viele Cloud-Anbieter nutzen owncloud für ihr Angebot

auch eine virtuelle Maschine für virtualBox vorhanden
(eigener Server im (virtuellem) Netz)

Typen des Cloud-Computing	
• **Infrastructure as a Service**	**IaaS** Online-Bereitstellung von Computer-Hardware, z.B. virtuelle Maschinen, Speicher, Netzwerk-Komponenten
• **Platform as aService**	**PaaS**

	Bereitstellung einer Cloud-basierten Umgebung für das Programmieren und Bereitstellen von App's z.B. Systeme der Künstlichen Intelligenz
• **Software as a Service**	**SaaS** Online-Bereitstellung von App's und Datenbanken z.B. Nutzung von Office-Programmen oder Warenwirtschaftsystemen (/ von Rechen-Leistung) auf dem Systemen des Anbieter's (im Abonnement)

1.6. Kenndaten für Computer-Systeme

$$Verfügbarkeit = \frac{Gesamtlaufzeit - Gesamtausfallzeit}{Gesamtlaufzeit}$$

Aufgaben:

1. Die nachfolgenden Server sind im letzten Jahr

A: 2 d B: 16,4 h C: 348 min D: 55 min

ausgefallen. Berechnen Sie die Verfügbarkeit der Server!

2.

3. Berechnen Sie die mögliche Ausfallzeit (in Stunden bzw. Minuten) für ein System bei dem

a) 99 % b) 99,5 % c) 99,9 % d) 99,99 %

garantiert worden sind!

2. Netzwerke - Grundlagen

2.1. Grundlagen Netzwerke

Definition(en): Netzwerk
Ein Netzwerk (im informatischen Sinne) ist eine Daten-austauschen Verbindung von mindestens zwei – meist aber viel mehr – Datenverarbeitungs-Geräten.

oft synonym verwendet:
Netz, Datennetz, Net, PC-Netz, LAN, Computernetzwerk

Node
ist ein Gerät, das über eine od. mehrere Schnittstellen (Interfaces) mit eine, od. mehreren Netzwerken verbunden ist.

Host
ist eine Node ohne Router-Eigenschaften
stellt ein Endgerät dar (meist auch nur eine Schnittstelle)
allgemein werden Server und Clients als Hosts bezeichnet

Knoten
Verzweigungspunkt eines (Kommunikations- / Datenübertagungs-)Netzwerkes
z.B. Vermittlungsstellen, Router, …
sleten werden auch Zugangspunkte zu Netzwerken als Knoten bezeichnet

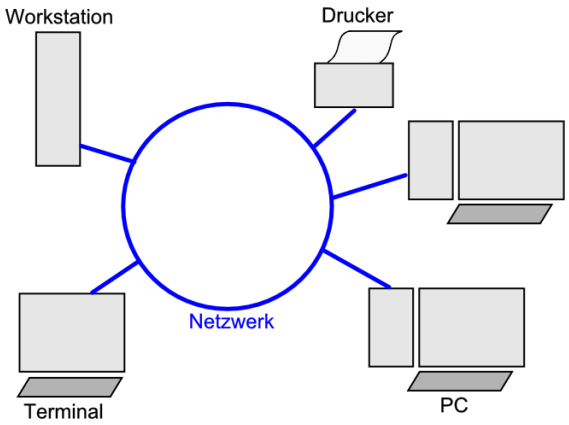
Topologien

Topologie: Struktur-Aspekt

Anordnung und Verbindung der Netzgeräte untereinander

Ring-Topologie

jede Station hat zwei Nachbarn
wegen der technischen Einfachheit im Umsatz wurde diese Topologie früher sehr häufig gewählt

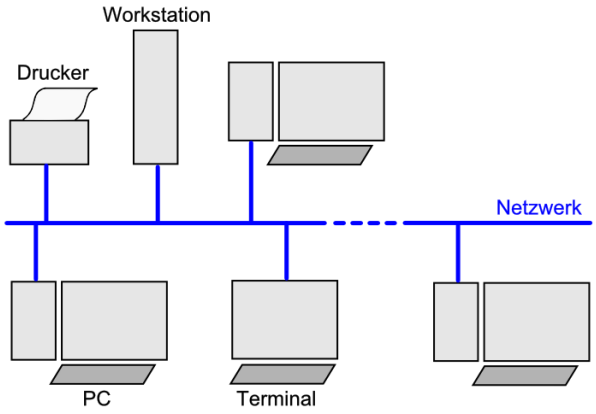


Vorteile:
geschlossene, sichere Struktur (Manipulation ist bemerkbar)

Nachteile:
für entfernte Stationen doppelte (lange) Verkabelung notwendig
spezielle Einkoppel-Interfaces notwendig

Bus-Topologie

alle Geräte benutzen und teilen sich ein zentrales Kabel / Medium

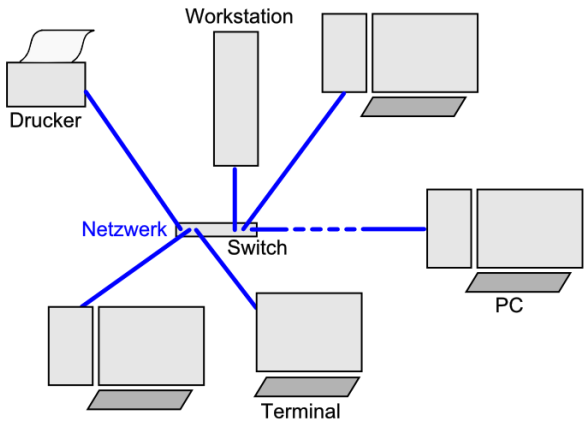


Vorteile:
geringe Kosten
einzelne Station beeinflusst bei eigenen Störungen / Defekten die anderen Station nur geringfügig

Nachteile:
zentrales Kabel / Medium bestimmt Qualität und Quantität des Datenverkehrs
Unterbrechung des zentralen Mediums verhindert gesamte Kommunikation
unverschlüsselter Datenverkehr kann von jeder Station mitgelesen werden
immer nur eine Station kann senden

Stern-Topologie

jedes Gerät hat ein eigenes Kabel / Medium
die Kabel / Medien werden über eine zentrale Einheit (Hub od. Switch) kommunikativ miteinander verbunden



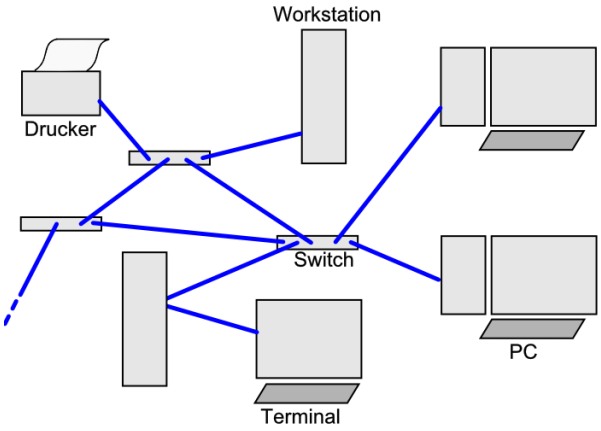
Vorteile:
Störung an einer Station oder seinem Kabel beeinfusst kaum die Kommunikation der anderen Stationen
zentrale Station (Hub, Switch) ist gleichzeitig Signal-Verstärker
problemloses Erweitern und Abbauen des Netzes (quasi im laufenden Betrieb möglich)

Schachtelung möglich

Nachteile:
zentrale Einheit bestimmt Anzahl der Verbindungen und Datendurchsatz
zentrale Station (Hub, Switch) kostet zusätzlich
zentrale Station ist kritisches Element der Struktur (bei Ausfall versagt das gesamte Netz) (kein einfaches Reparieren möglich)

Maschen-Netz als offene Misch-Topologie

Kombination aus anderen Topologien, meist unter Bildung von Maschen



Vorteile:
hohe Redundanz / Ausfallsicherheit
Lasten-Verteilung möglich

Nachteile:
unübersichtlich
schwer kontrollierbar

Simulationen mit Snap!
s.a. Kurs OpenSAP MODROW: Einführung Informatik (2. Wo. 6. Einheit "Konnektivität")
Netzwerke / Graphen

interessante Probleme:
Existiert ein zusammenhängender Graph für alle Knoten? (Kann von jedem Knoten zu jedem anderen Knoten kommen kann?)
Welche kürzeste Wege existieren zwischen zwei Knoten (→ Routen-Planung)?
Wieviele Verbindungen sind minimal notwendig um eine bestimmte Anzahl von Knoten (vollständig) zu verbinden?
Wieviele Anzahl von Verbindungen sind (durchschnittlich) notwendig, um von einem Knoten zu einem (beliebigen) anderen Knoten zu gelangen?
Welche Kanten / Verbindungen müssen zerstört werden, um einen Graphen zu zerlegen (damit er nicht mehr vollständig ist)?

Anfälligkeit von Netzen gegenüber zufälligen Schäden?
Anfälligkeit von Netzen gegenüber gezielten Schäden (z.B. Hub's ausschalten / angreifen)?

weitere Topologien

Linie

Geräte sind hintereinander angeordnet (z.B. Signal-Verstärker auf einer Leitung)

Baum

Geräte sind hierarchisch / Baum-artig angeordnet; bis auf das Wurzel-Gerät hat jedes gerät ein übergeordnetes Gerät und kann ein bis zwei (Baum-artig) bzw. noch (hierarchisch) mehr untergeordnete Geräte haben / steuern
teilweise in Telekommunikations- / Funktelefon-Netzen realisiert

Vollverbindung

jedes Netzgerät ist mit jedem weiteren Netzgerät verbunden
jedes Gerät muss soviele Ports besitzen, wie es weitere Geräte im Netz gibt

bei Hochleistungsrechner / Hochleistungs-System (z.B. bestimmte Multi-Kern-CPUs)

Topologie: Ausdehnungs-Aspekt

räumliche Ausdehnung / Dimension des Netzes

GAN

Global Area Network
Kontinente, gesamte Erde (Internet)

Definition(en): GAN

WAN

Wide Area Network
Land, Länder-Verbund

Definition(en): WAN

MAN

LANs und MANs

→ KALDEALI → S. 66 ff.

Definition(en): MAN – Metro Area Network
Ein MAN (sprich: mahn) ist ein regionales Netzwerk, das sich i.A. über mehrere Grundstücke / Gebäude / Werkhallen / eine große Firma erstreckt.

LAN

Definition(en): LAN – Local Area Network
Ein LAN (sprich: lahn) ist ein räumlich auf den Ort / eine größeres Grundstück / eine kleine Firma beschränktes Netzwerk. Im Allgemeinen werden die Grenzen bei rund 500 m Ausdehnung gezogen.

PAN

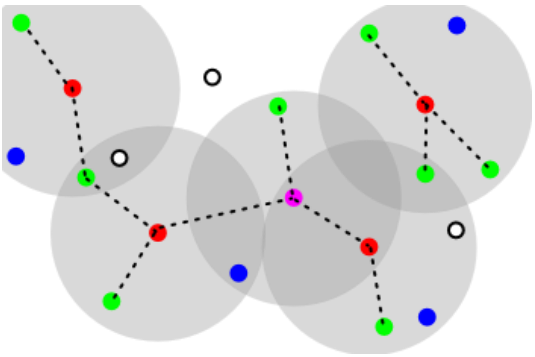
begrifflich weniger genutzt
i.A. als LAN geführt
praktisch gleiche Technik

Definition(en): PAN – Personal Area Network
Ein PAN (sprich: pahn) ist ein räumlich auf den Standort / das Grundstück / das Haus / die Wohnung beschränktes Netzwerk. Im Allgemeinen werden die Grenzen bei rund 500 m Ausdehnung gezogen.

Ad-hoc- und Pico-Netzwerke

dynamische Netz-Struktur
jedes Gerät kann jede Funktion (Sender, Repeater, Empfänger) übernehmen

bei Verbindungs-Abbruch (Bewegung, Aus-Schaltung) werden neue Verbindungen aufgebaut



Scatternet / Ad-hoc-Netz(e)
(Master: rot; Slave:grün; Master und Slave: violett; geparkt: blau; ausgeschaltet: schwarz/weiß

Bluetooth

offizielles Logo
Q: de.wikipedia.org

RFID – Radio Frequency Identification

Reichweite bis mehrere Meter
meist zwischen 0,5 und 2 m

passive RFID-Transponder

aktive RFID-Transponder

NFC – Near Field Communication



Beispiel-Logo's
für NFC

Topologie: (inhaltlicher) Abgrenzungs-Aspekt

Größe des Nutzerkreises und Verfügbarkeit der Informationen

Intranet

nicht öffentlich; bestimmtes (geschütztes) Netzwerk-Segment
Institutions-intern
eingeschränkte Funktionen / Protokolle / Ressourcen
beschränkt dynamisch (geplante Dynamik)
verlässlich
Rechte-basierte Nutzung (Login notwendig für Inhalts-Zugriff)

Bereitstellung von (Institutions-)internen Datenbanken, Dokumenten, Dateien, Programmen
Kommunikation zwischen Mitarbeitern, Abteilungen, Hierarchie-Ebenen
Organisation von Abläufen / Prozessen
Datenschutz / Datensicherheit verbessern / realisieren

Definition(en): Intranet
Ein Intranet ist ein beschränktes Netzwerk-Segment eines Besitzers, in dem die eigenen Daten und deren Nutzung im Vordergrund stehen.

Internet

verkürzt aus internetwork
heute häufig nur noch das Netz genannt

sachlich ist das Netz zwischen den Netzen – das Zwischennetz, Weltnetz - gemeint

öffentlich; nur interne Netzwerke an den Rändern des Internet sind eingeschränkt
offen strukturiert, dynamisch (zufällig, nicht planbar)
unzuverlässig, viele Alternativen vorhanden (Netz-Neutralität)
Login notwendig (für Abrechnung)

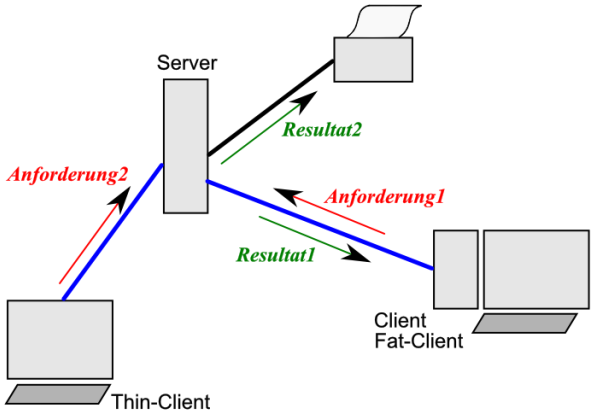
Definition(en): Internet
Das Internet ist die Netzwerk-Struktur, die verschiedene andere Netzwerk-Segmente zu einem Gesamtgebilde verknüpft und die gemeinsame, freie Nutzung der Daten zum Ziel hat.
Das Internet ist die übergreifende, weltweite Verbindung von autonomen Netzwerk-Segmenten.

Kommunikations-Konzepte

Client-Server-Paradigmen, …

→ KALDEALI → S. 367 ff.

Client-Server-Konzept



ein Gerät stellt bestimmt Leistungen im Netz zur Verfügung
z.B. einen Drucker, Verzeichnisse mit Dateien, eine Datenbank, …
ein oder mehrere Client's stellen Anforderungen an den Server
dieser verarbeitet diese und schickt das Ergebnis / eine Antwort zurück bzw. erfüllt die Leistungs-Anforderung (z.B. Ausdruck, Versand von eMails, …)

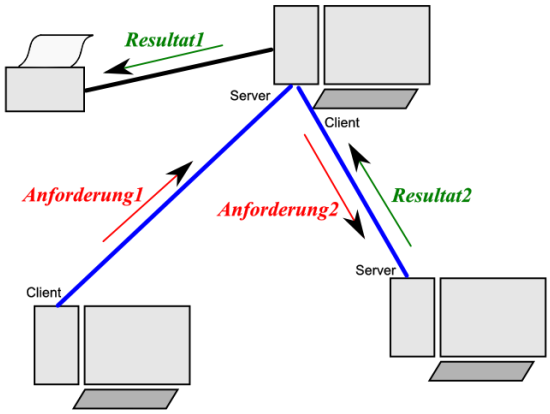
es reicht oft ein leistungsstärkerer Server für viele – ohne weiteres auch etwas schwächere – Client's

in modernen Systemen werden die sonst üblichen Fat-Clients (meist vollständige PC's) gegen minimal ausgestattete Thin-Clients ausgetauscht
in dem Fall übernimmt der Server fast alle Aufgaben des Clients, nur noch Ein- und Ausgabe wird am Thin-Client (Terminal) realisiert
Thin-Clients haben keine Festplatte mehr; Betriebssystem wird über netzwerk in den Speicher geladen und weitgehend hier verarbeitet, alle weiteren Leistungen müssen immer über das Netzwerk angefordert und entweder in den Client-Speicher übertragen werden oder der Server muss die Aufgabe realisieren
man spricht auch von Terminal-Server-Lösungen; sehr leistungsstarke und gut ausgestattete Server notwendig
geringer Arbeitsaufwand für Administratoren

Anzahl der Server typischerweise kleiner als die der Clients

z.B.:
www, ftp, eMail,

Peer-to-Peer-Konzept



Stationen sind – bis auf Perepherie – gleichberechtigt im Netz
Jedes Gerät kann sowohl als Client, als auch als Server im Netzwerk arbeiten

meist werden nur einfache leistungen von den einzelnen Sationen bereitgestellt

zu viele gleichzeitige Anforderungen führen schnell zur Überlastung einer Station

Rechte-Systeme nur schwer durchsetzbar

z.B.:
Filesharing / Tauschbörsen, VCoIP (over IP)

Unicast
es besteht eine 1 : 1-Verbindung zwischen zwei Stationen (direkte od. indirekte Verbindung (über ein Netzwerk))
uniderektional od. bidirektional

Broadcast
ist eine 1 : n-Verbindung, ein Sender spricht alle Empfänger / anderen Netz-Teilnehmer an
z.B. Rundfunk, Fernsehen

Multicast
ein Sender spricht alle Geräte / Empfänger einer Gruppe an
erst der letzte Router verteilt die Daten auf die einzenen Endpunkt-Leitungen
dadurch rel. geringer Verbrauch an Bandbreite (bis zum letzten Router werden die Daten nur einmal übertragen)

Anycast
es besteht eine Verbindung zwischen einem Sender und einem Empfänger aus einer Gruppe von Empfängern (welches Gerät reagiert / empfängt ist egal / unterliegt dem Zufall)
zur Kommunikation mit Geräten, die alle die gleiche Adresse (also eine Anycast-Adresse) besitzen
keine Verbindungs-orientierte Datenübertragung möglich, da nicht sicher ist, welches Gerät angsprochen worden ist

2.2. Grundlagen Datenübertragung

2.2.x. allgemeines Modell der Kommunikation

Warren WEAVER + Claude E. SHANNON (1949)
mathematische Theorie der Kommunikation / Informations-Theorie



Quelle → Kodierer → Übertragungskanal → Decodierer → Senke

Quelle → Signalaufbereitung → Übertragungskanal → Signalrückgewinnung → Senke

Quelle → Modulator → Übertragungskanal → Demodulator → Senke

zu übertragende Information wird über den Kodierer in ein übertragbares (für den Übertragungsknale geeignetes) Signal umgesetzt

der Dekodierer wandelt das übertragene Signal wieder in eine nutzbare Information um

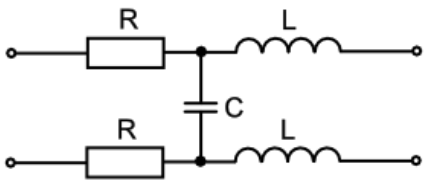
besonders auf den Übertragungskanal wirken Störungen
Gegenmaßnahmen sind Schutz des Kanals (Isolation, Abschirmung, …) und redundante Signale

einseitige und wechselseitige Kommunikation

2.2.x. Medien für die Daten-Übertragung

2.2.x.y. Kabel

elektrisches Feld um Leiter
im Gleichstrom
bei entgegengesetzten Stromflüssen in parallelen Leitern (z.B. eines Kabels) treten schon erste Beeinflussungen / Störungen auf
da über die Leitungen aber viele An-Aus-Signale (0 oder 1) transportiert werden müssen, haben wir es praktisch mit einem Wechselstrom zu tun
daraus folgen stärkere gegenseitige Beeinflussungen der Leitungen
ein Schaltbild-Modell für ein Kabel enthält außer den Leitungs-Widerständen nun auch Kapazitäten und Induktivitäten



Ersatzschaltung für eine Wechselstrom-Leitung

durch Abschirmungen (Ummantelung oder (Schirm-)Geflecht) können Störungen / beeinflussungen schon reduziert werden
insgesamt sind Leitungen aber immer beschränkt hinsichtlich der für eine Übertragungs-Frequenz noch nutzbare Kabel-Länge

Twisted-Pair-Kabel – Kabel mit verdrillten Aderpaaren

vor allem bei vielen parallelen Leitungen
symmetrische Signal-Übertragung auf mehreren Kanälen
deshalb erstmals in der Computertechnik bei Centronics-Kabel (sehr alte parallele (Drucker-)Schnittstelle)
später dann auch bei SCSI-Verkabelungen von Festplatten, CD- bzw. DVD-Laufwerken und Motherboards

geschirmt → Shielded Twisted Pair → STP

ungeschirmt → Unshielded Twisted Pair → UTP

interessante Links:
http://people.ee.ethz.ch/~pascal/Hochspann/ (Animation von elektrischen und magnetischen Feldern an Hochspannungsleitungen)

2.2.x.y.z. Luftkabel

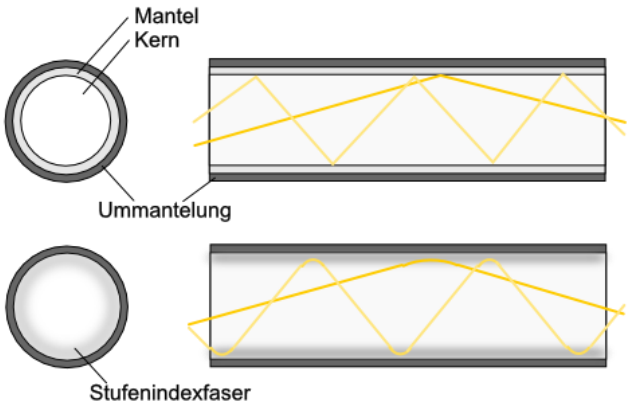
2.2.x.y.z. Verlegekabel

2.2.x.y.z. Stromleitungen

2.2.x.y.z. Erdkabel

2.2.x.y.z. Unterseekabel

2.2.x.y. Lichtwellenleiter



2.2.x.y.z. Single-Mode

üblicherweise UV-Licht
zur Aktivitäts-Kennzeichnung zusätzlich noch rotes LED-Licht ohne Daten-Übertragungs-funktion

2.2.x.y.z. Multi-Mode

mit mehreren verschiedenen Wellenlängen parallel betrieben

2.2.x.y. Funkwellen

2.2.x.y.z. Infrarot

praktisch Licht aus Infrarot-Bereich (Wärme-Strahlung)
kabellos, funkähnlich
nur direkte Verbindung möglich, keine Gegenstände im direkten Sender-Empfänger-Weg möglich
→ Fernsteuerungen
→ IrDA-Schnittstelle einiger etwas älterer PC's

2.2.x.y.z. Richtfunk

2.2.x.y.z. Satellitenfunk

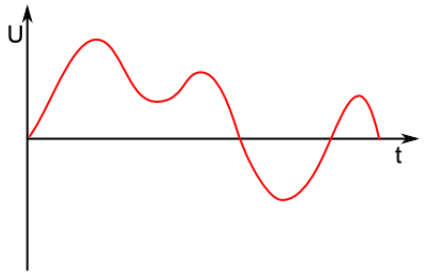
2.2.x.y.z. Landfunk

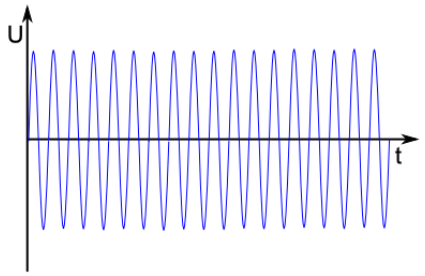
2.2.x.y.z. Lokalfunk

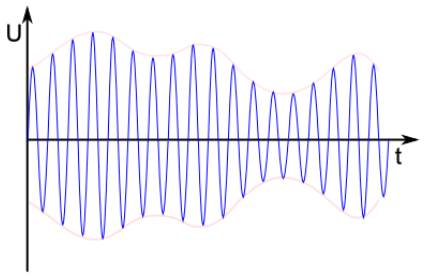
WLAN
Bluetooth
NFC
IrDA

2.3.x. Modulations-Verfahren

2.3.x.y. Amplituden-Modulation

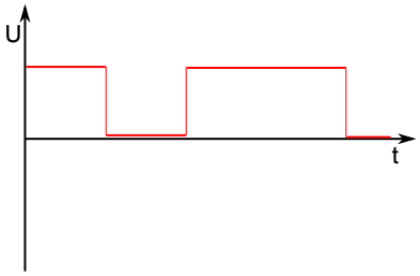




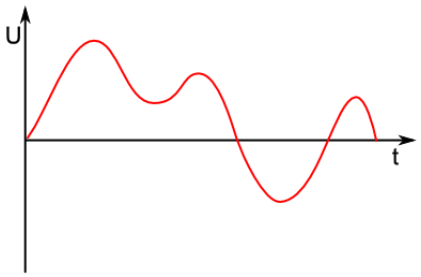


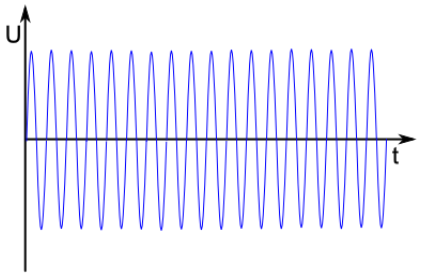
Aufgaben:

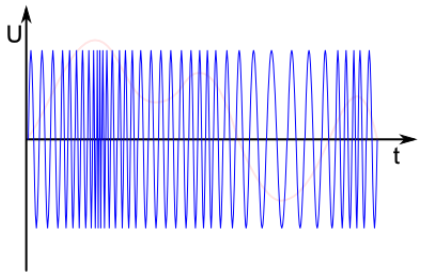
1. *Erstellen Sie ein Modulations-Diagramm, wenn nebenstehendes Daten-Signal per Amplituden-Modulation codiert wird!*
2. *Beurteilen Sie, wie störanfällig ein Amplituden-moduliertes Digital-Signal ist! Begründen Sie Ihre Meinung!*



2.3.x.y. Frequenz-Modulation

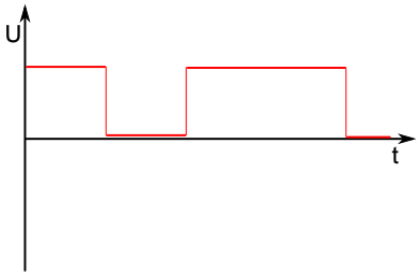




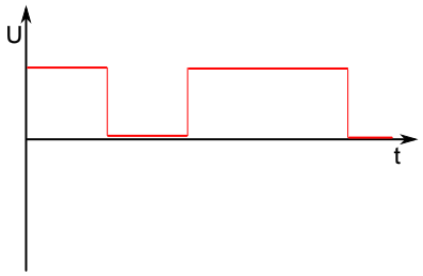


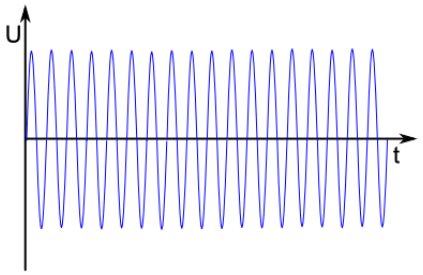
Aufgaben:

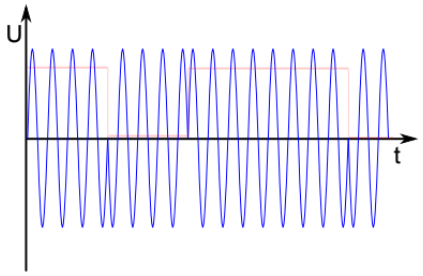
1. Erstellen Sie ein Modulations-Diagramm, wenn nebenstehendes Daten-Signal per Frequenz-Modulation codiert wird!
2. Beurteilen Sie, wie störanfällig ein Frequenz-moduliertes Digital-Signal ist! Begründen Sie Ihre Meinung!



2.3.x.y. Phasen-Modulation



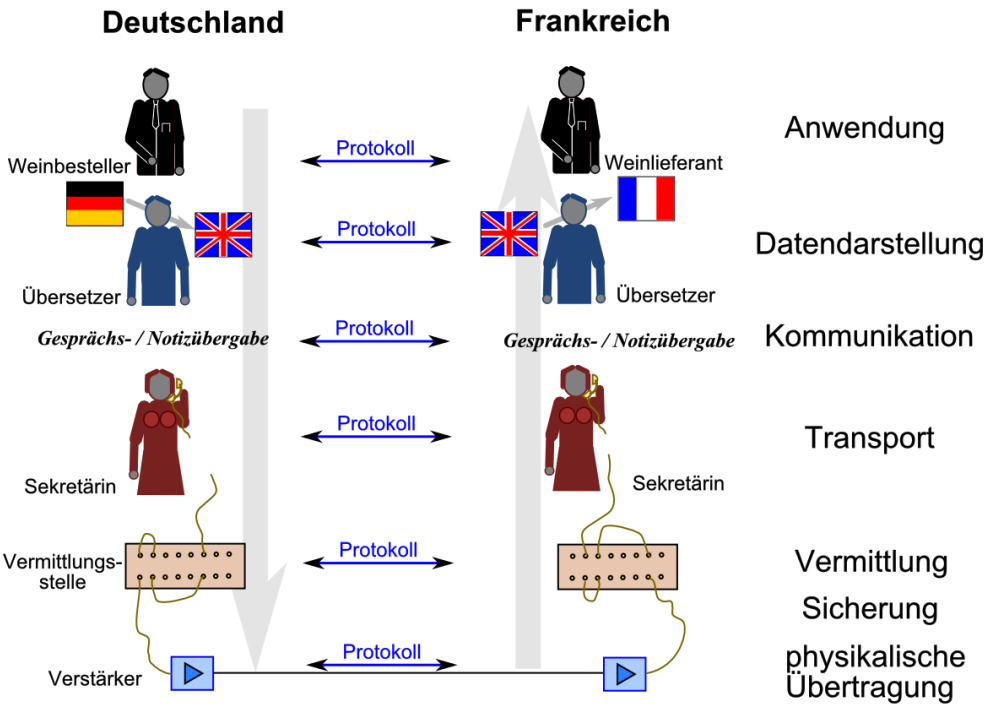




Aufgaben:

2.4.x. Schicht-Modelle

2.4.x.y. ISO-OSI-Schichtmodell



Q: geändert aus /6/

ISO … International Organization of Standardization
OSI … Open Systems Interconnection

Ziel war eine Aufgaben-spezifische Spezialisierung / Hierarchie -Struktur / Schichtung
Schnittstellen-Definition; Defintion abstrakter Aufgaben
Geräte- und Anwendungs-spezifische Software-Komponenten

Spezialisierung auf jeder Ebene

Klärung von Verantwortlichkeiten, Erhöhung der Software-Qualität, effektive Aktualisierungen (Updates), Anwendung von Fachkenntnissen / Profiwissen auf bestimmten Ebenen (Vernetzung oder Betriebssystem usw.)

trotzdem ist Vereinigung von Schichten möglich und zulässig; Referenz-Modell; Empfehlungs- und Richtlinien-Charakter
z.T. auch schon anderes realisiert, weil die Technologien z.T. älter als das Modell sind z.B. TCP

jede Schicht verfügt über Protokolle, so dass praktisch auf dieser Ebene kommuniziert werden kann
in den meisten Fällen geht allerdings die praktische Verbindungs-Arbeit über die darunterliegenden Schichten (erst runter und dann wieder hoch)

auch: OSI-7-Layer-Model (OSI-7-Schichten-Modell)



ist ein Referenz-Modell; hat Empfehlungs-Charakter

jeder kann natürlich eine Software entwickeln, die direkt auf die Bit-Übertragung (Ethernet) zugreift oder gar ein eigenes Bit-Übertragungs-System (quasi ein Alternativ-Ethernet) entwickeln
es fehlt dann aber Zusammenarbeit mit anderen Firmen und Programmen und breite Nutzung ist eingeschränkt

Überblick über das OSI-Modell und Einordnung des TCP/IP-Modell's

OSI-Schicht-Modell				TCP/IP-Referenz-Modell				
OSI-Schicht	**-Layer**	**-Schicht**	**Protokolle (Bsp.)**	**DoD Schicht**	**Einordnung**	**Protokolle**	**Einheit / Struktur-Größe**	**Kopplungs-Elemente**
7	Application-	Anwendungs-		Anwendung	Ende-zu-Ende (Multihop)	TELNET, FTP, SMTP, DNS, HTTP, …	Daten	Gateway, Content-Switch, Proxy Layer-4-7-Switch
6	Presentation-	Darstellungs-						
5	Session-	Kommunikati-ons-Steuerungs-	NetBIOS	Transport				
4	Transport-	Transport-	X.224, SPX, NetBEUI			TCP, UDP	TCP → Segmente UDP → Datagramme	
3	Network-	Vermittlung-/ Paket-	X.25	Internet	Punkt-zu-Punkt	IP, IPsec, IPX	Pakete	Router, Layer-3-Switch
2	Data-Link-	Sicherung	IEEE 802.11 (WLAN) IEEE 802.5 (Token-Ring)	Netzzugriff		ARPA, ALO-HA, CSMA	Rahmen	Brigde, Layer-2-Switch
1	Physical	Bitübertragung	V.24, RS 423				Bit's, Symbole, Pake-te	Netzwerkkabel, Repeater, Hub

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Definition(en): ISO-OSI-Modell
Das ISO-OSI-Modell ist ein Referenz-Modell für eine Schicht-Architektur und Schicht-orientierten Netzwerk- bzw. Kommunikations-Protokollen.
Das ISO-OSI-Modell ist ein Vorschlag einer Schichtung von Kommunikations-Ebenen in Computernetzen, die für jede Schicht mögliche Verbindungs-Arten und –Protokolle vorschlägt.

TCP/IP- / DoD-Modell ist älter, historische Wurzeln liegen vor ISO-OSI-Modell, deshalb andere Schichtung, aus paktischen Gründen Zusammenlegung, intern (innerhalb der Software) oft aber aus technischen und programmiertechnischen Gründen Untergliederung nach ISO-OSI-Modell vorhanden (aber eben nicht notwendig); Spezialisierung und Hochtechnisierung nicht so weit fortgeschritten; Probleme waren noch für Programmierer in weiten Zügen überblickbar

Schicht 1 – Physical Layer – Bitübertragungs-Schicht

Verfahren und Techniken um elektrische Signale (als 0 und 1 interpretiert) zu übertragen
z.B. über Strom-Leitungen, Funk, Lichtwellen-Leiter
dazu gehört Signal-Codierung

zugehörige Geräte: Leitungen, Stecker, Abschlusswiderstände, Repeater, Hubs, Ethernet, Token-Ring,
zugehörige Protokolle: V.24, RS 423

Schicht 2 – Data Link Layer – Sicherungs-Schicht
(auch: Abschnittssicherungsebene, Verbindungssicherungsschicht, Verbindungsebene, Prozedurebene, Datensicherungsschicht, …)
Datenflusskontrolle
regelt zuverlässige und Datensichere Übertragung (Signal-Trennung, Signalstärke, Modulation, …) → elementare Fehler-Erkennungs-Mechanismen

zugehörige Geräte: Bridge, Switch
zugehörige Protokolle: ARP, STP, IEEE 802.1 (WLAN-Protokolle)

Schicht 3 – Network Layer – Vermittlungs-Schicht
(auch: Paketebene, Netzwerkschicht)
sorgt für Leitungs-Verbindung (Adresse zu Adresse) oder Weiterleitung von Daten(Paketen)
Routing, es werden passende Verbindungen gesucht, Daten-Pakete werden auf geeignete Leitungen vermittelt, Daten(Pakete werden nach Netzwerk-Zugehörigkeit sortiert)
Datenfluss-Kontrolle

zugehörige Geräte: Router, Layer-3-Switch (BRouter)
zugehörige Protokolle: IP, X.25, IPsec

Schicht 4 – Transport Layer – Transport-Schicht
auch: Ende-zu-Ende-Kontrolle, Transport-Kontrolle
Zuordnung von bestimmten Datenpaketen zu den zugehörigen Anwendungs-Programmen (über die Ports)
logische Ende-zu-Ende-Verbindung
Multiplex-Verfahren, Fehlersicherungs- und Fehlerbehebungs-Verfahren
Paritäts-Prüfung, CRC-Fehler-Prüfung

zugehörige Geräte:
zugehörige Protokolle: TCP, UDP, SPX, NetBEUI

Schicht 5 – Session Layer – Sitzungs-Schicht
(auch: Kommunikationssteuerungsschicht)
Dienste für organisierten Datenaustausch; Synchronisation des Datenaustausch
Wiederaufsetzungspunkte
Prozess-zu-Prozess-Verbindung; Verbindung zwischen den Endgeräten; Quittierung, Handshake, …

zugehörige Geräte:
zugehörige Protokolle: NetBIOS
ab hier viele bekannte Internet-Protokolle (HTTP, FTP, SMTP, NNTP

Schicht 6 – Pressentation Layer – Darstellungs-Schicht
(auch: Datendarstellungschicht, Datenbereitstellungsebene)
Übertragung der Daten in eine für die Kommunikation geeignete Form (z.B. muss ein Baum in eine Sequenz umgewandelt werden)
Umsetzung der System-abhängigen Daten in Kommunikations-Daten und umgekehrt
Übersetzung von Daten-Formaten ineinander; Übertragung der Daten in Standard-Formate

zugehörige Anwendungen: Betriebssystem-Schicht
zugehörige Protokolle: ASN.1

Schicht 7 – Application Layer – Anwendungs-Schicht

Funktione / Prozeduren für die Anwendungen und das Netz-Management der Anwender-Programme, Daten-Ein- und -Ausgabe

zugehörige Anwendungen: Browser, eMail-Client, FTP-Programm, Konsole
zugehörige Protokolle:

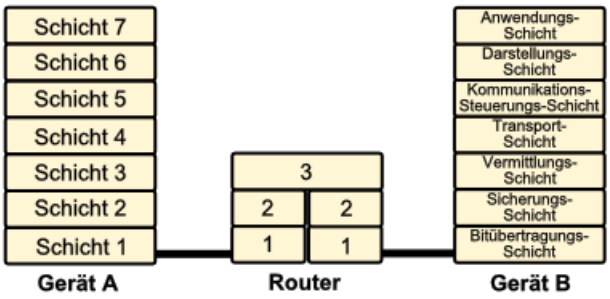
nach neueren Modellen:
Layer-8: finanzielle Schicht
Layer-9: politische Schicht

Wenn's notwendig ist: Eselsbrücken zum Lernen der Schichtenfolge

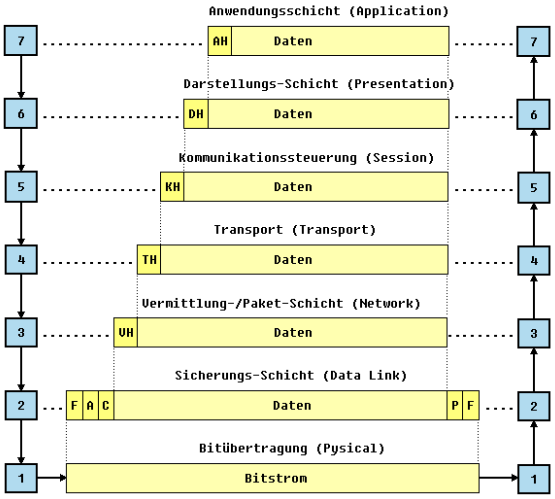
An **d**em **S**onntag **t**rug **V**erena nen **S**tring in **b**lau.
An **D**armausgängen **s**ichtete **T**ravis **v**erschiedne **s**ichelförmige **B**irnen.
Alle **d**urstigen **S**lowenen **t**rinken **v**iel **s**chäumiges **B**ier.
Alle **d**eutschen **S**chüler **t**rinken **v**erschiedene **S**orten **B**ier.

A D S T V S B

Bei Sender startet die Kommunikation auf einer bestimmten Ebene (Schicht) – meist ist es die Anwendungs-Schicht (Schicht 7). Der Nutzer hat z.B. eine Anfrage an den Browser gestellt (Internetseiten-Aufruf im www).



Die Anfragen werden nun Schicht für Schicht runtertransferiert und auf Schicht 1 (Bitübertragungs-Schicht) weitergeleitet (physikalisch übertragen). Im Empfänger gehen die Anforderungen den umgekehrten Weg durch die Schichten.
In der Anwendungs-Schicht angekommen, wird eine Antwort generiert und die Kommunikation geht zurück den umgekehrten Weg.
Zwischenstationen – wie im Beispiel ein Router – nutzen nur wenige übereinanderliegende Schichten aus. Sie dienen nur der Weiterleitung und ev. Umsetzung der Signale auf anderen Leitungen / Kommunikationswegen usw. usf.



Q: http://www.netzmafia.de/skripten/netze/netz0.html#0.1
(Prof. Jürgen Plate)

Entitäten des OSI-Modells

- **SAP** Service Acces Point
  Dienst-Zugangspunkt
- **SDU** Service Data Unit
  Nutzdaten eines Dienstes
- **ICI** Interface Control Information
  Service-Informationen für einen Dienst
- **PDU** Protocol Data Unit
  Nutzdaten eines Protokolls
- **PCI** Protocol Control Information
  Steuer-Informationen für einen Dienst

OSI-7-Layer-Model (Open Systems Interconnection Reference Model)

Begriffe: Englisch - Deutsch

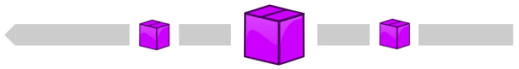
7 Application Layer	-	Anwendungsschicht
6 Presentation Layer	-	Darstellungsschicht
5 Session Layer	-	Sitzungs- bzw. Kommunikationsschicht
4 Transport Layer	-	Transportschicht
3 Network Layer	-	Netzwerk- bzw. Vermittlungsschicht
2 Data Link Layer	-	Sicherungsschicht
1 Physical Layer	-	Bitübertragungsschicht

PC im Netzwerk A



http://www.wikipedia.org

Der Benutzer empfängt lediglich die Antwort des Servers ("wikipedia.org"-Startseite). Im Allgemeinen bekommt er von der Schachtelung seines Seitenaufrufs durch die Ebenen seines PCs (abwärts) und vom Parsen der Antwort des Servers zurück durch die Ebenen seines PCs (aufwärts) nichts mit!



Server schickt die entsprechenden Daten über die selbe Methode zurück. (s.u.)

Server im Netzwerk B



Datenpaket z.B. Serverrequest

Zusammenbau des Pakets:
(Package Assembling/Formatting)

	OSI-Layers	Einordnung der Orientierung	Standard	TCP/IP Schicht	Einordnung der Verbindung	Protokoll
Funktionsaufruf durch den Anwender — AH + Daten	7 Application	Anwendungs-orientiert	FTAM	Anwendung	Ende zu Ende (Multihop)	HTTP FTP HTTPS NCP
Umwandlung der Daten in eigenes Format — PH + AH + Daten	6 Presentation		ASN.1			
Datenpaket wird einer Anwendung zugeordnet — SH + PH + AH + Daten	5 Session		ISO 8326			
TH + SH + PH + AH + Daten Verbindungen zwischen den Endsystemen	4 Transport	Transport-orientiert	ISO 8073	Transport		TCP UDP SPX
NH + TH + SH + PH + AH + Daten Erstmalige logische Adressierung der Endgeräte	3 Network		CLNP	Internet	Punkt zu Punkt	ICMP IGMP IP IPX
DH + NH + TH + SH + PH + AH + Daten Physikalische Adressierung mit Fehlererkennung, Fehlerkorrektur und Datenflusskontrolle	2 Data Link		HDLC	Netzzugang		Ethernet Token Ring FDDI ARCNET
			Token Bus			
PhH + DH + NH + TH + SH + PH + AH + Bits Definition der elektrischen, mechanischen und funktionalen Schnittstelle zum Übertragungsmedium	1 Physical					

Header "Addition"

Schichten werden ineinander eingebettet.

Das Daten-paket wird nach unten hin größer.

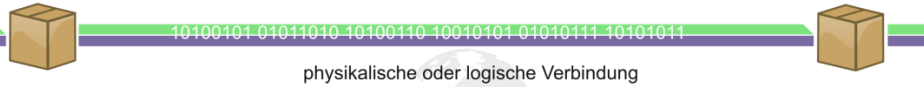
Request Antwort

Das ver-schachtelte Datenpaket wird entpackt.

Somit wird es wieder kleiner.

Header "Subtraktion"

Parsen/Zerlegen der Daten durch die Ebenen



physikalische oder logische Verbindung
Tatsächlicher Datendurchsatz / Übertragungspfad

Zusammensetzung der Abkürzungen oben:
Anfangsbuchstabe der Schicht und "H" für Header.
z.B. Application Header = AH

Autor: gob (www.godofbytes.de)
Bildversion 3.0 (14. Okt. 2006)
SVG-Neuaufbau + Korrektur: der_Fahrer
Dateiversion 3.1 (21. Juni 2010)

Q: de.wikipedia.org (gob)

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Vereinfachtes Modell für Paketierung im Internet – Waren-Ver- und Entpackung

Eine Festplatte (moderne SSD) wird in Taiwan hergestellt. Für den Transport in die Verpackungs-Abteilung werden die SSD in ein antistatisches Tütchen gesteckt (Paket 1). in der Verpackungs-Abteilung werden nu diese Pakete (Tütchen mit der SSD) in einen kleinen Karton gesteckt (Paket 2). Dazu kommen noch einige Zusatz-Informationen (Installations-Anleitung, Garantie-Urkunde, Warn.Hinweise, …). Von diesem Paket 2 werden nun z.B. 100 Stück in ein Paket 3 für die Groß-Händler gesteckt. Einige dieser Karton's werden auf eine Palette positioniert und schön mit Folie umwickelt (Paket 3). Durch die Folie hindurch kann man den Lieferschein erkennen mit der Zieladresse der Palette – es geht nach Deutschland. Die Palette wird mit weiteren Paletten und einer Zoll-Deklaration in einen Schiffs-Container (Paket 4) geschoben. Dieser Container geht mit einem Schiff (in Begleitung vieler anderer Container und anderer Stückgüter) als Paket 5 über die Meere auf den Weg nach Deutschland.
Im Hamburger Hafen wird nun zuerst der Container geöffnet, die Zoll-Unterlagen geprüft und entfernt. Die einzelen Paletten aus dem Container gehen nun zu den Adressen auf den folierten Lieferscheinen auf den Weg. Beim Groß-Händler werden die Paletten von ihrer Umwicklung befreit und die 100-Stück-Pakete entnommen. Die normalen (Endkunden-)Händler bekommen nun die 100er Pakete und entnehmen die kleinen Einzelpackungen (mit immer einer SSD) für die Verkaufsregale. Der Kund kauft eine Packung und holt zuhause stolz seine erworbene SSD aus der Packung, entfernt die Antistatik-Tüte und hält sie endlich direkt in seiner Hand.

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

2.4.x.y. DoD-Modell

vom US Department of Defense (DoD) entwickelte ursprüngliche Schicht-Struktur für den Vorläufer des Internets – das ARPANET

vierschichtig



DoD-Modell (grün)
im Vergleich zum ISO-OSI-Modell

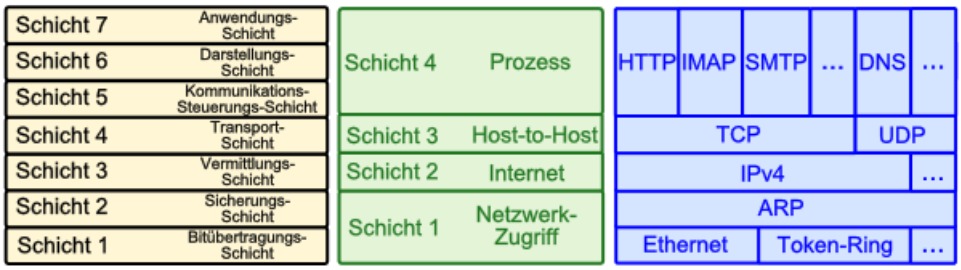
- **Process** Anwendungen / Nutzer-Programme
- **Host-to-Host** Ablaufsteuerung der Kommunikations-Prozesse
- **Internet** Vermittlung und Kommunikation zwischen verschiedenen Hosts (Rechnern)
- **Network Access** Zugriff auf Übertragungsmedien

2.4.x.y. TCP/IP-Referenz-Modell

historisch gewachsen

Vorteile:
Praxis-orientiert
OpenSource
keine Lizenz-Gebühren
praktisch überall genutzt

Nachteile:
ungünstige / ungleichmäßige (z.T. auch keine exakte) Trennung der Schichten



analoge Ebenen im Vergleich: ISO-OSI-, DoD- (**grün**) und TCP/IP-Modell (**blau**)

Ports für TCP und UDP
sind Zuordnungen von Protokollen zu bestimmten Anwendungs-Programmen

Port		Service-Name	Beschreibung
UDP			
53		DNS	
TCP			
21		FTP	
23		Telnet	
80		HHTP	

IP-Schicht

IP … Internet-Protokoll

binäre Adresse eines Netzwerk-Teilnehmers

Adresse im Internet – also Adresse innerhalb des / eines Netzes

echte und unverwechselbare Adresse einer Netzwerk-Station ist die MAC-Adresse (Media-Access-Control)
wird von den Herstellern fest eingebaut, technisch aber veränderbar, individuelle Adresse eines Netzwerk-Gerätes
wird bei der Datenübertragung immer mit übertragen (von Sender und Empfänger)
deshalb auch als physikalische Adresse bezeichnet
praktisch eine 48 bit-Zahl, die hexadezimal notiert wird

aus der aktuellen IP-Adresse eine Nutzers kann man ermitteln:

In welcher Region (bis hin zu Städten) befindet sich der User?
Welcher Internet-Provider betreut den User?

der Provider führt – vorrangig für Abrechnungs-Zwecke –Protokolle, aus den zu entnhemen ist:

Welche Seiten hat der Nutzer, wielange aufgerufen?
Was hat er heruntergeladen?
Wonach hat der Nutzer gesucht?
Welche Seite wurde als nächstes aufgerufen?

Exkurs: MAC-Adresse

48 bit-Hardware-Adresse eines Netz-Gerätes (6 Byte)

24 bit (3 Byte) Organizationally Unique Identifier
24 bit (3 Byte) Network Interface Controller Specific

gehört zu Layer 2 (ISO-OSI:)

kanonische Schreibweisen:
xx-xx-xx-xx-xx-xx oder xx:xx:xx:xx:xx:xx

aber auch andere Schreibungen – z.B. auf Aufklebern von Geräten zu finden:

xxxxxxxxxxxx
xxxx.xxxx.xxxx

Hersteller	MAC-Adresse(n)
Intel	00:07:E9:xx:xx:xx
Asus	00:15:F2:xx:xx:xx
Compaq	00:50:8B:xx:xx:xx
Cisco	00:60-2F:xx:xx:xx

Daten-Q: de.wikipedia.org

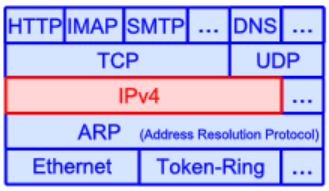
Abfrage in Windows:
Win 95 – ME: winipcfg

ab Win 2000: ipconfig /all
ev. auch: getmac /v

Android: "Einstellungen" "Telefonin-fo" "Hardware" "Informationen"

iOS: "Einstellungen" ""Allgemein" "Info" "Wi-Fi-Adresse"

Linux: ip link



Paket-Vermittlung
Verbindungs-los
realisiert / organisiert Wege-Wahl
Schutz vor Überlastung einzelner Medien

Paket-Verfolgung
→ https://traceroute-online.com

IP-Adresse

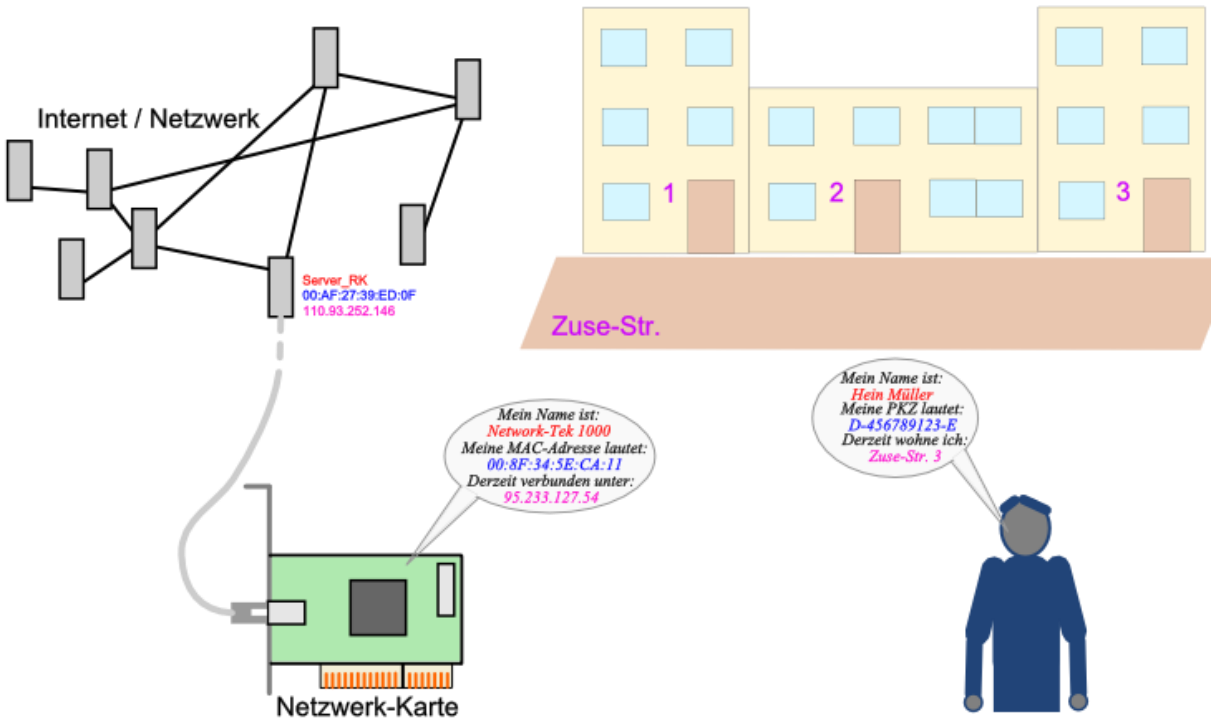
Identifikation eines Knoten
Festlegung von Ziel und für die Rück-Antwort auch für die Quelle
quasi die Post-Anschrift für die Datenpakete

Netzwerk-Maske
trennt Rechner-Netze untereinander

Internet-Adressen verschleiern MAC-Adressen
machen es möglich, dass Geräte unabhängig von ihrer aktuellen Position im Netz erreichbar sind

IP-Adresse Version 4 (IPv4)

seit 1981 existierende Adressen-Angabe für die derzeitige Einbindung ins Netz
besteht aus vier dezimal geschriebene 8-bit-Zahlen, die mittels Punkt voneinander getrennt notiert werden, z.B. 177.39.238.184
quasi eine 32-bit-Adresse
theoretisch stehen damit $FF.FF.FF.FF_H$ also $4'294'967'295_D$ Anschlüsse / Adressen zur Verfügung
trotz Aktualisierung und weitesgehender Umstellung auf IPv6 (→) immer noch das Standard-Adress-Protokoll im Internet (das geht immer)



die Ausnutzung des gesamten Adress-Bereiches wirft aber einige Probleme auf

- Wer vergibt die Adressen?
- Was passiert, wenn ein PC ausgetauscht wird? Bekommt er eine neue Adresse? Ist der Nutzer dann noch erreichbar?
- Wie kann man die Geräte eines kleineren Subnetzes informieren / verwalten / …?
- Wie lassen sich Computer sicher schützen, wenn sie direkt aus dem Internet erreichbar sind?
- Wie kann ein (Internet-)Router erkennen, was im eigenen Netz verbleiben soll und was ins Internet gehen soll?

Die Netzwerk-Administratoren wollen die – ihnen zugeordnetet – Rechner eigenständig verwalteten.
Firmen brauchen praktisch nur eine oder wenige Internet-Adressen, aber relativ viele Adressen für die Arbeitsrechner.
Insgesamt würde die Zahl der Adressen nicht ausreichen.
Durchsuchen des gesamten Adress-Bereiches würde ewig dauern.
Braucht man nur 1 ms pro Adresse (real sind 100 – 1000 ms eher realistisch), dann würde ein vollständiger Scan 4'294'967'295 ms = 4'294'967,3 s = 71582,8 min = 1193,0 h = 49,7 d dauern. Unter Real-Bedingungen also Jahre. Da hat sich die Adress-Nutzung längst schon wieder geändert.

Lösung sind einzelne Blöcke im IP-Adressbereich (Adress-Gruppen).

ein Teil der Adressen wird zentral verwaltet
damit ist z.B. Zuordnung zu Ländern (z.B.: → *.de od. *.ch) oder bestimmten Strukturen usw. möglich
z.B. Abgrenzung der Rechner des Militärs (→ *.mil), Regierung der USA (→ *.gov), Lehreinrichtungen (→ *.edu) und der Wirtschaft (→ *.com)
Achtung! Die Zuordnung zu den Text-Adressen soll hier nur inhaltlich verstanden werden.

Durch Fehleinschätzung des Bedarfs an Adressen wurden Einrichtungen viel zu große Adressbereiche zugeordnet. Viele Adressen können gar nicht genutzt werden, weil sie für Einrichtungen reserviert sind, die diese gar nicht realisieren können (- auch zukünftig nicht).
Für andere Bereiche sind zu kleine Adressbereiche vorgesehen worden.

Vergabe früher ausschließlich durch IANA (Internet Assigned Numbers Authority)
IBM z.B. 9.0.0.0/8
debis AG (Daimler-Benz-Tochterunternehmen) 53.0.0.0/8 einzige deutsche Firma mit einem Klasse-A-Netz

heute von regionalen Organisation, die sich weitgehend an Kontinenten orientieren
häufige IPs für Europa: 80.x.x.x, 192.x.x.x, 193.x.x.x, 194.x.x.x

Ein anderer Teil der Adressen klar von der zentralen Vergabe ausgeschlossen. Sie sind für private / Firmen- / Instituts-Zwecke reserviert. Adress-Aufrufe werden innerhalb dieser Netze nicht nach außen weitergeleitet.

		mögliche Hosts	geeignet für …			
Class A, privates Internet	10.x.x.x	16'777'214	Staaten			
Class B, privates Internet	172.16.x.x → 172.31.x.x	1'048'574	Universitäten, Groß-Konzerne			
Class C, privates Internet	192.168.x.x	254	Private Netze Büros, Kleinfirmen			

Rechner untereinander über Switche verbunden Die verteilen Daten über die MAC-Adressen (ISO-OSI Schicht 2). Switche kennen keine IP-Adressen. Nutzung des Internet-Protokolls zwischen den Hots nur der Einfachheit halber. Es könnte auch ein anderes Protokoll genutzt werden (z.B. IPX/SPX (Netware-Netze)).
Innerhalb des privaten Netzes werden Adressen entweder **statisch** vergeben (Adminsitrator muss dann den Überblick behalten oder **dynamisch** verteilt. Ein Gerät – meist der Router ist dann ein sogenannter **DHCP**-Server (Dynamic Host Configuration Protocol), der beim Rechner-Start auf Anfrage durch den Rechner (fungiert als DHCP-Client) diesem eine IP-Adresse aus einem definierten Bereich vergibt. Häufig sind die Router die DHCP-Server in den privaten Netzen. In Firmen-Netzen mit anderen Servern haben meist diese auch die DHCP-Funktion.

DHCP liefert die IP-Adresse, eine Netzmaske, den Gateway (ins Internet) und den DNS-Server

Sollen diese Netze auch ins Internet zugreifen können, wird ein Router (ISO-OSI Schicht 3) gebraucht, der (mindestens) eine echte – zentral vergebene – Internet-Adresse haben muss und (mindestens) eine Adresse aus dem privaten Netzwerk
Die äußeren Adressen werden entweder direkt gekauft oder über einen Internet-Povider (ISP, Internet-Service-Provider) zeitweise gemietet. Typisch für die häusliche bzw. Kleinfirmen-Internet-Anbindung.
Man erhält typischerweise vom ISP eine Adresse für 24 h.

Abfragbar z.B.
in Windows: über Konsole (cmd) und dort ipconfig /all
im Browser: http://www.meineip.de

böse Frage zwischendurch:

Könnte ich meinem Rechner für mein privates, aber über einen Router ins Internet angeschlossene Netz, die Adresse 10.16.192.24 geben, ohne mit Problem (IP-Konflikten) rechnen zu müssen?

Bestimmte Adressen dienen speziellen Zwecken

keine Adressen 0.x.x.x oder 127.x.x.x

127.0.0.1 ist immer der eigene Netzwerk-Anschluss selbst (Loop)
damit immer Test der Netzwerk-Adresse möglich

169.254.0.0/16

ab 224.x.x.x für Multicast reserviert
Versand / Information von Gruppen von Empfängern

Klassen-Kennung + Präfix + Suffix

Klasse	Kenn-Bits	Bits im Präfix	max. Anzahl mögl. Netze		Bits im Suffix	max. Anzahl mögl. Hosts pro Netz	
A	0	**7**	2^7	128	**24**	$2^{24} - 2$	16'777'214
B	10	**14**	2^{14}	16'384	**16**	$2^{16} - 2$	65'534
C	110	**21**	2^{21}	2'097'152	**8**	$2^8 - 2$	254

diverse Adressen noch reserviert für verschiedenste / zukünftige Zwecke

CIDR-Notation (Classless Inter-Domain Routing)
statt der Netzmaske wird hinter der IP-Adresse und einem Schrägstrich die Anzahl der 1-Bits geschrieben
also bei 255.255.255.0 → /24

Netzwerk-Adresse:	**dez**	**192.168.0.34**	
Netz-Maske:	**dez**	**255.255.255.0**	
	dez	**/24**	CIDR
Netzwerk-Adresse:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.0010 0010	
Netz-Maske:	bin	1111 1111.1111 1111.1111 1111.0000 0000	
Netz-Teil:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.	
Netz-Teil:	**dez**	**192.168.0.**	
Host:	bin	.0010 0010	
Host-Teil:	**dez**	**.34**	

Netz-Adresse

Berechnung der Netz-Adresse = IP-Adresse UND Netzmaske
Netz-Adresse auch NID (Netz-ID)

Netzwerk-Adresse:	bin		1100 0000.1010 1000.0000 0000.0010 0010
Netz-Maske:	bin	UND	1111 1111.1111 1111.1111 1111.0000 0000
Netz-Adresse:	bin		1100 0000.1010 1000.0000 0000.0000 0000

entspricht:

Netz-Adresse:	**dez**	**192.168.0.0**

Host-Adresse

Berechnung Host-Adresse = IP-Adresse UND NICHT Netzmaske
Host-Adresse = Host-Nummer

Netzwerk-Adresse:	bin		1100 0000.1010 1000.0000 0000.0010 0010
NICHT Netz-Maske:	bin	UND	0000 0000.0000 0000.0000 0000.1111 1111
Host-Adresse:	bin		0000 0000.0000 0000.0000 0000.0010 0010

entspricht:

Host-Adresse:	**dez**	**192.168.0.34**

Anzahl Hosts

Berechnung der möglichen Host-Stationen = $2^{(32 - \text{Netzmaske-Bits})} - 2$

Host-Anzahl:	**dez**	$\mathbf{2^{(32-24)} - 2 = 2^8 - 2 = 256 - 2 = 254}$	

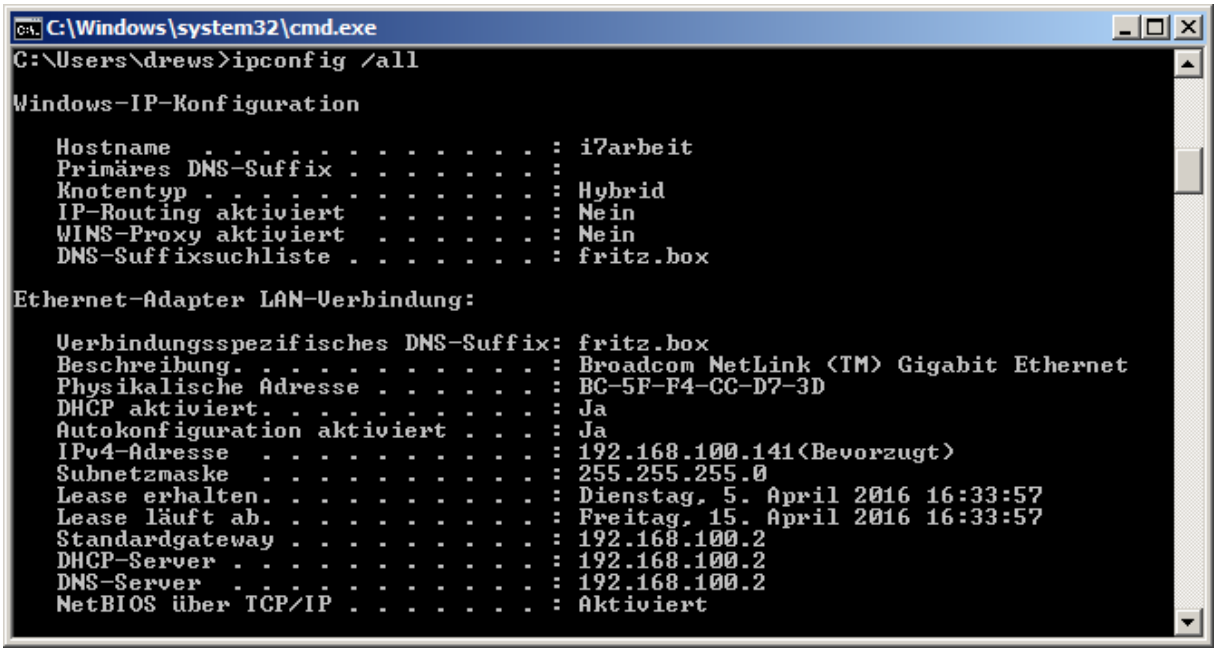
bzw. über den direkten Weg:

Abdressbereich bis:	bin	.1111 1111	
Adressenanzahl	**dez**	**256**	
Host-Anzahl:	**dez**	256 - 2 = **254**	

Um alle relevanten Daten zum Host und seinem Netz zu ermitteln kann folgendes Schema verwendet werden:

Netzwerk-Adresse:	**dez**	**192.168.0.34**	
Netz-Maske:	**dez**	**255.255.255.0**	
	dez	**/24**	CIDR
Netzwerk-Adresse:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.0010 0010	
Netz-Maske:	bin	1111 1111.1111 1111.1111 1111.0000 0000	
Netz-Teil:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.	
Netz-Teil:	**dez**	**192.168.0.**	
Host:	bin	.0010 0010	
Host-Teil:	**dez**	**.34**	
Host-Adressen:			
Adressbereich von:	bin	.0000 0000	
Netzname:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.0000 0000	
Netzname:	**dez**	**192.168.0.0**	
Abdressbereich bis:	bin	.1111 1111	
Adressenanzahl	**dez**	**256**	
Broadcast:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.1111 1111	
Broadcast:	**dez**	**192.168.0.255**	
Host-Anzahl:	**dez**	256 - 2 = **254**	
1. Host (Nr.):	bin	0000 0001	
1. Host (Nr.):	**dez**	**1**	immer so
1. Hostadresse:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.0000 0001	
1. Hostadresse:	**dez**	**192.168.0.1**	
n. Host (Nr.):	bin	1111 1110	
n. Host (Nr.):	**dez**	**254**	
n. Hostadresse:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.1111 1110	
n. Hostadresse:	**dez**	**192.168.0.254**	

IP-Rechner in Netz:
http://www.trinler.net/de/service/tools/ipcalc.html



ursprüngliche Adressierung / classful routing
Netzwerk-Klassen (IPv4)

Netzwerk-Klasse	Netz-Anteil	Host-Anteil	IP-Bereich / -Adresse	Netzwerk-Maske	Anzahl Adresse	Anzahl Subnetze	
A	8 bit	24 bit	10.0.0.0 → 10.255.255.255	**0**1111111 00000000 00000000 0000000 255.0.0.0 /8	16'777'216	128	weltweite / überregionale Netze
B	16 bit	16 bit	172.16.0.0 → 172.31.255.255 169.254.0.0 → 169.254.255.255	**10**111111 11111111 00000000 00000000 255.255.0.0 /16	65'536	16'384	Standard Firmen-Netze
C	24 bit	8 bit	192.168.0.0 → 192.168.255.255	**110**11111 11111111 11111111 00000000 255.255.255.0 /24	256	2'097'152	Standard Heim- und Firmen-Netze (klein)
D	4 bit	28 bit		11100000 00000000 00000000 00000000 224.0.0.0 /4			für Multicast-Gruppen
E	4 bit	28 bit		11110000 00000000 00000000 00000000 240.0.0.0 /4			für zukünftige Zwecke reserviert

abgelöst 1993 durch Klassen-lose IP-Addressierung (CIDR)
praktisch breite Zurverfügungstellung fast des gesamten Adressbereiches

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Klassen-lose Netzwerk-Adressen (CIDR)

Netzwerk-Klassen sind praktisch immer überdimensioniert
dazu kam historisch bedingte und wenig durchdachte Zuordnung der Netzwerk-Klassen
Universität von Berkeley hat ein Klasse A-Netz aber nicht mal annähernd 16 Mill. Rechner

CIDR wurde 1993 eingeführt
CIDR .. Classless Interdomain Routing
lässt feine Aufteilung der Netze zu

Einführung der variablen Netz-Maske (Subnetz-Maske)
Schachtelung in Subnetze möglich, die für sich optimale (minimale) Größe haben

Netzwerk-Adresse:	**dez**	**192.168.190.156**	
Netz-Maske:	**dez**	**255.255.224.0**	
	dez	**/19**	CIDR
Netzwerk-Adresse:	bin	1100 0000.1010 1000.1011 1110.1001 1100	
Netz-Maske:	bin	1111 1111.1111 1111.1110 0000.0000 0000	
Netz-Teil:	bin	1100 0000.1010 1000.1010 0000	
Netz-Teil:	**dez**	**192.168.160**	
Host:	bin	0001 1110.1001 1100	
Host-Teil:	**dez**	**30.156**	
Host-Adressen:			
Adressbereich von:	bin	0 0000.0000 0000	
Netzname:	bin	1100 0000.1010 1000.1010 0000.0000 0000	
Netzname:	**dez**	**192.168.0.0**	
Abdressbereich bis:	bin	1 1111.1111 1111	
Adressenanzahl	**dez**	**8192**	
Broadcast:	bin	1100 0000.1010 1000.1011 1111.1111 1111	
Broadcast:	**dez**	**192.168.191.255**	
Host-Anzahl:	**dez**	8192 - 2 = **8190**	
1. Host (Nr.):	bin	1010 0000 0000 0001	
1. Host (Nr.):	**dez**	**1**	immer so
1. Hostadresse:	bin	1100 0000.1010 1000.0000 0000.0000 0001	
1. Hostadresse:	**dez**	**192.168.160.1**	
n. Host (Nr.):	bin	1011 1111.1111 1110	
n. Host (Nr.):	**dez**	**8191**	
n. Hostadresse:	bin	1100 0000.1010 1000.1011 1111.1111 1110	
n. Hostadresse:	**dez**	**192.168.191.254**	

Netzwerk-Adresse:	**dez**	**192.168.222.24**	
Netz-Maske:	**dez**	**255.255.255.240**	
	dez	**/28**	CIDR
Netzwerk-Adresse:	bin	1100 0000.1010 1000.1101 1110.0001 1000	
Netz-Maske:	bin	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	
Netz-Teil:	bin	1100 0000.1010 1000.1101 1110.0001 0000	
Netz-Teil:	**dez**	**192.168.222.16**	
Host:	bin	. 0000 1000	
Host-Teil:	**dez**	**.8**	
Host-Adressen:			
Adressbereich von:	bin	.0000 0000	
Netzname:	bin	1100 0000.1010 1000.1101 1110.0001 0000	
Netzname:	**dez**	**192.168.222.16**	
Abdressbereich bis:	bin	.0000 1111	
Adressenanzahl	**dez**	**16**	
Broadcast:	bin	1100 0000.1010 1000.1101 1110.0001 1111	
Broadcast:	**dez**	**192.168.222.31**	
Host-Anzahl:	**dez**	16 - 2 = **14**	
1. Host (Nr.):	bin	0000 0001	
1. Host (Nr.):	**dez**	**1**	immer so
1. Hostadresse:	bin	1100 0000.1010 1000.1101 1110.0001 0001	
1. Hostadresse:	**dez**	**192.168.222.17**	
n. Host (Nr.):	bin	0000 1110	
n. Host (Nr.):	**dez**	**14**	
n. Hostadresse:	bin	1100 0000.1010 1000.1101 1110.0001 1110	
n. Hostadresse:	**dez**	**192.168.222.30**	

Berechnungen der Netzwerk-Adressen-Teile:

(direkte) **Broadcast-Addresse** = Netzwerk-Adresse ODER NICHT Netz-Maske

Netz-Adresse = Netzwerk-Adresse UND Netz-Maske

Host-Adresse = Netzwerk-Adresse UND NICHT Netz-Maske

jeder Netzwerk-Architekt / -Administrator kann / sollte jetzt eine für seine Verhältnisse / Firma / Einrichtung passende Netzmaske auswählen, um die Adressen optimal auszunutzen
immer ein paar Adressen Reserve einplanen
aus meiner Sicht als Adminstrator: wenn es die Klassen-lose Adressierung sein soll, dann ungefähr die Hälfte bis die gleiche Anzahl aktuell vorhandener Hosts hinzufügen
nichts ist grausiger, als alles von vorne neu zu adressieren

traditionell bleiben die meisten Admins bei den Netzwerk-Klassen
Nummern lassen sich schnell merken, können immer gleich in verschiedenen Netzen angewendet werden, großer Erfahrungs-Schatz → geringere Fehler-Quote
ist auch mein Arbeiten
üblicherweise sind die kleinen Admins nur Klasse C-Netz-Betreuer
echte Admins haben gößere Netze, da wird erfahrungsgemäßig sowieso anders gearbeitet

Berechnungen der optimalen Netz- / Subnetz-Maske:

gegeben: zugewiesenes Netz 194.123.0.0/23 (von ICANN)

Einrichtung	benötige Hosts	Teilnetz	
Haus 1	123	A	
Haus 2	12		
Haus 3	34	B	
Haus 4	77	C	

Algorithmus zum Berechnen:

1. Sortieren der Teilnetze nach Hostanzahl → HA_x	$HA_A = 135$; $HA_B = 34$; $HA_C = 77$ $HA_1 = 135$ $HA_2 = 77$ $HA_3 = 34$
2. Hostanzahl um 2 erhöhen (für Netzwerk + Broadcast) → $HN_x = HA_x + 2$	$HN_1 = 137$ $HN_2 = 79$ $HN_3 = 36$
3. nächsthöhere Größe 2^n suchen → HAB_x $n_x = 1 + ABRUNDEN(\log HN_x / \log 2)$ $HAB_x = 2^n$	$n_1 = 8 \rightarrow HAB_1 = 256$ $n_2 = 7 \rightarrow HAB_2 = 128$ $n_3 = 6 \rightarrow HAB_3 = 64$
4. max. Hostanzahl HM_x berechen (abziehen von Netzwerk und Broadcast) $HM_x = HAB_x - 2$	$HM_1 = 254$ $HM_2 = 126$ $HM_3 = 62$
5. CIDR für Subnetz x berechen → CDIRx $CDIR_x = 32 - n_x$	$CDIR_1 = 24$ $CDIR_2 = 25$ $CDIR_3 = 26$
6. Subnetz 1: Netz-Adresse → NID_1 erste freie Addresse	$NID_1 = 194.123.0.0/24$
7. erste IP im 1. Subnetz → $IP_{11} = NID_1 + 1$	$IP_{11} = 194.123.0.1$
8. letzte IP im 1. Subnetz → IP_{m1} $IP_{m1} = NID_1 + HN_{x1}$	$IP_{m1} = 194.123.0.254$
9. Broadcast-IP im 1. Subnetz → BC_1 $BC_1 = IP_{m1} + 1$	$BC_1 = 194.123.0.255$
10. Subnetz 2: Netz-Adresse → NID_2 $NID_{x+1} = BC_x + 1$	$NID_2 = 194.123.1.0/25$
11. äquivalent zu 7: $IP_x = NID_x + 1$	$IP_{21} = 194.123.1.1$
12. letzte IP im 1. Subnetz → IP_{mx} $IP_{mx} = NID_x + HN_{x1}$	$IP_{21} = 194.123.1.126$
13. Broadcast-IP im 1. Subnetz → BC_1 $BC_x = IP_{mx} + 1$	$BC_2 = 194.123.1.127$
14. Subnetz 2: Netz-Adresse → NID_{x+1} $NID_{x+1} = BC_x + 1$	$NID_3 = 194.123.1.128$
15. … bis alle Subnetze (x) abgearbeitet sind	…

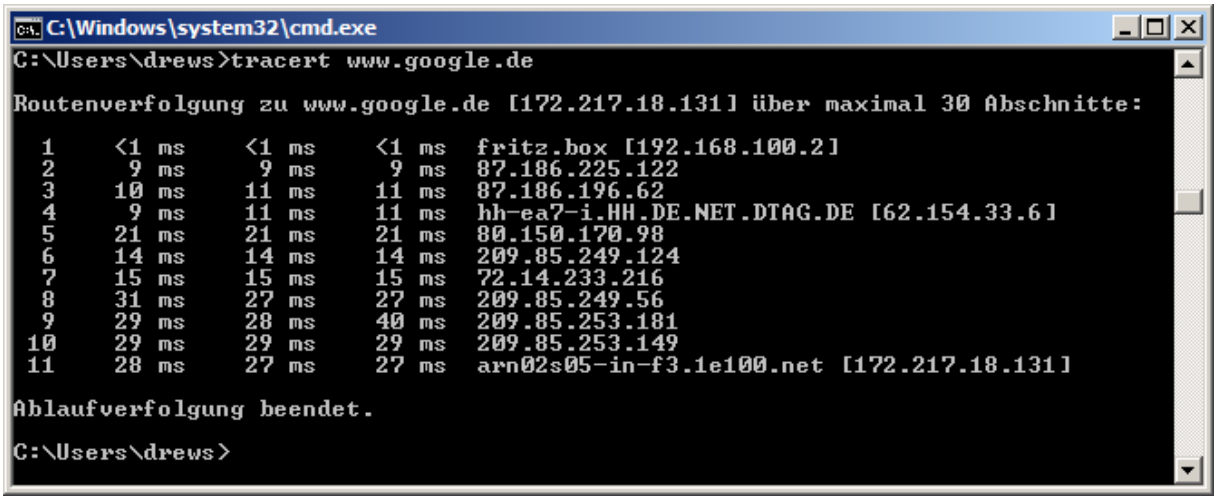
Netze der Klassen-losen Addressierung

Not.	Netz-Maske		Adressen, gesamt	nutzbare Addressen	Bemerkungen
	dezimal Not.	binäre Notierung			
/0	0.0.0.0	0000 0000.0000 0000.0000 0000.0000 0000	4'294'967'296	intern Einteilung in Subnetze	
/1	128.0.0.0	1000 0000.0000 0000.0000 0000.0000 0000	2'147'483'648		
/2	192.0.0.0	1100 0000.0000 0000.0000 0000.0000 0000	1'073'741'824		
/3	224.0.0.0	1110 0000.0000 0000.0000 0000.0000 0000	536'870'912		
/4	240.0.0.0	1111 0000.0000 0000.0000 0000.0000 0000	268'435'456		
/5	248.0.0.0	1111 1000.0000 0000.0000 0000.0000 0000	134'217'728		
/6	252.0.0.0	1111 1100.0000 0000.0000 0000.0000 0000	67'108'864		
/7	254.0.0.0	1111 1110.0000 0000.0000 0000.0000 0000	33'554'432		
/8	255.0.0.0	1111 1111.0000 0000.0000 0000.0000 0000	16'777'216	16'777'214	ehem. Class A
/9	255.128.0.0	1111 1111.1000 0000.0000 0000.0000 0000	8'388'608	8'388'606	
/10	255.192.0.0	1111 1111.1100 0000.0000 0000.0000 0000	4'194'304	4'194'302	
/11	255.224.0.0	1111 1111.1110 0000.0000 0000.0000 0000	2'097'152	2'097'150	
/12	255.240.0.0	1111 1111.1111 0000.0000 0000.0000 0000	1'048'576	1'048'574	
/13	255.248.0.0	1111 1111.1111 1000.0000 0000.0000 0000	524'288	524'286	
/14	255.252.0.0	1111 1111.1111 1100.0000 0000.0000 0000	262'144	262'142	
/15	255.254.0.0	1111 1111.1111 1110.0000 0000.0000 0000	131'072	131'070	
/16	255.255.0.0	1111 1111.1111 1111.0000 0000.0000 0000	65'536	65'534	ehem. Class B
/17	255.255.128.0	1111 1111.1111 1111.1000 0000.0000 0000	32'768	32'766	
/18	255.255.192.0	1111 1111.1111 1111.1100 0000.0000 0000	16'384	16'382	
/19	255.255.224.0	1111 1111.1111 1111.1110 0000.0000 0000	8'192	8'190	
/20	255.255.240.0	1111 1111.1111 1111.1111 0000.0000 0000	4'096	4'094	
/21	255.255.248.0	1111 1111.1111 1111.1111 1000.0000 0000	2'048	2'046	
/22	255.255.252.0	1111 1111.1111 1111.1111 1100.0000 0000	1'024	1'022	
/23	255.255.254.0	1111 1111.1111 1111.1111 1110.0000 0000	512	510	
/24	255.255.255.0	1111 1111.1111 1111.1111 1111.0000 0000	256	254	ehem. Class C
/25	255.255.255.128	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1000 0000	128	126	
/26	255.255.255.192	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1100 0000	64	62	
/27	255.255.255.224	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1110 0000	32	30	
/28	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	16	14	
/29	255.255.255.248	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1000	8	6	
/30	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1100	4	2	Verbindungsnetz zwischen 2 Routern
/31	255.255.255.254	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1110	2	1	Sonderfall; Point-to-Point-Verbindungen
/32	255.255.255.255	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1111	1	1	Sonderfall; einzelner Host

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

DNS-Service (DNS = Domain Name-System) zum Umgehen der IP-Adressen
Umsetzung von IP-Adresse (172.217.18.131) in Text-Adresse (www.google.de)

Weg-Verfolgung im Internet
unter Windows: in der Konsole (**cmd**) mittels **tracert** *adresse*
adresse kann dabei eine IP-Nummer, eine Internet-Adresse oder eine lokale Netzwerk-Adresse bzw. –Ressource sein



zur Nutzung des heutigen Internets auf der Basis von IPv4 ist Network Adress Translation (NAT) notwendig, um die überzählgen Endgeräte ins Netz einzubinden

NAT ist ein Umschreiben der Adresse in den IP-Headern, dabei ist vorrangig die Absender-Adresse gemeint (Adresse im privaten Netz in die öffentliche Adresse im Providernetz)

Probleme tauchen auf beim Zugriff von außen auf Geräte im privaten Netz, z.B. bei Heimsteuerung (smart home), VPN-Verbindungen, Voice over IP (VoIP) oder Multimedia-Übertragungen

Problem entsteht dadurch, dass sich mehrere Endnutzer beim Provider eine IPv4-Adresse teilen (CGNAT, Carrier Grade NAT), damit keine eindeutige Zuordnung der zurückkommenden IP-Pakete möglich; CGNAT beinhaltet eine zweifache Adress-Umschreibung, wofür die meisten Internet-Protokolle (stammen ja auch meist aus den Anfangsstunden des Internets) nicht klar kommen
Konsequenz ist die Sperrung des Zugriffs von außen bim CGNAT

so z.B. für die Heimsteuerung immer ein Cloud-Account notwendig
daraus ergeben sich Probleme beim Datenschutz (Wo steht der Server? Welche Datenschutz-Regeln gelten?)

