

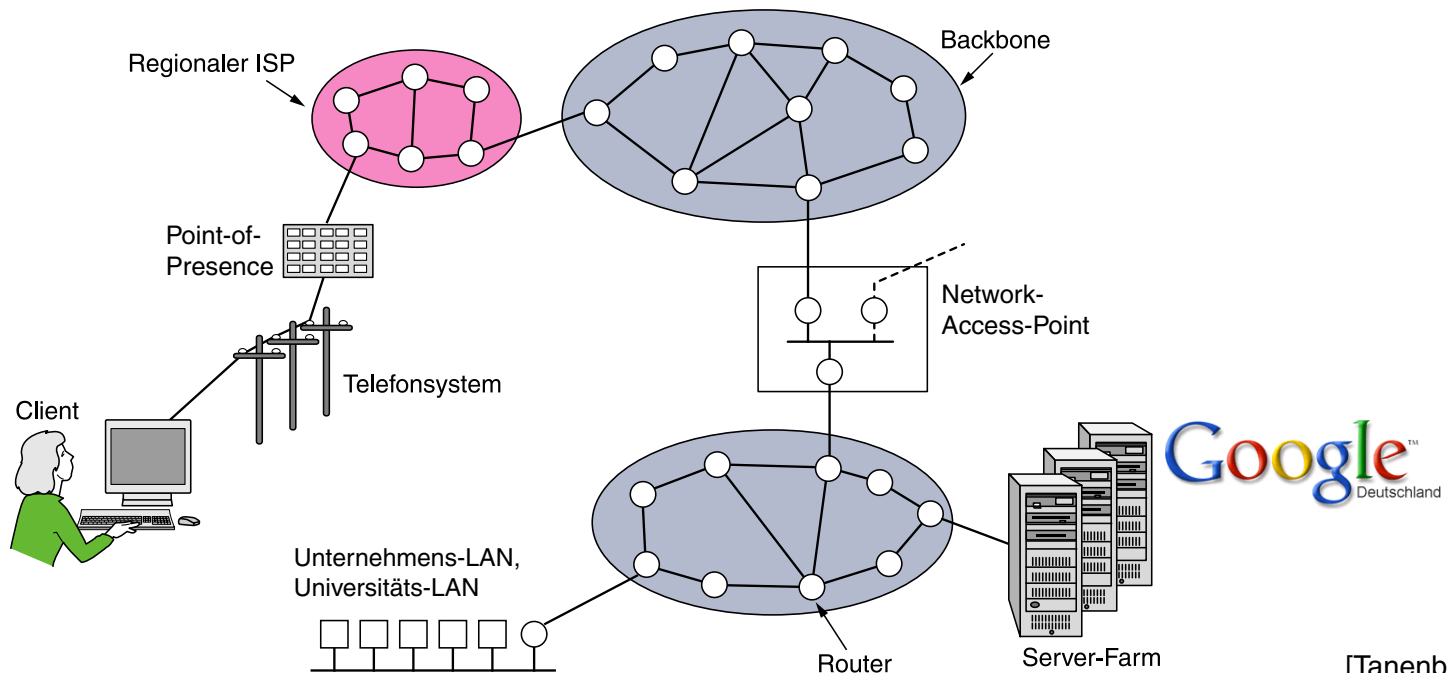
Kapitel WT:II

II. Rechnerkommunikation und Protokolle

- ❑ Rechnernetze
- ❑ Prinzipien des Datenaustauschs
- ❑ Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle
- ❑ Internetworking
- ❑ Client-Server-Interaktionsmodell
- ❑ Uniform Resource Locator
- ❑ Hypertext-Transfer-Protokoll HTTP
- ❑ Fortgeschrittene HTTP-Konzepte

Eigenschaften von Rechnernetzen

- ❑ Rechner arbeiten quasi autonom
- ❑ Rechner sind miteinander verbunden und können Informationen austauschen
- ❑ Probleme durch Verzögerungen und Fehler des Kommunikationskanals werden weitestgehend eliminiert



[Tanenbaum]

Broadcasting:

- ❑ *ein* Übertragungskanal, der von allen Netzkomponenten genutzt wird
- ❑ Nachrichten (Pakete) werden von einer Station an alle anderen Stationen gesendet; Stationen senden abwechselnd
- ❑ je nach Adressierung wird die Nachricht von nur einer Station (*unicast*), mehreren Stationen (*multicast*) oder allen Stationen (*broadcast*) verarbeitet

Broadcasting:

- ❑ *ein* Übertragungskanal, der von allen Netzkomponenten genutzt wird
- ❑ Nachrichten (Pakete) werden von einer Station an alle anderen Stationen gesendet; Stationen senden abwechselnd
- ❑ je nach Adressierung wird die Nachricht von nur einer Station (*unicast*), mehreren Stationen (*multicast*) oder allen Stationen (*broadcast*) verarbeitet

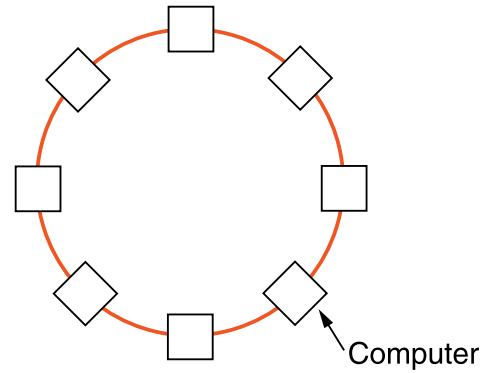
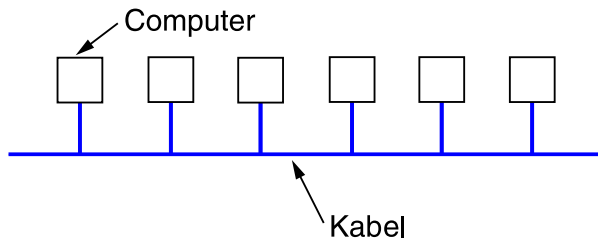
Punkt-zu-Punkt:

- ❑ zwei miteinander verbundene Stationen: eigener Übertragungskanal
- ❑ zwei nicht benachbarte Stationen: verschiedene Routen möglich
→ Wegfindung (*routing*) wichtig
- ❑ ein Paket wird in der Regel für eine bestimmte Station adressiert

Klassifikation anhand der räumlichen Ausdehnung:

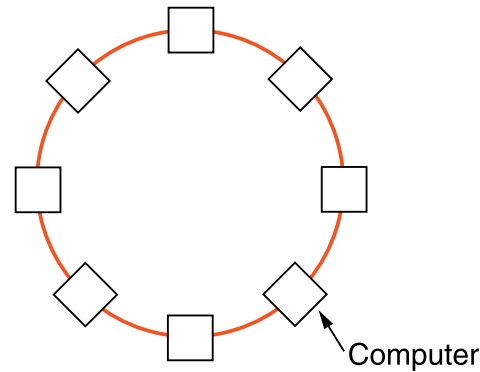
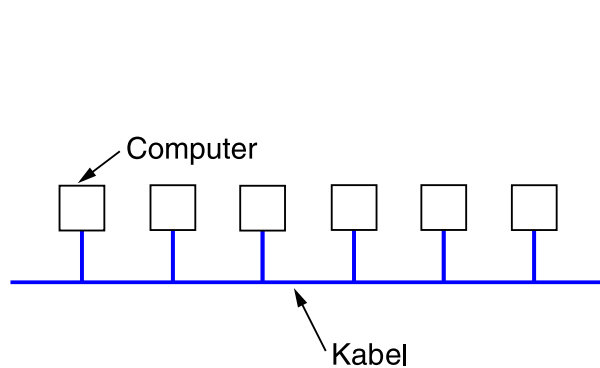
Entfernung	Organisation	Beispiel	Abkürzung
1m	nächste Umgebung	persönliches Netz	PAN
10m	Raum	lokales Netz	LAN
100m	Gebäude		
1km	Liegenschaft		
10km	Stadt	Stadtnetz	MAN
100km	Land	Fernnetz	WAN
1000km	Kontinent		
10.000km	Planet	Internet	

Klassifikation anhand der Topologie (hier LAN):



[Tanenbaum]

Klassifikation anhand der Topologie (hier LAN):

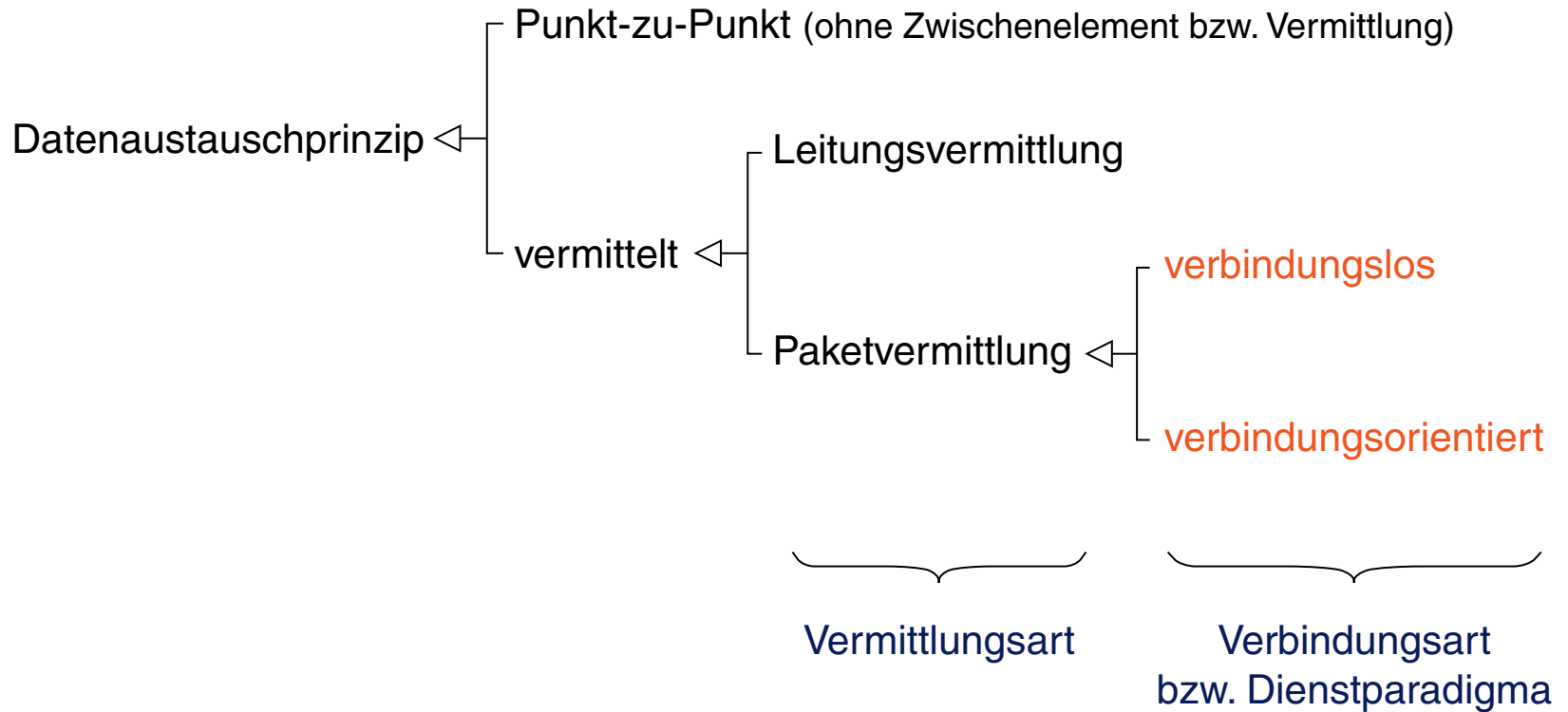


[Tanenbaum]