IP-Adresse Version 6 (IPv6)

(dieser Abschnitt basiert sehr stark auf dem open-hpi-Kurs "IPv6 in modernen Netzwerken" von Prof. W. BOEDDINGHAUS (Juni/Juli 2018); Hasso Plattner Institut
Kurs als Selbststudien-Version unter: https://open.hpi.de/)

Gründe für die Ablösung von IPv4 durch IPv6

- Protokoll technisch veraltet (seit 1983 in Benutzung)
- historisch gemachte ungünstige Vergabe großer Adress-Bereiche
- technisch begründet lassen sich bestimmte Adressen / Adress-Bereiche nicht nutzen
  - 224.0.0.0 für Multicast reserviert
  - Adressen über 240.0.0.0 nicht vorgesehen
- außer für Afrika keine freien Adressen mehr verfügbar (akt. Marktpreis eine Ipv4-Adresse außerhalb von Afrika rund 15 €)
- bis 2022 sind geschätzt rund 50 Mrd. Adressen für IoT-Geräte notwendig
- praktisch wird Netzwerk-Design problematisch
- es muss mit NAT (Network Adress Translation) bzw. CGNAT (Carrier Grade NAT) gearbeitet werden
- es kann im Fehlerfall nur eines Gerätes zu Mehrfachausfällen auch an anderen Geräten kommen (Fate Sharing)
- Fehler am Router betrifft häufig das gesamte Netz
- Security-Vorfälle betreffen häufig ganze (Teil-)Netze
- Adressen werden selbst in privaten Netzen knapp; Änderungen unerwüscht, weil aufwendig (auch Kosten-intensiv), Fehler-anfällig und Problem-behaftet
- …

wegen Mangel an nutzbaren Adressen und der immer mehr steigenden Anzahl von Netzwerk-Geräten (vom Computer über Fernseher bis zum Rolladen usw. usf.) musste neue Adressierungs-Art eingeführt werden
neue Art sollte viele Jahrzehnte Bestand haben können, deshalb zweifache Skalierung:
Anzahl der Nummern-Blöcke von 4 auf 6 vergrößert
die Größe der Nummern in einem Block von 256 auf 65536 erhöht
Nummern werden als vier Hexadezimalziffern notiert und mit Doppelpunkt getrennt
bestimmte Teile mit ausschließlich Nullen können vereinfacht geschrieben werden, dadurch sind u.U. weniger Blöcke in Verwendung

Aufgaben:

1. *Berechnen Sie die theoretisch verfügbare Adressen-Anzahl für das IPv6-System!*
2. *Schätzen Sie, wieviele Adressen pro Quadratmillimeter Erdoberfläche bei gleichmäßiger Verteilung (die Erde sei eine Kugel!) bereit stehen könnten!*
3. *Berechnen Sie wieviele Adressen theoretisch für einen Quadratmillimeter Erdoberfläche zur Verfügung stehen (bei immer noch gleichmäßiger Verteilung!)!*
4. *Vergleichen Sie IPv4 und IPv6!*

128 bit lang; 8 Blöcke aus 4 Hexadezimalzahlen

2-Byte-Blöcke mit Doppelpunkt getrennt

führende Nullen dürfen weggelassen werden

genau ein Block aus (nur) Nullen kann durch **::** ersetzt werden

```
2001:0db8:0000:0000:03a4:0000:0000:9f21

2001:db8:0:0:3a4:0:0:9f21

2001:db8:0:0:3a4:0:0:9f21  →  2001:db8::3a4:0:0:9f21
2001:db8:0:0:3a4:0:0:9f21  →  2001:db8:0:0:3a4::9f21
```

verkürzte Schreibweis nur für die Kommunikation mit dem menschen oder der Menschen untereinander gedacht, für Computer bleibt es eine 128-bit-Zahl (16-Byte-Zahl)

IPv6-Adresse besteht aus zwei gleichgroßen Teilen je 64 bit oder 8 Byte (bzw. 4 (Byte-)Word / 16-bit-Word)

die ersten 8 Byte sind der Network Identifier

die letzten 8 Byte sind der Interface Identifier

damit ist jedes Netzwerk (Ethernet-Segment unter IPv6) immer ein /64-Netzwerk

```
Network Identifier Interface Identifier
                          Host Identifier
????:????:????:????:????:????:????:????
```

```
2001:db8::3a4:0:0:9f21
2001:db8:0:0:3a4::9f21
```

es können ausnahmensweise auch kleinere Netzwerke festgelegt werden, dann entfallen aber die Host-Adresse mit den höheren Nummern

die ersten 64 bit sind der Netz-Präfix;
beginnt bei automatische Adress-Vergabe (beim Start eines Rechners) mit fe80; alle anderen Bits sind 0
der Internet-Provider vergibt dann später einen neuen Netz-Präfix für die Indentifizierung im Internet

letzte 4 Blöcke (64 bit) sind Host-Teil
sie wird aus MAC-Adresse berechnet: in der MAC-Adresse wird im 1. Byte das 7. Bit invertiert; in diese Byte-Folge wird mittig fffe eingefügt

Aufgaben:

1. *Ermitteln Sie die automatischen IPv6-Adressen zu folgenden MAC-Adressen:*
   a) b)
   c) d)
2. *Eine automatische erzeugte IPv6-Adresse ist nur für die Kommunikation in einem LAN zweckmäßig. Begründen Sie diese Aussage!*

praktisch ist das $(IPv4)^4$ also IPv4 x IPv4 x IPv4 x IPv4
insgesamt jetzt 2^{128} = 340'282'366'920'938'463'374'507'431'768'211'456 Adressen verfügbar
340 * 10^{33} Adressen → 340 Pentrionen Adressen
Anzahl Adressen reicht aus, um für jeden Quadratmillimeter der Erdoberfläche 665'570'793'348'866'944 (665 * 10^{15} = 655 Trillionen) bereit zu stellen. Das sind mehr als heute mit IPv4 insgesamt vorhanden sind.

neue Parsung der Adressen notwendig (Umstellung von Software auf verschiedenen Schichtebenen)

Adress-Vergabe

IANA () vergibt Adress-Bereiche an (Regional Registrys):

- LACNIC (Latin America and Caribbean NIC)
- APNIC (Asia Pacific NIC)
- RIPE (Réseaux IP Européens), speziell: RIPE NCC
- ARIN (America Registry for Internet Numbers)
- AfriNIC (Africa NIC)

diese vergeben dann wieder Unterbereich an die nationalen Registrationen

für den heimischen PC und die anderen Geräte im heimischen Netz werden die Adressen dann vom Provider vergeben (erfolgt hier automatisch)

für Firmen usw. besteht die Möglichkeit:

- von einem Provider eine / mehrere Adressen zu beziehen (erfolgt meist automatisch)
- direkter Kauf einer IPv6-Adresse mit einer Mitgliedschaft in der RIPE
- über den Provider als gesponsorter Vertreter

Internet ist in tausenden Autonomen System (AS)
jedes AS hat eine eindeutige Nummer
Vergabe der Nummern über die RIPE NCC ähnlich wie bei den IPv6-Adressen
über den Anschluss an einen, zwei oder mehrere Provider kann man eine eigenständige AS werden
man wird so Teil des Internets
auch Anschluss an Peering-Punkte ist für die Organisation eines AS
Grundprotokoll der AS untereinander ist BGP4 (Border Gateway Protocol 4)
stabiles und robustes IPV

Netzwerk-Klassen (IPv6)

praktisch auch CDIR realisiert
also Klassenlose Adressierung, wegen der schon so vorhandenen Adressen-Anzahl wenig genutzt

alle Netze sind pro forma /64-Netzwerke
werden kleinere Netzwerke gebraucht, dann lassen sich diese zwar festlegen, die höheren Netzwerke sind dann nicht nutzbar

Maskierung würde jetzt über F's efolgen, da diese in der Hexadezimal-Darstellung für die volle Besetzung der Biststellen mit Einsen entspricht $F_{16} = 1111_2$

IPv6-Adresse:	????:????:????:????:????:????:????:????
Netzwerk-Maske (/64):	FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:0000:0000:0000:0000

IPv6 ist auch heute (2018) noch in derFrühphase der Umsetzung (vor allem durch den Parallel-Betrieb von IPv4 und IPv6 bedingt)

in einem /32-Netzwerk beginnt die IPv6-Adresse mit dem von der RIPE festgelegten Network Identifier gefolgt von 32 bit für die eigene Vergabe
d.h. praktisch kann jeder IPv6-Adress-Besitzer in einem /32-Netzwerk rund 4,3 Mrd. eigene Netzwerke anlegen; jedes dieser Netzwerke könnte rund 18,5 Mrd. Endpunkte (Hosts) beinhalten

	RIPE-Vorgabe	eigene Netze	Hosts in einem eigenen Netz
IPv6-Adresse:	????:????:	????:????	:????:????:????:????
Netzwerk-Maske (/64):	FFFF:FFFF:	0000:0000	:0000:0000:0000:0000

meist ein Standard-Gateway aus einem anderen Adress-Bereich

Arten von IPv6

- **Link Local Adress** FE80::/10
- **Site Local Adress** FEC0::/10
  als Ersatz für lokale Netzwerke gedacht (also wie Klasse C, B- und A-Netzen in IPv4; z.B.: 192.168.0.0/16)
  derzeit abgeschafft; !nicht benutzen; im Router Weiterleitung verhindern (in beiden Richtungen)!
- **Unique Local Adress** FC00::/7
  unterteilt in zwei Unterbereiche:
  - FD00::/8 → frei nutzbar
  - FC00::/8 → für eine ev. zentrale Registrierung reserviert

  nur lokale Benutzung zugelassen (auch bei den offiziell vergebenen Adresse auch dem FD00-Bereich
  müssen ebenfalls im Router blockiert werden
  nur lokales Reverse DNS möglich (globales RDNS geht nicht!)
- **Documentation Prefix** 2001:DB8::/32
  Netzwerk nur für unspezifische / allgemeine Dokumentationen
  kein echtes nutzbares Netz!!! darf praktisch nicht verwendet werden
  in Firewall eingehend u. aussgehend verwerfen / rausfiltern
- **Global Unicast Adress** 2000::/3
  öffentliche Internet-Adressen
  (derzeit nur 1/8 des verfügbaren Adress-Raumes benutzt, der Rest wird derzeit noch nicht vergeben (riesige Reserve))
  nur dieser Raum sollte in der Firewall gestattet werden
  reverse DNS ist vorhanden und nutzbar
  Vergabe der Adressen erfolgt über die RIR (in Europa ist es die RIPE)
- **Multicast Adress** FF00::/8
  zu erkennen an den 2 F's am Anfang
  praktische Anwendungen:
  - Verteilung von Inhalten
    - Video
    - Börsenkurse
  - Automatisierung im Netzwerk
    -

  im Normalfall in der Firewall verwerfen (nur bei speziellen Anwendungen durchlassen)
  der Adressbereich FF02::/16 ist für Multicast Link Local vorgesehen
  (in Verbindung mit den Link Local Adressen (FE80::/10) können sich Rechner und Router usw. automtisch im Netzwerk finden; Aktivierung sofort mit dem Interface; sofort Kommunikation auf Layer 3 möglich)

Gemeinsamkeiten aller IPv6-Adressen:
128 bit lang
64 bit Network Identifier
64 bit Interface Identifier / Host Identifier

"Global Unicast"-Adressen

öffentliche Adressen für den Verbindungsaufbau ins Internet

"Link Local"-Adressen

beginnen mit FE80:: …
in Windows 10 "Verbindungs**lokale** IPv6-Adresse" genannt (vielleicht etwas ungünstig eingedeutscht

eine Zweite Link Local Adresse ist der Standard-Gateway

			normal		Host-Identifier		Windows-	
		Vorgabe	Nullen		(zufällig)		Interface	
IPv6-Adresse:	FE80	0000	0000	0000	????	????	????	???? %16
verkürzt:	FE80				????	????	????	???? %16

jedes Interface bekommt sofort und immer eine Link Local Adresse und kann damit auf Layer 3 (→ ISO-OSI-Modell) arbeiten
deshalb kein Warten z.B. auf einen DHCP-Server (wie bei IPv4) und dann erst Kommunikation über Layer 2
Pakete an Link Local-Adressen werden nicht ins Internet geroutet
sie sind im eigenen Netz (LAN) eingesperrt

Netzwerk-Automatisierung

neues Feature von IPv6 (bei IPv4 nicht vorhanden)
ermöglicht das gegenseitige Finden von Device's im Netzwerk (Drucker, Rechner, Router, Server, …)
automatisches Finden / automatisches Suchen des oder der Router über Router Solicitation (RS; ICMPv6 Paket)
aktives Melden des oder der Router über Router Advertisement (RA; ICMPv6 Paket) (auf Anfrage durch Router Solicitation); auch periodisch Absendung

ICMPv6-Paket ist ein Layer 3 Paket, welches Link Local und Link Local Multicast-Adressen beinhaltet
im vom Router zurückgesendeten Paket befindet die Information lokalen Global Unicast Netzwerk (den im Netzwerk gültigen Network Identifier)) und auch wirklich nur diesen Teil einer IPv6-Adresse

```
                                Network Identifier Interface Identifier
                                                        Host Identifier
                                2001:0db8:0000:0000:03a4:0000:0000:9f21
                                    2001:db8:0:0::/64
```

der Documention Prefix 2001:db8::/64 muss im konkreten Netz durch die (zugewiesene) Netzwerk-Adresse ersetzt werden
der Host Identifier muss der Host selbst festlegen
damit völlig automatisch Adress-Festlegung (kein adminstrativer Eingriff mehr notwendig)
aber trotzdem statische Konfiguration möglich (z.B. Server, Drucker, …)
Default-Gateway wird am Rechner / Host automatisch aus der Absende-Adresse des Router Advertisement Paketes entnommen und beim Host eingetragen
die Information über den lokalen DNS-Server kann über das Router Advertisement Paket erfolgen oder man nutzt einen DHCPv6-Server

DHCPv6

unterschiedliche Funktionen und Leistungen im Vergleich zu IPv4
DHCPv6 regelt nicht die lokale Adress.Vergabe (die ist schon vorher automatisch erfolgt)
Übertragung beschräkt sich auf zusätzliche Informationen (über Router Advertisement: z.B. DNS, Time-Server, SIP-Server, …)
da der DHCPv6-Server keine Tabellen mehr führen muss, spricht man vom stateless DHCPv6
für Linux und Windows 10 (ab Version 1703) verfügbar
nicht bei Android (weil der Mobilfunk das derzeit nicht unterstützt; Wechsel von Funkzellen bereit technisches Problem)

beim stateful DHCPv6 fragt Rechner nach einer Adresse und den zusätzlichen Information (wie beim stateless DHCPv6)
Rechner bekommt zusätzlich eine IPv6-Adresse zurück, die beim Server in einer Tabelle eingetragen wird
diese neue Adresse bekommt der Rechner zusätzlich zu seinen – vorher schon – generierten Adressen
so kann es passiern, das auf einem Interface bis zu drei Adressen vergeben sind (alle sind nutzbar!)
für eingehende Verbindungen alle nutzbar, für ausgehende Verbindungen wird nur die temporäre Adresse (Global Unicast) genutzt (nicht die vom DHCP-Server)
DHCPv6-Server liefert nicht die Default Gateway Adresse (die kommt vom Router über RA)

	DNCPv4	DHCPv6
Gemeinsamkeiten	stateful DHCP möglich (aber unterschiedliche Funktionabilität!)	
Unterschiede	nur stateful DHCP Konfiguration des Interface bestimmt über DHCP Vergabe einer IPv4-Adresse nur eine Adresse aktiv Übermittlung der Netzwerk-Maske und Netzwerkmaske (damit auch Info über Netzwerkgröße) Vergabe des Default Gateway	stateful und stateless DHCP Steuerung erfolgt über Router Advertisement Vergabe einer zusätzlichen IPv6-Adresse es sind mehrere Adressen aktiv keine Übermittlung der netzwerkmaske oder informationen zur Netzwerkgröße keine Information zum Default Gateway (läuft über Router Advertisement) liefert zusätzliche Adressen (z.B. DNS, Time-Server, SIP-Server, …)

IPv6 unter microsoft® Windows® 10

in Update-Version 1607 gibt es einen ungefixten Fehler bei der IPv6-Verarbeitung

über die Kommandozeile **`cmd`** lassen sich mit dem Befehl **`ipconfig`** die Konfigurationen der aktuellen Netze anzeigen; ev. kann man die Ausgaben noch über die Option **`/all`** hinter **`ipconfig`** (Lehrzeichen-getrennt!) erweitern

bei IPv6 sind einem Interface fast immer mehrere Adressen zugeordnet (bei IPv4 war das praktisch immer nur eine)

Adress-Vergabe erfolgt automatisch und ohne Einwirken von Nutzer oder Adminsitrator
System hat mehrere Möglichkeiten eine Adresse festzulegen

alle modernen Betriebssystem unterstützen IPv6
Kommunikation wird sofort aktiv

- suchen Nachbarn
- suchen den Router
- tauschen Daten aus

praktisch wird IPv6 immer aktiv; eine einfache Deaktivierung ist nur oberflächlich
Geräte kommunizieren von sich aus auf IPv6-Ebene
es ist eher sinnvoll IPv6 aktiv zu nutzen, als es zu "deaktivieren" (und dadurch unbeobachtet wirkt)

Internet-Ressourcen-Adressen

Uniform Resource Locator (URL)

Nutzung von Ressourcen im Web-Browser

Ressourcentyp://Nutzer:Passwort@Computer.Domäne.TopLevelDomäne:Port/Pfad/Datei
Parameter

Bestandteile einer URL

- **Ressoutcentyp** — verwendete Internet-Protokoll
  z.B. http, ftp, …
- **:**
  Doppelpunkt — trennt Ressourcen-Typ und Ressourcen-Zeiger voneinander
- **/**
  Schrägstriche / Slash — // … nicht lokale Ressource → Aktion auf entferntem Rechner
  /// … lokale Ressource → Aktion auf dem eigenen Rechner
  (dritter Schrägstrich steht hier für die oberste Ebene (Root-Verzeichnis), angelehnt an UNIX/Linux-Systeme)
- **Nutzer** — optional
- **Passwort** — optional
- @
  at-Zeichen / Klammeraffe — Ende des Nutzer-Passwort-Bereiches, kann weggelassen werden, wenn keine Nutzer-Kennung verwendet wird
- **Computer**
  Host — genaue Addresierung von Rechner, Domäne und Land / Toplevel-Domäne
- **Domäne** — kann insgesamt durch eine IP-Adresse ersetzt werden
- **Top Level Domäne**
- **Port** — besonderer Port für TCP- bzw. UDP-Services
- **Pfad** — genaue Angabe / Lage einer Ressource / Datei
- **Datei** — hier ist unbedingt auf die exakte Notierung von Groß- und Kelin-Buchstaben zu achten!
- **Parameter** — Beeinflussung der Ressource / Start-Parameter

Beispiele:
file:///C:/Windows/

http://www.web.de

ftp://ftp.beispiel.de/daten/beispiel.zip

mailto:beispiel@web.de

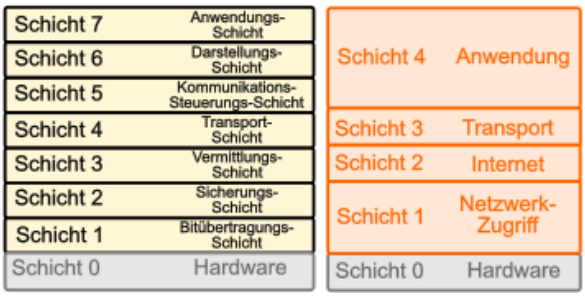
http://www.beispiel.com/
http://www.beispiel.com/index.shtml?variable=wert
http://www.beispiel.com/index.html#impressum

OSI-Adressen

zusammengesetzt aus bis zu 20 Oktetts
so konzipiert, das eine OSI-Adresse weltweit einmalig ist
Ort-unabhängig, da auf den Computer / Host mit seinen Anwendungen spezifiziert
besteht aus Initial Domain Part (IDP) und dem Domain Specific Part (DSP)

der IDP ist für verschiedene Adress-Domänen standardisiert
enthält Länder-Merkmal
innerhalb der DSP gilt die Adressierungs-Autorität für die spezielle Domäne
hier kann der Subnetz-Betreiber eigenständig Festlegungen treffen
meist werden Knoten-Adressen mit benutzt (dies hebelt aber i.A, die Orts-unabhängigkeit wieder aus, was nicht gewünscht ist)

OSI-Netzwerk-Adresse + bis zu drei Sektoren für jeweils die Transport-, Sitzungs- und Darstellungs-Schicht (OSI-Schichten 4 - 6)
Schicht 4 gehört zur Transport-Schicht im TCP/IP-Modell, die anderen beiden Schichten werden hier der Anwendungs-Schicht zugeordnet



ISO-OSI-Modell TCP/IP-Modell

OSI-Adressen werden innerhalb der Darstellungs-Schicht (OSI-Schicht 6) verwendet
sie dient der Adressierung von Anwendungs-Instanzen

Zerlegung nur über spezielle Tabellen möglicht, die bei den IMP's hinterlegt sind

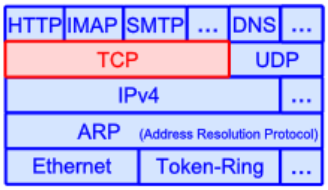
NIC-Adresse

Network Interface Card Adresse → MAC-Adresse

Transport-Schicht

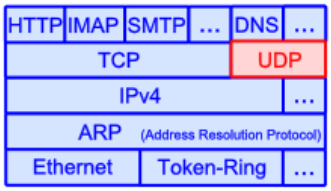
Transmission Control Protocol (TCP)

Verbindungs-orientiert
Fluss-Kontrolle
zuverlässig



User Datagramm Protocol (UDP)

Verbindungs-loses Protokoll
unzuverlässig



ASCII-Code-Tabelle (Basis-Version)

HEX	MSD	0	1	2	3	4	5	6	7
LSD	**bits**	**000**	**001**	**010**	**011**	**100**	**101**	**110**	**111**
0	**0000**	NUL	DLE	SPACE	0	@	P	-	p
1	**0001**	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	**0010**	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	**0011**	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	**0100**	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
5	**0101**	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	**0110**	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	**0111**	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	**1000**	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	**1001**	HAT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	**1010**	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	**1011**	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	**1100**	FF	FS	,	<	L	\	l	--
D	**1101**	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	**1110**	SO	RS	.	>	O	^	n	~
F	**1111**	SI	US	/	?	N	←	o	DEL

wichtige Codes

NUL	NULL	leeres Datenfeld / Byte	
SOH	Start of Heading		
STX	Start of Text		
ETX	End of Text		
EOT	End of Transmission		
ENQ	Enquiry		
ACK	Acknowlegde		
BEL	bell	Signalausgabe	
BS	Backspace		[←]
HT	Horizontal Tabulation	Horizontaler Tabulator	[Tab]
LF	Line Feed	Zeilenvorschub	
VT	Vertcal Tabulation	vertikaler Tabulator (Seitenvorschub)	
CR	Carriage Return	Wagen Rückfahrt / Zeilenrücksprung	[Enter] → LF + CR
SO	Shift Out		
SI	Shift IN		
DLE	Data Link Escape		
DC	Device Control		
NAK	Negative Acknowledge		
SYN	Synchronous Idle		
ETB	End of Transmission Block		
CAN	Cancel	Abbruch	
EM	End of Medium	Papierende	
SUB	Substitute		
ESC	Escape		[Esc]
FS	File Seperator		
GS	Group Seperator		
RS	Record Seperator		
US	Unit Seperator		
SPACE / SP	Space / Blank	Leerzeichen	[ ]
DEL	Delete	Löschen	

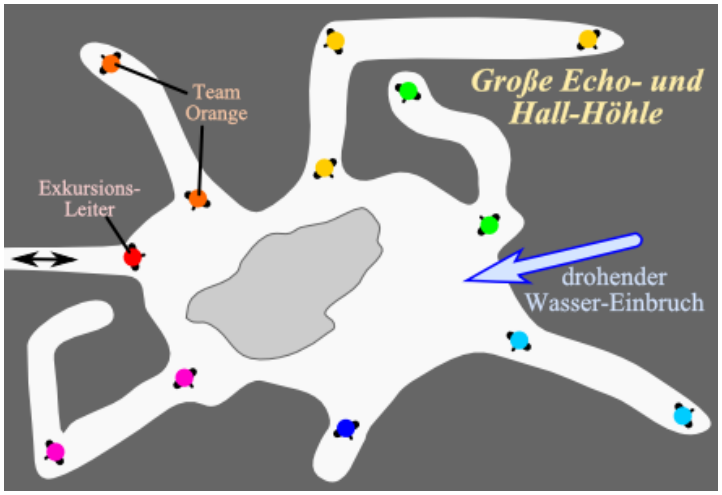
Binär-coded-Decimal - BCD

dezimale Ziffer	BCD		…	Hunderter	Zehner	Einer
0	0000		…	10^2	10^1	10^0
1	0001			0	0	0
2	0010			1	1	1
3	0011			2	2	2
4	0100			…	…	…
5	0101			9	9	9
6	0110					
7	0111		z.B.:	3	7	5
8	1000			0011	0111	0101
9	1001					

3. Protokolle - Grundlagen

Aufgaben:

1. *Teilen Sie sich im Kurs in kleine Gruppen von maximal 4 Teilnehmern! Zwei gehen vor die Tür, zwei bleiben im Raum. Das eine Teil-Team bekommt vom Kurs-Leiter eine spezielle Aufgabe.*
2. *Mit Hilfe von 3 Seilen mit einer Länge von mindestens 5 m bauen Sie auf dem Flur oder dem Schulhof eine Stern-Struktur auf (einer in der Mitte hält die drei Seile, die anderen ordnen sich maximal entfernt an. Nun lösen Sie die Aufgaben auf den Kärtchen, die der Kurs-Leiter verteilt hat! Merken Sie sich die auftretenden Probleme!*
3. *Wiederholen Sie die Aufgabe 2! Dieses Mal dürfen Sie sich vorher absprechen. Notieren Sie kurz die Absprachen!*



Aufgaben:

1. *Sie befinden sich mit einer Gruppe anderer Höhlenforscher in einer riesigen, hallig klingenden Höhle mit vielen Seitenarmen. Jeder Forscher hat einen Seitenarm erforscht und wartet jetzt am Eingang seines Seitenarmes, um den anderen die Erkenntnisse über mögliche Verzweigungen und Ausgänge mitzuteilen. Die Zeit ist begrenzt, da es durch Regen außerhalb der Höhle zu vermehrtem Wassereinbrüchen in das Höhlensystem kommt.*
   Entwickeln Sie ein Protokoll, damit jeder seine Informationen an die anderen weitergeben kann!

Was braucht man für eine funktionierende indirekte Kommunikation?

Was sind Protokolle?

sehr alter Begriff
kommt vom mittelgriechischem protokollon (dt.: Leim, Klebe) und dann folgend ausmittellateinischen protocollum (für: amtliche Papyrus-Rolle; Verhandlungsbericht) ins Deutsche übernommen wurde
auch als Begriff für "Sammlung von Regeln" in Mittelalter genutzt

Definition(en): Protokolle
Protokolle sind Verfahrens-Vorschriften bzw. –Vereinbarungen, die Zeitpunkte, Reihenfolgen und Inhalte (Inhalts-Typen u. -Mengen) von Kommunikationen bestimmen.
Ein Protokoll ist eine Regelwerk, das den Vorgang der Daten-Übertragung / Kommunikation zwischen zwei Kommunikanten beschreibt.

Protokolle in unserem Leben, … (und darüber hinaus)

- **Geburts-Urkunde**
- **Krankschreibung**
- **Kontoauszug, Sparbuch** — Protokolle über unseren Umgang mit Geld
- **Totenschein**
- **Umgangsformen** — Begrüßung, Anstellen an der Kasse, …
- **Tagesordnung** — Ablauf-Vereinbarung für Versammlungen, …
- **Wohnungsübergabe-Protokoll** — Auflistung von Mängeln usw. bei einer Wohnungs-Übergabe
- **Unfall-Protokoll** — Niederschrift zu einem Unfall-Hergang
- **Stenogramm** — Schnell-Mitschrift von Reden, diktierten briefen usw. (z.B. Bundestag, Sekretariaten, …)
- **SMS** — Kurznachrichten-Protokoll (Short Message Service) auf einem Handy / Smartfon
- **WhatsApp** — moderner Instant-Message-Dienst auf Smartfons und Tablets
- **Prüfungs-Protokoll** — Niederschrift über den verlauf und das Ergebnis einer Prüfung
- **diplomatisches Protokoll** — roter Teppich, Kleiderordnung, Tischodnung; Verbeugungen, …
- **Log-Dateien** — Berichte zu Kommunikationen und Installationen auf Computern
- **Start-Protokoll für ein Raumschiff**
-

Aufgaben:

1.
2.
3.

3.x. Kommunikations-Modi

3.x.1. synchrone Datenübertragung

Sender und Empfänger kommunizieren gemeinsam / wechselseitig / abhängig voneinander

Warten der Kommunikanten aufeinander notwendig

Beispiele für synchrone Datenübertragungen

- **Telefonie**
- **Terminal-Server-Sitzungen**
- **Videokonferenzen**
- **ISDN**
-

3.x.2. asynchrone Datenübertragung

Sender und Empfänger kommunizieren losgelöst voneinander

Puffer-Mechanismen (Zwischen-Speicher) notwendig

Beispiele für asynchrone Datenübertragungen

- **SMS**
- **eMail**
- **Instant Messaging**
- **ADSL**
-

Vermittlungs-Arten

- **Leitungs-Vermittlung**
- **Paket-Vermittlung**
-

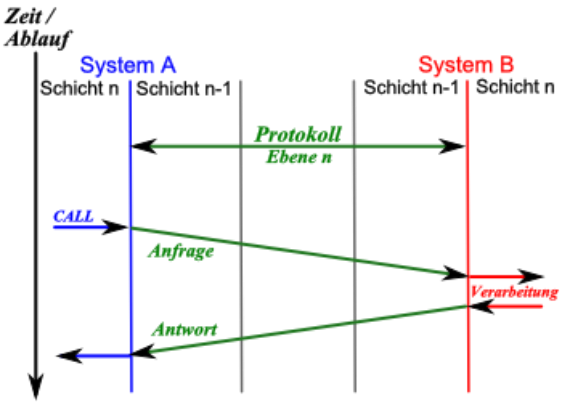
Verbindungs-orientierte Daten-Übertragung

Ablauf

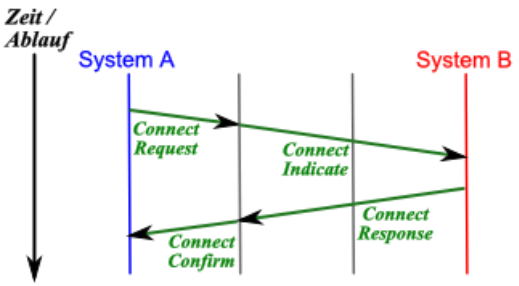
1. **Aufbauphase für Verbindung** — Verbindung wird aufgebaut
2. **Verbindungsphase** — Verbindung wird zur Daten-Übertragung genutzt
3. **Abbauphase für Verbindung** — Verbindung wird beendet

alle Phase im ständigen Handshake-Verfahren; erst wenn eine Phase abgeschlossen und dies (rück-)bestätigt ist, wird mit nächster Phase fortgesetzt

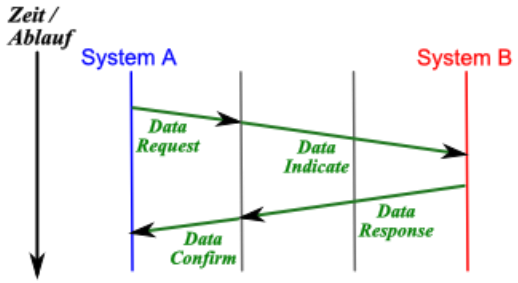
ständiger Wechsel zwischen Anfrage und Antwort und ev. Warten / Lauschen



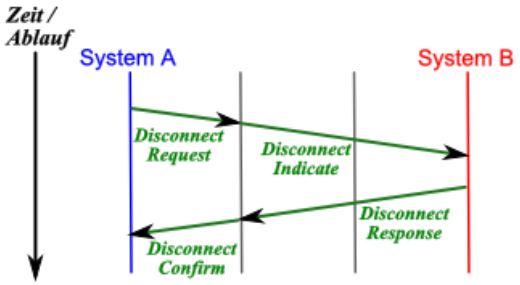
Grundbegriffe / allgemeines Schema einer Kommunikation über eine bestimmte Protokollebene



Ablauf des Verbindungs-Aufbaus



Ablauf der Datenübertragung
(wird solange wiederholt,
bis alle Daten übertragen wurden)



Ablauf des Verbindungs-Abbaus

Definition(en): Verbindungs-orientierte Kommunikation
Eine Verbindungs-orientierte Datenübertragung ist eine wechselseitige Kommunikation, deren Ablauf von der vorlaufenden Kommunikation abhängt.
Eine Verbindungs-orientierte Datenübertragung ist eine wechselseitige Kommunikation, bei der jeweils der (temporäre) Sender auf die Antwort (Quittierung oder Datenlieferung) durch den (temporären) Empfänger wartet und dann die Kommunikation (ev. wechselseitig) gleichartig fortsetzt wird.
Eine Verbindungs-orientierte Datenübertragung ist eine wechselseitige Kommunikation, nach einem sich gegenseitig bedingenden Anfrage-Antwort-Protokoll-System.

TCP (Transmission Control Protocol)

zwischen zwei Endpunkten (Sockets) wird eine wechselseitige Kommunikations-Verbindung hergestellt

gehört zur Transport-Schicht (Schicht 4 (von 7)) des ISO-OSI-Modells
im DoD-Modell ist die Host-Schicht (Schicht 3 (von 4))
Adress-Vergabe (IP-Protokoll) jeweils eine Schicht tiefer

Verbindungs-orientierte Internet-Protokolle

- **HTTP** Hypertext Transport Protocol
- **SMTP**
- **POP** Post Office Protocol
- **IMAP** Internet Message Access Protocol
- **FTP** File Transport Protocol
- **Telnet** Teletype Network

Simplex

Halb-Duplex

Duplex
Voll-Duplex

weiterführende Links:
sequencedigram.org (Erstellen von Sequenz-Diagrammen)

Standard's für die Diagramme werden in UML festgelegt

Zeit verläuft von oben nach unten
die
nach UML2
weiterer Standard Message Squence Charts (MSC)

Abbildung	Beschreibung	Funktion / Bedeutung	
	Rechteck (im Inhalts-Bereich)	Kommunikations-Partner; Objekte; Sender / Empfänger;	
	senkrechte Linie (vom Rechteck aus)	Lebens-Linie	
	durchgezogene Linie ausgefüllter Pfeil	synchroner Operations-Aufruf	
	durchgezogene Linie offener Pfeil	asynchroner Operations-Aufruf	

	gestrichelte Linie ++	Antwort	
	punktierte Linie	Ordnungs-Beziehung	
	Block (Rechteck) auf Teilnehmer-Linie überlagern sich ev. seitlich versetzt	stellt die Verarbeitung durch den Kommunikations-Partner da (Pfeil-Spitzen zeigen den Eingangs-/Ausgangs-Punkt für die Nachricht an Blöcke können intern geschachtelt sein	
	Rechteck mit Registrierungs-Ecke	Unter-Sequenz mit einem Namen	
	Pfeil (von außen) mit einem großen Punkt aus Ausgang	gefundene Nachricht	
	Pfeil (nach außen) mit einem großen Punkt als Ende	verlorene Nachricht	
	Pfeil von außen	(Eingangs-)Verküpfungs-Punkt	
	Pfeil nach außen	(Ausgangs-)Verknüpfungs-Punkt	

zusätzlich Schlüsselwörter für bestimmte Vorgänge usw. usf. festgelegt (optionale Fragmente)

https://www.lucidchart.com/pages/de/uml-sequenzdiagramme
https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/sequenzdiagramme-mit-uml-erstellen/

Verbindungs-lose Daten-Übertragung

einzelne Schritte sind nicht mehr zeitlich so streng aneinander gereiht, Quittierungen entfallen teilweise und
Maximale Verbindungs(aufbau)zeit festgelegt, damit Kanäle nicht unendlich belegt (von Irrläufern) oder benutzt werden

Definition(en): Verbindungs-lose Kommunikation
Eine Verbindungs-lose Datenübertragung ist eine vorrangig einseitige Kommunikation, bei der die Übertragung durch den Sender unabhängig vom Empfänger vorgenommen wird.

Broadcast ist eine typische Verbindungs-lose Kommunikation

UDP (User Datagramm Protocol)

Verbindungs-lose Internet-Protokolle

- **DNS** Domain Name Service
- **DHCP** Dynamic Host Configuration Protocol
- **NFS** Network File System
-
-

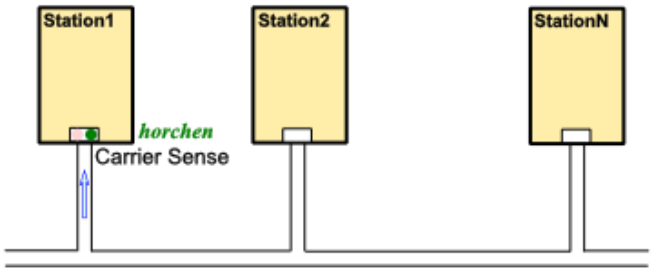
theoretisch 65535 Pots möglich, praktisch in den Systemn nur die Ports bis 1024 oder 4096 umgesetzt

CSMA/CD-Zugriffs-Verfahren

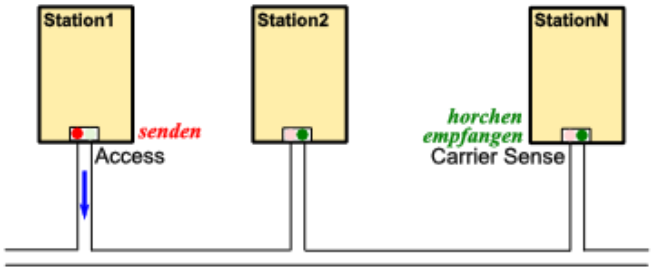
Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection

nur senden wenn kein anderer sendet (senden, wenn das Medium frei ist)

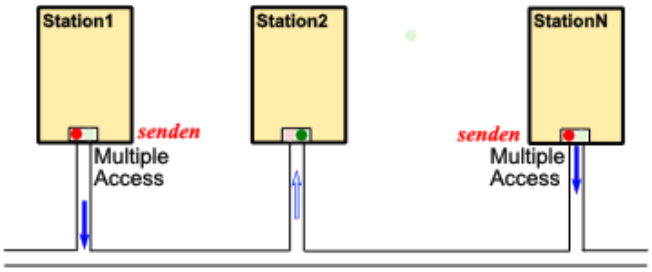
eine Station, die neu in Netzwerk intritt, horcht zuerst einmal, ob auf dem Medium / Bus schon ein Signal unterwegs ist (Carrier Sense)



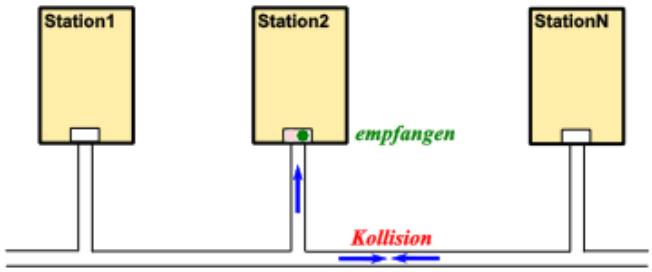
ist das Medium frei, dann kann jetzt ein Senden / der Zugriff (Access) erfolgen



sendet zur gleichen Zeit eine andere Station ebenfalls, dann treffen sich die Signale zwischen den beiden Station, es kommt zur Signal-Verfälschung

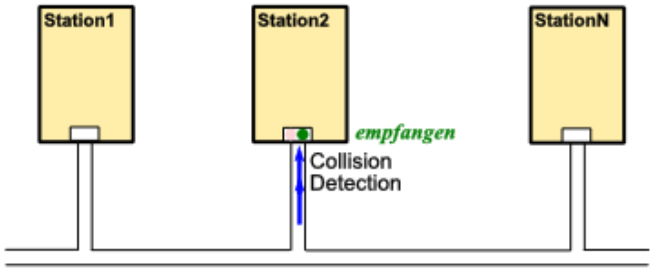


die Signale kollidieren
Stationen erkennen dies



Signale überlagern sich und sind damit nicht exakt empfangbar

nach einer zufälligen Ruhepause wird wieder versucht (nach dem Horchen) ein Signal zu senden



Verfahren ist nicht echtzeitfähig, da die Wartezeiten nicht voraussehbar sind und welche Station wann einen Sendezugriff bekommt

bei großen Zahlen an sendewilligen Stationen nimmt Effizienz des Verfahrens ab
ab rund 40% Auslastung des Mediums nimmt die Anzahl von Kollisionen stark zu und nimmt die Gesamtverarbeitungs-Geschwindigkeit ab (steigt nur noch schwach)

Aufgaben:

1. Beschreiben Sie den Ablauf des CSMA/CD-Verfahrens!

2.

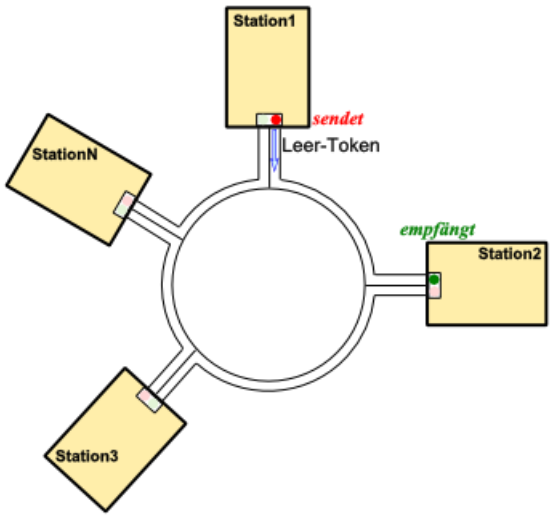
3.

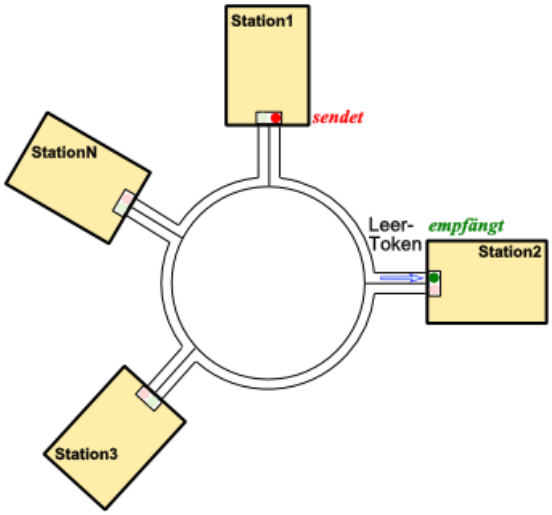
!

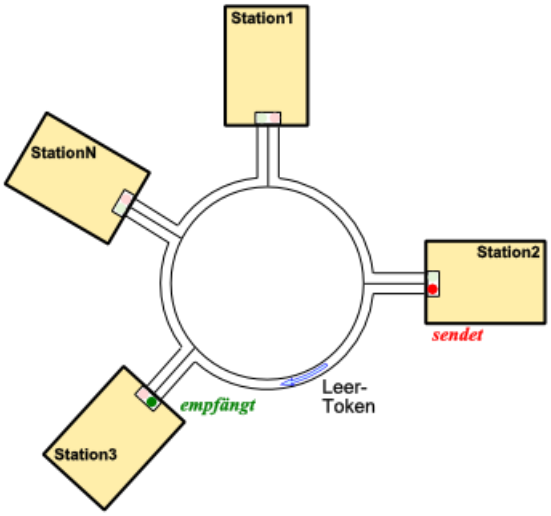
Token-Ring-Verfahren

Ring besteht aus eindeutigen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen

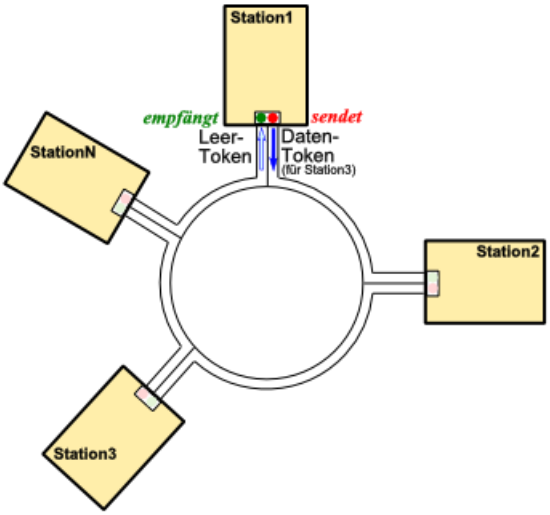
es wird ständig ein Arbeits-Zeichen (Token) von Station zu Station im Ring weitergereicht
die Station, die den Token hat, darf senden
gibt es nichts zu senden, dann wird ein sogenannter Leer-Token zur nächsten Station gesendet



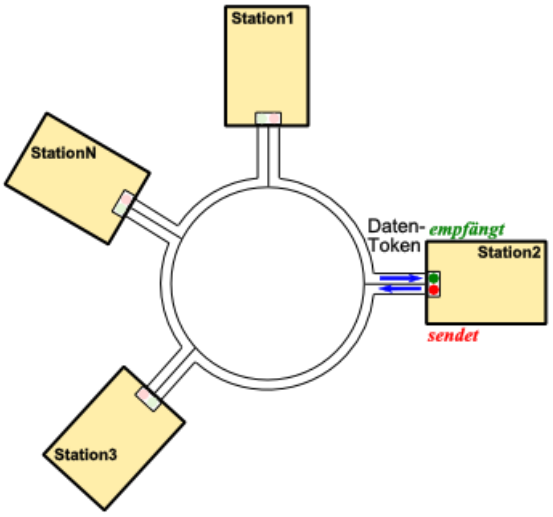




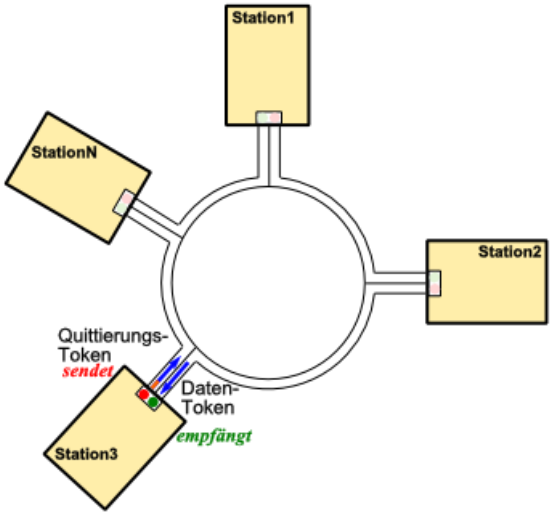
sendewillige Station, die den Token hat
hängt die Daten an den Token an



nachfolgende Stationen prüfen, ob sie der Empfänger sind

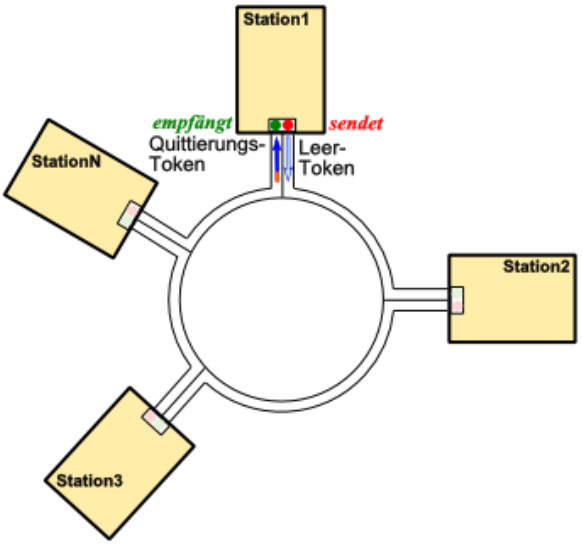


wenn ja, dann werden Daten kopiert und ein Quittierungs-Flag gesetzt
der Token wird dann wieder weitergegeben



Sende-Station erhält Token mit Quittierung
sendet entweder neue Daten oder einen Leer-Token

insgesamt darf eine Station aber nur eine bestimmte Zeit den Token für sich beanspruchen
damit wird eine Netz-Gerechtigkeit garantiert und alle Stationen können mit einem kalkulierbaren Warte-Zeit auch auf das Netz zugreifen

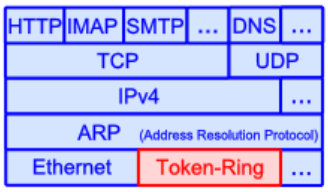


eine Monitoring-Station überwacht den Daten-Verkehr und erkennt Fehler

z.B. wenn die Sender-Station ihren quittierten Daten-Token nicht vom Ring nimmt
wenn ein quittierter Daten-Token ein zweites Mal die Monitor-Station erreicht, dann entfernt sie diesen und ersetzt ihn durch einen Leer-Token
auch wenn nach einer bestimmten Zeit kein Token mehr vorbeikommt, dann erzeugt die Monitor-Station einen neuen Leer-Token

arbeitet mit 4 Mbit/s ist aber das verwendete Verfahren ungefähr so schnell, wie 100 Mbit/s-Ethernet

in neueren Versionen (16 Mbit/s) kreisen mehrere Token im Ring



ALOHA-Verfahren

immer senden, in der Hoffnung dass es klappt

Name nach der Begrüßung auf Hawaii-Inseln, da hier das Verfahren zum ersten Mal eingesetzt (1971, ALOHAnet)
verband die diversen Einrichtungen der Universität von Honolulu auf den verschiedenen Inseln

es gibt das unsynchronisierte ALOHA-Verfahren und das synchronisierte.
Beim unsynchronisierten Verfahren kann jede Station zu jeder Zeit senden.
Das synchronisierte Verfahren beruht auf Zeit-Scheiben. Es gibt definierte – für alle Stationen synchron verlaufende – Zeit-Bereiche (slots), in den gesendet werden kann
ein slot ist so lang, wie die festgelegte Daten-Paket-Länge des Verfahrens

wenn Daten kollidieren, dann sind Daten verstümmelt und werden nicht bestätigt

bei ausbleibender Quittierung werden die Daten nach einer zufällig bestimmten Zeit wieder gesendet

Daten-Durchsatz rund 18% der Kanal-Kapazität
nicht echtzeit-fähig, da nicht sichergestellt werden kann, das Daten innerhalb einer bestimmten Zeit den Empfänger erreichen

Verfahren bildete die Grundlage des (vorne besprochenen) CSMA/CD-Verfahrens (→), welches sich wegen dem besseren Daten-Durchsatz durchgesetzt hat

Normen des OSI-Schicht-Modells

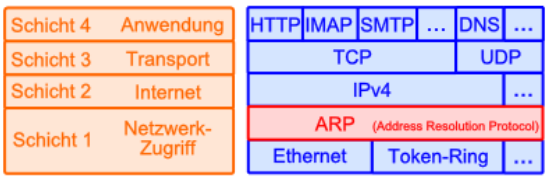
→ KALDEALI → S. 25

Anwendung OSI bei ISDN

Netzwerk-Protokolle

Address Resolution Protocol - ARP

ist praktisch die Schicht / das Protokoll, welche(s) die Kommunikation zwischen MAC-Adressen und den IP-Adressen.
das ist dann notwendig, wenn über das lokale Netzwerk hinaus kommuniziert werden soll
die MAC-Adressen sind innerhalb eines Netzes bekannt



arbeitet im DoD-Modell (noch) in der Netz-Zugangs-Schicht
innerhalb des ISO-OSI-Modell's würde das ARP der Schicht 2 (Sicherung) zugeordnet werden

Will ein Rechner im Netzwerk kommunizieren, dann schaut er zuerst in seinem eigenen / lokalen **ARP-Cache** (ARP-Tabelle, Routing-Tabelle) nach, ob schon ein gültiger Eintrag (aus IP- und MAC-Adresse) existiert. Das wird nach dem Rechner-Start nicht der Fall sein. Also versendet er zuerst einen sogenannten **ARP-Request** (ARP-Anfrage; Operation: 1). In diesem Paket befinden sich neben der eigenen MAC- und IP-Adresse auch die IP-Ziel-Adresse. Da die Ziel-MAC-Adresse ja nicht bekannt ist, wird die MAC-Broadcast-Adresse FF:FF:FF:FF:FF:FF verwendet. Somit geht die Anfrage an alle Netzwerk-Komponenten (mit einer MAC-Adresse) im Netz.

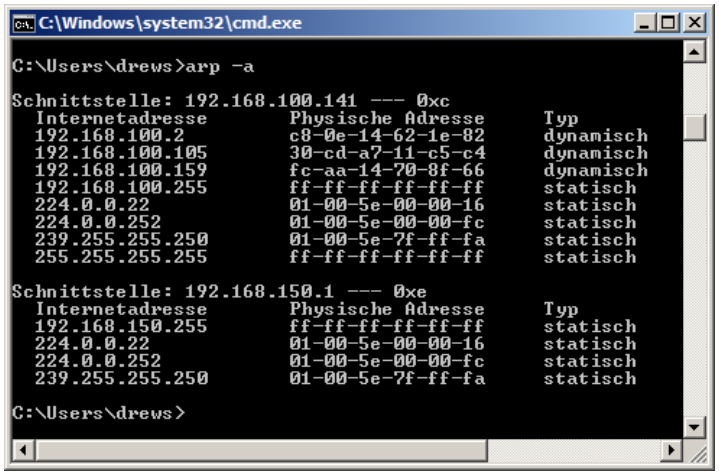
Byte	+1	+2	+3	+4
0	Hardware-Adress-Typ		Protokoll-Adress-Typ	
4	Hw-Adress-Größe	Prot.-Adress-Größe	Operation	
8	Quell-MAC-Adresse			
12	Quell-MAC-Adresse		Quell-IP-Adresse	
16	Quell-IP-Adresse		Ziel-MAC-Adresse	
20	Ziel-MAC-Adresse			
24	Ziel-IP-Adresse			

Jeder Rechner, der die Anfrage erhält – also am Netz hängt – prüft nun, ob er selbst die Ziel-IP-Adresse hat. Ist das der Fall, schickt er ein **ARP-Reply** (ARP-Antwort; Operation: 2) an den anfragenden Rechner zurück. Dessen Adressen hat er aus dem ARP-Request entnommen.
Der anfragende Rechner kann nun aus dem ARP-Reply die IP-MAC-Adressen-Kombination entnehmen und in seinem ARP-Cache eintragen
Bei einem erneuten Kommunikations-Versuch, wird nun wieder in der ARP-Tabelle nachgeschlagen. Jetzt existiert ja ein gültiger Eintrag. Dieser wird nun Erstellung der IP-Pakete benutzt.
I.A. werden die Einträge schon nach einigen Minuten ungültig und es wird ein neuer ARP-Request notwendig. Das ermöglicht sehr dynamische Netze.

Anzeige des ARP-Cache mit arp (UNIX / Linux) bzw. arp –a (Windows)

Man erhält die Umsetztabellen für jede der verfügbaren Netzwerk-Schnittstellen.

Hier ist die 2. Schnittstelle eine virtuelle. Sie gehört zu einem VirtualBox-Netzwerk.



In anderen Netzwerk-Typen – also solchen, die nicht mit IP funktionieren – werden andere techniken benutzt. Bei Novell-Netzen (IPX/SPX) wird die MAC-Adresse durch Zusatz-Informationen erweitert und so eine Konnektivität zwischen Ethernet und der Prozess-Schicht (DoD-Modell) bzw. der ISO-OSI-Schicht 5 hergestellt.

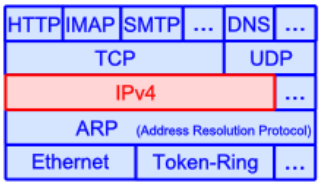
Das Äquivalent zu ARP im neuen IPv6-Netzwerken ist das NDP (Neighbor Discovery Protocol)

Aufgaben:

1. ***Informieren Sie sich über die Optionen zum arp-Befehl innerhalb Ihres Betriebssystems!***
2.
3.

Da einige Einträge in der ARP-Tabelle von Programmen (statisch) eingetragen werden, besteht hier die Gefahr einer dauerhaften Schädigung / Beeinflussung des Netzwerk-Betriebes. Der Nutzer selbst kann den ARP-Cache nicht vollständig löschen.
Durch **ARP-Sproofing** können vorsätzlich falsche MAC-Adressen im Netz verteilt werden. Dadurch sind dann im Netz Man-in-Midle-Angriffe möglich. Der Angreifer gibt sich als die Empfänger-Adresse aus, empfängt dann die Pakete und leitet diese nach dem Angreifen der interessierenden Daten an den eigentlich Empfänger weiter. Dessen MAC-Adresse hat sich der Angreifer gemerkt. Auch die Antworten des Empfänger an den ursprünglichen Sender werden auf die gleiche Tour abgegriffen.

Internet Message Control Protokoll - ICMP



Dieses Protokoll dient zum Austausch von Informationen und Fehlermeldungen. Die Version für das IPv6-Protokoll heißt ICMPv6.
Praktisch gehört das ICMP zu IPv4 oder eben zu IPv6 dazu. Es stellt quasi eine abgegrenzte Teilschicht dar, von der erwartet wird, dass sie ein Router oder ein Host auch separat versteht.
Es handelt sich um eine Verbindungs-lose Kommunikation (ähnlich UDP). Es findet also kein Handshake statt.

Fast immer handelt es sich bei ICMP-Paketen um Status-Informationen oder Fehler-Meldungen. Solche entstehen z.B. wenn Pakete vom Router nicht weitergeleitet wurden und somit zurückgewiesen wurden. Ein anderes Szenario sind abgelaufene Pakete. Jedes Paket erhält eine TTL-Nummer (Time-to-Live). Bei jedem Hop wird diese runtergezählt. Ist die TTL dann Null, wird das Paket verworfen (zerstört). Damit verhindert man, dass Pakete vielleicht unendlich lange im Internet herumgeistern, weil eine Ziel-Adresse auf einmal nicht mehr erreichbar ist.
ICMP hat keine eigene Pakete. Vielmehr werden angepasste IP-Pakete genutzt. Die wichtigen Bestandteile / anpssungen sind im folgenden Datagram rot gekennzeichnet.

Datagramm (eng.: Datagram)

Byte	+1		+2	+3	+4
0	IP-Version	IHL	Dienst-Art: **0000**	Paket-Länge	
4	Identifikation			Flag's	Fragment-Zähler
8	TTL		Protokoll: **0001**	Header-Kontrollsumme	
12	Quell-Adresse				
16	Quell-Adresse				
20	Ziel-Adresse				
24	Ziel-Adresse				
28	Optionen / Füll-Bit's				
32	**ICMP-Typ**		**ICMP-Code**	**ICMP-Prüfsumme**	
…	**ICMP-Daten (optional)**				

TTL .. Time to Live (Lebensdauer) wird bei jedem Hop um 1 verkleinert (→ dekrementiert), wenn 0 erreicht ist, dann wird Paket verworfen

Header-Checksum (Header-Kontrollsumme), wird bei jedem Hop neu berechnet (da sich ja z.B. die TTL jedesmal ändert!)

ICMP-Nachrichten sind immer spezifisch für einen Empfänger adressiert. Broadcast- oder Multicast-Nachrichten sind nicht möglich.

Typ	Typ-Name	Code	Code-Bedeutung
0	Echo (Antwort)	**0**	Echo (Antwort) (entspricht **pong**)
3	Ziel nicht erreichbar	**0**	Netzwerk nicht erreichbar
		1	Host nicht erreichbar
		2	Protokoll nicht erreichbar
		3	Port nicht erreichbar
		4	Fragmentierung nötig, aber **D**on't **F**ragment-Flag gesetzt
		5	Route nicht möglich
		13	Paket von Firewall geblockt
4	Entlasten der Quelle	**0**	Paket verworfen, da Warteschlange voll (Verkehr drosseln)
5	Umleitungs-Empfehlung zu anderem Gateway		
8	Echo (Anfrage)	**0**	Echo (Anfrage) (auch **ping** genannt)
9	Angebot eines Router's		
10	Router-Anwerbung		
11	Zeit-Limit überschritten	**0**	TTL (Time to Live) abgelaufen
		1	Zeitlimit während der Defragmentierung abgelaufen
12	Problem mit Paket-Parametern		
13	Zeitstempel		… für Synchronisation
14	Zeitstempel (Antwort)		
19	reserviert		… für Sicherheit
…			… für Robustheits-Experimente
29			
30	**Traceroute**		
40	Photuris-Protokoll		Sitzungsschlüssel Management Protokoll
42	erweitertes Echo		(Anfrage)
43	erweitertes Echo		Antwort

44 … **252**	frei		
253	Experiment 1		
254	Experiment 2		

Für ICMPv6 gibt es abweichende Paket-Typen. Im Wesentlichen unterscheiden sich dabei nur die Typ-Nummern.

Typ	Typ-Name	Code	Code-Bedeutung
1	Ziel nicht erreichbar		Angabe der Komponente die nicht erreichbar ist
3	Zeit-Limit überschritten	**0**	TTL (Time to Live) abgelaufen
		1	Zeitlimit während der Defragmentierung abgelaufen
13	Zeitstempel		… für Synchronisation
128	Echo (Anfrage)	**0**	Echo (Anfrage) (auch **ping** genannt)
129	Echo (Antwort)	**0**	Echo (Antwort) (entspricht **pong**)
134	Angebot eines Router's		Router Advertisement
137	Redirect Message		Nachricht über die Umleitung eines Paket's

Das ICMP ist anfällig gegenüber DoS- und DDoS-Angriffen ((Distributed) Denial of Service). Desweiteren kann mittels ICMP-Tunnel ein unterschwelliger und meist unberechtigter Datenaustausch realisiert werden.
Traceroute-Programme senden ICMP-Nachrichten aus, die mit einer 1 als TTL und solange erhöht werden bis das Ziel erreicht ist. Für jedes Paket bekommt der Sender (Traceroute-Abfrager) von einem der Zwischenstationen (Hob's) ein (Typ-11-)Paket zurück. Das bedeutet ja, dass die Lebenszeit abgelaufen ist. Dies wird der Paket-Quelle mitgeteilt. Aus den gesammelten Daten und den Antwortzeiten kann dann der Weg durch's Internet rekonstruiert werden.
Für die Überwachung eine Verbindung mit regelmäßigen Ping's können die folgenden Quell-Texte zurate gezogen werden.
In der Konsole kann schon mit:

```
ping –t Adresse
```

bzw.:

```
ping –t URL
```

eine laufende Kontrolle erfolgen.
Für VBScript eignet sich:

```
Function wmiping(strComputer)
   Dim PingResults, Pingresult
   Set PingResults = GetObject("winmgmts://localhost/root/cimv2").
                     ExecQuery("SELECT * FROM Win32_PingStatus WHERE
                     Address = '" + strComputer + "'")
                     For Each PingResult In PingResults
                         If PingResult.StatusCode = 0 Then
                             wmiping = True
                         Else
                             wmiping = False
                         End If
                     Next
End Function
```

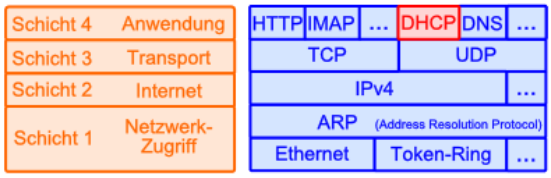
Q: https://www.msxfaq.de/tools/mswin/ping.htm

Auf der PowerShell kann das folgende Code-Schnipselchen benutzt werden. Dabei wird eine .Net-Klasse augerufen.

```
[string]$target= 127.0.0.1"
$result = (new-object System.Net.NetworkInformation.Ping).Send($target)
```

Q: https://www.msxfaq.de/tools/mswin/ping.htm

Dynamic Host Configuration Protokoll - DHCP



Ergänzung zum Bootsrap-Protokoll (BOOTP) zur Adresse-Zuordnung für Geräte ohne feste IP oder auch ohne Festplatten (lokale Betriebssysteme). Solche Diskless Workstation's bekommen alle Daten und Programme von Servern. Sie selbst sind praktisch nur noch Eingabe- und Ausgabe-Einheiten.
Heute wird DHCP aber auch in Netzen verwendet, um nicht jedem PC eine definierte IP zuzuweisen, was immer die Führung von Übersichten usw. notwendig macht. Für Rechner-Netze, bei denen die individuelle Host-Adresse im Netz egal ist, ist es eine der praktischen Lösungen.
Setzt eine Rechner voraus – meist ist das der zentrale Server – der eben diesen Dienst zur Verfügung stellt. Administrator muss im Allgemeinen nur den Adress-Bereich definieren und den Dienst starten. Optimaler-weise ist der Bereich so gewählt, dass die maximale Anzahl gleichzeitig arbeitender Endgeräte sicher abgedeckt ist.
Zu kleine Bereiche bergen die gefahr, dass irgendein Rechner keine IP mehr abbekommt und damit praktisch nicht im Netz arbeiten kann.
Zu große Bereiche ermöglichen es "bösartigen" Clients (falsch eingesteckte oder fremd-Rechner) sich ins Netz zu integrieren, was ein Sicherheits-Risiko sein kann.

DHCP-Modi

- **manuelle Zuordnung** — feste Kombination von Client-MAC zu einer IP
  wird über eine Tabelle auf dem Server verwaltet
- **automatische Zuordnung** — dauerhafte Zuordnung einer IP durch den Server zu einer MAC-Adresse
  wird in einer Tabelle auf dem Server dokumentiert
- **dynamische Zuordnung** — zeitweilige Zuordnung einer IP durch den Server zu einer MAC-Adresse (Ausleihen einer IP)
  nach Ablauf einer Zeit (Lease-Time) muss spätestens eine neue IP beantragt werden

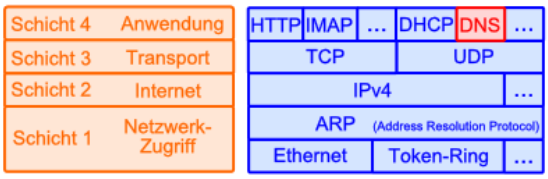
Byte	+1	+2	+3	+4
0	Operation	Netztyp	Adress-Länge	Relay-Anzahl
4	Verbindungs-ID			
8	Zeit seit Clientstart		Flag's	
12	Client-IP-Adresse			
16	eigene IP-Adresse			
20	Server-IP-Adresse			
24	Relay-Agent-IP-Adresse			
28	Client-MAC-Adresse			
32	Client-MAC-Adresse			
36	DHCP-Server-Name			
-	DHCP-Server-Name			
96	DHCP-Server-Name			
100	Datei-Name			
-	Datei-Name			
224	Datei-Name			
228	Optionen			
-	Optionen			
572	Optionen			

DHCP-Operationen / - Nachrichten

- **DHCPDISCOVER** — DHCP-Client sendet Anfrage als Broadcast an (alle) DHCP-Server im Netz
- **DHCPOFFER** — DHCP-Server antwortet mit einem Angebot (auf eine Discover-Anfrage)
- **DHCPREQUEST** — DHCP-Client fordert eine der angebotenen IP-Adressen von einem der DHCP-Server an
  ev. auch Verlängerungen der Release-Zeit, sowie weitere Daten (z.B. Gateway- und DNS-Server-Adressen)
- **DHCPACK** — DHCP-Server bestätigt die Zuordnung der (angefordertenund angebotenen) IP-Adresse zu der MAC-Adresse des DHCP-Client's
- **DHCPNAK** — DHCP-Server lehnt einen Request ab
- **DHCPDECLINE** — DHCP-Client lehnt ein Ack ab, da die Adresse schon vergeben ist
- **DHCPRELEASE** — DHCP-Client gibt seine Konfiguration frei (Server löscht die entsprechenden Einträge in seinen Tabellen)
- **DHCPINFORM** — DHCP-Client fragt bei Server nach weiteren Konfigurations-Parametern (, wenn z.B. der Client eine feste IP besitzt)

Um z.B. IP-Adressen über Sub-Netze hinweg zu vergeben, können DHCP-Relay's benutzt werden. Damit lassen sich verfügbare Adressen über Subnetze hinweg noch effektiver und zentraler verwalten. DHCP-Releay's sind in diesen Fällen in Routern aktiv.
Es existiert zwar auch ein DHCPv6-Dienst, da aber keine IPv6 mehr verteilt werden, ist der Dienst für die Zuweisung von DNS-Servern und Gateway-Informationen zuständig.
DHCPv6 ermöglicht auch die Verteilung von weiteren Informationen zu Server-Diensten (z.B. NTP (Internet-Zeit) und SIP (Internet-Telefonie)). Die Kommunikation läuft über die UDP-Ports 546 für den Client und für den Server 547.

DNS-Service



DNS steht für Domain-Name-Service.
Der DNS-Dienst (Dienst ist hier doppelgemoppelt) stellt quasi den Übersetzer zwischen den maschinen-orientierten IP-Adressen und den üblichen www-Adressen dar. Natürlich werden nicht nur die www-Adressen im Browser übesetzt sondern alle textuellen Domän-Adressen.
DNS steht praktisch auf Schicht 4 allen Anwendungen zur Verfügung.
Schon bei Einsatz von ping mit einem Servernamen kommt der DNS-Dienst zum Arbeiten.
Dieses Mal wäre die Umsetztabelle aber einfach viel zu groß für unsere heimischen Rechner. Schließlich gibt es Milliarden von benannten Rechnern im Internet. Noch größer ist das

Aktualisierungs-Problem. Die DNS-Tabelle kann sich mehrfach am Tag ändern, da müsste immer wieder eine neue Tabelle heruntergeladen werden. Diese würde auch zig Millionen von Adressen enthalten, die wir nie im Leben brauchen werden.
Die Macher von DNS haben deshalb den Dienst etwas anders eingerichtet. Bei der Netzwerk-Einrichtung müssen wir einen Rechner (dessen IP-Adresse) eingeben, der die Übersetzung machen soll, der also den DNS-Dienst bereitstellt. Bei DHCP (→ Dynamic Host Configuration Protokoll - DHCP) kann diese Zuweisung automatisiert erfolgen. Viele Internet-Provider geben bestimmte DNS-Server vor.
Ein universeller DNS-Server ist der von google: 8.8.8.8. Zum Ausprobieren ist der auch ok. Später sollte man sich einen heimischen Server wählen oder einer der anonymen.
Soll nun ein Domain-Name (z.B. google.de) in eine IP-Adresse aufgelöst werden, dann wird der eingerichtete DNS-Server befragt. Der schaut in seiner Tabelle nach und findet entweder einen passenden Eintrag, den er dann zurück sendet, oder er gibt die Anfrage an einen übergeordneten Server weiter. Genau der ist in seiner Netzwerk-Konfiguration als DNS-Server eingetragen.
Auf diese Art und Weise können die regionalen DNS-Server ihre Tabellen separat aktualisieren. Neue Adressen werden regional eingepflegt. Bekommt ein untergeordneter (unwissender) DNS-Server von einem übergeordneten Server eine passende Antwort zurückgeliefert, dann baut er diesen Eintrag in seine DNS-Tabelle ein.
Eine einfache Umwandlung und gleichzeitige Kontakt-Prüfung kann mit dem ping-Befehl erfolgen. Domain-Namen werden hier auch in IP-Adressen umgesetzt.
Um den Namen zu einer Adresse herauszubekommen kann man die Browser nutzen. Sie lassen auch die Eingabe einer IP-Adresse zu und wandeln diese dann aber in den Domainnamen mit der Homepage des Servers um.
Weitere – z.T. – genauere Informationen zum DNS findet der Leser auch noch im Abschnitt (→ DNS – Domain Name Service)

Aufgaben:

1. Ermitteln Sie die IP-Adressen für die folgenden Website's!

a)	zdf.de	b)	www.bsi.bund.de	c)	www.atomzeit.eu
d)	de.wikipedia.org	e)	en.wikipedia.org	f)	dk.wikipedia.org
g)	open.hpi.de	h)		i)	

2. Wer steckt hinter den folgenden IP-Adressen? Gibt es sie überhaupt?

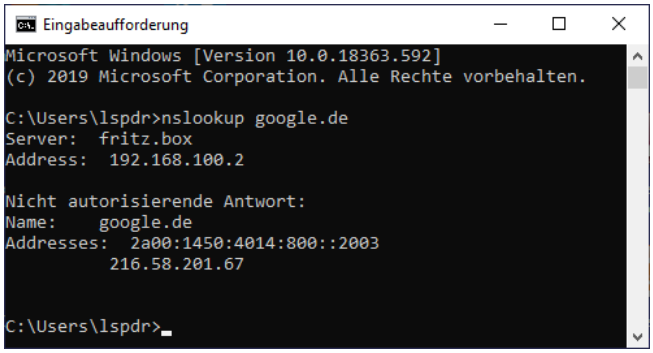
a)	52.178.155.90	b)	212.227.247.48	c)	8.8.8.8
d)	91.198.174.192	e)	192.168.0.1	f)	2.2.2.2
g)	127.0.0.1	h)	153.384.245.16	i)	1.1.1.1

3. Vergleichen Sie die (Telefon-)Auskunft mit dem DNS!

für die gehobene Anspruchsebene:

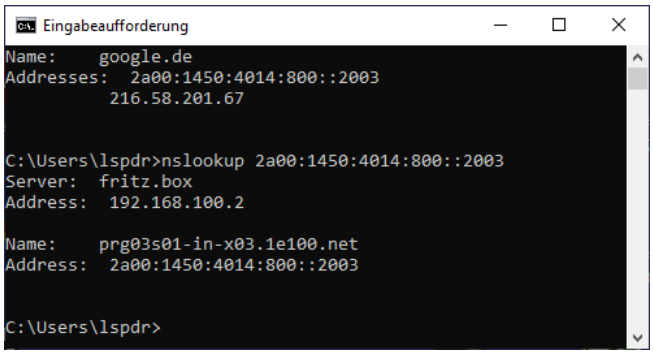
4. Prüfen Sie, ob Ihr Netzwerk auch mit IPv6 umgehen kann! Wenn JA, dann ermitteln Sie die IPv6-Adresse von google.de!

Die Funktionalität des DNS-Dienstes kann man mit dem Konsolen-Befehl **nslookup** überprüfen. Das nslookup steht hierbei für "name service look up" – also "beim Namensserver nachschlagen".



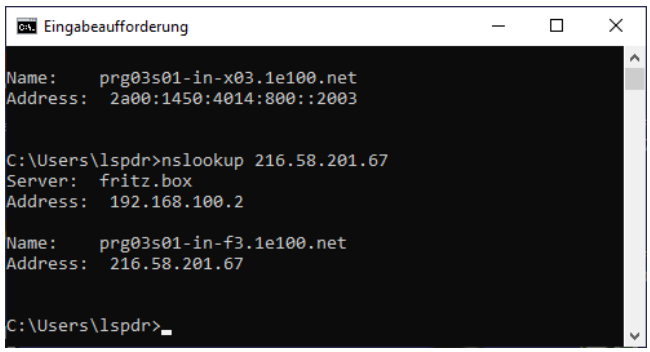
Die einfache Eingabe einer IP-Adresse oder eines Domain-Namen's liefert den anderen zurück. Da die Server mehrere Netz-Anschlüsse haben (können) sind häufig auch mehrere DNS-Einträge verfügbar. IPv4 und IPv6 sind dabei völlig unabhängig.

zuerst wird auch noch der benutzte / angesprochene DNS-Server aufgelistet. Bei mit war das eine Fritz!-Box, die die Adresse 192.168.100.2 hatte.



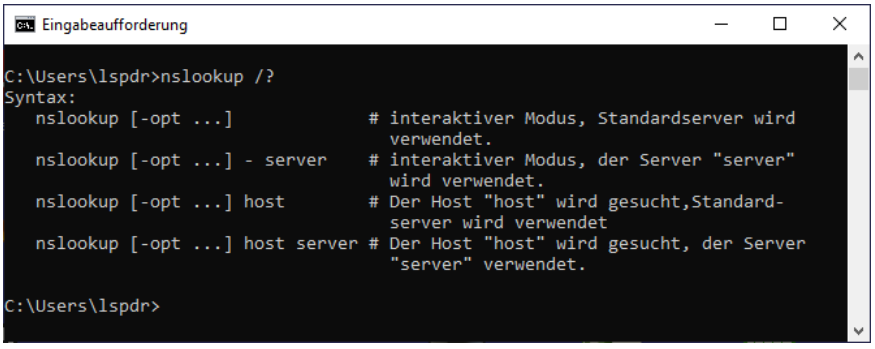
Natürlich wusste meine Fritz!-Box nicht wirklich, welche Addressen mit welchen Namen assoziiert sind. Sie hat die Anfrage einfach an einen anderen Server weitergeschickt, der in der Konfiguration meiner Fritz!-Box hinterlegt war.

Die hinterlegten Namen können wiederum auch mal von den virtuellen Namen (hier: "google.de") abweichen und den physischen Rechner charakterisieren. Die beiden unteren Konsolen-Mitschnitte zeigen zumindestens den gleichen Zielrechner an, unabhängig davon, ober dieser über seine IPv4- oder die IPv6-Adresse angesprochen wird.



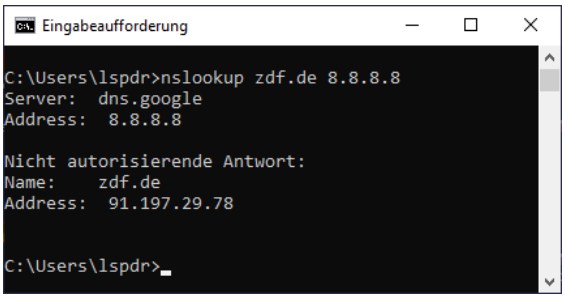
Da wir nun wissen, dass unser DNS funktioniert, können wir auch externe Server direkt abfragen.

Der nslookup-Befehl lässt einige Optionen zu:



Testen wir das mal mit dem Test-DNS-Server 8.8.8.8 von google.

Gleich in der ersten Zeile sehen wir, dass wirklich der dns-Dienst von google geantwortet hat und zur Domaine zdf.de auch wirklich eine IP-Adresse verzeichnet hat.



http- und https-Protokoll

Hypertext-Transport-Protokoll
Zustands-loses Protokoll →
kein Informations-Austausch zwischen zwei http-Anfragen
der Server hat keine Informationen darüber, ob er schon einmal angesprochen wurde
ist eine Identifikation notwendig, dann muss sie jedes Mal neu erfolgen
um dies bei bestimmten Webseiten (mit vielen http-Anfragen) zu unterdrücken, werden Cookies benutzt
Cookies sind kleine Text-Dateien, die Nutzer- und Kommunikations-Informationen enthalten

https ist das Sicherheits-Protokoll von HTTP

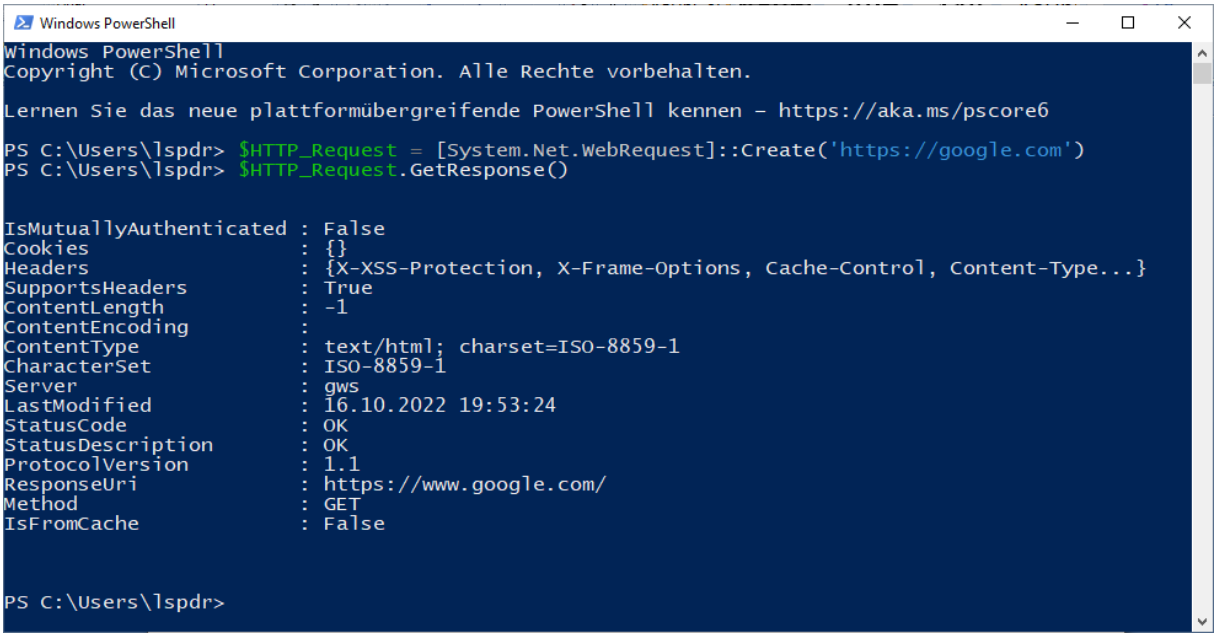
Client kann beim Server einen Komprimierungs-Modus für die Daten beantragen
für Texte sehr effektiv, bei vielen Bildern und Video's wegen der Eigen-Komprimierung wenig sinnvoll

Webseiten-Anfrage über die Seiten-URL
zusätzlich Query-Strings möglich; damit können zusätzliche Parameter an den Server gesendet werden

https://google.de/search?q=informatik
https://amazon.com/s?k=informatik
https://google.com/s?k=informatik&&lr=lang_de

powershell öffnen (z.B. über [Windows] + [R])

dann die beiden Befehle eingeben



Response-Informationen

- **IsMutallyAuthenticated** haben sich Server und Client gegenseitig identifiziert

• **Cookies**	Liste der benutzten Cookies
• **Headers**	gibt darüber Auskunft, welche Funktionen der Server zur Verfügung stellt
• **SupportHeaders**	
• **ContentLength**	Länge / Größe des Inhalts-Teil's
• **ContentEncoding**	
• **ContentTyp**	Typ des Inhalts-Teil's
• **CharacterSet**	benutzte Zeichen-Tabelle
• **Server**	Name des Servers
• **LastModified**	gibt die letzte Aktualisierung der Webseite zurück
• **StatusCode**	Informationen zum Status des Webseiten-Aufruf's
• **StatusDescription**	Umschreibung der Status-Information
• **ProtokollVersion**	benutzte Version des Protokoll's
• **ResponseUri**	benutzte / angefragte URL
• **Method**	benutzte Methode des Protokoll's
• **IsFromCache**	

```
PS C:\Users\lspdr> [int]$HTTP_Request.GetResponse().StatusCode
200
PS C:\Users\lspdr>
```

das Beenden des Aufruf's erfolgt mit:

$HTTP_Response.Close()

damit wird die – ansonsten noch offene – Verbindung geschlossen

Staus-Code	Bedeutung / Text	Bemerkungen
1xx	Informationen	
2xx	erfolgreiche Operationen	
200	OK	
204	kein Inhalt	
3xx	Umleitungen	
308	Umleitung	
4xx	Clientfehler	
400	fehlerhafte Anfrage	
403	verboten	
404	nicht gefunden	
5xx	Serverfehler	

http-Anfrage-Methoden

• **GET**	"bekommen" klassische Abfrage einer Webseite wird am häufigsten benutzt
• **HEAD**	"Kopf" liefert eine Kurzfassung der Daten, ohne die Daten selbst zu laden oft benutzt, um zu prüfen, ob Daten im Cache aktuell sind oder (vom Server) nachgeladen werden müssen
• **POST**	"Post" sendet Daten an den Server; z.B. mehrere Formular-Eingaben gebündelt
• **PUT**	"anlegen" zum Senden größerer Daten-Pakete an den Server; z.B. bei einem Bilder-Upload
• **DELETE**	"löschen" löscht Daten auf dem Server
• **OPTIONS**	"Möglichkeiten" zeigt die vom Server unterstützten http-Methoden an
• **CONNECT**	"verbinden" wird bei Proxy-Servern genutzt
• **TRACE**	"verfolgen" sendet eine Anfrage so zurück, wie sie der Client abgeschickt hat häufig für Fehler-Suche benutzt
•	

über das **REST-Modell** lassen sich Daten – z.B. für verteilte Anwendungen – über das http-Protokoll zwischen Client und Server austauschen
Representational State Transfer

Codierung

Umsetzungs-Charakter überwiegt
als einfach Umsetzung verstanden
ev. noch Redundanzen oder Absicherungen () ergänzt

Definition(en): Codierung
Codierung ist die Anwendung eines Codes (Kodes) auf ein einzelnes Zeichen oder eine Zeichenfolge zur Erzeugung einer neuen Signalfolge.
Codierung ist die Umsetzung von Daten (Signale, Zeichen, …) in eine andere – für die speziellen Anwendungen – geeignete Signale, Zeichen , …
Im Bereich der Software-Erstellung versteht man unter Codierung auch das Umsetzen eines Algorithmus in ein Computerprogramm (Programm-Erstellung / Programm-Entwicklung).

wenn Geheimhaltungs-Charakter überwiegt, dann wird eher von Chiffrierung / Verschlüsselung gesprochen

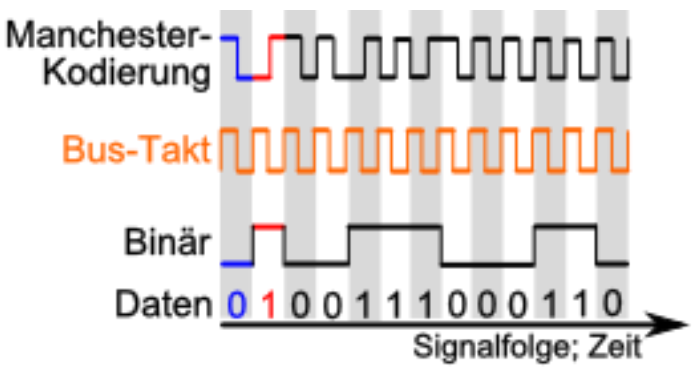
Codierung von 0 und 1 auf Schicht 1

Manchester-Kodierung

DEMBOWSKI, S. 81

klassiches Daten-Kodierungs-Verfahren in älteren Netzwerken (z.B. 10 Mbit/s-Ethernet)

Basis ist Rechteckt-Takt-Signal
für die Übertragung eines Bits wird genau eine Periode benutzt
erste Hälfte der Periode stellt das invertierte Bit dar, die zweite das ursprüngliche Bit
dadurch ist für jedes Bit ein Pegelwechsel auf der Leitung realisiert
Pegel-loses und Takt-freies Medium bedeutet freies Medium (→ CSMA/CD-Verfahren)



Effizienz liegt bei 50%

moderne Verfahren (4B/5B-Kodierung) in schnelleren Netzen (100 Mbit/s Ethernet) bringen es auf 80%

4B/5B-Kodierung

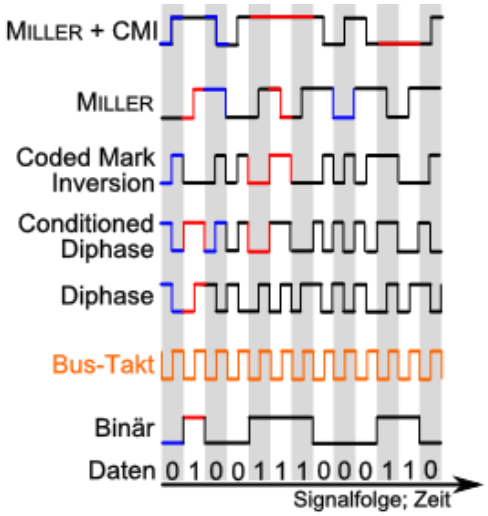
eine 4-bit-Datenfolge wird durch einen 5-bit-Code verschlüsselt
Erhöhung der Übertragungssicherheit
überzählige Signalfolgen werden für Korrektur- und Steuer-Zwecke genutzt
weiterhin soll durch die relativ gleichmäßige Zahl von Nullen und Einsen die Entstehung von Gleichspannungs-Belastungen gering gehalten werden

Daten (Halb-Byte, Nibble, TX/RX-Bitfolge)	**Zeichen**	**Code**	**Bedeutung / Funktion**	**Bemerkung**
Daten-Gruppe				
0000	0	11110	Data 0	Zeichen 0
0001	1	01001	Data 1	Zeichen 1
0010	2	10100	Data 2	Zeichen 2
0011	3	10101	Data 3	Zeichen 3
0100	4	01010	Data 4	Zeichen 4
0101	5	01011	Data 5	Zeichen 5
0110	6	01110	Data 6	Zeichen 6
0111	7	01111	Data 7	Zeichen 7
1000	8	10010	Data 8	Zeichen 8
1001	9	10011	Data 9	Zeichen 9
1010	A	10110	Data A	Zeichen A
1011	B	10111	Data B	Zeichen B
1100	C	11010	Data C	Zeichen C
1101	D	11011	Data D	Zeichen D
1110	E	11100	Data E	Zeichen E
1111	F	11101	Data F	Zeichen F
Kontroll-Gruppe				
	I	11111	Idle: Stream Fill Code	Leerlauf, Füll-Code
0101	J	11000	Start of Stream Delimiter 1	Startsignal Teil 1
0101	K	10001	Start of Stream Delimiter 2	Startsignal Teil 2
	T	01101	End of Stream Delimiter 1	Endsignal Teil 1
	R	00111	End of Stream Delimiter 2	Endsignal Teil 2
Fehler-Gruppe				
	H	00100	Transmit Error	Übertragungs-Fehler
Gruppe ungültiger Codes				
	V	00000		ungültig
	V	00001		ungültig
	V	00010		ungültig
	V	00011		ungültig
	V	00100		ungültig
	V	00101		ungültig
	V	00110		ungültig
	V	01000		ungültig
	V	10000		ungültig
	V	11001		ungültig

8B/10B-Kodierung

für schnellere Netze (ab 1'000 Mbit/s)
für ein Byte gibt es zwei Codes, die sich hinsichtlich der Anzahl von Nullen und Einsen bei Aufeinanderfolge immer ergänzen
Gleichspannungs-Belastung (dadurch) sehr gering

→ KALDEALI → S. 14 ff.



Q: geänd. nach /3/

weitere Kodierungen

MLT-3-Kodierung

arbeitet mit drei Pegeln (+V, 0V, -V)
dadurch wird die Signal-Frequenz deutlich verringert

PAM5- und Trellis-Kodierung

Multilevel-Kodierungen
PAM5 verwendet fünf Pegelstufen

Trellis-Kodierung ergänzt 8 bits um ein Paritäts-Bit zur Erhöhung der Datensicherheit

PAM5- und Trellis-Kodierung kommt bei 1000BaseTX zum Einsatz

CRC usw.

→ KALDEALI → S. 11 ff.

Testen von Protokollen

→ KALDEALI → S. 27 ff.

RC5-Code

Verwendung bei IR-Fernbedienungen von Haushalts-Elektronik (Fernseher, Radio, CD-Player, Video-Recorder, …

RC … radio controlled

1980 von der Firma Philips entwickelt

klassischer RC5-Code besteht aus 14 bit

die ersten 3 Bits dienen der Start-Erkennung, Signalstärke-Abstimmumg und der Erkennung von neuen Kommando im Vergleich zu Dauer-Komandos (Tastendruck-Erkennung)
das Toggle-Bit (T) ändert seine Wert immer dann, wenn eine neue Taste gedrückt wird

es folgen 5 Adress-Bits, welche die Geräte-Klasse codieren (Fernseher, Video-Recorder, DVD-Player, …)

die letzten 6 Bit sind Kommando-Bits
sie enthalten den konkreten Steuer-Befehl – das Kommando

Code-Bits	1	1	T	A5	A4	A3	A2	A1	K6	K5	K4	K3	K2	K1
Codeteil	Steuerteil			Adressteil					Kommandoteil					

praktisch als $2^5 = 32$ verschiedene Geräte-Typen möglich

Geräte-Adressen

Adresse (dez)	Geräte-Typ	
0	Fernseher	
3	Videotext	
4	Laser-Video-Player	
5	Video-Recorder	
7	für Experimentierzwecke / Eigenbaus	
8	Sat-Receiver	
12	DVD-Player	
13	für Experimentierzwecke / Eigenbaus	
14	CD-Photo-Player	
16	Vorverstärker	
17	Radio-Tuner	
18	Casetten-Recorder	
20	CD-Player	
21	Plattenspieler	
26	CD-Recorder	
29	Lichtsteuerung	

praktisch als 2^6 = 64 verschiedene Kommandos möglich

allgemeine (gemeinsame) Kommandos

Kommando (dez)	Kommando	
0 … 9	numerische Taste	
12	Standby	
13	Mute	
16	Volume +	
17	Volume -	
18	Brightness +	
19	Brightness -	
20	Color saturation +	
21	Color saturation -	
22	Bass +	
23	Bass -	
24	Treble +	
25	Treble -	
26	Balance right	
27	Balance left	
53	Play	
54	Stop	
63	System select	

erweiterter / moderner RC5-Code

zweites Steuer-Bit dient somit zur Unterscheidung des unteren (klassichen) Kommando-Sets von oberen (erweiterten / modernen) Kommando-Set

Code-Bits	1	¬K7	T	A5	A4	A3	A2	A1	K6	K5	K4	K3	K2	K1
Codeteil	Steuerteil			Adressteil					Kommandoteil					

somit insgesamt 2^7 = 128 Kommandos möglich, wobei nur der obere Bereich (¬K7 = 0) neu belegbar ist

erweiterte Kommandos

Kommando (dez)	Kommando	
89	Ambilight (Hintegrundbeleuchtung)	

Umsetzung einer (möglichen) Decodierung des RC5-Codes

Prozeduren / Funktionen auf Decoder-Seite:
RC5ADRESSE
RC5BEFEHL
RC5STATUS (verwaltet verschiedene Register z.B. RC5TOGGLEALT (altes Toggle-Bit) und RC5TOGGLENEU (neues Toggle-Bit); RC5NEUETASTE (gesetzt wenn neue Taste gedrückt wurde und mehmals das gleiche Telegramm empfangen wurde))
RC5TELGUELTIG (gibt an, ob der RC5-Code (Telegramm) gültig ist)

RC5ROUTINE (fragt alle 250 µs den IR-Empfänger auf ein neues Telegramm ab und speichert es)

RC5ACTIONx (Reaktion auf das Kommando x)

Links / Quellen:
http://www.stefan-buchgeher.info/elektronik/rc5/rc5_doku.pdf (Decoder-Prozeduren, …)

Decabit-Impulsraster

Rundsteuersystem für Geräte über das Strom-Netz
Ende der 1960er Jahre entwickelt
Fa. Zellweger (heute Teil von ASCOM)

Impuls-Abstands-Verfahren (alternativ wäre in einem anderen Verfahren z.B. die Codierung über ein Impuls-Intervall-Verfahren möglich)
ein Steuer-Signal (ein Decabit-Signal) besteht aus einem Start-Impuls und 10 Steuer-Impulsen
insgesamt ist ein Kommando-Signal 6,6 s = 6'600 ms lang auf jeden Impulsteil verfallen dabei exakt 600 ms = 0,6 s
dabei werden immer 5 Daten-Impulse und 5 Pausen verwendet
dadurch eine 5-aus-10-Auswahl
ergibt insgesamt 126 Doppel-Komando's

Code	Signal
0	0010111010
1	1001110010
2	1001101010
3	1001011010
4	0000111011
5	1100111000
6	1100110010
7	1100101010
8	1100011010
9	0001111010
10	1010111000
11	1010101010
12	1010011010
13	1000110110

Code	Signal
32	1010110100
33	1000111100
34	1010010110
35	1110011000
36	1110010100
37	1110001100
38	1100011100
39	0010111100
40	1100110100
41	0101010110
42	1100001110
43	1000010111
44	1100010101
45	1101010100

Code	Signal
64	1101001001
65	1101110000
66	1111001000
67	1001111000
68	0101111000
69	1101001010
70	0110001110
71	1000101110
72	0010101110
73	1000011110
74	0010011110
75	1110001010
76	1011000110
77	1001001110

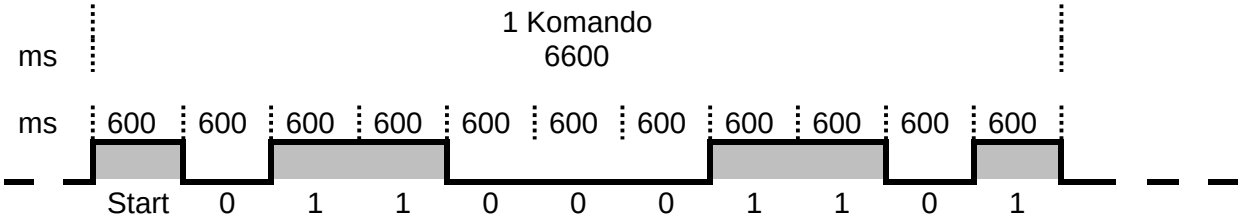
Code	Signal
96	0110101010
97	0100110110
98	0001110110
99	0100101110
100	1000111010
101	0100111010
102	1010110010
103	1001101100
104	1101100100
105	1011001100
106	1010011100
107	0110011100
108	1100010110
109	1101000110

14	1000110011
15	0011101100
16	0001101110
17	1000101101
18	1001100101
19	1001101001
20	1011100100
21	1001110100
22	1100101100
23	0101101100
24	1001100110
25	1011101000
26	1101001100
27	1010101100
28	1001011100
29	1001001101
30	1011011000
31	1011010100

46	1101010010
47	1110000110
48	1100100110
49	1001010110
50	1111000010
51	1101100010
52	1011100010
53	0111100010
54	1010100011
55	1110110000
56	1110101000
57	1010100110
58	0110100110
59	1110100001
60	1111010000
61	0111011000
62	0101011010
63	1100011001

78	0011001110
79	1010001011
80	0111001010
81	0101101010
82	0111000110
83	0101100110
84	0100011110
85	0111100100
86	0110110100
87	0011110100
88	0011011100
89	0011010110
90	1011110000
91	0011110000
92	0011011010
93	1001010011
94	1011000011
95	0101110010

110	1110100010
111	1110100100
112	1101011000
113	1101101000
114	1010001110
115	1011001010
116	0101001110
117	0111010100
118	1011010010
119	0110111000
120	1110010010
121	1111100000
122	0111110000
123	0011111000
124	0001111100
125	0000111110
126	1111111111



Steuer-Signale werden z.B. von einem Steuer-PC auf das Strom-Netz aufmoduliert
verwendete Frequenzen ligen zwischen 167 und 2'000 Hz
für Netze mit kleiner Ausdehnung werden Frequenzen über 250 Hz empfohlen, für größere Netz-Ausdehnungen die Frequenzen unter 250 Hz
zusteuendes Gerät hängt an einem Rundsteuer-Empfänger, der den Strom für dieses Gerät freischaltet bzw. wieder abschaltet
als Basis-Frequenz wird die normale Stromnetz-Frequenz von 50 Hz (Phasenlänge: 0,02 s = 20 ms) benutzt
Weiterentwicklungen der Fa. Zellweger arbeiten mit längeren und mehr Impulsen

praktische Umsetzungen
SemagyrTOP, Versacom und Swistra (Fa. Swistec)

bei Impuls-Intervall-Verfahren

je nach Firmen-Umsetzung unterschiedliche Längen der Start- und Daten-Impulse
auch Pausen zwischen Start und Daten sowie innerhalb der Daten sind unterschiedlich
charakteristisch ist eine deutlich höhere Anzahl von Impulsen in jedem Protokoll

Unified Diagnostic Services (UDS)

dt.: Vereinheitlichte Diagnose-Dienste

vorrangig im Automobil-Bau verbreitet, aber in abgewandelter Form auch in Flugzeugen, Schiffen, U-Booten usw.

Ziel ist der einheitliche Zugriff auf Diagnose-Informationen aus den Steuergeräten der Fahrzeuge unabhängig vom Hersteller (des Steuergerätes und des Fahrzeuges)

UDS-Nachricht besteht immer aus einem SID-Feld (Service-ID), einem Parameter-Feld und einem Daten-Feld

Kommunikation ist Verbindungs-orientiert (Anfrage-Antwort-Kommunikation)

Chiffrierung

→ KALDEALI → S. 26

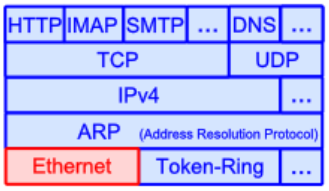
Codierung mit Betonung auf Geheimhaltung bzw. Unlesbarmachung

Definition(en): Chiffrierung
Chiffrierung / Verschlüsselung ist die Umwandung eines Zeichen oder einer Zeichenfolge ("Klartext") mittels eines Schlüssels in ein Chiffrat ("Geheimtext").
Chiffrierung ist eine Codierung, bei der das Zeichen oder die Zeichenfolge bis zur Dechiffrierung unkenntlich gemacht wird.

Links:
http://users.telenet.be/d.rijmenants/en/enigmasim.htm (Enigma-Simulator; engl.)

4. praktische Netzwerke und ihre Protokolle

4.1. das Ethernet



ganz ursprünglich funktionierten alle Computer-Verbindungen über Funk
daher auch die Bezeichnung ether für Äther

dann aber für lokale Vernetzung LAN spezifiziert

im OSI-Modell Layer 1 (physische Schicht) und Layer 2 (Data-Link-Schicht)

Definition(en): Ethernet
Unter Ethernet versteht man die Technologie, Hardware und Software für die (vorrangig) lokale Vernetzung von Computern und der zugehöriger Perepherie.

Priorisierung in Heim-Netzwerken mit FRITZ!-Routern

"Internet" → "Filter" → "Priorisierung"

auch für VPN's sinnvoll

Standard-Ethernet

10Base5

Thick-Ethernet
10 MBit/s
dickes, gelbes Koaxial-Kabel → yellow cable
Bus-Topologie
Segment max. 500m weit; max. 100 Stationen zugelassen
zu jeder Station gehört ein externer Transceiver, über AUI-Kabel mit der Netzwerkkarte der Station verbunden
Stationen können entfernt werden, Netzwerk funktioniert weiterhin ordnungsgemäß
relativ teuer (Kabel, Transceiver), Kabel-Beschädigungen bewirken Ausfall des gesamten Netzwerks

10Base2

Cheapernet, Thin wire, thin cable
10 MBit/s
Segment max. 185m weit; max. 30 Stationen zugelassen
Bus-Topologie
Anschluß über T-Verbinder
Stationen können nicht entfernt werden ohne dass das Netz zusammenbricht; Kabel-Beschädigungen bewirken Ausfall des gesamten Netzwerks
preiswert (Netzwerkkarte enthält Transceiver, billigeres Kabel); Einkabel-Anbindung ganzer Netze möglich (wenig Verkabelungsaufwand in Bauwerken)

10BaseT

Stern-Topologie, Punkt-zu-Punkt
Twisted Pair-Verkabelung (**Cat. 3**, 4 od. 5) (RJ45-Stecker)
Segment max. 100m weit, Anzahl der nicht direkt begrenzt
Stationen frei austauschbar, Kabel-Beschädigungen wirken sich nur auf eine Verbindung aus
bei Einsatz eines Hub nur immer eine aktive Verbindung möglich, mit Einsatz von Switches lassen sich viele parallele Verbindungen aufrechterhalten

10BaseF

wie 10BaseT nur statt der Kupfer-Kabel weden Glasfaser-Leitungen (Lichtwellenleiter, LWL) verwendet
Segment kann nun 2km weit sein
bestehende LWL-Vernetzung kann auch für schnellere Verbindungen genutzt weden (also sehr Zukunftssicher)
Verarbeitung der LWL aufwendiger und damit teurer

Fast-Ethernet

100Base

Gigabit-Ethernet

zukünftige Ethernets

nur im professionellen Umfeld, Hochleistungs-Cluster, Rechenzentren

2,5GBaseT

5GBaseT

10GBaseE

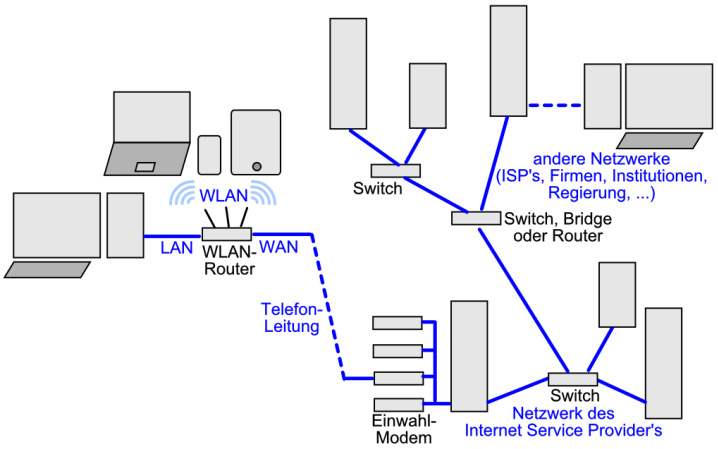
weiter in Arbeit 25G-, 40G-, 50G-, 100G-, 400G- und 1TBase-Ethernet

Aufbau eines Ethernet-Paketes (mit maximalen IPv4- / TCP-Daten)

Schicht 4: TCP-Segment								TCP-Header	Nutzdaten 1460 Byte		
Schicht 3: IP-Paket							IP-Header	Nutzdaten 1480 Byte			
Schicht 2: Ethernet-Frame			Empfänger-MAC	Absender-MAC	802.1Q-Tag (opt.)	Ethernet-Typ (0x0800)	Nutzdaten 1500 Byte			Frame Check Sequence	
Schicht 1: Ethernet-Paket+IPG	Präambel	Start of Frame	Nutzdaten 1518 / 1522 Byte								Interpacket Gap
Anzahl Byte's (Oktette)	7	1	6	6	(4)	2	20	20	6 - 1460	4	12

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

4.1.x. Ethernet-Geräte



2.5.x.y. Repeater, Hub's, Switches, Router, Brigdes, Gateway's

gemeint hier i.A. Geräte
entweder als Einzel-Geräte, die vielfach für den professionellen Einsatz gedacht sind
oder Kombi-Geräte; eher für den heimischen Bedarf
meist Vielzahl von Netzwerk-Anschlüssen ((Netzwerk-)Port's) mit eigenen MAC-Adressen

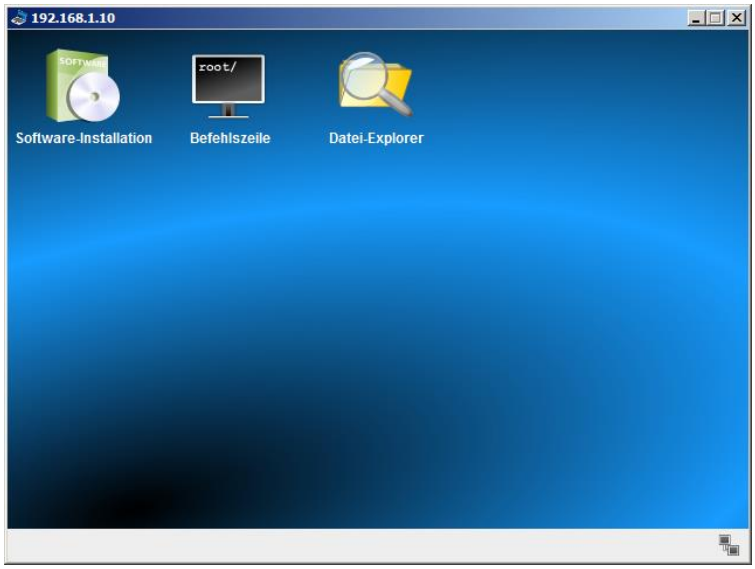
nur wenige Geräte benötigen eigene IP-Adressen
z,B. Router, Gateway's

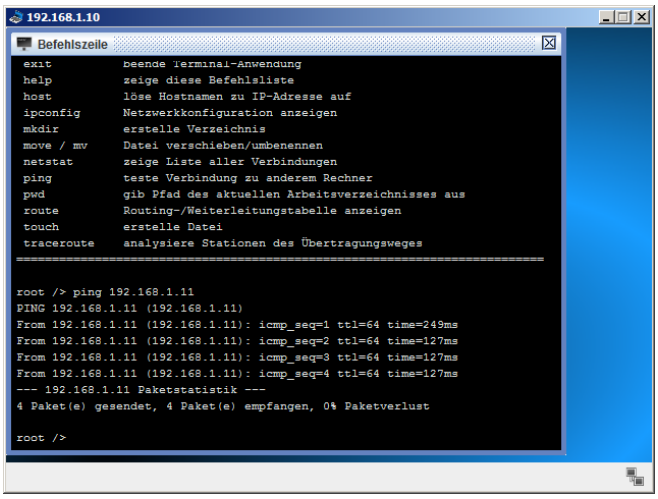
bessere Geräte mit einer gewissen Eigen-Intelligenz verfügen über Anwendungs-spezifische integrierte Schltung (ASIC's) (Hardware-Intelligenz)
optimierte Schaltkreise für den Netzwerk-/Daten-Verkehr

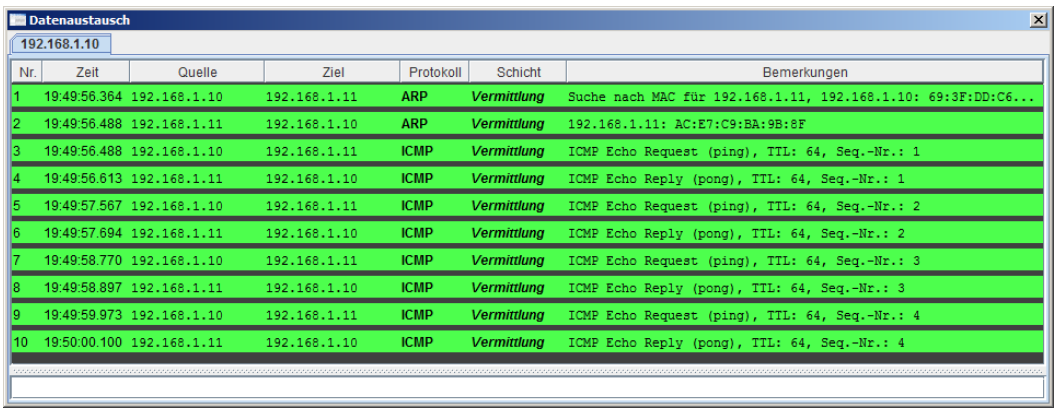
einige Geräte verfügen über (eigene) Betriebssysteme
dazu gehören Router und Gateway's

viele Leistungen heute auch als Software möglich, bis hin zur (vollständigen) Virtualisierung von Netzen







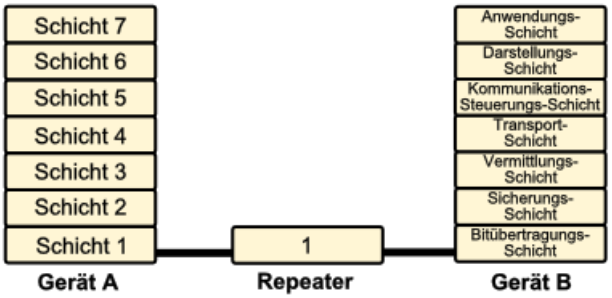


Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
1	19:49:56.364	192.168.1.10	192.168.1.11	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.1.11, 192.168.1.10: 69:3F:DD:C6...
2	19:49:56.488	192.168.1.11	192.168.1.10	ARP	Vermittlung	192.168.1.11: AC:E7:C9:BA:9B:8F
3	19:49:56.488	192.168.1.10	192.168.1.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
4	19:49:56.613	192.168.1.11	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
5	19:49:57.567	192.168.1.10	192.168.1.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
6	19:49:57.694	192.168.1.11	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
7	19:49:58.770	192.168.1.10	192.168.1.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
8	19:49:58.897	192.168.1.11	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
9	19:49:59.973	192.168.1.10	192.168.1.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4
10	19:50:00.100	192.168.1.11	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4

2.5.x.y.z. Repeater

Wiederholer – praktisch Verstärker bzw. Regenerator des Signals

arbeitet – wie Netzwerkkabel bzw. Medien – auf OSI-Schicht 1 (Bit-Übertragung)



Repeater-Varianten

- **Transceiver** — Kombinationsgerät aus Transmitter (Sender) und Receiver (Empfänger)
- **Sternkoppler** — einfacher Zusammenschluss mehrerer Leitungen / Kabel / Medien
- **Hub** — Gerät zur sternförmigen Verbindung von Netzwerk-Geräten bzw. Netzwerken (→ Hub)
- **Medien-Konverter** — einfache Version ohne Bridge-Funktion (→)

Definition(en): Repeater
Ein Repeater ist ein Netzwerkgerät zur Weiterleitung / Verstärkung / Regeneration eines Signals.

Aufgaben:

1.

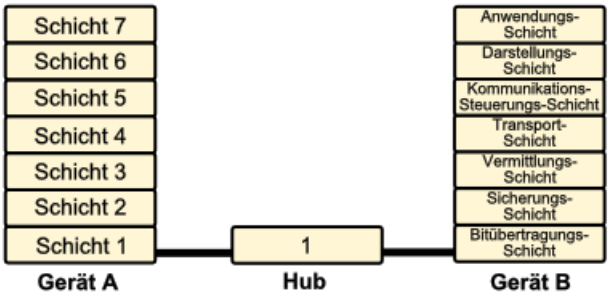
für die gehobene Anspruchsebene:

x. Informieren Sie sich über die 5-4-3-Regel (Repeater-Regel)! Was besagt sie und welcher technische Zweck / Grund steckt dahinter?

2.5.x.y.z. Hub

auch Multi-Port-Repeater

ist ein Repeater mit mehreren Netzwerk-Anschlüssen auf der einen Seite
arbeitet auf OSI-Schicht 1 (Bit-Übertragung)



Signale werden auf alle Port weitergeleitet, dadurch praktisch immer nur eine Verbindung über den Hub möglich
stellt Engpass dar (besonders zum Server hin)

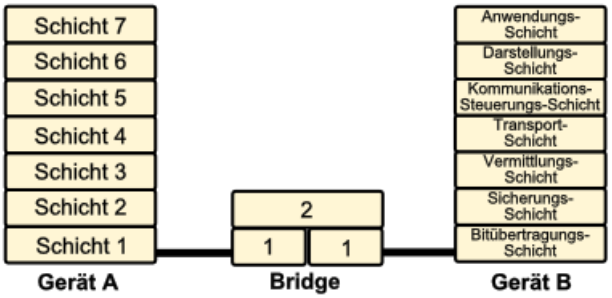
-
-
-

meist nur 10MB-Hubs verbaut
theoretisch nur bis 1GB-LAN verfügbar
praktisch nur selten 100MB-Hubs vorhanden

Definition(en): Hub
Ein Hub ist ein Netzwerk-Gerät, mit dem andere Netzwerk-Geräte auf physikalischer Ebene sternförmig verbunden werden.

2.5.x.y.z. Bridge

arbeitet auf OSI-Schicht 2 (Sicherungs-Schicht)



-
-
-

eine Bridge ist transparent, d.h. sie ist im Netz unsichtbar, hat also z.B. keine IP-Adresse

Definition(en): Brigde
Eine Bridge ist ein Netzwerk-Knoten, der zwei gleichartige Netzwerk-Segmente miteinander verbindet / koppelt (im Sinne einer Verlängerung / Ausweitung).

2.5.x.y.z. Switch

Netzwerkweiche, Verteiler
Umschalter, Schalter

Multi-Port-Bridge

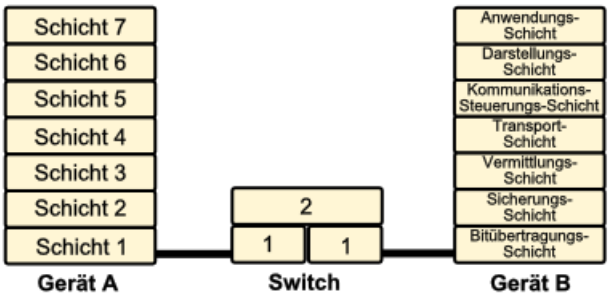


Cisco-Symbol
für ein Switch
Q: de.wikipedia.org
(Deadlyhappen)

Verbindung von Netzwerk-Segmenten

arbeitet auf OSI-Schicht 2 (Sicherungs-Schicht) → Layer-2-Switch

gemanagte Switche arbeiten auch auf Schicht 3 oder noch darüber (Layer-3-Switch)
Switche dieser Kategorie übernehmen zusätzliche Funktionen (IP-Filterung, Quality of Service, …)



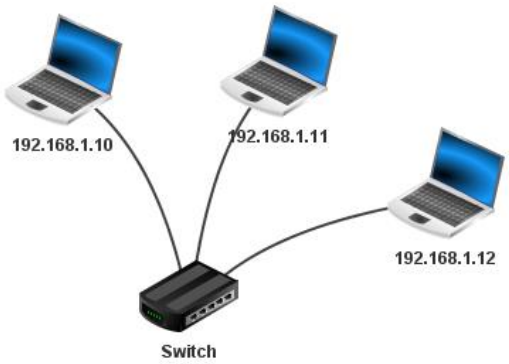
Switche merken sich die Verbindungen / Ports und stellen dann parallel mehrere Verbindungen gleichzeitig her; Gerät lernt die Hardware-Netzwerkadressen (MAC) der Einzel-Geräte
Pakete werden nur weitergeleitet, wenn Empfänger verfügbar ist

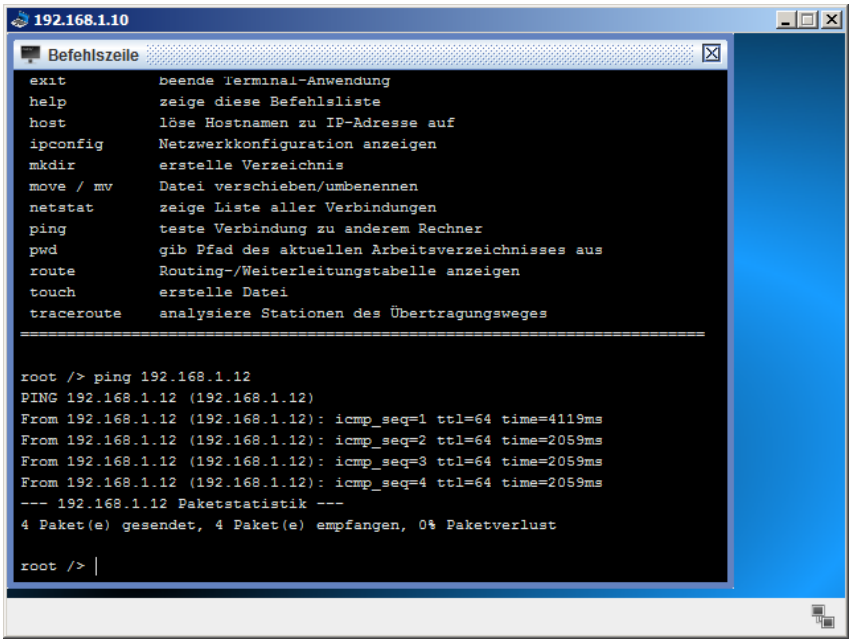
-
-
-

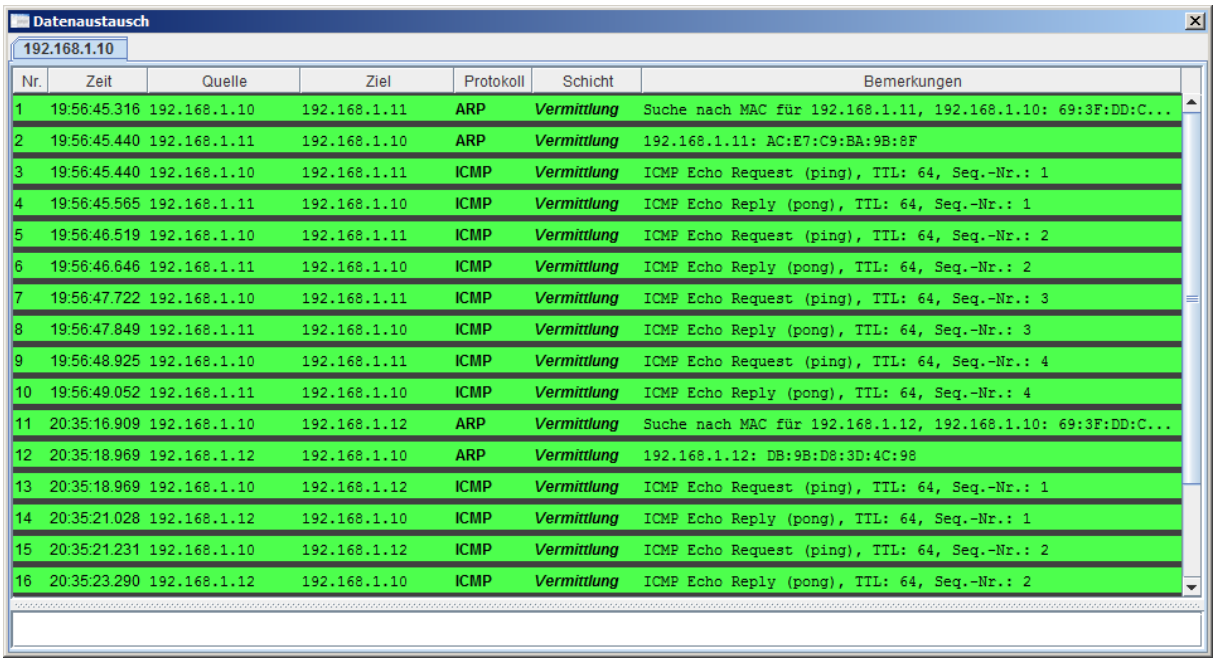
Vorteile
mehrere Verbindungen gleichzeitig möglich
schnellere Vermittlung der Einzel-Verbindungen
Voll-Duplex-Betrieb möglich
Ports können zusammengefasst / gekoppelt werden und damit ein höherer Datendurchsatz erreicht werden
bei L-3-Switches ist die Austeilung des LAN in virtuelle LANs (VLANs) möglich, die voneinander abgeschottetet werden können

Nachteile
es ist schwieriger einen Fehler zu finden, da Pakete nur noch auf bestimmten Leitungen gehändelt werden
größere Latenzzeiten (weil das Gerät aktiv am Paket-Transport und –Vermittlung mitwirkt)
von sich aus keine Redundanz (Probleme bei Fehl-Funktionen oder Ausfällen)

Definition(en): Switch
Ein Switch ist ein Netzwerk-Gerät zur sternförmigen Verbindung von eigenständigen Netzwerk-Segmenten.







Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
1	19:56:45.316	192.168.1.10	192.168.1.11	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.1.11, 192.168.1.10: 69:3F:DD:C...
2	19:56:45.440	192.168.1.11	192.168.1.10	ARP	Vermittlung	192.168.1.11: AC:E7:C9:BA:9B:8F
3	19:56:45.440	192.168.1.10	192.168.1.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
4	19:56:45.565	192.168.1.11	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
5	19:56:46.519	192.168.1.10	192.168.1.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
6	19:56:46.646	192.168.1.11	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
7	19:56:47.722	192.168.1.10	192.168.1.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
8	19:56:47.849	192.168.1.11	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
9	19:56:48.925	192.168.1.10	192.168.1.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4
10	19:56:49.052	192.168.1.11	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4
11	20:35:16.909	192.168.1.10	192.168.1.12	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.1.12, 192.168.1.10: 69:3F:DD:C...
12	20:35:18.969	192.168.1.12	192.168.1.10	ARP	Vermittlung	192.168.1.12: DB:9B:D8:3D:4C:98
13	20:35:18.969	192.168.1.10	192.168.1.12	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
14	20:35:21.028	192.168.1.12	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
15	20:35:21.231	192.168.1.10	192.168.1.12	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
16	20:35:23.290	192.168.1.12	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2

Unter Switching versteht man die geordnete Weiterleitung von Daten(-Paketen) auf vorbestimmten / bekannten Wegen. Ist dieser unbekannt, dann wird er vor der Weiterleitung erst ermittelt.

2.5.x.y.z. Router

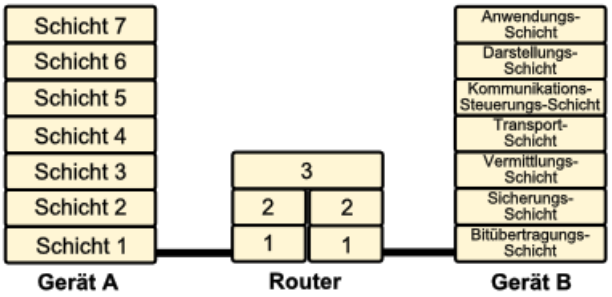
sprich: rauter; neudeutsch: ruhter



Cisco-Symbol
für einen Router
Q: de.wikipedia.org
(George Shuklin)

Addressierung über das eigene Netz hinaus
Anpassung PDU-Struktur (Protocol Data Unit)
Anpassung der Protokoll-Parameter
Anpassung der Fehlerbehandlungs-Mechanismen
Abbildung von Diensten
Abbildung des lokalen Wagewahl-Mechanismus auf globale Wegewahl

arbeitet auf OSI-Schicht 3 (Vermittlungs-Schicht)
verbinden verschiedene Netze



-
-
-

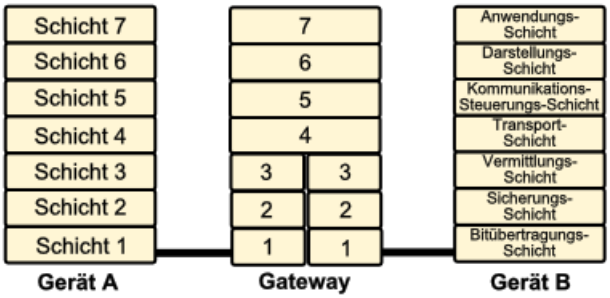
Definition(en): Router
Router sind Netzwerkgeräte, die Daten(-Pakete) zwischen verschiedenen Netzen austauschen können.
Ein Router ist eine Node, der Daten(-Pakete) weiterleitet, die nicht für ihn selbst bestimmt sind (und in ein anderes Netzsegment übertagen werden müssen).

Unter **Routing** versteht man die Art und Weise, wie Daten(-Pakete) in dezentralen Netzwerken verarbeitet werden. Konkret geht es um die Findung des (richtigen) Weges für die Daten. Z.B. wird unterschieden, ob die Daten im eigenem Netz weitergeleitet werden / verbleiben, ob sie an ein übergeordnetes netz weitergegeben / weitergeleitet werden oder ob sie gar gelöscht werden.
Jeder Router prüft also, ob das Datenpaket im eigenen Netz bleibt oder nach außen weitergeleitet wird. Das Hilfsmittel dafür ist die Routing-Tabelle. In den äußeren Netzwerken besit-

zen die Knoten-Rechner ebenfalls Routing-Tabellen für bekannte Ziel-Punkte oder weitere vermittlungs-Rechner.
Damit die Daten-Pakete nicht unendlich durch Netz irren, werden die Vermittlungs-Versuche gezählt und bei einer bestimmten Anzahl gelöscht.

2.5.x.y.z. Gateway

arbeitet ab OSI-Schicht 4 aufwärts (Transport-, Kommunikationssteue-rung-, Darstellungs- und Anwendungs-Schicht)



-
-
-

in lokalen Netzen versteht man unter Gateway den Rechner / die netzwerk-Einheit, welche die Verbindung zum Internet oder einem anderen Netz realisiert (also eher einen Router)

Definition(en): Gateway
Ein Gateway ist eine Netzwerk-Knoten (Hardware, Software oder Kombination aus beidem), der eine Verbindung / Schnittstelle zwischen zwei Netzwerken / unterschiedlichen Netzwerk-Segmenten herstellt und die Daten und Protokolle in geeigneter Form umsetzt.

Wege-Wahl-Verfahren

Aufgaben / Ziele:
geringe Übertragungszeiten (geringe Anzahl von genutzten Knoten; kleine Leitungslängen, Ausnutzung der Leitungskapazität, hohe Übertragungs-Geschwindigkeit des Mediums)
geringe Übertragungs-Kosten
gute Auslastung der Kapazitäten (Leitungen, Knoten)
Optimierung des Netzdurchsatzes

Probleme / Konflikte:
soll so einfach, wie möglich, aber so effektiv wie benötigt sein
adaptiv auf bestehenden und veränderliche Topologien / Lasten / …
Robustheit in Fehlersizuationen
Fairness gegenüber jeder Einzelverbindung (Netzgleichheit,)

Domain Name Service (DNS)

übersetzt die technischen Adressen in für Menschen lesbare und verständliche Namen
historisch nur wenige Domains

später immer wieder erweitert

Aufgaben:
Zuordnung IP zu Name
Zuordnung Name zu IP

→ Datei hosts
für Zwecke der speziellen Behandlung von Namen / Adressen in einem Subnetz bzw. für die Station

Datenübertragung

Probleme

Duplikate
doppelt / mehrfach gesendete Pakete, die wegen fehlender oder verspäteter Quittierung nochmals gesendet worden → Erkennung an Sequenz-Nummer → werden ignoriert

Reihenfolge-Fehler
durch unterschiedliche Wegewahl und den damit resultierenden Lauflängen der Signale kommen Pakete ev. in ungeordneter Reihenfolge an → Erkennung an Sequenz-Nummer → werden sortiert

Fehl-Adressierung
durch verfälschter oder fehlerhafter Adresse

Sicherungs-Verfahren
Sequenz-Nummer (Pakete / Nachrichten werden fortlaufend durchnummeriert)
Quittierungs-Verfahren

Übertragungsfehler
Verfälschungen durch:
Stör-Signale, Speicherfehler,

→ Nutzung von Error Correcting Codes

Daten-Verlust durch:
Geräte-Ausfälle,

→ Wiederholung der Daten-Übertragung

Übersicht der verschiedenen Netzwerk-Zwischenknoten

Geräte-Name	Aufgaben / Funktionen	arbeitet auf Schicht …		Lage bezügl. Collisions-Domäne	?hat IP	? hat MAC	Bandbreite
Repeater	einfache Verstärkung eines Signal's Gerät innerhalb eines Netzes Verstärker	ISO-OSI: 1 (Bit-Übertragung) TCP/IP: 1 (Link)	Gerät unsichtbar für höhere Schichten keine eigene Intelligenz teilt das logische Netz in physikalische Segmente praktisch Bus-Toplogie	liegt innerhalb einer CD	nein	nein	unverändert bei passenden Geräten
Medien-Konverter	wandelt Signale einer Technologie in die einer anderen um	ISO-OSI: 1 (od. 2)	praktisch auch Repeater		nein	1	leicht verringert
Hub	verbindet mehrere Host's eines Netzes Gerät innerhalb eines Netzes Verstärker + (dummer) Verteiler	ISO-OSI: 1 (Bit-Übertragung) TCP/IP: 1 (Link)	physikalisch Stern-Topologie praktisch keine Intelligenz praktisch nur eine aktive Verbindung pro Hub teilt das logische Netz in physikalische Segmente erscheint als Bus-Topologie	liegt innerhalb einer CD	nein		alle angeschlossenen Geräte teilen sich die Bandbreite
Bridge	verbindet zwei gleichartige Netze (LAN-Segmente) trennt Gesamt-Netz in Collisions-Domänen Grenz-Übergang Verstärker + Verbinder	ISO-OSI: 2 TCP/IP:	für LAN-Erweiterungen mit unabhängigen CD's kann aber auch Netze mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften verbinden (aber gleicher Adressierung) Gerät unsichtbar für höhere Schichten (höhere Schichten müssen aber kompatibel sein) ist Protokoll-transparent unabhängiger Daten-Verkehr in jedem Segment → guter Lasten-Ausgleich selektive Weiterleitung von Paketen (nur die für das spezifizierte andere Netz) geringe Intelligenz (lernt + interpretiert MAC-Adr.) kommunizieren untereinander und verhindern Schleifen	trennt 2 CD's	nein	(mind.) 2	Austausch-Geschwindigkeit wird vom langsameren Netz bestimmt

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Geräte-Name	Aufgaben / Funktionen	arbeitet auf Schicht …	weitere Aufgaben / Eigenschaften / …	Lage bezügl. Collisions-Domäne	?hat IP	? hat MAC	Bandbreite
Switch	verbindet mehrere Host's eines Netzes selektive Weiterleitung (Netzwerk-Weiche, Verteiler, Umschalter) Verstärker + (intelligenter) Verteiler trennt Gesamt-Netz in Collisions-Domänen	ISO-OSI: 2 (Sicherung) selten: 3 (Vermittlung) TCP/IP: 1 (Link)	intelligente Verteilung der Pakete (Verkehrs-Management) (selten: selektives Paket-Verteilen) untersucht Daten-Pakete nach MAC-Adressen erzeugt pro Port eine eigene Collisions-Domäne sonst wie Bridge	liegt innerhalb einer CD	nein (selten)	1	je Verbindung steht volle Bandbreite zur Verfügung
Router	verbindet zwei verschiedene (autarke / eigenständige) Netze Zuordnung von Paketen zu unterschiedlichen Netzwerken Gerät an der "Außen-Grenze" eines Netzwerk's Verstärker + Verbinder + Vermittler	ISO-OSI: 3 (Vermittlung) TCP/IP: (Internet)	verbindet unterschiedliche Protokolle bis OSI-Schicht 3 Adressierung auf Schicht 3 (z.B. IP) muss gleich sein haben eigenes Betriebssystem meist Multi-Protokoll-fähig gezielte Weiterleitung von Paketen über Routing-Tabelle keine Weiterleitung von Broadcast's ermöglichen Adressierung über das eigenen Netz hinaus selektive Weiterleitung von Paketen (nur die nicht für das eigene Netz sind)	trennt 2 CD's	ja (mind. 2) WLAN-Router (mind. 3)	meist 2	
Gateway	verbindet Host's auf der Anwendungs-Ebene (z.B. für verteiltes Rechnen Vermittler + (Verstärker + Verbinder)	ISO-OSI: 7 (Anwendung) TCP/IP: (Application)	praktisch ein eigenständiger Host / Server (mit (Server-)Betriebssystem übernimmt auch Routing-Aufgaben setzt Protokolle direkt ineinander um übersetzt Anwender-Protokolle ineinander viele WLAN-Router übernehmen die notwendigen / nötigsten Funktionen		kann	kann	

(c,p) 2015 – 2025 lsp: dre

der heimische WLAN-Router – ein kleines Universal-Gerät

gemeint ist hier der klassische WLAN-Router, wie er heute zu Telefon/Internet-Verträgen dazugehört bzw. gebraucht wird
typisch für den nicht-professionellen / häuslichen Gebrauch

typische Vertreter (Gemein-Bezeichnungen):

- Fritz!-Box
- Speedport
- Kabelmodem

meist mit einem Linux-Betriebssystem ausgestattet
dann i.A. Quellen-offen
kann durch eigenes Betriebssystem (MOD's) ausgetauscht werden
Vorteil der erweiterten Leistungs-Fähigkeit, ev. Garantie-Verlust (bei mir ist erst 1 Router in 20 Jahren kaputt gegangen (und der durfte auch schon mal kaputt gehen))

Kombination aus:

- **Router** — ermöglicht die Weiterleitung von entsprechend adressierten Daten-Paketen in ein anderes Netz (hier das Netz des Internet-Provider's (ISP))
  ev. auch das separate WLAN
- **Modem** — setzt die Daten-Pakte in die passenden Signal (einschließlich Codierung) für das Netz des ISP um (z.B. ISDN, VDSL, ADSL, Kabel)
  bedient den WAN-Port
- **Switch** — ermöglicht den Anschluss mehrerer (meist 4) Host's zu einem Netzwerk
  bedient die LAN-Port's (häufig bis 1 GB-LAN)
- **WLAN-Access Point** — stellt ein privates WLAN bereit (kann Erweiterung des geswitchen Netzes sein oder ein eigenständiges Netz bilden)

Funktionell kommt ev. hinzu:

- **Firewall** — Überwachung von Verbindungen, TCP/IP-Port's
- **Internet-Telefonie VoIP (Voice over IP)** — Herstellen von klassischen Telefon-Gesprächen über das Internet
-

benötigt:
Einwahl-Parameter (Protokoll, Adressen, Optionen, …) vom ISP
Service-Verbindung (für Web-Bedien-Oberfläche; einschließlich Account mit Name und Password)
selten notwendig:

Angaben zum eigenen Netzwerk (wenn nicht DHCP)
Angaben zum eigenen WLAN

die Anpassungen des Administrator-Account's ist unbedingt zu empfehlen
Anpassung des eigenen LAN (ev. abweichend von den Standard-Netzen 192.168.**0**.x bzw. 192.168.**1**.x
Anpassung des WLAN's mit eigener SSID und eigenem Password für das WLAN ebenfalls zu empfehlen
MAC-Filter / Zulassen von bekannten Geräten ebennfalls eine wichtige Einstellung für ein sicheres eigenes Netzwerk mit möglichst wenigen (handhabbaren) Verfahren / Veränderungen

Aufgaben:

1. *Stellen Sie in einem kleinem freien Vortrag an einem (altem) WLAN-Router oder einem Funktions-Modell die verschiedenen Netzwerk-Funktionen vor!*
2. *Uns steht ein Heim-Netzwerk mit den folgenden Geräten und Austattungen zur Verfügung: An einem WLAN-Router (4 Port-LAN, 1 Port-WAN, 3 WLAN-Antennen, 2 Telefon-Anschlüsse, 1 USB-3.0-Port) sind drei Computer per LAN und ein Laptop per WLAN angeschlossen. Die LAN-Verbindungen sind für 100 MBit/s und das WLAN für 55 MBit/s bei 5 GHz ausgelegt. Der WAN-Anschluss ist mit dem Haus-DSL-Anschluss vom Internet Service Provider (ISP) verbunden. Laut Vertrag steht eine Download-Geschwindigkeit von 33 MBit/s und eine Upload-Geschwindigkeit von 10 MBit/s zur Verfügung (Maximal-Geschwindkeiten; auch so beobachtet!). Allgemein gilt für alle Verbindungen praktisch nur eine Geschwindkeit von 80 % - bezogen auf die theoretisch möglichen.*
   a) *Stellen Sie das Netzwerk graphisch dar! Notieren Sie die Geräte-Namen / -Typen an die von Ihnen verwendeten Symbole! Geben Sie für jede mögliche Verbindung zwischen zwei Geräten die theoretische(n) Geschwindigkeit(en) an!*
   b) *Zwischen zwei Computern soll eine Video-Datei von 152 MByte direkt kopiert werden. Berechnen Sie die Übertragungs-Zeit in Sekunden und Minuten! (Geben Sie immer eine – für Dritte – nachvollziehbare Berechnung an!)*
   c) *Berechnen Sie die Übertragungs-Zeiten (s und min) für das Kopieren der Datei auf den Laptop!*
   d) *Weil der eine PC keine Freigaben usw. hat, soll die Datei über eine Cloud ausgetauscht werden. Für die Cloud selbst und die Verbindung zu ihr braucht keine extra Verzögerung beachtet werden. Diese ist durch den ISP ausgeschlossen worden. Wielange dauert die Datei-Übertragung nun?*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Die Video-Datei (Aufgabe 2d) soll verschlüsselt übertragen werden. Dazu wird ein Programm benutzt, dass den Datendurchsatz je Gebrauch um 0,5 s/MBit verzögert. Wielange braucht die Übertragung (von unverschlüsselt bis unverschlüsselt) nun? Erklären Sie Ihre Berechnung dem Kurs!*
4. *Einer der PC's wird nach dem Geburtstag gegen einen Laptop ausgetauscht. Wie lange muss man nun warten, bis die Datei auf dem neuen Laptop über die Cloud zur Verfügung steht?*

4.2. Simulation von Netzen mit Filius

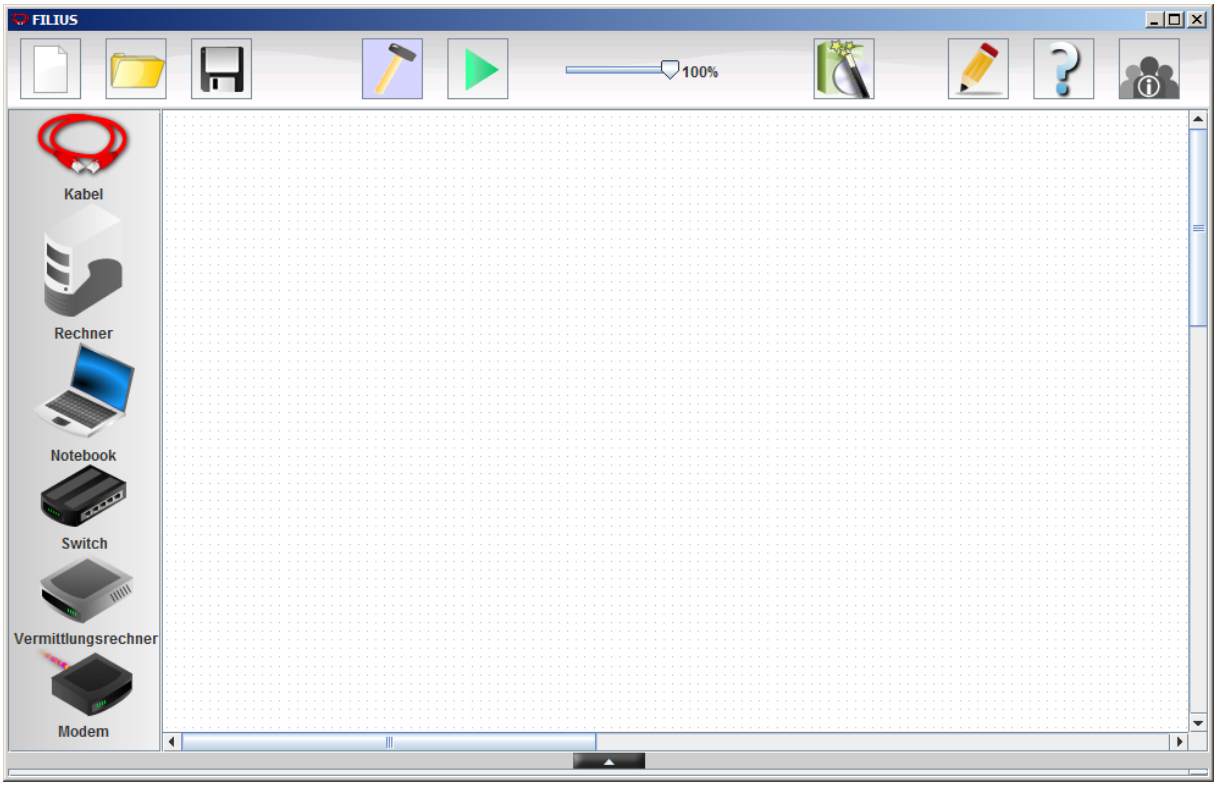
Filius ist eine Software, die es uns gestattet virtuelle Netzwerke aufzubauen, zu konfigurieren und auszuprobieren. Dabei sind vor allem die "versteckten" Informationen für uns interessant, um die Hintergründe und Abläufe besser kennen zu lernen.

FILIUS … **F**reie **I**nteraktive **L**ernumgebung für **I**nternetworking der **U**niversität **S**iegen

4.2.0. Wege zu Filius

Start vom IoStick

eigene Installation



Die individuellen Einstellungen werden im Benutzer-Ordner .filius gespeichert. Durch Löschen dieses Ordner's gelangt man wieder zu den Grund-Einstellungen. Das lässt sich z.B. durch ein einfaches BAT-Programm realsieren, was z.B. immer bei einer Nutzer-Anmeldung gestartet wird (z.B. auch für Leistungskontrollen oder Prüfungen).

4.2.1. Aufbau von Netzen



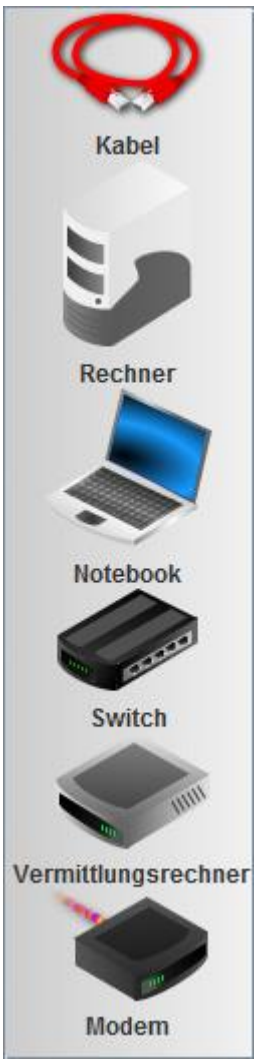
Nach dem Start von Filius sehen wir meist das letzte bearbeitete Projekt. Mit [Strg] + [N] erstellen wir uns ein neues (leeres) Projekt. Mangels Menü lässt sich auch die nebenstehende Schaltfläche benutzen.



Die Schaltflächen "Öffnen" und "Speichern" erklären sich von alleine. Eine Funktion "Speichern unter …" gibt es nicht. Bei jedem "Speichern" wird der Speichern-unter-Dialog aufgerufen. Beim einfachen Bestätigen wird die benutzte Datei gespeichert (überschrieben).



Die Speichern-unter-Funktion bekommen wir durch Ändern des Datei-Namens oder des Speicher-Ortes. Vor allem, wenn man sich also neue Filius-Dateien (*.FLS) anlegen will, muss man immer gut auf die Benennung achten, sonst ist schnell mal eine andere überschrieben.
Besonders wer Meilensteine seiner Arbeit dokumentieren will, ist hier gefordert.
Die möglichen Grund-Geräte (Netzwerk-Hardware) liegen in der linken Werkzeug-Leiste bereit. Ein entsprechendes Gerät wird durch Ziehen auf die Arbeitsfläche positioniert.



Mit Kabeln verbinden wir die Geräte. Dazu müssen immer nacheinander die beiden Geräte angeklickt werden. Das Entfernen eines Kabels ist (nur) über einen Rechts-Klick auf das Kabel möglich.
(Für die technischen Freak's: Ob es sich um "Patch"- oder "Cross over"-Kabel handelt, wird hier ignoriert / übergangen. Es ist immer das "richtige" Kabel bzw. ein moderner erkennender Netzwerk-Port am Endgerät.)

Ein "Rechner" im Sinne von Filius ist ein Server – also ein Rechner, der eine Leistung im Netz zur Verfügung stellt. Auch wenn der Rechner scheinbar keinen Monitor hat, können wir Software installieren und auch beobachten.

Das "Notebook" ist ein klassischer PC im Netz. Ob dieser als Client (Klient) oder als Peer (Partner) fungiert, wird durch die anderen Netzwerk-Geräte und die "installierte" Siftware bestimmt.

"Switch"e dienen zum Aufbau einer Stern-förmigen Netzwerk-Struktur und damit dem Verbinden mehrerer Rechner.

Was hier allgemein "Vermittlungsrechner" genannt wird, sind praktisch die Router bzw. Bridge's. Wann wir statt eines Switches einen Vermittlungsrechner brauchen klären wir später noch genau.

Das "Modem" ist seit je her der Inbegriff des Verbindungs-Gerätes zum Internet. Hier sind Modem's zur Verbindung "weiter" entfernter oder "lokaler" Netze gedacht. Auch diese Geräte-Klasse sehen wir uns noch genauer an.



Normalerweise befinden wir uns zu Anfang im "Entwicklungsmodus" [Strg] + [D]. Hier wird das Netz zusammengestellt und die wichtigen Vorgaben, wie Bennennungen und Adressierungen vorgenommen.

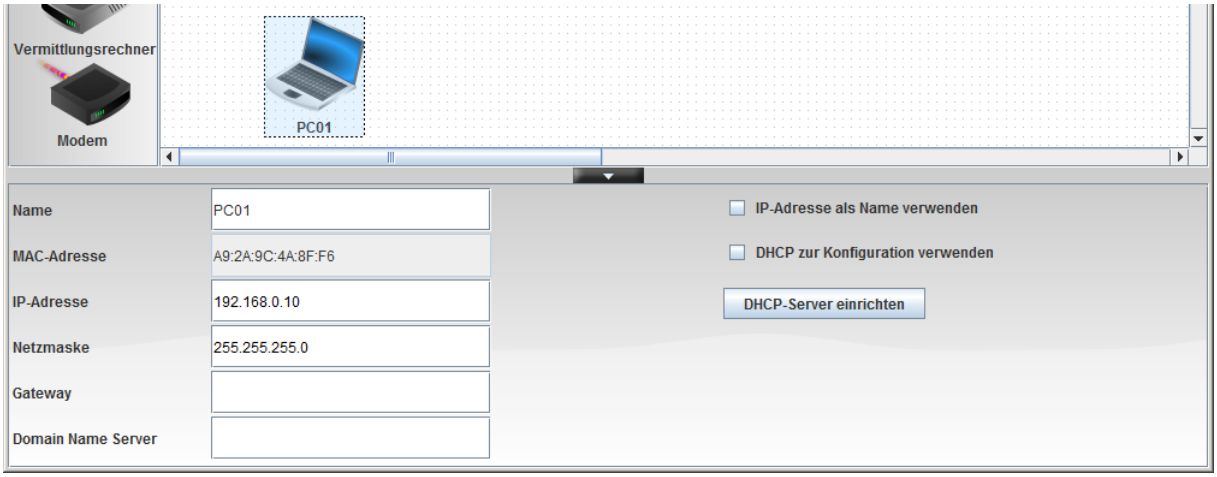
Der Aktionsmodus [Strg] + [R] ist dann zum praktischen Ausprobieren. Er schaltet die Geräte sozusagen an und ermöglicht die Beobachtung der Netzwerk- und Geräte-Aktivitäten.
Bleibt noch der Dokumentations-Modus, der uns z.B. die Beschreibung unseres virtuellen Netzes ermöglicht.





4.2.1.1. Einrichten und Nutzen von Netzendgeräten in Filius

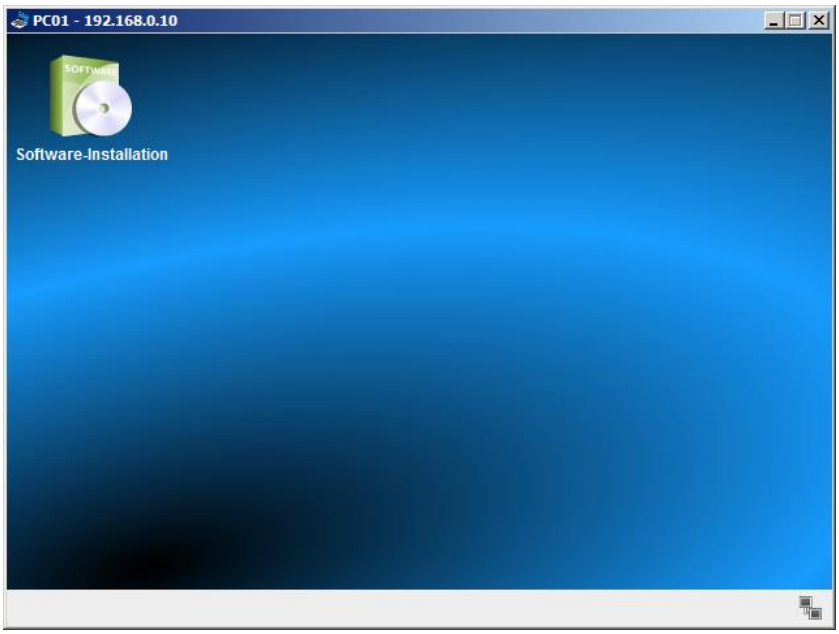
Nachdem man z.B. ein Gerät auf der Arbeitsfläche positioniert hat, zeigt sich unten im Programm der Detail- oder Eigenschaften-Bereich. Hier können wir z.B. für ein Notebook einen Namen und die Netzwerk-Adressen festlegen.

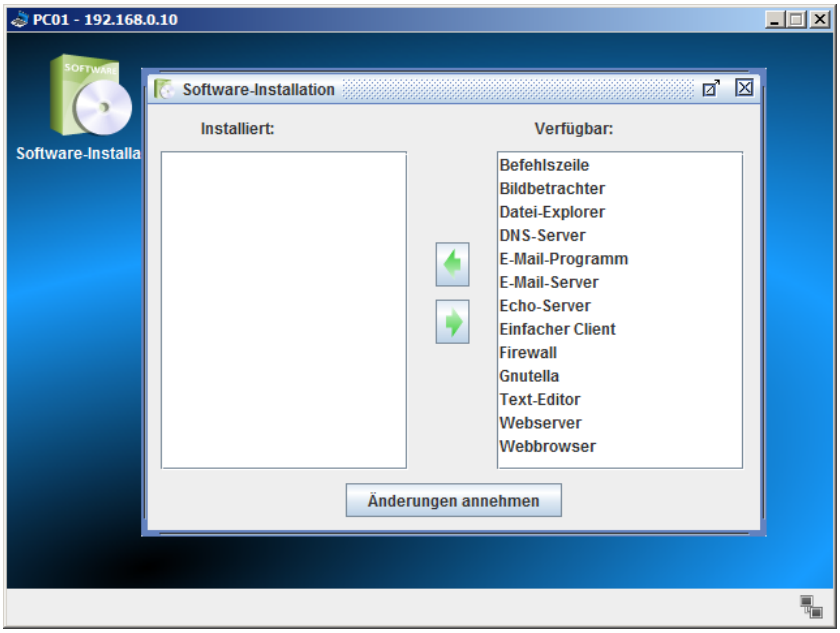


Die MAC-Adresse ist vom "Hersteller" fest vergeben worden. Die IP-Adressen können wir relativ frei belegen.
Als nächstes starten wir den PC durch ein Umschalten in den Aktivitäts-Modus. Jetzt sehen wir den Bildschirm mit dem Desktop. Die einige Applikation ist derzeit der Assistent für die Software-Installation.

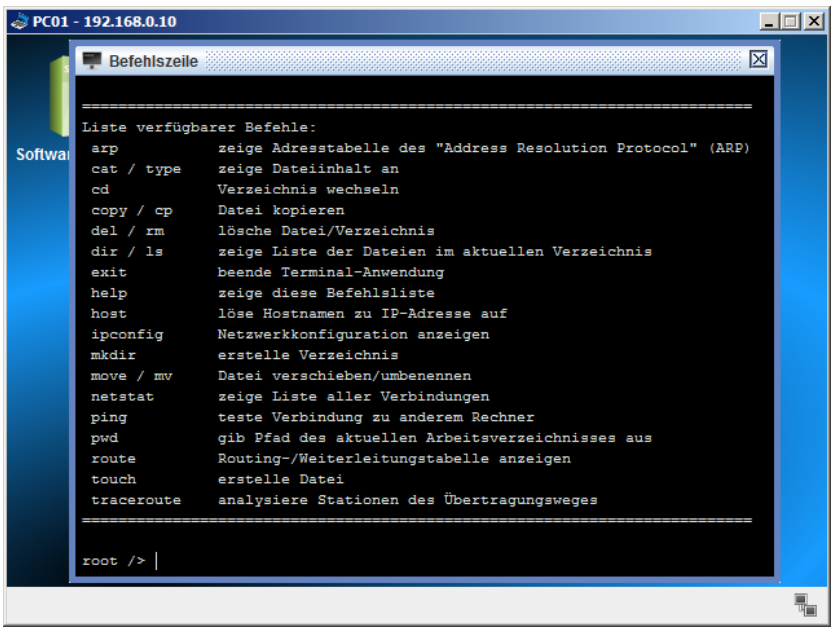


Ohne installierte Software kann unser PC praktisch nicht viel.
Wir wollen aber kommunizieren und die verschiedenen Netzwerk-Protokolle ausprobieren.
Durch Filius werden die wichtigsten Protokolle für Netzwerke sehr schön abgedeckt.
Alle relevanten Abläufe und Probleme können so aufgedeckt werden.
Für weiterführende Netzwerk-Erkundungen muss man dann auch zu professionen Programmen greifen.



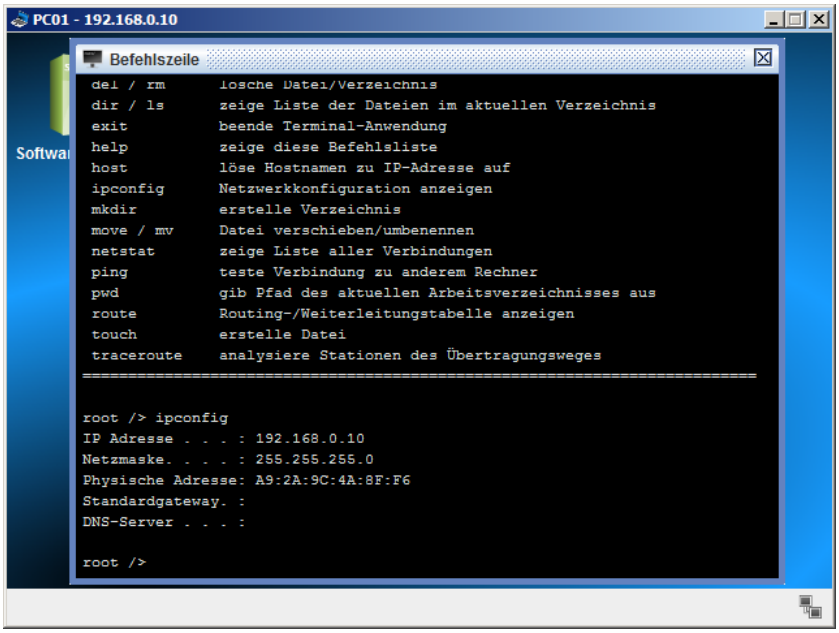


Die gewünschte Software wird aus der rechten Liste durch Doppel-Klick oder über den grünen Pfeil in die "Installiert"-Liste befördert.
Nach dem "Änderungen übernehmen" stehen die Applikationen installiert auf dem Desktopn bereit.
Zuerst genügt uns mal die "Befehlszeile". Dies entspricht einer Konsole oder auch einem Terminal. In älteren Windows-Versionen sprach man auch von der "MS-DOS Eingabeaufforderung".
Die Befehlszeile ermöglicht die Nutzung von Kommandozeilen- bzw. Konsolen-Befehlen.
Die Auswahl der Befehle ist auf eine kleine Gruppe eingeschränkt.



Viele Befehle kennt am vielleicht von speziellen Aktivitäten am eigenen PC. Die Konsole wird heute immer mehr nur noch von System-Betreuern benutzt. Sie ist und bleibt – auch auf dem eigenen PC – eine der sichersten Bedien-Möglichkeiten. Da ist kein graphisches System, das abstürzen kann, weil der Nutzer zu hektisch geklickt hat.
Wenn man die Liste der verfügbaren Befehle später nochmal braucht, dann ist diese über **help** zu erreichen.
Die Konsole sollte man immer ordnungsgemäß über **exit** verlassen.

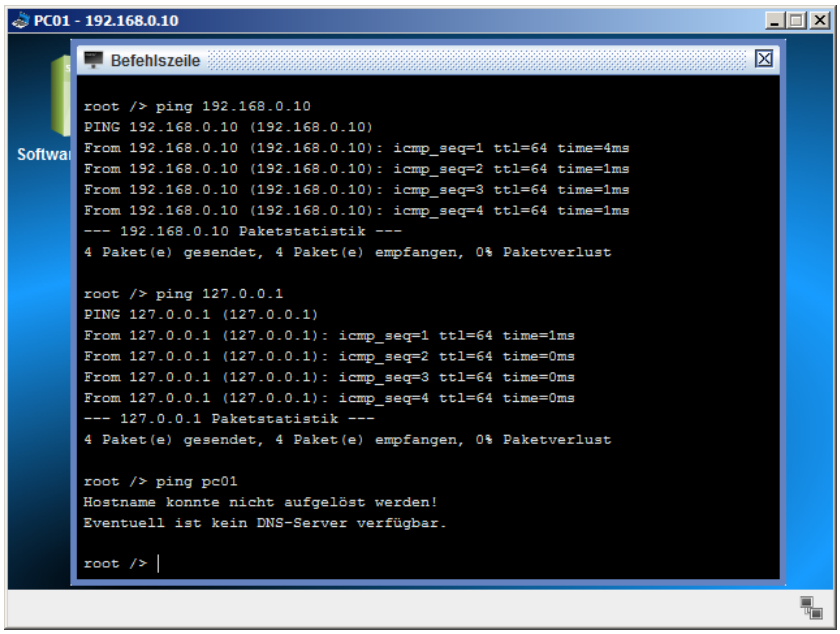
Der Befehl **ipconfig** zeigt uns die Einstellungen der Netzwerk-Schnittstelle (hier z.B. die LAN-Karte) an.
Der Befehl ist auch in den Konsolen von Windows und verfügbar. Deren Optionen lassen sich dort mittels /? bzw. –h abrufen.



Der **ping**-Befehl ermöglicht das Prüfen einer Netzwerk-Verbindung. Dabei geht es zum Einen um das Vorhandensein einer Netzwerk-Ressource und zum Anderen um die Übertragungs-Geschwindigkeit. Es werden beim Ping mehrere Daten-Pakete gesendet. In der Konsole sehen wir dann, ob das Paket erfolgreich versendet wurde und welche Zeit dafür gebraucht wurde. Diese Zeiten sollten innerhalb eines lokalen Netzes immer unter oder im Millisekunden-Bereich liegen. Der angepingt Rechner antwortet mit einem pong. Dieses Kommando realisert das Zurücksenden der verschickten Pakete. Ein Ping ist also immer das hin- und herschicken von Daten- Paketen. Bei der Berechnung der eigentlichen Geschwindigkeit muss also beachtet werden, das der Weg doppelt zurückgelegt wird.
Kommen die vier Daten-Pakete nicht alle an – und dies auch bei einem 2. oder 3. Test – dann liegt ein technisches Problem vor. Meist sind das defekte Kabel oder Netzwerk-Geräte.
Da wir im Augenblick nur ein Gerät in unserem virtuellen System verfügbar, können wir natürlich nur dieses Gerät testen. Man kann immer auch seine eigene IP-Adresse mit einem ping testen. Dadurch weiss man, das die eigene Netzwerk-Karte funktioniert und eine gültige IP-Adresse hat.

ping *eigene_IP*
Für eigene_IP setzen wir die eingerichtete oder mit ipconfig ermittelte IPv4 ein.

ping *loopback_IP*
Die klassische loopback_IP ist **127.0.0.1**. Sie sollte immer funktionieren, wenn das Netzwerk mit TCP/IP und dem IPv4-Adressen arbeitet.
(Praktisch sind alle Adressen von 127.0.0.1 bis 127.255.255.254 als Loopback-Host's vorgesehen.)
Bei IPv6 ist die Loopback-Adresse die **::1**.



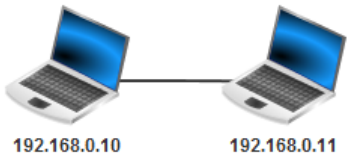
In den Konsolen echter PC's können wir auch:

ping *PC_Name*
benutzen. In unserem virtuellen System funktioniert das nicht, weil es noch keinen Dienst gibt, der die PC-Namen in IP-Adressen umwandelt oder umgekehrt. Das erledigt der DNS-Dienst (→). Für die Loopback-Adresse kann man dann auch:

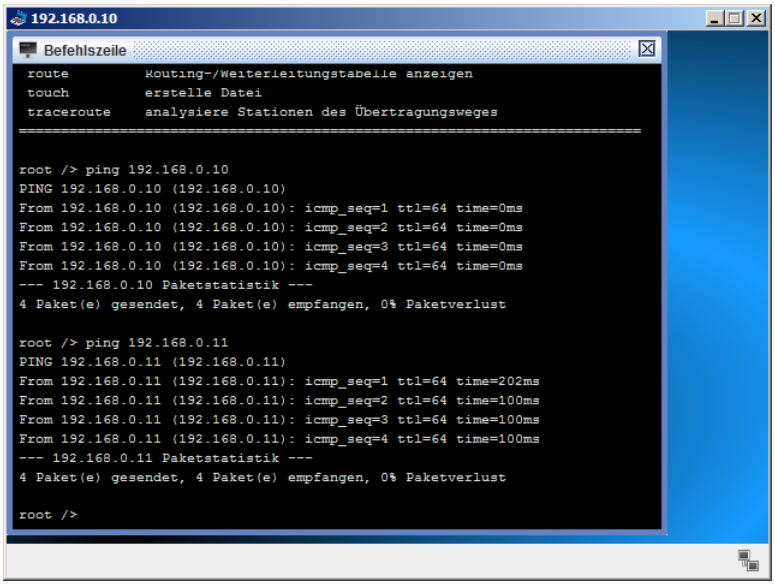
ping localhost
verwenden.

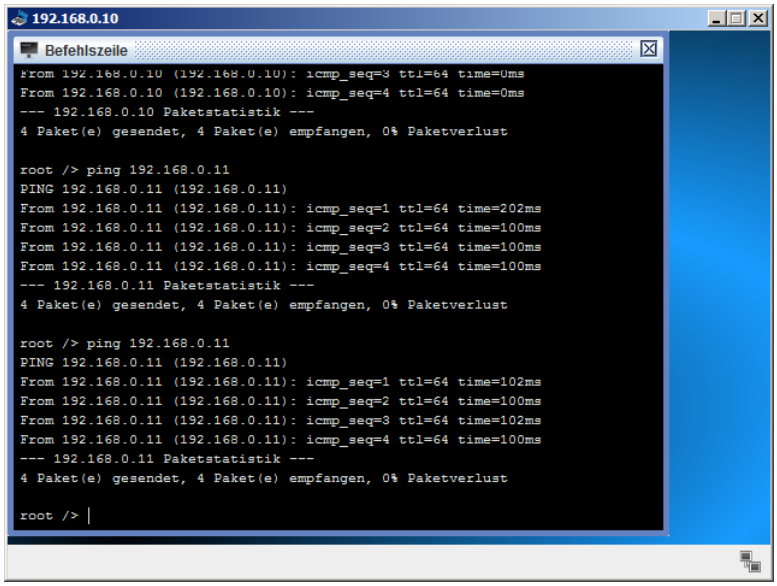
4.2.1.2. Verbinden von Netzendgeräten in Filius

Das Kabel-Ziehen zum Verbinden von Geräten wird von den meisten Nutzern ganz intuitiv vorgenommen. Unter Verwendung des Kabel-Werkzeug's klicken wir immer zuerst auf die 1. Endstelle und dann auf die 2. Der Mauszeiger gibt auch ein entsprechendes Feedback.
Den Kabel-Modus verlässt man mit [ESC].
Als Verbindungs-Test kennen wir den ping-Befehl, den wir nun auf einem Rechner ausprobieren.



Der Rechner 192.168.0.10 wird als Quelle genutzt. Zur Sicherheit pingen wir den eigenen Rechner zuerst an und dann den eigentlichen Zielrechner.
Wie man unschwer erkennen kann, funktionieren beide Netzwerk-Schnittstellen und die Verbindung. Kein Paket ist verloren gegangen und die Antwortzeiten sind ebenfalls recht stabil.
Auffällig ist lediglich die doppelt so große Zeit für den ersten Ping. Dieses Phänomen - welches wir immer bei neuen Verbindungen beobachten werden – erklären wir gleich. Das "Problem" ist hier das ARP-Protokoll (→ ??? Address Resolution Protocol - ARP).
Eine Wiederholung des Ping-Befehls bestätigt den Effekt.
Jetzt sind die Zeiten recht stabil bei 100 ms.





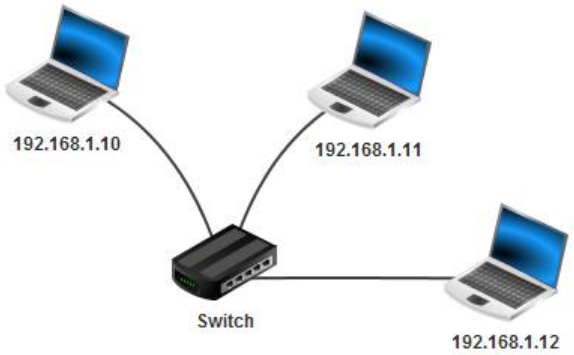
Aufgaben:

1.
2. *Macht es Sinn, eine Verbindung jeweils von beiden Rechnern zu testen, um eine bessere Aussage zu bekommen? Begründen Sie Ihre Meinung!*
3.

Wir stoßen beim Kabelziehen aber schnell an Grenzen, weil die Endgeräte (Notebook's und Server) nur jeweils über eine Netzwerk-Schnittstelle verfügen – da ist die maximale Anzahl angeschlossener Geräte schnell erreicht.

Bei den Netz-Topologien (→ Topologie: Struktur-Aspekt) haben wir schon verschiedene Anschluß-Szenarien kennen gelernt. Die in lokalen Netzen vorrangig verwendete Topologie ist der Stern (→ Stern-Topologie). Als Zentral-Gerät benötigen wir einen Switch.

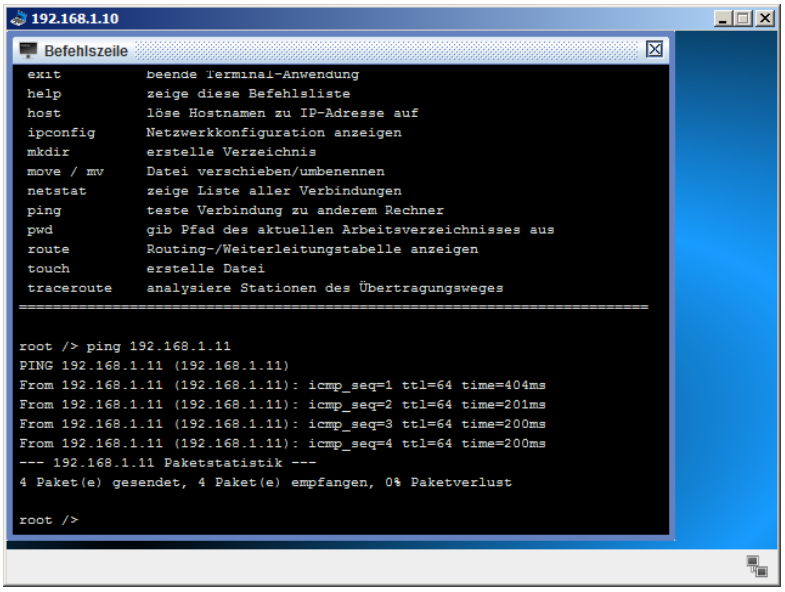
Nun interessiert natürlich, ob das Netz gleich nach dem Dazwischen-Schalten funktioniert, oder ob wir noch Einstellungen am Switch vornehmen müssen? Braucht der z.B. eine eigene IP?



Also testen wir mit den uns bekannten Konsolen-Programmen:

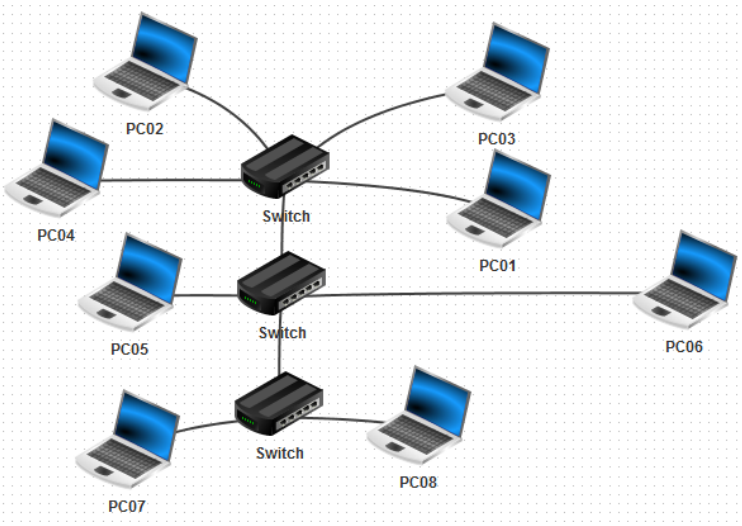
Offensichtlich funktioniert ein An**ping**en der anderen Station ohne Probleme – das Netz mit Switch funktioniert.

Schauen wir uns die Eigenschaften des Switches an, dann finden wir auch garkeine Möglichkeit, eine IP-Adresse festzulegen.

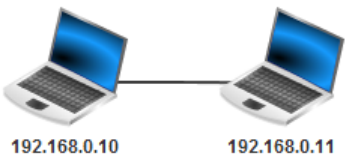


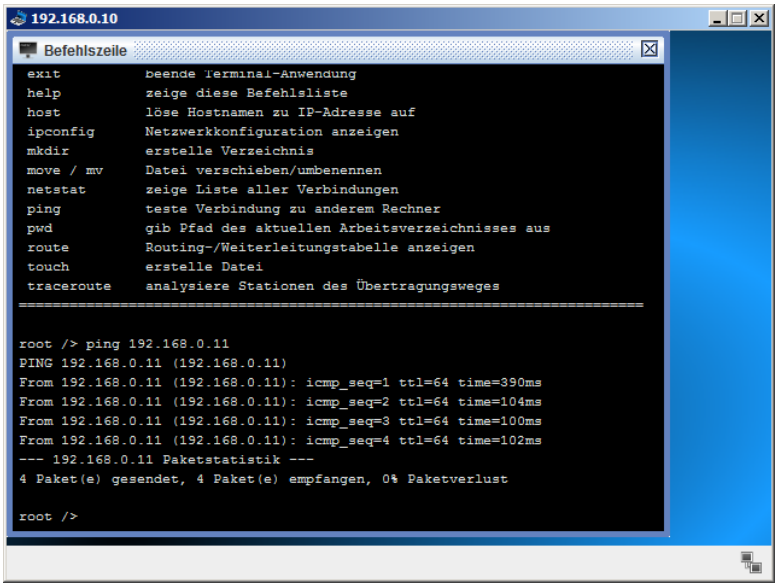
Aufgaben:

1. *Erstellen Sie sich ein virtuelles Netz in Filius mit zuerst nur einem oder mehreren unverbundenen Notebook's (wie oben)!*
2. *Testen Sie die eigene Netzwerk-Einrichtung und die Funktionsfähigkeit der Geräte-Netzwerkkarte! Wie lange braucht ein Ping-Paket eigentlich auf der eigenen Netzwerkkarte? Erläutern Sie!*
3. *Testen Sie die Befehle ipconfig und ping auch auf dem echten Rechner, an dem Sie arbeiten! Probieren Sie nun auch die ping-Variante mit dem PC-Namen aus!*
4. *Wenn Sie nur ein Notebook in Ihrem Filius-Netzwerk haben, dann ergänzen Sie nun ein zweites! Konfigurieren Sie die Adressen so, dass beide Geräte im gleichen Netzwerk sind!*
5. *Pingen Sie jetzt die Geräte gegenseitig an! Berechnen Sie die durchschnittliche Antwortzeit über alle Ping's! Erklären Sie die angezeigten Antwortzeiten!*
6. *Bauen Sie nun ein Stern-förmiges Netz mit 4 PC's und einem Switch! Erklären Sie, warum man nun ein solches Zusatzgerät benötigt!*
7. *Testen Sie wieder die Konnektivität und erklären Sie die Messwerte!*
8. *Überlegen Sie sich für das angebildete Netzwerk, welche Antwortzeiten für Ping's zwischen PC01 und PC08 zu erwarten sind! Begründen Sie Ihre Voraussage!*
9. *Vergleichen Sie die erwarteten Ping-Zeiten für die Verbindungen PC01-PC05 und PC01-PC06! Begründen Sie!*



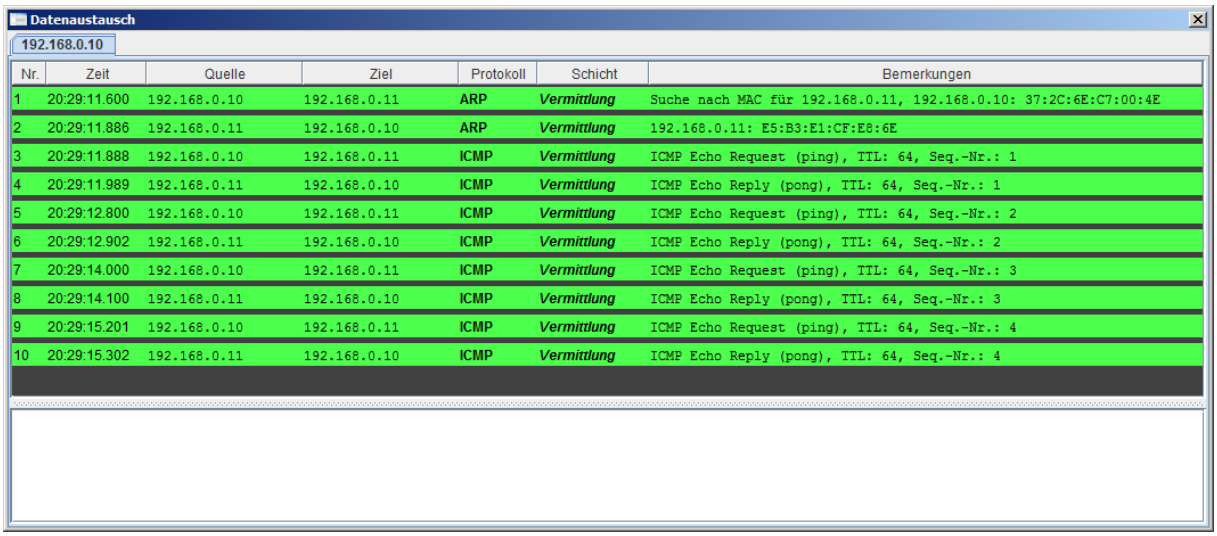
Was genau passiert, ist eine klassische Protokoll-Geschichte. Leider zeigt Filius nur Kommunikationen zwischen Rechnern an. Deshalb bringt ein lokaler Ping auch kein Aktivitäts-Protokoll hervor.
Das Aktivitäts-Protokoll kann man sich immer über die rechte Maus-Taste (Kontext-Menü) zum entsprechenden Gerät anzeigen lassen. Gemeint ist dann immer die aktive Verbindung zum nächsten Netzwerk-Gerät.
Sind dagegen zwei PC's mittels Kabel verbunden, dann läßt sich der zweite PC anpingen und wir erhalten ein Aktivitäts-Protokoll.





Der Sender schickt die oben schon beschrieben vier Pakete los und der Empfänger antwortet mit vier pong's.
Im Aktivitäts-Protokoll (von Filius) sieht das dann so aus:

Aktivitäts-Protokoll des TCP/IP-Stack's



Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
1	20:29:11.600	192.168.0.10	192.168.0.11	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.0.11, 192.168.0.10: 37:2C:6E:C7:00:4E
2	20:29:11.886	192.168.0.11	192.168.0.10	ARP	*Vermittlung*	192.168.0.11: E5:B3:E1:CF:E8:6E
3	20:29:11.888	192.168.0.10	192.168.0.11	ICMP	*Vermittlung*	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
4	20:29:11.989	192.168.0.11	192.168.0.10	ICMP	*Vermittlung*	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
5	20:29:12.800	192.168.0.10	192.168.0.11	ICMP	*Vermittlung*	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
6	20:29:12.902	192.168.0.11	192.168.0.10	ICMP	*Vermittlung*	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
7	20:29:14.000	192.168.0.10	192.168.0.11	ICMP	*Vermittlung*	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
8	20:29:14.100	192.168.0.11	192.168.0.10	ICMP	*Vermittlung*	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
9	20:29:15.201	192.168.0.10	192.168.0.11	ICMP	*Vermittlung*	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4
10	20:29:15.302	192.168.0.11	192.168.0.10	ICMP	*Vermittlung*	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4

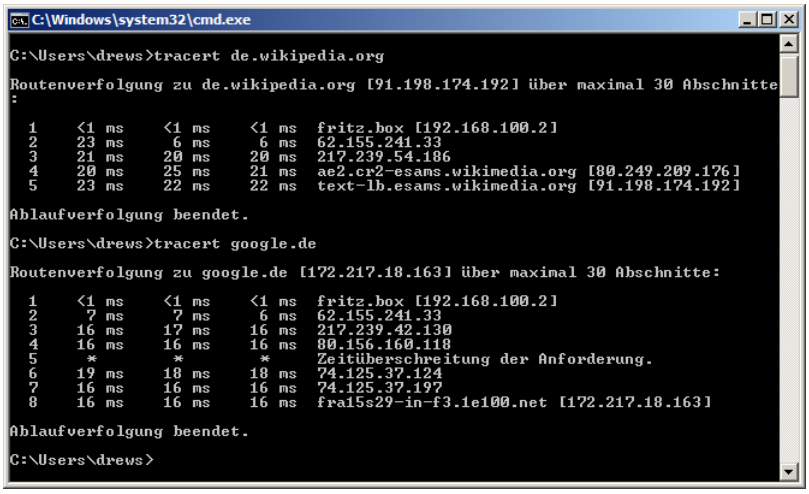
Ein Aktivitäts-Protokoll erhält man, wenn man im Simulations-Modus mit der rechten Maus-Taste z.B. auf einen Rechner klickt und dann die Funktion "Datenaustausch anzeigen (…)" auswählt.
In der ersten Zeile ist der ARP-Request zu sehen. Gesucht wird die IP-Adresse 192.168.0.11. Eine zugehörige MAC-Adresse ist noch nicht bekannt. (Hier wird ja beim Request die Broadcast-Adresse FF:FF:FF:FF:FF:FF eingesetzt, was wir hier nicht sehen.)
Die ARP-Antwort sehen wir in Zeile 2. Es wird die zur angefragten IP zugehörige MAC-Adresse geliefert.
Nun kann die eigentliche ping-pong-Kommunikation laufen. Dies gehört zum Internet Control Message Protocol (ICMP). Das ICMP gehört faktisch zum IPv4-Protokoll dazu, wird aber vielfach wie ein eigenes Protokoll behandelt. I.A. wird davon ausgegangen, dass jedes IP-Gerät auch das ICMP versteht.
Im DoD-Modell bleiben wir auf der untersten Schicht. Das kann man gut an der grünen Färbung der Aktivitäten erkennen. Andere Schichten haben andere Farben. Dazu später mehr.

Viele der ursprünglichen ICMP-Paket-Typen sind mitlerweile abgeschafft. Sie spielen in modernen Netzen keine Rolle mehr. Andere sind durch das ICMPv6 für die neuen Netze ersetzt worden.

ICMP-Paket-Typen (Auswahl)

Typ-Nr.	Paket-Typ	Bemerkungen
0	Echo: Antwort	Anfrage: 8
8	Echo: Anfrage	Antwort: 0
9	Router-Angebot	
10	Router-Anwerbung	
11	Zeitüberschreitung	
13	Zeitstempel	Absender
14	Zeitstempel: Antwort	

Ein Programm, dass aktiv mit dem ICMP arbeitet ist traceroute (in Windows: tracert). Mit traceroute lässt sich der Weg einer Anfrage (also der Weg zu einem bestimmten Ziel) anzeigen. Das Programm sendet eine ICMP-Echo-Anfrage an den Ziel-Rechner. Im ICMP-Paket wird der TTL-Wert auf 1 gesetzt. Der erste nachfolgende Rechner prüft die Ziel-Adresse und stellt fest, dass er nicht das Ziel des Paketes ist. Normalerweise würde er das Paket nun weiterleiten. Er setzt TTL um 1 runter. Dadurch wird TTL = 0. Somit wird das Paket ungültig und verworfen und an den Sende-Rechner ein ICMP-Antwort-Paket (Typ 11) gesendet. Der antwortende Rechner trägt noch einen Zeitstempel mit ein. Diese Zeitangabe wird dann von traceroute für die Berechnung der Paket-Laufzeit verwendet und angezeigt.
Nun wiederholt traceroute das Pozedere mit einer um 1 erhöhten TTL. Dadurch wird das Paket einen Internet-Knoten weiter geleitet. An dieser Stelle wird dann TTL = 0 und das Paket wird hier verworfen und ein ICMP-Antwort-Paket gesendet. Die Antwort enthält wiederum einen Zeitstempel für die Laufzeitberechnung.
Traceroute wiederholt nun dieses Verfahren solange, bis das Ziel reicht wird.
Zwei Beispiel-Routen sind nebenstehend zu sehen.
(Woher weiss traceroute eigentlich die IP's meiner Ziele?)



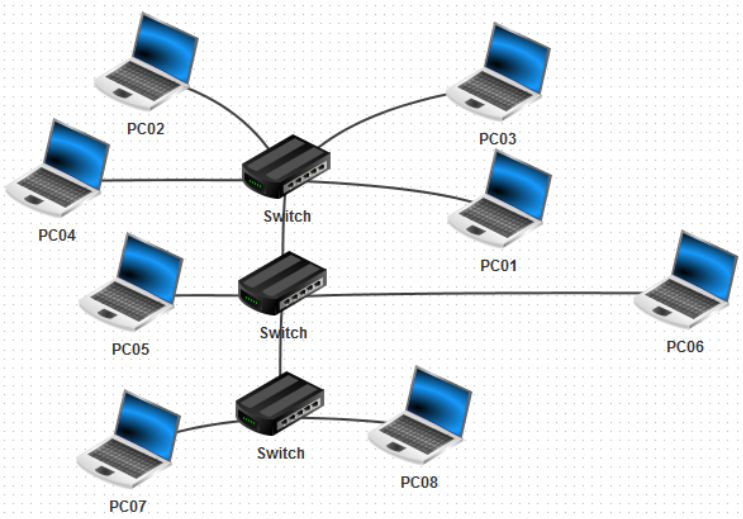
Es existieren auch traceroute-Programme mit graphischer Anzeige der Paket-Routen (z.B.: Open Visual Traceroute). Das ist natürlich viel informativer, weil auch die unbekannten Zwischenstationen nun erhellt werden. Einen Eindruck vermittelt die folgende Abbildung.

Aufgaben:

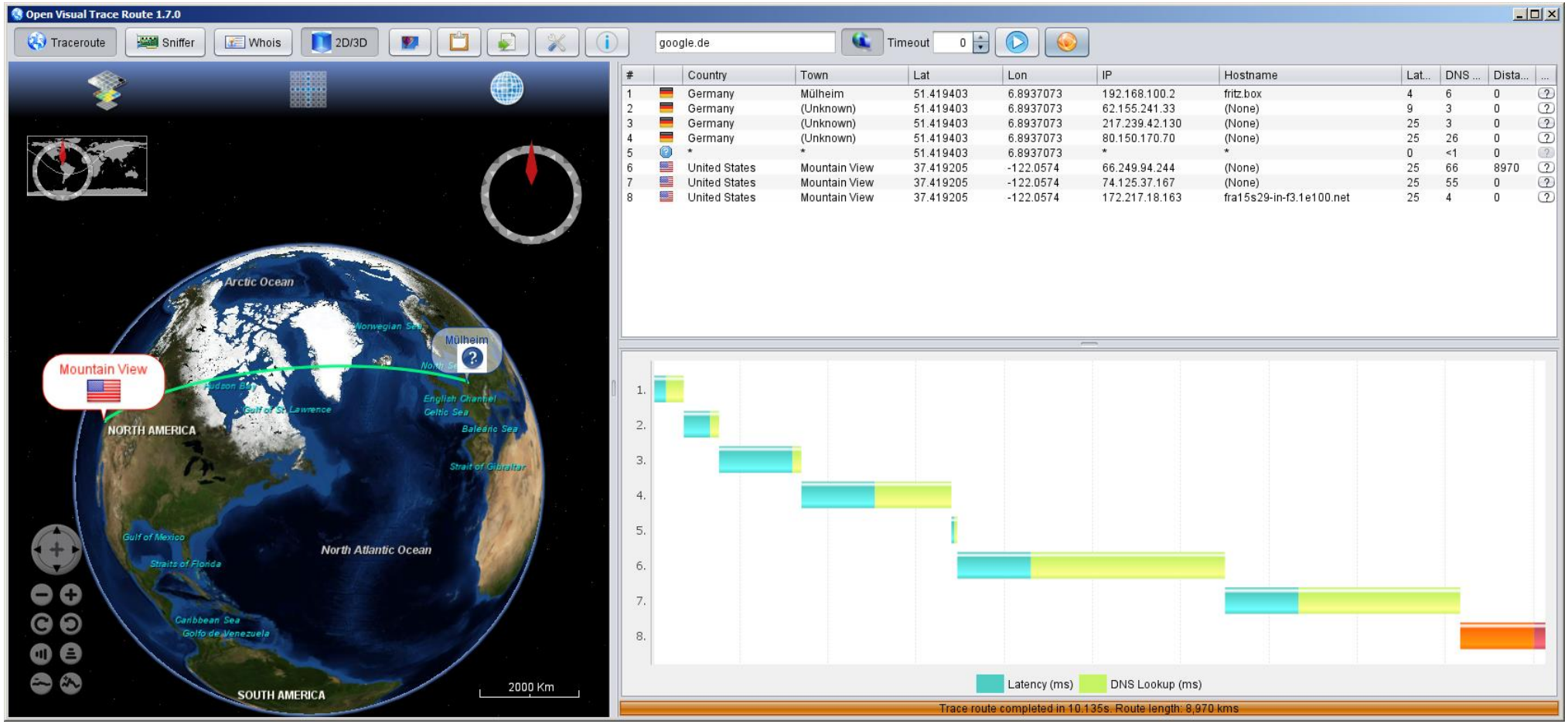
1. *Bauen Sie sich in Filius ein Netz aus 2 Notebook's (IP's 192.168.0.10 + 11/24)! Installieren Sie auf dem ersten Notebook eine Befehlszeile! Arbeiten Sie dann die drei folgenden Befehle ab:*

   arp ping 192.168.0.11 arp

   Dokumentieren Sie die Anzeige als Bildschrim-Ausdruck und erläutern Sie, was die Anzeigen in der Befehlszeile bedeuten!
2. *Ermitteln Sie auf Ihrem Arbeits-PC die Internet-Route für den Aufruf Ihrer Schul-Homepage!*
3. *Wählen Sie sich vier Internet-Adressen aus, die sehr wahrscheinlich geographisch weit entfernt gehostet werden (z.B. möglich: Universitäten auf verschiedenen Kontinenten)! Ermitteln Sie die Internet-Routen für die verschiedenen Seiten! Vergleichen Sie die Routen! Erklären Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede!*
4. *Öffnen Sie das Netz mit den 8 PC's und den 3 Switchen (oder erstellen Sie sich ein solches Netz) und führen Sie ein traceroute für das loopback am Rechner PC01 aus! Erklären Sie die Anzeige!*
5. *Wie wird das traceroute für die Verbindung von PC01 zu PC08 Ihrer Meinung nach aussehen?*



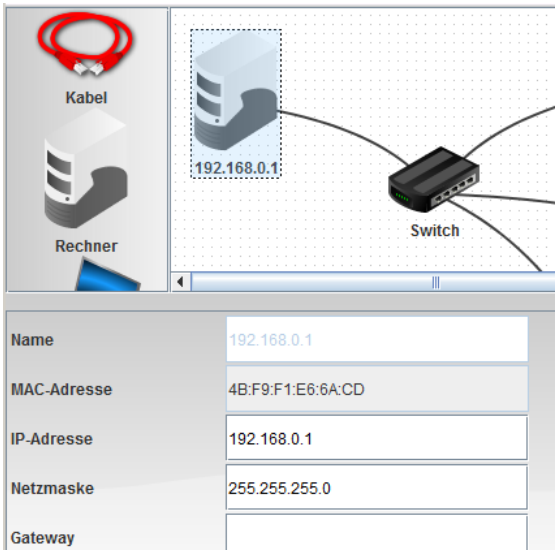
   Geben Sie eine begründete Vermutung an! Probieren Sie jetzt traceroute und erklären Sie die Anzeige!

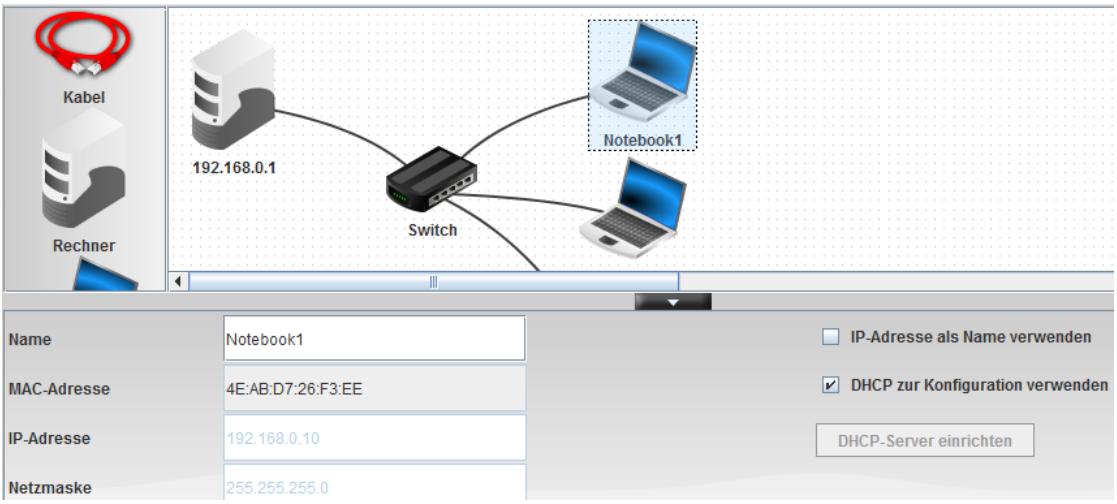

Open Visual Trace Route 1.7.0
Traceroute
Sniffer
Whois
2D/3D
google.de
Timeout
0
Country Town Lat Lon IP Hostname Lat... DNS ... Dista...
1 Germany Mülheim 51.419403 6.8937073 192.168.100.2 fritz.box 4 6 0
2 Germany (Unknown) 51.419403 6.8937073 62.155.241.33 (None) 9 3 0
3 Germany (Unknown) 51.419403 6.8937073 217.239.42.130 (None) 25 3 0
4 Germany (Unknown) 51.419403 6.8937073 80.150.170.70 (None) 25 26 0
5 * * 51.419403 6.8937073 * * 0 <1 0
6 United States Mountain View 37.419205 -122.0574 66.249.94.244 (None) 25 66 8970
7 United States Mountain View 37.419205 -122.0574 74.125.37.167 (None) 25 55 0
8 United States Mountain View 37.419205 -122.0574 172.217.18.163 fra15s29-in-f3.1e100.net 25 4 0
Arctic Ocean
Norwegian Sea
Mülheim
Mountain View
Hudson Bay
Gulf of St. Lawrence
English Channel
Celtic Sea
Balearic Sea
NORTH AMERICA
Strait of Gibraltar
Gulf of Mexico
North Atlantic Ocean
Straits of Florida
Caribbean Sea
Golfo de Venezuela
SOUTH AMERICA
2000 Km
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
Latency (ms)
DNS Lookup (ms)
Trace route completed in 10.135s. Route length: 8,970 kms

4.2.1.3. Clients und Server

Bisher haben wir die Rechner einfach nur verbunden. Jeder Rechner ist gleichwertig. Sie haben nach dem Peer-to-peer-Prinzip (→ Kommunikations-Konzepte, Peer-to-Peer-Konzept) miteinander kommuniziert. Jeder ist gleichzeitig als Client und Server tätig bzw. kann als solcher fungieren.
In größeren Netzen brauchen wir aber für bestimmte Aufgaben spezielle Rechner. So sollen z.B. Daten an einem Punkt verwaltet werden. Auch die automatische Bereitstellung von IP-Adressen gehört in diesen Bereich. Natürlich darf nicht jeder einfach irgendwelche Adressen freigeben. Das würde ganz sicher ein Chaos geben. Später kommen auch noch Aufgaben hinzu, die für die Kommunikation mit dem Internet eine Rolle spielen (→ DNS).

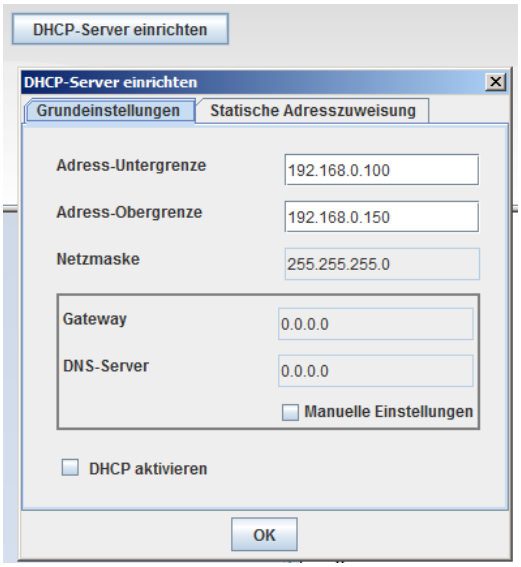
Schauen wir uns zuerst die automatische Verteilung von IP-Adresse an. Der Dienst heißt DHCP () und muss auf einem Rechner (Server) laufen. In Filius übernehmen das immer die "großen" Rechner. In der Praxis könnte natürlich auch ein kleiner Laptop als DHCP-Server laufen. Er muss dann nur ständig im Netz verfügbar sein.
Als Beispiel-Netz nehmen wir einen Server (Filius-"Rechner") und einige Client-Notebook's. Dem Server weisen wir eine IP-Adresse zu.
Die angeschlossenen Nutz-Rechner bekommen nur Namen und wir geben bei den Eigenschaften an, dass "DHCP zur Konfiguration verwendet" werden soll.
Die vorher automatisch vergeben IP-Adressen werden nun ausgegraut – sie sind nicht vergeben.