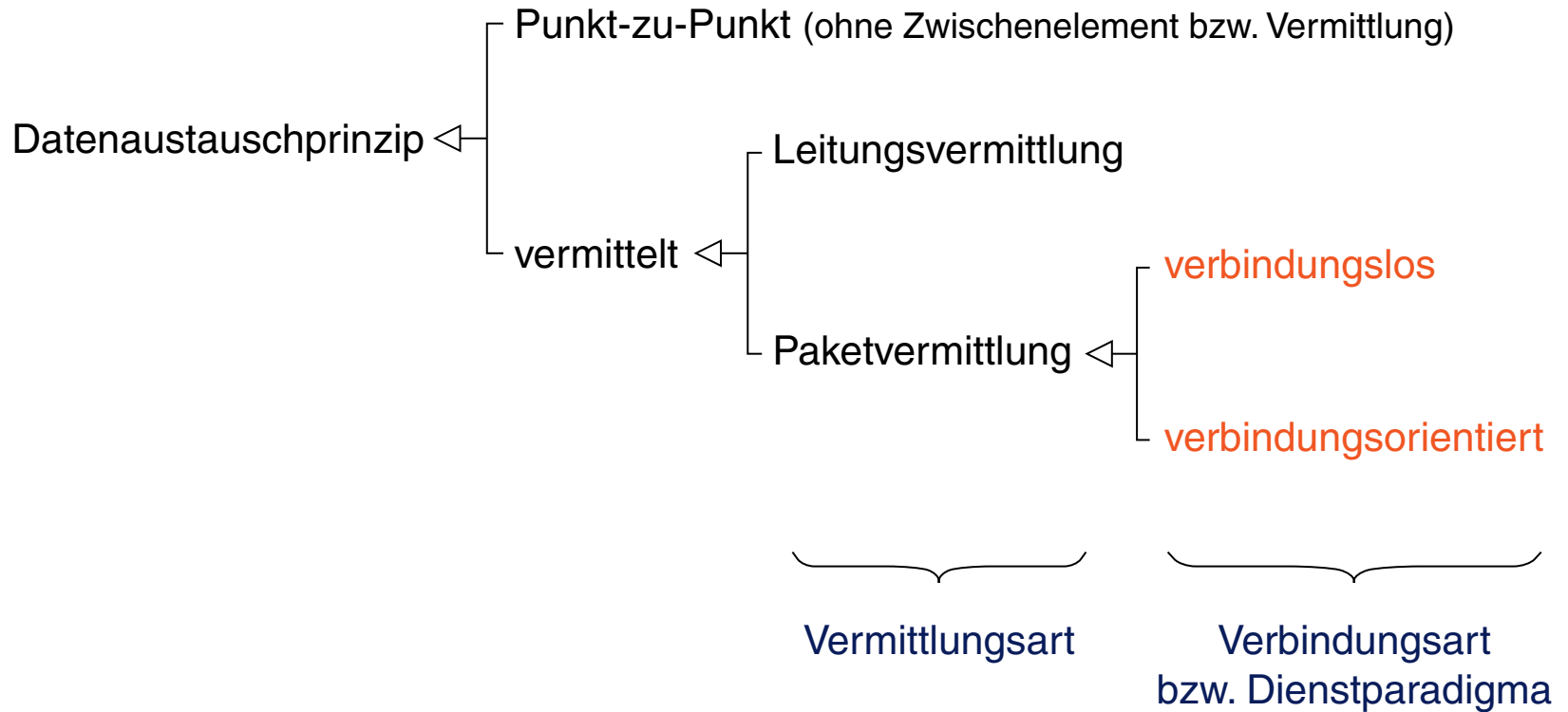
Weitere Klassifikationsmöglichkeiten:

- ❑ anhand des Übertragungsmediums: Twisted-Pair, Glasfaser, Infrarot, etc.
- ❑ anhand des Übertragungsprotokolls: Ethernet, Tokenring, FDDI, ATM, etc.
- ❑ anhand der Trägerschaft: öffentlich, privat
- ❑ anhand der Einsatzcharakteristik: Funktionsverbund, Lastverbund, Nachrichtenverbund, Sicherheitsverbund

Prinzipien des Datenaustauschs



Prinzipien des Datenaustauschs



Definition 8 (Verbindung)

Eine Verbindung ist eine Beziehung zwischen zwei kommunizierenden Stationen über einen bestimmten Zeitraum.