Nachdem alle Rechenr einen Namen haben und "wissen", dass sie ihre IP-Adresse über DHCP bekommen sollen, richten wir nun den DHCP-Server ein. Das hätte man natürlich auch beim ersten Einrichten schon machen können, aber jeztz wissen wir auch genau, wieviele IP-Adressen unser Server mindestens bereitstellen muss.

Die Einrichtung des DNCP-Server's ist eigentlich sehr einfach. Im eigenen IP-Netz sucht man sich eine fortlaufende Reihe von IP-Nummern (Unter- und Ober-Grenze) aus, die bisher noch nicht benutzt wird. Ich wähle hier mal absichtlich Nummern, die außerhalb der automatischen Erst-Vorschläge für die Notebook's liegen, damit wir den Effekt auch wirklich sehen können.

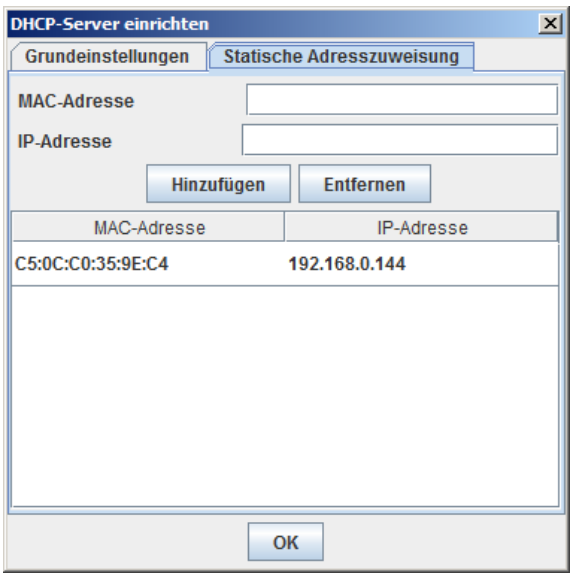


Die erste – für DHCP – verfügbare Host-Adresse wäre als die 192.168.0.100 und die letzte 192.68.0.150. Das würde also Platz für 51 Rechner bedeuten.

Die "Statische Adresszuweisung" dient dazu einzelnen Rechnern eine ganz bestimmte Adresse zu reservieren. Häufig brauchen bestimmte Programme eine feste IP, um bestimmte Leistungen zu erbringen. Natürlich kann man solchen Rechnern auch gleich eine feste IP-Adresse zuweisen.

Mit DHCP ist das allerdings etwas eleganter und man kann später schneller einen "Ersatz-Rechner" ins Spiel bringen.

Bei Filius müssen wir hier die MAC-Adressen angeben, bei echten Servern sind das meist die Rechner-Namen.



Das macht dann auch den Austausch eines defekten Rechner (mit statischer DHCP-IP) einfacher, weil der Ersatz einfach den gleichen Namen bekommt, wie der defekte.

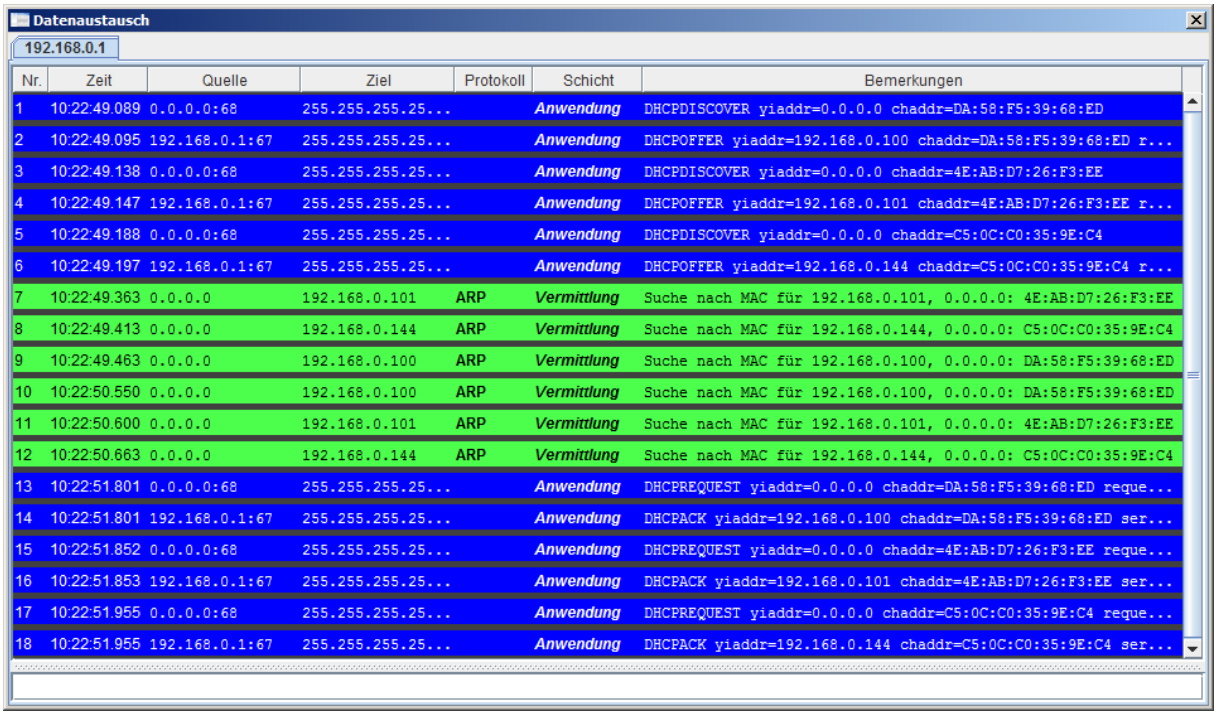
In Filius müssten wir statt dessen eine neue MAC-Adresse eintragen. Eine solche Zuordnung steckt indirekt auch hinter Verwaltung in modernen Servern.

In meinem Beispiel gebe ich dem letzten Rechner (Notebook9) mal eine statische IP innerhalb des DHCP-IP-Bereichs.

Was passiert nun beim Arbeiten im Netz?

Am Ende der Einrichtung müssen wir noch "DHCP aktivieren".

Beim Einschalten (Simulieren) unseres Netzes beobachten wir eine umfangreiche Netzwerk-Aktivität.



Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
1	10:22:49.089	0.0.0.0:68	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPDISCOVER yiaddr=0.0.0.0 chaddr=DA:58:F5:39:68:ED
2	10:22:49.095	192.168.0.1:67	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPOFFER yiaddr=192.168.0.100 chaddr=DA:58:F5:39:68:ED r...
3	10:22:49.138	0.0.0.0:68	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPDISCOVER yiaddr=0.0.0.0 chaddr=4E:AB:D7:26:F3:EE
4	10:22:49.147	192.168.0.1:67	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPOFFER yiaddr=192.168.0.101 chaddr=4E:AB:D7:26:F3:EE r...
5	10:22:49.188	0.0.0.0:68	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPDISCOVER yiaddr=0.0.0.0 chaddr=C5:0C:C0:35:9E:C4
6	10:22:49.197	192.168.0.1:67	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPOFFER yiaddr=192.168.0.144 chaddr=C5:0C:C0:35:9E:C4 r...
7	10:22:49.363	0.0.0.0	192.168.0.101	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.101, 0.0.0.0: 4E:AB:D7:26:F3:EE
8	10:22:49.413	0.0.0.0	192.168.0.144	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.144, 0.0.0.0: C5:0C:C0:35:9E:C4
9	10:22:49.463	0.0.0.0	192.168.0.100	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.100, 0.0.0.0: DA:58:F5:39:68:ED
10	10:22:50.550	0.0.0.0	192.168.0.100	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.100, 0.0.0.0: DA:58:F5:39:68:ED
11	10:22:50.600	0.0.0.0	192.168.0.101	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.101, 0.0.0.0: 4E:AB:D7:26:F3:EE
12	10:22:50.663	0.0.0.0	192.168.0.144	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.144, 0.0.0.0: C5:0C:C0:35:9E:C4
13	10:22:51.801	0.0.0.0:68	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPREQUEST yiaddr=0.0.0.0 chaddr=DA:58:F5:39:68:ED reque...
14	10:22:51.801	192.168.0.1:67	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPACK yiaddr=192.168.0.100 chaddr=DA:58:F5:39:68:ED ser...
15	10:22:51.852	0.0.0.0:68	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPREQUEST yiaddr=0.0.0.0 chaddr=4E:AB:D7:26:F3:EE reque...
16	10:22:51.853	192.168.0.1:67	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPACK yiaddr=192.168.0.101 chaddr=4E:AB:D7:26:F3:EE ser...
17	10:22:51.955	0.0.0.0:68	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPREQUEST yiaddr=0.0.0.0 chaddr=C5:0C:C0:35:9E:C4 reque...
18	10:22:51.955	192.168.0.1:67	255.255.255.25...		Anwendung	DHCPACK yiaddr=192.168.0.144 chaddr=C5:0C:C0:35:9E:C4 ser...

Jeder DHCP-Client (Notebook1 bis 9) fragt jetzt beim Server nach einer IP-Adresse. Dazu benutzt er einen Broadcast im größten verfügbaren Netz (0.0.0.0/32). Die IP-Port-Nummer für den DHCP-Client-Dienst ist die 68. Der DHCP-Server agiert auf UDP-Port 67.

DHCPDISCOVER

DHCPOFFER

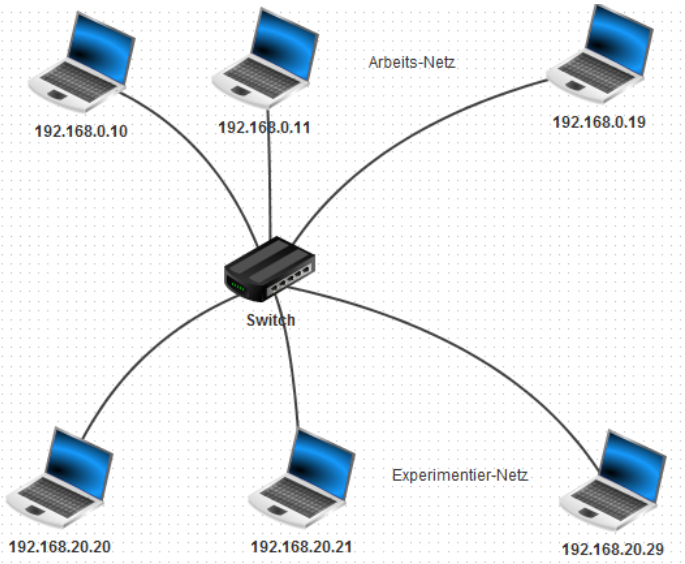
DHCPREQUEST

DHCPACK

4.2.2. Verbindung von Netzen

Beginnen wir nun kleine Netze miteinander zu verbinden. Da könnten z.B. in verschiedenen (Schul-)Gebäuden eigene Netze existieren

Die erste spannende Frage beim Betreiben von Netzen könnte sein, ob man verschiedene Netze an einem Switch betreiben kann. Als Beispiel könnte man sich ein normales Arbeits-Netz (z.B. Ausbildungs-Netz der Schule) vorstellen. Daneben soll nun zum Experimentieren ein zweites Netz mit einem eigenen IP-Adress-Bereich aufgebaut werden.So könnte ein Kurs den praktischen Aufbau eines Netzes üben. Leider steht nur ein Switch zur Verfügung. Funktioniert so eine Konstellation, ohne dass die Experimentatoren das Arbeitsnetz stören?



Zwei Netze an einem Switch

Die beiden Netze bekommen unterschiedliche Klasse C-Adressen und fortlaufende Host-Nummern, die sich auch in den IP-Adressen wiederspiegeln.

Jedem Netz sind 10 PC's zugeodnet, von denen wir hier jeweils nur 3 darstellen.

Auf den ersten Rechnern der Einzelnetze installieren wir wieder die notwendige Konsole, um die Konnektivität zu testen.Führen wir nun Ping-Versuche innerhalb der Netze durch, dann erhalten wir die die üblichen Zeiten. Alles funktioniert, wie erwartet.

```
root /> ping 192.168.0.19
PING 192.168.0.19 (192.168.0.19)
From 192.168.0.19 (192.168.0.19): icmp_seq=1 ttl=64 time=412ms
From 192.168.0.19 (192.168.0.19): icmp_seq=2 ttl=64 time=200ms
From 192.168.0.19 (192.168.0.19): icmp_seq=3 ttl=64 time=200ms
From 192.168.0.19 (192.168.0.19): icmp_seq=4 ttl=64 time=200ms
--- 192.168.0.19 Paketstatistik ---
4 Paket(e) gesendet, 4 Paket(e) empfangen, 0% Paketverlust

root />
```

Ping im Arbeitsnetz

Anders sieht das aus, wenn man aus einem der Netze heraus das andere Netz anpingen will.

Obwohl beide Netze über den Switch direkt miteinander verbundn sind, gibt es keine Netz-Verbindungen zwischen ihnen. Der Ping-Befehl bringt ein kurzes "Zieladresse nicht erreichbar" heraus.

```
root /> ping 192.168.20.29
PING 192.168.20.29 (192.168.20.29)
From 192.168.20.29 (192.168.20.29): icmp_seq=1 ttl=64 time=402ms
From 192.168.20.29 (192.168.20.29): icmp_seq=2 ttl=64 time=204ms
From 192.168.20.29 (192.168.20.29): icmp_seq=3 ttl=64 time=212ms
From 192.168.20.29 (192.168.20.29): icmp_seq=4 ttl=64 time=200ms
--- 192.168.20.29 Paketstatistik ---
4 Paket(e) gesendet, 4 Paket(e) empfangen, 0% Paketverlust

root />
```

Ping im Experimentiernetz

Ein Switch eignet sich also scheinbar nicht, um unterschiedliche IP-Netze miteinander zu verbinden.

Interessant ist auch, dass der gesamte Datenaustausch leer bleibt.

```
4 Paket(e) gesendet, 4 Paket(e) empfangen, 0% Paketverlust

root /> ping 192.168.0.10
Zieladresse nicht erreichbar
root />
```

Ping-Versuch vom Experimentiernetz ins Arbeitsnetz

Der Switch wird garnicht angesprochen. Offensichtlich geht die Anfrage gar nicht ins Netz. Die IP-Schicht fängt die Anfrage in ein fremdes Netz schon vorher ab. Anders ist das, wenn man versucht einen unbekannten (nicht existierenden) Rechner im eigenen anzupingen.

Datenaustausch

192.168.20.20

Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
1	16:11:17.148	192.168.20.20	192.168.20.28	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.20.28, 192.168.20.20: 35:81:90:...
2	16:11:18.399	192.168.20.20	192.168.20.28	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.20.28, 192.168.20.20: 35:81:90:...
3	16:11:19.853	192.168.20.20	192.168.20.28	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.20.28, 192.168.20.20: 35:81:90:...
4	16:11:21.104	192.168.20.20	192.168.20.28	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.20.28, 192.168.20.20: 35:81:90:...
5	16:11:22.555	192.168.20.20	192.168.20.28	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.20.28, 192.168.20.20: 35:81:90:...
6	16:11:23.806	192.168.20.20	192.168.20.28	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.20.28, 192.168.20.20: 35:81:90:...
7	16:11:25.258	192.168.20.20	192.168.20.28	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.20.28, 192.168.20.20: 35:81:90:...
8	16:11:26.508	192.168.20.20	192.168.20.28	ARP	*Vermittlung*	Suche nach MAC für 192.168.20.28, 192.168.20.20: 35:81:90:...

Jetzt versucht ARP immerwieder die passende MAC-Adresse zu finden.
Da die MAC-Adresse nicht ermittelt werden kann, bekommen wir ein Time-out.
ARP versucht es für jeden Einzel-Ping immer wieder – schließlich könnte ja doch noch eine neue Verbindung entstehen – aber in unserem Fall – mit einem nicht existierenden Rechner – wird das natürlich nichts.

```
root /> ping 192.168.0.10
Zieladresse nicht erreichbar
root /> ping 192.168.20.28
PING 192.168.20.28 (192.168.20.28)
From 192.168.20.28 (192.168.20.28): icmp_seq=1    -- Timeout!
From 192.168.20.28 (192.168.20.28): icmp_seq=2    -- Timeout!
From 192.168.20.28 (192.168.20.28): icmp_seq=3    -- Timeout!
From 192.168.20.28 (192.168.20.28): icmp_seq=4    -- Timeout!
--- 192.168.20.28 Paketstatistik ---
4 Paket(e) gesendet, 0 Paket(e) empfangen, 100% Paketverlust

root />
```

Das der Switch nicht das kritische Teil ist sehen wir auch, wenn wir uns dessen SAT-Tabelle ansehen. Alle angeschlossenen Rechner sind mit ihrer MAC-Adresse dort angemeldet (nach den ersten Netzwerk-Aktivitäten).

SAT Tabelle Switch

MAC	Port
4E:AB:D7:26:F3:EE	Port 0
C5:0C:C0:35:9E:C4	Port 2
42:D6:52:41:85:F5	Port 5
F5:43:5C:9F:78:B2	Port 4
35:81:90:5B:E0:AF	Port 3
DA:58:F5:39:68:ED	Port 1

Als Lehre können wir nun daraus ziehen, dass wir unterschiedliche Netze ganz beruhigt an einem Switch betreiben können. Die Netze haben keine praktischen Berührungs-Punkte.
Aus Sicherheits-Aspekten heraus sollte man dies aber nicht tun. Ein bösartiger oder unbedarfter Nutzer könnte durch Eingabe (Ausprobieren) anderer – variabler – Netz-Adress-Teile herausbekommen, welche Netze noch vorhanden sind. Mit einer gefundenen Netz-Adresse hätte er dann schon Zugriff auf das andere Netz.
(Also wäre z.B. ein Betreiben des Ausbildungs- und des Verwaltungs-Netzes an einem Switch nicht zulässig, wenn die entsprechende Verordnung dafür eine physikalische Trennung vorschreibt!)
Der Vollständigkeit halber sei gesagt, dass es auch sogenannte "gemanagte" Switche gibt. Bei ihnen lassen sich die Ports am Switch in Gruppen einteilen und die Gruppen wie Einzel-Switche betreiben. Sicher ist das aber auch nicht. Ein einfaches Umstecken eines "bösartigen" Kabels aus einem anderen Netz würde hier alle Sicherheits-Maßnahmen aushebeln.

4.3. Simulation von Netzen mit NetEmul

4.3.0. Einführung

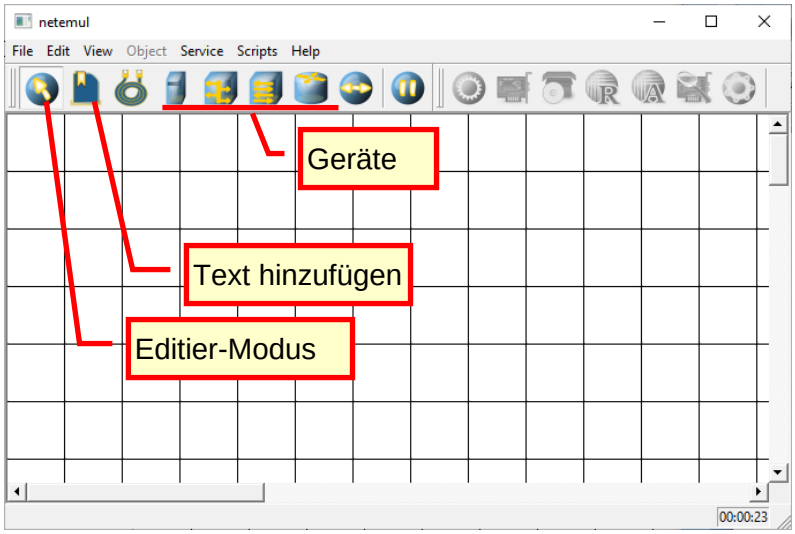
Download von

verfügbar auf dem IoStick (von HEMPEL)

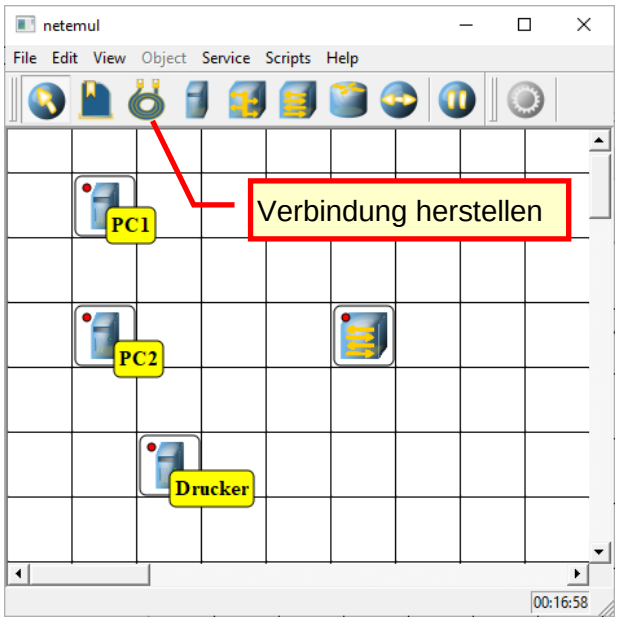
→ http://netemul.sourceforge.net/index.html

4.3.1. Programm-Start und Aufbau eines Netwerkes

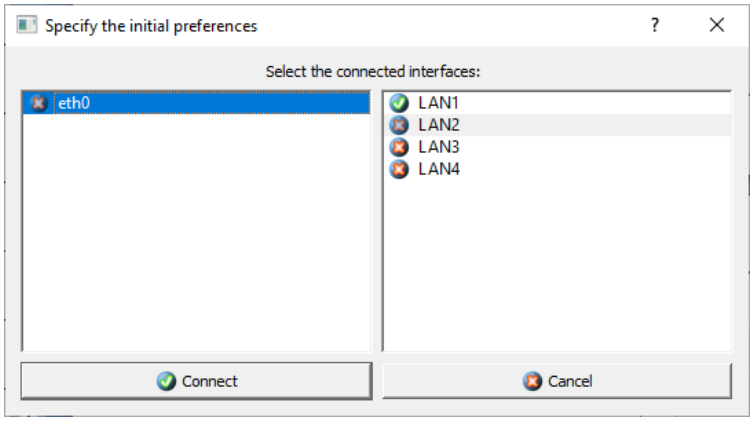
Nach dem Start erhält man ein leeres Arbeits-Fenster. Entweder wird nun eine neue Szene ("File" "New") angelegt oder eine vorhandene geöffnet ("File" "Open …").
Die Szenen basieren auf einem Grund-Raster. Hierhin ein werden die Geräte positioniert.



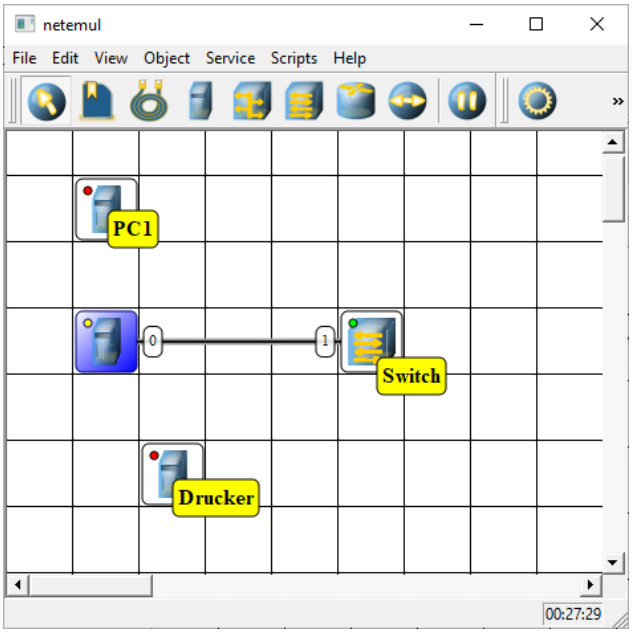
Zum Aufbauen oder Erweitern eines Netzes wird einfach das gewünschte Gerät ausgewählt. Nun kann man beliebig viele Geräte dieses Typ's im Gitter ablegen.
Es werden nur die Grund-Typen von Netz-Geräten unterschieden. Z.B. sind eben Drucker, Smart-TV-Geräte, Laptop's usw. alles nur einfache Netz-Endgeräte, die hier im Programm als "Computer" geführt werden.
Über "Insert text comment" ("Text hinzufügen ") lassen sich die Geräte beschriften. Um übersichtliche Netze zu erhalten sollte man von diesem Mittel reichlich Gebrauch machen.
Eine sinnige Beschriftung besteht aus dem Geräte-Namen und z.B. der Netzwerk-Adresse. Dazu gleich mehr.
Der rote Punkt in den Symbolen ist ein Hinweis darauf, dass die Geräte im Netz noch nicht konfiguriert sind.
Wir haben ja auch praktisch die Gräte nur aufgestellt, mit Strom versorgt und ev. gestartet.

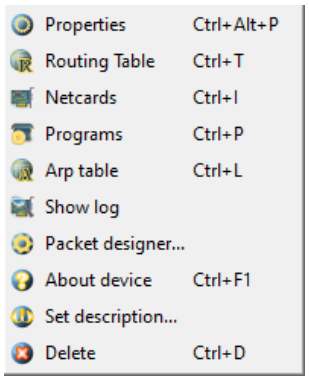


Unmittelbar nach dem Ziehen der Verbindung (LAN-Kabel) öffnet sich ein Eigenschaften-Fenster für diese Verbindung.
Die gewünschte Vernetzung der beiden Geräte erfolgt über "Connect".
Nun bekommen die Netzgeräte entweder eine gelbe oder grüne Markierung.
Eine grüne Markierung besagt, dass das Gerät schon ausreichend konfiguriert ist.



So muss man z.B. an einem Switch nicht weiter einstellen.
Die Nummern an den Verbindungs-Enden stehen für die benutzte Netzwerk-Schnittstelle (Netzwerk-Buchse / Netzwerk-Karte).
Gelbe Markierungen weisen darauf hin, dass hier noch Konfigurations-Bedarf besteht. Die Einstellungen erfolgen immer über das Kontext-Menü zu einem Gerät. Dieses erhalten wir – wie üblich – über die rechte Maus-Taste.

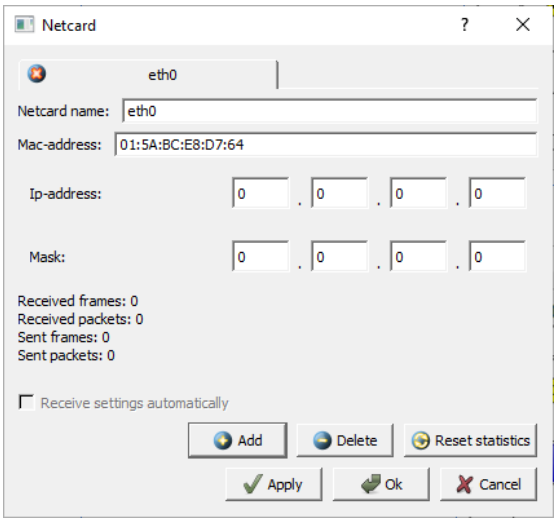




Im Kontext-Menü gehen wir nun auf "Netcards". Der folgende Dialog erwartet jetzt eine sinnvolle IP-Adresse.
Wozu sie dienen und wie die Adressen aufgebaut sind, wird im Abschnitt (→ 8.3.2.1. Internet-Protokoll Version 4 (IPv4)) beschrieben.
Für ein erstes Netz benutzen wir:

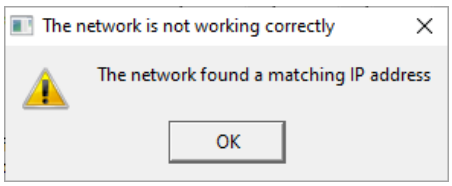
Ip-adress: 192.168.0.**1**
Mask: 255.255.255.0

Bei weiteren Geräten ändert sich nur die letzte Zahl in der IP-Adresse. Bei der angegbenen Maske können wir hier Zahlen von **1** bis **254** verwenden. Natürlich immer nur einmalig in einem Netz.



Mit "Apply" wird die Verbindung 'geprüft'. Ist alles in Ordnung, kann mit "Ok" bestätigt werden. Dabei wird ein ARP-Daten-Paket (→) an das andere Gerät gesendet. Man erkennt das an einem laufenden Punkt auf der Verbindung. Gelbe Punkte sind Anfragen, grüne Punkte stehen für bestätigende Antworten und rote für Probleme.

Hat man z.B. zwei Geräten die gleiche IP-Adresse zugeteilt, gibt es eine entsprechende Fehler-Meldung. Welche Adresse man dann korrigiert ist egal.

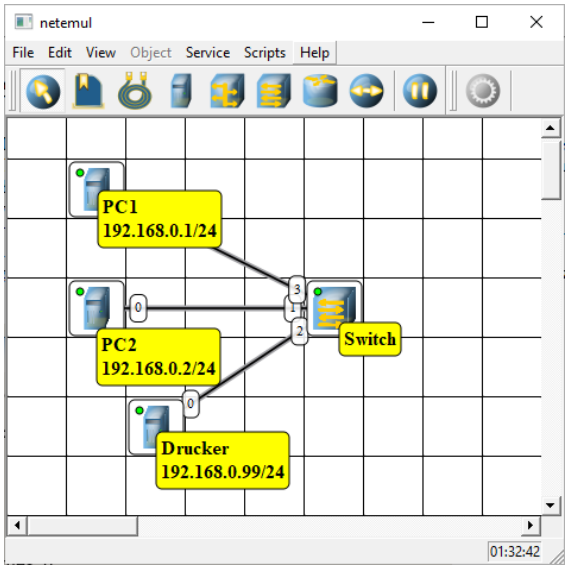


Gibt es keine Vorgaben, dann empfehle ich immer eine zum Gerät passende und möglichst fortlaufende Nummerierung.

Auch sollte man die Adresse für Netze mit noch folgenden Simulationen die IP-Adressen mit in die Geräte-Beschreibung übernehmen.

Nach einwenig Übung kann man auf das Prüfen verzichten und sofort mit "Ok" den Dialog verlassen. Die Prüfung erfolgt trotzdem. Dies zeigt uns die ARP-Kommunikation nach einer Erweiterung des Netzes durch eine neue Komponente.Leider werden die Status-anzeigen nicht immer aktualisiert. Es reicht aber, das Netz-Gerät anzuklicken.

Ein kleines lokales (isoliertes) Netzwerk könnte dann z.B. so aussehen (s. Abb. rechts).

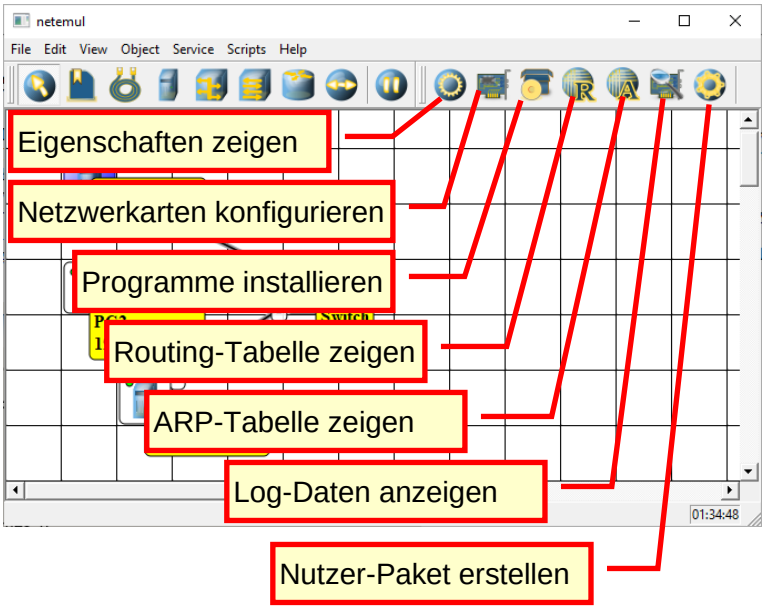


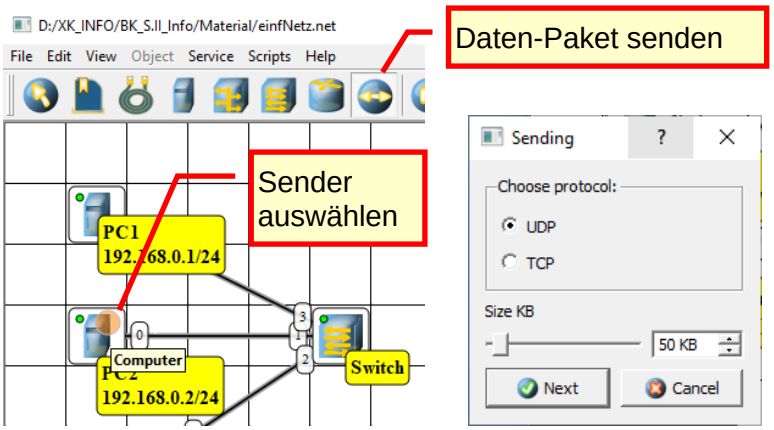
Aufgaben:

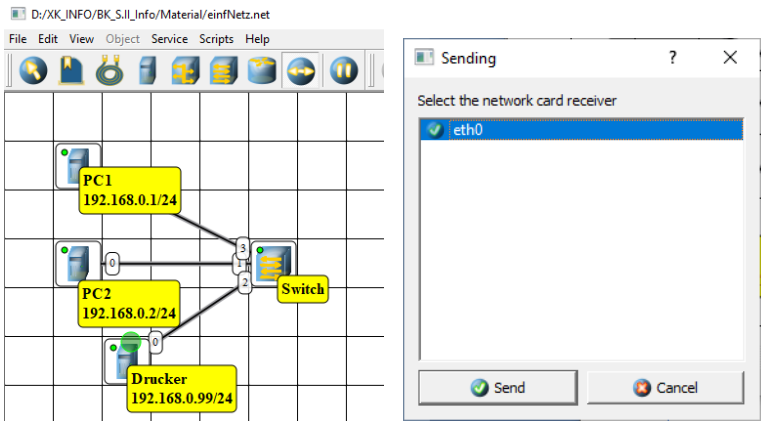
1. *Erstellen Sie mit dem Programm NetEmul das oben beschriebene Netz! Speichern Sie sich dieses als Basis für spätere Simulationen und Erweiterungen extra ab! Arbeiten Sie im Weiteren immer mit einer Kopie dieser Datei!*
2. *Beobachten Sie die ARP-Kommunikation beim Einrichten oder Konfigurieren einer Netzwerk-Karte (im Konfigurations-Dialog auf "Apply" gehen!)!*
3. *Hätte der Switch nicht auch eine IP-Adresse gebraucht? Erläutern Sie Ihre Meinung dazu!*
4. *Erweitern Sie das Netz um einen weitern PC mit der Nummer 7! Verbinden Sie ihn mit dem Switch! Die Netzwerk-Karte soll zuerst einmal eine falsche – schon verwendete – IP-Adresse bekommen. Beobachten Sie den ARP-Datenverkehr in diesem Fall! Notieren Sie Ihre Beobachtungen!*
5. *Berichtigen Sie die fehlerhafte Adresse und prüfen Sie erneut den ARP-Datenverkehr! Notieren Sie wieder die Beobachtungen!*

4.3.2. Simulationen und Beobachtungen im Netzwerk

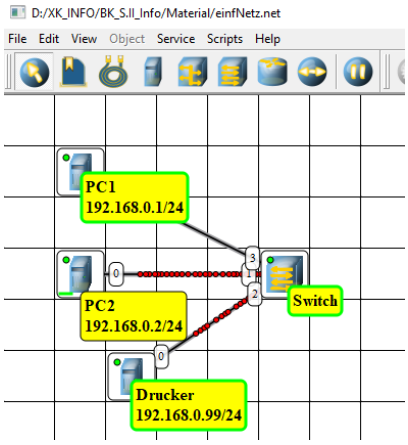
Mit dem Anklicken einer Netwerk-Komponente erweitert sich die aktive Funktions-Leiste um diverse Symbole. Diese sind je nach Geräte-Typ unterschiedlich.
Die Eigenschaften ("Show properties") beinhalten lediglich die Möglichkeit einen Gateway einzutragen. Der wird derzeit von uns gar nicht gebraucht.
Die Möglichkeit zur Konfiguration der Netzwerk-Karten ("Edit netcards") haben wir vorne schon aufgezeigt.
Im Netz können wir nun auf IP-Ebene Daten verschicken. Da es in NetEmul keine echten Programme auf den Rechnern gibt, übernimmt unsere Simulations-Programm die Erstellung von imaginären Daten.
Eine Simulation wird mit der Funktion "Send data" ("Daten-Paket senden") initiiert. Zuerst müssen wir mittels orangem Cursor den sendenden Computer auswählen. Nach dem Anklicken erscheint ein Dialog, in dem wir die Daten spezifizieren. Dabei geht es um die Festlegung der Datenmenge sowie um die gewünschte Übertragungs-Art.
Danach erscheint ein grüner Cursor, der für die Auswahl des Ziel-Rechner's gedacht ist.
Als letztes muss noch am Ziel-Host die zu verwendende Netzwerk-Karte (-Adresse) ausgeählt werden. Schließlich haben wir die IP-Adresse ja einem einzelnen Netz-Anschluss zugeordnet.







Bevor die eigentlichen Daten in kleineren Paketen (s.a. Abb. rechts: rote Punkte) auf die Reise gehen, wird u.U. zuerst der Ziel-Host abgefragt. Dabei wandert eine Anfrage (gelber Punkt) durch's Netz zu allen Rechnern. Nur der Ziel-Host antwortet mit einer Bestätigung (roter Punkt).



Richtig interessant ist die Verfolgung der Kommunikation anhand der Log-Daten. Diese kann man sich für die verschiedenen Geräte im Netz anzeigen lassen. Es empfiehlt sich hier eine möglichst breite Fenster-Einstellung für NetEmul.
Weiterhin sollte man sich für erste Versuche auf kleine Daten-Mengen beschränken. Die Log-Daten wiederholen sich ab einem besti noch. Da sind kaum neue Erkenntnisse zu gewinnen. Eine recht praktische Daten-Menge sind 5 KByte.
Die Log-Fenster müssem vor der eigentlichen Simulation geöffnet werden("Show log" über das Kontext-Menü des Gerätes). Damit das Geschehen übersichtlich dargestellt wird, sollte man sich die Log's in der Reihenfolge: Sender, Zwischenstation(en), Empfänger anzeigen lassen.

Aufgaben:

2. Arbeiten Sie nun mit einer Kopie dieser Vorlage!

3.

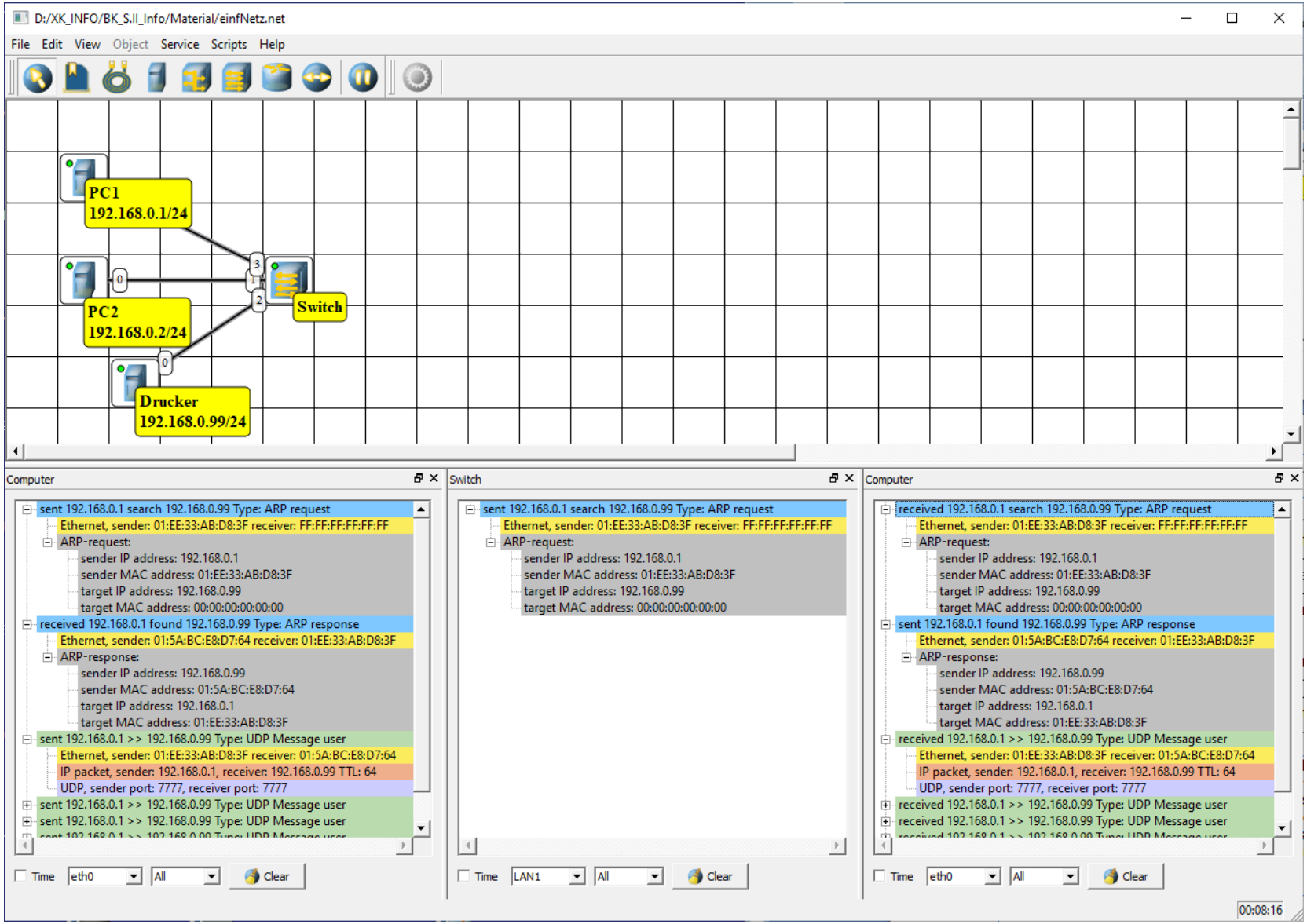


kleiner Hilfs-Algorithmus zum Erstellen von Netzwerk's- und Kommunikations-Protokollen

(s.a. nachfolgende Seiten)

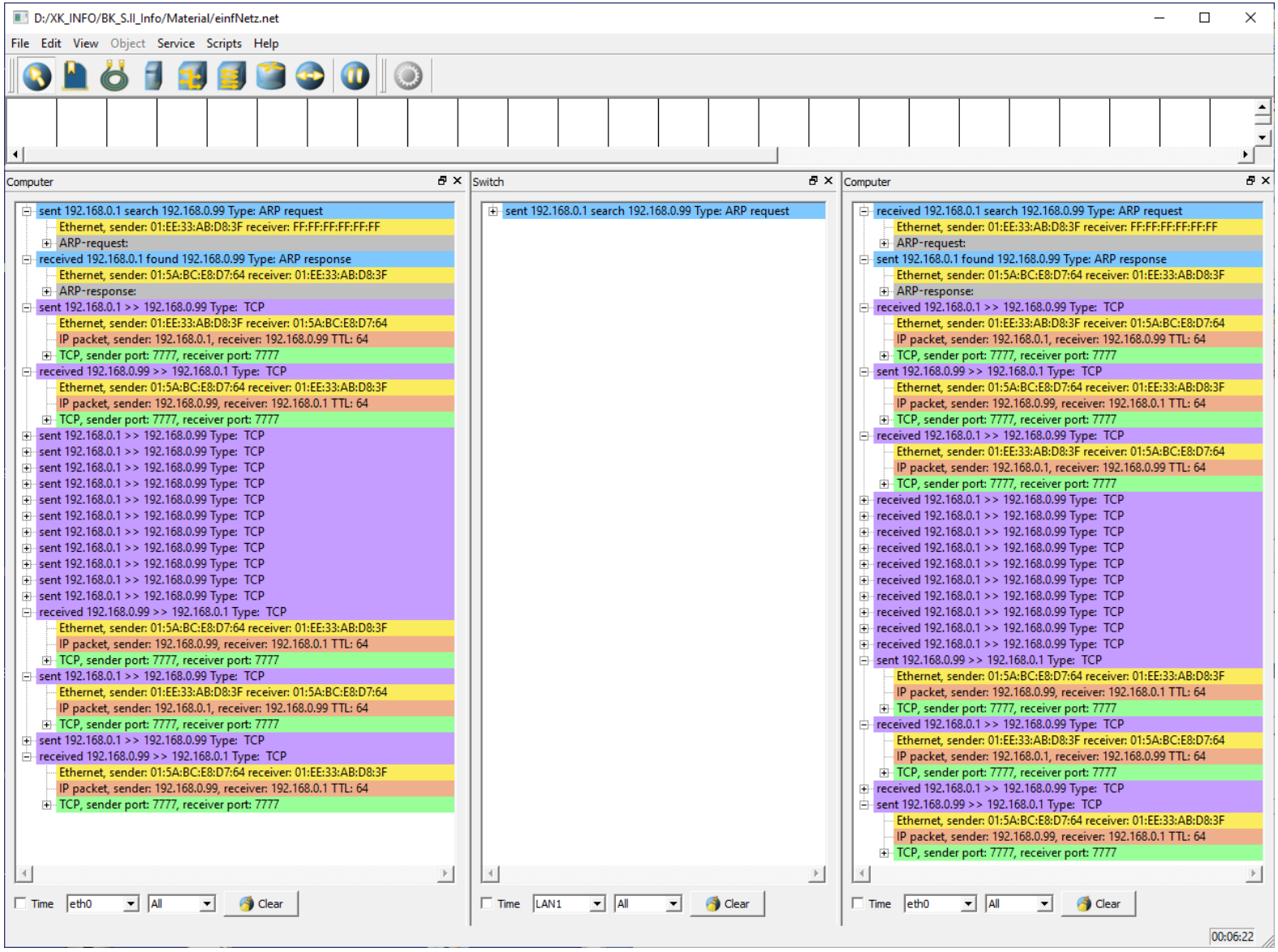
1. NetEmul neu starten
2. Netzwerk erstellen
3. Netzwerk speichern
4. NetEmul beenden
5. NetEmul neu starten (damit alle Tabellen, Zeiten, … zurückgesetzt werden)
6. Netzwerk öffnen
7. Log-Anzeige einstellen ("Show log") für alle geräte, die beobachtet werden sollen
8. Geräte einschalten (z.B. Hinzufügen oder Netzwerk-Karten noch einmal mit "OK" bestätigen, …)
9. Nachrichten in gewünschter Weise expandieren oder komprimieren
10. Fensterbreite des Haupt-Fenster's sowie der Log's passend machen
11. ev. zusätzliche Info's darstellen (z.B. Switching Tabelle, …)

Netzwerk-Kommunikation in einem einfachen (lokalem) Netz beim Übertragen von 5 KByte Daten über UDP.
Bei einigen Protokollen sind die Zusatz-Informationen ausgeklappt. Die UDP-Nachrichten (grünlich unterlegt) am Ende des Log's wiederholen sich praktisch.
Man kann sich auch die Zeit-Stempel der Pakete und Nachrichten ansehen. Da diese aber Realzeit vom Rechner sind, bringt das kaum einen Zusatzwert.



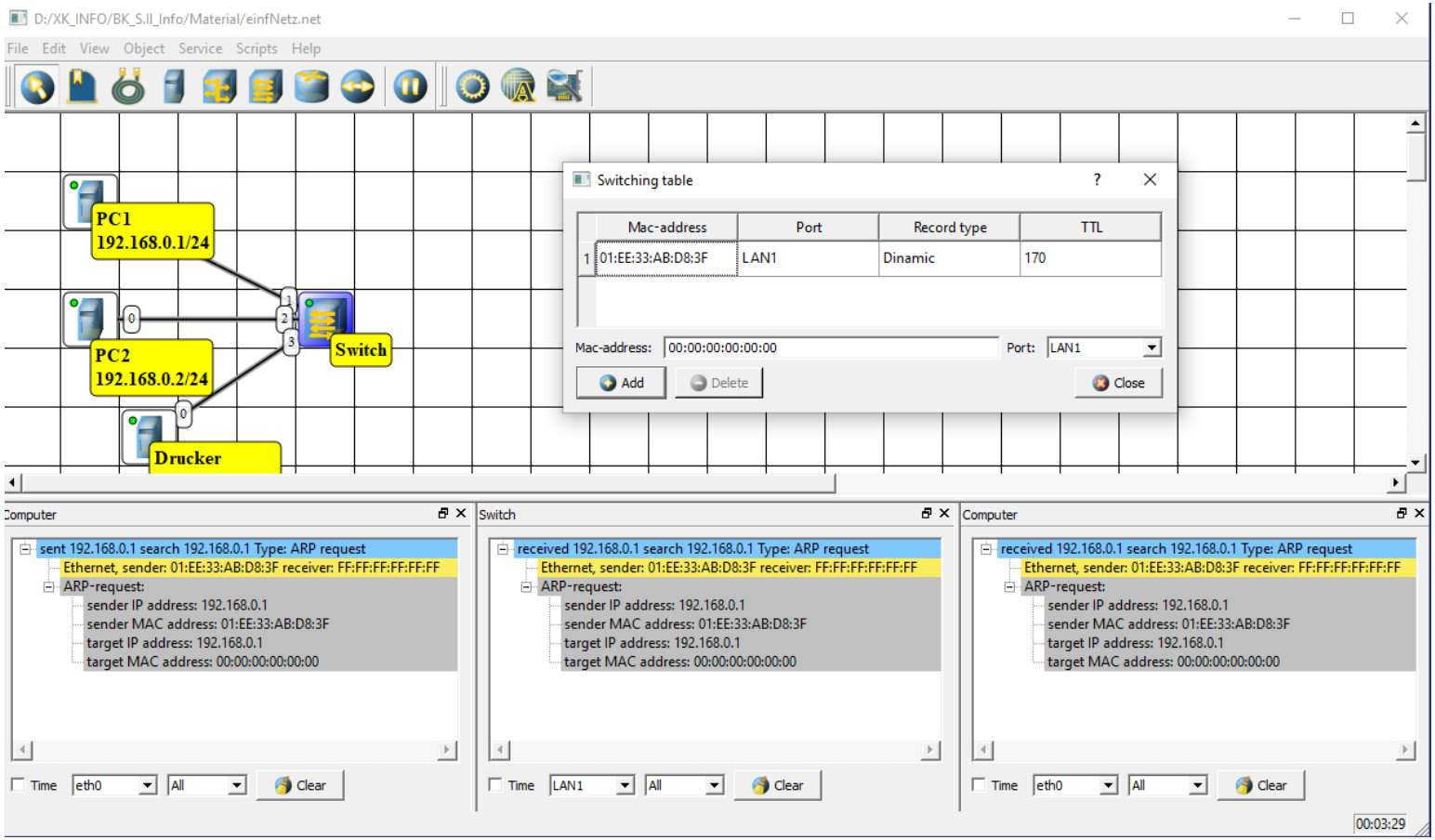
(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Hier die Log-Daten einer TCP-Daten-Übertragung mit einem Umfang von 12 KByte Daten.
Geänderte bzw. neuartige Nachrichten sind in explodierter Darstellung angezeigt. Beim ARP-Protokoll habe ich auf eine noch weitere Detaillierung verzichtet. Die Informationen gleichen denen bei einer UDP-Daten-Übertragung (s.a. vorige Seite).



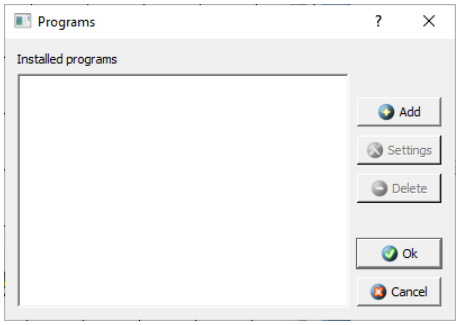
4.3.2.x. ARP-Nachrichten

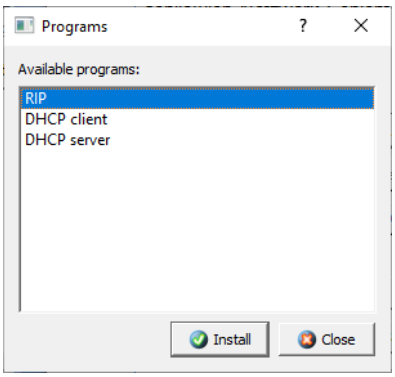
In dieser Simulation soll die ARP-Kommunikation beim Zuschalten eines neuen Netzwerk-Gerätes gezeigt werden. Unten im Bildschirm-Ausdruck sind die Log-Daten von PC1, dem Switch und PC2 angezeigt.
Die Netzwerk-Karte an PC1 wurde aktiviert (über ein "OK" bei "Netcards" aus dem Kontextmenü von PC1).
PC1 sendet ein ARP-Paket mit seiner MAC-Adresse an alle Geräte (Broadcast-Adresse FF: .. :FF). Im Paket wird die eigene IP-Adresse als Sende- und Emppfangs-Adresse mitgeteilt sowie die eigene MAC-Adresse.
Die empfangenden Geräte (Switch und PC2 (Drucker natürlich auch)) empfangen das Paket und bauen die Informationen in ihrer ARP-Tabellen ein.
Für den Switch ist die Switching-Tabelle angezeigt. Da der Switch kein IP kann, bleibt bei ihm alles auf dem Niveau der Netzzugriffs-Schicht (bzw. ISO-OSI Schicht 2 (Sicherung)).



4.3.2.x. IP-Nachrichten

4.3.2.x. zusätzliche Programme auf den Netzgeräten





Netze können auch per Skript definiert ("aufgebaut") werden.
Nebenstehendes Skript ergibt das unten abgebildete Netzwerk.
Das Skript ist eine Version eines originalen Skriptes ("arp.js"), die zum Programm mitgeliefert wird. Aus dieser Datei wurden die russischen Kommentare entfernt.
Wenn man einige Grundkenntnisse in der Programmerung und vielleicht auch in JavaSkript hat, dann kann man die einzelnen Abschnitte nachvollziehen.
Für unsere einfachen Zwecke ist eine Notierung von Netzen in Skript-Form aber nicht notwendig.

arp_y.js - Editor

Datei Bearbeiten Format Ansicht Hilfe

```
myCanvas::emulateTime();
emulateTime();

var router = addRouter(5,5);
router.setIp("LAN10", "192.168.1.2");
if ( open ) closeScene();
newScene();
stop();

var sw = new Array();
sw[0] = addSwitch(3,3);
sw[0].setSocketsCount(8);
sw[1] = addSwitch(7,3);
sw[1].setSocketsCount(8);

var r = addRouter(5,3);
r.router = true;
r.setSocketsCount(8);
addConnection(sw[0],r,"LAN8","LAN3");
addConnection(sw[1],r,"LAN8","LAN4");

var net = new Array();
var x = 1 , g = 126;
for ( j = 0 ; j < 2 ; j++ ) {
    net[j] = new Array();
    for ( i = 1 ; i <= 5 ; i++ ) {
        net[j][i-1] = addComputer(x,i);
        addConnection( net[j][i-1] , sw[j] , "eth0" , "LAN"+i );
        net[j][i-1].setIp("eth0","192.168.1."+( i + j*128) );
        net[j][i-1].setMask("eth0", "255.255.255.128");
        net[j][i-1].setGateway("192.168.1."+g);
    }
    r.setMask("LAN"+(j+3) , "255.255.255.128");
    r.setIp("LAN"+(j+3) , "192.168.1." + g );
    x += 8;
    g += 128;
}

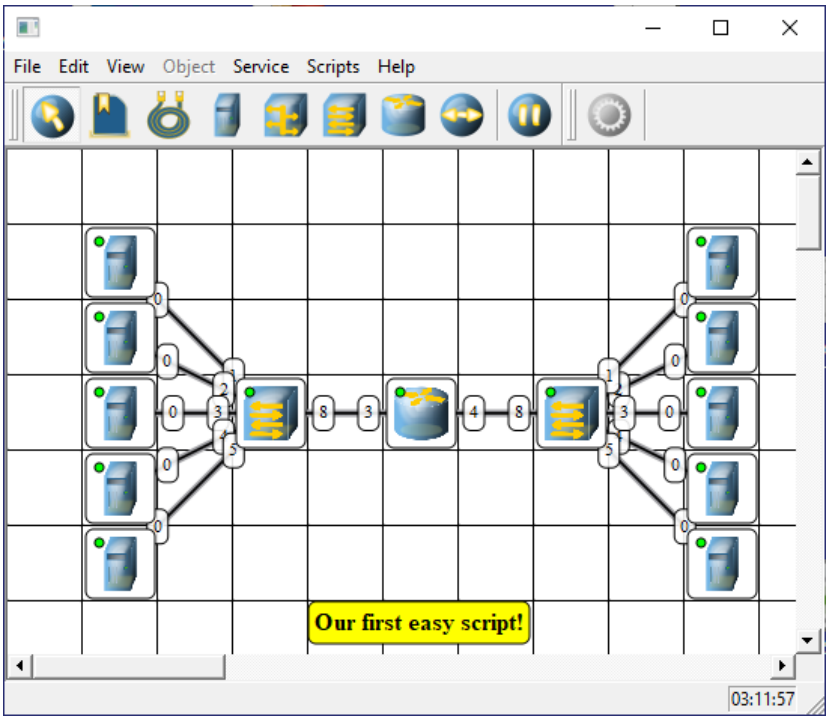
net[0][0].sendMessage("192.168.1.133",50,0);
emulateTime();
play();

result = ( net[0][0].sendPacketCount("eth0") == net[1][4].receivePacketCount("eth0") );

var text = addNote(4,6);
text.note = "Our first easy script!";
saveScene("test/arp.net");

result;
```

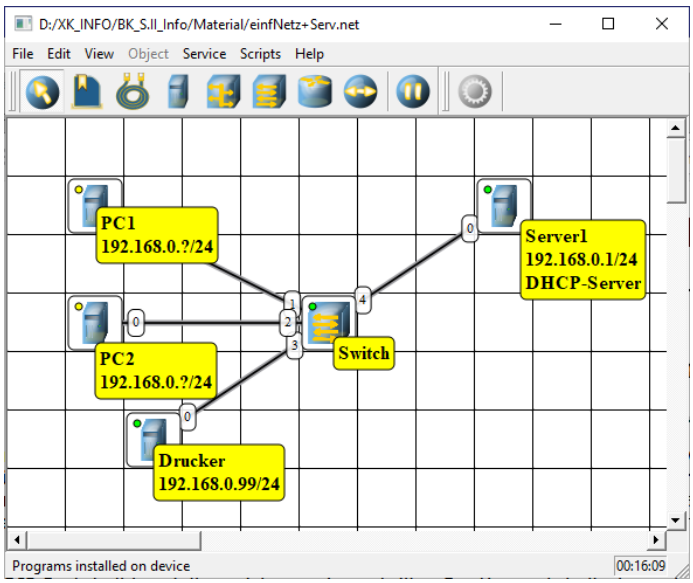
Zeile 50, Spalte 1 | 100% | Windows (CRLF) | UTF-8



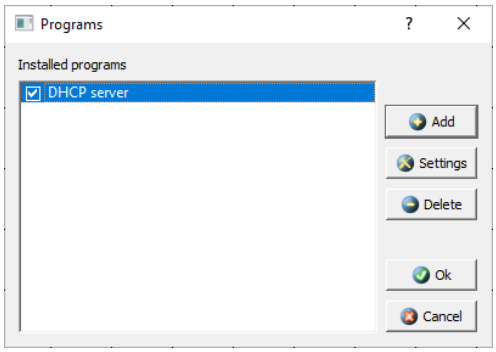
4.3.3. Erweiterung um weitere Netzwerk-Komponenten und -Verbindungen

4.3.3.1. Einbau eines Server's zum Bereitstellen eines Dienstes

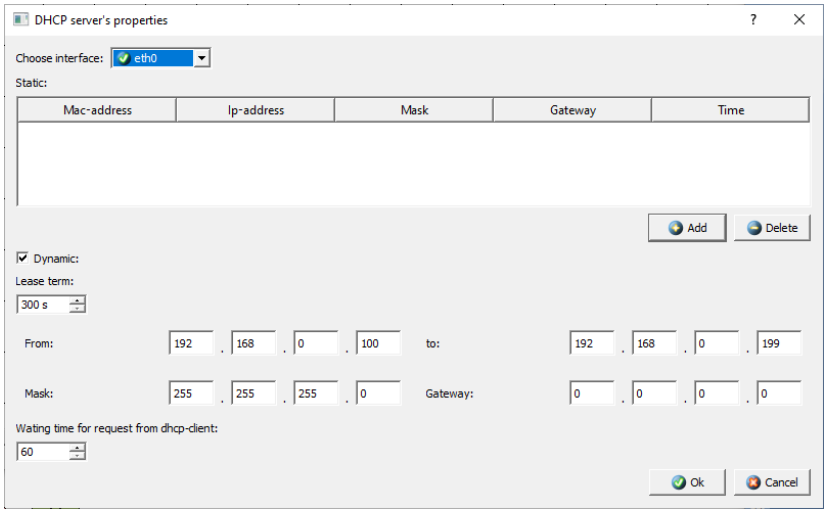
Die meisten Heim-Netzwerke und deren familiären Installateure haben meist noch nie was von IP-Adressen gehört. Sie werden nie irgendwo festgelegt und wenn man mit einem Computer in ein anderes Netz (z.B. auf Arbeit oder in der Schule) umzieht, dann funktioniert das Netz einschließ IP ganz wie von Zauberhand. Aber woher bekommen die Rechner dann immer ihre IP-Adressen?
Verantwortlich dafür ist ein Dienst der DHCP heißt. Genauer besprechen wir diesen im Abschnitt → .



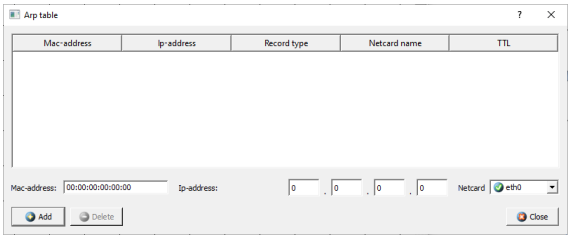
Im Netz muss ein Gerät vorhanden sein, das die IP-Adressen verteilt. Dies ist der sogenannte DHCP-Server. Die anderen geräte können dann DHCP-Client's sein und vom Server beim Verbindungs-Aufbau eine IP-Adresse zugeteilt bekommen.
Meist ist der DHCP-Server gleich im Router angelegt. Dieser läuft ja schließlich 24 Stunden durch. In professionellen Netzen mit einem Hardware-Server ist die Software des DHCP-Server's hier installiert. Praktisch jedes Server-Betriebssystem bringt einen solchen Server mit.
Zuerst wollen wir mal so einen Server in unser Netz bringen.
Sachlich ist er ein normalers Netzwerk-Endgerät. Wir nennen ihn hier Server1. Er muss zwingend eine IP-Adresse bekommen.Zum Server wird er dadurch, dass wir nun einen Service auf dem "Server" installieren. Das haben wir prinzipiell schon weiter vorne beschrieben.
Hier muss nun eine Einrichtung der Adress-Verteilung vorgenommen werden.
Dazu aktivieren wir in der Programm-Liste den Service und gehen dann auf "Settings" ("Einstellungen")

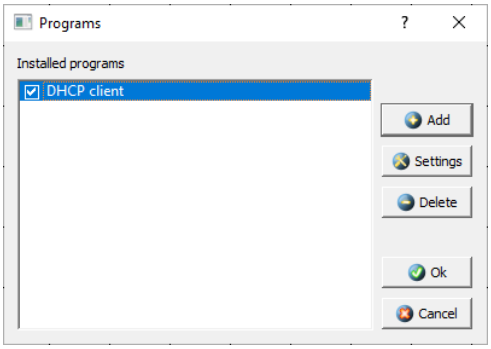


Der interessante Teil ist unten der "Dynamic"-Bereich. Er muss meist auch aktiviert werden, sonst läuft der Service, verteilt aber keine IP-Adressen.
Wir legen hier den Adress-Bereich (von / bis) fest. Ich habe hier mal die Host-Adressen 100 bis 199 dafür eingeplant.
DHCP-Client's bekommen nun aus diesem Adress-Bereich eine Adresse, wenn sie diese anfordern.

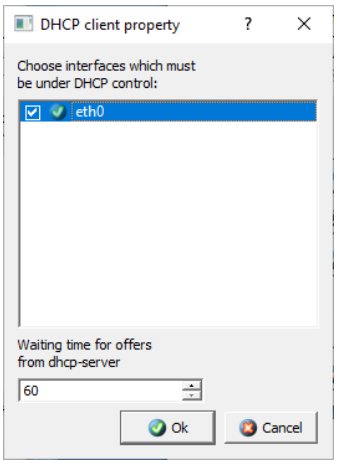


Im oberen Fenster-Bereich kann man feste IP-Adressen vergeben. Immer wenn das Gerät mit der entsprechenden MAC-Adresse eine IP anfordert, bekommt es genau diese.
Trotz alledem kann man die anderen IP-Adressen auch immer noch statisch (am Gerät) selbst festlegen. Überschneidungen der Adressen müssen aber unbedingt vermieden werden, ansonsten kann zu IP-Fehlern kommen.
Bei der Anzeige der ARP-Tabelle am Server ist diese leer. Der Server kennt noch keinen weiteren Rechner.
An den IP-Adress-losen Rechnern müssen wir nun den DHCP-Client installieren.

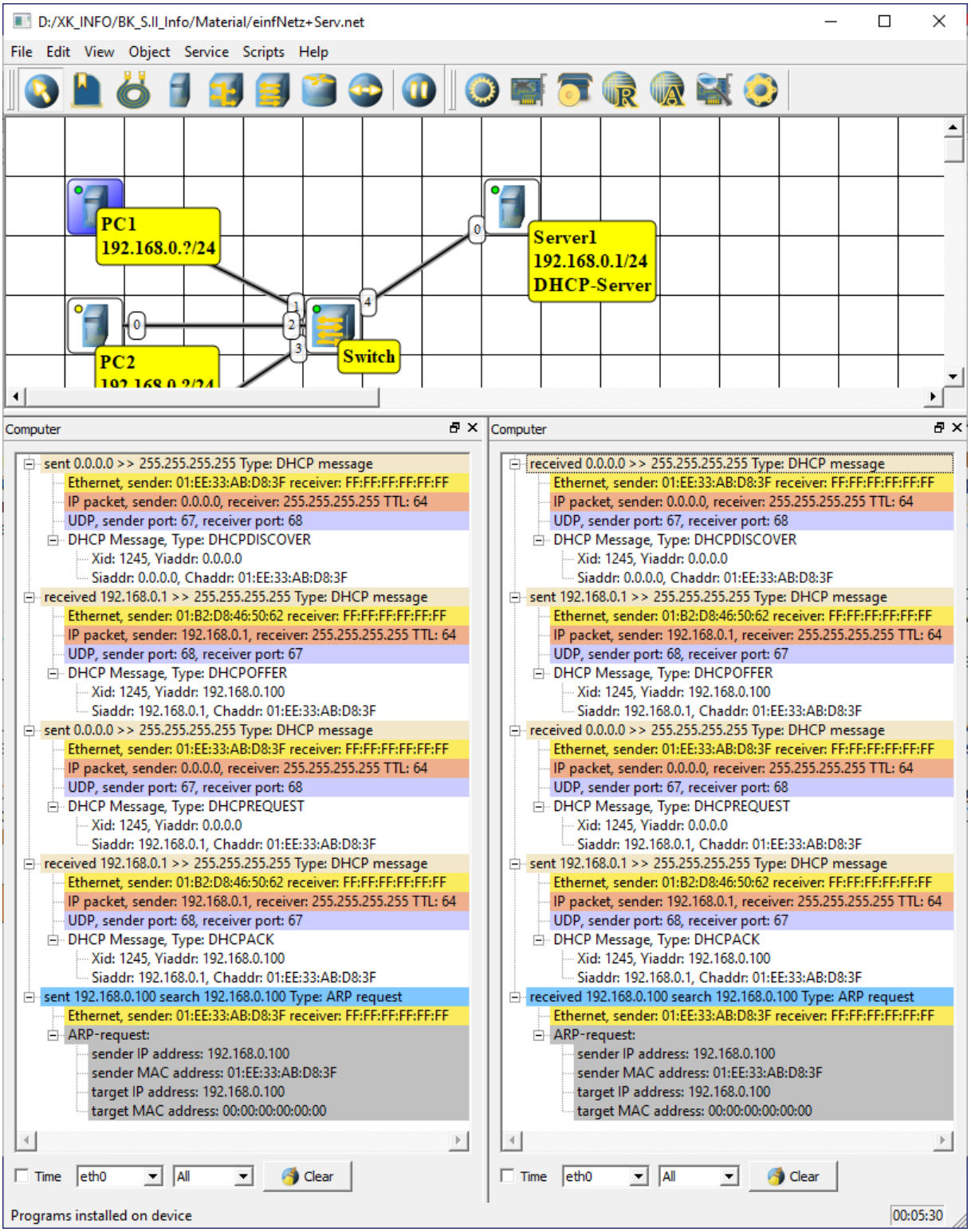




Die Einstellungen am Client sind deutlich einfacher. Es muss nur die zu verwendenede Netzwerk-Schnittstelle ausgewählt werden.

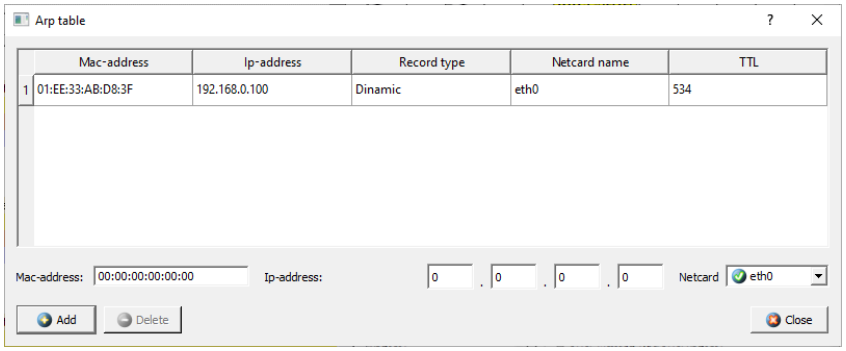


Was jetzt im Netz abgeht, ist schon beachtlich. Im Log-Bereich ist links der Client (PC1) und rechts der Server (Server1) dargestellt.
Zu beachten ist, dass man die Nachrichten immer abwechselnd bei den beiden Geräten lesen muss, um den Daten-Austauch nachzuverfolgen. Aber das kennen wir ja schon.
Am Besten ist es auch die Situation nachzustellen und den Nachrichten-Austausch schrittweise zu beobachten und zu deuten.



Am Ende hat der PC1 eine IP-Adresse erhalten. In diesem Fall die Host-Adresse 100. Mit diesem kann er nun wieder einen ARP-Datenaustausch durchführen.
Die ordentliche Intergration ins IP-Netz sehen wir am grünen Status-Symbol am PC1 (ev. einmal auf die Simulations-Fläche zum Aktualisieren klicken).

Die ARP-Tabelle des Server's verzeichnet nun auch das neue Netzgerät.



Aufgaben:

1. *Erstellen ein Netzwerk aus 3 PC's und einem Drucker sowie einem Server (Server1)!*
2. *Installieren Sie auf dem Server einen DHCP-Dienst nach eigenem Ermessen!*
3. *Aktivieren Sie die Log-Funktion für den Server und mindestens einem Client!*
4. *Versehen Sie nun die Endgeräte mit einer statischen IP-Adresse oder einem DHCP-Client!*
5. *Übernehmen Sie die Log-Daten in Ihre Aufzeichnungen!*
6. *Erläutern Sie Schritt-weise den Datenaustausch!*

4.3.3.2. Einbau eines Router's zum Verbindung von unterschiedlichen Netzen

4.3.3.3. Einbau einer Bridge zum Verbindung von Teil-Netzwerk

Die Ethernet-Technologie legt bestimmte Parameter bezüglich der maximalen Kabel-Längen vor. Was aber, wenn man eine große Firma vernetzen will und trotzdem alle Computer miteinander kommunizieren können sollen.
Das Gerät für die Verbindung von Teil-Netzwerken ist eine sogenannte Brigde (→). Aber eine Bridge suchen wir in NetEmul vergeblich.
Wenn Sie sich schon intensiver mit der Theorie beschäftigt haben, dann wissen Sie, dass eine Bridge nur ein spezieller Router ist. Ganzgenau eigentlich eine Kombination aus zwei Routern, die über die externe Anschlussstelle direkt miteinander verknüpft sind.

4.3.3.4. Verwendung eines Gateway's – zentrale Kontrolle

4.3.3.5. Verwendung eines Hub's in Netzen

Hub's werden in modernen Netzen kaum noch verwendet. Da sie immer nur eine Netzwerk-Verbindung bedienen können, sind sie nicht mehr leistungs-fähig genug. Die Leistungs-fähigere Weiterentwicklung ist der Switch, den wir schon benutzt haben. Erstellt die aktuelle Technik dar.
Für uns ist aber die Beobachtung der Arbeitsweise interessant.

alle Rechner eines Netzes an einem Hub bilden eine Kollisions-Domäne
Stern-Topologie bewirkt so, das nur eine einzige Verbindung im Stern möglich ist

Switche können ein Netz in mehrere Kollisions-Domänen aufteilen
dadurch sind mehr quasi parallele Verbindungen innerhalb des Sterns möglich

(komplexe) Aufgaben (zur Vorbereitung auf eine Klausur od.ä.):

die blauen Aufgaben sind ergänzend für die gehobene Anspruchebene

1. *Erstellen Sie mit dem Programm NetEmul zwei zuerst einmal getrennte Netze!*
   Beobachten Sie nach dem Hinzufügen des jeweils letzten Gerät's in den beiden Netzen die ARP-Kommunikation! Lassen Sie sich dazu gleich nach dem Positionieren des Gerätes die Log's vom Gerät und vom Netzkoppler anzeigen!
   Netz1 (linke Seite auf Arbeitsfläche) besteht aus drei PC's (PC1, …), die an einem Hub angeschlossen sind.Die Rechner bekommen fortlaufende Host-Adressen (1, …) in einem 192.168.10.0/24-Netz.
   Das Netz2 besteht aus drei Servern (Serv1, …), welche die Adressen 10.10.0.32, 10.2.20.14 und 10.1.1.1 in einem /8-Netz haben. Sie sind über ein Switch miteinander verbunden. Zwischen beiden Netzen stellen Sie ein Hub, ein Switch und ein Router bereit, ohne diese mit den beiden seitlichen Netzen zu verbinden. Speichern Sie sich dieses Modell als Vorlage ab!

2.0. Aktivieren Sie die Darstellung der Log's für PC1, den Hub und PC3!

2.1. Versenden Sie vom PC1 ein 12 KByte-Datenpaket per UDP an PC3!

2.2. Beschreiben Sie den Daten-Austausch (wandernde Pakete)!

2.3. Wiederholen Sie das Versenden mehrfach (mind. 2x) und beobachten sowie beschreiben Sie Ihre Beobachtungen!

2.4. Erläutern Sie die ausgetauschten Daten lt. Log's!

3.0. Aktivieren Sie die Darstellung der Log's für PC2, den Hub und PC1!

3.1. Versenden Sie im vom PC2 ein 12 KByte-Datenpaket per TCP an PC1!

3.2. Beschreiben Sie den Daten-Austausch!

3.3. Wiederholen Sie das Versenden mehrfach (mind. 2x) und beobachten sowie beschreiben Sie Ihre Beobachtungen!

3.4. Erläutern Sie die ausgetauschten Daten lt. Log's!

4. *Erläutern Sie die Funktionsweise eines Hub's! Gehen Sie auf die benutzten Schichten des ISO-OSI-Modell's (und des TCP/IP-Modell's) ein! Erstellen Sie auch eine Türmchen-Skizze (Nummerierung der Schichten mit 1 bis 7 reicht aus)!*

5.0. Aktivieren Sie die Darstellung der Log's für Serv1, den Switch und Serv3!

5.1. Versenden Sie vom Serv1 ein 12 KByte-Datenpaket per UDP an Serv3!

5.2. Beschreiben Sie den Daten-Austausch!

5.3. Wiederholen Sie das Versenden mehrfach (mind. 2x) und beobachten sowie beschreiben Sie Ihre Beobachtungen!

5.3. Erläutern Sie die ausgetauschten Daten lt. Log's!

6.0. Aktivieren Sie die Darstellung der Log's für Serv2, den Switch und Serv1!

6.1. Versenden Sie vom Serv2 ein 12 KByte-Datenpaket per TCP an Serv1!

6.2. Beschreiben Sie den Daten-Austausch!

6.3. Wiederholen Sie das Versenden mehrfach (mind. 2x) und beobachten sowie beschreiben Sie Ihre Beobachtungen!

6.4. Erläutern Sie die ausgetauschten Daten lt. Log's!

7. Erläutern Sie die Funktionsweise eines Switch's! Gehen Sie auf die benutzten Schichten des ISO-OSI-Modell's (und des TCP/IP-Modell's) ein! Erstellen Sie auch eine Türmchen-Skizze!
8. Verbinden Sie in der Modell-Vorlage die beiden Netze über die zur Verfügung stehenden Netzkoppel-Geräte! Richten Sie die Koppel-Geräte nach den jeweiligen Möglichkeiten ein, so dass, wenn es geht, beide Netze verbunden sind! Speichern Sie jedes Modell in einer extra Datei mit sprechendem Namen!

9.0. Aktivieren Sie die Darstellung der Log's für PC3, das Netze-verbindende Koppel-Gerät und Serv1!

9.1. Versenden Sie vom PC3 ein 12 KByte-Datenpaket per TCP an Serv1!

9.2. Beschreiben Sie den Daten-Austausch (wandernde Pakete)!

9.3. Wiederholen Sie das Versenden mehrfach (mind. 2x) und beobachten sowie beschreiben Sie Ihre Beobachtungen!

9.4. Erläutern Sie die ausgetauschten Daten lt. Log's!

9.5. Versenden Sie vom Serv1 ein 12 KByte-Datenpaket per TCP an PC3!

9.6. Beschreiben Sie den Daten-Austausch (wandernde Pakete)!

10. Erläutern Sie die Funktionsweise eines Router's! Gehen Sie auf die benutzten Schichten des ISO-OSI-Modell's (des DoD- und des TCP/IP-Modell's) ein! Erstellen Sie auch eine Türmchen-Skizze!

4.x. spezielle Netze und Protokolle

ISDN

→ KALDEALI → S. 126 ff.

DSL

DSL-Techniken

- **ADSL**
  asymmetric DSL — bis 8 Mbit/s Download + 1 Mbit/s Upload
- **HDSL**
  hig data rate DSL — bis 2 Mbit/s Download
- **SDSL**
  symmetric DSL — bis 3 Mbit/s Down- und Upload
- **VDSL**
  very high date rate DSL — bis 52 Mbit/s Download + 2,3 Mbit/s Upload

neue Anschlüsse praktisch nur noch VoIP-Telefonie

Nachteil es entfällt die unabhängige Stromversorgung der Telefonsysteme aus sich selbst heraus, bei Strom-Ausfall liegt gesamte Kommunikations-Struktur am Boden
alte analoge Telefon-Leitungen hatten auch Strom, wenn Netz ausfällt → gut auch für Notfall-Telefone bei Schwerkranken etc.

Kabelmodem

Internet-Versorgung über Fernseh-Kabel-Anschluss

oft kombiniert mit VoIP-Telefonie

WLAN

→ KALDEALI → S. 287 ff.

GSM

→ KALDEALI → S. 241 ff.

global standard for mobile communication
seit 1985 in Deutschland

2. Generation der Handy-Telefonie

1. Generation waren analoge Funknetze, abgelöst durch digitale Funknetze (2. Generation)
3. Generation ist Breitband-Technik

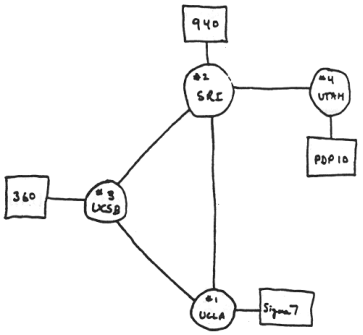
GSM

900 MHz (D1 und D2) oder 1800 MHz (E+ und E2)
rund 10 kbit/s relativ langsam → GPRS-Technologie (general packet radio service)

UMTS

3. Generation der Handy-Netze
universal mobile telecommunication system

Internet



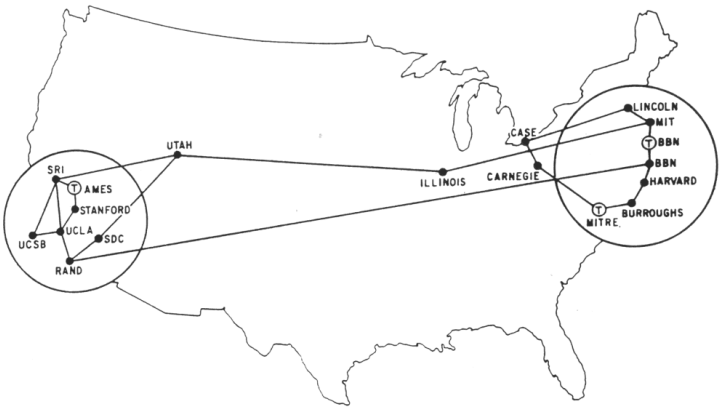
THE ARPA NETWORK

DEC 1969

4 NODES

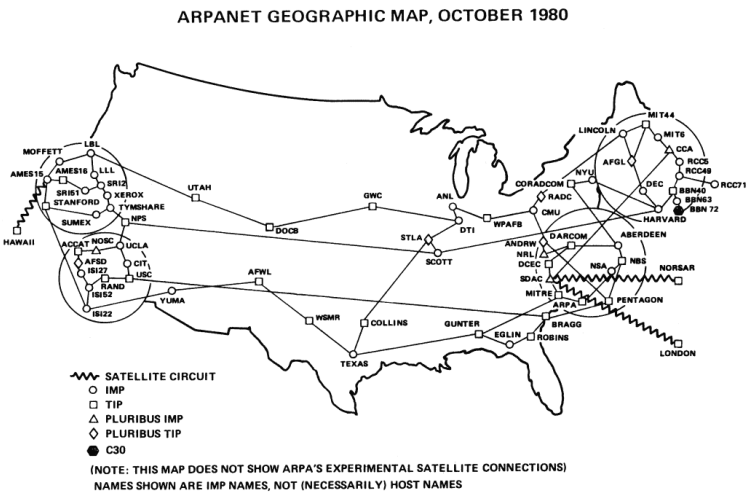
FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network
(Courtesy of Alex McKenzie)

Ideen-Skizze zum ARPA-Netz



MAP 4 September 1971

ARPA-Netz im Jahre 1971



ARPA-Netz im Jahre 1980



Q: ??? (unbekannt)

→ KALDEALI → S. 308 ff.

Biographie: Tim BERNERS-LEE (1955 -)

HTML
www

TCP/IP

→ KALDEALI → S. 310 ff.

→ KALDEALI → S. 317 ff.

IPv4

IPv6

Einteilung der IPv6-Adressen

→ KALDEALI → S. 341 ff.

```
                                Network Identifier Interface Identifier
                                                        Host Identifier
                                2001:0db8:0000:0000:03a4:0000:0000:9f21
                                    2001:db8:0:0::/64
```

der Documention Prefix 2001:db8::/64 muss im konkreten Netz durch die (vom RIPE zugewiesene) Netzwerk-Adresse ersetzt werden
den blauen Adressteil kann jeder Besitzer eines RIPE-Netzwerkes frei gestalten dort stehen jetzt 4,3 Mrd. Netzwerke zur Verfügung, also praktisch soviele, wie heute theoretisch mit IPv4 insgesamt möglich wären
für jeden Standort sollte ein /48-Netzwerk zugeordnet werden
kleinere Netzwerke z.B. ein /56-Netzwerk für 5 Clients sind möglich. aber nicht empfohlen

Empfehlungen für die Aufteilung des Stadort-Netzwerkes (Best practice):

- für die Infrastruktur 4x /56-Netzwerke → 1024 Netzwerke
  - z.B. für Router, Syslog-Server, …
- freigehaltener Bereich 12x /56 → 3072 Netzwerke
  - als Reserve
- Bereich für DMZ 4x /56-Netzwerke → 1024 Netzwerke
  - z.B. für 1024 seperate DMZ-Rechner
- freigehaltener Bereich 12x /56 → 3072 Netzwerke

- als Reserve

Zwischenstand: 8192 Netzwerke verbraucht / verplant / …

für Gebäude 1:

- für die Infrastruktur 4x /56-Netzwerke → 1024 Netzwerke
  - z.B. für Clients, Drucker, …
- freigehaltener Bereich 12x /56-Netzwerke → 3072 Netzwerke
  - als Reserve

für Gebäude 2:

- für die Infrastruktur 4x /56-Netzwerke → 1024 Netzwerke
  - z.B. für Clients, Drucker, …
- freigehaltener Bereich 12x /56-Netzwerke → 3072 Netzwerke
  - als Reserve

so weitere Gebäude anschließen

ev. weitere /48-Netzwerke für eine funktionelle Gliederung nutzen
z.B. Office, Produktion, Infradtruktur, Datacenter, Security, …

für sehr kleine Struktur-Einheitemn mit sehr wenigen Clients werden besser kleinere Netzwerke zugordnet

z.B.: /60 → 8 Netzwerke
/56 → 256 Netzwerke
/62 → 4 Netzwerke

geeignet für: Arbeitsplätze, VoIP, Sicherheits-Kamera's, Monitore, Zahlstationen / Kassen/ Geldautomaten, …
nach Funktion getrennte Netzwerke lassen sich einfacher administrieren

immer großzügig vergeben / Reserven lassen
besser agregierbar
besser für Regeln in Firewall
QoS einstellbar
große Netzwerk-Sicherheit

IPv6-Header

	4	8	12	16	20	24	28	32
	Version	Traffic Class		Flow Label				
	Payload Length				Next Header		Hop Limit	
	Source Address							
	Destination Address							

IPv6 Header Chain

normales Paket:

NH 6	TCP Header	TCP Segment
Fragment Header	IP Data	

NH … Next Header; z.B. NH 6 für TCP

NH 0	NH 44	NH 6	TCP Header	TCP Segment
IP Header	Hob by Hop Options Header	Fragment Header	IP Data	

z.B. IPsec AH Header

	4	8	12	16	20	24	28	32
	Next Header		Payload Length		Reserved			
	Security Parameters Index (SPI)							
	Sequence Number							
	Integrity Check Value (ICV)							
	…							

IPsec ESP Header

	4	8	12	16	20	24	28	32
	Security Parameters Index (SPI)							
	Sequence Number							
	Payload Data							
	Padding (0 – 255 Byte							
					Padding Length		Next Header	
	Integrity Check Value (ICV)							
	…							

Konzept ermöglicht flexibles Protokoll-Design
neue Protokolle / Feature's immer möglich
bedeutet aber auch Probleme beim Filtern ev. problematischer Pakete in der Firewall

IPv6 Fragmentation Header

wenn Pakete zu groß werden, müssen sie aufgeteilt werden
Fragment Header dient zum Teilen von Paketen

	4	8	12	16	20	24	28	32
	Next Header		Reserved		Fragment Offset		Res.	M
	Identification							

	IPv4	IPv6
Gemeinsamkeiten	Behandlung von zu großen Paketen	
Unterschiede	jedes Gerät auf der Route darf fragmentieren Steuerung über "Do not Fragment"-Bit "DnF"-Bit kann überschrieben	**nur Endhost (Absender) darf fragmentieren** kein "Do not Fragment"-Bit im Header

	werden Router darf verwerfen ICMP Packet too Big wird versandt	 Router muss zu große Pakete verwerfen ICMPv6 Packet too Big wird versandt

IPv6-Testlabor
für erste Versuche ältere Hardware nutzen
alle typischen Endgeräte-Typen integrieren
dann auf aktuelle Hardware wechseln, um alle möglichen Feature's zu testen / nutzen
viele verschiedene Client-System nutzen (Win, Linux, Mac, iOS, android, …)
alternativ virtualisiertes System

Umsetzung der Umstellung / Neugestaltung eines IPv6-Netzes

- DMZ
  - Probleme bei: Website's, eMail's, VPN-Verbindungen
  - Dualstack (IPv4 + IPv6) verwenden, damit kein Nutzer abgewiesen wird
  - für klassische Server-to-Server-Protokolle / - Kommunikation IPv6 vorziehen (ev. IPv4 gleich weglassen)
  - Client-Server-Kommunikation immer beide IP-Versionen
  - Virenscanner muss IPv6-fähig sein
- restliches Netz / Produktion / …
  - Core Router
  - Datacenter
  - LAN
  - …

diese Reihenfolge wird Outside-IN genannt (ist immer großes Projekt!)
alternativ Inside-Out über die Umsetzung in neuen Abteilungen / Segmenten / …
ev. auch da, wo Umsetzungsdruck am größten ist
Inside-Out meist unproblematischer / kleinschrittiger / einfacher / Kosten-günstiger
aber ständige Kontrolle notwendig, ob alle Bereiche erreicht werden

Groß planen – klein starten!

möglichst gleich auf IPv6-only umsteigen, um doppelte Arbeiten an Servern, Firewall's, Routern usw. zu vermeiden
ansonsten vielleicht doppelt Migrations-Kosten (IPv4 → Dualstack → IPv6)

IPv6 und das IoT

Wo ist heute schon IoT?

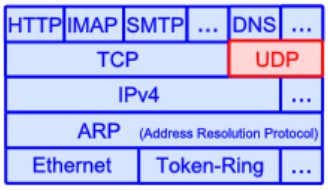
- Heimgeräte (Kühlschränke, Herde, Waschmaschinen, Lampen, Türen, Fenster, …)
- Kamera's
- Verkehr (Auto's, Ampeln. Laternen, Verkehrsschilder, Verkehrsteuerung, …)
- medizinische Geräte (→ Dokumentation, Alarmierung, …)
- Drohnen
- Umwelt- und Produktions-Sensoren
- Roboter, Hochregallager, Gabelstapler, …

- autonome Systeme

Probleme:

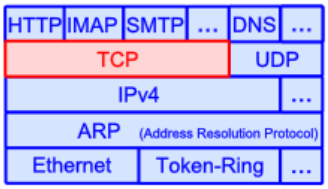
- IoT-Komponenten sind meist kleine, Leistungs-schwache Geräte
- Geräte sollen preiswert sein (Sparen z.B. bei der Sicherheit)
- meist keine Update's verfügbar / einspielbar
- allgemein liegen wenig Erfahrungen vor

UDP



→ KALDEALI → S. 350 ff.

TCP



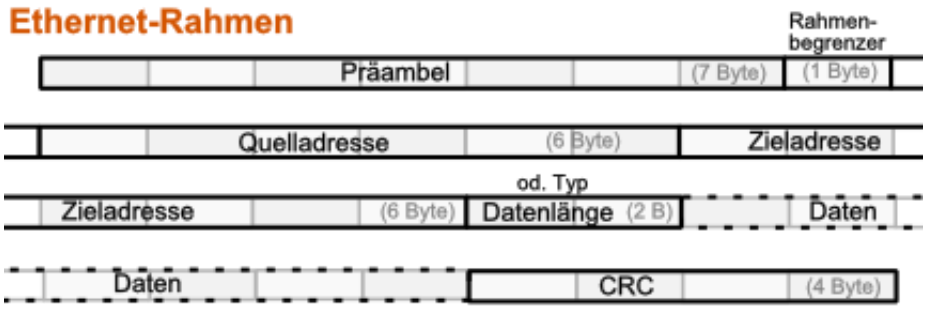
→ KALDEALI → S. 352 ff.

Übertragungsrahmen Ethernet

→ KALDEALI → S. 313 ff.

alle Daten werden im Ethernet in Daten-Pakete bestimmter Länge zerlegt und in dieser Form übertragen – universelles Übertragungssystem

Verfahren kann bzw. muss jeder Server können, Minimal-Vermögen eines Servers / Relais-Rechners



dadurch muss nicht jeder Server jedes Protokoll verstehen, er leitet die Pakete einfach weiter, es sei denn sie sind für ihn selbst bestimmt
nur wenige Protokolle sind quasi verbindlich für alle Server
z.B. ping und trace

Präambel sind 01010101-Sequenzen, dienen der Synchronisierung
Adressen sind MAC-Adressen

Länge des Datenfeldes meist vom Protokoll-Typ abhängig, üblich sind 0 bis 1'518 Byte

wichtige Internet-Protokolle

electronic Mail (eMail)

eine der ersten praktischen Nutzungen des Internets
eines der ältesten Protokolle
veraltet
so stark verbreitet, dass kaum noch Änderungen durchsetzbar sind

POP / IMAP

POP: holt eMails vom Server ab (dort werden sie gelöscht)
IMAP: holt zuerst einmal nur Kopfzeilen ab, bei Bedarf werden restliche Nachrichten nachgeholt, Nachrichten werden (auf Wusch) dauerhaft auf Server gespeichert, dort verwaltet

sehr unterschiedliche Client-Programme können alle die Mails abholen, einfache Umsetzung möglich

SMTP

kopiert eigene (ausgehende) Mails auf den Server; der organisiert dann Zustellung
sendet eMails an (Mail-)Server

aktuelle Probleme
historisch / auf Protokoll-Ebene komplett unverschlüsselt und ohne Daten-Schutz
Spam als Konsequenz

Hypertext-System

Hypertext Transport Protocol (http, HTTP)

Übertragung von Texten in ansprechender / gestalteter Form sowie Übertragung von Dokumenten und Multimedia-Dateien

Seitenbeschreibungs-Sprache HTML (Hypertext Markup Language)

Text können gestaltet werden
Positionierung von Verknüpfungen (Links) zu anderen Dokumenten und / oder Dateien
jede Date erhält / besitzt Adresse → URL (Uniform Resource Locator)

<Protokoll>://<Host>.{<Subdomain>.}<Domain>[:<Port>]/<Pfad>/<Dateiname>

neben statischen Seiten und Dokumenten lassen sich auch dynamische Strukturen aufbauen (Datenbank-gestützte Web-Applikationen)

Datei-Übertragungs-Protokolle

File Transfer Protocol (FTP)

das Usenet

```
Newsgroups: NET.general

After welcoming several new sites to Usenet, I'm enclosing the current map.
Any sites which are missing or wrong please let me know.

                USENET Logical Map
                June 1, 1981
                !-      Uucp links
                :       Berknet links
                @       Arpanet links

                                    pdp
                          (Misc)     ! (NC)       (Misc)
               decvax sii  reed  phs--unc--grumpy  duke34  utzoo  cincy teklabs
                  ! !  !    !     !    !            !       !      !      !
                  ! +--+----+-----+-+--+------------+-------+------+      !
                  !                  !                                    !
                  !               duke                                    !
                  !                 !                                     !
                  !          +------+---+-----------------------+--------+ !
                  !          !          !                       !        ! !
     ucbopt       !  hocsr--mhtsa----research   allegra       harpo-----chico
        :         !          !  !                 !
     ucbcory      !          ! eagle    ihnss    vax135  (Bell Labs)
  (UCB) :         !          !  !        !        !
     ucbvax--++----------+--+--+-----+--+------+--------+
        :    @             !        !              ! (Silicon Valley)
     ucbarpa @      (UCSD) sdcsvax      !          menlo70--hao
        :    @     sdcattb-----+        !           !    !
     ucbonyx @                +-----ucsfcgl       sytek sri-unix
             @     phonlab-----+
          cca-unix           sdcarl
```

Struktur des Usenet 1981

4.x. Clouds – Arbeiten in der Wolke

Bereitstellung von Programmen (Apps) oder Systemen über das Internet oder das eigene Netz

Host ist ein Internet-Server

https://owncloud.org
bietet diverse Nutz-Leistungen

-

für eigene Rechner nutzbar (z.B. auch auf einem Raspberry Pi)
viele Cloud-Anbieter nutzen owncloud für ihr Angebot

auch eine virtuelle Maschine für virtualBox vorhanden
(eigener Server im (virtuellem) Netz)

Typen des Cloud-Computing	
• **Infrastructure as a Service**	**IaaS** Online-Bereitstellung von Computer-Hardware, z.B. virtuelle Maschinen, Speicher, Netzwerk-Komponenten
• **Platform as aService**	**PaaS** Bereitstellung einer Cloud-basierten Umgebung für das Programmieren und Bereitstellen von App's z.B. Systeme der Künstlichen Intelligenz
• **Software as a Service**	**SaaS** Online-Bereitstellung von App's und Datenbanken z.B. Nutzung von Office-Programmen oder Warenwirtschaftsystemen (/ von Rechen-Leistung) auf dem Systemen des Anbieter's (im Abonnement)

4.x. IoT – Internet of Things

kleine Device's mit geringer Daten-Verarbeitungs-Kapazität
hauptsächlich intelligente Sensoren und Aktoren mit hohen Kommunikations-Fähigkeiten (WLAN, LAN, Internet)

geschätztes Potential: 26 – 50 Mrd. Geräte bis 2020
durch IPv6 sind wirklich alle Geräte ins Internet direkt anschließbar und ansprechbar (vorher (bei IPv4) nur indirekte Anbindung über Cloud's)
im privaten und technischen Bereich wird starke Vernetzung gewünscht und gefordert; Bereitschaft zur ständigen Bereitschaft
dazu kommen Smartwatches und Datenbrillen
Unabhängigkeit vom Smartphone wohl nur eine Frage der Zeit

Herausforderungen an IoT

- **hohe Interoperabilität** — Kommunikation über Protokoll-Grenzen hinweg notwendig
  vollständig Hinwendung zu offenen Protokollen
- **hohe Skalierbarkeit** — Verringerung der Komplexität
- **breite Kommunikation** — Kommunikation zu jeder Zeit und an jedem Ort
  schnell und ständig aktuell
  effektive (Bandbreiten-schonende) Kommunikation
- **großes Daten-Aufkommen** — Big Data
-

4.x.y. MQTT – das Protokoll für IoT

verwendet wird vorrangig das IoT-Protokoll MQTT (Message Queue Telemetry Transport)
seit 2013 standardisiert
alte Versionen (WebSphere MQTT → WMQTT; SCADA-Protokoll; MQ Integrator SCADA Device protocol → MQlsdp)
gibt es für TCP/IP-Netze sowie andere Netze (ZigBee (fünfschichtige ISO-OSI-Umsetzung))

ursprünglich für die Überwachung von Öl-Pipelines von IBM und Arcom Control Systems entwickelt; Nutzung von (teurer) Satelliten-Kommunikation
aktuell ein offenes Protokoll (seit 2010) unter freier Lizenz
es gibt auch OpenSource-Implementierungen

Beobachter-Netzwerk mit geringem Verwaltungsdatenteil
hauptsächlich für Sensoren, aber auch Aktoren, Mobilfunk-Geräte und Embedded Systems (eingebette Systeme)

möglich Verschlüsselung mit TLS-Protokoll (SSL-Protokoll)

Art der Nachrichten nicht eingeschränkt (z.B. Text, Bilder, Binär-Daten möglich)

Vorteile:
minimaler Protokoll-Overhead
hoch-skalierbar
viele Möglichkeiten
auch für Geräte mit knappen Ressourcen geeignet
Clients für viele Programmiersprachen verfügbar
einfach zu implementieren
schlankes Protokoll (geringer Protokoll-Overhead)
mehrere QoS-Level
es ist Daten-agnostisch (Art der zu übertragenden Daten ist nicht beschränkt)
Kosten-effiziente Daten-Übertagung

Nachteile:
reine Request/Response-Architekturen sind nur mit zusätzlichem Aufwand möglich

typische Nutzungs-Felder:
Instant Messaging / Chat's
Connected Car
M2M-Kommunikation

Ereignis-gesteuerte Publish/subscribe-Architektur (statt Request/Response-System)
Punkt-zu-Punkt-Verbindungen werden durch zentralen Server – dem Broker – ersetzt
Daten-Produzenten (z.B. Sensoren) können genauso mit dem Broker kommunizieren, wie die Daten-Nutzer (z.B. Mobile Endgeräte, Aktoren, …)
Ein Senden (publisch) und Empfangen (subscribe) erfolgt über Strings – Topic's genannt.
der Aufbau eines Topic ist einer URL ähnlich; codiert somit einen Ort für eine Information
z.B.

schule/haus_a/raum3012

unter einem Topic (quasi ein Betreff) wird eine konkrete Information (z.B. die Temperatur) abgespeichert
z.B.
schule/haus_a/raum3012/Temperatur

ein Daten-Nutzer kann genau diesen Topic abonieren
MQTT-Broker ist für die Verteilung der Daten verantwortlich
Client müssen also nicht ständig den Server über Daten-Änderungen befragen

Daten-Quelle und Daten-Senke wissen nichts voneinander

in Topic's sind Joker (Wildcards) zulässig
+ steht für eine variable Hierarchie-Stufe
# kann mehrere Hierarchie-Stufen umfassen (muss jeweils auch das Ende einnehmen)

richtig: +/+/Temperatur (falsch wäre: #/Temperatur)

es gibt drei Service-Qualitäten für die Daten-Übertragung
je höher der Level, umso größer die benötigte Bandbreite im Netz

Service-Qualitäten für die Datenübertragung

- **0** Level 0 – at most once delivery
("Fire and Forget"-Prinzip)
keine Zusicherung für Daten-Übertragung
keine Garantie, das die Nachricht einmal ankommt
- **1** Level 1 – at least once delivery
()
Nachricht kommt mindestens 1x garantiert an
- **2** Level 2 – exactly once delivery
()
Nachricht kommt garantiert nur 1x an

Verfahren zum Erkennen, ob überhaupt eine Quelle vorhanden ist
Verfahren zum Erkennen, ob eine Quelle ausgefallen ist

Protokoll-Konzept "Last Will and Testament" (LWT, Last Will Testament")
Client gibt beim Verbinden mit dem Broker eine Nachricht an, die dann weiterverteilt wir, wenn zum besagtem Client keine Verbindung mehr besteht

Protokoll-Konzept "Retained Message"
eine vom Broker gespeicherte Nachricht, die an jeden Client gesendet wird, der sich neu verbindet
das könnte z.B. der letzte gültige Messwert sein
je Topic ist nur eine Nachricht zulässig
z.B. dann sinnvoll, wenn Daten nur in etwas längeren zeiträumen aktualisiert werden, dann müsste ein neuer Subscriber solange warten, bis der Publisher einen neue Nachricht zur verfügung stellt (die letzte verfügbare Information kann somit sofort angezeigt werden)

verschiedene Broker verfügbar

Broker für MQTT

- **Mosquitto** Quellen-offen
  kleinere Projekte (z.B. Hausautomation, …)
  für kleine / kleinste Rechner
- **HiveMQ** für anspruchsvolle Telemetrie- und Mesaging-Anwendungen
  hoch-skalierbar
-

Implementierungen / Libery's für diverse Programmier-Sprachen verfügbar
Liste unter: https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki/libraries
z.B. auch Python, PROLOG, C, C++, Haskell, Jva, JavaScript, Lua, Go, …

auch für Einplatinen-Geräte wie Arduino / Genuino und Raspberry Pi verfügbar

Client kennt nur die folgenden Methoden

- connect
- disconnect
- subscribe
- unsubscribe
- publish

Arbeitsschritte eines MQTT-Clients

- Erzeugen eines (MQTT-)Client-Objektes
- Setzen der Verbindungs-Optionen ("Last Will")
- Registrieren der Callback's
- ev. Abonieren von Topic's (subscribe)
- Veröffentlichen von Nachrichten (publish)

Code-Beispiel für Java:

`MqttClient client = new MqttClient(`
`"tcp://broker.mqttdashboard.com,`
`"MyfirstMQTTClient",`
`new MemoryPersistence()`
`);`
 	
`client.connect();`	

`MqttClient client = new MqttClient(`
` "tcp://broker.mqttdashboard.com,`
` "MyfirstMQTTClient",`
` new MemoryPersistence()`
`);`
 	
`MqttConnectOptions mqttConnectOptions;`
 	
`mqttConnectOptions = new MqttConnectOptions();`
`mqttConnectOptions.setWill(`
` "Zuhause/Wohnzimmer/Temperatur/Status",  // Topic`
` "offline".getBytes("UTF-8"), // Nachricht`
` 1, // QoS`
` true); // Retained Message`
 	
`client.connect(mqttConnectOptions);`
	etwas aufwändigerer Verbindungsaufbau mit "Last Will and Testament"

`client.publish(`
`"Zuhause/Wohnzimmer/Temperatur", //Topic`
`"23.4".getBytes("UTF-8"), //Nachricht`
`1, //QoS`
`true); //Retained Message`	

`client.connect();`
 	
`client.setCallback(new MqttCallback() {`
` @Override`
` public void messageArrived`
`  (String arg0, MqttMessage arg1) throws Exception {`
` // Weiterverarbeiten der Nachricht`
` }`
 	
` @Override`
` public void deliveryComplete(IMqttDeliveryToken arg0) {`
` }`
 	
` @Override`
` public void connectionLost(Throwable arg0) {`
` }`
`});`
 	
`client.subscribe("Zuhause/Wohnzimmer/Temperatur", 2);`
	Daten-Nutzer

Q: https://www.heise.de/developer/artikel/MQTT-Protokoll-fuer-das-Internet-der-Dinge-2168152.html?artikelseite=2

GitHub-Repository (https://github.com/dc-square/mqtt-with-paho-eclipsecon2013) mit weiteren Beispielen

Potential für Daten-Übertragung
zwischen vernetzten Fahrzeugen
innerhalb von sozialen Netzwerken (Facebook Messager)
mit Skalierungs-Möglichkeiten auf sehr hohe Anzahlen gleichzeitiger Verbindungen
Bereitstellung von Live-Daten (z.B. Patienten-Daten)

Gefahr der vollständigen Überwachung
Negativ-Beispiel: Zahnbürste "Kolibree", die das Putz-Verhalten u.a. an den Zahnarzt meldet (https://www.kolibree.com/en/)

Quelle für diesen Abschnitt:
https://www.heise.de/developer/artikel/MQTT-Protokoll-fuer-das-Internet-der-Dinge-2168152.html

weitere interessante Links:
mqtt.org
www.eclipse.org/paho/

4.x.y.z. alternative Prokolle für IoT-Anwendungen

alternative / weitere IoT-Protokolle

- **http**
- **CoAP**
- **XMPP**
- **iBeacon**

http als IoT-Protokoll

über http RESTful API's
durch hohe Frame-Zahlen sind schnelle Anzeigen / Reaktionen möglich
Vorteile: stabile und recht leichte Programmierung in fast allen Programmiersprachen machbar, da entsprechende Bibliotheken verfügbar sind
Nutzer-freundlich: Text-basiert, leicht lernbar

nachteilig ist ein recht großer Protokoll-Overhead
nur für 1 : 1-Kommunikationen geeignet
nicht für die 1 : n-Datenübertragung an viele Nutzer

gut geeignet für Downloads großer Daten-Mengen; IoT-Anwendungen mit stabiler Internet-Verbindung und mittelmäßiger Auffrischungs-Raten

CoAP

Contrained Application Protocol
UDP-basiert (auch http für IoT genannt)
sehr effizient
Daten-Übertragung komplett binär
leichter Umstieg von http nach CoAP möglich

Nachteile: komplizierte Network Address Translation (NAT) durch UDP
wenige Implementierungen (geringere Verbreitung)

gut für Wireless Sensor Networks

XMPP

Extensible Messaging and Presence Protocol (früher: Jabber)
Protokoll wird in Chat's und Instant Messaging-System genutzt
XML-basiert

Clients für viele Programmiersprachen verfügbar
viele Möglichkeiten (allerdings hauptsächlich für IM-Anwendungen)

großer Protokoll-Overhead

sehr gut für IM und Chat geeignet

iBeacon

einseitig, da nur Informationen versendet werden (Beacon – Leuchtfeuer)
für Informations-Systeme interessant

Nutzung als Informations- und Werbe-Mittel im Handel (Information zu Läden, Gastronomie, Sonder-Angebote, …)

4.x. IoV – Internet of Value / Blockchain-Technologie

Quelle: Abschnitt basiert stark auf OpenHPI-Kurs "Blockchain: Hype oder Innovation?"
von Prof. Dr. Ch. MEINEL und T. GAYVORONSKAYA

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Ist ein Handel zwischen Partners sicher möglich, obwohl sich die Partner nicht kennen und poteniell auch (noch) nicht vertrauen? Wie funktionieren Blockchain-Systeme? Warum braucht man eine Blockchain-Technologie? Welchen reellen Wert hat ein Bitcoin? Kann man mit Bitcoin's was kaufen? Steigt der Wert von Bitcoins ins Unendliche? Ist die Blockchain-Technologie die moderne Allzweckwaffe gegen Internet- und Realwelt-Betrüger? Realisiert Blockchain die absolute Wahrheit? Was schürfen die Miner in Blockchain-Systemen? Wie kann man das Prinzip der Blockchain-Technologie selber programmieren?

Internet der Werte
es werden z.B. Geld, Objekte, Immobilien, Verantaltungen, Vermietungen, … verwaltet

Blockchain → Block-Kette

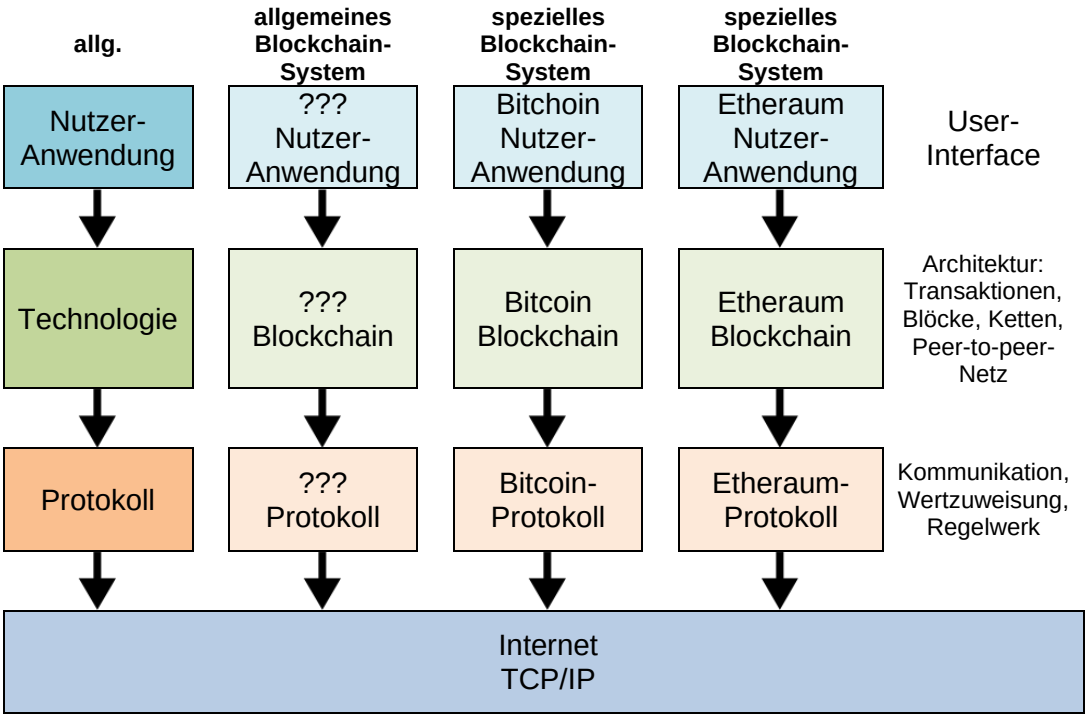
Blöcke bilden eine Kette, wobei jeder Block einen kryptographischen Verweis auf den Vorgängerblock enthält.
Mit den Transaktionen werden bestimmte Werte von einer Adresse an eine andere übermittelt.
ohne zentrale Administration oder Instanz
jeder soll(te) die Korrektheit der Daten / Identitäten und Veränderungen (Transaktionen)

Definition(en): Blockchain
Blockchain ist die Liste aller Transaktionen, die in einem System durchgeführt werden / worden und diese in Blöcke aufgeteilt sind.
Blockchain ist eine Technologie

Bitcoin ist ein System, das auf der Technogie des Blockchain basiert

Möglichkeiten und Tragweite der Technologie noch nicht vollständig abschätzbar

Schicht-Modell



keine neuen Technologien
sondern nur neue Kombination der bekannten und etaplierten Technologien
Peer-to-peer-Netzwerke
Kryptographie

nun neue Konsensfindung im Handeln von Partner, die sich nicht kennen / ? vertrauen

Probleme:
Wer hat welche Zahlung wann (in welcher Reihenfolge) getätigt?
Wie kann man sich gegenseitig vertrauen?

spezielles Regelwerk für Transaktionen notwendig

Public-Key-Kryptographie
A und B besitzen jeweils für sich ein Schlüsselpaar, bestehend aus einem öffentlichen und einem privaten (geheimen; nur persönlich bekannten) Schlüssel
A benutzt den öffentlichen Schlüssel von B, um eine verschlüsselte Nachricht an B zu schicken, nur dieser kann die Nachricht mit seinem privaten Schlüssel dechiffrieren

Signaturen zum Prüfen der Herkunft / Quelle / Urheberschaft einer Nachricht / Transaktion basiert auf Public-Key-Kryptographie
Nachricht an sich wird häufig auch damit verschlüsselt, die ist aber für eine Signierung nicht notwendig, es geht nur darum die Originalität / Authentizität der Nachricht zu überprüfen / zu gewähren

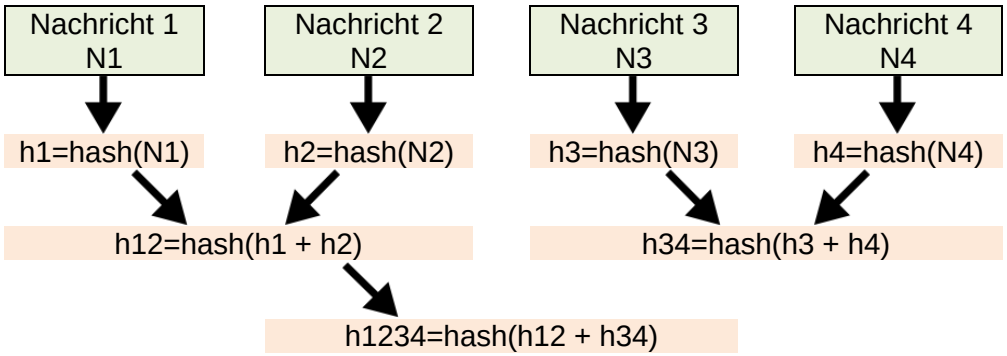
Nachricht oder ein Hash-Wert von einer Nachricht wird mit dem privaten Schlüssel von A verschlüsselt (→ signiert)
B kann nun mit dem öffentlichen Schlüssel von A die Nachricht / den Hash-Wert entschlüssel (→ überprüfen der Signatur)
nur wenn sich die Nachricht entschlüsseln lässt, ist sie authentisch / wirklich vom Absender (hier A)

Aufgaben:

1.
2. *Vergleichen Sie ausgewogen Verschlüsseln und Signieren einer Nachricht anhand selbstgewählter Kriterien!*
3.

um nicht ganze / lange Nachrichten vollständig verschlüsseln zu müssen, verwendet man Hash-Werte über die Nachricht
kann man sich wie Finger-Abdrücke einer Nachricht vorstellen; basieren auf Prüfsummen od. ähnlichen eindeutigen Verfahren / Funktionen, die nur in eine Richtung funktionieren
Beispiel sin()-Funktion: für jeden beliebigen Winkel lässt sich ein sin-Wert ermitteln, aus einem sin-Wert kann man aber nicht den ursprünglichen Winkel eindeutig zurückableiten, es gibt theoretisch unendlich viele Winkel, die passen könnten
(natürlich könnte man bei kleinen Nachrichten-Längen auch auf eine kleinere Winkel-Spanne tippen und diese ev. ausprobieren (→ "Brute force"-Angriff)
Hash-Funktionen müssen nun also ebenfalls eindeutige Fingerabdrücke erzeugen und gleichzeitig sicherstellen, dass keine Rückableitung möglich ist
Finger-Abdrücke verschiedener Nachrichten sollten auch nur möglichst selten / gar nicht identisch / gleich sein

über einen Hash-Baum lässt sich die Reihenfolge rekonstruieren



Hash-Baum / MERKLE-Baum

bei Blockchain wird auf "SHA 256" gesetzt
die 256 steht für die Länge des berechneten Hash-Wertes (→ 256 Byte)

über Hash-Werte und die Hash-Bäume lässt sich eine Referenz von Transaktionen / Blöcken erzeugen

Hash-Bäume sind Verallgemeinerungen von Hash-Ketten / Hash-Listen

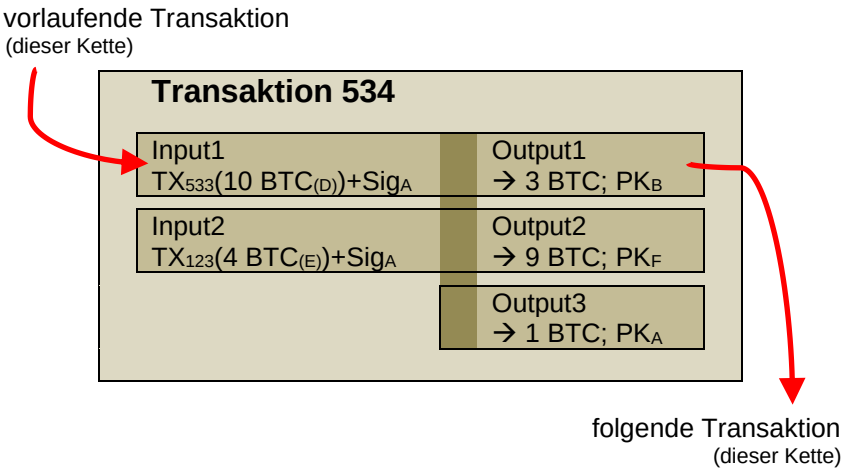
jeder Nutzer hat gleiche Datenbank

Erklärung der Blockchain-Technologie an ihrer ersten Anwendung "Bitcoin"

die Bitcoin sowie deren Veränderungen werden als Transaktionen ausgeführt und in Blöcken gespeichert
(statt Bitcoin's können aber auch andere Werte / Ereignisse / Besitzverhältnisse verarbeitet werden → im Bitcoin-System eben Geldwerte in BTC)
die Blöcke sind eine Kette aller bisher durchgeführten Transaktionen; jeder Block enthält Referenzen auf andere Blöcke in der Liste
dieser Datenbestand steht allen Nutzern zur Verfügung
durch die Anwendung der Kryptographie ist weder eine Veränderung der Blöcke (Transaktionen) noch der Verkettung der Blöcke untereinander möglich

Transaktion
kleine technische Einheit der Blockchain-Technologiebesteht aus Input und Output
der Input enthält die Referenz auf frührere Transaktionen
daruas ergibt sich der aktuelle Kontostand, also wieviele Werte
im Output stehen die initierten Zahlungen (ausstehende Transaktionen)

Transaktion 534 (TX_{534}) besteht aus mehreren Teilen. Da sind zwei Inputs. Der eine Input folgt aus der Transaktion 533 und ist mit einem "Zahlungs-Eingang" von 10 BTC von Nutzer D verbunden. Um sicher zu stellen, dass die "Zahlung" beim richtigen Nutzer A ankommt, ist diese mit der Signatur (Public Key) von A verschlüsselt.



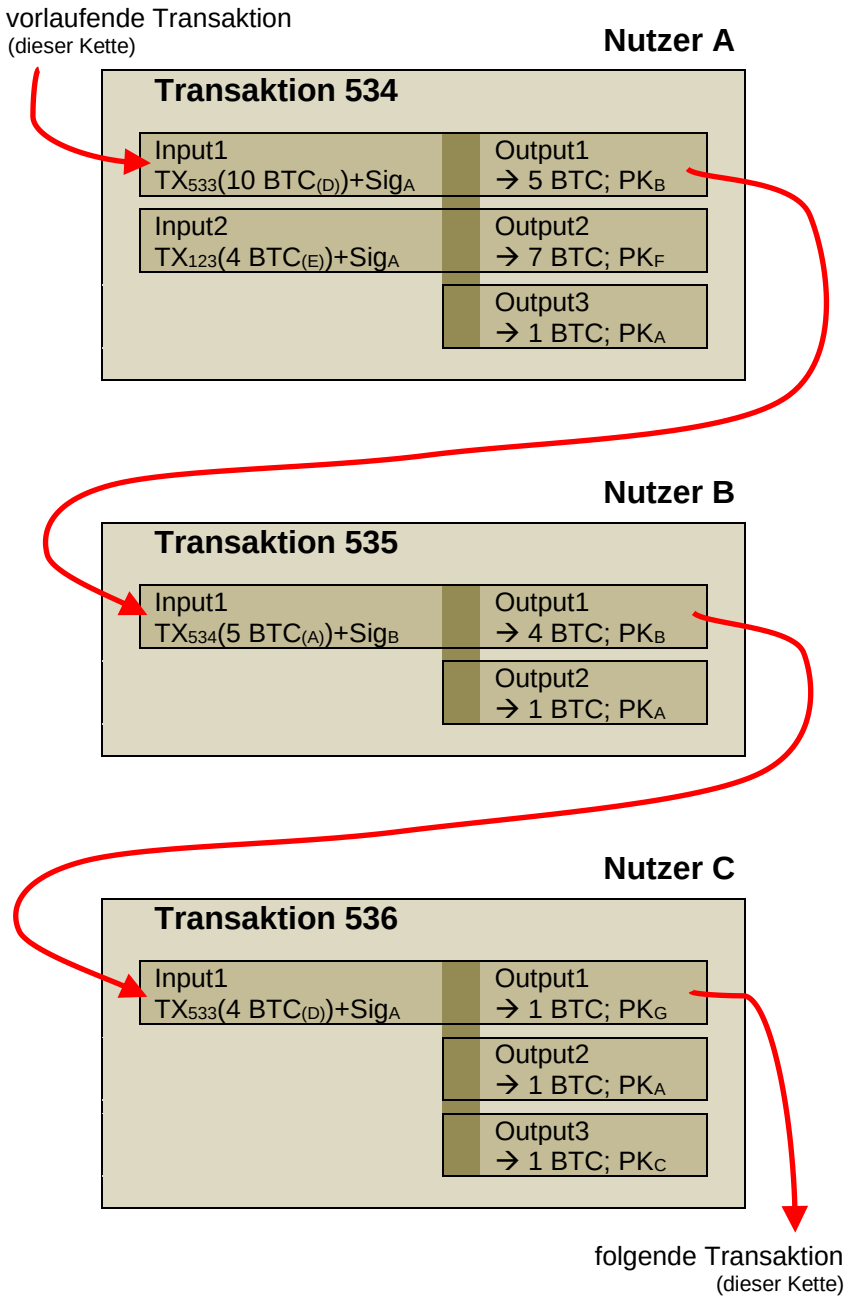
Ein zweiter Input erfolgt aus der Transaktion 123.
Die Outputs sind in diesem Fall drei-geteilt. Eine "Überweisung" erfolgt an Nutzer B. Unter Verwendung dessen öffentlichen Schlüsels (PK) werden 3 BTC transferiert.

Aufgaben:

1. Welchen Inhalt hat der Output2? Erläutern Sie!
2. Beschreiben Sie die Überweisung aus Transaktion 123 in ihren Details!
3.

Der dritte Output ist eine System-interne Überweisung an sich selbst. Dabei wird der Rest-Betrag (nach den anderen Überweisungen) abzüglich einer Transaktions-Gebühr (hier 1 BTC) übertragen.
Betrachtet man nun eine Liste von Transaktionen, so enthalten diese alle notwendigen Angaben, um die Transaktion in der richtigen Folge zu rekonstruieren und deren Echtheit zu überprüfen.

bei den Transaktionen sind Transaktionsgebühren fällig
deshalb ist es notwendig den Restbetrag zwischen Input und Abgängen (Überweisungen + Gebühr) an sich selbst zu überweisen, sonst gehen die Differenz in der Gebühr unter



Alle Transaktionen werden an alle Nutzer des Systems verschickt und stehen lokal zur Verfügung. Dadurch ist eine nachträgliche Manipulation nicht mehr möglich.
Jeder Nutzer prüft die Daten in den Blöcken und speichert sie in der lokalen Datenbank ein.

Prüfung umfasst die Signatur der Transaktion, die Einmaligkeit der Transaktion und den Empfänger (der Transaktion). Ist man selbst der Empfänger, dann wird die Transaktion in die eigene Wallet eingearbeitet.
Die Miner sind die "zentralen" Verarbeiter der Transaktionen zu Blöcken. Da diese Arbeit sehr rechenaufwändig ist, wird sie belohnt z.B. Bitcoin's. So entstehen also auch neue Bitcoin's.
Blöcke enthalten:
Header: Zeitstempel, Software-Version, Hash des vorherien Blocks (Block-Header + Nonce()), Mining-Angaben (Nonce, Zielvorgabe); Transaktions-Anzahl, MERKLE-Root (256 bit)
Body: Liste der Transaktionen

Im Bitcoin-System wird mit zwei unabhängigen Hash-Werten gearbeitet.
Beim Erstellen der Blöcke arbeiten u.U. mehrere Miner an der Block-Bildung über die gleichen oder ähnliche viele Transaktionen. Alle Miner verteilen ihre berechneten Blöcke im System.
Treten jetzt scheinbar parallele Blöcke auf, dann werden zuerst einmal Seiten-Ketten (Fork (Verzweigung / Gabel)) genannt) in der Kette angelegt. Sind Blöcke gleich, dann wird mit einem Zweig weitergemacht. Es entseht eine verlängerte Haupt-Kette. Der andere Block (aus der Seitenkette (Side???)) kann beruhigt "verworfen" werden. Er verbleibt zur Sicherheit im System. Ein solcher Orphan-Block wird aber nicht mehr weiter beachtet.
Kommen Blöcke mit mehr (beinhalteten) Transaktionen an, dann hat diese Vorrang und der Block mit der kürzeren Transaktions-Kette wird verworfen.
Über Konsens-Regeln werden also die vollständigeren Informationen den geringwertigen vorgezogen.
Nur der erste Miner mit der längsten Block-Kette erhält Belohnung (aus den Transaktions-Gebühren). Die unterlegenen / langsameren Miner verlieren ihre Rechen-Leistung / aufgewendeten Ressourcen.

Regelwerk und Konsensal-Algorithmen

Regelwerks-Bereiche

• **Architektur**	Blockgröße Blockerstellungszeit kryptograhische Verfahren Hash-Verfahren kryptographische Verweise / Verknüpfung der Hash's
• **Datenverabeitung**	Anzahl der eingehenden Verbindungen Anzahl der ausgehenden Verbindungen DoS-Prävention
• **Datenverifizierung**	(syntaktische) Korrektheit der Nachrichten Lösch-Regel
• **Mining / Minting** (Fortschreibung der Blockchain)	Proof-of-Work (betrifft Mining; (wahrscheinlich) aufgewendete Ressorcen) Proof-of-Stake (betrifft Minting: Bewertung der Besitztümer; Regeln zum Neubau von Blöcken) Delegated Proof-of-Stake () Proof-of-Burn (betrifft Mining:) Stellar Consensus Algorithmen Federated Byzantine Agreement

Minting betrachtet die vorhandenen Resourcen / Werte / … / Stimmen anderer Nutzer

z.B.: **Proof-of-Work**
kryptographische Aufgabe
es werden Schwierigkeits-Grade (difficulty) festgelegt
Lösen einer (schwierigen) Aufgabe in z.B. 10 min (Berechnung gerade so möglich)" → Ansporn" im System; Aufgabe ist die Berechnung des Hash-Wertes
Die Schwierigkeit liegt darin einen kleinen / passenden Hash-Wert zu erzeugen.
Miner schließen sich zu Pool's zusammen, um das Problem am schnellsten zu lösen.

Gefahr liegt in der Übermacht einzelner Pool's. Da nur die Gleichberechtigung das notwendige Vertrauen garantieren kann.

weitere Aufgaben können unterhalb der Zielvorgabe (difficulty target) erledigt werden

Stärken / Vorteile der Blockchain-Technologie

- **sehr hohe Nachverfolgbarkeit**
  Problem bei Dominanz einzelner Nutzer / Pool's
- **sehr hohe Fälschungs-Sicherheit**
  Problem bei Dominanz einzelner Nutzer / Pool's
- **Ausfall-Sicherheit** durch Peer-to-peer-Netzwerk gegeben
- **Autonomität** keine zentrale Instanz notwendig (z.B. Bank)
- **geringe Angreifbarkeit** zu viele Datenbestände an zu vielen Orten
- **starke Kryptographie**
- **OpenSource** breite Entwicklergemeinde
  aber auch Problem bei der Fehlerausnutzung
-

Herausforderungen

- **Datenbestand** — z.T. sehr hoch
- **ev. notwendige (partielle) Zentralisierung** — zur Reduzierung des Daten-Bestandes beim Client
- **Skalierbarkeit** — durch große Daten-Bestände eingeschränkt
- **Haftung / Datenschutz**
- **Interoperabilität mit anderen Systemen** — derzeit fehlen Standards
- **weitere Anwendungs-Szenarien**
- **Angreifbarkeit des Systems** — verschiedene Angriffs-Szenarien möglich
z.B. 51%-Angriff
- **Ressorcen-Verbrauch** — z.T. beachtlich, um Sicherheit zu gewähren
- **optimale Position im Trilemma (Dezentralisation, Skalierbarkeit,Sicherheit)** — alle drei Parameter des Trilemma lassen sich nicht zusammen maximieren, das geht nur für maximal zwei
- **Kosten-Nutzen-Verhältnis** — ev. sind andere Anwendungen / Technologien günstiger / sinnvoller und universeller

Sicherheit in Blockchain-Systemen

Angriffs-Szenarien auf Blockchain-Technologien

- **Denial-of-Service-Angriff**
  es werden soviele Transaktionen erzeugt, dass das System mit der Block-Berechnung nicht mehr hinterher kommt und dann versagt bzw. manipulierbar wird
  (über Gebühren-Regeln eingeschränkte Gefahr)

- **Flood-Angriff / Spam-Transaktionen**
  Angreifer erzeugen viele Transaktionen auf sich selbst (fluten das System)

- **Sybil-Angriff**
  nach einer psychisch gestörten Roman-Figur benannt
  es wird mit mehreren Identitäten gearbeitet, die falsche / manipulierte Informationen / Transaktionen versenden
  Nachbar-Nutzer werden mit Falsch-Informationen versorgt und erzeugen so Disharmonien im Netzwerk / System

- **Verfolgung der Transaktionen**
  Erforschung der echten Nutzer-Adresse / -Daten
  teilweise Abhilfe z.B. duch TOR-Netzwerk-Technologie
  alternativ auch Mixing Service (Verknüpfung der Blockchaintechnologie mit anderen Internet-Services, um die Blockchain-Aktivitäten zu verschleiern (Gefahr z.B. für Geldwäsche, …)

- **Ausspähen von geheimen Schlüsseln**
  unabhängig von eigentlicher Blockchain-Technologie
  social Hacking
  Gefahr durch Schlüssel-Tresore bzw. Hardware-Wallet's reduziert

- **51%-Angriff**
  ein Miner / Miner-Pool hat über 50% der Block-Berechnungs-Kapazität (Monopol-Bildung), dann ist Manipulation möglich
  sowohl Proof-of-Work und Proof-of-Stake sind über 51%-Angriff manipulierbar

- **Probleme / Fehler / Lücken in den verwendeten Technologien**
  Fehler in Netzwerk-Protokollen / Programmen / …
  (vor allem proprietärer Software / Umsetzung / …)

Beispiele für geplante / realisierte Blockchain-Systeme

- **Bitcoin**
- **Ethereum**
- **IOTA** — für den IoT-Bereich
- **Ledger-Systeme** — elektronische Kontobuch-Führung; DLT
- **eGoverment**
- **Wahl-Systeme** — elektronische Stimmabgabe
- **Produkt-Traking**
- **Audit-System**
- **elektronische Gesundheitsakte** — Vorteil: nicht die erfassten Daten müssen gelöscht werden, es reicht das Löschen des privaten Schlüssels
- **Militär(-Geheimnisse)** — Waffen-Entwicklung
Aktivierung / Auslösung von Waffensystemen
Befehls-Ketten
-
-

4.x.y. Krypto-Zahlungssysteme

erste Anwendung für Blockchain-Technologie

voll-elektronisch
ohne zentrale Instanz / Administration
kryptographischer Beweis statt Vertrauen ("Geschäftsbasis")

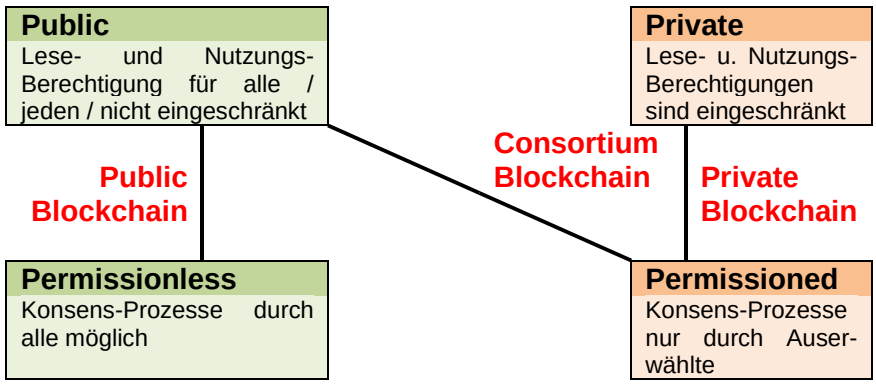
4.x.y.0. Grundlagen

klassische Blockchain-Systeme
kaum Anpassungen notwendig

zusätzliche App's / Web-Plattformen, um Nutzer anspechen zu können

Blockchain-Typen

- **Public Blockchain** — alles öffentlich
  jeder darf das System nutzen, Miner sein (realisiert Konsens-Prozess),
  für Kommunikation von Firmen u. / od. Kunden, die sich selbst nicht kennen (wollen) und somit auch noch kein Vertrauens-Verhältnis existiert
- **Private Blockchain** — eingeschränkte (private) Nutzung / Anwendung
  nur bestimmte Nutzer dürfen das System nutzen
  nur bestimmte Nutzer / ??? machen Konsens-Prozesse
  z.B. für Firmen-interne Kommunikation
- **Consortium Blockchain** — teilweise öffentlich
  jeder darf das System nutzen
  nur bestimmte Nutzer / ??? machen Konsens-Prozesse
  z.B. für Firmen-Kunden-Beziehungen / -Kommunikation



Kriterien für den Einsatz der Blockchain-Technologie

- **(klares) Ziel** — ? Werte und Anwendungsbereich
- **Möglichkeiten und Herforderungen** — ? Transparenz der Blockchain
  ? Berechtigungen zum Fortschreiben der Blockchain
- **Kosten-Nutzen-Verhältnis** — ? Nutzung bestehender Blockchain's
  ? neue Blockchain's
- **Umsetzungs-Möglichkeiten** — ? Ressourcen

Altchain (Alternative (Block-)Chain)
erzeugen einer neuen Blockchain für die eigene Anwendung
bedarf der Realisierung der gesamten notwendigen Bestandteile (Implementierung der Technologien)

Forking
beim Nutzen bestehender Blockchain's wird man mit dem Aufspalten (Forking) der existierenden Blockchain konfrontiert, für die eigene Nutzung wird ein Fork (eine Verzweigung; Nebenkette) aufgemacht
ursprüngliche Anwendung wird mit ihrer eigenen Blockchain (Hauptkette) weitergeführt
beim Verifizieren der Fork's wird an der Gabelstelle ein "Merged Mining" benötigt

Hard Fork
hier werden grundsätzliche Änderungen an der Architektur des Blockchain vorgenommen (z.B. Vergrößerung der Block-Größe, …)
alle Nutzer sind betroffen und müssen mitmachen / zustimmen

Soft Fork
neue Funktionen; hinzugefügte Anwendung
hierbei sind nur die Nutzer des Fork's (Blockchain-Zweiges) betroffen
Miner und Fork-Nutzer müssen sich auf den neuen Fork einstellen und ev. neu agieren

Colored Coins
verwaltete Werte in der Blockchain werden durch zusätzliche Meta-Daten erweitert
den Daten (Werte) wird ein Typ zugeordnet → als Farbe betrachtet
die unterschiedlichen Datentypen werden werden dann aber gemeinsam in der Blockchain verwaltet
für die Miner sind die Blöcke neutral, die Miner interessiert nicht der Inhalt der Daten, sondern sie realisieren nur die Sicherheit und Konformität / Validität der Kette
die Anwender von speziellen Colored Coins (Daten-Typen) müssen mit ihren Anwendungen (App's) die für sie betreffenenden Transaktionen aus der Kette filtern können
die anderen Transaktionen (anderer Colored Coins) sind für sie nicht zugänglich

Colored Coin = Bestehender_Wert + Metadaten

Nutzer wissen, um welche Werte / … es sich handelt
Miner und Minter können mit den Farben / internen Daten nichts anfangen; sie sind praktisch für sie (semantisch) unlesbar

Sidechain
Übertragung von Werten / Transaktionen in andere Ketten
in der Blockchain werden die Daten anderer Ketten erkannt und geprüft
Erhöhung der Interoperabilität (zwischen Blockchains)
Vernetzung der (speziellen) Blockchain mit anderen Blockchains
z.B. Kauf von Grundstücken (Liegenschaften-Blockchain) mit Bitcoin (Bitcoin-Blockchain)

Pegged Sidechain
Austausch der Werte / Transaktionen ist zwischen beiden Ketten hin und her möglich

4.x.y.1. Anwendungs-Beispiele zur Blockchain-Technologie

Smart Contracts ()
oft schon als Blockchain 2.0 bezeichnet
es wird mit Cored Coins gearbeitet (z.B. Handel mit Grundstücken / Immobilien)
kein Fork
zusätzliche Ebene / Erweiterung der bestehenden Blockchain-Technologien
??? zwei Zustände: ausgegeben / nicht ausgegeben (z.B. bei Krypto-Wärungen) ???
kleine Mengen von Metadaten
neue Transaktionen erforden es immer, die gesamte Blockchain (der betreffenden Colored Coins) zu prüfen
Fork oder ganze Kette muss geprüft werden

autonomer Agent
unabhängiges Programm (dezentrale App → DApp)

- Programmierung erfolgt in beliebiger Programmiersprache)
- wird in interner Byte-Code-Sprache an alle Nutzer verteilt
- dieser Byte-Code kann von Nutzern dann ausgeführt / genutzt werden)
- Verwendung einer Runtiem-Umgebung bzw. einer virtuellen Maschine zum Ablaufen des Byte-Codes's

besitzt eigene Blockchain-Adresse / Nutzer-Adresse
wird durch Transaktion "aktiviert"; vom Nutzer angesprochen / ausgelöst

Realisierung über Ethereum-System
ab 2014
praktisch Werkzeug-System zum Benutzen der Blockchain-Technologie
Werte-Basis ist die Krypto-Währung Ether

mit Token (Koffer / Kiste)
Token enthält (Werte, Informatioen (Daten), Bedingungen / Regeln)

Miner behandeln die Smart Contracts als ihre Daten-Basis; verifizieren diese und bestätigen Echtheit durch Mining (kryptographische Methoden)
Transaktionsliste ist von den Zuständen abgetrennt
Nutzer verfügen (nur) über den letzten Zustand (State, System-Status) des Smart Contract (bei Bitcoin anders, hier muss erst die gesamte Kette verifizeirt werden / ein neuer Block gebildet werden, damit allen Nutzern im System der gültige Zustand übermittelt werden kann)
Zustände und Transaktionen haben eigene MERKLE-Bäume (bei Ethereum heisst dies Merkel Patricia Tree)
es gibt Smart Contracts, die niemals ablaufen / ungültig werden (→ DAO's)
DAO = dezentrale autonome Organisation

Oracle's
Blockchain-Konzept, das Ereignisse / Sachverahlte aus der Realwelt verifiziert und als Smart Contract's beeitstellt
eine Art dgitaler Agent
quasi Schnittstelle zwischen Außenwelt (Nutzer; auch Sensoren und Aktoren) und des Eigenlebens der Blockchain
Verbindung zwischen IoV und IoT
verschiedene Arten von Oracle's möglich:

Oracle-Arten

- **Hardware Oracles** — direkter Zugriff auf Sensoren (RFID, Mess-Fühler, …)
- **Software Oracles** — online verfügbare Daten (Flugdaten, Verspätungen, Wetterdaten)
- **Inbound Oracles** — z.B. Kauf- / Verkauf-Order in Abhängigkeit vom einem bestimmten (Börsen- / Handels-)Kurs oder Preis
  beziehen sich auf eingehende Informationen / Daten als Kriterium
- **Outbound Oracles** — Steuerung von Außenwelt-Elementen (Schlösser, Geräte, …) in Abhängigkeit von bestätigten Transaktionen, …
- **Consenses Based Oracles** — Kombination von mehreren Arten von Oracle's
  es wird ein Konsens erarbeitet (z.B. es müssen drei von fünf Oracle's zutreffen / bestätigen, um eine Transaktion / … auszuführen

Digital value exchange	Smart right and obligation	Basic smart contract	Multiparty smart contract	Distributed autonomous bussiness unit	Distributed autonomous organisation	Distributed autonomous government	Distributed autonomous society
digitaler Werte-Handel				dezentrale, autonome Firmen	dezentrale, autonome Organisationen	dezentrale, autonome Verwaltung	dezentrale, autonome Gesellschaft / Gemeinschaft
Versand von Bitcoins zwischen Nutzern	Nutzer kauft digitalen Inhalt (als Stream)					Verwaltung-Angelegenheiten in einer Regierungs-Einheit	alle Beziehungen z.B. innerhalb einer Stadt oder eines Staates

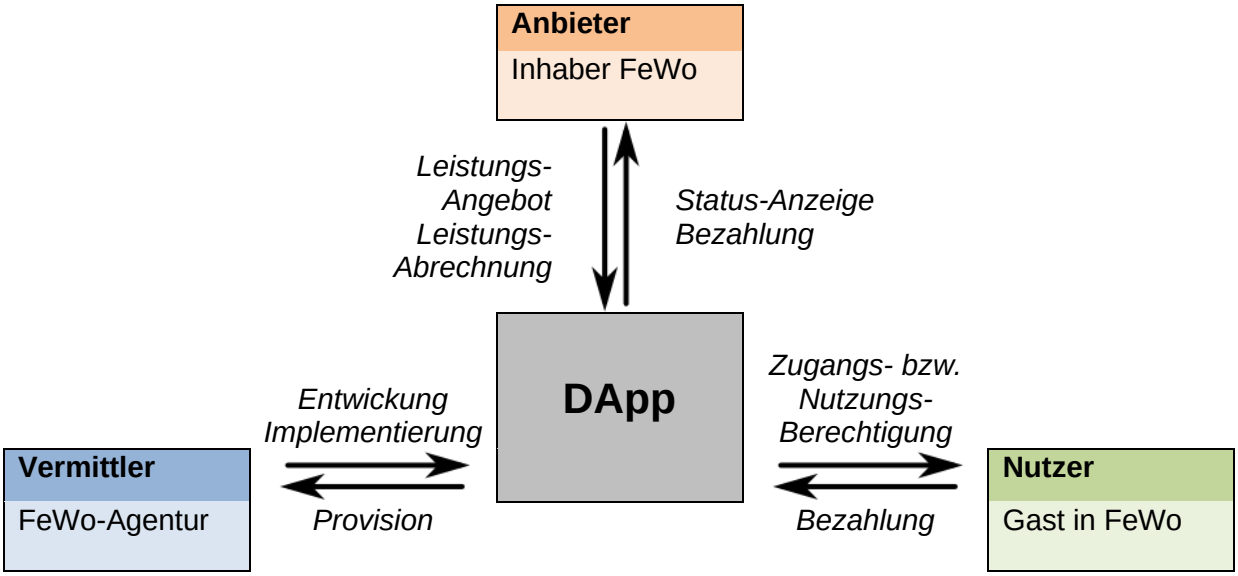


Komplezität

nach Q: blockchainhub.net

(c,p) 2015 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Anwendungs-Beispiel (Idee): Ferienwohnungs-Vermittlung



(potentielle) Anwendungsbereiche für die Blockchain-Technologie

- **Medizin**
- **Identitäts-Management**
- **Cloud-Computing**
- **Internet of Things (IoT)**
- **Energie-Versorgung**
  Energie-Management
- **Buchungen / Vermietungen**
- **Finanzwesen**
- **Logistik**
- **Immobilien-Handel**
  Immobilien-Management
- **soziale Netzwerke**
  → steemit
  → .publicism
  Leistungs-Abrechnung / -Bewertung von Post's / publizistischen Artikeln / …
- **Lieferketten / Herkunftsnach-weise**
  → CLEAR Karma
  Nachweise für die Herkunft von Zutaten in Lebens-mitteln
-

Startup-Projekte

- Storj
- Modum.io
- Slock.it
- Consensys
- Blockstack
-

Firmen, die Blockchain-Projekte nutzen:

- RWE
- SAP
- Foxconn
- Porsche
- IBM
- Microsoft
- Samsung
- Intel
- Siemens
-

Konsortien, die auf Blockchain-Technologie basieren:

- Hyperledger
- R3
- Enterprise Ethereum Alliance
- BCCC
- Chain of Things
-

derzeitige stategische Zielrichtungen:

- Protokollierungen (von Aktivitäten, Transaktionen, Ereignissen, …)
- verteilte Datenbanken (sichere Daten-Speicherung und –Manipulation)
- State Machine (→ endliche Automaten)

Typen von Blockchain-Systemen

- öffentlich (public) oder privat (private)
- Produkt, Service oder Plattform (Blockchain as a Platform (BaaP); Blockchain as a Service (BaaS))
- Startup's / Kooperationen
- Blockchain als Produkt
-

internationale Blockchain-Projekte:

- Australien (allgemein)
- Estland (Verwaltung / Protokollierung)
- Schweden (Liegenschafts-Verwaltung)
- Niederland (Modell-Stadt:)
-

weitere "sinnvolle" Mining-Anwendungen von Blockchain-Technologien

- **BOINC** lösen von wissenschaftlichen Aufgaben meist internationaler Projekte (verteiltes Rechnen)
  auch als Bildschrimschoner (sehr schönes Mitmachprojekt für Jederman)
  - SETI (Suche nach extraterrestrischen Funksignalen)
  - Einstein (Suche nach Gravitationswellen)
  - Rosetta (Faltung von Proteinen)
  - …
-
-

4.x.y.2. Blockchain-Hauptanwendung: Finanzwesen und Krypto-Währungen

2008 von Satoshi NAKAMOTO entwickelt und 2009 als OpenSource-Software veröffentlicht.
die Person Satoshi NAKAMOTO ist wahrscheinlich ein Pseudonym für eine Entwickler-Gruppe.

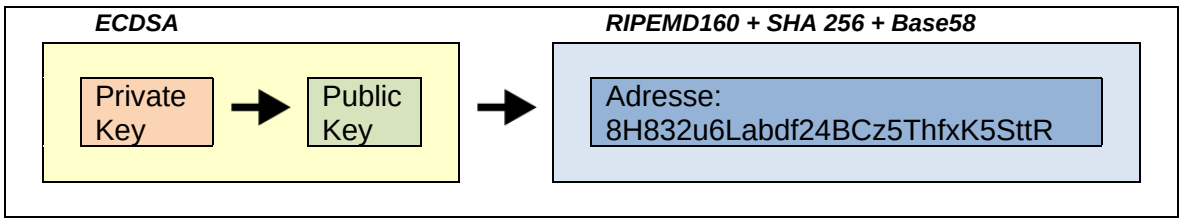
4.x.y.2.0. "normale" Bankgeschäfte (ohne Blockchain)

normaler Zahlungs-Verkehr immer über zentralen Partner (die Bank)
ihr vertrauen Auftraggeber und Empfänger einer Zahlung / Transaktion
??? Vertrauen (Abhören / Datensammlung / -spuren)
entspricht eher der Client-Server-Architektur (gesamt Intelligenz / Leistung) liegt auf Server (hier: die Bank)

4.x.y.2.1. Bankgeschäfte mit Blockchain

Vertrauen wird in der Bitchain-Technologie dadurch erzeugt, dass alle anderen Zeugen von Transaktionen sind / werden

Generierung der Nutzer-Adresse



Private Key ist eine sehr große Zufallszahl; aus dieser wird der private Schlüssel abgeleitet / berechnet

jeder Nutzer erhält DNS-Namen (genannt: seeds), mit Hilfe dessen sich die Nutzer ansprechen können (TCP/IP-Adressen der Nutzer)
seeds.bitcoinstats.com

hardware wallet zur Nutzung des Wallet

Definition(en): Bitcoin
Bitcoin (BTC) ist ein Krypto-Währungssystem, dass auf de Basis der Blockchain-Technologie basiert.

eine Beteiligung im Bitcoin-System ist nur möglich, wenn man über eine Bitcoin-Geldbörse (Wallet) verfügt; Nutzer beteiligen sich über ein Pseudonym am System
das sind Programme / Apps
Wallet kann man auch als Anwender-Programm betrachten
beinhaltet "Kontonummer" (Bitcoin-Adresse) und "Kontostand"

kryptographisches Schlüssel-Paar wird für die Anwendung unbedingt gebraucht
mit privatem Schlüssel werden die Transaktionen erstellt und versendet → Verschlüsseln

mit dem öffentlichen Schlüssel wird die Nutzer-Adresse (Bicoin-Adresse, "Kontonummer") erstellt → Signieren und Bestätigung der Signatur

Erzeugen neuer Bitcoins wird über das sogenannte Mining realisiert. konstanter Zufluss neuer Bitcoin's

festgelegte Obergrenze sind 21 Mio BTC, die voraussichtlich 2032 zu 99% erreicht werden
Obergrenze dient der Verhinderung einer (unendlichen / steigenden) Inflation

Herausforderungen

- **Datenbestand**
  derzeit (2018) rund 170 Gbyte
  rud 12'000 Nutzer / Knoten
- **ev. notwendige (partielle) Zentralisierung**
  zur Reduzierung des Datenbestandes beim Client
- **Skalierbarkeit**
  bedingt durch unterschiedliche Leistungs-Parameter bei den Nutzer-Geräten (SmartPhone's, PC's, Server-Farmen, …) werden unterschiedliche Nutzerklassen eingeführt:
  - Lightweight nodes und Full nodes

  unterschiedliche Datenbestände (in einfachen Versionen nur noch Header im Datenbestand → nur noch eigene Transaktionen im Datenbestand
  Vertrauen bezieht sich nur noch auf die selbstbezüglichen Transaktionen
  Trennung von Kleinstzahlung vom "großen" Handel
- **Haftung / Datenschutz**
- **Interoperabilität mit anderen Systemen**
  derzeit fehlen Standards

- **Angreifbarkeit des Systems** — verschiedene Angriffs-Szenarien möglich
- **Energie-Verbrauch** — Bitcoin-System verbraucht pro Jahr 11,2 TWh (1 Atomkraftwerk)
  je Transaktion wird soviel Strom verbraucht, wie 4 Industriestaaten-Haushalte pro Tag
  (Visa-System benötigt 1/10'000 der Energie-Menge)

Krypto-Währungen

- **Litecoin**
- **Ethereum (Ether)**
- **XRM von Monero**
- **XRM von Ripple**
- **DASH**
- **Gridcoin**
-

Anwendung in Börsen
derzeit NASDAQ (USA) und ASX (Australien)
Clearing von Transaktionen

Banken, die Blockchain-Technologie einsetzen:

- Deutsche Bank
- Santander
- Barclays
- UBS
-

Einsatz auf verschiedenen Bereichen, außer Transaktionen auch Interaktion mit Kunden und anderen Finanz-Dienstleistern

Nutzung auch beim Crowdfunding (Geld-Sammlung für Projekte)

eingesetzte Technologien (der Blockchain-Technologie) im Bereich Finanzwesen

- **(klassische) Blockchain** — z.B. Krypto-Währungen
- **Colored Coins**
- **Smart Contracts** — State Machine's (Entscheidungs-Automaten)
- **Oracles**
-

Konsortien, die Blockchain-Technologie benutzen bzw. auf diese basieren

- **BCCC** — Japan, über 100 Mitglieder
- **r3** — über 70 Mitglieder
- **Enterprise Ethereum Alliance** — über 500 Mitglieder
- **Microsoft + ITRI + AMIS**

Hauptanliegen / Arbeitsbereiche der Konsortien:

- Schaffung von Standards
- Bereitstellung von Plattformen
- Bereitstellung von Anwendungen (z.B. Finanzwesen)

4.x.y.3. Anwendung: Cloud's und Cloud-Computing

verteilte Datenbanken

Cloud-Speicher-Projekte

- Store??? (OpenSource; verteilte Cloud-Speicher) arbeitet mit "Farmer"n, die die verschlüsselten Daten speichern und dafür (mit eigener Krypto-Währung) entlohnt werden
-

Cloud-Computing

- ORACLE Cloud
- amazon web services
- Microsoft Azure
- IBM
-

4.x.y.4. Anwendung: Internet of Things (IoT)

derzeit sehr unterschiedliche Cloud-Infrastrukturen
noch aktuelles Problem der Nutzung von IPv4 als Netzwerk-Adressen, was (wegen Adress-Mangel) mit einer indirekten Kommunikation verbunden ist
mit der Umstellung / vollständigen Nutzung von IPv6 ist eine direkte Anbindung von Sensoren und Aktoren an die Steuer-Strukturen möglich
Blockchain-Technologie für sichere, protokollierte und strukturierte Kommunikation eingesetzt
derzeitige Standard eingeschränkt; Interaktion zwischen den Standard eingeschränkt; hier Einsatz von Blockchain-Technologie, um die Daten zwischen den Systen sicher austauschen zu können
Suche nach übergreifenden / allgemeinem Standard für IoT
Technik soll / muss sicher, robust, protokollierbar und skalierbar sein

Herausforderungen:

- Rechenleistung (beschränkt / gering)
- Speicherkapazität (beschränkt / gering)
- geringe Akku-Leistung / Energie-Verbrauch
- Skalierbarkeit
- Transparenz
- Sicherheit
- Kombination / Koppelbarkeit von Standard's

Möglichkeiten / Potential:

- Kosten-Ersparnis
- Ausfall-Sicherheit
- Daten-Integrität

Anwendungs-Beispiel: Slock.it
arbeitet mit Ethereum-Technologie
deutsches Startup
Einbindung auch in SmartHome-Systeme
Steuerung über Handy-App

Anwendungs-Beispiel: FILAMENT
Industrie-Bereich
Verfolgung von Bauteilen und Produkten vom Hersteller bis zum Nutzer
setzt auf Bitcoin-System
setzt auf:

- Security (Sicherheit)
- Privacy (Privatheit /)
- Autonomy (Eigenständigkeit)
- Decentralization (Dezentralisation)
- Exchange (Handel)

chain of things
deutsches IoT-Konsortium (mit Handlungsbereich Blockchain-Technologie)
Ziel-Bereiche /Focus-Beeiche:

- Chain of Security (für sichere IoT-Anwendungen)
- Chain of Solar (für Solar- und Energie-Bereich (z.B. ElectriCChain Solar Project))
- Chain of Shipping (für Bereich Handel, Schifffahrt und Transport)

weitere Anwender / Nutzer / Global-Player / ...:

- Ambisafe
- bitse
- Chronicled
- Consensys
- Distributed
- Hashed
- Ledger
- skuchain
-

4.x.y.4. Anwendungs-Bereich: Energie-Sektor

Übergang zu regenerativen Energie-Trägern / -Quellen
Probleme
viele Produzenten, kleine Produktions-Mengen; wenig planbar, geringe Stabilität während der Einspeisung, …
? Abrechnung; stabile Strom-Versorgung

Slock.it in Zusammenarbeit mit RWE
Energie-Versorgung von / an Auto-Akku-Ladestationen (Electric Vehicle Charging)

Chain of Solar
Erfassung von Produktion und Verbrauch von verschiedenen Nutzern → genauere Planung und Abrechnungen
Forschungs-Projekt
Hersteller, Kunden / Nutzer, Forschung

LO3ENERGY
Lokale (New York, Brooklyn) Produktion von Solarstrom auf dem Dach, Energie-Speicherung in Akku's, Eigen-Verbrauch und Bereitstellung der Überschüsse für Nachbarn (Brooklyn Microgrid Project)
(Transacting Local Energy with Neighbors)

4.x.y.5. Anwendungs-Bereich: Logistik

Logistik ist geprägt von komplexen Netz aus:

- Produzenten
- Vertrieb
- Händlern
- Beschaffern
- Lageristen
- Verkäufern
- Nutzern

(Spplier, Producer, Distributor, 3PL, Retailer, Store, Customer)

hohe Dezentralität und unterschiedlich skalierte Leistungs-Träger und -Nutzer

Lieferketten (Nachvollziehbarkeit von Ursprüngen)
Herkunfts-Nachweise / Originaltät
viele Daten in unterschiedlichen Formaten und Währungen / Abrechnungs-Einheiten
Teilnehmer haben sehr unterschiedliche Berechtigungen Daten in der Kette zu verändern / neu hinzuzufügen oder zu löschen

Supply Chain Management (Lieferketten-Management)
unklare Vertrauens-Verhältnisse werden über Blockchain-Techniken stabilisiert
Bezahlung und Protokollierung
Ausfallsicherheit

Einbeziehung von Smart Contracts und Oracle's als Basis-Technologie

Einbindung von IoT (z.B. RFID od. Sensoren, …, künstliche DNA)
Einhaltungs von Transport-Bedingungen; Herkunfts-Nachweis

modum
Handel und Transport von Medikamenten, Einbindung von IoT in die Lieferkette

IBM und Maersk
Lösung für Schifffahrts- und Logistik-Industrie

Foxconn und Dianrong
Blockchain-basierte Lieferketten-Finanz-Plattform
derzeit in Bereichen Automobil-, Elektronik- und Bekleidungs-Industrie
Verbesserung der Einfachheit, Transparenz und Überschaubarkeit von Transaktionen (Zahlungen und Warenbewegungen)
Verbesserung der Authentifizierung der (wechselnden) Partner
insgesamt Kosten-Ersparnis anvisiert

4.x.y.6. Anwendungs-Bereich: Identitäts-Management

Problem bei der Identität / Identitäts-Prüfung / Account-Management
im Internet
für jeden Web-Dienst / … eigene Identität notwendig

wenige Konsortien bieten Identitäts-Übernahmen (google, facebook, twitter, Xing, Linkin, …) an
Datenschutz aber unklar

ZOOKOS Dreieck:
Trilemma, da in (einem) Netzwerken gleichzeitig nur zwei von eigentlich drei angestrebten Eigenschaften erfüllt / optimiert sein können:

- Dezentralität (Verzicht auf eine vertrauens-würdige, zentrale Instanz)
- Sicherheit / Authentizität ((garantierte) kryptographische Sicherheit mit nur einem Schlüsselpaar)
- Aussagekräftigkeit (für Menschen lesbare Namen (und nicht automatisch generierte Zeichenfolgen)

durch Blockchain soll es möglich sein alle drei Eigenschaften (optimal) zu realiseren
Nutzer gibt den Datenbereich frei, der für seinen Service-Anbieter notwendig ist (beim Arzt → Gesundheits-Daten, …) → Self Sovereign Identity

Nutzer stellt (über seinen User Agent) Behauptungen im System auf (Ersteller)
das können z.B. die Adresse, Ausweise, Führerschein und die Bank-Verbindung sein
andere Nutzer des Systems bestätigen nun die Behauptungen (Verifizierer: Bank-Verbindung wird über die Bank verifiziert usw. usf.)
Daten-Speicherung in Blockchain (Behauptungs-Register, ID-Register)

FRAUNHOFER-Projekt: Volksverschlüsselung.de
in Zusammenarbeit mit Telekom
https://volksverschluesselung.sit.fraunhofer.de/

Blockstack
Vorreiter; erster Anwender / Anbieter
→ https://blockstack.org
Bereitstellung von: Identity, Storage, Tokens
DNS-Daten
plant Blockchain-Internet

in der Blockchain werden nur Änderungen verarbeitet → Blockchain Layer
Virtualchain Layer → eigentliche System-Intelligenz (Erzeugung von Hash-Werten und Verknüpfung der verschiedenen Daten-Bereiche)
Blockchain- und Vitualchain-Layer gehören zur Steuerungs-Ebene
Routing- und Storage-Layer bilden Daten-Ebene
Routing Layer (Verteilung der Daten)
Storage Layer sind dann die Anwendungen / Dienste im System (Cloud-Speicher des Systems)
z.B. amazonS3, DropBox, Microsoft Azure, Personal Drive, BitTorrent, …

Bezahlung / Verrechnung über Krypto-Währungen

Anmeldung / Nutzung des Systems: (erzeugen einer Blockstack ID)

→ https://blockstack.org/install
auch Beteiligung als Full Node möglich

uport

sovrin (identity for all)

Jolocom (Linking outside the box)
deutsch

Blockchain Helix
deutsch

4.x.y. Blockchain selber programmieren

Links:
https://tools4noobs.com (Prüfziffern / Hash)
https://andersbrownworth.com/blockchain/ (Visualisierung Blockchain)

4.x.y.0. Grundlagen / Ausgangspunkt

einfache Liste von Transaktionen

4.x.y.1. einfache Transaktions-Historie

verkette Liste

4.x.y.2. Manipulations-Möglichkeiten der Transaktions-Historie

Angriff auf letzte Transaktion
Fälschung von Ziel und Betrag

Angriff auf Historie
Fäschung von Ziel und Betrag

4.x.y.3. Absicherung der Transaktions-Historie

Prüfsummen

Hash-Werte

work of prof

work of

4.x.y.4. ein Blockchain-System a'la Bitchoin

4.x.y.4.1. ein Blockchain-System a'la Bitchoin in Python

funktionierende Implementierung von Ivo STILLER
Q: Weiterbild IQSH "" 22.03.2022

start.py (Haupt-Programm)

```
import Block
import BlockChain

B = BlockChain.BlockChain()
B1 = Block.Block()

B1.addCoinBase("Soeren",10)
B1.addCoinBase("Laura",5)
B1.addCoinBase("Cedric",7)
B1.addToken("Soeren", 2, "Ivo")
B1.addToken("Soeren", 4, "Laura")
B1.addToken("Cedric", 7, "Stefan")

B.addBlock(B1)

B2 = Block.Block()
B2.setBlocknummer(2)
B2.addCoinBase("Daniel",20)
B2.addToken("Daniel", 20, "Finia")
B2.addToken("Soeren", 2, "Finia")

B.addBlock(B2)

B.giveChain()
B.verifyChain()
```

Block.py (Klasse: Block)

```
import Coinbase
import Token
import hashlib

class Block :
    def __init__(self) :
        self.blockNummer = 0
        self.nonce = 0
        self.inhalt = ""
        self.hash = ""
        self.prev = ""
        self.nextBlock = None
        self.coinBases = []
        self.Tokens = []

    def  getCoinbases(self) :
        return self.coinBases

    def addCoinBase(self, r, v) :
        self.coinBases.append(Coinbase.CoinBase(r,v))
```

```
    def addCoinBase(self, r, v) :
        self.coinBases.append(Coinbase.CoinBase(r,v))

    def  getTokens(self) :
        return self.Tokens

    def addToken(self, s, v, r) :
        self.Tokens.append(Token.Token(s, v, r))

    def  getNextBlock(self) :
        return self.nextBlock
    def setNextBlock(self, nextBlock) :
        self.nextBlock = nextBlock

    def  getPrev(self) :
        return self.prev
    def setPrev(self, prev) :
        self.prev = prev

    def  getBlocknummer(self) :
        return self.blockNummer
    def  getNonce(self) :
        return self.nonce

    def  getHash(self) :
        self.hash = self.SHA256(str(self.getBlocknummer() +
self.getNonce()) + self.getInhalt() + self.getPrev())
        return self.hash

    def  getInhalt(self) :
        coinbase = "";
        for c in self.coinBases :
            coinbase = coinbase + c.toString()

        token = "";
        for t in self.Tokens :
            token = token + t.toString()

        inhalt = coinbase + token
        return inhalt;

    def setBlocknummer(self, blockNummer) :
        self.blockNummer = blockNummer

    def setNonce(self, nonce) :
        self.nonce = nonce

    def  SHA256(self, text) :
        return hashlib.sha256(text.encode("utf-
8")).hexdigest()

    def MineBlock(self) :
        self.nonce = -1
        while (not self.hash.startswith("0000")) :
            self.nonce = self.nonce + 1
            t = str(self.getBlocknummer() +
self.getNonce()) + self.getInhalt() + self.getPrev()
            self.hash = self.SHA256(t)
```

Coinbase.py (Klasse: CoinBase ())

```
class CoinBase :

    def __init__(self, r,  v) :
        self.Recipient = r

```

```
        self.Value = v

    def  getRecipient(self) :
        return self.Recipient
    def setRecipient(self, Recipient) :
        self.Recipient = Recipient

    def  getValue(self) :
        return self.Value
    def setValue(self, Value) :
        self.Value = Value

    def  toString(self) :
        return self.Recipient + " ; " + str(self.Value) + "
; "
```

BlockChain.py (Klasse BlockChain (Blockkette))

```
import Coinbase
import Token
import Block

class BlockChain :
    firstBlock = None

    def addBlock(self, B) :
        if(self.firstBlock is None) :
            B.setBlocknummer(1)
            B.setPrev("0")
            B.MineBlock()
            self.firstBlock = B
        else:
            Iterator = self.firstBlock
            while(not Iterator.getNextBlock() is None) :
                Iterator = Iterator.getNextBlock()

            B.setBlocknummer(Iterator.getBlocknummer()+1)
            B.setPrev(Iterator.getHash())
            B.MineBlock()
            Iterator.setNextBlock(B)

    def giveChain(self) :
        Iterator = self.firstBlock
        while(not Iterator is None) :
            print("Block " +
str(Iterator.getBlocknummer()))
            print("Inhalt: " + Iterator.getInhalt())
            print("Hash: " + Iterator.getHash())
            print("Nonce: " + str(Iterator.getNonce()) +
"\n")
            Iterator = Iterator.getNextBlock();

    def verifyChain(self) :
        Iterator = self.firstBlock
        while(not Iterator is None) :
            if(Iterator.getHash().startswith("0000")) :
                Iterator = Iterator.getNextBlock();

            else:
                print("Chain invalid at Block " +
str(Iterator.getBlocknummer()) + "!!!")
                return
        print("Chain valid!")
```

Token.py (Klasse: Token (Knoten, Eintrag))

```
class Token :

    def __init__(self, s,  v,  r) :
        self.Sender = s
        self.Value = v
        self.Recipient = r

    def  getRecipient(self) :
        return self.Recipient
    def setRecipient(self, Recipient) :
        self.Recipient = Recipient

    def  getValue(self) :
        return self.Value
    def setValue(self, Value) :
        self.Value = Value

    def  getSender(self) :
        return self.Sender
    def setSender(self, Sender) :
        self.Sender = Sender

    def  toString(self) :
        return self.Sender + " ; " + str(self.Value) + " ;
" + self.Recipient + " ; "
```

4.x.y.4.2. ein Blockchain-System a'la Bitchoin in JAVA

funktionierende Implementierung von Ivo STILLER
Q: online-Weiterbildung IQSH "" 22.03.2022

Start.java (Haupt-Programm)

```
package Java;

import java.security.NoSuchAlgorithmException;

public class Start {

    public static void main(String[] args) throws NoSuchAl-
gorithmException {

        BlockChain B = new BlockChain();

        Block B1 = new Block();
        B1.addCoinBase("Soeren",10);
        B1.addCoinBase("Laura",5);
        B1.addCoinBase("Cedric",7);
        B1.addToken("Soeren", 2, "Ivo");
        B1.addToken("Soeren", 4, "Laura");
        B1.addToken("Cedric", 7, "Stefan");
        B.addBlock(B1);

        Block B2 = new Block();
        B2.addCoinBase("Daniel",20);
        B2.addToken("Daniel", 20, "Finia");
        B2.addToken("Soeren", 2, "Finia");
        B.addBlock(B2);

        B.giveChain();
```

```
        B.verifyChain();


    }

}
```

Block.java (Klasse: Block)

```
package Java;
import java.nio.charset.StandardCharsets;
import java.security.MessageDigest;
import java.security.NoSuchAlgorithmException;
import java.util.ArrayList;

public class Block {
    private long blockNummer = 0;
    private long nonce = 0;
    private String inhalt = "";
    private String hash = "";
    private String prev = null;
    private Block nextBlock = null;
    private ArrayList<CoinBase> CB = new ArrayList<>();
    private ArrayList<Token> T = new ArrayList<>();

    public Block(){}

    public ArrayList<CoinBase> getCoinbases() {
        return CB;
    }

    public void addCoinBase(String r, double v) {
        CB.add(new CoinBase(r, v));
    }

    public ArrayList<Token> getTokens() {
        return T;
    }

    public void addToken(String s, double v, String r) {
        T.add(new Token(s, v, r));
    }

    public Block getNextBlock() {
        return nextBlock;
    }

    public void setNextBlock(Block nextBlock) {
        this.nextBlock = nextBlock;
    }

    public String getPrev() {
        return prev;
    }

    public void setPrev(String prev) {
        this.prev = prev;
    }

    public long getBlocknummer() {
        return blockNummer;
    }

    public long getNonce() {
        return nonce;
    }
```

```
    public String getHash() throws NoSuchAlgorithmException
{
        hash = SHA256(getBlocknummer() + getNonce() + ge-
tInhalt() + getPrev());
        return hash;
    }

    public String getInhalt() {
        String coinbase = "";
        for (CoinBase c : CB) {
            coinbase = coinbase + c.toString();
        }
        String token = "";
        for (Token t : T) {
            token = token + t.toString();
        }
        inhalt = coinbase + token;
        return inhalt;
    }

    public void setBlocknummer(long blockNummer) {
        this.blockNummer = blockNummer;
    }

    public void setNonce(long nonce) {
        this.nonce = nonce;
    }

    public String SHA256(String text) throws NoSuchAlgo-
rithmException {
        MessageDigest digest = MessageDi-
gest.getInstance("SHA-256");
        byte[] bytes = di-
gest.digest(text.getBytes(StandardCharsets.UTF_8));
        StringBuffer result = new StringBuffer();
        for (byte byt : bytes) {
            result.append(Integer.toString((byt & 0xff) +
0x100, 16).substring(1));
        }
        return result.toString();
    }

    public void MineBlock() throws NoSuchAlgorithmException
{
        nonce = -1;
        while (!hash.startsWith("0000")) {
            nonce = nonce + 1;
            String t = getBlocknummer() + getNonce() + ge-
tInhalt() + getPrev();
            hash = SHA256(t);

        }
    }
}
```

CoinBase.java (Klasse: CoinBase)

```
1  package Java;
2
3  public class CoinBase {
4      private String Recipient = "";
5      private double Value = 0;

       public CoinBase(String r, double v){
           Recipient = r;
           Value = v;
```

```
    }

    public String getRecipient() {
        return Recipient;
    }

    public void setRecipient(String Recipient) {
        this.Recipient = Recipient;
    }

    public double getValue() {
        return Value;
    }

    public void setValue(double Value) {
        this.Value = Value;
    }

    public String toString(){
        return Recipient + " ; " + Value + " ; ";
    }
}
```

BlockChain.java (Klasse: BlockChain)

```
1  package Java;
2
3  import java.security.NoSuchAlgorithmException;
4
5  public class BlockChain {
       private Block firstBlock = null;
       public void addBlock(Block B) throws NoSuchAlgorith-
   mException{
           if(firstBlock == null){
               B.setBlocknummer(1);
               B.setPrev("0");
               B.MineBlock();
               firstBlock = B;
           }
           else
           {
               Block Iterator = firstBlock;
               while(Iterator.getNextBlock()!=null)
                   {
                       Iterator = Iterator.getNextBlock();
                   }

               B.setBlocknummer(Iterator.getBlocknummer()+1);
               B.setPrev(Iterator.getHash());
               B.MineBlock();
               Iterator.setNextBlock(B);
           }
       }
       public void giveChain() throws NoSuchAlgorithmExcepti-
   on{

           Block Iterator = firstBlock;
           while(Iterator != null){
               System.out.println("Block " + Itera-
   tor.getBlocknummer());
               System.out.println("Inhalt: " + Itera-
   tor.getInhalt());
               System.out.println("Hash: " + Itera-
   tor.getHash());
               System.out.println("Nonce: " + Itera-
   tor.getNonce() + "\n");
```

```
            Iterator = Iterator.getNextBlock();
        }
    }
    public void verifyChain() throws NoSuchAlgorithmExcep-
tion{
        Block Iterator = firstBlock;
        while(Iterator != null){
            if(Iterator.getHash().startsWith("0000")){
                Iterator = Iterator.getNextBlock();
            }
            else{
                System.out.println("Chain invalid at Block
" + Iterator.getBlocknummer() + "!!!");
                return;
            }
        }
        System.out.println("Chain valid!");
    }
}
```

Token.java (Klasse: Token)

```
1  package Java;
2
3  public class Token {
4      private String Recipient = "";
5      private String Sender = "";
       private double Value = 0;

       public Token(String s, double v, String r){
           Sender = s;
           Value = v;
           Recipient = r;
       }

       public String getRecipient() {
           return Recipient;
       }

       public void setRecipient(String Recipient) {
           this.Recipient = Recipient;
       }

       public double getValue() {
           return Value;
       }

       public void setValue(double Value) {
           this.Value = Value;
       }

       public String getSender() {
           return Sender;
       }

       public void setSender(String Sender) {
           this.Sender = Sender;
       }

       public String toString(){
           return Sender + " ; " + Value + " ; " + Recipient +
" ; ";
       }

}
```

5. Datenschutz und Datensicherheit

6. Sicherheit in Datennetzen

Authentifizierung

Vertraulichkeit

Signierung

Signaturen

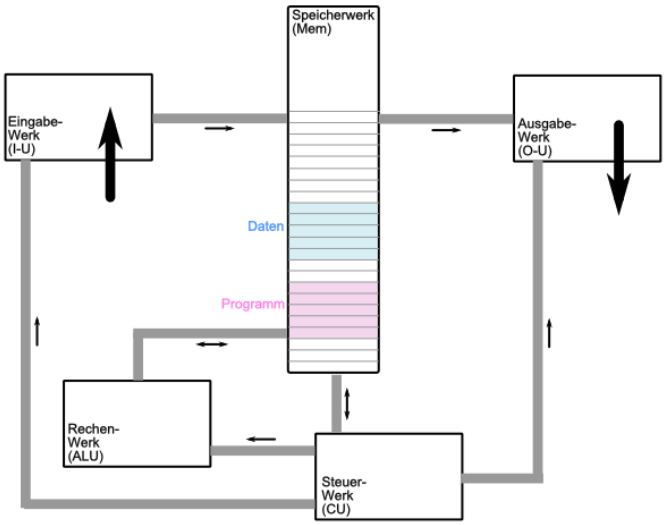
Verschlüsselung / Kryptographie

komplexe Aufgaben (z.B. zur Vorbereitung auf eine Klausur)

1.

2.

3. Nebenstehende Skizze von einem Rechner-Konzept tauchte vor Kurzem auf. Es stammt aus der Zeit VON NEUMANN's. Ist dieses eines der verschollenen neuartigen Rechner-Architekturen nach denen die Geschichte der Informatik schon lange sucht? Beurteilen Sie das Modell!



4.

7. Netzwerk-Virtualisierung

Q: wesentlich basierend auf OpenHPI-Kurs "Netzwerk Virtualisierung" W. BOEDDINGHAUS (04. – 25. September 2019)

Situation vor Virtualisierung

- pro Service eine Hardware (typischerweise ein Server)
- viel Hardware und hohe Kosten für wenig Leistung
  - aufwendige Anschaffung, Wartung, Administration, Betriebskosten, Platz / Räume
  - Geräte und Bestandteile oft sehr speziell (ev. optimiert)
- schlechte Ausnutzung der einzelnen Server (da keine kontinuierliche Benutzung)
- Probleme mit Ersatzteilen / Ausfällen
-

Virtualisierung bringt …:

- hohe Ausnutzung und Auslastung der Server, da viele Service's auf einer Hardware laufen
- weniger Hardware-Bedarf
  - universelle (billigere) Hardware
  - geringere Probleme bei der Beschaffung von Ersatzteilen
- geringe Betriebskosten
-

Netzwerk-Virtualisierung bringt …

- Entkopplung von Hard- und Software
- Entkopplung von Hardware und Diensten
- Datenflüss erfolgt nur noch teilweise auf der Ebene der Verkabelung
  - es gibt jetzt
    - logische Sicht (Datenfluss zwischen Service's)
    - physikalische Sicht (echte Verkabelung usw.)
-

Trennung der Netze in

- **Underlay** echte Verkabelung / physikalische Schicht
  entspricht den traditionellen Netzwerk-Strukturen
  bestimmt die Gesamtstruktur und die Stabilität (Ausfälle, Störungen, Fehler wirken bis zum Overlay durch)
  Basis (Fundament eines Gebäudes)
  - Hardware (Kabel, Netzwerkkarten, Router, Switche, Rechner, ...)

- **Overlay** virtuelle Schicht / logisches Netzwerk
  aufgesetzte Schicht (auf Underlay) mit eigenen Strukturen und Datenflüssen
  Aufbauten (Stockwerke eines Gebäudes)
  - nur virtuelle Geräte (virtRouter, virtSwitche, …)
  - Daten

  kann keine (bzw. nur kleine) Fehler im Underlay überdecken

Probleme sind meist schwieriger zu bearbeiten, da sowohl das Underlay und das Overlay betroffen sind oder sein können
Tunnel im Overlay bringen weitere Probleme, da nun 3 Ebenen zu betrachten sind

7.1. vituelle LAN's - VLAN

relativ alte Technik, häufig genutzt
verwendet bei der Unterteilung der LAN-Infrastruktur
passiert im OSI-Modell auf Layer 2 (Ebene der Switche)

klassisches Ethernet-Paket (Ethernet-Frame)

Ziel-Adresse	Quell-Adresse	Typ / Länge		Daten		Kontrolle

Ethernet-Paket mit VLAN-Tag

Ziel-Adresse	Quell-Adresse	VLAN-Tag	Typ / Länge		Daten		Kontrolle

VLAN-Tag (802.1q)			
Tag Protokoll ID 2 Byte	Nutzer Priorität 3 bit	kononischer Format-Indikator 1 bit	VLAN-ID 12 bit

es gibt eine Stelle in Netzwerk, an der der VLAN-Tag eingefügt (angebracht) wird sowie eine Stelle, wo er wieder entfernt (gelöscht) wird.
Zwischen-Geräte müssen den VLAN-Tag transportieren können (nun ja verlängertes Paket (um 4 Byte))
in Netzwerken muss beachtet werden das die MTU (Maximum Transport Unit) entsprechend angepasst wird
für die Endgeräte bleibt es aber bei den üblichen 1500 Byte pro Ethernet-Paket (plus ev. Header)

für das eigentliche Endgerät (z.B. PC) ist das virtuelle Netzwerk nicht sichtbar (ist ja an das physikalische Netzwerk angeschlossen)

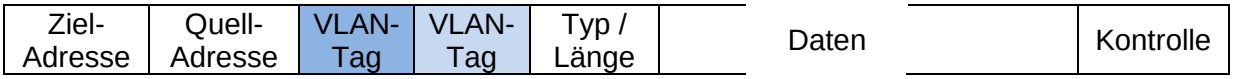
zwischen den Switches von vituellen LAN's befinden sich Trunk's. Über sie laufen die VLAN-Pakete
Trunk ist Begriff aus der CISCO-Welt (ev. Tag-Port's, Tag-Leitung)
die Access-Ports sind dann die Stellen, wo die VLAN-Tag's eingefügt bzw. gelöscht werden

über die Nutzer-Priorität werden Quality of Service und Class of Service festgelegt, um Vorränge zu realisieren
soll in einem normalen Ethernet eine Priorisierung erfolgen, dann muss der Weg über VLAN-Tag's gemacht werden. Das normale Ethernet auf Layer 2 lässt keine Priorisierung zu!.

kanonischer Format-Indikator stammt aus der Token-Ring-Welt (bei Ethernet auf 0 gesetzt)
heute ersetzt durch "Drop elegible"-Indikator (DEI), der festlegt, ob Paket bei Netzwerk-Überlastung gedropt (übergangen) werden kann (ähnlich IP-Paketen)

VLAN-ID ist Wert größer als 0x000 und kleiner als 0xFFF, damit sind praktisch 4094 (4096-2) VLAN's möglich
in extended VLAN längere VLAN-ID möglich

QinQ
doppelte Anbringung von VLAN-Tags im VLAN-Paket (nochmal 4 Byte länger)
erster Tag für die "Betriebs-interne Virtualisierung) und der zweite Tag für die Übertragung zwischen Netzwerken
damit können auch Service-Provider in ihren LAN's virtualisieren und VLAN-Pakete (aus anderen VLAN's) transportieren



7.2. Port-Channels

	VLAN	Port-Channel
	teilt Netzwerke auf Teilen der Bandbreite Trennen der Daten / Pakete durch Markierungen	bündeln physikalische Interface's Zusammenfassung der Bandbreite (Erhöhung) Redundanzen ausnutzen

gebraucht werden mindestens 2 Leitungen, die auch immer die gleiche Bandbreite haben müssen
der Typ darf sich unterscheiden. Kupfer- und Glasfaser lassen sich also kombinieren
typisch bis zu 8 Leitungen, nicht aktive Leitungen (z.B. 9. od. 10 Leitung) sind Reserve
praktisch immer nur maximal 8 aktiv

jeder Zugriff (z.B. Datenbank-Abfrage, Web-Seiten-Aufruf, Ping, …) läuft für sich über einen Channel

bei einzelnen Nutzungen ist Ungleich-Verteilung normal, bei steigender Nutzer-Zahl verteilen sich die Band-Auslastungen praktisch gleichmäßig über alle Channel's

unterschiedliche Verteilungen möglich, nach:
- Absender-IP
- Ziel-IP
- Absender-Port
- Ziel-Port
- MAC-Adressen

optimal sind 2, 4 oder 8 Leitungen

Vorteile / Ziele der Port-Channel-Technik

- mehr Bandbreite zur Verfügung stellen
- Bandbreiten besser ausnutzen / auslasten
- höhere Ausfallsicherheit / Leitungs-Redundanz
- Austausch defekter Hardware im laufenden Betrieb (Hot-plug-In)
- Bereitstellung von Reserve-Leitungen
- Erzielen von übernormalen Daten-Durchsätzen
-

übliche Port-Channel-Protokolle

- **Link Aggregation Control Protocol) LACP** — IEEE; mehr verbreitet; auch für ungünstige Leitungs-Anzahlen geeignet
- **Port Aggregation Protocol PAGP** — Cisco

für die Konfiguration am Endgerät ändert sich nichts
alle erweiterte Konfiguration wird über logische Konfiguration der Pot-Channel-Interface's realsiert
das ist dann Layer 3 (OSI)
Konfiguration von IP-Adressen, QoS, IPsec

auf Layer 2 arbeiten die Trunk's

bei MLAG (Multi-Channel-Link-Aggregation) wird ein Server mit 2 Netzwerkkarten ausgestattet, diese werden als ein Port-Channel konfiguriert → doppelte Bandbreite
die Leitungen gehen zu zwei Switchen, je Switch also eine Leizung
beide Switche sind dann noch einmal untereinander verbunden
fällt eine Leitung aus, dann kann trotzdem das gesamte Netz versorgt werden (allerdings nur noch mit der einfachen Bandbreite)
z.B. in Cloud-Systemen genutzt

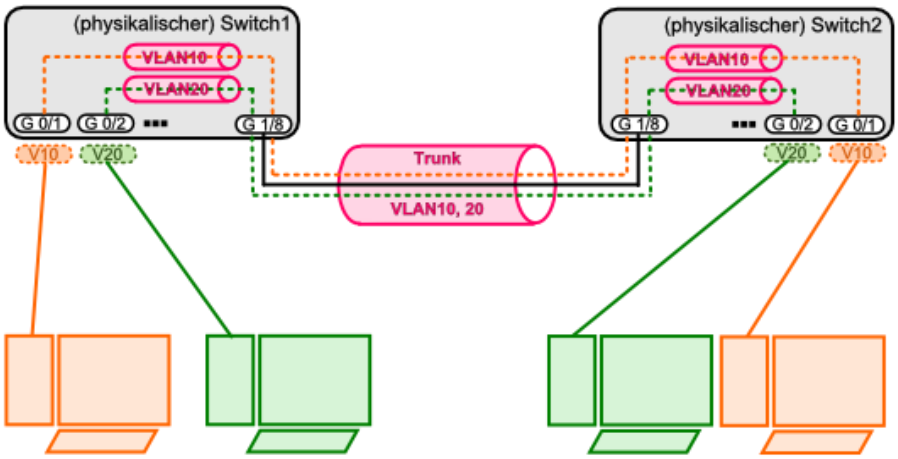
7.3. Tunnel

Unterscheidung / Fragen

- Was soll transportiert werden? Mit welchem Protokoll (Gast-Protokoll) sollen die Original-Daten transportiert werden?
- Welche IP-Adressierung wird gewählt?
- Welche Netzwerk-Technik wird verwendet (Token-Ring, Ethernet, …)
- Gibt es VPN's?
- Soll die Übertragung verschlüsselt erfolgen?

- Welches Protokoll soll zum Transport (Transport-Protokoll) genutzt werden?
- Welche IP-Adressierung wird gewählt?