Prinzipien des Datenaustauschs [Tanenbaum]

Vermittlungsart

Punkt-zu-Punkt-Verbindung ohne Vermittlung:

- ❑ je zwei Rechner permanent miteinander verbunden
- + Kommunikation einfach
- Verkabelungsaufwand wächst quadratisch in der Rechneranzahl

Leitungsvermittlung (*Switching Network*):

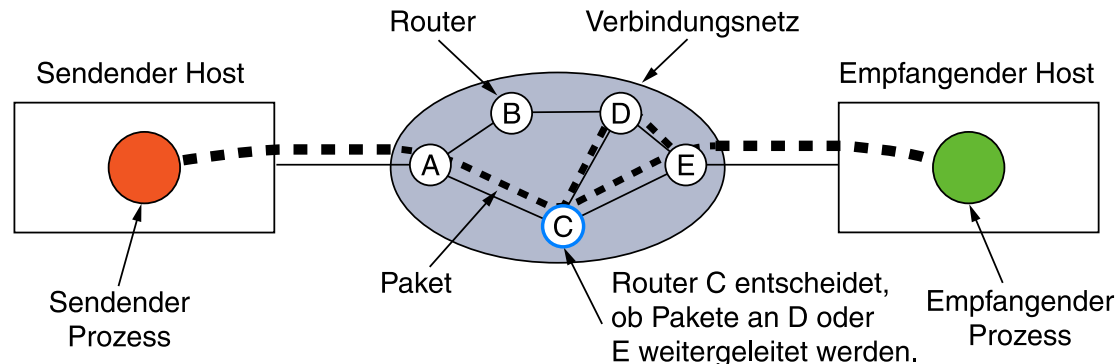
- ❑ Schaltung einer festen Verbindung durch Vermittlungsstellen
- ❑ Beispiel: analoges Telefonnetz
- + Teilnehmer erhalten feste Bandbreite zur alleinigen Nutzung
- + Kommunikation einfach
- ungenutzte Übertragungskapazitäten
- Aufbau von Verbindungen ist zeitintensiv
- Ausfall von Vermittlungsstellen legt Teile des Netzes lahm

Prinzipien des Datenaustauschs [Tanenbaum]

Vermittlungsart

Paketvermittlung:

- ❑ Zerlegung einer Nachricht in individuell adressierte Pakete
 - ❑ Datenpakete werden in Netzknoten zwischengespeichert (*store and forward*)
→ Verzögerungen möglich, aber bessere Ausnutzung der Übertragungskanäle
 - ❑ für jedes korrekt empfangene Paket kann eine Quittung an den Sender geschickt werden;
keine Quittung bei Fehlern oder Paketverlust → Paket wird erneut gesendet
- + faire Ressourcenzuteilung wird möglich
- + deutlich erhöhte Ausfallsicherheit
- aufwändiges Kommunikationsprotokoll
- keine (unmittelbar) garantierte Dienstgüte



[Tanenbaum]

Prinzipien des Datenaustauschs [Tanenbaum]

Verbindungsart bzw. Dienstparadigma

Verbindungslose Kommunikation (bei Paketvermittlung) :

- ❑ Daten werden ohne Vorankündigung zur Übertragung übergeben und von Netzwerkknoten zu Netzwerkknoten übertragen
- ❑ kein initialer Kontakt zwischen Sender und Empfänger
- ❑ keine Garantie, dass die gesendeten Daten den Empfänger erreichen
- ❑ Analogie: Briefzustellung durch die Post

Prinzipien des Datenaustauschs [Tanenbaum]

Verbindungsart bzw. Dienstparadigma

Verbindungslose Kommunikation (bei Paketvermittlung) :

- ❑ Daten werden ohne Vorankündigung zur Übertragung übergeben und von Netzknoten zu Netzknoten übertragen
- ❑ kein initialer Kontakt zwischen Sender und Empfänger
- ❑ keine Garantie, dass die gesendeten Daten den Empfänger erreichen
- ❑ Analogie: Briefzustellung durch die Post

- + | – keine Reservierung von Ressourcen
 - Variationen der Zustellungsgeschwindigkeit und -qualität möglich
- + kein Verwaltungsaufwand durch Verbindungsaufbau
- Adressierung der Daten kompliziert, da Pakete unabhängig voneinander durch das Netz befördert werden