- Welche Netzwerk-Technik wird verwendet (Token-Ring, Ethernet, …)



Transport-Protokoll → Underlay

Gast-Protokoll → Overlay

→ zwei (IP-)Header hintereinander, was wieder die Paketgröße ändert und bei der Konfiguration der MTU beachtet werden muss

der Tunnel ist eine logische Verbindung (unsichtbar auf der Ebene des Overlay) über dem Underlay
ein TraceRoute zeigt nichts vom Underlay

wenn es gewünscht wird, dann können Informationen zum QoS und TTL (Time to Life) auch vom inneren auf den äußeren Header übertragen werden

Hinzufügen und Entfernen des zusätzlichen Header an den Tunnel-Enden

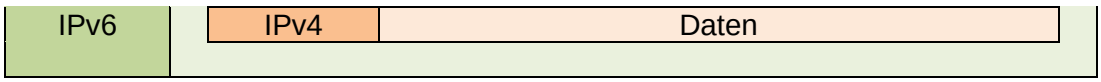
IPIP-Tunnel		
äußerer IP-Header	innerer IP-Header	Daten

über IPIP-Tunnel lassen sich nur IP-Pakete transportieren
es gibt kein Spanning Tree () und kein IS-IS-Routing (auf Layer 2)

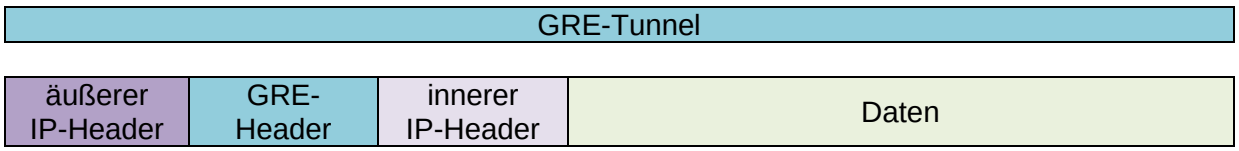
IPIP-Tunnel		
IPv4	IPv6	Daten

oder auch:

IPIP-Tunnel	



GRE-Tunnel
(generic route encapsulation)
transportiert alle Paket-Arten
verhält sich wie ein Ethernet-Kabel
Paket nochmals länger (als IPIP-Pakete)



Konfiguration unter Linux:
```
ip tunnel Interfacename mode ipip remote 1.1.1.1 local 2.2.2.2 ttl 255
                                          (Ziel-Adresse)   (lokale Adresse)
```

auf der anderen Seite des Tunnels:
```
ip tunnel Interfacename mode ipip remote 2.2.2.2 local 1.1.1.1 ttl 255
```

für GRE:
```
ip tunnel add Interfacename mode gre remote 1.1.1.1 local 2.2.2.2 ttl 255
```

7.4. Virtuelle private Netzwerke

Virtual Private Network (VPN)
virtuelles Netzwerk
meist zur sicheren Verbindungen von Firmen und / oder Mitarbeitern genutzt
aber auch zur Abhör-sicheren Verbindung zwischen Privat-Nutzern

Arten von VPN's

- **Dial in VPN** temporäre Verbindung / Einwahl-Verbindung von Mitarbeitern bzw. Firmen-Außenstellen beim Rechenzentrum (Bedarfsleitungen)
  im Rechenzentrum wird das VPN zentral verwaltet
  auf dem entfernten Rechner ist ein VPN-Client
  z.B.: Verbindung vom HomeOffice, Kunden-Standort, Flughafen, Cafe, Restaurant, Hotel, … → Nutzer / Client ist mobil
  nutzt als Underlay das Internet → keine Kontrolle über Datenströme
  wechselnde IP-Adressen
  schwangende Bandbreite (WLAN, LTE, …) / Qualität der Leitung
- **Site to Site VPN** Vernetzung zwischen 2 Standorten (2 Firmen-Standorte, Rechen-

zentrum und Homeoffice des Mitarbeiters, …)
dauerhafte Verbindung
oft über die Firewall konfiguriert
nutzt als Underlay das Internet → keine Kontrolle über Datenströme
Best Effort (minimalistische Dienstgüte-Zusicherung in Kommunikationsnetzen → keine Garantie für Übertragung von Daten-Paketen)
Abhängig von verfügbarer Bandbreite zwischen Standorten
feste IP-Adressen

muss nicht verschlüsselt sein, ist es aber meistens
an öffentlichen Orten / Netzwerken ist immer eine Verschlüsselung zu empfehlen
mit IPSec

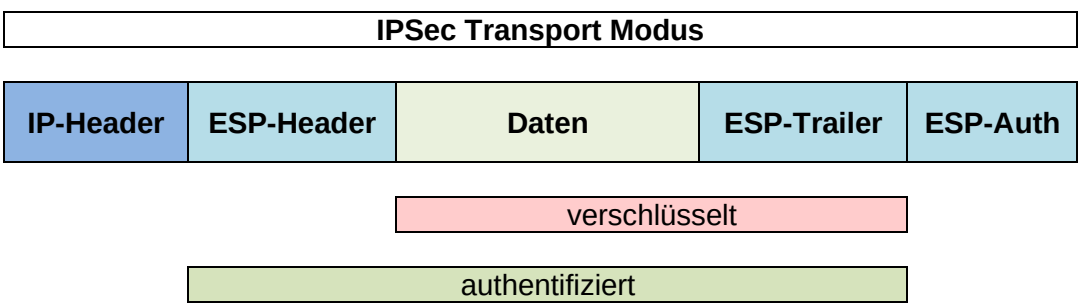
- für IPv4 und IPv6 geeignet
- praktisch alle Betriebssysteme unterstützen diese verschlüsselung
- sehr häufig verwendet
- Produkte:
  - Cisco ASA oder Router
  - Checkpoint Firewall
  - Fortinet Firewall
  - praktisch alle besseren Firewall's
-

OpenVPN

- mit eigener Verschlüsselung
- für IPv4 und IPv6 geeignet
- ist Open Source
- kostenfrei
- Produkte:
  - OpenVPN
  - Tinc VPN
  - Soft Ether (ev. problematisches Produkt?!)
-

IPSec

Transport-Mode
Verschlüsselung des laufenden Datenstroms
nur die Daten in den Paketen werden verschlüssel, nicht die Header
keine Konfiguration von Interface's
das Routing erfolgt ganz normal über das Internet
ESP .. encrypted security payload

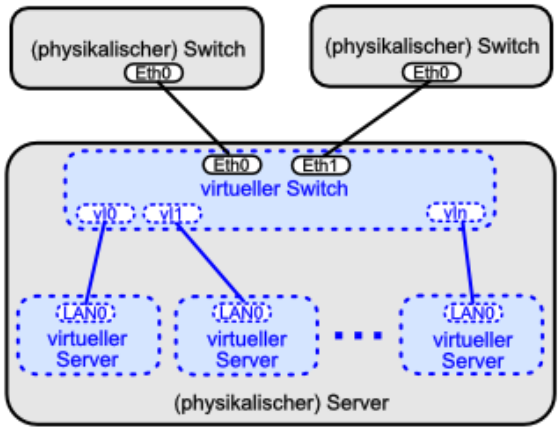


Tunnel-Mode
es wird ein Interface erzeugt (Virtual Tunnel Interface (VTI))
Datenpaket des Nutzers wird vollständig verschlüssel
es kommt ein neuer Header für den Tunnel hinzu
Pakete verlängert

IPSec Tunnel Modus					
äußerer IP-Header	ESP-Header	innerer IP-Header	Daten	ESP-Trailer	ESP-Auth
		verschlüsselt			
	authentifiziert				

7.5. Linux virtueller Switch

virtuelle Switche benötigen immer ein reales, physikalisches Netz als Basis



virtuelle Switche z.B. in:

- Linux KVM
- Openstack
- VMWare
- AWS – Amazon Cloud
- Google Cloud
- Microsoft Azure
- Virtualbox

praktisch gleich, etwas unterschiedlich zu konfigurieren
werden vom Server erwartet

Linux-basierte virtuelle Switche

- **Linux Brigde** einfach; mehrere Bridge's einrichtbar
  verhält sich, wie normaler Switch
  eine Bridge kann ein physikalisches Interface enthalten (muss es aber nicht); dieses hat meist keine eigene IP-Adresse

mehr (Server nur noch über die IP der Bridge erreichbar)
Interface's lernen MAC-Adressen
Spanning Tree kann benutzt werden
kann auch eine IP-Adresse bekommen (Layer 3)
kann IPv4 und IPv6
IPtables möglich und aus Sicherheitsgründen auch notwendig
kann VLAN-Tags transportieren
VLAN Interface's (eth0.100) können eingebunden werden
es können auch für jedes VLAN eigene virtuelle Bridge's eingebaut werden

- **Open Virtual Switch OVS**

sehr komplex, Leistungs-fähiger als Linux Bridge
Alternative zur Linux Bridge
(sollte nicht gleichzeitig mit Linux Bridge verwendet werden → unübersichtlich)
OVS kann:

- VLAN tagging
- Portchannel / LACP
- Spanning Tree
- QOS
- Tunnel-Protokolle (GRE, VXLAN, LISP, IPSec)
- SPAN, RSPAN (Duplizieren des Daten-Verkehrs, z.B. zur Dokumentation und für Diagnosen (z.B. mit Wireshark))

Grundlage für Linux-Cloud (z.B. Openstack mit OVS)

-

Kommando's zur Steuerung der Bridge

`brctl` … Bridge Control

`addbr`	erzeugen
`delbr`	löschen
`addif`	Interface hinzufügen
`delif`	Interface löschen
`show`	alle Bridge's anzeigen
`showmacs`	MAC-Adressen an der Bridge anzeigen

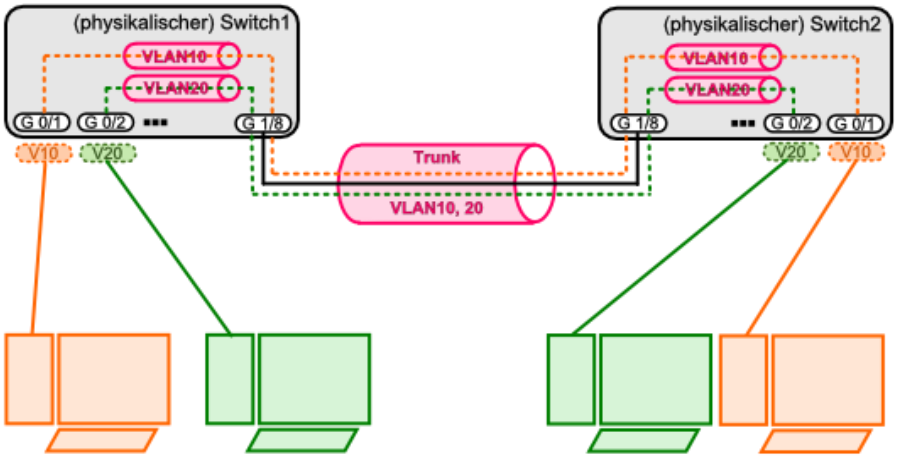
Kommando's zur Steuerung der Open Virtual Switch

`ovs-vsctl` `add-br` ***`Brigdename`*** Erzeugen einer neuen Brigde mit dem Namen "Bridgename"

`ovs-vsctl` `add-port` ***`Brigdename Interface`*** Erzeugen eines neuen Interface an der Bridge

Im Unterschied zur physikalischen Switch'es (Hardware-Switche) kann die Zuordnung der Interface's frei bestimmt werden. Man kann alle nutzen, muss es aber nicht.

`ovs-vsctl add-port` ***`Meinebrigde MeinInterface`*** **`tag=`** ***`VLAN-Nummer`***



`ovs-vsctl add-bond` *`Brigde Bond Interface1 Interface2 lacp=active`*
: Herstellen eines Interface-Bündels mit dem Namen Bond und den Mitgliedern Interface1 und Interface2

ein Bond kann aktiv/aktiv oder aktive/passiv arbeiten

White Label Switch
nur Hardware wird gekauft
als Betriebssystem wird Linux genutzt
Ebtkopplung von Hardware und Software
volle Freiheit bei der Konfiguration

- Switching (OVS)
- Routing
- Container
- Python

führend ist hier Cumulus Linux, aber auch andere verfügbar

7.6. Linux als Router

Linux ist ein Server-Betriebssytem
statisches Routing ist immer mit dabei

aktuelle Routing-Tabelle über
ip route show

es folgt typische Anzeige des Standard-Gateway's und des aktuellen Netzwerk inklusive des eigenen Interface's

für weitere Routing-Protokolle ist extra Software notwendig

ausgewählte Routing-Protokolle

- **Quagga**
  typischer Routing Daemon
  aus dem Zebra-Projekt entstanden
  Quagga (Name eines ausgestorbenen Zebra's) ist ein Fork des Zebra-Projekt's
  als Paket installierbar
  kann:
  - RIP / RIPng
  - OSPFv2 / OSPFv3
  - BGP
  - IS-IS
- **Free Range Routing FFR**
  ist wiederum ein Fork von Quagga (durch google initiiert)
  heute sehr aktiv weiterentwickelt
  aktive Community
  kann mittlerweile zusätzlich (zu Quagga):
  - Openfrabric (Weiterentw. von IS-IS))
  - LDP (MPLS)
  - EIGRP (ehem. Cisco, jetzt frei)
  - PIM
- **Bird**
  in Paaring-Point's
-

Router teilen physikalische oder virtuelle Netzwerke in kleinere Layer-2- oder -3-Netzwerke
aus Layer 2 noch stark störanfällig (z.B. Broadcast-Stürme)
bei Layer 3 ist die Möglichkeit für Paket-Filterung oder der Einsatz einer Firewall gegeben
Nachteil ist, dass ein Linux-Router immer auch auch ein vollständiges (Server-)Betriebssystem ist
brauchen relativ viele Ressourcen
haben immer auch anderweitige Angriffs-Punkte

für Cloud's werden viele kleine Netzwerke gebraucht – vornehmlich virtuelle
hier wird virtuelles Routing also obligatorischer Bestandteil

7.6. VXLAN

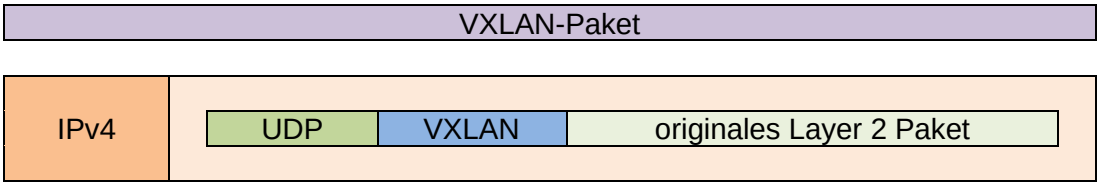
Virtual extensible Local Area Network
Layer-2-Virtualisierung
Framework for Overlaying Virtualized Layer 2 Networks over Layer 3 Networks
während das VLAn nur 4'096 VNI's (Virtual Betwork Identifier) ermöglicht, sind es unter VXLAN 16 Mill.

für Datacenter-Verbindugen (Datacenter Interconnect) → Verteilung von Daten auf mehrere Rechenzentren
das Verschieben von virtuellen Maschinen ist nun nicht mehr möglich, da getrennte Layer-2-Bereiche definiert sind

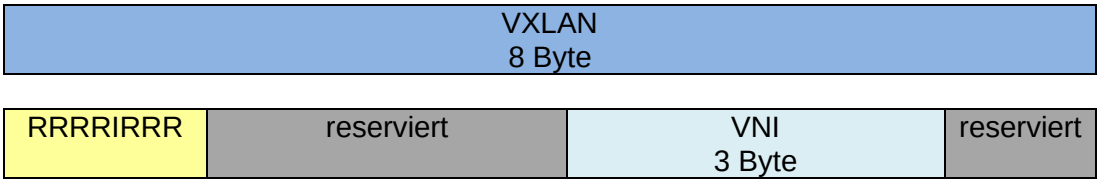
über VXLAN lassen sich zwei getrennte Layer-2-Bereichen untereinander verbinden

wenn Firewall's als Cluster laufen (je eine Firewall in jedem Rechenzentrum) → Verbindung der beiden Firewall's durch VXLAN

im VXLAN gibt es auch einen VTE (Virtual Tubbel Endpoint)
hier werden die originalen Pakete in die VXLAN-Pakete eingebaut / herausgelöst
lässt sich als Hard- oder Software realisieren
Software: z.B. in Vmware innerhalb eines Cluster's
Hardware: Kommunktion mit der Umwelt



MTU muss hier wieder ev. angepasst werden



	VLAN	VXLAN
Unterschiede	reines Layer 2 nur für geswitchte Umgebungen MAC-Adressen-Lernen über Flooding	Erweiterung von VLAN "routed" Layer 2 Pakete MAC-Adressen-Lernen über Brodcast und BGP
Gemeinsamkeiten		

7.6. Virtual Routing and Forwarding - VRF

immer nur lokal auf dem speziellen Router
über eine Routing-Tabelle werden die Weiterleitung organisiert (Forwarding)
Pakete / Netzwerk-Verkehr wird über die Netzwerk-Adressen bestimmten Interface's zugeordnet
in der Start- bzw. Default-Tabelle gibt es nur eine Route
mittels VRF können beliebig viele und voneinander unabhängige Routing-Tabellen genutzt werden
verfügbar auf:

- Cisco
- Juniper
- Linux (neu)
- …

durch eigenständige Routing-Tabellen ergeben sich vollständig virtualiserte Netzwerke
so dass z.B. in jeder Tabelle mit dem gleichen Netzwerk (z.B. 10.0.0.8/8) gearbeitet werden kann
Netzwerke können auch überlappen (da sie sich ja gegenseitig nicht sehen / betreffen)
(dies darf aber nicht in der zentralen Default-Routing-Tabelle passieren!)

jedem VRF sind Interface's zugeordnet, jedes Interface ist genau einem VRF zugeordnet

jedem Interface eines Router's wird eine Routing-Tabelle zugeordnet, dieses Interface kann auch virtuell oder Tunnel sein

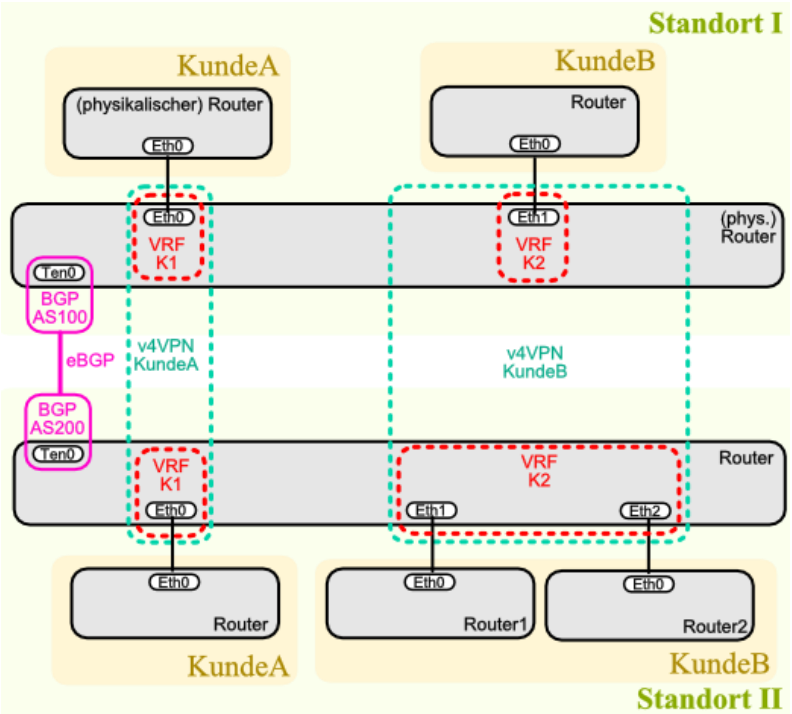
VRF mittels MPLS

für die Vernetzung von Firmen-Standorten

2 virtuelle Netzwerke für Kunde 1 und 2 jeweils unanhängig voreinander

verbunden über physikalischer Router an verschiedenen Orten
für die Kunden sind es eigenständige – sichere- Netz-Verbindungen, die gemeinsam über eine physikalische Leitung gehen

für jeden Kunden ist sein Netzwerk vollständig transparent
es gibt 3 Routing-Tabellen



eine Tabelle (die Standard-Routing-Tabelle) zum Austausch von Daten mit anderen (physikalischen) Routern (an anderen Orten)
für die Interface's der Kunden gibt es jeweils eine weitere Routing-Tabelle
Übergänge zwischen den virtuellen Netzwerken (Kunden-Netzwerke) ist nicht möglich (auch wenn beide z.B. ein gleiches Netzwerk nutzen)

VRF zum Managen

es gibt eine weitere Routing-Tabelle für das Geräte-Management
dieses dient u.a. dem Schutz des Systems vor Angriffen
bleibt auch erreichbar, wenn Teile eines (Arbeits- / Nutz-)Netzwerkes nicht mehr funktionen
wird genutzt für:

- SSH

- Controller
- SNMP
- …

bei vielen Routern ist Management-VRF standard-mäßig integriert
eigenständiges (Management-)Netzwerk

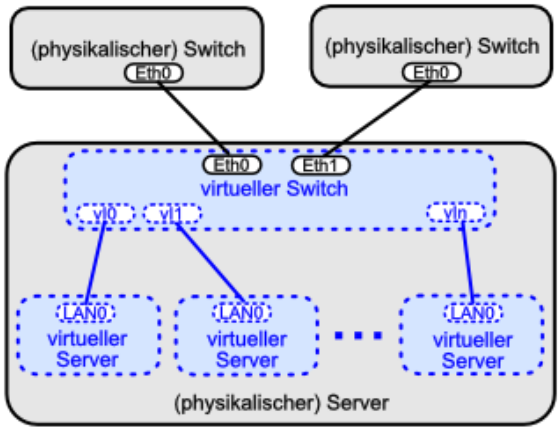
7.8. KVM (Kernel Virtual Machine)

fest in den Kernel von Linux eingebaut, kann zusätzlich als Modul geladen werden
hierauf basieren die meisten Virtualisierungen unter Linux
z.B. Openstack

Alternative ist: XEN
Virtualiserung für Amazon Cloud und ähnliche Service's
nutzt intern die Linux Bridge und oder OVS (Open V?? Switch)

virtuelle Teile gestrichelt

man nutzt Linux Bridge oder OVS (→ 7.5. Linux virtueller Switch)



auch die virtuellen Server brauchen ein Netzwerk zum Kommunizieren mit anderen Geräten usw. usf.
virtuelle Switche verbinden virtuelle Interface's mit physikalischen Interface's oder mit anderen virtuellen Interface's

Switch-Port zum Anschluss eines Server's bzw. eines Client's ist besonders wichtig
nur hier ist der Daten-Verkehr eines Server's isoliert
möglich sind u-a-:

- Access-Listen
- Security (z.B. RA Guard)
- QoS
- Mitlesen und Kopieren / Spiegeln von Daten (! ev. Problem mit den Datenschutz!
- …

Tunnel

Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
auf Layer 2 (für's Bridging) oder 3 (mit IP-Nummer)
z.B. genutzt für die Vernetzung von Cloud

ip tunnel Befehle für Linux
OpenVPN ist mögliche Alternative

lassen sich verschlüsseln, z.B. mit:
OpenVPN
Wireguard
TINC
Softether

jeweils eigene Verschlüsselungs-Möglichkeiten und Optionen

Administration immer über die Shell möglich
ip Command Suite ermöglicht Kontrolle aller Aspekte in eiem Netzwerk
mühselig und Fehler-anfällig

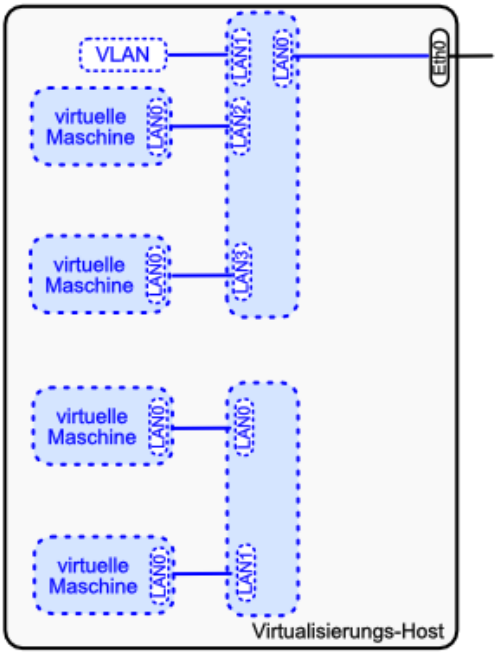
graphisches Konfigurations-Programm z.B. für OpenStack vorhanden

7.8. VMware

sehr Leistungs-fähige (professionelle) Virtualiserungs-Umgebung (Hypervisor)

in fast allen Unternehmen eingesetzt (entweder im eigenen Rechenzentrum oder auf entfernten Rechnern)
man braucht aber ein Netzwerk

bietet virtuelle Switche und Device's



Beispiel-Netzwerk besteht aus drei Switchen
Switch kann physikalisches Interface besitzen
einem Switch können VLAN-Fähigkeiten zugeordnet werden

es gibt auch distributed Switche
diese überspannen mehrere Hypervisor

braucht gemeinsamen Speicher
Virtuelle Maschinen lassen sich zwischen den beteiligten Servern (Hypervisoren) verschoben werden (Ressourcen müssen natürlich vorhanden sein)
man erhält eine große, gemeinsame Layer-2-Zone (ev. problematisch) → Fehler und Vertrauen
solche Systeme sind relativ einfach zu planen und zu administrieren

Änderungen werden übertragen
einige Feature's sind nur unter den Distributed Switch zu erhalten:

- LACP
- Änderungen an der MTU

Einbindung von Router'n möglich
Trennung erfolgt auf Layer 3
man braucht mehr Ressourcen, da sie praktisch vollständige Betriebssysteme enthalten

nutzung von Firewall's möglich (werden gerne auch als Router mißbraucht, sind aber keine)

7.8.x. VMware NSX

ist reine Cloud-Lösung im Datacenter; Enterprice-Lösung, nichts für zuhause
daurch wird VMware echte Netzwerk-Lösung, die völlig unabhängig vom Underlay ne Hardware
verfügt über virtuelles Routing, Switching, Security sowie Loadbalancing
Ziele sind:

- Schutz der Applikation (nicht des Servers)
- hoher Grad an Automatisierung
- Arbeiten mit Templetes (Muster.Vorlagen)
- Anbieten von Self Service's () für Entwickler
- Reduktion von menschlichen Fehlern (z.B. Cut and Paste)
- weniger Arbeit auf der Kommandozeile (hoher Grad an Aufmerksamkeit notwendig)
- Reduktion der manuellen Arbeiten
- …

früher / traditionell:
Administrator beantragt Server, Verkabelung, erstellt Firewall-Regeln, beobachtet und konfigiriert das Loadbalancing

heute / modern:
Administrator kann seine Resourcen eigenständig mannagen
das Datazenter stellt Rahmen-Bedingungen

Firewall ist zentrale Stell als Point of Enforcement (hier können Regeln eingebaut werden)

sind z.B. mehrere SQL-Server eingebunden, dann kann nichts den Datenverkehr zwischen den beiden SQL-Servern verhindern (z.B nach einem SQl-Angriff)
keine Kontrolle des Traffic möglich

Policies kontrolliert den Datenverkehr → Switch-Ports

→ echte Microsegmentierung

Policies

- über Switche und Hardware wirksam
- ermöglichen freie Kombination von VM's
- können über mehrere VM's aus emehreren Netzwerken wirken
- trennen und führen zusammen
- Mitnahme der Policies z.B. bei Vmotion möglich

durch Microseegmentierung

- werden die VM's vollständig isoliert
- unabhängig vom Ort
- Policies wirken wie Firewall's
- VM's lassen sich zu Gruppen zusammenschließen

NSX bietet Distributed Logical Router

- liegt (vollständig) im Hypervisor-Kernel (→ schnell und Ressourcen-schonend)
- funktioniert über mehrere Hosts
- VM-Movement nimmt die Regeln mit
- bietet Control-Point im DLR (Distributed Logical Router)
- Peering nach außen
- OSPF, BGP, Static Routing
- ECMP
- Redistribute ist für Connected Routes möglich

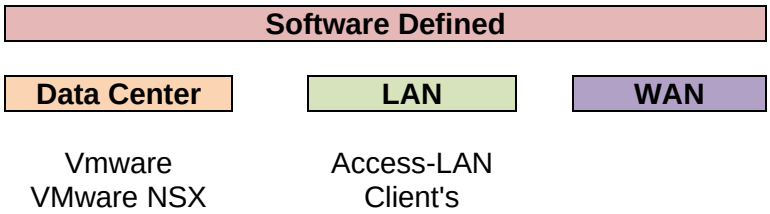
Ost-West-Traffic (innerhalb des Rechenzentrums)

Nord-Süd-Traffic (Kommunikation mit Außenwelt; User-Traffic) über Edge Device
kann Routing (OSPF, BGP, Static), Firewall, VPN, Loadbalancer
sehr hoher Daten-Durchsatz

7.9. Software Defined WAN - SD-WAN

dient der Vernetzung von Firmen-Standorten mittels Virtuellen Netzwerk

Ziel ist Kontrolle über Internet-Breakout
schnelle Anbindung
hohe Flexibilität
schnelle Reaktion auf Leitungs-Ausfälle



	Microsegmentierung	SD-WAN
Unterschiede	für Client's und Datacenter volle Kontrolle über das Underlay, weil es im Unternehmen liegt Underlay kann SLA haben	Vernetzung von Standorten / Niederlassungen Steuerung des Weitverkehr Absicherung von Internet Breakout Internet als Underlay kein SLA im Internet schnelle Einbindung von Filialen / Niederlassungen / …
Gemeinsamkeiten		

Ziele von SD-WAN:

- Standorte mittels Internet-Provider vernetzen
- MPLS (Multi Protocol Label Switching) nutzen; passende Netzwerk dafür aufbauen (→ 7.6. Virtual Routing and Forwarding - VRF)

Vorteile:

- gute Qualität
- z.B. gut geeignet für Voice, kleine Dateien, zeitkritischen Daten-Austausch (z.B. SAP)
- es lassen sich unterschiedliche Leitungs-Arten und –Qualitäten miteinander kombinierbar
- zentrale Verwaltung / Kontrolle des Gesamt-Netzwerkes
- …

Nachteile:

- teuer (deshalb üblicherweise knapp bemessen → Flaschenhals)
- oft kein Video, Übertragung großer Dateien schwierig
- lange Zeit Alternativlos
- Internet als Transportweg oft zu schlecht (Ausfälle, Support-Probleme (Wer ist am konkreten Problem Schuld?)
- kein Einfluss auf Entstörung
- zusätzlicher Planungs- und Test-Aufwand
- kein SLA möglich (läßt das benutzte Internet nicht zu)
- bei Leitungs-Ausfällen kann es zur Blockierung der App usw. kommen
- …

heute ist Bandbreite kein Thema mehr, praktisch immer realisierbar, deshalb ist das Internet als Underlay verwendbar
es bleibt aber das allgemeine Internet-Problem, es gibt keine Übertragungs- und / oder Bandbreiten-Garantie (Best Effort (nur: beste Bemühungen (der Internet-Provider))

viele Risiken (Beschädigung von See-Kabeln, Ausfall von Satelliten, gestörte Glasfaser-Leitungen unter meterhohem Schnee und Eis, …)
Reparaturen / alternative Datenwege nicht planbar

Kombination von …:

- MPLS – Internet
- MPLS – LTE od.ä.
- Internet – Internet (mit unterschiedlicher Güte)
- Internet – Internet – LTE
-

zur Optimierung der Stabilität arbeiten viele Nutzer mit 2 unabhängigen MPLS, fällt ein System aus, ist das andere ev. noch nutzbar
bedeutet aber auch doppelten Aufwand / Kosten

als Alternative wird nun eine MPLS durch das Internet ersetzt und SD-WAN genutzt
durch beschleunigt sich die Anbindung neuer (abgelegener) Standorte nochmals, da nur das Internet als Basis (Underlay) gebraucht wird (hier ist dann zuersteinmal auch kein MLPS als alternativer Weg verfügbar)
als Backup lässt sich LTE od. ä. verwenden, für den Fall, dass Kabel beschädigt werden od. ä.

Anwendung:

- Ladenketten
- Außenstellen
- Versicherungs-Büro's od. ä.
- mobile Büro's auf Baustellen
- Events
- Teleworker
- zukünftig villeicht für Krankenwagen, Polizei-Einsatzfahrzeuge, …
- …

da nur Internet-Anschluss gebraucht wird, ist eine Einbindung innerhalb weniger Minuten möglich

Anforderungen an eine SD-WAN-Lösung (lt. Gardner)

- **Transport Agnostic** — Unabhängigkeit vom Netz-Medium / -Typ
- **Dynamic Path Selection** — Möglichkeit der Verteilung von App's auf verschiedene Leitungen
  (mit Policy Routing ist das bei LISP (→ 7.10. Locator ID Separation Protocol - LISP) möglich)
- **Simple Interface** — leichte Bedienoberfläche für Administratoren
  bei LISP (→7.10. Locator ID Separation Protocol - LISP) nicht vorhanden
- **VPN** — verschlüsseltes Virtuelles Netzwerk

derzeit aktuelle Technik mit Potential
gute Nachfrage von Kunden
viele große Anwender
Kosten-Frage
Personal-Frage (es gibt zu wenige ausgebildete Administratoren, …)
verbesserte Automatisierung (Personal-Einsparung, Verringerung der Fehler, …)
ständige Vergrößerung der benötigten Daten-Mengen
relativ gut erweiterbar
relativ schnelle Anpassungen von der technischen Seite notwendig
veränderte Unternehmens-Strukturen
Verknüpfung von Behörden, …

7.9.1. Locator ID Separation Protocol - LISP

Möglichkeit zur Implementierung eines SD-WAN
offener Standard (derzeit selten umgesetzt)
hat nichts mit der Programmiersprache LISP zu tun
Trennung von Standort (Location) und Rufnummern / Adresse (ID)
ID bleibt unverändert, wählt sich aber bei unterschiedlichen Netzen etc. ein ((temporäre) IP wird immer neu zugeordnet)

Lösungen sind zwei IP-Nummern-Kreise

- für den Ort (Location) → den Routing Locator (RLOC), der sich ändern kann
- für die ID → den Endpoint Identifier (EID), der unveränderlich ist

für RLOC und EID sind jeweils unabhängig voneinander IPv4 und IPv6 möglich

RLOC

- ist die öffentliche IP unseres lokalen Netzwerkes
- somit das Routing-Ziel der LISP-Pakete
- ändert sich recht häufig, z.B. durch:
  - DSL-Zwangstrennung
  - Rooming (LTE, …, WLAN)
  - mobile Dienste
  - Umschaltung auf Ersatz- oder Reserve-Leitungen
  - Übergang von Mobilfunk auf WLAN (Medienbrüche)
  - …
- …

EID

- IP im Nutz-Netzwerk
- allen Nutzern wird eine solche IP zugewiesen
- ev. nur die Firewall vor einer DMZ (Demilitarisierte Zone), in dieser wird mit NAT gearbeitet

das Mapping System bringt nun RLOC und EID zusammen

- Router registriert seine EID
- verwendet wird ein Map Server (Datenbank) → beinhaltet aktuelle Zuordnung von RLOC und EID
- der Map Resolver (MR, -Auflöser) fragt den MS ab
- Funktionsweise recht ähnlich zu DNS
- MS und MR laufen oft auf dem gleichen Router (Server)

Router-Typen für LISP:

- iTR → (ingress Tunnel Router) Router nur für eingehenden Verkehr
- eTR → (egress Tunnel Router) Router nur für ausgehenden Verkehr
- xTR → (Tunnel Router) Router nur für ein- und ausgehenden Verkehr gemeinsam

Umsetzung von:

- AVM
- Cisco
- Linux → Open Overlay Router

mit einem Internet Service Provider

oder
mit z.B. zwei ISP

benötigt aber auch zwei Router (empfohlenes Netzwerk-Design)
diese Konstellation lässt auch eingehendes Load-Balancing zu (für Verbindungs-Zahlen)
der Adminsitrator legt dazu für jeden Nutzer ein Verhältnis für die Belastung der Leitungen fest (bezieht sich aber auf die Anzahl derVerbindungen, nicht auf die Datenmenge (da diese ja vorneweg unbekannt ist)

LISP lässt hinter einem xTR mehrere EID's zu, diese werden Instanzen genannt
jede Instanz hat eine eigene und eineutige ID
die Instanzen sind mit jeweils eigenen VRF verknüpft, so dass auch unabhängige Routing-Tabellen für die unterschiedlichen EID-Instanzen existieren

7.9.1.1. Proxy-xTR

ist die Verbindung ins Internet
Arbeits-Verfahren (ausgehende Daten):

- ? ist IP-Adresse bekannt
    - WENN ja, DANN: (Adresse liegt hinter einem RLOC) bauen des LISP-Paketes und senden an den anderen xTR
    - SONST: (da dann Ziel im Internet liegt,) bauen des LISP-Paketes und an Proxy-xTR senden

bei eingehenden Daten (Proxy fragt):

- kommen die Daten von einem registrierten RLOC
    - WENN ja, DANN: weiterleiten an betreffenden xTR
    - SONST: Paket verwerfen

Verschlüsselung gehört zu LISP
bei Cisco nennt sich das GetVPN
Schlüsselaustausch über einen Schlüssel Server (Key Server)
Verschlüsselung über IPsec
keine Point-to-Point-Verschlüsselung, sondern nur Verschlüsselung des inneren Paket
für jede Instanz ist eine extra Verschlüsselung möglich
für IPv4 und IPv6 ist Verschlüsselung ebenfalls unabhängig voneinander

7.1.1.2. Bewertung von LISP

eingeschränkt für SD-WAN geeignet (lt. Gardner-Anforderungen)
bei Cisco ohne extra Lizenz dabei
die Linux-Implementierung muss noch geprüft werden
gut für statische Umgebungen (wenige neue / mobile Standorte) geeignet
interessante Alternative, offener Standard

7.9.2. Viptela

von Cisco

Viptela war Start-Up, welches ein einfaches SD-WAN-System zur Vernetzung von Standorten zum Ziel hatte
2017 von Cisco für über 600 Mio. Dollar gekauft

andere Systeme anderer Firmen sind ähnlich

neben Meraki, LISP (→) und iWAN ist Viptela das vierte System bei Cisco, um SD-WAN umzusetzenderzeit LISP noch unvollständige Lösung, iWAN wird nicht weiter betreut

	Viptela	Meraki
Unterschiede	Enterprise Grade SD-WAN nur Vernetzung von Standorten komplexer, schwieriger zu bedienen mehr Möglichkeiten läuft auch auf Cisco-Routern	für kleine Unternehmen volles Sortiment für Vernetzung Firewall mit SD-WAN Switches WLAN-Access Point's Kamera
Gemeinsamkeiten	läuft jeweils auf eigener Hardware	

Viptela vEdge
- virtuelle oder physikalische Router an den Standorten
- verschiede Modelle
  - Uplinks
  - Bandbreite
  - Leitungs-Arten
- …

Viptela vManage
- Management Tool
- Single Point of Contact (zentrale Adminstartions-Stelle)
- Zugriff per API (automatisierbar)
- Cloud Application
- …

Viptela vBond
- Erstellung der initialen Verbindungen
- Einbindung neuer geräte
- lässt sich redundant anlegen
- …

Viptela vSmart
- übernimmt Konfiguration von vManage
- macht die eigentliche Konfiguration der Geräte
- …

fällt die Controller-Struktur mit vManage, vBond und vSmart aus, dann läuft das System ersteinmal weiter
da keine neuen Geräte oder mal abegtrennte nicht mit einer Konfiguration versehen werden können, fällt das Gesamtsystem dann sukzessive aus.
Normalerweise ist Wiederherstellung der Strukturen deutlich schneller als die Ausfall-Geschwindigkeit

7.9.2.1. Zero Touch Provisioning

neue Geräte werden ohne den direkten Eingriff oder Vorbereitung (an der Hardware) ins Netzwerk integriert

Gerät wird per Post od.ä. versand
nach dem Einstöpseln ins lokale Netzwerk bekommt das Gerät eine lokale IP und das Gateway zugewiesen
dann wird der ZTP-Server (Zero Touch Provisioning-Server; Viptela od.ä.) kontaktiert
es folgt die Registrierung des Gerätes und es wird in vManage angezeigt

Gerät erhält die vom Administrator vorbereitete Konfiguration übers Internet
Nutzung von Templates möglich, da viele Optionen immer gleichartig sind
nur z.B. die SD-WAN- bezogene IP-Nummer ändert sich

7.9.2.2. ausgewählte Feature's von SD-WAN und zugehörigen Lösungen

Zuordnung von Applikationen / Diensten zu bestimmten Leitungen / Leitungs-Typen
unterschiedliche Anforderungen von den Applikationen. z.B.:

- Voice (wenig Bandbreite, hohe Güte (keine Verluste hinnehmbar) → MLPS
- File Transfer (hohe Bandbreite; Zeitverzögerungen praktisch kein Problem, Ausfälle werden durch das Protokoll selbst korrigiert) → Internet

unterschiedliche Laufzeiten von Signalen

- MLPS: maximale Bandbreite, Latenzen
- Internet: Best Effort, veränderliche Werte

Beachtung von Leistungs-Ausfällen

- Welche Applikation braucht ständige Verbindung? Kommt es zum Applikations-Stop beim Leitungs-Ausfall?
- beim Internet kommt es i.A. nur zu verzögerten Antwortzeiten
- Welche Applikationen können, in welcher Reihenfolge, abgeschaltet werden, um den obligatorischen Datenverkehr aufrecht zu halten?
- Welche Applikationen können mit reduzierter Bandbreite arbeiten?
- Kann mit zusätzlichen Maßnahmen (z.B. Komprimierung, Verzicht auf Verschlüsselung) die Leitung besser ausgenutzt werden

muss ständig überprüft und aktualisert werden

Anpassung von Standorten usw.

- neue Filialen
- neue Rechenzentren
- neue Technik
- Aktualisierung der Software, …
-

8. Netzwerke und Protokolle am Beispiel "Internet"

basierend auf den open-hpi-Kurs "50 Jahre Internet – Internetworking 2019" Okt.-Dez. 2019 von Prof. MEINEL
neu geordnet, selektiert und erweitert

heute rund die Hälfte der Weltbevölkerung ist online
in Deutschland fast 100%

was passiert heute in 1 min im Internet → die **Internet-Minute**

- 3,8 Mio Suchanfragen gestellt
- 1 Mio Streams angesehen
- 2,1 Mio. Snaps erstellt
- 188 Mio. eMails versendet
- rund 400'000 Apps heruntergeladen
- 1 Mio. Login's
- 4,5 Mio Videos angesehen
- 1,4 Mio. Mal gewisht (Wechsel zwischen Anwendungen)
- rund 50'000 neue Beiträge erstellt
- rund 42 Mio. Nachrichten gesendet

(lt. statista.com)

8.0. Einleitung

8.0.x. Digitalisierung

gemeint ist eigentlich die Übertragung von analogen / nicht-computeriserten Sachverhalten und Prozessen in die digitale / Computer-basierte Welt

z.B. Musik, Bilder, Viedeo's

heute ist damit die Veränderung von Wirtschaft, Handel, Politik, Kultur, Bildung und Gesellschaft hin zu einer Digital-Technologie → digitale Transformation der Gesellschaft
4. große Revolution in der Menschheits-Geschichte

Veränderung der Kommunikation der Menschen (Chat, Messenger, Social Media, …)
viel mehr verfügbare / auswählbare Information

praktisch immer mehr Dinge / Arbeiten der "analogen" Welt werden digital umgesetzt
digitale Notizen
Planungen / Termin-Absprachen
Video-Konferenzen
digitale Ticket's
Homeoffice

neue Möglichkeiten

- Navigations-App's
- Bezahl-Systeme
- Buchungs-System
- Telemedizin
- Smarthome
- autonomes Fahren
- Unfall-Assistenten
- Webinare
- Fernsteuerung von Industrie-Anlagen
- neue Arbeitsplätze / Arbeits-Techniken (agil + kooperativ)
- digitale Wahlen / Meinungs-Umfragen / online-Petitionen
- Verfolgung von Postsendungen
- digitale Verwaltung
-

Vorteile / PRO-Argumente

- hohe Aktualität
- mehr soziale / politische Möglichkeiten
- weltweite / breitere Verfügbarkeit von Daten usw.
- viel mehr Möglichkeiten der Nutzung von Dingen, Prozessen und Daten
- mehr individuelle Freiheit bei geringerer staatlicher Aufsicht
- mehr Kreativität durch Gestaltung von Medien
- Gaming, online-Gaming
- neue Arbeits-Methoden
- leichtere Reaktion auf Entwicklungen / Veränderungen / …
- ständige Erreichbarkeit
- internationaler Handel / Verkauf von Waren
-

Nachteile / KONTRA-Argumente

- Verringerung der direkten (Face-to-Face-)Kommunitaktion; Ablösung durch indirekte (gefühls-ärmere / weniger empatische) Kommunikation
- die große Menge an auswählbaren Informationen führt zur Orientierung auf das eigene Nachrichten-Universum
- Fake News / Desinformation / "Alternative Fakten"
- Hate speech
- eingeschränkte Umwelt-Orientierung (Aufnahme / Erkennen von Umwelt-Situationen (Verkehr, …))
- Daten können (einfacher) mißbraucht werden / Tracking
- Schutz der Personendaten / gläserner Mensch / Verlust/Einschränkung der Privatsphäre
- Urheberrechte schwerer durchzusetzen
- permanente Erreichbarkeit / Verpassen-Angst
- Grenzen zwischen Arbeit und Freizeit / Urlaub verschwinden
- Cyberkriminalität; Spam, Computer-Viren usw.
- Nichtteilnahme erzeugt sozialen Druck oder Isolation (abgehängt sein)
- Cybermobbing; Burn-out
- gefühlter rechtsfreier Raum
-

neue Regeln sind notwendig
Anpassung von gesetzlichen Rahmenbedingungen an die Geschwindigkeit der digitalen Entwicklung
Digitalisierung lässt sich nicht aufhalten aber gestalten

8.1. kleine Geschichte des Internet's

8.1.0. Kommunikation vor dem Internet

ständig steigende Menge an Informations-Inhalten

mehrere Entwicklungs-Stufen
zuerst dauerhaftes Festhalten als Wandmalerei und Schrift
Symbol-Schriften (Wandmalerie vor rund 40'000 Jahren)

ungefähr 3'500 v.u.Z.
phonetische Symbol-Schrift → Keil-Schrift in Mesopotanien

3'000 v.u.Z.
Hieroglyphen (Bilder-Schrift) in Ägypten
enthielt Wort-, Silben- und Einzen-Konsonsnaten-Symbole

600 v.u.Z.
erste Grammatiken

Nachrichten-Agenturen ab 1848 (Associated Press) und 1851 (Reuters)

Orts-unabhängiges Festhalten

unbewegliche Steine als Träger-Medium

dann (gebrannter) Ton als schon bewegliches Stein-Material, was aber meist verbaut wurde

auch Holz-Platten

dann ab v.u.Z. Papyrus und v.u.Z. Pergament
als Vorläufer des heutigen Papier's
erste große Sammlungen (Große Bibliothek von)

Erfindung des Papier's um 105 u.Z. in China
in Europa im frühen Mittelalter (12. Jhd.) nachentdeckt

immer größere Distanzen können überwunden werden

ansonsten akustische Nachrichten-Übertragung per Ruf-Zeichen (Posten-Ketten)

oder auch Trommel-Telegraphie (z.B. Afrika, Nordamerika, Australien)
dort z.B. auch das Did…du für größere Entfernungen

parallel die optische Signal-Übertragung
per Handzeichen, Feuer- oder Rausch-Zeichen
befördert durch die Entwicklung des Fernrohres (1609)

mittels Semaphore Sigbal-Ketten (17. Jhd.)
erste größere Verbindung zwischen Paris und Lille (270 km, Relais-Stationen)
daraus entstand dann landesweites Telegraphie-System, bestand bis 1853

abgelöst durch elektrisches Telegraphie-System
ab 1730 durch GRAY
1804 Elektrolyt-Telegraph mit 26 Glas-Röhrchen (Signal-Anzeige durch gebildete Gas-Bläschen)
1820 elektromagnetischer Nadel-Telegraph von AMPERE
Zeiger-Telegraph von GAUß und WEBER ab 1833
Benutzung einer binären Signal-Übertragung

1837 MORSE-Alphabet
direkt-ablesbarer Fernschreiber (Ticker) von HUGHES

beschrieben auch schon Brieftauben vor über 4'000 Jahren im alten Ägypten
hier war die Übertragungs-Gescheindigkeit mit 60 km/h schon beachtlich groß

Boten- und Stafetten-Dienste
ab 500 v.u.Z.

Lauf von Marathon nach Sparta (490 v.u.Z.; für 42 km brauchte der Läufer damals 2 Tage)

ab 1490 moderner Postdienst unter König Maximilian I.
zwischen Mecheln (bei Brüssel) und Innsbruck
betrieben vom Adelsgschlecht Thurn und Taxis

deutsches Postwesen seit 1597
um 1700 rund 20'000 Kuriere unterwegs

erster Schiffs-Postdienst in Europa ab 1633 zwischen Dover und Calais

erste Kabel-Verbing (für elektrische Telegraphie) zwischen England und dem Kontinent um 1851
Kabel zwischen Irland und Neufundland (1956)

Glasfaser-Kabel (zur optischen Übertragung pe Laser-Signal)

aktuelle Stufe ist eben das Internet

8.1.1. Computer als Voraussetzung für moderne Kommunikation

Geschichte der Computer-Technik

ZUSE 1937 erster Programm-gesteuerter Rechen-Automat Z1, noch mechanisch

1939 – 40 erster Großrechner "Harvard Mark I" (kurz "Mark I") von AIKEN

Z3 von ZUSE dann 1941 auf Relais-Basis (elektromechanisch)

1942 – 43 entstand die Rechen-Anlage (elektromechanisch) "Colossus" in Betchley Park zur Entschlüsselung der Enigma

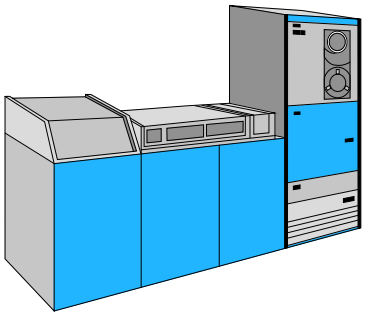
erster vollelektronischer Universal-Rechner "ENIAC"1945 mit 18'000 Röhren (1 Röhre entspricht ungefähr 1 Transistor) entwickelt von ECKERT, MAUCHLY, GOLDSTINE und VON NEUMANN

1947 Erfindung des Transistors
durch Miniturisierung "Integrierte Schaltkreise" (IC … integrated) 1958 mit mehreren Transistoren zusammen als eine Funktions-Einheit

→ DATAPROS.CGM

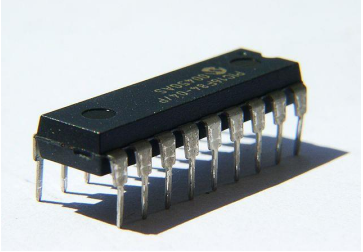
1956 Magnet-Platten-Speicher durch IBM

Anfang der 60er Jahre dann erste "Minicomputer" in Schreibtisch- bis Koffer-Größe
auf der Basis von Integrierten Schaltkreisen
Leistungs-Fähigkeit entspricht bis hier praktisch nur heutiger Taschenrechner
vorrangig Wert auf Miniturisierung gelegt
wenige wirklich Großrechen-Aufgaben vorhanden



treibende Kräfte für Leistungs-Steigerung:

- Militär (Atombombe, Simulationen von Atombomben-Explosionen, Versorgungs-Planung, …)
- Geheimhaltung (Kryptographie (Ver- und Entschlüsselung))
- Metreologie (Wetter- und Klima-Modelle)
-

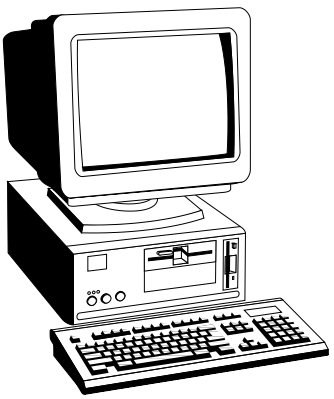


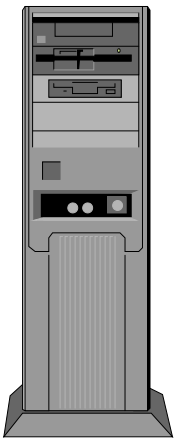
integrierter Baustein
Q: de.wikipedia.org (Wollschaf

1970 erster Mikroprozessor Intel 4004 mit 4 bit Verarbeitungs-Breite (heute 64 oder 128 bit üblich) mit 2'300 integrierten Transistoren auf praktisch einem Chip



erster PC 1975 von Apple (JOBS, WOZNIAK) genannt "Apple II"
erst 1981 erster "IBM-PC" mit vielen standardisierten Bausteinen / Zusatzkarten für die individuelle Gestaltung genannt "XT"





→ CRAY.CGM

Computer-Generationen

- **1. Generation (1945 – 1956)**
  spezielle Anwendungszwecke / Nutzungs-Szenarien
  Programmierung / steuerung direkt über Maschinen-Befehle (sehr individuell für jede einzelne Maschine)
  Röhren- bis hin zu Transistor-Technik
  Datenträger sind Lochkarten, Lochbänder
  zum Ende hin Magnetplatten-Speicher (Winchester-Platten)
  Größe Zimmer bis Schrank (selten Schreibtisch)

- **2. Generation (1956 – 1963)**
  erste freiere Programmierung (Assembler (Worte / Kürzel statt Dual- od. Oktal-Zahlen (Programme nutzen Stapel-Betrieb (z.B. Lochkarten-Sätze (praktisch nur Sequenzen!))
  Transistoren haben sich durchgesetzt
  Intergrierte Bausteine zuerst als kleine Leiterplatte-Stücken (mit recht vielen zusammengehörenden elekronischen Bauelementen), dann erste echte Integrierte Schaltkreise (z.B. Gatter-Netze, Halb- und Voll-Adder)
  dazu nun Magnet-Bänder, Ferrit-Kern-Speicher
  Größe Schrank bis Schreibtisch

- **3. Generation (1963 – 1971)**
  verbreiter Einsatz durch integrierte Schaltkreise
  erste (auf mehreren Maschinen nutzbare) Betriebssystem mit Mehr-Programm-Betrieb
  erste höhere Programmiersprachen (für Profi's) ALGOL,
  Größe Schreibtisch bis Koffer

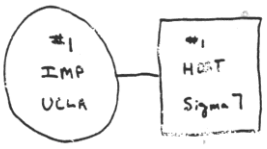
- **4. Generation (1971 – …)**
  individuelle Nutzung / Programmierung mit höheren Programmier-sprachen (z.B. BASIC,)
  hoch-integrierte Schaltkreise mit Mrd. von Transitor-Äquivalenten
  Mikroprozessoren als Zentraleinheit → Mehrprozessor-Systeme
  Größe Schuh-Karton
  interne und externe Vernetzung (Intra- und Inter-Net)
  starker Preisverfall → Home-PC
  Parallelisierung von Programm-Abläufen

- **5. Generation**
  Licht- und / oder Quanten-Computer
  Hologramm-Speicher, Kristall-Speicher
  weitere Entwicklungs-Tendenzen:
  - künstliche Intelligenz (KI)
  - maschinelles Lernen
  - Ubiquitous Computing (Überall-Computer)
  - Sprach-Erkennung
  - weitere Miniturisierung (→ Smartphone)
  - Cloud-Computing
  -

Groß-Rechenanlagen blieben auf der Größe von Räumen / Hallen stehen, allerdings stiegt die Leistung sehr stark

8.1.2. Entstehung des Internet's

29. Oktober 1969 war der Start dessen, was wir heute Internet nennen
4 Computer an 4 Universitäten (Los Angeles, Santa Barbara, Stanford, Utah) → ARPANET
Ziel war Verbindung von Rechnern mit verschiedenen Systemen
Geräte-Verbund über sogenannte IMP



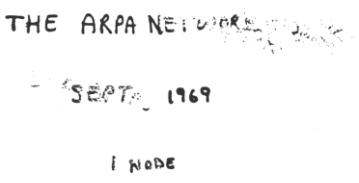


FIGURE 6.1 Drawing of September 1969 (Courtesy of Alex McKenzie)

erster Service war telnet (Einloggen auf einem entfernten Rechner; Fernsteuerung / Fernbedienung von Rechnern auf Kommandozeilen-Ebene)

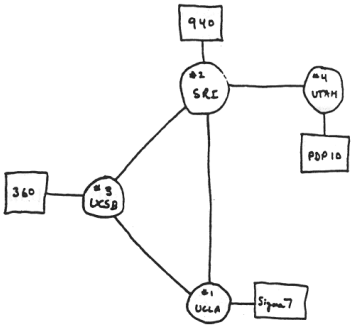
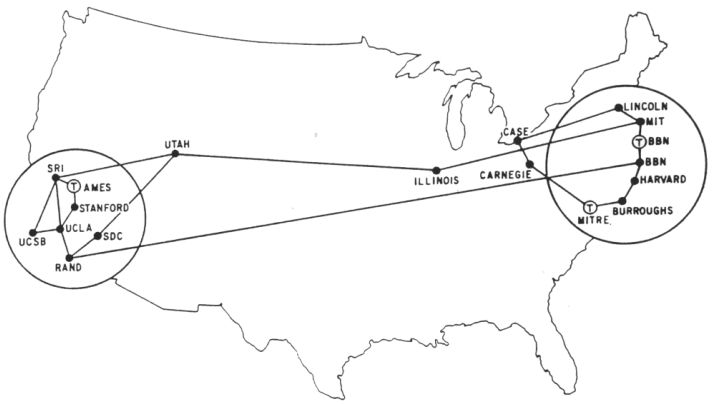


FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network (Courtesy of Alex McKenzie)

1971 schon 23 Host's mit 15 Knoten im ARPANET
erste eMail versandt (erst 1983 erste in Deutschland)
ALOHAnet als erster Funk-Netzwerk zwischen hawaiianischen Haupt-Inseln



MAP 4 September 1971

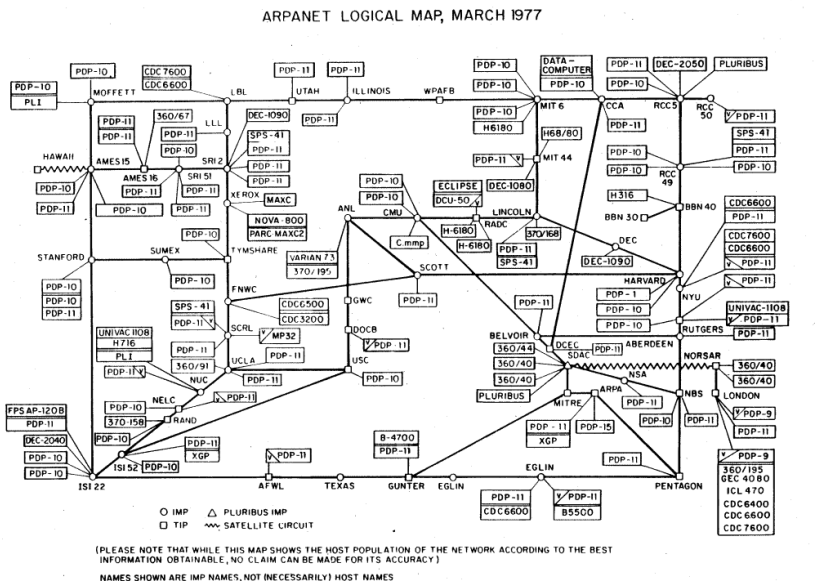
1972/73 KAHN und CERF entwickeln weiträumigen Rechner-Verbund bei der DARPA

1973 Einbeziehung von England und Norwegen in das Netz
Internet bestand aus ungefähr 500 Host's

Ethernet-Technologie (METCALFE und BOGGS)
neues Modell zur Netzwerk-Kommunikation mit mehreren Abstraktions-Schichten zur Aufgaben-Teilung; beschäftigt sich vorrangig mit der Adressierung der Geräte, dem Daten-Transport und der Verbindungs-Vermittlung (heute TCP/IP-Schichten-Modell)

1974 Geburtsstunde des TCP (Internet Transport Control Program) (hier noch ein anderes TCP), mehr eine Implemenatation von Algorithmen für die Internet-Arbeit; nicht direkt vergleichbar mit dem heutigen TCP (Transport Control Protocol))

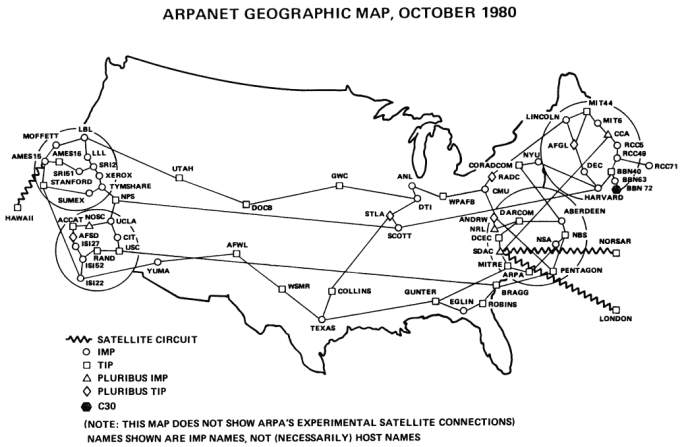
1976 IP-Router (STRAZISAR)



1978 Vollzug der Auftrennung in die Schichten TCP (Transport-Schicht) und IP (Internet-Schicht)

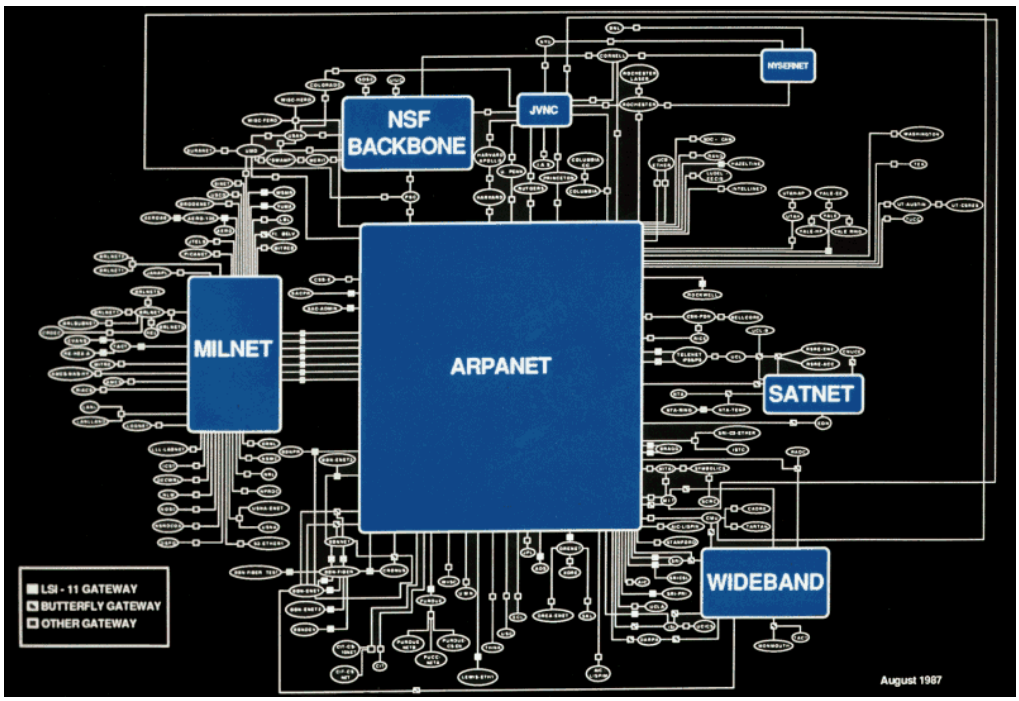
??? FTP
??? weitere Internet-Service's / Internet-Anwendungen

1980 Ethernet mit 10 Mbit/s verfügbar (meist in Bus-Topologien)
Einführung der WLAN's nach IEEE 802.11 (entgültige verabschiedung 1997; deshalb damals auch schwierige Kopplung der Geräte und Netze)



1981 RFC 791 beschreibt das heute weit verbreitete IPv4

1983 im ARPANET vollständige Umstellung der Adressierung auf TCP/IP (→ IPv4)
damit praktisch die echte Geburtsstunde des heutigen Internet's
Urväter CERF und KAHN
Aufspaltung in ziviles, öffentliches Netz (weiterhin ARPANET) und ein relativ unabhängiges militärisches, geheimes Netz (MILNET)



Netze um 1987

nächster Entwicklungs-Schub war die Verfügbarkeit von PC's (1975 bzw. 1981)

1985 erste Domain registriert (nordu.net) Einführung des DNS-Dienstes zur Übersetzung von Domain-Namen in nutzbare IP-Adressen
rund 2'000 Host's im Netz
Netzwerk-Bridge als Geräte-Klasse eingeführt



ab 1986 wird die Anbindung aller Universitäten der USA gefördert

1988 erster Internet-Wurm (betroffen sind 10 % der 60'000 angebundenen Host's)

1989 rund 150'000 im Netz
Einführung des www / http durch BERNERS-LEE vom europäischen CERN
entwickelte HTML als Seiten-Beschreibungssprache
1990 erster Web-Browser zum Anzeigen von HTML-Seiten und einer passenden Server-Software (für Unix-/Linux-Rechner) durch VAILLIAU und BERNERS-LEE ("Geburtsstunde des www)

wichtigster Service ist www / http
hat die Verbreitung des Internet's für den "Normal"-Nutzer in Gang gesetzt

1990 Still-Legung des veralteten ARPANET's
erste (noch heute besuchbare web-Seite http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html)
große EtherSwitches (von Kalpana) zur Verbindung von großen Ethernet-Domainen

1993 erster Browser mit graphischer Benutzer-Oberfläche "NCSA Mosaic"
damit Internet (www) für die breite Masse nutzbar
heute rund 1 Mrd. Rechner im Internet (über DNS ansprechbar)
weltweit rund 4,5 Mrd. Internet-Nutzer
mit 20 Mrd. Web-Seiten (extrem dynamisch)

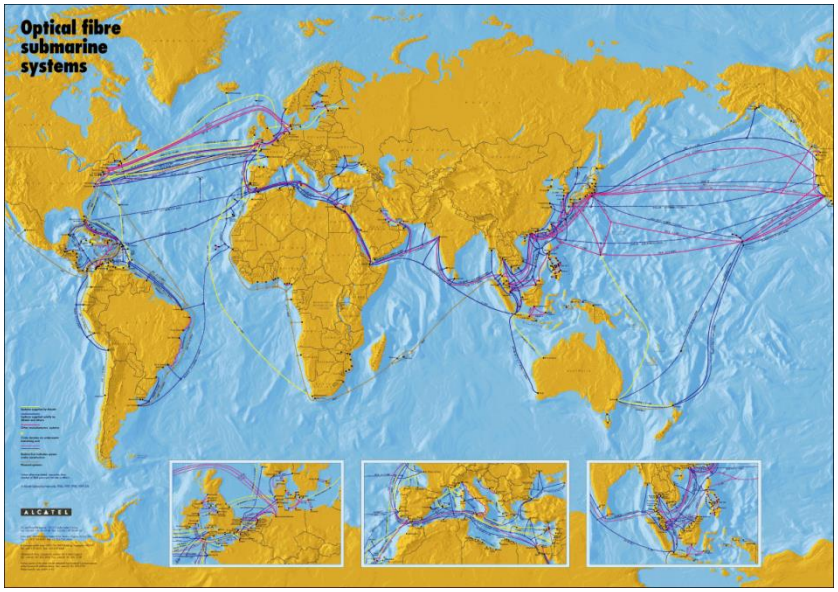
1994 Standardisierung der Dienste über das W3C (World Wide Web Consortium)
Gründung von Netscape (Vorläufer des FireFox-Browser's "Netscape Navigater" (war noch Kauf-Programm; aus Mosaic-Browser abgeleitet)) und amazon
Zeit des Browser-Krieg's; jeder Hersteller versuchte besondere Feature's einzubauen, um sich gegen die Konkurrenz durchzusetzen
Netscape führt SSL in der 1. Version ein; zusätzliche (optionale) Schicht zwischen der Transport- und der Anwendungs-Schicht

1995 wird mit Windows 95 der erste mitgelieferte Browser ("Internet Explorer") ausgeliefert
Gründung vieler innovativer Firmen mit Internet-Thematiken (dot-com's)
großer Hype an der Börse, Handel mit Ideen für's Internet, aber noch wenig Umsetzung, dot-com-Blase platzte dann 2001
Ethernet mit 100 Mbit/s nun vorrangig als Stern-Topologie (vorrangig an Hub's, später dann Switche)

große Suchmaschinen waren zu dieser Zeit Fireball, Altavista, yahoo

1998 Gründung von Google mit neuem Ranging-Algorithmus () und besonders einfacher Start-Seite
heute dominierende Suchmaschine
mehrere weitere Unterbereiche (Firmen) im Konzern

1999 Ethernet mit 1 Gbit/s vorrangig als Backbone gedacht (heute im normalen LAN Standard)
WLAN nach IEEE 802.11a mit 11 Mbit/s
Standardisierung der Internet-Sicherheit aus SSL V.3.1 wird TLS 1.0



interkontinentale optische Netzwerk-Verbindungen

2001 Gründung des wikipedia-Projekt's
Ethernet mit 10 Gbit/s praktisch nur für proffessionelle Zwecke , z.B. als Backbone (Hardware und Verkabelung sehr anspruchsvoll und teuer)

2003 Gründung von facebook (ZUCKERBERG)

2005 Wandlung vom Web 1.0 (dem Angebot's-Netz bisher zum Mitmach-Netz Web 2.0)
youtube (Musik- und Video-Streaming)
social web, semantic web, service web

2007 erste verbreite Smartphone's (iPhone von apple)

2014 Orientierung auf mobile web
zusätzliche Ethernet-Version mit 2,5 und 5 Gbit/s mit vereinfachter HardwVre und verkabelung

ab 2015 verbreitet sich IoT (Internet of Things) sehr stark

??? VoIP

??? Cloud's / Cloud-Computing

2018 Einführung / Standardisierung von TLS 1.3

2019 neueste WLAN-Standard's für 11 Gbit/s nach IEEE 802.11ax&ay

Web-Entwicklungs-Stufen

- **Web 1.0**
  Web of Content
  statische Internet-Seiten
  einfache Graphik, wenig Multimedia
  geringe Seiten-Größen und Auflösungen

- **Web 2.0**
  Web of Communication
  Multimedia
  interaktives Web
  dynamische Web-Seiten
  soziale Netzwerke

- **Web 3.0**
  Web of Context
  semantische Web
  personalisierte Web-Seiten
  Verkaufs-Vorschläge ("andere Nutzer haben auch gekauft …")

- **Web 4.0**
  Web of Thinks
  Einbindung von Geräten, Sensoren, Aktoren ins Netz
  Smarthome (Haus-Automation),
  Optimierung auf mobile Geräte
  virtuelle Netzwerke
  Geo-Tracking
  virtuelle Realität

- **Web 5.0**
  Web of Throughts
  Anwendungen der Künstlichen Intelligenz
  Steuerung über Blicke, Gedanken, …

8.1.3. Smartphone's als neue Dimension der Internet-Nutzung

angefangen hat es mit dem Nokia 9000 Communicator (15. August 1996)
damals war Europa – hier speziell Norwegen – noch das Zentrum der Handy-Innovationen
als "Büro in der Westentasche" (Preis 2'700 DM)
Telefon + FAX + Adressbuch + Taschenrechner + Notizblock + Internet-Browser

Multimedia und Apps kaum möglich, es fehlte die Bandbreite

WAP Wireless Application Protocoll
ab 1997
sorgte für bessere Ausnutzung der kleinen Display's (meist noch einfache Hanfy-Display's, vielfach sogar noch einfarbig)
geringe Datenmengen und kleinere Ladezeiten → geringere Kosten (noch getaktete Abrechnungs-Modelle)

erstes iPhone 09. Januar 2007
erstes echtes Smartphone im heutigen Design; Touchscreen !!!
intuitive Bedienung
Telefon + Mediaplayer + Kalender + eMail + Notizen + … + weitere Apps möglich → mobiles Kommunikations-Gerät

heute immer mehr Sensoren, größere Display's, Digital-Kamera, …
App's bringen heute die wesentliche Funktionalität der Smartphone's aus

nach dem Ort der Datenverarbeitung unterscheidet man heute die

App-Typen

- **native App's**
  für das konkrete Betriebssystem entwickelt
  haben Zugriff auf Hardware-Resourcen und Betriebssystem-Funktionen
  Installation übers Internet (aus App-Store)
  für den Betrieb an sich keine Internet-Verbindung notwendig
  oft Internet für die Nutzdaten gebraucht

  Wartung / Aktualisierung / … u.U. aufwendig
  u.U. eingeschränkte Nutzung ohne Internet möglich

- **web-App's**
  Nutzung über Internet (im Browser)
  unabhängig vom Betriebssystem, aber von einem aktuellen Browser
  keine Installation notwendig
  Wartung / Aktualisierung / … erfolgt auf dem Server des Anbieters

  keine Nutzung möglich, wenn kein Internet verfügbar ist
  begrenzte Zugriffe auf Hardware-Ressourcen und Betriebssystem-Funktionen

- **hybride App's**
  Kombination der Vorteile aus den nativen und web-App's
  meist für mehrere Betriebssystem ausgelegt
  viele Funktionen brauchen kein Internet
  erweiterter Daten-Austausch übers Internet
  Daten-Verbindungen unabhängig vom Betriebssystem

  für die volle Nutzung muss Internet verfügbar sein

mit ihrem mobilem Zugang zum Internet war die Erfolgs-Geschichte erst möglich

heute praktisch hat jeder 2. Weltbewohner ein Smartphone od.ä.

negative Konsequenz → ständige Verfügbarkeit; steigender Streß

8.2. Rechnernetze als Basis des Internet's

Bit's und Byte's

Daten-Kodierung erfolgt auf der Basis des Dual-System (also nur durch 0 und 1 (bzw. AN und AUS oder Strom / Spannung vorhanden und nicht-vorhanden)

bit (binary digit) ist eine Binär-Zahl od. auch Dualzahl

Kodierung muss standardisiert sein, damit Daten für alle Netzwerk-Beteiligten gleichartig verstanden werden
Kodieren und Dekodieren sind entgegengesetzte Teilfunktionen

Daten werden als Bit-Folgen kodiert
für Versand ist die Kenntnis der Daten-Kodierung nicht notwendig
hier meist spezielle Kodierung der Informationen 0 und 1 als Spannung oder Licht-Impuls usw. usf. notwendig; aber gleiches Prinzip, wie bei Daten-Kodierung
Bit's werden in physikalische Signale umgesetzt und so übertragen

Leitungs-Kodierung legt fest, wie ein Signal in der physikalischen Ebene (Schicht) übertragen wird
Ziel ist eine optimale und fehlerfreie Daten-Übertragung auf einem bestimmten (Übertragungs- / Kommunikations-)Medium

Ethernet
Kabel-gebunden, Kabel wird von allen Netzwerk-Teilnehmern genutzt
Ziel ist senden und gleichzeitigen Lesen (Lauschen) auf dem Medium (CSMA/CD als Verfahren)
Anfang und Ende einer Übertragung muss sauber identifizierbar sein
einheitlicher Takt / Synchronisationen

Grund-Bit-Pakete sind 8 bit, die als Byte zusammengefasst

nach SI-Einheiten-System (für den Normalgebrauch)			**nach IEC-Festlegung (für den informatischen Fachbereich)**			**Fehler [%]**
dezimal Skalierung Skalierungs-Faktur: 1'000 = 10^3			**binäre Skalierung Skalierungs-Faktor: 1'024 = 2^{10}**			
Wert	**Abk.**	**Präfix**	**Wert**	**Abk.**	**Präfix**	
10^3 = **1'000**	k	Kilo	2^{10} = **1'024**	Ki	Kibi	4,63
10^3 = **1'000**^{2} = 1'000'000	M	Mega	2^{20} = **1'024**^{2} = 1'048'576	Mi	Mebi	
10^6 = **1'000**^{3}	G	Giga	2^{30} = **1'024**^{3}	Gi	Gibi	
10^9 = **1'000**^{4}	T	Tera	2^{40} = **1'024**^{4}	Ti	Tebi	
10^{12} = **1'000**^{5}	P	Peta	2^{50} = **1'024**^{5}	Pi	Pebi	
10^{15} = **1'000**^{6}	E	Exa	2^{60} = **1'024**^{6}	Ei	Exi	

binäre, dezimale und hexadezimale Zahlen-Darstellung

	zulässige Ziffern-Symbole	Zahlen-Basis	Beispiel (exakt)	häufige / alternative Notierung in der Informatik	
binär	0, 1	2	1110_2	1110b 0x1110	
dezimal	0, 1, …, 9	10	14_{10}	14	
hexadezimal	0, 1, …, 9, A, B, …, F	16	E_{16}	0xE	

für hexadezimale Symbole dürfen auch Kleinbuchstaben verwendet werden

Netzwerke und Netzwerk-Typen

Netzwerk als Zusammenschluß von Geräten zum Daten-Austausch
Geräte-Kommunikation

Netzwerk charakterisiert:
- Infrastruktur
- Daten-Pakte
- Adress-Formate
- Zugriffs-Steuerung
- …

innerhalb eines Netzwerkes müssen die Netzwerk-Mermale (Charakteristika) einheitlich sein

Voraussetzungen für ein Netzwerk:
- Kommunikations-Protokolle
-

Netzwerk-Typen

- **LAN** lokale Netzwerke (z.B. Ethernet (bedeutenste Technologie))
- **WLAN** kabellose Netzwerke (meist Funk)
  auch Ethernet
- **WAN** Weitverkehrs-Netzwerke
- **…**

Netzwerk-Komponenten
- **Endgeräte** (Host's: Laptop's, PC's, Tablet's, Smartphone's, Server, Sensoren, Aktoren, …)
- **Zwischen-Systeme / Infrastruktur-Komponenten** (Router, Hub's, Switche, Repeater, …)
- **physikalische Verbindungen / Trägermedien** (Kabel, WLAN-Funk, Infrarot, …)

Client-Server-Paradigma (→ Rollen im Netz)

- Server: Anbieter von Daten oder Leistungen; wartet auf Anfragen
- Client: Nutzer / Anforderer / Abfrager von Daten und Leistungen; startet Kommunikation mit Server

ein Server kann mehrere / viele Client's bedienen
ein Client kann an mehrere Server Anfrgen (Request's) starten
Server überprüft Berechtigung (→ Autorisation) des Client's (Vorgang: Autorisierung)

Verbindungs-Typen

- **Leitungs-Vermittlung**

  Verbindung über eine konkrete Leitung (Punkt-zu-Punkt-Verbindung)
  Länge der Daten ist frei von beiden Host's bestimmbar
  Verbindung besteht auch, wenn keiner der Host's sendet (→ beide Host's: lauschen)

  vergleichbar mit:
  - Telefonat

- **Paket-Vermittlung**

  Verbindung kann von beiden Host's genutzt werden
  auch andere Host's können diese Verbindung nutzen
  Daten werden in Pakete verpackt (haben bestimmte Länge und Struktur)
  auch andere (auch nicht berechtigte) Host's können mitlesen

  vergleichbar mit:
  - Paket-Dienst der Post

physikalische Medien unterliegen immer auch Störungen und Abschwächungen
außerdem wird aus Effektivitäts-Gründen auch immer in der Nähe von Limit's gearbeitet
deshalb auch immer Fehler-Erkennung und –Korrektur notwendig

für größere Distanzen sind Zwischen-Verstärker od.ä notwendig
für komplexere Netze sind Verteiler der Daten notwendig

jeder Host verfügt über (mindestens) einen Netzwerk-Adapter
dieser wandelt die Bit-Folgen zuerst in eine für das Netzwerk geeignete Form / ein Format und dann werden diese in physikalische Signale (für das Übertragungs-Medium) umgesetzt
dann Übertragen der physikalischen Signale auf das Medium

Übersicht zu Netzwerken des Host's

- **Windows** `ipconfig`
- **macOS** `ifconfig`
- **Linux** `ifconfig`

Einteilung der Netze nach ihrer räumlichen Ausdehnung

- **PAN**
  Personal Area Network — bis um 10 m (Raum)
- **LAN**
  Local Area Network — bis um 1 km (Gebäude, Firma, Campus)
- **MAN**
  Metropolitan Area Network — bis um 10 km (Stadt, Ortsteil)
- **WAN**
  Wide Area Network — 100 – 1'000 km (Land, Bezirke, Kreise)
- **GAN**
  Global Area Network
  Internet — 10'000 km (gesamte Erde)

Einteilung nach organisatorischer Abdeckung

- **BAN / WBAN**
  (Wireless) Body Area Network — Objekt- bzw. Person-bezogenes Netzwerk
  Smartwatch + Smartphone + Sensoren etc. in der Kleidung
- **PAN / WPAN**
  (Wireless) Personal Area Network — persönliches / individuelles Netzwerk eines Raumes / Labor's / …
- **LAN / WLAN**
  (Wireless) Local Area Network — lokales Netzwerk eines Gebäudes

Einteilung der Netze nach ihrer Aufgabe (Einsatz-Charakteristik)

- **Funktions-Verbund** — Netze aus Rechner mit spezieller Ausstattung / Peripherie / Datenstrukturen / Rechenleistung (Rechner-Cluster)… zusammengestellt wurden
- **Last-Verbund** — Netze aus Rechner, die Belastungen (und Ausfälle) untereinander ausgleichen / verteilen
- **Daten-Verbund** — Netze aus Rechnern, die gemeinsam die Daten beinhalten
- **Sicherheits-Verbund** — Netze aus Rechnern, die bei Ausfällen die Aufgaben übernehmen (eigentlich untergeordnete Rechner übernehmen nun die Aufgabe)
  z.B. sekundäre Domain-Controller, die einen primären Domain-Controller ersetzen können)

VPN (Virtual Private Network)
(i.A. verschlüsselte) Punkt-zu-Punkt-Verbindungen über Paket-vermittelte Netzwerke

SAN (Storage Area Network)

Einteilung der Netze nach ihrer Beschaffenheit / Strukturierung

- **homogen** besteht aus gleichartigen Host's
  gleich Netzwerks-Muster
- **inhomogen** besteht aus verschieden-artigen Host's
  offene Netzwerke / Netzwerks-Muster

- **öffentlich** frei verfügbar; prinzipiell für alle Host's nutzbar
- **privat** nur für bestimmte Auswahl an Host's zugänglich

Einteilung der Netze nach Verbindungs-Typen

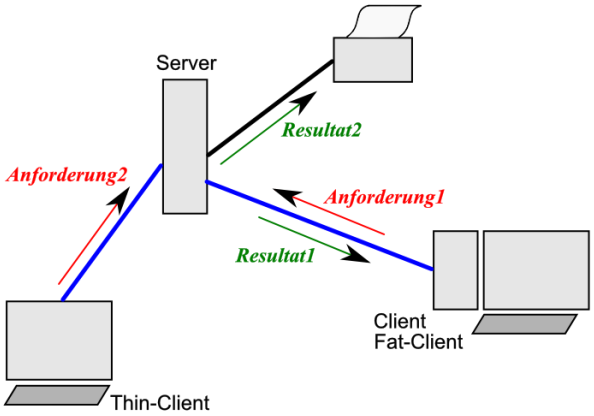
-
-
-

Einteilung der Netze nach ihrer Topologie

- **Bus** alle Hots's befinden sich entlang eines Verbindungs-Medium
  es kann immer nur ein Host senden (simplex), aber alle (anderen) empfangen die Daten gleichzeitig
  Kollisionen müssen ausgeschlossen werden (sonst Vermischung von Signalen)
  heute teilweise weniger problematisch durch Voll-Duplex-Leitungen
- **Ring** Verbindungs-Medium ist Ring-förmig ausgelegt
  Daten werden von einem Host zu einem Nachfolge-Host weitergereicht
  beim Ziel wird Paket aus Medium entfernt und Quittierung gesendet (über Bachfolge-Host bis zum ursprünglichen Sender)
- **Stern** Host's hängen an einem Zentral-Host (ev. kaskadiert)
- **Netz**
- **gemischt**

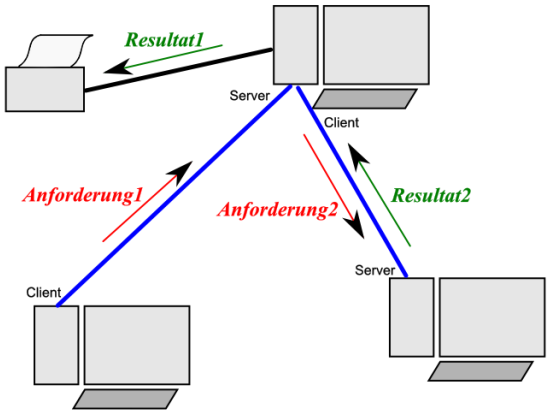
Wer ist der Chef im Netzwerk?

Normalerweise stehen auf einem PC Daten und Anwendungs-Software im Speicher oder auf einem Datenträger bereit. Die Kommunikation läuft über den Bus. Der Prozessor kontroliert und steuert den Bus.
So einfach gehat es aber in Netzwerken nicht mehr. Hier sind die Rollen nicht so unkompliziert geklärt und auch nicht so star. Ein Gerät kann man Daten-Lieferant sein, mal Daten-Verarbeiter und dann mal wieder Daten-Empfänger. Mit den Eintritt weiterer Geräte ins Netzwerk könnenen sich die Rollen dann schnell ändern. Man spricht auch von verteilten Anwendungen oder Systemen.
In den meisten Netzwerke und Protokollen nutzt man eine klare Rollen-Teilung.
Ein Gerät möchte Daten haben. Die Daten-Nutzer oder –Anfrager werden Client genannt. Ein Client stellt also eine Anfrage (Request). Diese Anfrage geht an der Server. Er stellt die Daten bereit und antwortet auf die Anfrage des Client's mit einem Reply. Diese Kommunikation kann sich beliebig oft wiederholen.
Allerdings verhält sich der Server mehr passiv. Er wartet auch einen Request (eine Anfrage). Nur dann wird er kurzzeitig etwas tun und mit einem Reply antworten. Die aktive Rolle kommt mehr dem Client zu. Der Client stellt die Anfrage und wartet dann auf die Server-Antwort, um diese dann weiter zu bearbeiten.



I.A. gibt es in einem Netz nur vereinzelte Server, aber viele Client's.
In der sparsamsten Version kann der Client nur die Ein- und Ausgabe-Kommunikation mit dem User.Wir sprechen dann von einem Thin-Client. Oft bestehen Thin-Client's nur noch aus Tastatur, Maus und einem Monitor sowie einer Netzwerk-Schnittstelle. Alle Berechnungen werden auf dem Server getätigt. Der Server ist praktisch der Chef des System's.
Fat-Client's sind dagegen vollwertige Rechner. Sie haben einen normalen rechner als Basis. Berechnungen werden zumeist hier ausgeführt. Der Server dient vorrangig zum zentralen-Verwalten und Speichern von Daten.
Da Client und Server praktisch nur agierende Software-Produkte sind, können Client und Server auch auf dem gleichen Rechner laufen. Eine räumliche Trennung von Client und Server sind gut möglich und meist auch die Grundlage, aber es ist keine notwendige Veraussetzung für eine praktische Kommunikation.

Die Client-Server-Kommunikation ist der vorrangige Typ im Internet. Man spricht auch vom Client-Server-Prinzip (Client-Server-Paradigma).
Als Gegen-Konzept wird oft das Peer-to-peer-System genannt. Hierbei sind die Geräte sachlich gleichberechtigt. Wenn man allerdings genau hinsieht, dann ist auch in einen Peer-to-peer-Netzwerk auch die Rollen-Verteilung in Client und Server realisiert. Allerdings sind die Geräte hier immer beides – Client und Server. Nur im Augenblick sind mehr mit einer Rolle beschäftig.



Damit die Kommunikation in dynamischen Netzen mit verschiedensten Client's und Servern vonstatten gehen kann, müssen auf allen Geräten eindeutig ansteuerbare Kommunikations-Endpunkte eingerichtet sein. Man spricht auch von Service Access Points oder Sockets.
Diese sind Betriebssystem-übergreifend festgelegt.
Ein Socket ist eine IP-Adresse und ein definierte Port-Nummer. An diese Port-Nummer ist dann die zugehörige Anwender-Software angebunden.

Lokale Netzwerke (LAN / WLAN)

praktisch privat durch spezielle Adressen

Broadcast-Prinzip (Rundfunk- / Rundruf-Prinzip)
Übertragungsmeddium wird von allen Nutzer gemeinsam genutzt
Daten werden praktisch alle Nutzer gesendet
jeder Empfänger nutzt nur die Pakete, die für einen selbst gedacht ist
alle anderen ignorieren das Paket (Achtung!: hier besteht immer Lausch-Gefahr!)
Ziel-Adresse ist im Header des Daten-Paketes eingebaut

Adressen müssen innerhalb eines Netzes eindeutig sein
Adressen sind Werte-Kombinationen in bestimmten Formaten

local Host: 127.0.0.1
lokaler Gateway / Router (häufig): 192.168.0.1

nennt man IP-Adressen (Internet Protokoll-Adressen)
bestehen aus Präfix, der das Netzwerk charakterisiert
und Suffix, der den individuellen Host angibt

Sender:
(W)LAN-Karte erhält Daten von einem Programm
packt die Daten in ein oder mehrere definierte Pakete
setzt in Pakete die Ziel-Adresse und die eigene Absender-Adresse ein
ergänzt noch technische Informationen

gibt dann das Paket auf dem Medim (Kabel oder Funk) aus
alles direkt auf dem Netzwerk-Adapter (Netzwerk-Karte) ohne Beteiligung der CPU usw.

Individual-Adressen:
Adresse eines Host's (gemeint eines Netzwerk-Adapter's)

Multicast-Adressen
gemeinsame Adresse der Host's eines Netzwerkes bzw. eines Bereichs daraus (Gruppen-Adresse)

Broadcast-Adressen
gemeinsame Adresse aller Host's eines Netzwerkes (immer alle Host's angesprochen)
z.B. für technische Zwecke
Broadcast-Domain sind alle Rechner, die in einem Netzwerk ein per Braodcast versendetes Signal empfangen können

MAC-Adressen
Media Access Controll Adress
Hardware-Adresse des Netzwerk-Adapter's
praktisch weltweit einmalig
vom Hersteller vergeben (teilweise aber änderbar, muss aber innerhalb des Netzes eindeutig bleiben)
12-stellige Hexadezimal-Zahl (eigentlich 6 Byte Dualzahl), Doppelpunkt-getrennt

Datenpakete bestehen immer aus Header (Kopf-Daten) und Nutzdaten

Prä-ambel	Ziel-Adresse	Quell-Adresse	Typ	Nutzdaten	...		CRC

Kopplung von LAN's

Kopplungs-Bauteile in Netzwerken

- **optisches Modem** — für längere Entfernungen (verbinden Netzwerke über anderes Medium)
- **Repeater** — Zwischen-Verstärker (innerhalb eines Netzes)
- **Hub** — koppeln von Netzwerken bzw. Host's mit der gleichen Technologie
  Daten werden an alle Teilnehmer weitergereicht
- **Bridge** — Koppeln von Netzwerken mit verschiedenen Technologien
- **Switch** — koppeln von Netzwerken bzw. Host's mit der gleichen Technologie
  Daten werden nur an den Empfänger weitergereicht
- **Router**

Ethernet

wichtigste LAN-Technologie
entwickelt von METCALFE und BOGGS Anfang der 1970er Jahre
Kabel-gebundenes System
Ethernet-Kabel ist das Medium dieser Technologie (Ether genannt)
Übertragungs- und Kollisions-Vermeidungs-Technologie → CSMA/CD (Carrier Sense Multi Access / Collision Dedection))
Festlegung der Daten-Pakete → Ethernet-Frame's

Präambel	Ziel-Adresse	Quell-Adresse	Typ	Nutzdaten	...		CRC
8 Byte	6 Byte	6 Byte	2 Byte	45 – 1'500 Byte			4 Byte

Präambel-Bytes sind 10101010-Dualzahlen → wecken die Empfänger auf und synchronisieren die Host's
letztes Präambel-Byte ist 10101011

Verbindungs-loser (connectionsless) Service → keine (sichere) Punkt-zu-Punkt-Verbindung
unzuverlässoger (non-reliable) Dienst, da es selbst bei unvollkommenen Übertragungen keine Bestätigug (Acknowledgement) oder Fehlermeldung an den Sender gibt
Fehler-Korrektur nur über höhere Netzwerk-Schichten / übergeordnete Programme möglich

CSMA/CD

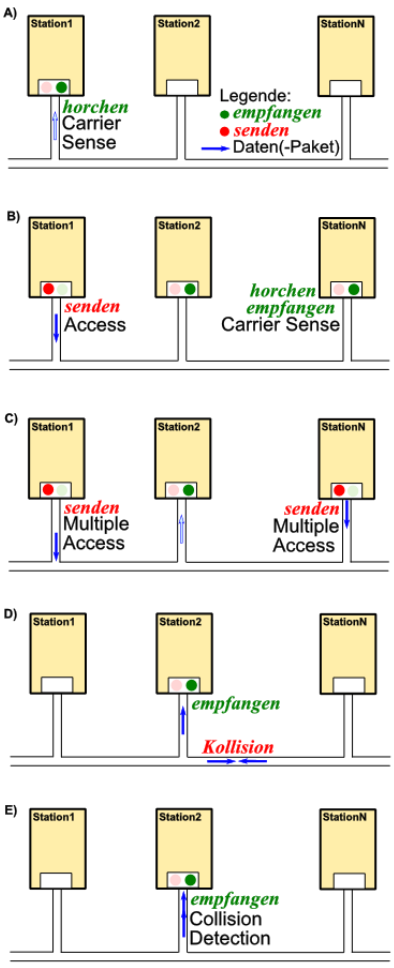
alle Empfänger lauschen
immer nur ein Paket zu einem Zeitpunkt übertragbar
wenn das Medium frei ist, dann sendet der Sender ein Paket praktisch an alle
ist Medium besetzt, dann wird eine kurze (zufällige) Zeit (Back-off-Time) gewartet und das Senden erneut versucht
bei zufälligen Kollisionen (unsaubere Signale, Fehler in den Daten, …) wird Übertragung abgebrochen (JAM-Signal)

zu eine Collision-Domain gehören alle die Host's, zwischen denen es beim gleichzeitigen Senden zu einer Kollision kommen kann

Ethernet-Segment sind alle die Rechner, die über ein Ethernet-Kabel (einschließlich Hub's und Switches) verbunden sind
bildet somit eine Collisions-Domaine

Repeater verbinden zwei (gleich-adressierte) Ethernet-Segmente zu einer Collision Domain

Bridge verbinden zwei (gleich-adressierte) Ethernet-Segmente ohne eine gemeinsame Collision Domain



Switches verbinden zwei (gleich-adressierte) Ethernet-Segmente / Host's ohne eine gemeinsame Collision Domain
Switch entscheidet über die Weiterleitung eines Paketes auf einem ausgewähltem Port (oder dem Verwerfen)

Router verbinden zwei unterschiedliche adressierte Ethernet-Segmente ohne eine gemeinsame Collision Domain
entscheidet über die Weiterleitung eines Paketes in ein anderes LAN (oder dem Verwerfen)

Ethernet-Medien

- **Koaxial-Kabel** — Ring- oder Bus-Topologie
  bis 10 Mbit/s
  ab 1980
- **Twisted Pair** — Stern-Topologie
  10 / 100 / 1000 Mbit/s
  100 Mbit-Version heißt Fast-Ethernet; ab 1995
  ab 1999 Gigabit-Ethernet: 1000 Mbit/s = 1 Gbit/s
  ab 2001 gibt es für MAN und GAN das 10 Gbit-Ethernet
  ab 2015 dann auch 2,5 oder 5,0 Gbit/s z.B für PoE (Power over Ethernet) (günstigere Hardware und Verkabelung)
- **Glasfaser**
  ab

weiterhin Unterscheidung nach:
Anzahl der anschließbareren Host's
Bandbreiten / Topologie (s.a. oben)

Charakteristika:
- mehrere Hundert Rechner in einem LAN
- Ausdehnung bis rund 1 km

Vorteile:
- relativ hoher Datendurchsatz
- reringe Verzögerung in der Daten-Übertragung (da keine Speicher oder Transport-Logik gebraucht werden)
- einfache Algorithmen
- faires System
- hohe Zuverlässigkeit
- sehr stabel unter hoher Last
- 90 % der Kapazität werden (max.) praktisch genutzt

Nachteile:
- unsicher, da alle Nutzer ständig lauschen und fremde Pakete auch nutzen können
- keine Korrektheits-Kontrolle oder Fehler-Korrektur
-

WLAN – lokale Funk-Netzwerke

Wireless Local Area Network
Kabellose Netzwerke

mögliche Mobilität ist entscheidender Vorteil

Ursprung war ALOHAnet, das die Hawaiianischen Haupt-Inseln verbunden hat, ab 1971
ein Zentral-Rechner (Access-Point), mehrere Clients; Verbindung 9'600 bit/s = bps)
praktisch eine Stern-Topologie

Standard IEEE 802.11
802 charakterisiert Netzwerke
11 die Funk-Standard's
angehängter Buchstabe bestimmt der Version

WLAN-Standard's

- **a** 54 Mbit/s
  5 GHz
- **b** 11 Mbit/s
  2,4 GHz
  Verschlüsselungs-Verfahren WEP (Wired Equivalent Privacy)
- **i** Verbesserung des veralteteten Verschlüsselungs-Verfahren WEB auf WPA und WPA2
- **g**
- **n**
- **ac**
  Ziel: mehr Geschwindigkeit
- **ax** WiFi 6; neuester Standard (Nachfolger von ac)
  Ziel: mehr Host's
  ab 2018

moderne WLAN-Router sind Dualband-Geräte für 2,4 und 5 GHz

Freqenz-Band	**2,4 GHz**	**5 GHz**
Merkmale		seltener genutzt
Vorteile	vor allem auch von älteren Geräten unterstützt höhere Reichweite	mehr überlappungs-freie Kanäle
Nachteile		

(c,p) 2015 – 2025 lsp: dre

Hidden-Station-Problem
durch Überlappung der Funk-Reichweiten
z.B. mehrere WLAN-Access-Point's in einem Netzwerk
entfernte Host's haben keine Informationen zum Funk-Betrieb an anderen Access-Point's
mehrere Access-Point's empfangen Signale von einem Host (ev. leicht Zeit-versetzt)
hier jetzt CSMA/CA-Verfahren
CSMA wie bei Ethernet
CA Collision Avoiddance ()

- potentieller Sender sendet RTS-Signal (Request To Send)
- verfügbarer Empfänger sendet CTS-Signal (Clear To Send)
- aktivierter Sender sendet nun DS-Signal (Data Send) und dann ein Daten-Paket
- aktivierter Empfänger sendet ACK-Signal als Bestätigung des Empfang's (Acknowledgement)
- alle Funk-Geräte, die RTS/CTS hören, warten (eine zufällige Zeit, bis dann wieder ein RTS gesendet wird)
- dadurch können Kollisionen nur noch im Bereich der RTS- und CTS-Signale passieren (nicht mehr aber beim Daten-Senden)

Exposed-Station-Problem
trotz überlappender Funk-Bereiche liegen Access-Point's soweit auseinander, dass sie untereinander keinen direkten Funk-Verkehr aufmachen können (es wird eine Zwischen-Station gebraucht)
MACAW-Verfahren (Multiple Access with Collision Avoidance for Wireless)

- entferntes Gerät sendet RTS
- eine freie Zwischenstation (ohne benutzte Verbindungen in seinem Bereich) sendet nach einer kurzen Pause mit einen RRTS (Request for Request To Send) (Pause notwendig, damit direkte Empfänger vorher mit CTS antworten können(, dann wird Zwischenstation nicht benötigt))
- weiter, wie beim CSMA/CA

Sicherheit in Funk-Netzen

potentiell unsicher, da jeder Funk mitempfangen kann
Parkplatz-Attacke möglich
passives Mihören der Funk-Verbindungen (Mitschneiden des Daten-Verkehrs) praktisch spurlos möglich
ev. durch Cracken oder statistischen Analysen auch Mithören von verschlüsselten Verbindungen

aktives Erforschen / Lesen / Schreiben im angeschlossenen Netzwerk

Verschlüsselungs-Verfahren

• **WEP** **Wired Equivalent Privacy**	IEEE 802.11b RC4-basiert durch Mitschneiden des Funkverkehrs lassen sich Teile des Schlüssels erschließen
• **WPA**	
• **WPA2**	u.a. z.B. AES-basiert
• **WPA3**	zukünftiger Standard deutlich verbesserte Authentifizierung und Kryptographie Perfect Forward Secrecy

Aufgaben:

1.