Prinzipien des Datenaustauschs [Tanenbaum]

Verbindungsart bzw. Dienstparadigma

Verbindungsorientierte Kommunikation (bei Paketvermittlung) :

- ❑ Aufstellung einer definierten Verbindung zwischen Stationen notwendig
- ❑ Datenaustausch in drei Phasen:
 1. Verbindungsaufbau (*connect, set-up*). Sender spricht Empfänger an, sendet Authentifizierungsdaten und verlangt Verbindungsaufbau
 2. Uni- oder bidirektionaler Datenaustausch (*data transfer*).
 3. Verbindungsabbau (*disconnect*).
- ❑ Analogie: Telefonieren

Prinzipien des Datenaustauschs [Tanenbaum]

Verbindungsart bzw. Dienstparadigma

Verbindungsorientierte Kommunikation (bei Paketvermittlung) :

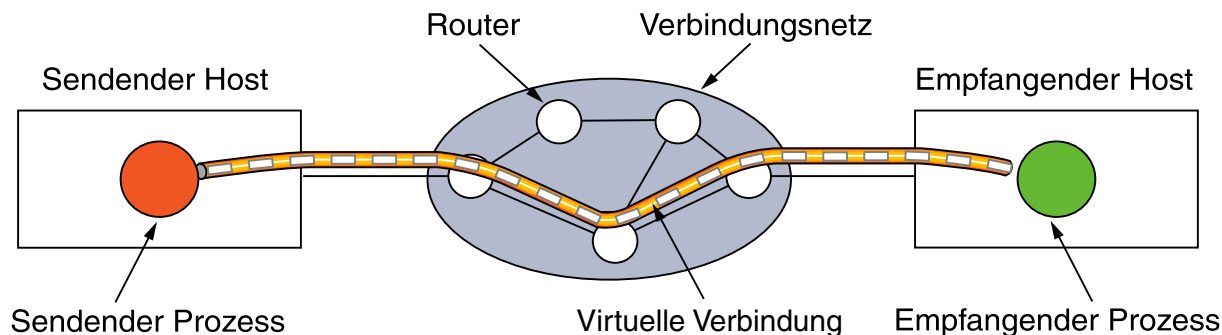
- ❑ Aufstellung einer definierten Verbindung zwischen Stationen notwendig
 - ❑ Datenaustausch in drei Phasen:
 1. Verbindungsaufbau (*connect, set-up*). Sender spricht Empfänger an, sendet Authentifizierungsdaten und verlangt Verbindungsaufbau
 2. Uni- oder bidirektionaler Datenaustausch (*data transfer*).
 3. Verbindungsabbau (*disconnect*).
 - ❑ Analogie: Telefonieren
- + steht eine Verbindung, ist der Datenaustausch einfach: Empfänger gefunden, Reihenfolge bleibt erhalten, Ressourcen reserviert, etc.
- der Aufbau einer Verbindung ist komplex und zeitintensiv, insbesondere wenn viele Stationen involviert sind

Prinzipien des Datenaustauschs [Tanenbaum]

Verbindungsart bzw. Dienstparadigma

Verbindungsorientierte Kommunikation (bei Paketvermittlung) : (Fortsetzung)

- ❑ die Einrichtung einer Verbindung stellt sicher, dass alle Daten den Empfänger erreichen – und in der richtigen Reihenfolge
- ❑ Herausforderung: verbindungsorientierte Dienste über paketvermittelte Netzwerke müssen auf den dort verfügbaren Diensten aufsetzen
→ *die Verbindung ist nur virtuell*
- ❑ für die Dauer einer Verbindung werden benötigte Ressourcen im Netz reserviert (Speicher in Zwischenknoten, Übertragungskapazität, etc.)
→ garantierte Dienstgüte, z.B. zur Auslieferung von großen Dateien



[Tanenbaum]

Prinzipien des Datenaustauschs [Tanenbaum]