2. In einem vom Internet-Provider oder selbst gekauften "WLAN-Router", wie z.B. eine "Fritz!box" sind verschiedene Netzwerk-Geräte-Typen integriert. Welche sind das und welche Funktionen erfüllen sie?

3.

Netze für größere Entfernungen – WAN's

Wide Area Network
Broadcast hat hier wegen der Signal-Laufzeiten keine Bedeutung mehr
erste WAN's entstehen durch Zusammenschluß von LAN's untereinander und / oder Host's
es entseht meist praktisch ein virtuelles, offenes Netzwerk – ein kleines Internet

Daten werden in Pakete verpackt, ev. (im Header) als zusammengehörig markiert
auf den (ev. auch unterschiedlichen) zur Verfügung stehenden Verbindungen verteilt weitergeleitet
Verfahren ist Paket-Vermittlung (Packet Switching)
die passenden Geräte heißen Router (bringen Packet auf die (richtige) Tour (Route)
Router haben meist schon eine spezialiserte Hardware, aber auch spezielle Software (oft Linux-basiert)
Entscheidung wird aufgrund der Adress-Informationen (Präfix) getätigt
Pakete für fremde (nicht für das eigene) Netzwerke werden weitergeleitet, die für das eigene Netzwerk werden verworfen (weil sie finden intern einen Abnehmer /anderen Host))
Weiterleitung über das Next-Hop-Forwarding
der Router kennt eine nächste Weiter-Vermittlungs-Stelle (Next-Hop)
dafür gibt es die Routing-Tabelle
in der Tabelle sind weitere Netzwerke verzeichnet

Routing-Algorithmus
Auswerten der Ziel-Adresse

passenden Eintrag in Routing-Tabelle suchen
Weiterleiten des Paket's über die verzeichnete Verbindung

Routing im WAN

Routing ist das Bestimmen des optimalen Wegs eines Pakets vom Sender zum Empfänger
Auswertung der Ziel-Adresse aus dem Daten-Paket
Router wählt ein angeschlossenes Netzwerk für das Daten-Paket aus
Leitet das Paket in dieses Netz unter Verwendung der gebrauchten Technologie
praktisch Quellen-unabhängig (dem Router ist egal, wo das Paket herkommt, ihn interessiert nur das Ziel)
benutzt wird Optimalitäts-Prinzip, das besagt, dass die optimale Route nur vom Ziel abhängt (zurückgelegter Weg oder Quelle ist unwichtig)
dadurch Next-Hop-Algorithmus das optimale Verfahren

im Router ist das gesamte Netzwerk (als Graph) gespeichert
im Graph sind Knoten die Host's und die Kanten die Verbindungen
praktisch Tabelle von angeschlossenen Host's
jeder Router hat eine eigene – für ihn spezifische – Tabelle mit Host-Adresse (Präfix-Adress-Teil) und dem nächsten notwendigen Zwischen-Punkt (Next-Hop)
für alle möglichen Ziele muss ein passender Eintrag in der Routing-Tabelle vorhanden sein (→ universelles Routing) und es muss die optimale (kürzeste / billigste / mit den wenigsten weiteren Zwischenpunkten / größte Übertragungsrate) Verbindung (Route) eingespeichert sein

Verbindet man die optimalen Verbindungen aller angeschlossenen Host's H1, H2, …, Hn mit dem Ziel Z, dann entsteht ein Wurzel-Baum (Sink Tree). Dieser ist nicht eindeutig bestimmt.
Sink Tree hat eine natürliche Metrik, d.h. es existiert eine Aussage über die Anzahl weiterer Sprünge (HOP's) zum Ziel (Host). Im Sink Tree sind Schleifen ausgeschlossen, was dafür sorgt, dass nach endlich vielen Sprüngen das Ziel auch erreicht wird.

Routing-Algorithmen

konstruieren einen Sink Tree für ihre eigene Netzwerk-Position und den angeschlossenen / erreichbaren Netzwerken / Host's

zentrale Routing-Algorithmen
zentrale Instanz (zentraler Host) berechnet ein Routing-Tabelle
relativ rechen-intensiv, da Dynamik im Netz auch Dynamik in der Tabelle bedeutet, außerdem muss die (zentral-ermittelte) Tabelle immer wieder und überhaupt verteilt werden
Problem bei Fehlern → Fehler hier hat Konsequenzen für das gesamte System (Single Point of Failure)
auch immer Angriffs-Punkt für Attacken → bedeutet effektive Attacke

dezentrale Routing-Algorithmen
praktisch genutzt
jeder Router berechnet seine eigene Routing-Tabelle
dazu werden die nächstgelegenen Router nach ihren angeschlossenen Netzwerken befragt
bedeutet aber auch relativ lange Anpassungs-Phase
dazu gehören z.B. auch:

- isoliertes Routing
- Distanzvektor-Verfahren

- Link-State-Routing
- …

Cloud's und Cloud-Computing

Cloud (Wolke) als Symbol für das Internet
Nutzung von virtuellen Maschinen ((leistungsschwache) Endgeräte sind nur noch Ein- und Ausgabe-Geräte)

typische / bekannte Anwendungen:

- google drive
- one drive
- dropbox
- iCloud
- Bdrive
- …
- microsoft Azure
- amazon cloud
- telekom cloud
- …
- HiDrive
- teamdrive

ermöglicht:

- Zugang zu Daten von jedem beliebigen Internet-Standort
- kollaboratives Arbeiten
- hohe Verfügbarkeit von Daten (wikipedia, google, …)
- online-Gaming-Apps
- online Apps (Nutz-Programme)
- anspruchsvolle Programme auf leistungsschwachen Geräten

mögliche Probleme:

- viele (ev. sensible) Daten werden im Internet verarbeitet
- Konkurs von Cloud-Betreibern
- Weiter-Verkauf von Daten durch Cloud-Betrieber?
- versteckte Kosten
- Vefügbarkeit (Was passiert, wenn man mal keine Internet-Verbindung hat?)

8.3. Internet – das Netz der Netze

notwendige Geräte:

- Endgeräte (Rechner, Laptop's, Tablet's, Smartphone's, Lampen / Rolläden / Steckdosen / …, Fernseher, Spielekonsolen)
- LAN / WLAN
- Router / Modem

Account beim Internet-Service-Provider (ISP)

Charakteristika des Internet's

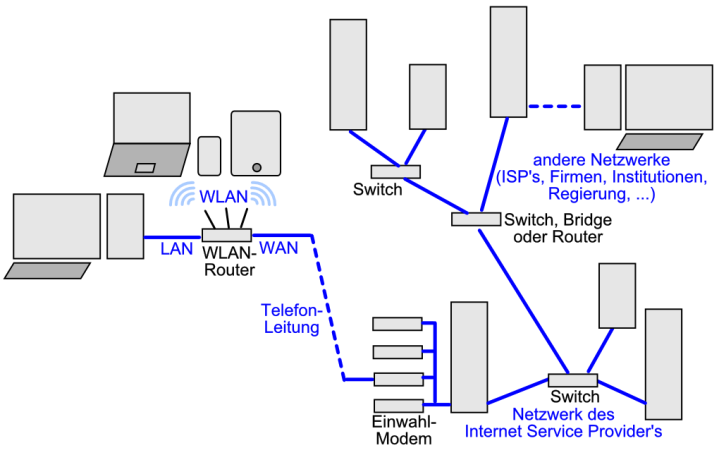
- virtuelles Netzwerk
- offenes / unfertiges Netzwerk
- Multi-Protokoll-Netzwerk

8.3.1. Kopplung der Vielzahl von Netzwerken - Internetworking

Netze unterscheiden sich stark – heterogenes Netz
jeweils begrenzt für ihren Einsatz-Zweck bestimmt, ausgelegt und optimiert
einfacher Zusammenschluß geht nicht, wegen inkompartibler Adressierungen und Protokolle

Internetworking ist das Konzept zum Zusammenschluß heterogener Netze zu einem einheitlichen Kommunikations-System (Internet)
es wird quasi ein virtuelles (Gesamt-)Netzwerk erzeugt

Netzwerke sind offen, können und sollen nicht durch zentrale Instanzen kontrolliert und gesteuert werden
Netzwerk muss sich selbst organisieren



Probleme:

- Adressierung über verschiedene Adressierungs-Systeme hinweg
- Paket-Formate und –Größen (z.B. größere / kleinere Pakete)
- Ziel-Findung über verschiedene Netzwerke hinweg, wobei von anderen Netzwerken praktisch nichts bekannt ist
- unterschiedliche Arten von physikalischen Signalen
- Berechnung von Routen (über weitgehend unbekannte Zwischen-Stationen)
- einheitliche / vergleichbare Fehler-Korrekturen (Fehler-Erkennung, Übertragungs-Fehler)
- Überlast auf Verbindungen
- …

Internet-Protokoll-Stapel
verschiedene gefühlte Aufgaben-Ebenen werden in Schichten / Protokoll-Stapel organisiert
→ TCP/IP ()

Standard's / Protokolle / (verschiedene) Software frei zugänglich

innerhalb eines Netzwerkes eindeutige Adressen, aber nicht über das gesamte Internet
es können z.B. die Router (in heimischen Netzwerken) immer 192.168.0.1 als Adresse haben
hätten sie diese Adresse auch nach außen, dann wären sie nicht unterscheidbar – es gäbe eine IP-Adress-Konflikt

Internet-Adressierung ist hierarchisch strukturiert
Umsetzung von Next-Hop-Verfahren

Zerlegung der Daten in definierte Pakete
unabhängige Übertragung der Pakete im Netz (→ durch unterschiedliche Paket-Wege kann sich die Empfangs-Reihenfolge ändern)
einzelne Pakete können fehlerhaft übertragen werden oder verloren gehen

Router verbindet 2 Netzwerke
Routing-Verfahren

- Sender erzeugt IP-Paket
- Netzwerk-Karte erzeugt z.B. Ethernet-Paket für ein LAN
- Router entnimmt IP-Paket aus dem Ethernet-Paket, prüft die Empfänger-Adresse und erzeugt ev. ein Übertragungs-Paket für das 2. Netz (z.B. WLAN-Paket)
- Router sendet WLAN-Paket ins 2. Netz

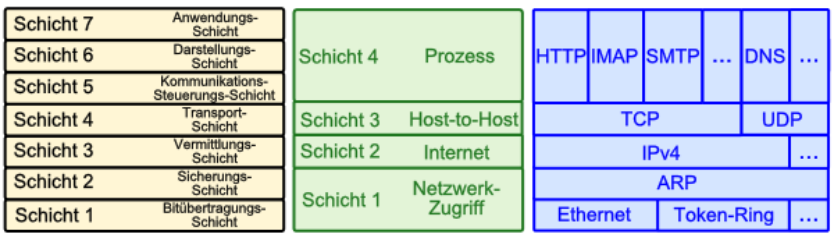
Internet-Protokoll-Stapel
notwendig sind:

- Adress-Protokolle
- Kommunikations-Protokolle
- Daten-Paket-Standard's

Zerlegung der Gesamt-Aufgabe auf bestimmte Teil-Aufgaben
da unterschiedliche Komponenten unterschiedliche Zugriffs-Bereiche haben, wird ein Schichten- bzw. Layer-Modell benutzt
zwischen den Schichten gibt es definierte / standardisierte Schnittstellen
jede Schicht kann und darf nur mit den angrenzenden Schichten kommunizieren (Schichten dürfen aber in einer Umsetzung zusammengefasst werden (ev. Verzicht auf Kompartibilität zu Lösungen mit "normaler" Schicht-Struktur)
Schichten sind immer Lösungen für spezielle Probleme / Aufgaben (von denen andere Schichten gar keine Kenntnisse haben müssen)
z.B. muss ein eMail-Programm nicht wissen, ob die eMail's über ein Ethernet oder ein WLAN übertragen werden. Diese Aufgaben-Ebene wird an passende Schicht delegiert

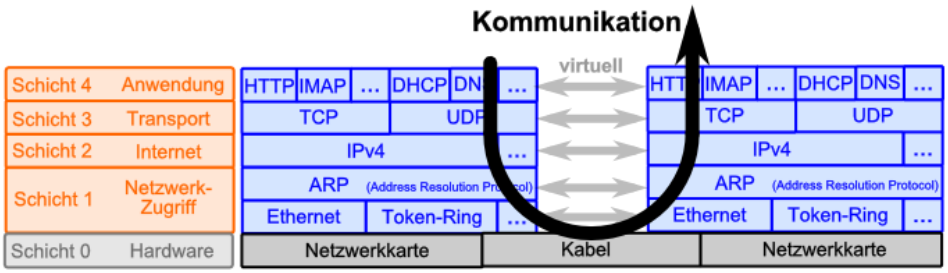
Im Normal-Fall müssen Sender und Empfänger mit dem gleichen Schichten-Modell arbeiten

Viele Schicht-Modelle zueinander kompatibel.



Gegenüberstellung mehrer Schicht-Modelle
(links: OSI-ISO-Modell, DoD-Modell, TCP/IP-Modell

Schicht-Folge beim Sender wird beim Empfänger umgekehrt



praktisch kommunizieren die zusammengehörenden Schichten bei Sender und Empfänger – zumindestens virtuell - miteinander

Ebene	Schicht od. Layer	Aufgabe
4	Application-Layer	Verarbeiten der Daten und Bereitstellung der zu übertragenden Daten für den Transport ins Netz bzw. die Rück-Übersetzung in die Datenstruktur des Anwender-Programm's z.B.: FTP, HTTP, SMTP, …
3	Transport-Layer	universeller Transport-Dienst (beinhaltet z.B.: Auf- und Abbau von Verbindungen; Übertragungs-Garantien, Korrektur von Paketfolgen, …)
2	Internet-Layer	Transport-Dienst für die Daten-Pakete Verarbeitung der Adressierungen und dann Routing
1	Link-Layer	logische Interpretation / Umsetzung der Daten in physikalische Signale und umgekehrt (MAC-Bereich: Zugriff auf's Übertragungsmedium; LLC-Bereich: logische Verbindungen und Fehler- u. Fluss-Kontrolle) Bit-Ströme in Paket gepackt und umgekehrt ev. Ergänzung von Informationen zur Fehler-Korrektur
(0)	(Hardware)	Datentransport über physikalisches Medium

LLC … Logical Link Control

Nachteil des Schichten-Modell:

- längere (weil nicht optimalste) Verarbeitung der Daten
- zusätzliche Daten der einzelnen Schichten (→ Overhead)
- häufiges Ein- und Auspacken

Routing-Kriterien:

- Datendurchsatz
- Kosten
- Lastverteilung
- Sicherheit
- …

Vermittlungs-Systeme / Zwischen-Systeme

- **Repeater** arbeiten auf unterster / physikalischer Schicht (Hardware-Layer)
  reine Signal-Verstärkung → Ausdehnung der Reichweite
  innerhalb einer Collision domain
  unsichtbar für höhere Schichten
  keine eigene Intelligenz

- **Hub**

- **Bridge** verbinden 2 LAN-Segmente
  gehören zur Link-Schicht
  ermöglichen LAN-Erweiterung (z.B. über Spezifizierungs-Grenzen hinweg)
  intelligente Paket-Vermittlung (Verkehrs-Management)
  trennt die Collision domains voneinander
  in jedem Segment unabhängiger Daten-Verkehr möglich (jeweils bis Voll-Last)

- **Switch** verbinden 2 oder mehr LAN-Segmente / Host's
  gehören zur Link-Schicht
  ermöglichen LAN-Erweiterung (z.B. über Spezifizierungs-Grenzen hinweg)
  intelligente Paket-Vermittlung (Verkehrs-Management)
  trennt die Collision domains voneinander
  in jedem Segment unabhängiger Daten-Verkehr möglich (jeweils bis Voll-Last)

- **Router** verbinden unterschiedliche (eigenständige / autarke) Netze miteinander
  höhere Intelligenz notwendig
  gehören zur Internet-Schicht
  kennt alle angeschlossenen Netze
  brauchen neben Prozessor und Speicher (ROM+RAM) noch Netzwerk-Karten / -Anschlüsse der beiden anzuschließenden Netzwerke
  Übertragen von Daten-Paketen und Adress-Schemata des einen Netzes in die Pakete / Adressen des anderen Netzes (quasi doppelte Intelligenz)

- **Gateway** eigentlich: Application Level Gateway
  verbindet auf der Applikations-Ebene (Application-Layer)
  dienen der Kommunikation von verteilten Anwendungen oder verteilten Komponeneten eine Anwendung auf verschiedenen Geräten
  übersetzen Anwendungs-Protokolle ineinander

sorgen immer für die Paket-Vermittlung und die Adress-Übertragung zwischen den gekoppelten Netzwerken

5-4-3-Repeater-Regel
Ein Netz das nur Repeater verwendet, darf aus maximal 5 Segmenten bestehen. Somit sind nur 4 Repeater möglich. Nur 3 der Segmente dürfen Endgeräte enthalten. Die restlichen Verbindungen müssen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (Inter Repeater Links (IRL)) zwischen Repeatern sein.

Zugänge zum Internet

typisch notwendig ISP (Internet Service Provider (z.B.: Telekom, Vodafon, unity.media, Kabel-Deutschland, …)
bestimmen die Abrechnungs-Modelle (Flatrate, nach Daten-Menge oder Nutzungs-Zeit)
oft mit (Festnetz-)Telefon und / oder Kabelfernsehen gekoppelt

Zugangs-Medien für Normal-Nutzer

stationär

- **analoges Telefon**
  notwendig Modem (Umsetzung von digitalen Daten auf Ton-Signal und umgekehrt)
  Kupfer-Leitungen (Klingel-Draht ohne Abschirmung(en))
  max. 55 Kbit/s

- **ISDN**
  zusätzliche digital-ausgelegte Übertragungs-Bänder auf der analogen Telefon-Leitung (mit ersten Abschrimungen und BUS-Techniken)
  ab 1992
  64 oder gebündelt 128 Kbit/s
  Kapazität durch die benutzten Frequenz-Bänder nahe am akustischen Telefon

- **DSL**
  weitere Frequenz-Bänder und Übertragungs-Technologien auf der Basis von Kupfer- / Draht-Telefon-Leitungen
  ab 2000
  üblich im Standard bis 2 Mbit/s
  begrenzend sind die Kabellänge → immer mehr Interferenzen und Störungen
  neue Versionen ADSL (ab 2000)
  schaffen heute (mit ADSL2, ADSL2+, VDSL, VDSL2) deutlich höhere Übertragungs-Raten (bis 100 Mbit/s) durch dichte Abstände zum nächsten Umsetz-Punkt
  derzeit VDSL-Vectoring

- **Kabel**
  Coaxial-Kabel
  Fernseh-Kabel
  ab 1980 und vor 1997 einfache Kabel-Anschlüsse (ausschließlich für den Empfang von Fernsehen und Radio); nur eine Übertragungs-Richtung (unidirektional)
  ab 1997 dann erweiterte Kabel-Systeme mit Rückkanälen (DOCSIS-Standard)
  Coaxial-Kabel lassen deutlich höhere Übertragungs-Raten (bis 200 Mbit/s) und größere Kabellängen (bis rund 150 Kilometer)
  technische Grenze derzeit: 10'000 Mbit/s

- **Glasfaser-Kabel**
  neue Leitungen notwendig; anspruchsvollere Technik

- **Richtfunk**

- **Satellit**
  Signal-Empfang über Satelitt
  je nach Technik Sende-Technik auch über Satelitt oder über einfache DSL-Leitung (→ SkyDSL mit 50 Mbit/s (Download) ab 1999)

hohe Latenz-Zeiten (500 bis 700 ms)
neue Satelitten-System (Starlink (MUSK)) mit rund 60 weltweit verfügbaren Satelitten; seit 2019; da niedrige Umlaufbahnen sind kürze Latenzzeiten im System)

-

mobil

- **WLAN** privat oder öffentlich / geschäftlich (Free WiFi, …)

- **Mobil-Funk** GSM seit 1990 (A-, B- und C-Netz) = 2G(eneration) mit max. 9,6 Kbit/s (Deutschland: GSM900: Uplink: 890 – 915 MHz; Downlink: 935 – 960 MHz)
  2005 EDGE mit 473,6 Kbit/s
  dann 2007 3G mit HSDPA und 42 Mbit/s
  ab 2010 4G (LTE) mit 1'200 Mbit/s (Deutschland: 800 MHz; 1,8 + 2 + 2,6 GHz) + LTE-Advanced
  5G ab 2019 mit 10 Gbit/s
  neben Handy / Smartphon auch Laptop's usw. möglich (mit zusätzlichen USB-Adapter (für SIM-Karte))

-

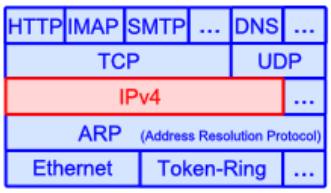
Mobil-Funk
nutzt zwei unterschiedliche Frequenz-Bänder für Up- und Down-Link (wegen der unterschiedlichen angebotenen Daten-Durchsätze)

8.3.2. Protokolle der Vermittlungsschicht - das Internet-Protokoll IP

Aufgaben des IP-Protokoll's:
Fragmentierung und Defragmentierung von Daten(-Paketen)
da alle Formate individuelle Größe der Last-Daten haben und Daten-Menge i.A. die MTU (Maximum Transfer Unit = maximale Datenpaketgröße) überschreitet, müssen Daten in kleinere Pakete geteilt werden (Fragmentierung)
Pakete werden nummeriert (als Fragment-Nummer)
Beim Ziel müssen die empfangenen Daten-Fragmente wieder zu einem Daten-Bestand zusammengefügt werden (Defragmentierung)

Bestimmung der optimalen Route
da Internet sehr groß ist (x-Mrd. Adressen) kann der einzelne Router nicht mehr das gesammte Netz kennen und somit auch nicht mehr die optimale Route bestimmen
Ziel ist natürlich die Pakete über möglichst wenige Zwischenstationen und ohne Schleifen zum Empfänger zu transportieren

zentrales Kommunikations-Protokoll für die Internet-Schicht



für Paket-Vermittlung verantwortlich

notwendig ist ein hier einheitliches Adressierungs-Schema

Auffinden optimaler Routen

Erkennen von Übertragungs-Fehlern (z.B. über Prüfsummen)

	IPv4	IPv6
Beispiele	141.89.255.101 192.168.0.1 127.0.0.1	2001:638:807:204::8d59:e17e
Merkmale	32 Bit-Folge 4x 8 Bit, notiert als dezimale Zahl, mit einem Punkt getrennt	128 Bit-Folge als Hexadezimal-Zahlen in 4er Gruppen notiert; Doppelpunkt getrennt
Gemeinsamkeiten		
Unterschiede		
Vorteile		
Nachteile		

Fragmentierung
dann notwendig, wenn aktuelles Paket in seinr umgepackten Version im neuen Netz die maximale Paket-Größe (MTU) überschreiten würde
ursprüngliches Paket wird in solche Fragmente geteilt, die im neuen Netz transportiert werden können und dann ein Header mit entsprechenden Fragment-Nummern ergänzt (Fragmentierung)

Fragmentierungs-Arten

- **transparent** — Router baut aus zu großen Daten(Paketen) kleine Pakete und sendet diese zum nächsten Router etc.
  der nächste Rrouter setzt das ursprüngliche Paket wieder zusammen und sendet es im nächsten Netz weiter (ev. unter dem erneuten Umbau in kleinere Pakete für dieses Netz)
  Nachteile: ständiges Zerlegen und Zusammensetzen; gleiche Route für alle Detail-Pakete notwendig

- **nicht-transparent** — einmal verkleinerte Pakete werden auf dem weiteren Weg nicht wieder vervollständigt (zum großen Daten-Paket) sondern in der verkleinerten Form weiterversendet
  Nachteile: (sehr) viele kleine Pakete mit vielen Kopfdaten

Empfänger muss im Normalfall immer die Daten-Pakete zusammensetzen (in Netzwerk-Karte auf Schicht)
u.U. auch aus unterschiedlichen Fragmentierungs-Systemen, weil Daten unterschiedliche Wege gegangen sein können
Problem bei der Fragmentierung kann z.B. sein, dass einzelne Fragmente beschädigt sind. Da nur dieses zur wiederholten Übertragungs beim Sender angefordert wird, ist dies für den Sender problematisch, da er die Fragmentierungen, die auf dem Weg vorgenommen wurde, gar nicht kennt / kennen kann.
Um nicht auch extrem kleine Daten-Paket-Größen in Protokollen möglich wird, wurde eine atomare (minimale) Fragment-Größe fetsgelegt. Kleiner dürfen Fragmente nicht werden.

4e	00	0	D	A	T	E	N	P	A	K	E	T
			Daten des Fragment's									
		Ende-Bit (Steuerungs-Bit)										
	Fragment-Nummer des 1. Fragment's im Daten-Paket											
Paket-Nummer												

die atomare Fragmentgröße ist hier mit 1 Byte angenommen (Länge des Datenteil's hier 10 Byte.

1. Fragmentierung

Zerlegung in Fragmente mit einer Datengröße von 5 Byte

4e	00	0	D	A	T	E	N

4e	05	1	P	A	K	E	T

es entstehen 2 Pakete, deren gemeinsame Kennung die Paket-Nummer 4e ist
das erste (linke) Paket ist das 0. Fragment, hat aber Nachfolger, da das Ende-Bit nicht gesetzt ist
Das 2. Fragment hat 5 Byte Vorgänger-Daten und ist das letzte, da hier das Ende-Bit gesetzt ist.

2. Fragmentierung

Nur für 2. Fragment der 1. Fragmentierung (weil z.B. in anderem Netz übertragen mit kleiner MTU!). Das andere Fragment wird in unveränderter Form in einem anderen Netz übertragen.

4e	05	0	P	A	K

4e	08	1	E	T

4e	00	0	D	A	T	E	N

Die Paket-Nummer ist einheitlich bei 4e geblieben. Das 2. Fragment wurde in Pakete der Länge 3 Byte zerlegt, wobei vom 2. Fragment dieser Fragmentierung nur 2 Byte Daten genutzt werden. Die neuen (Unter-)Fragmente sind jetzt durch eine neue Fragment-Nummerierung abgestimmt. Das 1. (Unter-)Fragment behält seine Fragment-Nummer, aber das Ende-Bit wird auf 0 gesetzt, weil es jetzt nicht mehr das letzte Fragment ist. Das zweite (Unter-)Fragment erhält eine passende Fragment-Nummer (Nummer + Datenlänge des letzten Fragment's). Da es das letzte Fragment ist, wird das Ende-Bit gesetzt.
Die Übertragung der Fragmente kann auf unterschiedlichen Wegen und in unterschiedlichen Geschwindigkeiten passieren. Beim Empfänger müssen die Fragmente wieder zum ursprünglichen Paket / Datensatz zusammengesetzt werden.

4e	08	1	E	T

4e	00	0	D	A	T	E	N

4e	05	0	P	A	K

Defragmentierung erfolgt dann durch logisches Verbinden der Fragmente:

Betrachtet werden nur die Pakete mit der gleichen Paket-Nummer – in unserem Fall die 4e.
Das erste Paket wird anhand der ersten Fragment-Nummer – also 00 identifiziert.

4e	00	0	D	A	T	E	N											

Da das Ende-Bit nicht gesetzt ist, muss es weitere Fragmente geben. Das Paket mit der kleinsten Fragment-Nummer ist nun 05. Das passt auch zur bisher zusammengesetzten Paket-Länge (erste 5 Zeichen aus erstem Fragment).
Die Daten aus dem Fragment können also sofort angehängt werden:

4e	00	0	D	A	T	E	N	P	A	K								

Das Ende-Bit im 2. Fragment war wieder nicht gesetzt, also muss mindestens noch ein Fragment existieren. Also wird naxh dem Fragment mit der kleinsten Fragment-Nummer gesucht. Das 3. Fragment mit der Nummer 08 passt wieder direkt an die bisher defragmentierten Daten:

4e	00	1	D	A	T	E	N	P	A	K	E	T						

Beim 3. Fragment ist das Ende-Bit gesetzt, womit die Defragmentierung beendet ist.

8.3.2.1. Internet-Protokoll Version 4 (IPv4)

stammt aus dem Jahr

gehört zur Internet-Schicht (Layer 2)
derzeit sehr stabil und immer noch gerne benutzt, weil einfach
Problem ist begrenzter Adressraum, der derzeit praktisch ausgeschöpft ist

Router zwischen zwei technologisch unterschiedlichen Netzen
erhält ein Paket des Sende-Netzes in dessen Format (z.B.: Ethernet-Paket), in dem das IP-Paket eingebettet (als Nutzlast) ist
entpackt das IP-Paket
verpackt das IP-Paket (als Nutzlast) in das Paket-Format des Ziel-Netzes (aus der Sicht des Router's) und sendet es in das Ziel-Netz (auf der Basis der Routing-Tabelle im Router)

das IP-Paket hat keine Information oder Zugriffs-Möglichkeit auf die umgebenden Paket-Formate und dessen Protokolle, es ist nur Daten-Last

Adressierungs-Schema (nur für IP-Pakete gültig)

Aufbau eines IP-Paket's:
max. Länge 65'535 Byte
geteilt in Header (Kopfdaten) und Data (Nutzdaten)
Header 20 – 60 Byte nach Paket-Art und -Version

Datagramm (eng.: Datagram)

Byte	+1		+2	+3	+4
0	IP-Version	IHL	Dienst-Art	Paket-Länge	
4	Identifikation			Flag's	Fragment-Zähler
8	TTL		Protokoll	Header-Kontrollsumme	
12	Quell-Adresse				
16	Quell-Adresse				
20	Ziel-Adresse				
24	Ziel-Adresse				
28	Nutz-Daten				
…					

IHL .. Länge des Header's (min. 5 und max. 25 von 32-Bit-Worten

Dienst-Arten:
Priorität (0 .. 7), Delay (), Throughput (), Rellability ()

Identifikation (aus IP-ID genannt) ist die Nummerierung der Pakete (z.B. durch den Router)

TTL .. Time to Live (Lebensdauer) wird bei jedem Hop um 1 verkleinert (→ dekrementiert), wenn 0 erreicht ist, dann wird Paket verworfen

Protokoll ist die Angabe des übergeordneten Transport-Protokoll's (z.B.)

Header-Checksum (Header-Kontrollsumme), wird bei jedem Hop neu berechnet (da sich ja z.B. die TTL jedesmal ändert!)

Optionen im Header

- **strict source routing** Vorgabe des zu benutzenden Routing-Pfad's
- **loose source routing** unbedingt zu nutzende Zwischen-Stationen
- **record route** Protokollierung der Zwischen-Stations-Adressen
- **time stamp** Router ergänzt seine Adresse und einen Zeitstempel

Routing bei IPv4

größere Netzwerke, die z.B. zu einem Internet-Service Provider gehören oder regionale Einheiten (z.B. Netze eines Staates werden als autonome Systeme (AS) betrachtet. Innerhalb der AS wird als Routing-Protokoll ein Interior Gateway Protocol (IGP) benutzt. Das könnte z.B. OSPF (Open Shortest Path First) sein.
Beim OSPF wird ein Link-State.Routing durchgeführt, das den DIJKSTRA-Algorithmus benutzt. Dadurch kann man sich schnell an dynamische Veränderungen des Netzwerkes anpassen, hierarchisch Routen, sowohl in LAN's, wie auch in WAN's arbeiten, kann Herstelleruanhängig agieren und unterschiedliche Metriken (z.B. kürzester Weg; billigste Route, wenigeste Hop's, …) als Bewertungs-Grundlage benutzen.

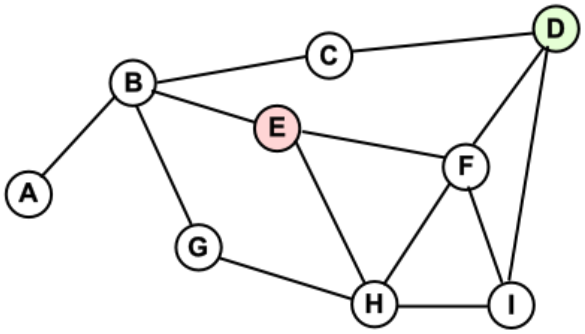
Nachrichten-Typen zwischen Routern (IGP)

- **Hello** Wer sind meine Nachbarn?
- **Link State Update** Link-State-Aktualisierung an Nachbarn (Status, Metrik, Kosten)
- **Link State Ack** Bestätigung der Link-State-Aktualisierung
- **Database Description** Link-State-Pakete mit aktuellen Informationen des Senders
- **Link State Request** Link-State-Anforderung an Nachbarn zum Ermitteln der aktuellsten Verbindungs-Daten

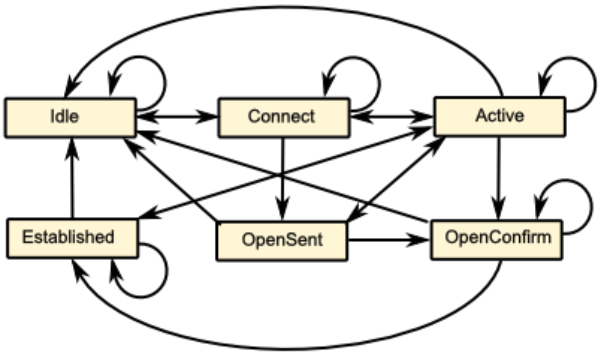
Ziel des Routing innerhalb eines Autonomen Systems ist eine möglichst effektive Paket-Zustellung.
Zwischen autonomen Systemen benutzt man dagegen ein Exterior Gateway Protocol (EGP), wie z.B. BGP (Border Gateway Proticol).
Die Router, die an den Schnittstellen zwischen den verschiedenen Autonomen Systemen angeordnet sind, sind für beide Protokolle ausgelegt. Man spricht dann von Multi-Protokoll-Routern.
Bei EGP müssen auch politische, wirtschaftliche und sicherheitstechnische Aspekte beachtet werden, da i.A. auch Staatsgrenzen überschritten werden.
Als Transport-Protokoll wird TCP benutzt. Dadurch wird die Verbindung zuverlässig und es werden Details zum benutzten Netz verschleiert.
Distanzvektor-Routing, wobei sowohl die Distanz, als auch der zugehörige Pfad gespeichert und verwendet wird. Das BGP teilt den Nachbar-Systemen z.B. auch die verwendeten Pfade mit.

Die Zwischen-Station E bekommt von den direkten Nachbarn B, F und H die folgenden Routen zum Ziel D geliefert:

B – C – D
F – D
H – I – D



(→ 🕮 **Sprachen und Automaten**)



Zustands-Graph für das Border Gateway Protocol

Adress-Umfang
direkt ansprechbar: ca. 4 Mrd. Host's (2^{32} =)

IANA verteilt die Adressen auf die kontinentalen Verteiler (Regional Internet Registries (RIR))

Exkurs: DIJKSTRA-Algorithmus

sprich: deik.stra
entwickelt von edgar DIJKSTRA ()

Weg-Finde-Algorithmus in einem Graphen G mit gewicheteten Kanten

Ziel ist das Finden aller kürzesten Wege von einem Start-Knoten A zu allen anderen Knoten

Gegeben ist ein beliebiger Graph mit Informationen über die Kanten (z.B. Länge, Leitungs-Anzahl, Leitungs-Durchmesser, Daten-Kapazität, …). Die genaue Interpretation des Wertes interessiert den Algorithmus nicht. Es müssen nur addierbare Werte sein.

Vorgehensweise:

- zuweisen von Distanz und Vorgänger zu jedem Knoten
- erstellen zweier leeren Knoten-Listen ("besucht" und "gefunden")
- initalisieren der Distanz im Start-Knoten A mit **0** und aller anderen Knoten mit **unendlich** (oder Wert über Maximalwert (z.B. Summe aller Kanten))
- SOLANGE es noch einen unbearbeitete Ziel-Knoten gibt
  - wählen eines Knoten mit minimaler Distanz
  - diesen in der Liste "gefunden" speichern
  - für alle Nachbar-Knoten, für die es noch keine kürzeste Distanz gibt
    - berechnen des Kantengewicht's und der aktuellen Distanz
    - ist der Knoten noch nicht in der "besucht"-Liste, dann hinzufügen
    - ansonsten prüfen, ob der gerade berechnete Wert kleiner ist, als die inder "Besucht"-Liste gespeicherte Distanz
    - aktualisieren der Distanz
    - aktuellen Knoten als Vorgänger setzen

Beispiel:

→ recht gute Erklärung bei "50 Jahre Internet" → Video: internetworking2019-3-e1-pip.mp4

Aufgaben:

1. *Realisieren Sie den DIJKSTRA-Algorithmus in einer einfachen Programmiersprache (z.B. Python)! Verwenden Sie obiges Beispiel! Lassen Sie sich immer bestimmte / informative Zwischenwerte anzeigen*
2. *Verändern Sie den Algorithmus so, dass für die einzelnen Ziel-Knoten auch eine Liste der Zwischen-Knoten auf dem kürzesten Weg gespeichert wird!*
3.

8.3.2.2. Internet-Protokoll Version 6 (IPv6)

aktuelle Version
aktuell erst ein Viertel des Internet auf diese Version umgestellt

notwendig wegen des begrenztes Adress-Umfangs von IPv4
Fehler bei der ursprünglichen Domain-Festlegungen
Routing wird dadurch komplizierter, weil Unternetze definiert werden müssen
große Tabellen; derzeit trotz konzeptioneller Einfachheit sehr komplex geworden
Bedarf heute je eine Adresse für jeden Sensor / Aktor / …. (IoT); Mobile-Geräte

keine Möglichkeiten für Festlegungen von Dienst-Qualitäten (Quality of Service) z.B. für ruckelfreie Video's; Life Audio- / Video-Übertragungen

keine Unterstützung von Gruppenarbeiten (kollaboratives Arbeiten)

schon 1994 über Nachfolger nachgedacht (IETF .. Internet Engineering Task Force))
bewärte Konzepte wurden beibehalten:
verbindungsloser Paket-Dienst
eigenständige / unabhängige Paket-Übertragung
Anzahl der maximalen Hop's

neues Konzept:
128 bit Adress-Raum (acht 16 bit Gruppen in hexadezimaler Notation; Doppelpunkt als Trenner; Nullen-Kompression)
ergibt 2^{128} = 3,403 * 10^{38} Adressen (340,3 TTT Adressen = 340,3 * 10^{12} * 10^{12} * 10^{12}) entspricht 10^{23} mögliche Adressen pro m^2 Erdoberfläche

führende Nullen dürfen weggelassen werden
zusammenfassen und weglassen einer längsten Kette aus Nullen, nur die angrenzenden Doppel-Punkte werden mitgeschrieben

Aufgaben:

1.

2. Bestimmen Sie die kürzeste Notierung der folgenden Voll-Adressen im IPv6-Format!

a) b)
d) e)
g) h)
i) 11011111 11010010 10010011 11010101 11100101 01000101 11110100 10001011 …
… 11100011 00000000 00000000 00000000 00000000 01001111 11001010 00001111

3.

Teil	Präfix (Side-ID)	Subnet-ID	Interface-ID
IPv6-Adresse	**2001:453a:01d3:**	**0007:**	**0000:0000:026b:f38d**
Länge	6 Byte	2 Byte	8 Byte

Der Präfix beschreibt den Typ der Adresse () oder ist die Netzwerk-Adresse einer Firma, einers ISP usw. usf.
Mit der Subnet-ID können im Firmen-Netzwerk einzelne Unter-Netzwerke definiert werden.

Mit der Interface-ID wird der Host adressiert. Diese Adresse kann z.B. aus der MAC-Adresse berechnet werden.
Ein Subnetz-Maske, wie bei IPv4 ist nicht notwendig, da die Teilung von Netzwerk- und Interface-Teil immer bei 64 bit (8 Byte) erfolgt.

verschiedene Adress-Typen für
Unicast, Multicast und Cluster

neue Header
mehrere Formate zugelassen

Basis-Header ist obligatorisch

diverse Optionen möglich, vor allem für Authentifikation, Verschlüsselung, Fragmentierung, …

verbesserte Unterstützung von Audio und Video
besonders für Echtzeit-Übertragungen festgelegte Übertragungs-Pfade möglich

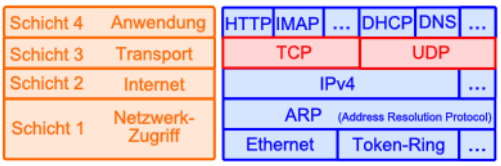
Protokoll ist nun erweiterbar

neue Funktionalitäten (z.B. Mobile IPv6; Neighbor Discovery Protocol (ICMPv6, was ARP ersetzt)
Auto-Konfiguration der Host's (Stateless DHCP)

Unterstützung von Multihoming und Renumeration

8.3.3. Protokolle der Transport-Schicht

müssen auf Verbindungs-losen Vermittlungs-Dienst (IP) aufsetzen



Protokolle auf der Transport-Schicht

- **TCP**
  Transmission Control Protocol
- **UDP**
  User Datagram Protocol
- **ISO/T1 … ISO/T4**
- **NetBIOS**
- **RTP** für Multimedia-Daten
  Real Time Protocol Life-Streaming

- **SNA**
  System Network Architecture
-

8.3.3.1. TCP – Transmission Control Protocol

ist der Erfolgsgarant des Internet

besonders Leistungs-fähig

- ermöglich auf der Grundlage des unzverlässigen IP-Paket-Vermittlungs-Dienst einen zuverlässigen, gesicheren / garantierten Transport-Dienst
- korrigiert "Fehler" des IP
- vollduplex (bidirektional)
- veränderlich / weiterentwickelbar
- bei Paket-Verlusten oder fehlerhaften Übertragungen werden Pakete wiederholt angefordert → Retransmission (adaptive Neuübertragung)
- Überlast-Kontrolle (Congestion Controll)

Merkmale / Charakteristika:

- Verbindungs-orientierter Dienst (Ende-zu-Ende-Übertragung)
- immer nur Verbindung von 2 End-Systemen (exakt nur zwischen 2 Anwendungen auf den beiden End-Systemen)
- nur die beiden End-Systeme kommunizieren auf dieser Ebene (untergeordnete Layer werden versklavt)
- virtuelle (Verbindungs-orientierte) Verbindung auf der Basis einer in Wirklichkeit Verbindungs-losen Kommunikation
- den Endsystemen wird eine stabile Verbindung vorgegaugelt
- Nachrichten (TCP-Pakete) werden mit Sequenz-Nummern versehen
- Empfänger (TCP-Ebene) prüft Sequenzen und sortiert ev die Paket
- TCP muss nur von den End-Systemen (Sender und Empfänger gekonnt werden; Router verstehen / brauchen nur IP)
- TCP nutzt also die IP-Paket-Erstellung und –Übertragung; TCP-Pakete sind in IP-Paketen gekapselt
- für IP ist das TCP-Paket eine "unleserliche" Datenlast, wie jede andere Datenstruktur
- vor dem eigentlichen Datenaustausch muss erst eine virtuelle Verbindung aufgebaut werden
    - beim ersten Verbindungs-Aufbau werden initiale Sequenz-Nummern ausgetauscht (und bestätigt)
    -
- am Ende muss Verbindung geschlossen werden

Nachteile

- kein Multi- oder Broadcast

z.B. genutzt für:

-

Aufbau eines TCP-Paket's

	4	8	12	16	20	24	28	32
0	source port				destination port			
32	sequence number							
64	acknowledgement number							
96	data offset	reserved	flags		window			
128	checksum				urgent pointer			
…	options *0 .. n 32-bit-words*							
	data							

flags

	CWR	**ECE**	**URG**	**ACK**	**PSH**	**RST**	**SYN**	**FIN**
Name	Congestion Window Reduced	ECN-Echo	Urgent	Acknow-legdement	Push	Reset	Sychronice	Finish
Verfahren	Expicit Congestion Notification (ECN)							
Umschreibung / Bedeutung	Datenrate ist passend	Netz überlastet Datenrate reduzieren	dringend	Quittierung	Einschalten des Über-springes des Eingangs- und Ausgangs-Puffers	Abbruch / Zurücksetzen der Verbindung	Initiierung einer Verbin-dung	Beenden / Freigabe der Verbindung

durch das Einkapseln des TCP-Paketes in ein IP-Paket entsteht ein sogeannter Pseudo-Header
praktisch sind die IP-Information vorgelagert
allerdings wird die Checksumme im TCP-Paket benutzt und an das gesamte IP-Paket angepasst

bei IPv4

	4	8	12	16	20	24	28	32
0	**source adress**							
32	**destination adress**							
64	**0000 0000**		**0000 0110 (=TCP)**		**TCP-length**			
96	source port				destination port			
128	sequence number							
160	acknowledgement number							
192	data offset	reserved	flags		window			
224	**checksum**				urgent pointer			
…	options *0 .. n 32-bit-words*							
	data							

bei IPv6

	4	8	12	16	20	24	28	32
0	**source adress**							
32								
64								
96								
128	**destination adress**							
160								
192								
224								
256	**TCP-length**							
288	0000 0000		0000 0000		0000 0000		next header	
320	source port				destination port			
352	sequence number							
384	acknowledgement number							
416	data offset	reserved	flags		window			
448	**checksum**				urgent pointer			
…	options *0 .. n 32-bit-words*							
	data							

Verbindungs-Aufbau für eine TCP-Nachrichten-Übertragung

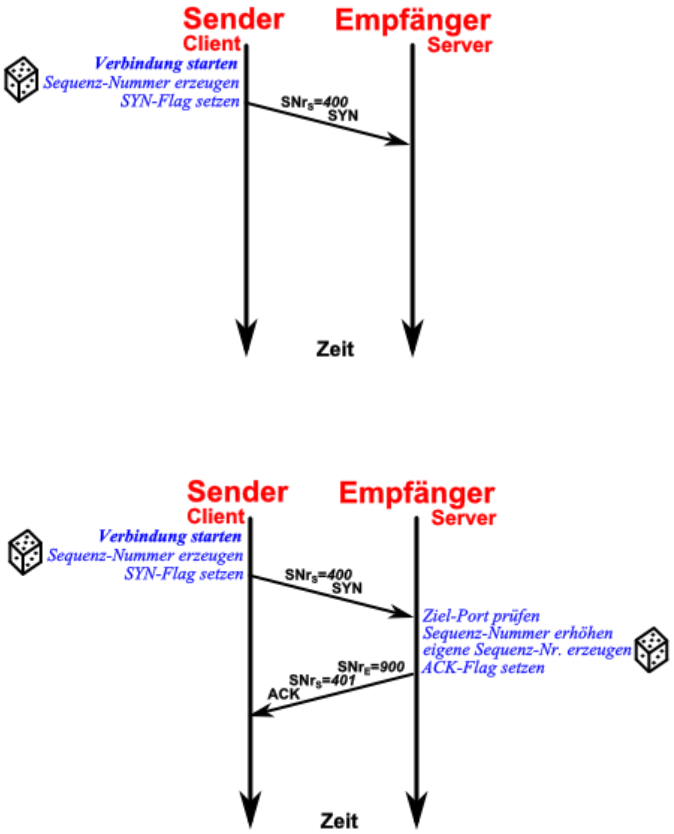
da das darunterliegende IP keine sichere Ende-zu-Ende-Verbindung ermöglicht, muss diese durch TCP nach-realisiert werden

praktisch ein virtuelle Verbindungs-orientierte Kommunikation

TCP-Nachrichten werden mit Sequenz-Nummern von jedem End-Gerät durchnummeriert

3-Wege-Handshake
Vorrangig dient der Verbindungs-Aufbau zur Vereinbarung der initialen Sequenz-Nummern und damit der Absicherung der Verbindung.

Der Client – der ja irgend eine Anfrage an eine Server hat – betrachten wir hier m al als Sender. Dieser erzeugt eine zufällige Sequenz-Nummer für seine Verbindung.
Der Sender schickt nun ein TCP-Paket an den Empfänger. Im Paket ist das SYN-Flag gesetzt.
Der Empfänger prüft den im Paket angegeben Ziel-Port. Ist dieser geöffnet (also eine passende Applikation verfügbar), dann wird das SYN-Flag auf Null gesetzt und dafür das ACK auf Eins.
Damit wird der Empfang der Verbindungs-Anforderung (sowie das erhaltene TCP-Paket) quittiert. Im Antwort-Paket wird nun die Sequenz-Nummer des Senders um Eins erhöht und eine eigene Sequenz-Nummer erzeugt.
Das Antwort-Paket geht nun an den Empfänger zurück.
Ist der Ziel-Port nicht geöffnet, dann wird ein TCP-Paket mit gesetztem RST-Flag.



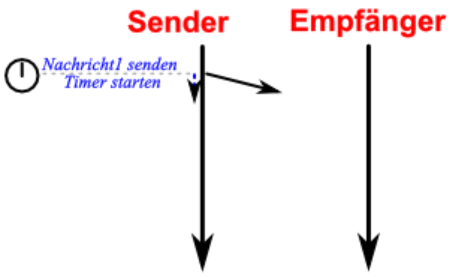
Der ursprüngliche Sender nimmt nun das Antwort-Paket entgegen, prüft, ob die Sequenz-Nummer erhöht wurde. Die Sequenz-Nummer, die ihm der Empfänger übermittelt hat, wird nun wiederum vom Sender erhöht.
Im 3. Schritt wird nun ein Quittierungs-Paket mit den quasi bestätigten Squenz-Nummern und dem ACK-Flag an den Empfänger zurückgeschickt.
Damit ist die Verbindung vereibart und der Empfänger wartet nun auf Daten (die eigentliche Anfrage) vom Sender.

Wegen der drei notwendigen Einzelschritte nennt man das Verfahren auch 3-Way-Handshake (umgangssprachlich: 3-Wege-Handschütteln)

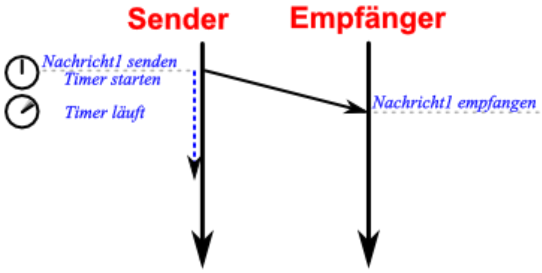
notwendig ist ein Abbau der Verbindung nach dem Ende der Kommunikation (→)

Ablauf / Verlaufs-Protokoll einer TCP-Nachrichten-Übertragung

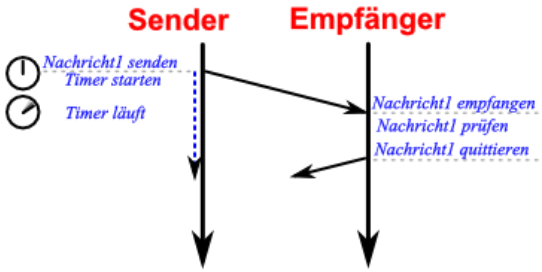
Der TCP-Senderschickt ein Daten-Paket los.
Das Paket wird auf der IP-Schicht gekapselt und über das IP-Netzwerk zum Empfänger geroutet.
Beim TCP-Sender wird gleichzeitig ein Timer gestartet. Er beinhaltet die maximale Wartezeit auf eine Quittierung.



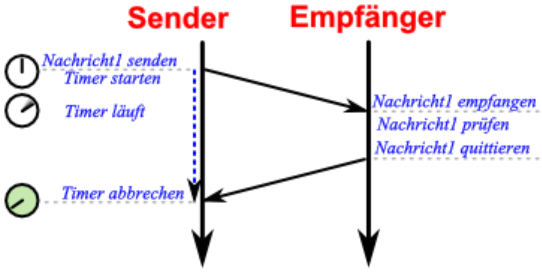
Irgendwann hat der Empfänger die Nachricht (hier Nr. 1) erhalten. Er prüft die Nachricht über die Kontrollsumme und die vorher vereinbarte Session-Nummer.



Ist alles in Ordnung, wird eine Quittierung (Acknowledgement) vom Empfänger an der sender zurückgeschickt.



Läuft alles gut, dann kommt die Quittierung vor dem Ablauf des Timer's an.
Damit ist die Übertragung von Nachricht1 aus der Sicht des Sender's abgeschlossen und er kann zur Übertragung der nächsten Nachricht übergehen.

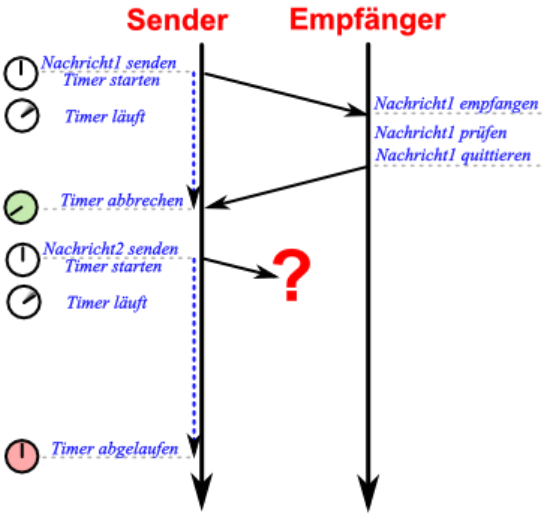


Timer ist Bremsschuh der Daten-Übertragung. Ist er zu kurz eingestellt und die Zeit recht nicht für eine normale Quittierung, dann wird ständig das gleiche Daten-Paket abgeschickt. Wählt man die Timer-Zeit zu lange, dann können weniger Daten übertragen werden, weil u.U. mehr fach (sehr lange) gewartet werden musste. Weiterhin kommt es zu einem Datenstau zwischen der Anwendung und der TCP-Schicht. Eine hier positionierte Warteschlange könnte überlaufen und damit vielleicht Daten verloren gehen
Timer muss auch für unterschiedliche Netze unterschiedlich sein. In einem lokalen LAN kann die Zeit recht klein ausfallen. Bei großen Netzwerken (z.B. einem WAN) sollte man die Timer länger einstellen.

Retransmission (Neuübertragung von fehlenden oder fehlerhaften Datenpaketen)

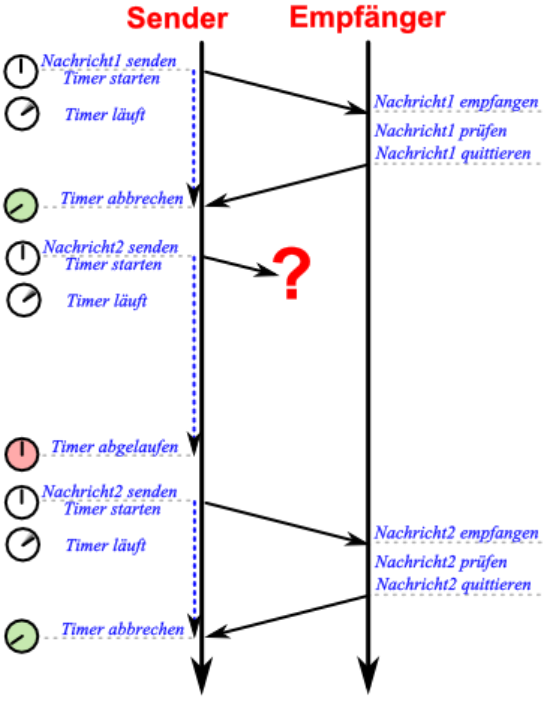
Der Start der nächsten Nachricht2 erfolgt nac dem gleichen Schema.
Nun kann das Daten-Paket entweder vor dem Empfang oder während der Quittierung verloren gehen. Weiterhin können die Daten irgendwie veräbdert worden sein. In dem Fall würde die Kontrollsumme nicht mehr stimmen. Es kommt – wodurch auch immer bedingt – keine Quittierung zum Sender zurück.

Irgandwann läuft der Timer ab.



empfängt der Sender keine Bestätigung, dann sendet er das Paket einfach noch einmal
Sender wartet eine bestimmte Zeit auf die Quittierung
dazu verwendet er den RTT–Timer
ist die Zeit abgelaufen, ohne das ein Bestätigung erfolgt, dann wird Paket noch einmal versendet

Nachricht2 wird nun übertragen, als wenn vorher nichts gewesen wäre.Läuft alles gut, kommt diesmal die Quittierung vorm Timer-Ablauf



alle Handlungen werden vom TCP erledigt
die Anwendungs-Programme erzeugen nur die Daten für die TCP-Schicht
Die TCP-Schicht überläßt den weitern Transport einer IP-Version
Was mit den TCP-Paketen weiter passiert entzieht sich dem Zugriff durch die Schicht-Struktur.

Da eine einheitliche Timer-Festlegung nicht allen Sitaatione gerecht werden kann, wird hier die adaptive Retransmission benutzt.
Dazu wird ständig die Zeit für einen Paket-Umlauf (Versand bis Quittierung) gemessen. Diese Zeitspanne wird Round-Trip-Time (RTT) genannt und nach bestimmtern Vefahren (gleitendes Mittel) die Smoothed Round-Trip-Time berechnet. Sie steht als Kennwert für die aktuelle Netzwerk-Situation.

Aufgaben:

1.

2. Berechnen Sie das jeweils gültige gleitende Mittel über drei Daten-Punkte!

Messwert	2	3	5	4	2	1	5	5	3	1	2	3	2	3	4	5	3	2
gleit. Mittel																		

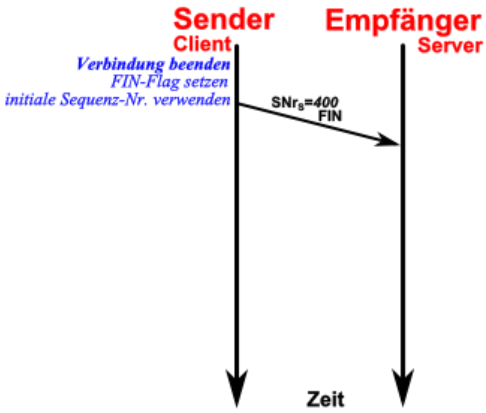
3. Stellen Sie die Messwerte (als Punkte) und das gleitende Mittel (als Kurve / Gerade) in einem Diagramm dar!

4. Interpretieren Sie den Graphen! Warum wählt man das gleitende Mittel für die Berechnung der Timer-Zeit (Smoothed-Trip-Time) für den TCP-Sender und nicht z.B. das genauere arithmetrische Mittel?

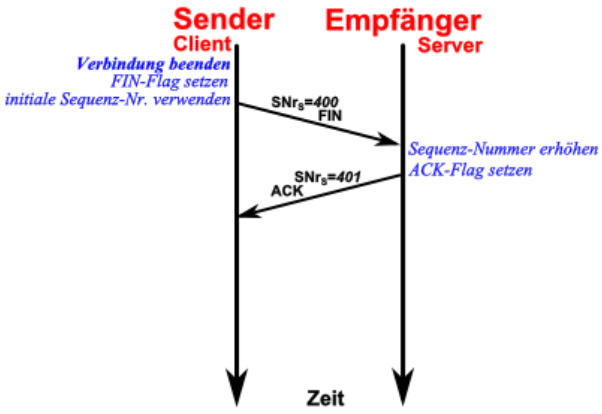
Abbau einer TCP-Nachrichten-Übertragung

auch TCP-Teardown

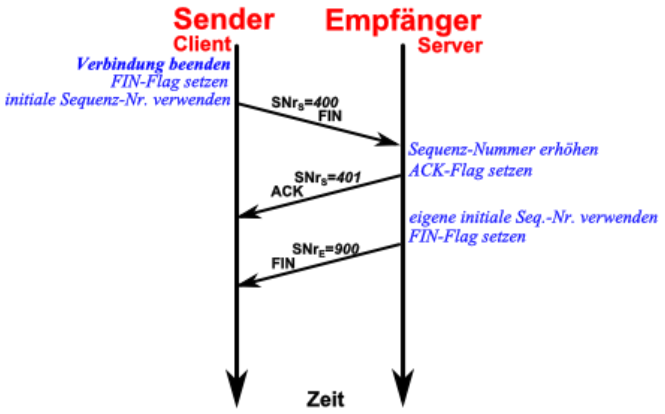
Praktisch wird wieder der 3-Wege-Handshake benutzt und je nach Implementierung um eine weitere Quittierung erweitert (praktisch → 4-Wege-Handshake).
Zum Beenden der Verbindung wird wieder auf die initiale Sequenz-Nummer zurückgegriffen und ein Paket mit dieser und dem gesetzten FIN-Flag versendet.



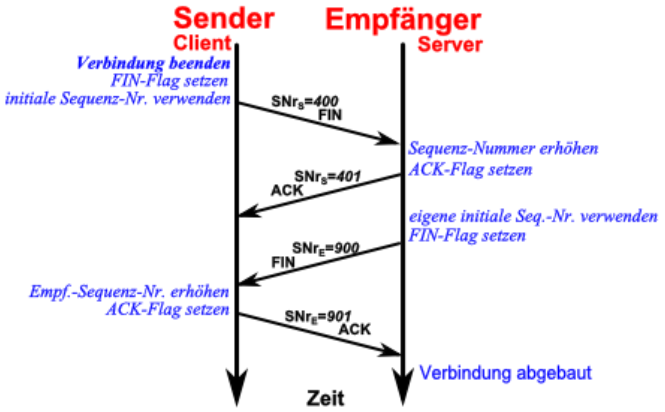
Der Empfänger quittiert dem Empfang des FIN-Signal's mit dem Zurückschicken eines Paket's mit der inkrementierten Sequenz-Nummer und dem üblichen ACK-Flag.



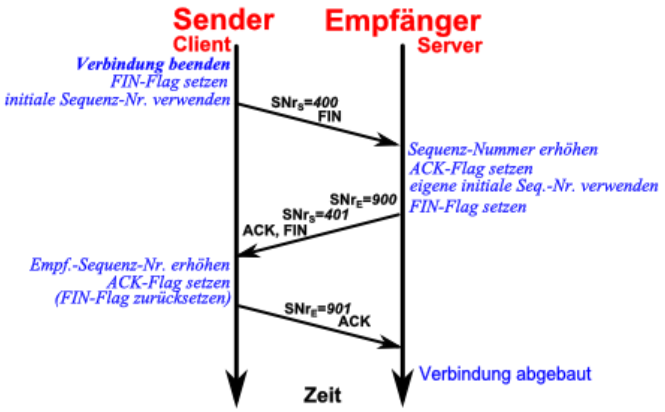
Danach wird vom Empfänger ein Paket gebaut, in dem dieser seine initiale Sequenz-Nummer und sein FIN-Signal verwendet.
Dieses Paket wird dann an den ursprünglichen Sender verschickt.



Der Sender bestätigt wiederum dieses Paket durch Erhöhen der Sequenz-Nummer und dem Setzen des ACK-Flag's.
Nach Erhalt dieses Paket's beim ursprünglichen Empfänger ist die Verbindung beendet.
Alle Pakete mit der inkrementierten Sequenz-Nummer des ursprünglichen Senders werden nun ignoriert.



In einigen Implementationen ist die Quittierung des Sender-FIN's mit dem Aussenden des eigenen FIN-Signal's verbunden. Dadurch verkürzt sich das Verfahren auf ein 3-Wege-Handshake.



Fluß- und Überlast-Kontrolle im TCP

Sliding Window Protocol (Schiebefester-Protokoll)

Fenster sind hier Gruppen von Übertragungs-Eigenschaften (Parameter)
bei unterschiedlichen Bedingungen sollten sich die Parameter von selbst anpassen
die Zuweisung und die Quittierung eines Parameter-Fenster's sollte wieder voneinander entkoppelt sein

Bei großen Daten-Paketen (z.B. 2'000 Byte) kann der Empfänger mit der Menge überfordert sein. Z.B. könnte sein Eingangs-Puffer nur 1'000 Byte groß sein. Der Sender schickt nun ein

Paket mit 750 Byte. Dieses wird vom Empfänger auch bestätigt und gleichzeitig mitgeteilt, dass nur noch für 250 Byte Platz im Eingangs-Puffer ist. Diese 250 Byte sind nun die neue Fenster-Größe.
Da der Sende nun die Größe übermittelt bekommen hat, versendet er das nächste Paket nur mit 250 Byte.
Damit ist er Eingangs-Puffer des Empfängers voll und er sendet ACK und eine Fenster-Größe von 0 Byte zurück, wenn der Puffer immer noch belegt ist.
Das ist nun das Signal für den Sender nicht weiter Daten zu übertragen. Er geht in den Warte-Modus.
Ist beim Empfänger nun (durch die Ziel-Applikation) der TCP-Eingangs-Puffer geleert worden – ev. auch nur teilweise – dann überträgt der Empfänger die neue freie Fenster-Größe (freier Puffer-Platz) an den Sender. Dieser kann nun wieder Daten in der freien Größe übertragen.
Das Verfahren wird entsprechend fortgesetzt, bis alle Daten übertragen sind.

Ein Problem ann entstehen, wenn die Fenster-Größe einen sehr kleinen Wert hat. Der Sender würde dann ja nur kleine Pakete nachschicken, was sehr uneffektiv wäre (→ **Silly Window Syndrom**).
In der Praxis ist es nun so, dass der Empfänger nicht jede beliebige, gerade frei gewordene Puffer-Größe meldet, sondern wartet, bis der Platz mindestens der Hälfte der maximalen Fenster-Größe entspricht. Auch der Sender nutzt nicht die gesamte zur verfügung stehende Fenster-Größe aus, sondern sendet etwas kleinere Daten-Pakete, damit immer eine kleine Reserve im Puffer ist und es nicht Puffer-Überläufen kommt. Diese könnten die Intergrität des Empfänger-Betriebssystem gefährden.

Congestion Control (Überlast-Steuerung)

Da das TCP nur an den End-System aktiv ist, kann das Protokoll von sich aus keine Probleme bei der Daten-Übertragung (z.B. übervolle Leitungen) erkennen. Weiterhin können Pakete ja völlig unterschiedliche Wege durch nutzt gehen. Jeder der wege kann unterschiedlich stark belegt sein.
TCP nutzt nun ein indirektes Verfahren, um die Übertragung zu beurteilen. Da die empfangenen Pakete bestätigt werden, kann der Sender diese ins Verhältnis zu nicht bestätigten – also irgendwie verlorengegangenen – Paketen setzen. Wird das Verhältnis ungünstig, dann wird das ECE-Flag übertragen und das andere End-Gerät kann seine Fenstergröße reduzieren. Stimmt die Fenster-Größe, wird das CWR-Flag gesendet. Dies besagt, dass die Fenster-Größe ok ist.

<u>Slow-Start-Algorithmus</u>
Bei diesem Verfahren beginnt der Sender mit relativ kleinen Paketen. In den nachfolgenden Übetragungen erhöht (verdoppelt) er die Fenster-Größe solange, bis zu viele Pakete nicht mehr bestätigt werden. Dann wird eine etwas geringere Fenster-Größe eingestellt und benutzt.

<u>Congestion-Avoidance-Algorithmus</u>
Werden zu viele gesendete Pakete nicht bestätigt, dann wird die Sende-Rate einfach verringert, bis wieder akzeptable Werte erreicht werden.

<u>NAGLE-Algorithmus</u>
Das vorrangige Ziel ist es bei diesem verfahren, den Overhead möglichst gering zu halten. Sind die Daten-Anteile im Vergleich zum Header ungünstig, dann wird die Quittierung hinausgezögert. Es werden dann z.B. auch eigene – zurück zuschickende Daten – geammelt und mit in die Übertragung einbezogen.

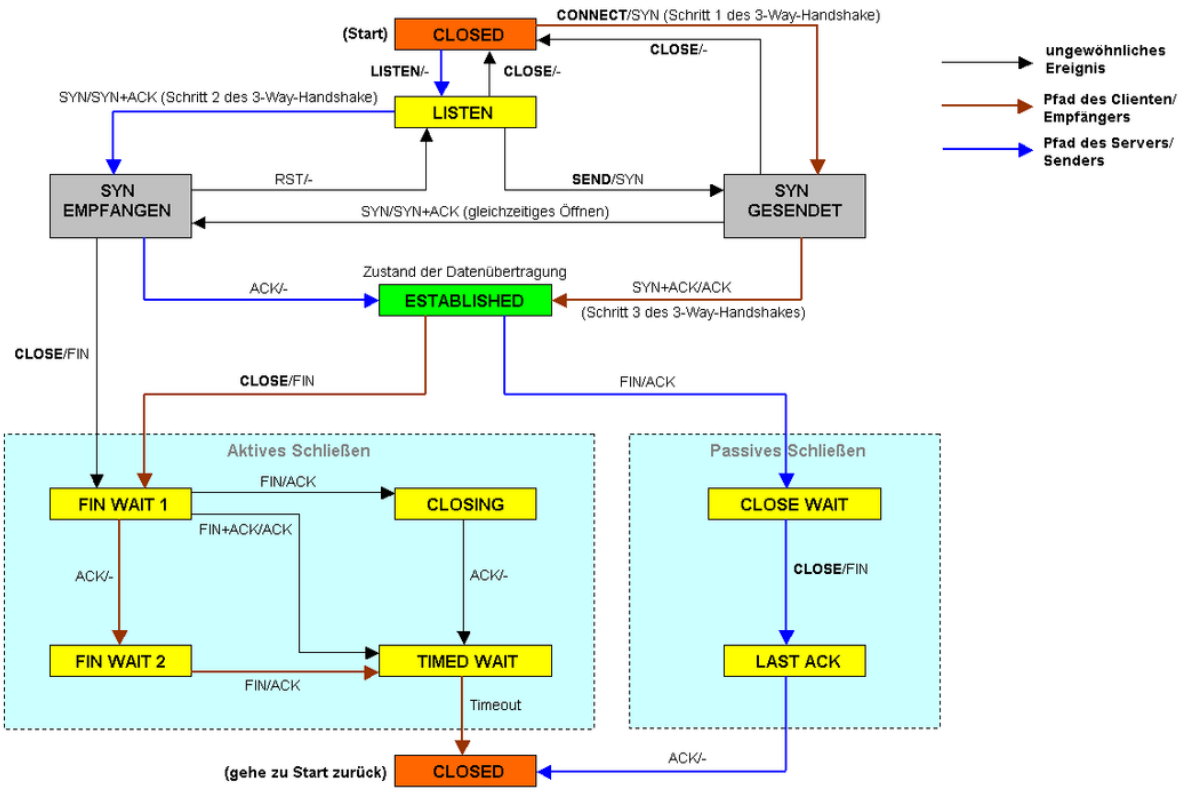
Für jedes ausgesendete Paket wird die Round-Trip-Time (Umlauf-Zeit) bestimmt. Das ist die Zeit vom Aussenden des Paket's bis zum Empfang der Quittierung.
Aus den RTT's der letzten Pakete wird ein gleitender Mittelwert berechnet. Dabei kann es aber zu Problemen mit älteren Paketen kommen. Kommt die Quittierung vom ersten Übertragen nach dem Ablauf des Timer's an, dann könnte der Sender das Paket schon wieder versendet haben. Nun würde die Zeitspanne zwischen 2. Aussenden und der ersten verspäteten Quittierung als RTT interpretiert werden. Solche deutlich zu kleinen Werte würden die Übertagungs-Parameter weiter verschärfen.

KARN/PARTRIDGE-Algorithmus
Die Probleme mit dem gleitenden Mittel aus der Original-Implementierung des TCP wurden durch KARN und PARTRIDGE mit einem verbesserten Algorithmus (manchmal nur KARN's Algorithmus genannt) behoben. Jetzt werden nur noch die Pakete beachtet, die gesendet und (innerhalb der Zeit) quittiert werden. Zusätzlich erhöht man die Zeit-Schranke bei jeder erfolgreichen Übertragung etwas.

KAREL/JACOBSON-Algorithmus
Dieser basiert auf dem KARN/PARTRIDGE-Algorithmus. Nun werden die Schwankungen der gemessenen RTT's (Umlaufzeiten) gewichtet in die Berechnung eingeführt. Weiterhin passte der Algorithmus nun auch die Berechnung des Timeout's an.

TCP-Verwaltung als Endlicher Automat (EA)

siehe dazu auch im Skript (→ 🕮 **Sprachen und Automaten**)



Verwaltung der TCP-Verbindung als endlicher Automat
Q: de.wikipedia.org (Appaloosa)

TCP-Port's

Für den Aufbau und den Betrieb einer TCP-Verbindung werden bei Sender und Empfänger Endpunkte gebraucht. diese nennt man Socket's. Jeder Socket beinhaltet reservierten Speicher-Platz mit mindestens den Eingabe- und Ausgabe-Puffern.
Jeder Socket besteht nur über den Verlauf einer TCP-Verbindung. Ist die Verbindung beendet, wird der Socket freigegeben.
Die Socket's sind durch eine eindeutige Socket-Nummer gekennzeichnet. Sie setzt sich aus der IP-Adresse des Rechners und einer Port-Nummer zusammen. Die Port-Nummer ist eine 16-bit-Zahl – kann also die Werte von 0 bis 65535 einnehmen. Die Port-Nummer wird lokal einer Anwendung zugeordnet.
Ein Port ist somit ein Dienst-Zugriffspunkt (Service Access Point) der (gesamten) Transport-Schicht.
Damit werden die Port's – als Teil / Erweiterung der Netzwerk-Adresse – Zuordnungs-Punkte zwischen den TCP- und UDP-Verbindungen und den lokalen Client- bzw. Server-Anwendungen.

Zu jeder Verbindung gehören somit immer zwei Port's. Einer beim Sender und einer beim Empfänger. Die Port-Nummern können unterschiedlich sein. Das ist auch meist so, um Client- und Server-Software zu unterscheiden.
Der Ziel-Port ist die Nummer, die der gewünschten Nutz-Anwendung zugeordnet wurde. Für den Verbindungs-Aufbau ist der Quell-Port eine nicht registrierte Port-Nummer. Damit wird jede TCP-Verbindung über ihre Socket-Nummern eindeutig identifizierbar. Ein Server-Socket kann aber mit mehreren (Client-)Socket's verbunden sein. Jeder Client hat dabei eine eigene verbindung zum Server.

Von 0 bis 1'023 sind die Port-Nummern standardisert bestimmten Internet- und Netzwerk-Diensten zugeordnet. Man nennt sie auch Well-Known-Port's. Sie dürfen also nicht einfach durch eigene Applikationen verwendet werden. Für die eigenen Programme stehen die Port's mit Nummern über 1'024 zur Verfügung. Aber auch sollte amn sich von häufig genutzten Port's fern halten, um keine Inkompartibilitäten zu erzeugen.
Die Nutzung der Port's bis 49'151 muss bei der IANA registriert werden. Die anderen Port's sind völlig frei nutzbar.
Die klassischen TCP/IP-Anwendungen arbeiten mit den Port-Nummern 0 bis 256. Das Betriebssystem UNIX (sowie sein Abkömmling LINUX) nutzen für System-typische Dienste die Port's von 256 bis 1'023.

bekannte / häufig genutzte / reservierte / standardisierte Port-Nummern

Port	Protokoll / Anwendung
23	Telnet
25	SMTP (unverschlüsselt)
53	DNS
80	HTTP

Port	Protokoll / Anwendung

Als Schnittstelle zwischen den Applikationen und dem TCP stellt dieses sogenannte TCP-Primitive zur verfügung. Das sind elementare Operationen / Funktionen, die einen Datn-Austausch zwischen Anwendung und TCP ermöglichen. Typische TCP-Primitive sind read, write, request, response, confirm, …

typische TCP-Primitive

- **request**
- **response**
- **confirm**
- **read**
- **write**
-

Absicherung des Daten-Transport's auf der Transport-Schicht

grundlegende Sicherheits-Ziele im Internet

- **Verfügbarkeit** Rechner soll für andere kontaktierbar sein
  (Denial-of-Service … Verweigerung des Dienst's)
  Beeinträchtigung z.B. durch DoS-Angriffe
- **Daten-Integrität** kommen die Daten unverändert beim Empfänger an
- **Vertraulichkeit** ist die verbindung vor unliebsamen Mithörern geschütz
- **Authentifikation** ist der Sender wirklich die bezeichnete Stelle / Person / …
- **Autorisation** darf der Client die Daten / Dienste wirklich abfragen
  hat er die notwendigen Rechte

notwendig sind spezielle Absicherungen der Protokolle des TCP/IP-Stapel's
besonders die Transport-Schicht ist für Absicherungen geeignet
auf IP-Ebene sehr aufwendig
Anwendungen können zusätzlich aktiv werden und die Sicherheit teilweise erweitern

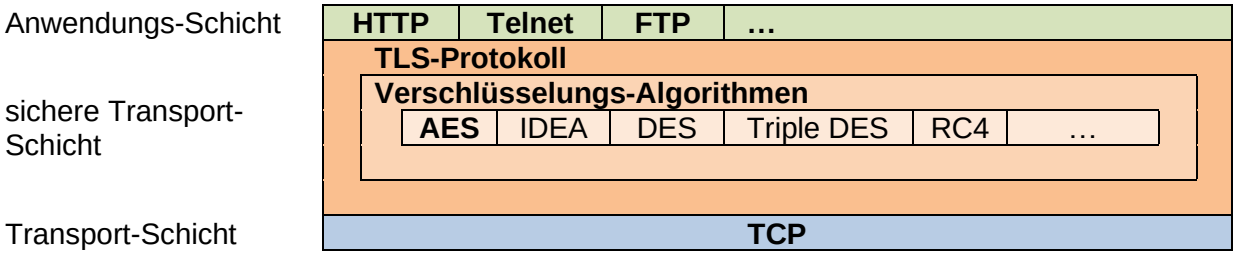
Transport Layer Security – das TLS-Protokoll

arbeitet auf der Transport-Schicht
bei Bedarf zusätzlich zwischen Transport-Schicht und Anwendungs-Scicht eingeschobene Schicht
die Nutzlast der TCP-Pakete wird verschlüsselt
das TCP-Paket als solches wird ganz normal übertragen

Secure Socket Layer (SSL)
1994 durch Netscape eingeführt
für den vertraulichen Daten-Transport im www (http)
das dazugehörige Sicherheits-Protokoll war dann https, praktisch http über ssl
die Funktionalität konnte auch von anderen Anwendungen genutzt werden

dadurch große Verbreitung z.B. von online-Banking, e-Shopping, …
mit der Version 3 als Standard (TLS) definiert

Funktionalität
für viele Dienste verfügbar
bietet den Kommunikations-Partnern eine private (symmetrisch verschlüsselte) Verbindung
vorher ein per Handshake ausgehandelter Schlüssel-Tausch
Aushandeln erfolgt unter Nutzung von asymmetrischer Verschlüsselung (asymmetrische Authentifikation)
es entstehen zuverlässige Verbindungen



8.3.3.2. UDP – User Datagram Protocol

bleibt bei Verbindungs-losem Transport von Paketen
setzt praktisch direkt auf IP auf
erweitert IP nur um UDP-Port's
praktisch ist also UDP ein sehr Leistungs-armes Protokoll (oft als "Port-Multiplexing" verpöhnt)

einfach, ungesichert / nicht garantiert
unzuverlässig (ohne Quittierungs-Mechanismen)
sehr alt, fast unverändert über die Jahre hinweg
ermöglicht einfache Zuordnung einer Nachrichten-Übertragung zu einer Anwendung
übernimmt die Daten von der (über UDP-Port) zugeordneten Anwendung und übergibt sie dem IP
einfache Frage-Antwort-Kommunikation möglich
für TCP und UDP festgelegte Port-Nummern können voneinander abweichen, müssen aber gleich sein, wenn sie von beiden Protokollen genutzt werden sollen (z.B. DNS mit Port 53)
wenn Paket / daten verloren gehen, dann erfolgt einfach eine wiederholte Anfrage

z.B. genutzt für:

- Media-Streaming (Video, VoIP)
- Verluste müssen akzeptabel sein (Anwendung muss Verluste kompensieren)
- wenn keine Segmentierung zu erwarten ist
- Protokolle, bei denen sich ein Verbindungs-Auf- und Abbau nicht lohnt
-

Vorteile:

- kein aufwändiger Auf- und Abbau von Verbindungen notwendig
- einfache Frage-Antwort-Kommunikation möglich
- Übertragung von Echtzeit-Daten möglich

Nachteile:

- keine Sicherheit, dass Daten auch wirklich ankommen
- relativ ungeeignet für die verschlüsselten Daten-Verbindungen

neuere Spezifikationen für UDP sehen auch mehr Absicherungen vor (SRTP, DTLS, …)

typische UDP-Anwendungen

- **TFTP**
  Triviale File Transport Protocol — Port 69
- **DNS**
  Domain Name Service — Port 53, nutzt sowohl TCP als auch UDP
- **NTP**
  Network Time Protocol — Port 123
- **RPC** — Port 111
- **LDAP** — Port 389
- **DHCP**
  Dynamic Host Configuration Protocol — Port
- **RTP**
  Real Time Protocol — Übertragung von Multimedia.Daten
- **SIP**
  Session Initiation Protocol
- **VoIP**
  Voice over IP
-

UDP-Datagramm

	4	8	12	16	20	24	28	32
0	(UDP) source port				(UDP) destination port			
32	UDP datagram length				(UDP) checksum			
64	data							

derzeit experimentell: QUIC
soll http über UDP ermöglichen
benutzt eine Zusatz-Schicht zwischen UDP (Transport-Schicht) und der Anwendung(s-Schicht)
Chromium-Browser kann das QUIC schon Client-seitig
derzeit nur wenige Web-Site's, die dieses Protokoll unterstützen (2019 nur rund 3 %)
Vorteile:

- weniger Overhead in der Übertragung
- verschränkte Verbindungen möglich (→ http/2)
-

Nachteile:

-

HTTP-over-OUIC wird wohl http/3

8.4.1. grundlegende Protokolle

??? ev. noch weiter nach vorne positionieren (hinter IP)

	TCP/IP-Protokoll-Stapel	spezielle Protokolle					
4	**Application-Layer**						
3	**Transport-Layer**						
2	**Internet-Layer**	ARP	RARP	BGP	OSPF	ICMP	IP
1	**Link-Layer**						

ICMP – Internet Control Message Protocol (RCF 792 / 1256)

für Fehler-Diagnose
Erreichbarkeits-Test → ping
Aufzeichnen von Zeit-Marken
Erkennen abgelaufener Zeit-Marken
Verwalten der Routing-Tabellen
ermitteln der zulässigen MTU (Maximum Transfer Unit (max. Paket-Länge))

ICMP-Nachrichten werden in IP-Paket gekapselt
im IP-Header wird im Protokoll-Feld eine 1 eingetragen
IP-Nutzlast ist das ICMP-Paket 8 bit Typ-Kennung, 8 bit Code und 16 bit Kontrollsumme
danach folgt die eigentliche ICMP-Nachricht

Type	Bedeutung	
0	Echo Response	
3	Ziel nicht erreicht	
4	Senderate drosseln	
5	Route ändern	
8	Echo Request	
9	Router Bekanntmachung	
10	Suche nach Router	
11	Lebenszeit (TTL) überschritten	
13	Timestamp-Anforderung	
14	Timestamp-Antwort	
17	Abfrage Subnetz.Maske	

Anforderung durch eine Station:



Antwort des Routers:



auf Kommandozeilen-Ebene mit dem Befehl ping

`ping -a 1 127.0.0.1` (ein Paket an Host-Adresse schicken (hier local host)

unter Windows:

`ping 127.0.0.1`

da die Pakete empfangen und wieder zurückgeschickt word, ist die Adresse erreichbar
das sollte beim local host auch immer so sein

```
C:\>ping 127.0.0.1

Ping wird ausgeführt für 127.0.0.1 mit 32 Bytes Daten:
Antwort von 127.0.0.1: Bytes=32 Zeit<1ms TTL=128
Antwort von 127.0.0.1: Bytes=32 Zeit<1ms TTL=128
Antwort von 127.0.0.1: Bytes=32 Zeit<1ms TTL=128
Antwort von 127.0.0.1: Bytes=32 Zeit<1ms TTL=128

Ping-Statistik für 127.0.0.1:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 4, Verloren = 0
    (0% Verlust),
Ca. Zeitangaben in Millisek.:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Mittelwert = 0ms

C:\>_
```

nicht existierende Adresse in eigenen Netz
bzw. Prüfen, ob diese Adresse existiert

Host nicht erreichbar

```
C:\>ping 192.168.100.88

Ping wird ausgeführt für 192.168.100.88 mit 32 Bytes Daten:
Antwort von 192.168.100.141: Zielhost nicht erreichbar.
Antwort von 192.168.100.141: Zielhost nicht erreichbar.
Antwort von 192.168.100.141: Zielhost nicht erreichbar.
Antwort von 192.168.100.141: Zielhost nicht erreichbar.

Ping-Statistik für 192.168.100.88:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 4, Verloren = 0
    (0% Verlust),

C:\>_
```

existierende Netzwerk-Adresse außerhalb des eigenen Netzwerkes

Host ansprechbar
Netzwerk-Routing funktioniert

```
C:\>ping 8.8.8.8

Ping wird ausgeführt für 8.8.8.8 mit 32 Bytes Daten:
Antwort von 8.8.8.8: Bytes=32 Zeit=18ms TTL=57
Antwort von 8.8.8.8: Bytes=32 Zeit=17ms TTL=57
Antwort von 8.8.8.8: Bytes=32 Zeit=18ms TTL=57
Antwort von 8.8.8.8: Bytes=32 Zeit=17ms TTL=57

Ping-Statistik für 8.8.8.8:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 4, Verloren = 0
    (0% Verlust),
Ca. Zeitangaben in Millisek.:
    Minimum = 17ms, Maximum = 18ms, Mittelwert = 17ms

C:\>_
```

nicht existierende Netzwerk-Adresse außerhalb des eigenen Netzwerkes

```
C:\>ping 192.100.54.34

Ping wird ausgeführt für 192.100.54.34 mit 32 Bytes Daten:
Antwort von 62.155.241.33: Zielnetz nicht erreichbar.
Antwort von 62.155.241.33: Zielnetz nicht erreichbar.
Antwort von 62.155.241.33: Zielnetz nicht erreichbar.
Antwort von 62.155.241.33: Zielnetz nicht erreichbar.

Ping-Statistik für 192.100.54.34:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 4, Verloren = 0
    (0% Verlust),

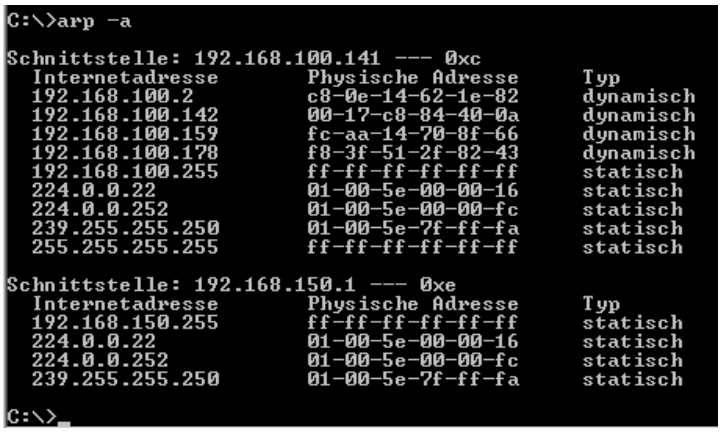
C:\>
```

ARP – Adress Resolution Protocol

Umwandeln der IP-adresse aus dem IP-Paket in die zugehörige MAC-Adresse und dann folgt umpacken in ein Paket für das lokale Netz (z.B. Ethernet-Paket)

anzeigen der ARP-Tabelle

arp -a

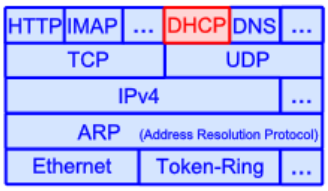


SNMP – Simple Network Management Protocol

UDP-basierter Dienst
für die Konfiguration und Steuerung von Netzwerk-Geräten und deren Kommunikation untereinander

DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

Einbinden neuer Geräte in ein existierendes Netzwerk mit einem DHCP-Server
dieser ist Teil des Routers oder eines lokalen Servers vergibt ev. eine frei IP-Adresse
UDP-basierter Dienst



weitere Einstellungen sind:
Hostname
Default Gateway
zuständiger DNS-Server

unter Windows:

ipconfig

oder

ipconfig /all

unter Linux
ifconfig

NFS – Network File System

UDP-basierter Dienst
Zugriff auf entfernte Datenspeicher und Arbeitsstationn

TCP-Beobachtung mit Wireshark

Wireshark ist wohl das bekannteste Sniffeer-Programm. Es dient der Analyse des Datenverkehr's in Netzwerken. Der Daten-Transfer kann aufgezeichnet werden und graphisch gestützt angezeigt werden.

https://www.wireshark.org

schneidet den gesamten Netzwerk-Verkehr mit
zur Erinnerung: im Netz werden vielfach (z.B. beim WLAN) alle Daten-Pakete an alle versendet
jede Netzwerk-Endstelle nimmt dann aber nur die Pakete zur Weiter-verarbeitung auf, die an diese Endstelle addressiert sind



Die Analyse und die Veränderung von fremden Daten ist strafbar.
Das Tool Wireshark darf also nur innerhalb des eigenen Netzes genutzt werden und damit nur eigene Daten analysiert werden.

in aufgezeichneten Protokollen kann dann gefiltert werden
Eingabezeile unter der Symbol-Leiste
grün bedeutet, dass es eine gültige Anfrage (ein gültiger regulärer Ausdruck (s.a. →) ist
bei rotem Hintergrund fehlen noch Info's oder es liegt ein Syntax-Fehler vor

hierrarchische Struktur
z.B.:

tcp.flags	zeigt alle Pakete mit irgendwelchen gesetzten Flag's an
tcp.flags.syn==1	sucht Pakete mit gesetztem SYN-Flag heraus
ip.src==192.168.01	sucht nach allen Einträgen mit der angegebenen IP-Quell-Adresse
ip.dst==…	entsprechend für Ziel-Adresse
ip.addr==…	für Ziel- und Quell-Adresse

zwei Anfragen (reguläre Ausdrücke) lassen sich auch mit **and** bzw. **&&** verbinden
entsprechend gilt für die Alternative **or** bzw. **||**
auch Klammern **( )** sind möglich

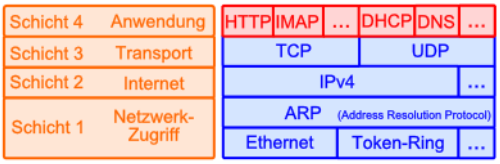
Aufgaben:

1. *Zeichnen Sie Sie für eine Schnittstelle (auf der Datenverkehr passiert) 1 bis 2 min den Netzverkehr mit wireshark auf! Erfüllen Sie währenddessen die Aufgaben 2 bis 5!*
2. *Ermitteln Sie z.B. mit dem Konsolen-Programm ipconfig die Konfiguration Ihrer lokalen Netzwerk-Anschlüsse!*
3. *Pingen Sie ebenfalls in der Konsole einmal den google-Server 8.8.8.8 an!*
4. *Rufen Sie einmal die google-Webseite auf und suchen Sie nach Ihrer Schul-Website!*
5. *Downloaden Sie eine Datei über den folgenden Link ! (Verwenden Sie dazu die Nutzer-Kennung: Name: Mustermann (geheimes) Kennwort: Mu5t3rm4nn)*
6. *Filtern Sie die TCP-Pakete heraus, die an Ihre lokale Netzwerk-Adresse gegangen sind!*
7. *Welche ARP-Pakete wurden im Netz transportiert? Erläutern Sie deren Funktion!*
8. *Schauen Sie sich den (S)FTP-Verkehr mal genauer an! Welche Informationen können Sie dem Protokoll entnehmen? Bedenken Sie, dass Sie sich auch gerade in einem öffentlichen WLAN befinden könnten!*

8.4. Internet-Anwendungen

von 1969 bis 1993 nur sehr schwaches, lineares Wachstum der Internet-Nutzung
in dieser Phase kam auch der erste PC (von IBM) 1981 dazu; vorher nur HomeComputer (Spiele. …; Kommunikation über BTX oder Modem)
echter Start des Internet's 1989 mit dem www / http
1990 Abschaltung des ARPANET (durch TCP/IP abgelöst) und nun auch starke kommerzielle Nutzung des Internet's
ab 1993 Nutzung auch durch Bevölkerung (erster (graphischer) Browser)
ab 1993 bis 2007 potentielles bis expotentielles Wachstum
Suchmaschinen waren yahoo, fireball, altavista, …
ab 1998 google als Suchmaschine mit deutlich effektiveren und Anwendungs-freundlicheren Algorithmen
2001 Start von wikipedia
dann ab 2003 soziale Medien mit facebook und auch Start des "web 2.0" als Mitmach-Internet
ab 2007 wieder eher lineares Wachstum, allerdings mit sehr rasanten Anstieg
(pro Jahr jetzt rund 500'000'000 Nutzer / Nutzungen mehr)
ab 2014 starke Verbreitung von Musik- und Video-Streaming
zusätzlich 2015 IoT (Internet of Things)

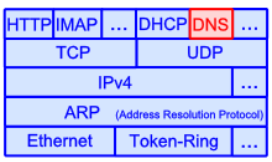
setzen alle auf der Internet-Schicht auf



Kommunikation zwischen z.B. TCP und der Anwendung (z.B. das eMail-Programm Thunderbird oder Outlook)
Anwendungs-Schicht stellt universelle Schnittstellen für die Anwender-Programme bereit
Internet-Anwendungen in diesem Sinne sind also nicht die Nutz-Programme, wie z.B. Browser (z.B. Internet Explorer, Firefox, Chrome, Opera, …) oder eMail-Programme (Outlook, Thunderbird, …). Hier verstehen wir Internet-Anwendungen als grundsätzliche Kommunikations-Arten, wie z.B. eMailing oder das world wide web (www / http). .

DNS – Domain Name Service

Umwandlung von www-Adressen in IP-Adressen
TCP- und UDP-basierter Dienst
eher unbekannter Dienst, läuft im Hintergrund, ist aber für die Mensch-Maschine-Kommunikation sehr wichtig



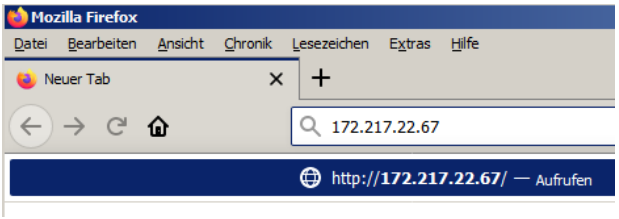
Die wenigsten Menschen möchten sich für die Suchmaschine google die eigentliche Adresse 172.217.22.67 merken. Pingt man google an, dann erhält man die exakte IP-Adresse.

```
C:\Users\drews>ping google.de

Ping wird ausgeführt für google.de [172.217.22.67] mit 32 Bytes Daten:
Antwort von 172.217.22.67: Bytes=32 Zeit=17ms TTL=57
Antwort von 172.217.22.67: Bytes=32 Zeit=16ms TTL=57
Antwort von 172.217.22.67: Bytes=32 Zeit=16ms TTL=57
Antwort von 172.217.22.67: Bytes=32 Zeit=16ms TTL=57

Ping-Statistik für 172.217.22.67:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 4, Verloren = 0
    (0% Verlust),
Ca. Zeitangaben in Millisek.:
    Minimum = 16ms, Maximum = 17ms, Mittelwert = 16ms
```

Genau läßt sich jede IP-Adresse zu einer Website ermitteln.
Die Adressen sind aber nicht besonders handlich und irgendwann wird ja auch das gesamte Netz auf IPv6 umgestellt sein, dann wird es wohl unmöglich solche Adressen fehlerfrei in den Browser einzugegeben.
Der DNS übernimmt die stupide Arbeit die schönen handlichen Text-Adressen (Domain-Namen), wie eben www.google.de oder de.wikipedia.org in die generischen IP-Adressen zu übersetzen.
Auch die umgedrehte Arbeit wird von DNS erledigt. So kann man eben auch herausbekommen, wer hinter 172.217.22.67 steckt.
Hier ist ein Browser die beste Wahl zum Erkunden. Allerdings funktioniert die Anzeige nur, wenn die Adresse über einen Web-Server verfügt.



Aufgaben:

1. Ermitteln Sie die IP-Adressen für die folgenden Website's!

a)	zdf.de	b)	www.bsi.bund.de	c)	www.atomzeit.eu
d)	de.wikipedia.org	e)	en.wikipedia.org	f)	dk.wikipedia.org
g)	open.hpi.de	h)		i)	

2. Wer steckt hinter den folgenden IP-Adressen? Gibt es sie überhaupt?

a)	52.178.155.90	b)	212.227.247.48	c)	8.8.8.8
d)	91.198.174.192	e)	192.168.0.1	f)	2.2.2.2
g)	127.0.0.1	h)	153.384.245.16	i)	1.1.1.1

3. Vergleichen Sie die (Telefon-)Auskunft mit dem DNS!

für die gehobene Anspruchsebene:

4. Prüfen Sie, ob Ihr Netzwerk auch mit IPv6 umgehen kann! Wenn JA, dann ermitteln Sie die IPv6-Adresse von google.de!

Dienst wurde 1983 auf Vorschlag von MOCKAPETRIS eingeführt.
Domain-Namensraum ist hierarchisches System mit einer Baum-Struktur

Sub-Domain	Sub-Domain	. Domain	.de Top-Level-Domain

Zentrale vergabe durch ICANN bzw. von ihr delegiert an lokale Domain-Registraturen. Für Deutschland ist das die DE-NIC. Über die denic.de kann man auch Inhaber abfragen.

Im Internet sind bestimmte Domainname-Server (DNS-Server) aktiv. Früher mussten die Adressen der Name-Server aktiv beim Router oder dem vernetzten PC eingegeben werden. Heute erfogt das meist automatisch über DHCP.

Beim Domain-Name-Server wird eine Tabelle geführt, die IP-Adresse und Domain-Name gegenüberstellt. Damit die Tabellen nicht unendlich groß werden, was ja mit längeren Bearbeitungs-Zeiten verbunden wäre, verwaltet jeder DNS-Server eine Zone. I.A. sind diese Zonen nicht überlappend. D.h. jeder Server kennt einen Teilzweig des Domain-Name-Baum's.
Der Client (bzw. das Anwendungs-Programm) stellt beim DNS-Server die Anfrage mit dem aufzulösenden Domain-Namen z.B. www.google.de. Der DNS-Server schaut in seine Tabelle und liefert bei einem vorhandenen Eintrag die passende IP-Adresse zurück an den Client.

Kennt der DNS-Server den angefragten Eintrag nicht, dann gibt er die Anfrage an einen übergeordneten DNS-Server weiter. Dieser prüft nun, ob der angefrage Domain-Name in seiner Tabelle ist. Wenn nicht, dann wird nachgesehen, ob eine übergeordnete Domaine zuordnenbar ist. In dem Fall existiert ein anderer DNS-Server in seiner Tabelle, an der er wieder die Anfrage weiterreichen kann. Der Domain-Name wird dann von einem anderen DNS-Server verwaltet. Hat dieser einen passenden Eintrag, liefert er diesen zurück.
Ist auch hier der Name wird der Hierarchie weiter gefolgt.

Über das DNS-System sind auch alternative – versteckte – Domain-Namen möglich. Diese können sogar die gleichen Namen, wie die Domain's aus dem "normalen" Internet, benutzen. Was es braucht ist nur ein eigener DNS-Server. Diese kann die – im "normalen" Internet – nicht anwählbaren Adressen verwalten. Sachlich lässt aber jede "verborgene" IP-Adresse direkt anwählen, nur eben nicht über den zugeordneten Domain-Namen. Man spricht auch vom Dark Net, Deep Net oder dem Hidden Net.
Unsichtbar sind die Geräte aber zuerst einmal nur für das "normale" DNS-System. Über ihre IP-Adresse sind sie jederzeit für jeden Internet-Nutzer erreichbar.

Mit Hilfe eines Caching-System's wird der Daten-Verkehr über andere DNS-Server reduziert. Hat ein DNS-Server von einer früheren Anfrage ein im unbekanntes Paar IP-Adresse und Domain-Name von einem übergeordneten DNS-Server zurückbekommen, dann merkt er sich diesen in seinem DNS-Cache. Dieser Speicher ist eher flüchtig angelegt. Ältere Anfragen werdn weiter hinten angeordnet und irgendwann gelöscht. Bei neueren Anfragen besteht ja die berechtigte Chace, dass bald wieder eine gleichlautende Anfrage kommt (→ Lokalitäts-Prinzip). Durch den DNS-Server ist dann nur ein kurzer Kockup notwendig und er hat den passenden Tabellen-eintag gefunden. Der neuere Eintrag wird quasi weiter vorn in der Tabelle gehalten. Für alle Cache-Einträge gibt es eine TTL (Time of Live). Spätestens nach Ablauf dieser Zeit, wird der Cache-Eintrag gelöscht. Bei erneuteten Benutzen eines Cache-Eintrages wird dessen Lebenszeit neu gestartet.
Kommt es mal zu einem Ausfall eines DNS-Server's, dann lädt dieser beim Neustart nur seine Basis-Tabelle und baut seinen Cache ganz von vorne wieder auf.

.edu	
.com	
.gov	
.mil	
.org	

.at	Östereich

.info	
.biz	
.tv	
.house	

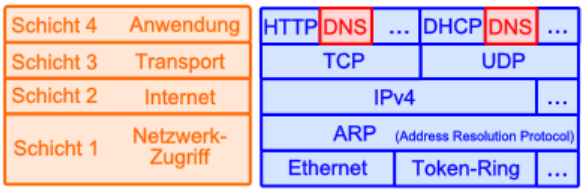
DNS-Tabelle im Detail

Domain Name	TTL	Klasse	Typ	Wert

Beispiele:

60
86400

Typ		
SOA	Start of Authority	Parameter für die zugehörige Domain
A	Host IP	IP-Adresse
MX	Mail Exchange	Domäne für eMail
NS	Name Server	Nameserver für Domäne
CNAME	Kanonischer Name	Domänenname
PTR	Pointer	Eintrag für reverses DNS Lookup
HINFO	Host Info	CPU / OS
TXT	Text	nicht interpretierter Text



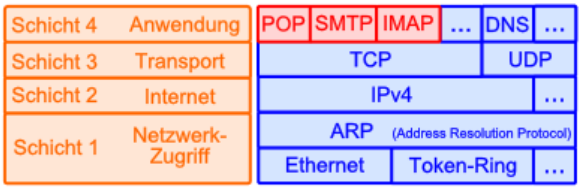
 (c,p) 2015 – 2025 lsp: dre

electronic Mail – eMail – POP / SMTP / IMAP

1971 erste eMail verschickt; in Deutschland die erste eMail 1983
entwickelt von Ray TOMLINSON (1941 – 2016)
ist praktisch die erste "Killer"-Anwendung gewesen, hat dem Internet zu einem ersten großen Durchbruch verholfen
auch heute noch das am weitesten verbreitete Kommunikations-Mittel (der Spam hift hier natürlich auch noch nach)
2019 rund 4 Mrd. eMail-Nutzer (bei rund 1,75 eMail-Account's pro Nutzer)
mit rund 280 Mrd. eMails am Tag

SMTP – Simple Mail Transfer Protocol
TCP-basierter Dienst

Text-basierte Informations-Übertragung



Aufbau einer eMail-Adresse

@-Zeichen als Trenner von Postfach und Domain-Name

Benutzername **eMail-Fach**	@	**Domain** **Server** **IP-Adresse**

Beispiele:

info	@	lern-soft-projekt.de
Hr.Kl.Mustermann	@	web.de

Das ursprüngliche eMail-System war an spezielle Applikationen, wie z.B. Outlock, Thunderbird, Mail usw. gebunden. Sie mussten / müssen installiert werden. Die Daten (geschriebene und erhaltene eMails) sind nur auf diesem Rechner verfügbar.
Diese Programme setzten direkt auf die Anwendungs-Schicht des TCP/IP-Stck's auf.

Komponenten eines eMail-System's

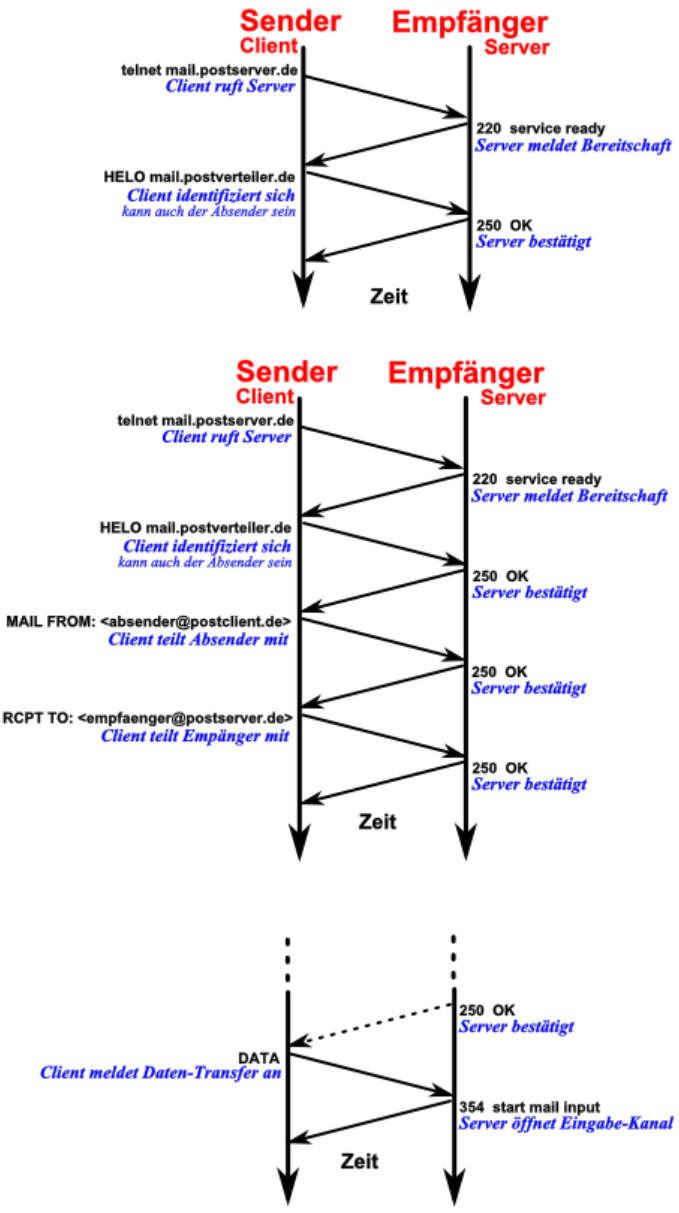
- **Internet** — Medium
- **User-Agent**
UA — Nutzer-Beauftragter
je Nutzer 1 UA
- **Message-Transfer-Agent**
MTA — Nachrichten-Übertragungs-Beaugtragter

MTA's sind im Internet verteilt auf verschiedenen Servern und ermöglichen den Transport von eMail untereinander
gesamtes System wird Message Transfer System genannt

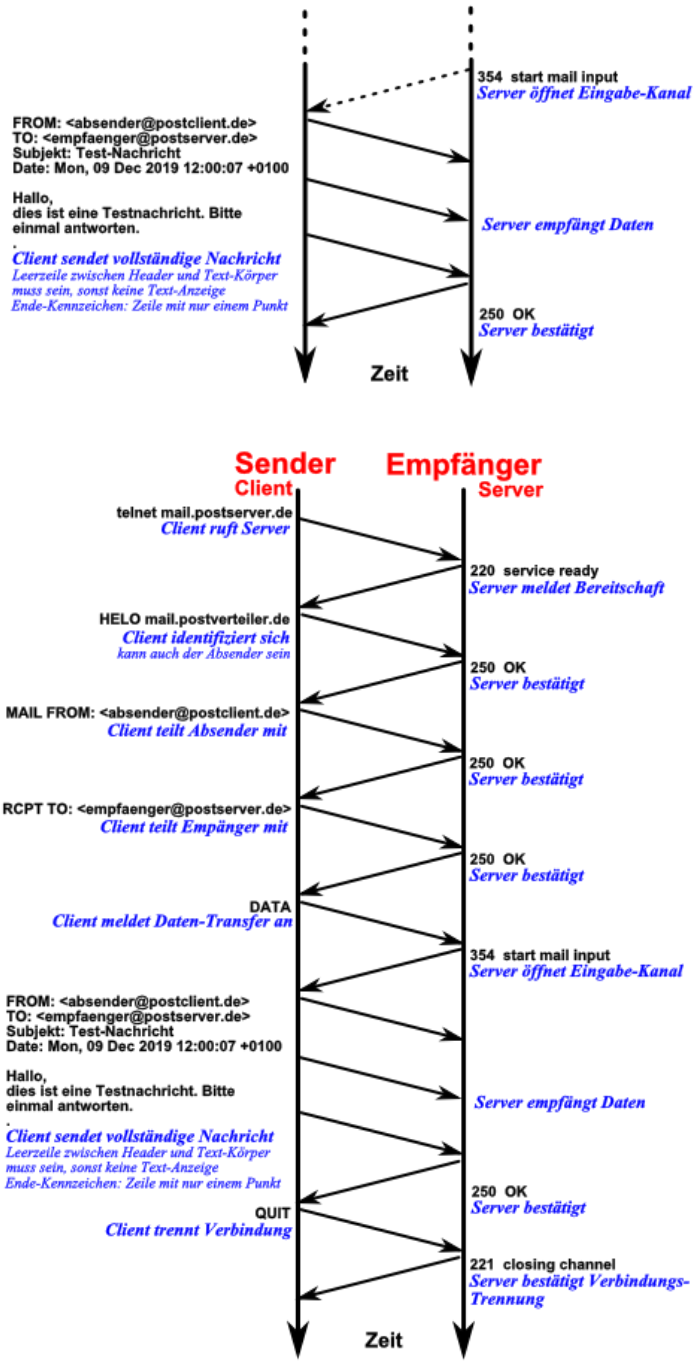
SMTP – Simple Mail Transfer Protocol

mit diesem Protokoll arbeiten die UA's
regelt die Kommunikation zwischen zwei / den MTA's
normalerweise werden nur alphanummerische Zeichen übertragen (eMail ist klassischer Text-basierter Dienst)
HTML ist möglicjh, da auch Text-basiert (lange Zeit als problematisch eingestuft, weil so das Einschleusen von Schad-Software sehr einfach möglich war)
für Multimedia-Daten muss eine Umsetzung gemacht werden (→ MIME)

Der SMTP-Handshake baut zuerst eine verbindung zwischen dem Client-MTA und der Server-MTA auf. Dazu wird zuerst über Telnet die Existenz eines Server's geprüft. Nach der Bestätigung wird mit HELO die eigentliche SMTP-Kommunikation begonnen. Der Client-MTA gibt dabei seinen eigenen Namen weiter.
Der Client-MTA kann der originale Absender sein, oder eben auch eine beliebige Zwischen-Station.
Nun tauschen die MTA's die Absender- und Empfänger-Adressen aus.
Dafür gibt es jeweils spezifische Nachrichten-Köpfe. Hier müssen die eMail-Adressen (zumindestens, die des Empfänger's) auch stimmen, da sonst keine Zustellung möglich ist.
Der Server-MTA bestätigt jedesmal mit einem OK-Kommando.
Mit dem Empfang der Bestätigung durch den Client kann dieser nun den Daten-Transfer ankündigen.
Der Server-MTA ermöglicht jetzt den Empfang einer längeren text-Nachricht.



Die vom Client übertragene eMail ist nun ein eigenes Text-Objekt. In ihm sind neben dem eigentlichen Text-Körper auch noch als Header (Kopf-Teil) Absender und Empfänger angegeben.
Interessanterweise sind diese Kopf-Daten weitgehend manipulierbar. Erst dadurch ist das nervige Spammen erst möglich. Der Spammer kann hier nämlich alles eintragen, und damit auch seine wahre Identität verschleiern.
Das Ende der Text-Nachricht ist durch eine Zeile gekennzeichnet, die nur einen Punkt enthält.
Der Server quittiert den Empfang der eMail.
Zum Abschluss initiiert der Client die Trennung der Verbindung, was der Server mit einem speziellen Signal bestätigt.
Letztendlich handelt es sich wieder um ein schönes Beispiel für ein Handshake-Verfahren.



Internet Media Type: MIME – Multiple Internet Mail Extension

auch Multipurpose Internet Mail Extensionerweitertes Daten-Format von eMails, um unterschiedlichste Daten-Typen im eMail-System übertragen zu können
Übersetzt beliebige Daten-Dateien (! Vorsicht es gehen auch EXE) in alphanummerische Zeichen. Diese werden dann beim Empfänger zurückgewandelt.
Bei Endstellen müssen die Chiffrierung kennen, sonst MIME-Typ-Fehler
die Einbearbeitung erfolgt dann über ein geeignetes Multimedia-Programm oder PlugIn

Je LAN bzw. Email-Einheit ist ein eMail-Gateway notwendig. Ist praktisch der eMail-Server mit den vielen eMail-Fächern.

Das Gateway ist praktisch das "lokale" Postamt. Die Gateway kommunizieren als MTA's über das SMTP. Die eMail-Clients (also die eMail-Programme) auf den Endgeräten fragen die eMail's mittels POP (Post Office Protocol) ab. Aktuelle Version ist POP3.
Durch POP wird:
die Anmeldung beim eMail-Gateway (POP3-Server)
herunterladen der eMail und danach sofortiges Lösen auf dem Server

Beim Senden ist das lokale eMail-Programm aber kurzzeitig auch ein MTA und muss deshalb auch SMTP können und einen nächsten SMTP-Server kennen.

Als Verbesserung zum POP kam dann das IMAP (Interactive Mail Access Protocol). Bei POP werden immer alle Teile einer eMail heruntergeladen und lokal gespeichert. Das ist besonders bei unerwünschten und gefährlichen Anhängen nicht sinnvoll. Weiterhin ist kein paralleles Arbeiten mit mehreren Konten möglich. Ein Postfach muss nach dem anderen abgefragt werden. Desweiteren ist ja nach einem Kontakt beim POP3-Server durch das Herunterladen der eMail auf dem einen Gerät keine Möglichkeit mehr da, automatisch eMails gleichwertig auf mehreren Geräten zu bearbeiten.

Beim IMAP werden zuerst nur die Kopf-Daten einer eMail (al'a POP) heruntergeladen. Erste wenn man sich für ein Lesen entscheidet, dann wird der Rest mit all den Anhängen heruntergeladen.
Nutzer können jetzt beliebig viele eMail-Programme an verschiedensten Orten (Firma, Zuhause, Unterwegs) benutzen. Alle können über den gleichen Daten-Bestand verfügen.
Auf den IMAP-Server wird jetzt auch die Möglichkeit geboten, die eMails in verschiedenen Ordnern zu speichern / einzusortieren. Die Speicherdauer ist jetzt nicht mehr begrenzt. Als limitierenden Faktor triit nur die gebuchte / zugeordnete Speicher-Größe in den Vordergrund.

Diese Bindung an ein oder mehrere Gerät hat sich als Nachteil (in unserer mobilen Kommunikation) herausgestellt. Nicht jeder kann seine eMail's immer nur auf einem Gerät bearbeiten. Denken wir nur an uns, wenn wir (ohne Handy) auf Reisen sind. Der Wunsch eMail's Orts-unabhängig zu verwalten, hat schnell zugenommen. Deshalb bieten die meisten Mail-Anbieter auch Web-basierte Zugänge zu den Postfächern an. Die eMail-Anbieter web.de, gmx, outlook.de und yahoo sind hier sicher die bekanntesten Beispiele. Bei ihnen wird die Nutzer-Kommunikation über den Browser – also das http-Protokoll – erledigt. Die eMail-Server untereinander benutzen aber immer noch das klassische eMail-Protokoll.

eMail-Programme leisten heute:

- Erzeugen einer Nachricht (Composition)
  - Text-Editor
  - Zusammenstellung des Header's
  - Verknüpfen von Anhängen an die Mail
- Zustellen einer Nachricht (Transfer)
  - Anmeldung an der Servern
  - Verbindungs-Auf- und -Abbau
  - Nachrichten-Übertragung
- Benachrichtung üver die Zustellung / Mail-Status
  - Rückmeldungen zum Versand / Empfang
  - Erkennen von Fehlern, …
- Anzeigen der Nachrichten (Displaying)
  - Anzeigen der Texte
  - Übersetzung von HTML-Tag's
  - Umsetzen der MIME-Daten
- Speichern / Archivieren von Nachrichten

    - sicheres Speichern der Nachrichten
    - Löschen von Nachrichten
- …

Beispiele:
- microsoft Outlook
- mozilla Firefox
- Apple Mail
- microsoft Mail
-

relativ hohes Gefahren-Potential:
- Absender-Daten können manipuliert werden (eMail-Spoofing (→ CEO-Attacke)
- Phishing
- bösartige Anhänge (EXE oder getarnte EXE, die sich als andere Datei ausgeben (z.B. PDF)

File Transport Protocol - FTP

Instant Messaging / Chat -

vieles als Erweiterung der elektronischen Post

Hypertext Transfer Protocol - http / www

www – world wide web
ein Bereich des Internet's
praktisch Nutzung des http (Hypertext Transfer Protocol)

das was viele populär als Internet verstehen
eigentlich nur ein Dienst unter vielen
neben eMail wohl der am häufigsten genutzte Internet-Dienst
TCP-basierter Dienst

Web-Seiten bieten heute (praktisch fast) alle Informationen:

- Informationen zu Firmen / Institutionen
- Suche von Seiten
- eShopping
- online-Lexika
- online-Banking
- Paket-Verfolgung
- soziale Medien / Communities
- Unterhaltung / Multimedia / Streaming
- Vertretungs-Pläne
- Blogs / Nachrichten
- Reise-Portale
- Preis- und … -Vergleiche
- eLearning
- eMailing über Browser
- InstantMessaging
- Chat
- Routen-Planung / Navigation
- …

notwendig ist Client-Programm → Web-Browser od. kurz nur Browser genannt
Beispiele: Internet Explorer, Edge, Safari, Firefox, Opera, Chrome, …
dient zur Anzeige und zum Navigieren auf Internet-Seiten (http-Seiten)

bereitgestellte Daten (Seiten-Inhalte) müssen in einem definierten Format angeboten werden
Text-basierte, getagte Daten → Hypertext- bzw. Hypermedia-Format
ursprüngliches Ziel war die flexible Darstellung von (zuerst einmal nur) Texten auf verschiedensten Computersystemen und Bildschirm-Arten und -Größen. Beim Start des www waren auch noch monochrome und / oder kleine Monitore üblich. Große farbige Monitore kosteten viel Geld.

Browser baut zur eingegeben / angeklickten Adresse (Link / URL) eine TCP-Verbindung auf
Seite-Inhalt wird abgerufen (als getagter Text) wird angezeigt
ev. enthalten die Seiten wieder Zeiger auf andere Seiten (Adresseen ander Seiten oder auch Zeiger / Pointer)
dargestellt als Link (üblicherweise als unterstrichener Text
heute volle Intergration von Multimedia und Programmsprachen (Skript-Sprachen)

URL-Uniform Resource Locator
ist die Internet-Adresse einer Webseite

http://www.subdomain.domain.topleveldomain/pfad/datei

http-Dienst arbeitet Verbindungs-bezogen nach dem Client-Server-Prinzip mit mehrfachen Handshake

Markierungssprache HTML – Hypertext Markup Language
HTML-Datei enthält sowohl die Daten ((Text-)Informationen) als auch Steuer-Wörter für den Browser. Steuer-Wörter werden Tag's genannt. Sie sind in spitze Klammern (< >) eingeschlossen. Tag's sind meist gepaart, dabei gibt es einen einleitenden Tag und einen beendenende Tag. Beide besitzen den gleichen Text innerhalb der spitzen Klammern. Der beendende Tag hat einen zusätzlichen Schrägstrich (Slash, /) vor dem Schlüsselwort.

z.B. **<B>** …. **</B>** für Fett-Anzeige des eingeschlossenen Textes

einzelne Tag's haben keinen beendenen Tag, z.B. **
** für Break als Zeilen-Umbruch.

diverse Tag's besitzen im einleitenden Tag die Möglichkeit zusätzliche Optionen festzulegen
im abschließenden Tag sind dann nicht mehr zulässig und auch nicht zugelassen.
Gute Browser sind sehr Fehler-tolerant. Werden bestimmte – vor allem abschließende – Tag's nicht exakt gesetzt, dann krrigieren sie diese Fehler.

durch Tag's lassen sich Multimedia-Inhalte einbinden, Diese werden binär nachgeladen

Exkurs: Aufbau einer HTML-Datei

HTML-Dateien sind sogenannte "Hyper Text Markup Language"-Dateien. Das bedeutet übersetzt Hypertext-Markierungs-Sprache.
In einer HTML-Datei ist der originale Text in lesbarer Form enthalten. Die besondere Hervorhebung z.B. von fett geschrieben Text-Teilen oder Überschriften wird durch sogenannte Tag's erreicht. Tag's werden in spitze Klammern notiert. Die Browser werten diese Tags aus und stellen die Texte dann entsprechend dar. Die meisten Tag's bestehen aus einem einleiztenden Tag und einem beendenden. Beide besitzen den gleichen Innentext, nur dass der End-Tag noch einen einleitenden Schrägstrich dazu enthält
Steht in einem HTML-Text die folgende Sequenz:

```
…
Der Text wird ab hier <b> fett gedruckt: Hallo, hallo </b>.
…
```

dann bewirkt die eine fettgedruckte Ausgabe des in die Bold-Tag's eingeschlossenen Wörter. Es ergibt sich also die Ausgabe:

Der Text wird ab hier **fett gedruckt: Hallo, hallo**.

Im Folgenden zeigen wir eine sehr, sehr einfache HTML-Datei. Diese dient nur dazu, um das Prinzip zu verdeutlichen und die wesentlichen Bereiche zu besprechen. Rechts daneben sind einige kurze Erläuterungen. Die Datei kann aber mit einem Text-Editor erstellt werden. In einem beliebigen Browser wird sie dann – wie eine Webseite – angezeigt.

```
<html>
<head>
<title> Startseite </title>
<meta content="Homepage" >
</head>

<body>
<h2> meine Homepage </h2>

Hallo, willkommen!<br>
Dies ist die Seite von
<b> dein Name </b>

</body>
</html>
```

Start des HTML-Textes
Beginn des nicht-sichtbaren Kopf-Bereiches
Titel für das Browser-Fenster
Themen-Aufzählung
Ende des Kopf-Bereiches

Beginn des anzeigbaren Inhaltes
eine Überschrift (Gliederungsebene 2)

normaler Text mit einem Zeilenumbruch

fett gedruckter Text

Ende des Inhalts-Bereichs
Ende des HTML-Textes



Die Ausgabe der HTML-Datei ist sehr einfach gehalten. Für eine optisch aufwendigere Internetseite sind neben HTML auch noch andere Technologien notwendig.
Wer sich über – zumindestens über Teile – einer beliebten Internetseite informieren möchte, kann das praktisch in jedem Browser tun. I.A. gibt es beim Klick auf die Webseite und beim Aufruf des Kontext-Menüs einen Punkt, der den Quelltext anzeigen lässt.
Für moderne Internetseiten benutzt man spezialisierte Programme, die Text- und Layout-Vorgaben automatisch in HTML usw. umsetzen.

Suchmaschinen

soziale Netzwerke

auf der Basis des http-Systems

Möglichkeit:
der einfachen Selbst-Darstellung (→ Profil)
schnelle Information, einfache(r) Austausch / Kommunikation → praktisch immer aktuell
Ort- und Geräte-unabhängig zu agieren
Kommentare hinzufügen
Nutzer-Gruppen zu bilden
Multimedia-fähig
leichte Zugänglichkeit

Vorteile:

- starke Vernetzung von Personen, Organisationen und Geräten
- hohes Maß an möglicher Interaktivität
- Zusammenarbeit (Kollaboration) möglich
- Nutzer sind Produzent und Konsument
- …

Nachteile:

- Entkopplung von Person und Profil – größere Anounymität → verleitet zum Vergessen der guten Erziehung
- viele persönliche und Personen-bezogene Daten im Umlauf
- schnelles Umschwenken von den (Haupt-)Inhalten zu Formen / Neben-Inhalten
- mögliche Zensur (nutzer sollen positiv / wohlwollend gestimmt werden)
- Macht-Mißbrauch durch Besitzer / …
- …

jeder kann jetzt auf natürliche Weise teilnehmen (Mitmach-Netz) ohne größere Computer-Kenntnisse
leicht bedienbar

Formen

- **Blog** — Diskussions-System zu geposteten / veröffentlichten Texte, (Bilder,) und / oder Podcast's
- **Forum** — Frage-Antwort-Diskussions-Platformen
- **Wiki** — z.B.: wikipedia
interaktive, Hypertext-basierte Lexika
- **Media Sharing** — z.B.: YouTube, Instagramm, …
- **soziale Netzwerke** — z.B.: Facebook, Stayfriends, …
- **Lern-Platformen MOOC's** — Massive Open Online …

Komponenten eines / vieler sozialen Netzwerke:

- Profil
- Fotoalben
- Messaging
- Kommentar- / Feedback-Tools
- Apps
- Timeline

Wiki's

ganz besonders wikipedia haben zu einem neuen Lexika-Verständnis und zu geänderter Benutzung geführt (heute copy-and-paste und vielfach keine semantische Reflexion des Inhalt's)
inhaltliche Tiefe sehr heterogen, da keine oder schwache redaktionelle Betreuung; hierarchisches System an Betreuern; gewählte Administratoren achten auf die Einhaltung von Regeln
Seiten-Inhalte können manipuliert werden

2001 gegründet
heute betrieben von der Wikimedia Foundation (Non-Profit-Organisation)
derzeit rund 50 Mio. Artikel (rund 2,5 Mio. deutsch-sprachig)
pro Artikel werden durchschnittlich rund 50 Bearbeitungen eingebracht

8.4.x. erweiterte Protokolle

??? Einordnung

Media-Streaming

mit 2019 Gleichzug von Media-Streaming mit der TV-Nutzung
deutlich stärkerer Anstieg des Streaming's als Abfall der TV-Nutzung

Streaming verändert Art der Daten-Bereitstellung und –Nutzung
traditionell wurden Daten immer erst (vollständig) heruntergeladen und dann genutzt / angezeigt
Verfahren z.B. für große Daten-Menge und Life-Übertragungen nicht geeignet

beim Streaming wird nach einem kurzen Vorlauf des Download's (Datenstrom's) gleich auch mit der Anzeige begonnen
bei normalen Internet-Verbindungen immer kleiner Vorlauf des Downloadens
Daten werden in einem Puffer gespeichert und nach der Nutzung wieder von neuen Daten überschrieben
die Daten aus dem Internet kommen unregelmäßig an, der Puffer funktioniert aber als Warteschlange (FIFO-Speicher), wobei die Entnahme i.A. geringer ist als die Einspeicherung (Entnahme ist langsamstes Elemente der Kette)
durch die Nutzung unterschiedlicher Aufösungen lassen sich die Daten-Mengen beeinflussen
aus dem Puffer werden die Daten immer gleichmäßig vom Media-Player entnommen und angezeigt

auf Servern gespeicherte Daten können Wusch-gerecht übertragen werden.
Sprünge und Vor-/Zurück-Spulen ist möglich

Live-Streaming
Daten werden praktisch Zeit-gleich mit der Nutzung erzeugt

Mediatheken, aNetflix und Co

Beispiele:

- Mediatheken von:
  - ARD, ZDF und CNN
  - TVNOW (RTL, VOX, n-tv, …)
  - Joyn (Pro7, Sat1, sixx, DMAX, …)
- soziale Netzwerke
  - YouTube
  - MyViedeo, Clipfish, …
- kommerzielle Dienste
  - Netflix
  - Amazon Video, Hulu, …
- …

Voice over IP – VoIP

online-Gaming

online-Banking

Abwicklung von Bank-Geschäften über's Internet
heute rund 50 % der Bank-Kunden auch online-Banking-Nutzer

Sicherheits-Verfahren für Überweisungen / Anmeldung

- **TAN / iTAN (TAN-Listen)** Auswahl aus indizierter Kunden-spezifischer Liste
  niedrige Sicherheit
  seit Mitte 2019 nicht mehr möglich
- **TAN-Generator** aus Ziel-Konto-Nummer und Betrag
  hohe Sicherheit
- **smsTAN** separate TAN-Übertragung auf ein Smartphone (als SMS)
  moderate Sicherheit (Gefahr durch geklonte Sim-Karten und gestohlene / verlorene Smartphone's)
- **TAN-Generator mit …** ließt dynamischen Barcode (mit Kontonummer und Betrag) vom Bildschirm und berechnet dann auf dem gerrät eine TAN
  sehr hohe Sicherheit
- **PhotoTAN** farbiges Bild-Punkte-Muster
  sehr hohe Sicherheit
-

Angriffe richten sich gegen Nutzer, da diese oft nicht genug Wert auf Sicherheit legen
heute doppelte Authentifizierung (2FA … Zwei-Faktor-Authentisierung)
Einloggen mit Kennung und Passwort (Wissen) sowie aktuell erzeugtem TAN (Besitz Generator + Bankkarte)
alternativ auch biometrische Authentisierung (z.B. Finger-Abdruck, Iris-Scan, …) möglich (Inhärenz)

moderne Zahl-Methoden / online-Bezahl-Dienste (mit virtuellem Zwischen-Konto)

- PayPal
- Apple Pay (nur mit Apple-Geräten möglich)
- google Pay (benötigt Gerät mit NFC-System (Near Field Communication)

Kunde bezahlt nicht mit den sensibelen Kreditkarten-Nummern oder direkter Einwahl bei der Bank sondern "nur" mit den Daten des virtuellem Konto's

sofortige Gutschrift beim Verkäufer / Empfänger
verzögerte Abbuchung beim Kunden / Absender

zusätzlich Abwicklungs-Dienstleister / Direkt-Bezahlung:

- Klarna

ausgelagerte hochspezialisierte Dienste mit hohem Sicherheits-Anspruch
Direkt-Überweisung

Krypto-Währungen
mit eigenem Netzwerk (und integrierter Blockchain-Technologie / -Verfahren)
dezentral, von Banken und Staaten unabhängig
u.U. keine Zuordnung von Besitzer zu Konto möglich

an Smartphone gebundene Krypto-Währung Libra von google

Arbeiten in der Cloud

zuerst nur als externer Speicher

8.4.x. IoT – Internet of Things (Internet der Dinge)

Geräte kommunizieren untereinander (auch unabhängig vom menschlichen Nutzer)
Geräte werden praktisch intelligent (smart)

Industrie 4.0 → Effektivierung und Digitaliserung von Geschäfts-Prozessen

Smarthome
Gebäude- und Labor-Steuerung
Intelligente Stromzähler

Sensoren / Aktoren

Smart City
Ampel-Steuerung in Abhängigkeit des verkehrs-Aufkommen
Intelligente Stromzähler
Steuerung der Straßenbeleuchtung

Smart Agriculture
Überwachung der Umweltbedingungen
Reife-Überwachung

eHealth
Fitniss Tracker / Fitness-Armbänder
Steuerung / Überwachung von Herzschrittmachern

Anforderungen an IoT-Geräte
- hohe Zuverlässigkeit
- geringer Wartungsaufwand
- niedriger energieverbrauch
- geringe Anschaffungskosten

genutzte Technologien (für IoT)
- RFID
- QR-Code
- Barcode
- Sensoren + Aktoren
- div. Internet-Adressierungen und -Protokolle (dazu z.B. MTTQ)

8.4.x. Anwendungen / Protokolle der nahen Zukunft

smarte Welt

8.5. Internet-Sicherheit

eigentlich als offenes Medium gedacht, in dem alle gleichberechtigt agieren können
Forschungs-Projekt
"friedliche" Nutzung durch aufgeklärtes, vertrauenswürdiges akademisches Personal
eingeschränkter Personen.Kreis; praktisch nur Spezialisten
Hintergedanke militärische Nutzung bestand schon

kriminelle Energie und Potential zu Anfang deutlich unterschätzt
zuerst ging es um die Funktionalität; Sicherheit war immer zweitrangig
mehr die Gefahr der unberechtigten (kostenlosen) Nutzung und des Einbruchs in staatliche Systeme gesehen
erst mit der kommerziellen Nutzung des Internet's wurde es auch für wirklich kriminelle Aktivitäten interessant
Verdienen von Geld möglich, nicht das Erschleichen von Leistungen

heute starke Probleme mit gestohlenen Account's einschließlich diverser Zusatz-Daten (Kreditkarten-Nummer, Gesundheitsdaten, Profil-Daten, Anschriften, …)
z.B. Anfang 2019 großer Leak "Collection #1 - #5" mit über 2,2 Mrd. Zugangsdaten
damit auch Zugriff auf andere Dienste / Web-Seiten / Plattformen möglich, da Nutzer i.A. Passwörter mehrfach nutzen → Angriff auf dieses Verhalten wird "Credential Stuffing" genannt

Gefahren auch durch externe Dienste-Anbieter, weil diese nicht alle Anforderungen erfüllen, z.T. auch wegen Preisdruck der großen Anbieter / Plattformen

Tummelplatz für Kriminelle / (weitgehend) mögliche Anonymität und Länder-übergreifendes Taktieren fördert kriminelle Aktivitäten

Malware-Angriffe auf kritische Systeme (Krankenhäuser, Strom-Versorgung, …)
z.B. Verschlüsselung der Daten und dann Erpressung (→ Ransomware)

Das Internet vergisst nicht
Spuren schwer bzw. niemals löschbar
nichts bleibt unbemerkt

Dark-Net
geschützte und anonyme Kommunikation
Handel mit problematischen Dingen (Waffen, Drogen, (Kinder-)Pornographie)

Spionage (Einbruch in Firmen-Netzwerke (vorrangig Entwicklungs-Abteilungen))
Platzierung von Backdoor's

Fake-News / Desinformations-Kampagnen / …

social Engineering
Ausnutzen von typischen menschlichen Handlungsweisen
Hetze / Hass / Cyber-Mobbing / …
Problem der gefühlten absoluten Meinungs-Freiheit
anonymes / unpersönliches Agieren (Senkung der Hemmschwelle)

Verstoß gegen Urheberrechte / Schutz des geistigen Eigentum

statistische Daten meist positiviert, weil Dunkelziffer bei Meldungen (möglicher Image-Verlust))

Was spielt den Kriminellen / … in die Hände? Ursachen für steigendes Gefahren-Potential

Mrd. von Eintrittsstellen
viele technisch nur gering gebildete Nutzer
normal gutgläubige Nutzer

Schwachstellen in Systemen, Protokollen, Programmen, …
ist normal
Design- und Konfigurations-Fehler

Werkzeuge werden immer einfacher zugänglich und benutzbar
selbst die Veränderung sehr komplexer Viren durch "Baukästen" immer einfacher

fehlende zentrale Organisationen / Kontroll-Organe

Mauschelein der Geheimdienste spielen weitere Rolle

ohne klare Brüche ist aus Forschungs-Projekt eine Schlüsseltechnologie geworden
Firmen forcieren Entwicklungen, um Funktionalitäten zu erreichen; Sicherheit bleibt zweitrangig, z.T. bewußt vernachlässig, weil es Ressourcen bindet

alle vernetzte Geräte sind geeignet

nationale Gesetze und Strafverfolgungs-Systeme gegen international agierende Kriminelle
(Server z.B. einfach in Länder mit schwachen oder fehlenden Gesetzen und / oder Strafverfolgungs-Organen)
Internet kennt kaum Grenzen, selbst Geoblocking lässt sich leicht austricksen

Internet ist nicht mehr einfach abschaltbar (auch nicht für einzelne Personen, Institutionen, Länder); lebensnotwendige Infra-Struktur; echtes Gefahren-Potential meist unterschätzt oder klein geredet ("ist ja bis jetzt gut gegangen" sagte der Blinde kurz vorm Rand der Klippe)

extreme Komplezität

hoher Innovations-Druck
immer schnellere Entwicklungs-Zyklen (praktisch schon so schnell, dass "fertige" Software beim Nutzer (end-)getestet wird (Bananen-Software → reift beim Verbraucher)

die Masse der Anwender ist auf Gefahren nicht vorbereitet!
Bewußtsein für Informationssicherheit und (Personen-)Datenschutz ist relativ gering
praktisch nur geringe Rolle in der klassischen Bildung
Kapitulation vor der Komplexität; jeder ist froh, wenn etwas läuft
großer Aufwand für Aktualisierung von Software, …

wenig hochqualifiziertes Personal auch in problematischen Arbeits-Situationen (fehlende Administratoren)
99 % der Angriffe (auf der Basis von bekannten Schwachstellen) hätten verhindert werden können, weil es meist Konfigurations-Fehler sind oder Update's nicht eingespielt wurden

8.5.x. Sicherheits-Ziele und Angriffs-Szenarien

Sicherheits-Ziele in Netzen / im Internet

- **Verfügbarkeit**
- **Vertraulichkeit**
- **Verbindlichkeit**
- **Authentizität**
- **Integrität**
-

unterschiedliches Gefahren, je nach Netzwerk-Typ:
geschlossene Netzwerke
sind nicht an das Internet angeschlossen
meist auch von anderen (ev. gefährlichen / gefährdeten) Netzwerken abgekoppelt (physikalische Trennung)
Zugang nur durch persönlichen Zugriff oder manipulierter Technik, …

offene Netzwerke
haben Anschluß zum Internet und / oder anderen Netzen
besonders anfällig, weil praktisch keine Grenzen bestehen

Denial of Service-Angriff (DoS-Attacke)

greift Verfügbarkeit an
Überlastung des Server's etc. durch stark erhöhte Anzahl (meist sinnloser) Anfragen
meist stürzt System / Server ab

Verlust der Authentizität / Identitäs-Diebstahl
Fälschung / Mißbrauch von digitalen Identitäten (→)
Vortäuschen falscher Identitäten
→ spoofing

Integritäts-Verlust / Fälschung von Inhalten / Daten
veränderte Überweisungs-Beträge beim online-Banking
→

Vertraulichkeits-Verlust
da allgemein das Broadcasting-Prinzip verwendet wird, kann der Datenverkehr mitgehört werden
→ eavesdroping

Verbindlichkeits-Verlust
Problemkreis Rechtsverbindlichkeit / Vertrags-Regeln

Arten von Angriffen / Attacken

- **aktiv** Angreifer verfälscht Inhalte, mißbraucht Identitäten, verbraucht zu viele Ressourcen; überlastet Systeme
  spioniert Systeme aus und stiehlt / manipuliert Daten
  Angreifer handelt bewußt
  leichter erkennbar

- **passiv** Angreifer hört mit, zeichnet Daten-Verkehr auf; liest eMail's und Dokumente mit; spioniert Netzwerke aus (nur "Neugier")
  Angreifer handelt bewußt aber ohne Beeinflussung anderer Nutzer / Systeme
  kaum erkennbar

- durch Fehlbedienungen
  fehlerhafte Daten-Eingaben
  erweiterte Zugriffs-Möglichkeiten durch Konfigurations- und / oder Adminstrations-Fehler
  …
  "Angreifer" unbewußt / Angreifer wider Willen

Internet Crime Complaint Center (iC^3)
für die USA beim FBI angesiedelt
seit 2000 wurden rund 4,4 Mio. Klagen / Meldungen
rund 900 Klagen pro Tag

Risiko-Bereiche

- **Computer-Systeme**
  fehlende Backup's
  System-Ausfälle
  Fehler in der Software
  Überlast
- **Netzwerk-Verbindungen**
  Unterbrechung von Überweisungs-Vorgängen
- **Schnittstellen / Zwischensystem in Netzwerken**
- **Nutzer**
  human factor
  Fehl-Bedienung
  unbeabsichtigtes Löschen / Vernichten von Daten
  Erschleichen von Wettbewerbs-Vorteilen
  Sabotage
  Mißgunst / Gier / Rache / Langeweile / …
- **Umwelt**
  starke Sonnenaktivität (starke Partikel-Strahlung)
- **Geheimdienste / Militär**
- **…**
  Schädigung des Image
  Übergang zur digitalen Dokumentation

Risiko-Dimensionen

- **Schadenshöhe**
- **erwartete Häufigkeit**

nach ISO 31000

unabhängig davon auch interessant:

- Anzahl betroffener Systeme
- Arten der betroffenen Systeme
- Aufwand für Schutz / Beseitigung

Risiko-Analyse

- **Phase 1: Definition** der Analyse-Domäne
  - Eingrenzung der betrachteten Bereiche
  -
- **Phase 2: Risiko-Beschreibung** in der Analyse-Domäne
  - Szenario- od. Simulations-basiert
  -
- **Phase 3: Risiko-Bewertung** z.B. nach:
  - Schadenhöhe
  - Eintritts-Wahrscheinlichkeit
- **Phase 4: Ergebnis-Interpretation** Bewertungen und Empfehlungen:
  - Schutz-System
  - Verhaltens-Normen
  - …

online-Banking

unproblematisch ist i.A. Bestellung / Transaktionen
meist verschlüsselte Verbindungen
sicheres TAN-System mit Generator oder Photo-TAN

Probleme beim online-Banking

- unsichere PC's (nicht aktuelles Betriebssystem, fehlende Sicherheits-Software, …)
- eingeschleuste Software (Trojaner, Daten-Logger, …)
-

social Networking

Daten-Übertragung und Speicherung gut gesichert
Backup-Systeme (system-Ausfälle bleiben meist unbemerkt)

Probleme beim social Networking

- ausplaudern von intimen, persönlichen Informationen (u.a. nur aus Geltungs-Bedürfnis oder Unbedachtheit)
- Phishing (z.T. mit Ausnutzung der ausspionierten Personen-Daten)
- (ungeprüfte) Werbung
- Daten-Sammlung
- gläserner Nutzer (Geo-Lokalisation)
- mehrfache Passwort-Nutzung (Erkunden des Passwort's durch gefälschte Seiten)
- indirekte Authentizierung ("mit Facebook anmelden") bei anderen Diensten
- unnötige Kommunikation (sinnfrei Mitteilungen, zu viele Nachrichten, …)
- Unter-Stress-Setzung / Zeit-Verlust / Angst etwas zu verpassen / sich ständig beobachtet fühlen und ständig verfügbar zu sein / schnelle Umdisponierung
-

Definition(en): Schwachstelle
Eine Schwachstelle ist ene in einem System vohandene Möglichkeit, die üblichen (Sicherheits-)Kontrollen und Abwehr-Mechanismen zu umgehen bzw. ein Eindringen / Manipulieren des Systems ermöglichen.

könnte z.B. eine fehlerhafte Programmierung der PDF-Anzeige sein
die Schwachstelle soll die Ausführung von Remote-Code ermöglichen

Definition(en): Exploit
Ein Exploit ist ein Versuch / eine Aktion zur Ausnutzung einer Schwachstelle.

das passende Exploit zur obigen Schwachstelle wäre jetzt eine präparierte PDF-Datei mit einem ausführbaren Programm, dass z.B. weitern Code nachlädt und dann ausführt
die PDF wird dann z.B. mit einer eMail verteilt ("Mahnung zu Rechnung 39623")
dies wäre dann der eigentliche Schadcode

Definition(en): Schadcode
Schadcode ist eine Software innerhalb eines Exploit, mit der eine Schwachstelle genutzt / angegriffen wird.

der Schadcode könnte nun z.B. die Festplatte des "Opfer's" verschlüsseln oder Daten manipulieren
passiert dies, dann sprechen wir von einem Sicherheitsvorfall

Definition(en): Sicherheitsvorfall
Der Sicherheitsvorfall ist der Angriff auf ein System mit Schadwirkung.

heute wird automatisiert nach Schwachstellen gesucht

Angriffsziele

- **Störung der IT-Sicherheit**
- **Provokation von Abstürzen** — um z.B. beim Neustart eine Default-Start-Situation zu erhalten (von der z.B. die Kennwörter od.ä. bekannt sind)
- **Einsehen / Lesen von Daten**
- **Verschlüsseln von Festplatten**
- **Löschen von Datenbanken**
- **Kopieren von Datenbeständen** — Passwörter, Kreditkartennummern, …

Klassifizierung von Angriffen nach Ziel-Typ

- **Einzel-Personen**
- **Unternehmen**
- **Regierungs-Organisationen**
- **IT-Struktur / Netzwerk**

Klassifizierung von Angriffen nach den Absichten (der Angreifer)

- **Funktionsfähigkeit beeinträchtigen** — z.B. durch Denial of Service-Attacken
- **Diebstahl / Manipulation von Daten**
- **Bloßstellen / Blamieren / Defamieren** — z.B. Defacement
- **Nachweis des Können's**

Klassifizierung von Angriffen nach dem Aufwand

- **einfache, schnelle Angriffe** — direkte und begrenzte Angriffe
- **erweiterte Angriffe** — hoch-komplex, versteckt, verzögert / Zeitpunkt-gesteuert
- **hoch-komplexe Angriffe** — hoch-komplex, verschlüsselt, in Phasen aufgeteilt
  z.B. Advanced Persistent Threat's (APTs)

Angreifer-Typen / -Arten

- **Script Kiddies** — meist aus Geltungssucht / Neugier / Langeweile /… / Austesten der Grenzen
  verbringen viel Zeit vorm Computer
  Nutzung von fertigen Angriffs-Werzeugen / Scripten aus dem Internet
  geringe System- und Programmier-Kenntnisse
  geringes Gefühl für IT-Sicherheit und Schadens-Dimensionen
- **Cyberkriminelle** — Profitgier steht im Vordergrund / auch Rache
  Empathie für Geschädigte sehr gering
  Rache / viel Gewinn mit wenig Einsatz (ohne eigene Arbeit)
  meist an vielen anzugreifenden Systemen interessiert (mit versteckten / unbekannten Schwachstellen)
  gekaufte Exploit's, spezialisierte Angriffs-Werkzeuge
- **professionelle Hacker** — am Aufdecken / Ausspähen von Geheimnissen interessiert
  Wettbewerb mit Anderen (Geltungssucht)
  gute bis sehr gute System- und Programmier-Kenntniise
  selbstgeschriebene Angriffs-Werkzeuge
  z.T. Arbeiten im Auftrag der (wirtschaftlichen) Konkurrenz
- **staatliche / Staatsnahe Abgreifer** — z.B.: CIA, NSA, BND, APT40, Sofacy, Unit 8200, …
  politisch, militärisch, national-wirtschaftlich motiviert
  Lahmlegung von Einrichtungen anderer Staaten
  Abhören, …, Erpressen von Entscheidungs-Trägern

Definition(en): Malware
Malware sind Programme.

Kunstwort aus **Mal**icious Soft**ware**,
beinhaltet viele Arten von bösartiger Software:

Malware-Arten

- **Viren** sind (eingeschleuste) Bestandteile (Miniprogramme) von (ausführbaren) Wirts-Programmen, die für die eigene (lokale) Verbreitung und irgendwelche Schädigungen sorgen
  - Boot-Viren
  -

  weitere Verbreitung durch Übertragung der ausführbaren Dateien

- **Würmer** hiebei handelt es sich selbstständige Programme, die sich über Netzwerke oder Datenträger (heute vorrangig USB-Stick's) verbreiten
  Nutzer muss diese Programme nicht starten oder eine Zustimmung dazu geben!
  Hauptschadwirkung ist die Be- bzw. Über-Lastung der Netzwerke
  Nebenschadwirkung (Schadcode (Payload)) kann das gesamte Potential an Schädigungen beinhalten
  häufig Installation von Backdoors (Hintertüren), um selbst nach der Entfernung der Würmer noch eine Zugriffs-Möglichkeit auf den Wirts-Rechner zu haben (solche Rechner können dann ferngesteuert agieren (als Bot in einem Botnet))

- **Trojaner** sind Programmteile in anderen (gewünschten) Programmen (Funktionen), die aber nachteilige / unerwartete Wirkung (Schadwirkung) haben
  schädliche Programmteile sind getarnt / versteckt und warten auf Auslöser

- **Adware** sind Programm, die neben ihrer gewünschten Funktionalität z.B. (nervige) Werbung anzeigen
  auch in Web-Browser möglich; kann dann z.B. alle Werbe-Anzeigen manipulieren bzw. zusätzliche Werbung platzieren oder Nutzer (immer wieder) zu bestimmten Webseiten umleiten

- **Spyware** auch Spionage-Software, Schnüffelsoftware (Sniffer), Spähprogramme, …
  eigenständige Programme, die ohne Zustimmung des Nutzers Rechner nach sensiblen Daten, digitalen Identitäten, Nutzungs-Gewohnheiten, Surf-Verhalten, … durchsuchen bzw. sie erfassen und diese dann an den Angreifer (im Hintergrund und verdeckt) übermitteln
  gerne für personaliserte Werbung / Phishing mißbraucht

- **Key-Logger** kleine eigenständige Programme, die den Tastatur-Puffer mitlesen / mitschneiden (und nach Passwörtern usw. suchen)
  im Rechner als unauffällige Betriebssystem-Dienste getarnt

- **Ransomware** ist ein Programm, dass durch gezielte Aktivitäten die Nutzung des System's unmöglich macht (z.B. Verschlüsseln von Festplatten)
  erpressen Nutzer zur Zahlung von (Bitcoin-)Geld-Beträgen
  ob allerdings eine Dechiffrierung wirklich erfolgt ist fraglich, da hier größere Gefahr für den Angreifer besteht (außerdem hat er sein Geld ja auf einem anonymen Konto)
  meist als Anhänge in eMail's, Trojaner, …

- **Rootkit**
- **…**

heute immer mehr hybride Typen, die Funktionalitäten verschiedener Malware-Arten zu neuen – noch gefährlicheren / bösartigeren – Produkten verbinden
häufig kommt zuerst nur eine kleine "unauffällige" Schadsoftware eines Types, die dann weitere Fuktionalitäten nachlädt (ev. Zeit-verzögert, um unauffälliger zu agieren)

Problem Windows / microsoft:
viele Dienste verbinden sich beim Start / immer wieder mit irgendwelchen Servern im Internet, ohne dass deren Funktionalität dies unbedingt erfordern würde

Maßnahmen:

- aktuelle Betriebssysteme (immer aktualisieren)
- professionelle(n) Viren-Scanner / Internet-Security-Suite (kostenfreie Versionen von großen Anbietern bieten nur teilweise Schutz!) → es gibt aber kostenfrei, sehr professionelle Programme und oder Versionen (für Privat-Personen), z.B. von:
  - Avast
  - Comodo
- regelmäßige Sicherung auf einem externen (abkoppelbaren) Datenträger (ev. mit verschlüsselten Ordnern / Zugriffs-Kontrolle)
- regelmäßige externe Kontrolle des eigenen Systems z.B. mittels Live-Systemen (z.B. auf Linux-Basis)
  - z.B. Sicherheits-USB-Stick von
  - auch gute Schutz-Funktion: Virenscanner von portable App's-Systemen
- …

Aufgaben:

1.
2. **Was ist der sogenannte Bundestrojaner? Wo bestehen die Gefahren bei dessen Anwendung!**
3. **Prüfen Sie, wie sich ein direkter Seitenaufruf und die Nutzung eines gogle-Suchergebnis-Link voneinander unterscheiden!**

Beispiele für Angriffs-Szenarien

Kapern von Accounts (von Prominenten / Konkurrenten / Mitschülern usw.)
lagser Umgang mit Passwörtern / Passwort-Regeln / …
Abgreifer meist ohne größere Kenntnisse von den Systemen und / oder der Programmierung

erweiterte Angriffe
Opfer wird vorher (sehr zeit-aufwendeig) erkundet (läßt oft den Verdacht der staatlich organisiierten Struktur dahinter zu)
Erkennen von Schwachstellen in benutzten System (Webseiten, social-Media, …)
zusammenstellen einer - ganz genau auf die Person / Organisation zugeschnittene / abgestimmte Schadsoftware

Angreifer sind ausgewählter, hoch qualifizierter Personen-Kreis mit guten bis sehr guten technischen und Programmier-Kenntnissen

Phishing

Angreifer verschicken (täuschend echt aussehende) Mail's von Banken. online-Shop's usw. usf. um durch irgendwelche Tricks / Geschichten an die Anmelde-Datem der Kunden zu kommen

gute Prophylaxe:

- Absender prüfen (exakte Schreibung der Adresse, Prüfen des Link's durch Maus-Drüber)
- Inhalt / Sachverhalt prüfen
  - Banken erfragen nicht per eMail Nutzerdaten
  - Rechtsanwälte verschicken Schriftsätze nicht per eMail
  - …
- Rechtschreibung und Zeichensätze prüfen
- unbekannte Anhänge nicht öffnen
- Trennung von Postfächern nach Zweck (echte Kommunikation (Firma, Freunde) und Anmeldung bei online-Diensten)
- regelmäßiges Ändern der Passworts
- …

gute Abwehr-Techniken:

- aktuelles Betriebssystem
- aktueller Viren-Scanner (besser Internet-Schutz-Suite)
- Anwender-Programme aktualisieren / updaten
- Gehirn-Computer einschalten!!! (Neugier und Habgier sind Freunde der Internet-Kriminellen)
- lieber erst noch einmal bei angeblichen Absender nachfragen (sensibilisiert auch den angeblichen Absender!)
- Spam-Filter einschalten / trainieren
- bei aufgerufenen Seiten falschen Account und irgendetwas sinnloses als Passwort eingeben, wenn hier keine Fehlermeldung kommt, dann ist sehr wahrscheinlich was faul → Verdacht der betroffenen Website melden
- unabhängige Anmeldungen bei den einzelnen Diensten (z.B. Dienstname in verkürzter Form mit ins Passwort integrieren)
- gute Passwörter verwenden
- mit isolierten Systemen arbeiten (VirtualBox od.ä.; SandBox-Systeme, …); Kombination von Linux- und Windows-Betriebssystem als Host und virtuelles System
- Kiosk-Modus (God-Modus) verwenden (verhindert Schreiben in registry und / oder auf Datenträger)
- Backup's / Systemzustände speichern
- ungewöhnliche / abweichende Einstellungen vornehmen (Schadsoftware ist auf typische Systeme eingestellt)
- …

Bei den Banken ab 2019 verschärfte Anmelderegeln
2-Faktor-Authorisierung (Kombination von zwei unterschiedlichen Sicherheit-Kennzeichen (z.B. Passwort und frisch generierte TAN)

Spear Phishing
richtet sich an engen Personenkreis oder Einzel-Personen
mit hohem Vorbereitungs-Aufwand

Malware ILOVEYOU
stammt aus Philippinen (ab 2000)
EMail mit VBS-Anhang (VisualBasic-Skript) getarnt als "Love-Letter-for-you.txt" hatte zudem den Betreff "ILOVEYOU"
VBS-Datei-Typ war wegen der Ausblendbarkeit in Windows-Systemen nicht sichtbar, VBS sind Skript-Dateien, die auf Betriebssystem-Ebene arbeiten können (mit den Nutzer-Berechtigungen), viele Nutzer sind traditionell (nur ein Konto pro Rechner) und aus Bequemlichkeit mit einem Administrator-Account aktiv
nach der Aktivirung des Skript's verbreitete sich das Programm (praktisch wie ein Wurm) an alle Kontakte im Windows-Adressbuch
da die versendeten Mail von vermeintlich bekannten Kontakten stammte, wurde sie bei den Empfängern geöffnet und konnte sich dann expotentiell verbreiten
geschätzter Schaden zwischen 5,5 und rund 9 Mrd. Dollar
10 % aller Internet-Nutzer betroffen (in den ersten 10 Tagen kam es zu mindestens 50 Mio. Infektionen

WannaCry-Kampagne

2017; mehr als 200'000 betroffene Computer
nutzt geleakte Schadsoftware (Eternal Blue) der NSA und greift veraltete Windows-Systeme und –Versionen an
Daten werden verschlüsselt, Entschlüsselun nur nach Zahlung (Bitcoin)
Verschlüsselung wurde von geknackt und passendes Entschlüsselungs-Tool bereitgestellt

höchst-spezialisierte Angriffe (APT (Advanced))
extrem aufwändig – auch durch Verschleierung der Herkunft des Angriffs (höchst-spezialisiertes Personal, große Zeit-Ressourcen, viel Vorfeld-Arbeit / Grundlagen-Forschung, große Rechner-Kapazitäten, …)
praktisch nur von staatlichen / Staats-nahen Organisationen leistbar (Geheimdienste, Hacker-Gruppen, …
Ausnutzung sehr spezieller und versteckter / geheimgehaltener Schwachstellen (Zero-Day-Schwachstellen)
gerade bekannt gewordene Schwachstellen genutzt, für die aber noch keine Patches vorliegen (→ Zero-Day-Schwachstellen),
Ziele praktisch immer politisch oder wirtschaftlich

- Manipulation von Wahlen
- Störung fremder Infrastrukturen (Energie, Telefon, Internet, …)
- Öffentlich-Machung von illegalen Projekten, …
- Informations-Beschaffung

Stuxnet
berühmtes Beispiel; Wurm greift Simens-Steuerungs-Systeme (SCADA-Kontroll-Software) an, wahrscheinlich entwickelt vom isralischen Geheimdienst, gelangte durch social Hacking

(Ausnutzung menschlicher Schwächen) in iranische Uran-Anreicherungs-Anlagen und ließ dort die Zentrifugen zu schnell drehen, bis zum Defekt
weitere Schwachstellen in Windoes-Betriebssystemen und –Netzwerken ausgenutzt
schon 2007 im Umlauf gebracht, aber erst 2010 entdeckt / bekannt geworden
das Netz der Uran-Aufbereitungs-Anlage war vollständig isoliert, Einbruch durch einen USB-Stick, den ein Mitarbeiter mitgebracht hatte und unberechtigt angeschlossen hat

Emotet – Banking-Trojaner

2014 entdeckt
wurde entwickelt, um Acountdaten zum online-Banking zu stehlen
später durch Spam-Funktionen erweitert
Verbreitung über gut gefälschte Spam-Mail's
nach Infektion wird Kontakt-Liste zur Weiterverbreitung genutzt
noch 2019 werden Infektionen von Emotet gemeldet!

Zero-Day-Angriff

Es werden hierbei frisch erkannnte Schwachstellen genutzt. Meist hatten die Software-Hersteller oder Dienste-Anbieter noch keine Zeit, die Schwachstelle zu beheben und ein Patch etc. bereitzustellen.

Einzige effektive Gegenmaßnahme ist hier die Meidung / Nichtbenutzung der betroffenen Software bzw. des Dienstes. Ev. sollte auch eine weitgehende Internet-Abkopplung in Betracht gezogen werden.

8.5.x. digitale Identität

Einrichten mit "Registrieren"
Einrichten des Internet's beim Internet-Service-Provider

Da im Internet niemand physisch aktiv sein kann, muss als Äquivalent eine digitale Indentität genutzt werden.

notwendig für:
- Herstellung der Situation, wie eine Web-Site verlassen wurde (→ z.B. Coockies)
- Adresse und Konto-Verbindung für online-Einkäufe
- herunterladen von Software / Musik / …
- Nutzungs-Daten (Verbrauchs-Abrechnung)
- …

Definition(en): digitale Identität
Eine digitale Identität ist eine Sammlung von Daten zur Charakterisierung einer physischen Identität im Internet oder in einem Software-System.

Haupt-Eigenschaften sind:
- eMail-Adresse
- Account-Name / Nickname
- Passwort
- …

i.A. obligatorisch (in wechselnder Zusammensetzung und Anzahl)
Minimal-Angaben

zugeordnete Neben-Eigenschaften sind:
- Konto-Verbindung
- Kreditkarten-Nummer
- Telefon-Nummer
- Adresse
- …

diese Angaben sind meist fakultativ / optional
für die normale Nutzung i.A. notwendig

nach Registrierung ist die Anmeldung beim Dienst usw. über die "Anmeldung" möglich
hier erfolgt Zugriffs-Kontrolle durch den Dienst, Prüfung der digitalen Identität
Prozess ist die Authentifizierung, was praktisch bedeutet, dass eine physische Identität (sich anmeldender Nutzer) mit einer (vorher registrierten) digitalen Identität verknüpft wird

Definition(en): Authentifizierung

Ist das Verfahren zur Prüfung einer Verbindung von einer physischen Identität mit einer (registrierten) digitalen.

Anforderungen an die Authentifizierung:

- sicher (zweifelsfreie Passung von physischer und digitaler Identität)
- geschützt vor:
  - Diebstahl
  - Mißbrauch
- …

mögliche Zugriffs-Kontrollen / Authentifizierungs-Verfahren:

- Nutzername / eMail-Adresse - Passwort (Wissen)
  - nicht für Internet und seine Anforderungen entwickelt, aber wegen der Einfachheit übernommen
  - sehr weit verbreitet
  - recht unsicher (möglicher Identitäts-Diebstahl)
    - angreifbar durch Mitlesen von Betätigungs-Mails, Mails wegen Passwort-Vergessens
    - Phishing
    - Erraten / Ausprobieren / Wörterbuch-Suche / …
    - Nutzung von Leak's
    - social Engineering
    - Key-Logger
    - Man-in-the-Middle-Attacke
    - …
  - …
- …

Problemkreis Identitäts-Diebstahl

Nutzung / Mißbrauch der Ressourcen im Namen der gehakten digitalen Identität
Dieb erhält Zugriff auf die Ressorcen (er ist autorisiert diese zu nutzen)
oft ist es für den regulären Besitzer schwierig / aufwändig sich anzumelden / Mißbrauch nachzuweisen / den Dieb zu identifizieren
Diebstahl ist wegen des schweren Nachweises sehr interessant

Definition(en): Autorisation

Unter Autorisation versteht man die Freigabe von Rechten / Ressourcen für eine digitale Identität..

Angriffe durch Diebstahl der Kunden-Datenbank
Phishing
Malware / Spyware
Key-Logger

Redseeligkeit in sozialen Netzwerke und / oder Foren

Prüfen, ob digitale Identität geleakt wurde z.B. über folgende Adressen:

- https://sec.hpi.de (HPI Identity Leak Checker)
-

Reaktionen bei geleakten Account's:

- unbedingt sofort Passwort bei allen Diensten usw. deutlich verändern! auch gegeneinander
- Verwendung sicherer Passwörter
- weitere Accounts mit ähnlichen Anmeldungen (benutzten Passwörtern) ebenfalls unbedingt ändern!

8.5.x. Verschlüsselung im Internet

Vorteile:

- erhöhte Sicherheit, Vertraulichkeit, Verbindlichkeit, Integrität, …
- verhindert Probleme bei Authentifizierung
- Verhinderung diverse Angriffs-Szenarien
- …

Nachteile:

- erhöhter System- und persönlicher Aufwand
- Anfällig gegen Fehler bei Installation und Konfiguration
- …

Definition(en): Kryptographie
Kryptographie ist die Wissenschaft von der Verschlüsselung und (der regulären) Entschlüsselung von Nachrichten / Daten.

ist stark mit der Informatik und heute auch mit der Mathematik verbunden
z.B. Nachweis führen, dass ein Verfahren sicher / sehr unwahrscheinlich zu knacken ist
Entwickeln von Ein-Weg-Funktionen
(statistische) Analyse von verschüpsseltzen Nachrichten uind / oder kryptographischen Verfahren, um diese zu knacken

Grund-Modell der Kommunikation

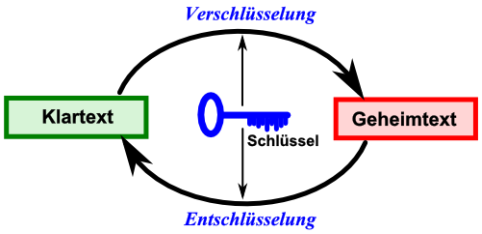


Codierung als (notwendige) Zwischenstufe

eigentlich sind Verfahren und Code-Tabelle bekannt; vorrangig aus technischen Gründen gewählt
eigentliche Nachricht und Übertragungs-Medium sind nicht kompartibel / aufeinander abgestimmt
bei Unkenntnis wird Codierung bei Mitleser als Chiffrierung empfunden
meist sehr leicht knackbar / dechiffrierbar



Modell der symmetrischen Verschlüsselung



auch Secret-Key-Cryptography
zum Verschlüsseln und Entschlüsseln wird der gleiche Schlüssel und praktisch auch das gleiche Verfahren (ev. die Umkehrung) verwendet
Problem des Schlüssel-Tausch, der Schlüssel muss unbedingt geheim gehalten werden
historisch sehr alt (mindestens bis zu CÄSAR () zurück (CÄSAR-Verschlüsselung (CÄSAR-Chiffre)
allgemein sind Permutations- und Ersetzungs-Verfahren
CÄSAR-Chiffre ist Ersetzungs-Verfahren

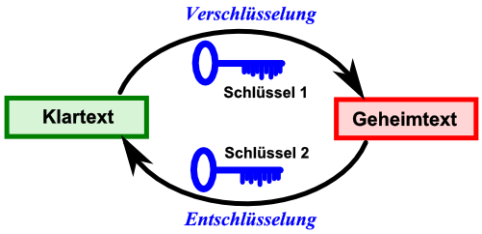
Vorteile:

- schnell
- bei Einmal-Schlüsseln (mit mindestens Nachrichten-Länge) praktisch nicht knackbar
-

Nachteile:

- durch notwendigen Schlüssel-Tausch unsicher
- Sender und Empfänger müssen und dürfen ausschließlich den Schlüssel kennen

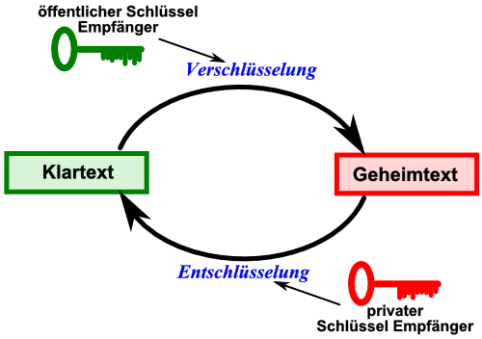
asymmetrische Verschlüsselung



auch Public-Key-Cryptography
für Verschlüsselung und Entschlüsselung werden zwei unterschiedliche Schlüssel und / oder Verfahren benutzt

es gibt für jeden Nutzer 2 Schlüssel, die aber mathematisch ein Paar bilden
Verbindung aber nicht zurüchzuverfolgen (Einweg-Funktionen; schwer lösbare mathematische Probleme)
erst im 20. Jhd. entwickelt (für Internet-Kommunikation)

Im Public-Key-Verfahren wird zum Verschlüsseln einer Nachricht der öffentliche Schlüssel verwendet. Nur mit Hilfe des – geheim gehaltenen - privaten Schlüssel's lässt sich die Nachricht wieder dechiffrieren.
Problem des Schlüssel-Tausch entfällt, da für jeden Nutzer ein öffentlicher Schlüssel bekannt ist.



Vorteile:

- sehr sicher
-

Nachteile:

- aufwendiges Vorverfahren (Schlüssel-Erzeugung / -Tausch (Organisation))
- Sicherheit des öffentlichen Schlüssels ist nicht garantiert (Trust-Problem und Man-in-the-Middle-Angriff)
- sehr Rechen- / Resourcen-aufwendig
- es können gefälschte Nachrichten (mit dem öffentlichen Schlüssel) erzeugt werden (Sender nicht prüfbar)

hybride Verfahren nutzen asymmetrische verschlüsselung zum Schlüssel-Tausch (für ein symmetrisches Verfahren)
dann Nutzung des schnellen symmetrischen Verfahren's für eine Sitzung / Verbindung / Nachricht / …

Definition(en): Krytologie

Absicherung der Herkunft einer Nachricht durch Signieren

praktisch das Unterzeichnen der Nachricht

Signiereren der übermittelten Nachrichten mit dem privaten Schlüssel des Sender's
Signatur enthält Absender-Angaben und z.B. eine Prüfsumme über die Nachricht
Übertragung von Nachricht (diese kann und sollte natürlich verschlüsselt sein, für die Signatur ist die Verschlüsselung uninteressant)
Empfänger kann Signatur mit Hilfe des öffentlichen Schlüssels des Senders prüfen / entschlüsseln, nur dann erhält er die (in der Signatur enthaltenen) Absender-Informationen

Lösung des Trust-Problem's durch Zertifikate

ausgestellt von Trust Center

Zertifikat enthält in verschlüsselter Form (mit privatem Schlüssel des Trust Center chiffriert) die Identität eines Nutzers und dessen öffentlichen Schlüssel sowie technische Informationen, wie z.B. Informationen zum Zertifikats-Aussteller und ein Ablaufdatum
Zertifikate sind öffentlich (haben praktisch Ausweis-Charakter)
das Zertifikat kann mit dem öffentliche Schlüssel des Zertifikats-Aussteller geprüft werden

Ablauf einer verschlüsselten Kommunikation im Internet (mittels hybrider Verschlüsselung)

Vorlauf

- beide Kommunikations-Partner vereinbaren ein **symmetrisches Verfahren X**
- beide Kommunikations-Partner vereinbaren ein asymmetrisches Verfahren Y
- beide Kommunikations-Parter generieren ihr Schlüssel-Paar $S_Y[PS_Y,ÖS_Y]$ für das Verfahren Y

Schlüssel-Austausch

- Partner1 (Sender): Generieren eines geheimen **Sitzungs-Schlüssel S_X** für das symmetrische Verfahren X
- Partner1: Verschlüsseln des Sitzungs-Schlüssel S_X mit dem **asymmetrischen Verfahren Y** und dem **öffentlichen Schlüssel $ÖS_Y$[Partner2]** und schickt das Ergebnis (Sitzungs-Schlüssel als Geheimtext) an Partner2 (Empfänger)
- Partner2: Entschlüsseln der übertragenen Nachricht mit dem **asymmetrischen Verfahren Y** unter verwendung des eigenen **privaten Schlüssel PS_Y[Partner2]** (ergibt Sitzungs-Schlüssel SX im Klartext)

eigentliche Kommunikation

- Partner1 und 2 benutzen ab nun das **symmetrische Verfahren X** mit dem Sitzungs-Schlüssel S_X

Kommunikations-Ende

- Verwerfen des Sitzungs-Schlüssel S_X

Authentifikation mit Zertifikaten

- Sender erstellt eine Nachricht (egal, ob dies eine lesbare oder verschlüsselte Datei ist)
- Sender signiert die Nachricht (Sender verschlüsselt die Nachricht mit seinem privatem Schlüssel)
- Sender übermittelt signierte (verschlüsselte) Nachricht und sein eigenes Zertifikat an Empfänger
- Empfänger prüft / validiert das Zertifikat bei einem Trust-Center (Empfänger kann mit dem öffentlichen Schlüssel des Trust-Center das Zertifikat entschlüsseln)
- mit dem im entschlüsselten Zertifikat enthaltenen öffentlichen Schlüssel vom Sender kann nun die Signatur geprüft werden (Empfänger entschlüsselt mit dem öffentlichen Schlüssel aus dem (entschlüsselten) Zertifikat die signierte (verschlüsselte) Nachricht)

Anwendung der Verschlüsselungs-Techniken beim HTTPS

Secure-Version zum HTTP
es wird eine Zusatz-Schicht zwischen Transport- und Anwendungs-Schicht
das Verfahren ist TLS () (hervorgegangen aus dem SSL von Netscape)
TLS ermöglicht sichere gegenseitige Authentifizierung mit Zertifikaten

Ablauf nach dem hybriden Verschlüsselungs-Prinzip

- zuerst TLS-Handshake zur Vereinbarung der verwendeten **symmetrisch**en und **asymmetrisch**en Verfahren **X** und **Y**
- Browser (Client, Anfrager) sendet "Hello" an Web-Server (Anbieter)
- Web-Server antwort mit "Hello"
- Web-Server sendet sein Zertifikat an den Browser
- Browser verifiziert Zertifikat über das Trust-Center und holt sich den öffentlichen Schlüssel des Web-Server's heraus
- erstellt ein "Pre-Master-Secret" und verschlüsselt dies mit dem extrahiertem öffentlichen Schlüssel (zum **asymmetrisch**en Verfahren **Y**)und sendet es an den Web-Server
- Web-Server kann jetzt mit seinem eigenen privaten Schlüssel das "Pre-Master-Secret" entschlüsseln (mit **asymmetrisch**en Verfahren **Y**)
- Web-Server und Browser berechnen unabhängig voneinander aus dem "Pre-Master-Secret" den Sitzungs-Schlüssel für die weitere Kommunikation (mittels **symmetrisch**er Verschlüsslung)
- Kommunikation mit **symmetrisch**er Verschlüsslung bis Sitzungs-Ende

KERKHOFFsche Regel / KERCKHOFF's Prinzip

Die Sicherheit eines Systems darf nicht von der Geheimhaltung des Algorithmus abhängen, sondern nur von der Qualität / Geheimhaltung des Schlüssel's.

Nachrichten / Daten verstecken ist aber trotzdem eine effektive Methode (verschlüsselte) Nachrichten und / oder auch Schlüssel zu transportieren

Definition(en): Steganographie

Steganographie ist die Wissenschaft von / sind die Verfahrentechniken zum (unauffälligem) Verstecken von Nachrichten / Daten in anderen Nachrichten / Daten.

8.5.x. allgemeine Sicherheits-Empfehlungen

sicheres Passwort

- mindestens 12 Zeichen lang
- mindestens 2 der nachfolgenden Vorschriften einhalten
    - Klein- und Groß-Buchstaben verwenden
    - Ziffern verwenden
    - Sonderzeichen verwenden
- keine "Wörterbuch-Worte"
- für jeden Dienst ein individuelles Passwort festlegen
- Passwort spätestens nach halben Jahr wechseln
- keine Namen, genutzte Artikel / Waren (z.B. Lieblings-Schokolade, …), nie Geburts-datum oder Heiratsdatum, Wohnort, …
- …

Empfohlen werden Passwort-Manager (möglichst auf einem USB-Stick und / oder online)
Verwendung eines einzigen supergutem Passwort
können dann auch zufällig erzeugte Passworte verwenden und z.T. auch automatisch bei einer Anmeldung auf einer Web-Site etc. einfügen

Beispiele:
- KeePass
- 1Password
- LastPass

2-Faktor-Authentifizierung

Kombination von 2 der 3 Authentifizierungs-Methoden (Faktoren)
- Wissen (z.B. Passwort)
- Besitz (z.B. Bank-Karte mit TAN-Generator)
- biometrische Merkmale (z.B. Finger-Abdruck)

Multiplikation der Sicherheiten

Datenträger-Verschlüsselung

Daten sind das Gold des 21. Jahrhunderts

z.B. bei mobilen Geräten (Laptop's) unbedingt zu empfehlen (Diebstahl möglich)

z.B.:
- BitLocker (windows)
- FileVault (apple)

- VeraCrypt

Prinzip der Daten-Sparsamkeit

Welche Daten braucht ein Service etc. wirklich? Need-toKnow-Prinzip
Hier kann man mal die halbe Wahrheit sagen oder irgendwelchen "Quatsch" eintragen! Auch leicht fehlerhafte Einträge wirken Wunder. Ev. kann man so auch ein Daten-Leck (Leak) erkennen, wenn man seinen echten Namen - so ganz ausversehen – mit langen / doppelten Buchstaben eingibt.
Bei Vorname kann man auch auf eine Anrede zurückgreifen, usw. usf.
Sachlich ist das nicht ganz ok, aber die Anbieter sind auch verpflichtet (Datenschutz-Grundverordnung) nur die notwendigen Daten zu erfassen. Scheinbar halten sie sich nicht ganz genau daran. Also: Did-for-dat!
Aber Achtung, Falsch-Angaben können auch rechtliche Folgen haben. Hier muss man genau für sich abwägen. Ich glaube auch nicht. dass ich ein Anwalts-Schriftsatz an meine ausgedachte Adresse bei meinem Liebling-Download-Portal bekomme (;-).

Aufgaben:

1.
2. *Immer am 01. Januar bekomme ich ganz viele Geburtstags-Grüße, obwohl ich da gar nicht Geburtstag habe. Was ist denn da schief gelaufen?*
3.

Auch für App's auf dem Smartphone ist eine genaure Überprüfung der gewünschten Daten-Zugriffe zu empfehlen. Ich habe bis heute nicht verstanden, wozu meine Taschenlampen-App eigentlich meinen GPS-Standort oder meine Einkäufe wissen muss.

Zurückhaltung in sozialen Medien

viele können mitlesen
wenn man hier schreibt, dass man gerade in der Türkei Urlaub macht, dann muss man sich nicht wundern, wenn sich irgendwelche Personen in der Wohnung umsehen, die man Foto präsentiert hat

Updates bei Programmen

erste Viren-Scanner und Internet-Schutz-Suiten bieten schon die Möglichkeit die Aktualität von Programmen zu prüfen und diese ev. auch gleich zu aktualisieren
es geht vorrangig um das Schließen von Sicherheits-Lücken / Schwachstellen
die vorgeblich neuen Funktionen sind nur Lock-Mittel und sollen über den eigentlichen Update-Zweck hinwegtäuschen

ehrlicher Umgang mit Fehlern ist übrigens mehr Vertrauens-bildend (siehe Linux-Comunity)

ältere Programme möglichst meiden, da Angreifern die Schwachstellen bekannt sind und oft so alte Programme nicht mehr betreut werden
alternativ kann man für den Zeitraum der Arbeit die Netzwerk-Verbindungen unterbrechen

Updates für das Betriebssystem

unbedingt notwendig
nicht mehr betreute Versionen sollten unbedingt gemieden werden
gerade das Nutzen von Sicherheits-kritischer Software (z.B. online-Banking) wird jetzt zum Russisch-Roulette

mittlerweile schiebt auch windows sehr regelmäßig Updates nach

Anti-Viren-Software / Internet-Security-Suiten

Name ist veraltert, heute müssten sie eigentlich Anti-Malware-Programme heißen
ein Muss für jeden Internet-Rechner oder Rechner in einem Netzwerk
überwachen Laufwerke und die darauf enthaltnen Dateien, den Systemspeicher, das Betriebssystem und die Netzwerk-Verbindungen
gefährliche Programme / Dateien werden in eine Quaratäne verschoben
da die Viren-Scanner nach bestimmten Code-Schnipseln oder verhaltensweisen suchen, sind Fehler-Meldungen nicht vermeiden. Die meisten Programme bieten einen Lern-Modus. Der ist zu Anfang etwas nervig, weil er sich ständig bei neuen "Problemen" meldet, dafür ist er später umsobesser an die eigenen Bedürfnisse angepasst. Man sollte keine Angst vor dem Abschalten haben, die Aktionen können immer wieder zurückgenommen werden. Wenn auf einmal nicht's mehr geht, dann schaltet man die Funktionen oder Programme eben wieder zu.
Meldungen von Viren-Programmen immer ernst nehmen und im Zweifel eine Profi fragen.

empfohlen werden die Voll-Versionen, die kosten zwar, bis auf wenige Ausnahmen Geld, aber bei Kauf von mehreren Lizenzen für z.B. zwei Jahre werden die Preise mehr als moderat
oft gibt es auch auf den DVD's, die in Computer-Zeitschriften stecken, Jahres-Lizenzen für einen Rechner
die einfachen "Test"-Versionen bieten einen akzeptablen Schutz, sind aber nicht ausreichend für Rechner mit sensiblen Daten und Programmen
früher wurde der Virenschutz durch microsoft immer belächelt, mittlerweile ist es als minimale Sicherheits-Stufe akzeptabel

externe Antiviren-Programme

viele Linux-Systeme bieten die Möglichkeit von einer CD/DVD bzw. einem USB-Stick zu booten. Diese Live-Systeme eignen sich sehr gut zum Untersuchen und Reparieren von Windows-Laufwerken. Da windows dann nicht startet, werden auch viele versteckte Programme nicht aktiv (die vielleicht Tarn-Mechanismen aktivieren).

Z.B gibt es von SARDU (→) ein USB-Menü-System zum Starten von mehreren Live-Systemen mit vorinstallierten Virenscannern.
Auch solche USB-Menü-Systeme für portable App's oder ??? enthalten auch Virenscanner. Hierfür muss allerdings windows schon laufen.

Backup's / Datensicherungen

je nach Datenbestand täglich bis wöchentlich
vor allem die Daten-Verzeichnisse / -Laufwerke
möglichst auf externen Daten-Trägern, die sonst abgekoppelt werden

super Programm, das praktisch alles kann, ist PersonalBackup von RATHLEV
gibt es kostenlos im Internet, eine Spende ist immer gern gesehen und hat das Programm wirklich verdient
z.B. Zeitpläne realisierbar; Sichern auf verschiedensten Datenträgern oder Cloud's und auch über FTP
mit oder ohne Komprimierung und / oder Verschlüsselung

Firewall

gibt es als Hardware und Software
Hardware eher für den professionellen Bereich (Firmen, Büro's, Praxen, …), überwachen das gesamte Netzwerk
Software z.B. direkt mit den Betriebssystem ausgeliefert und meist auch aktiviert (z.B. windows heute) (praktisch ausreichend, aber eben als windows-Standard-Programm eher für wirksame Schwachstellen anfällig); Software-Firewall's sind fast ausschließlich nur auf dem lokalen System wirksam
Meldung beachten, vor allem bei Wiederholungen und neuartigen Häufungen
legen i.A. Protokolle in Text-Form (Log-Dateien) an, die jederman einsehen kann
oder als extra Programm, vielfach in den Internet-Security-Suiten enthalten
überwachen Netzwerk-Verkehr und gestatten / blockieren Verbindungen (z.B. über bestimmte Port's)

unter Linux ist das iptables

Literatur und Quellen:

/1/
ISBN

/1/
ISBN

/3/ KADERALI, Firoz:
Kommunikationsnetze und –protokolle – Offene Systeme, X.21 und X.25 Protokolle, LANs und MANs, ISDN, B-ISDN, GSM, WLAN, Internet Protokoll, Agenten im Internet
www.kalderali.de

/4/ DAUSCH, Martin:
Netzwerke – Grundlagen.-HERDT-Verl.-8. Ausgabe, 1. Aktualisierung, Juli 2013

/5/ DEMBOWSKI, Klaus:
Computernetzwerke – Der leichte Einstieg in Grundlagen und Praxis.-München, Boston, Sa Francisco, Harlow, Don Mills, Sydney, Mexico City, Madrid, Amsterdam: Addison-Wesley Verl.; 2012
ISBN 978-3-8273-3092-5

/6/ BÖHM, Christian; KRÖGER, Peer:
Einführung in die Informatik: Systeme und Anwendungen – Kapitel 4: Rechnernetze.-Skript zur Vorlesung Sommersemester 2008
http://www.dbs.ifi.lmu.de/Lehre/InfoNF

/1/
ISBN

/1/
ISBN

/A/ Wikipedia
http://de.wikipedia.org

Die originalen sowie detailliertere bibliographische Angaben zu den meisten Literaturquellen sind im Internet unter http://dnb.ddb.de zu finden.

Abbildungen und Skizzen entstammen den folgende ClipArt-Sammlungen:

/A/ 29.000 Mega ClipArts; NBG EDV Handels- und Verlags AG; 1997

/B/

andere Quellen sind direkt angegeben.

Alle anderen Abbildungen sind geistiges Eigentum:

/I/ lern-soft-projekt: drews (c,p) 1997 – 2025 lsp: dre

verwendete freie Software:

- **Inkscape** von: inkscape.org (www.inkscape.org)
- **CmapTools** von: Institute for Human and Maschine Cognition (www.ihmc.us)
- **Filius** von: Dr. St. FREISCHLAD (http://www.lernsoftware-filius.de)
-

⊞- (c,p)2015 - 2025 lern-soft-projekt: drews -⊟
⊞- drews@lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- http://www.lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- 18069 Rostock; Luise-Otto-Peters-Ring 25 -⊟
⊞- Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11 -⊟