Dienste

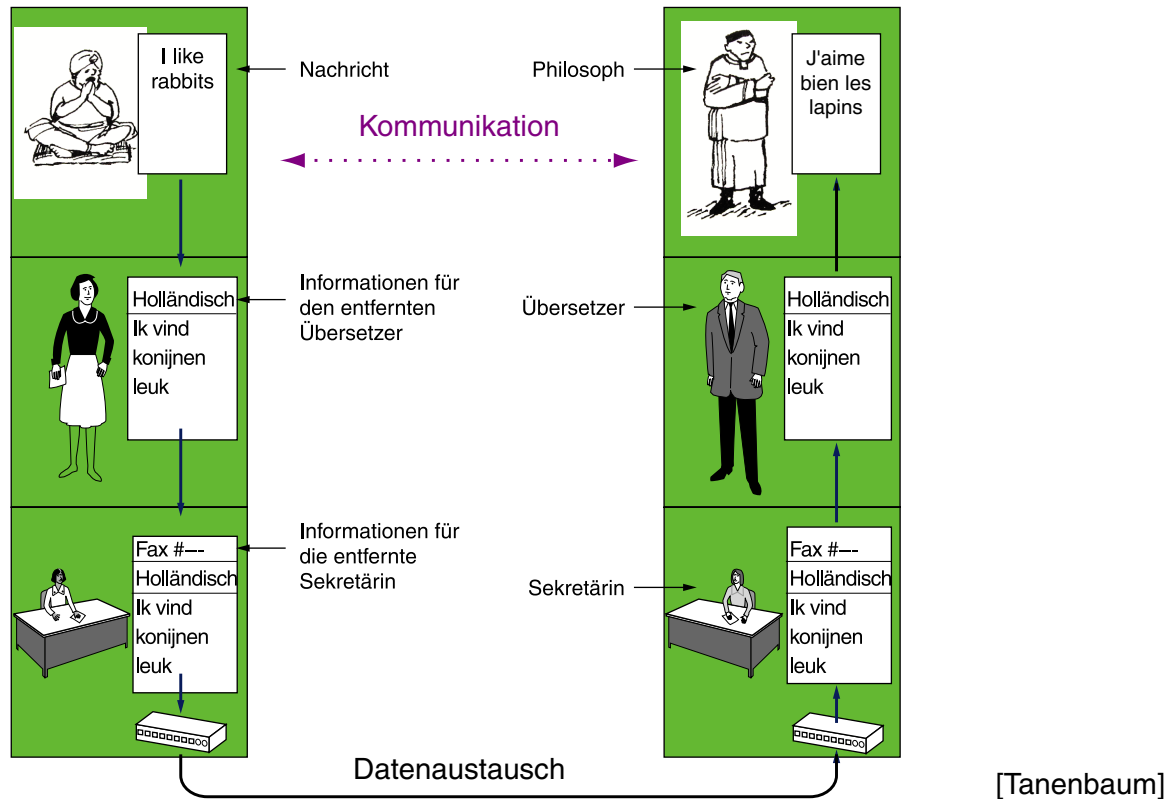
Vom Prinzip sind Verbindungsart und Zuverlässigkeit orthogonal, d.h., sie bedingen sich nicht:

Dienst	Verbindungsart	Beispiel
zuverlässiger Nachrichtenstrom	verbindungsorientiert	Folge von Seiten
zuverlässiger Bytestrom		Remote-Terminal
unzuverlässige Verbindung		digitalisierte Sprache
bestätigtes Datagramm	verbindungslos	registrierte E-Mail
Anforderung/Antwort		Datenbankanfrage
unzuverlässiges Datagramm		NTP-Paket

Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

Herstellung einer Verbindung und Datenaustausch \neq Kommunikation.

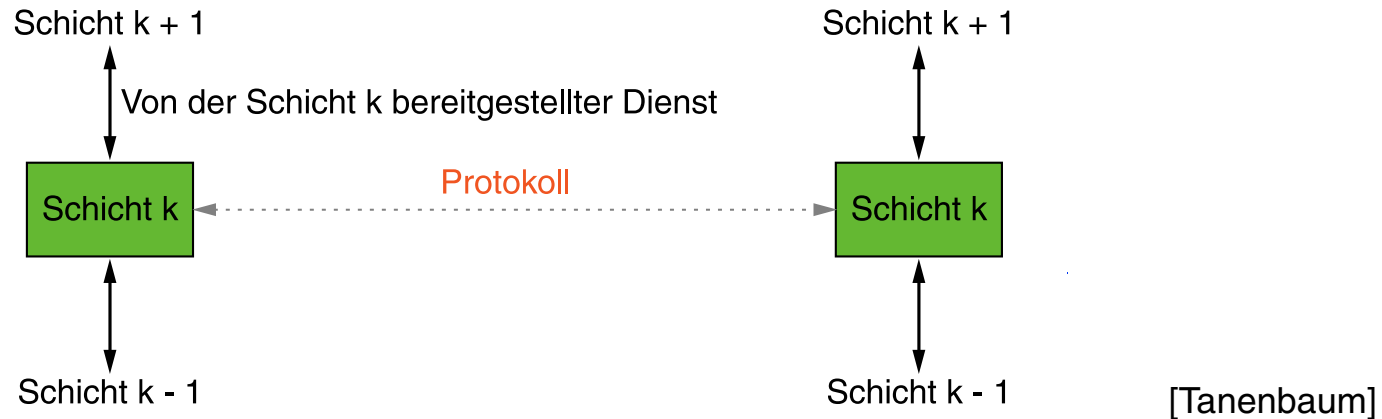
Ziel ist es, sich zu verstehen, zu kommunizieren ...



Für Rechner definieren Übertragungsprotokolle die Regeln der Kommunikation.

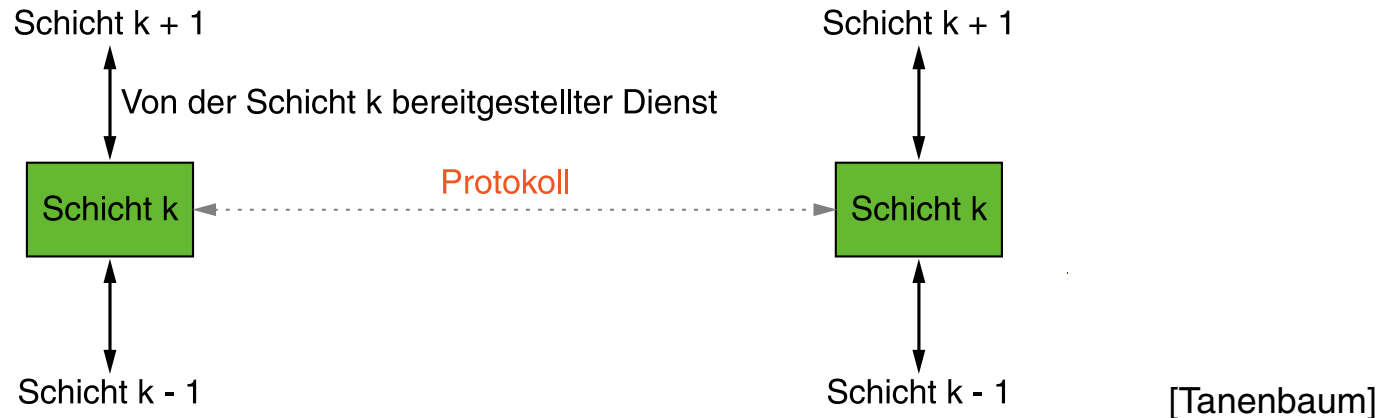
Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

Die Netzsoftware ist eine in Schichten organisierte, komplexe Software, die die gesamte Umsetzung der Kommunikation übernimmt: von der Anwendung über die Protokolle bis zu Steuerung der Netz-Hardware.



Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

Die Netzsoftware ist eine in Schichten organisierte, komplexe Software, die die gesamte Umsetzung der Kommunikation übernimmt: von der Anwendung über die Protokolle bis zu Steuerung der Netz-Hardware.



Definition 9 (Netzsoftware-Dienst)

Ein Dienst fungiert als Schnittstelle zwischen zwei Schichten und bezeichnet eine Menge von Operationen, die eine Schicht der ihr überliegenden Schicht anbietet.

Definition 10 (Netzsoftware-Protokoll)

Ein Protokoll ist eine Menge von Regeln, die Format (Syntax) und Bedeutung (Semantik) der von gleichgestellten Schichten ausgetauschten Pakete festlegen.

Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

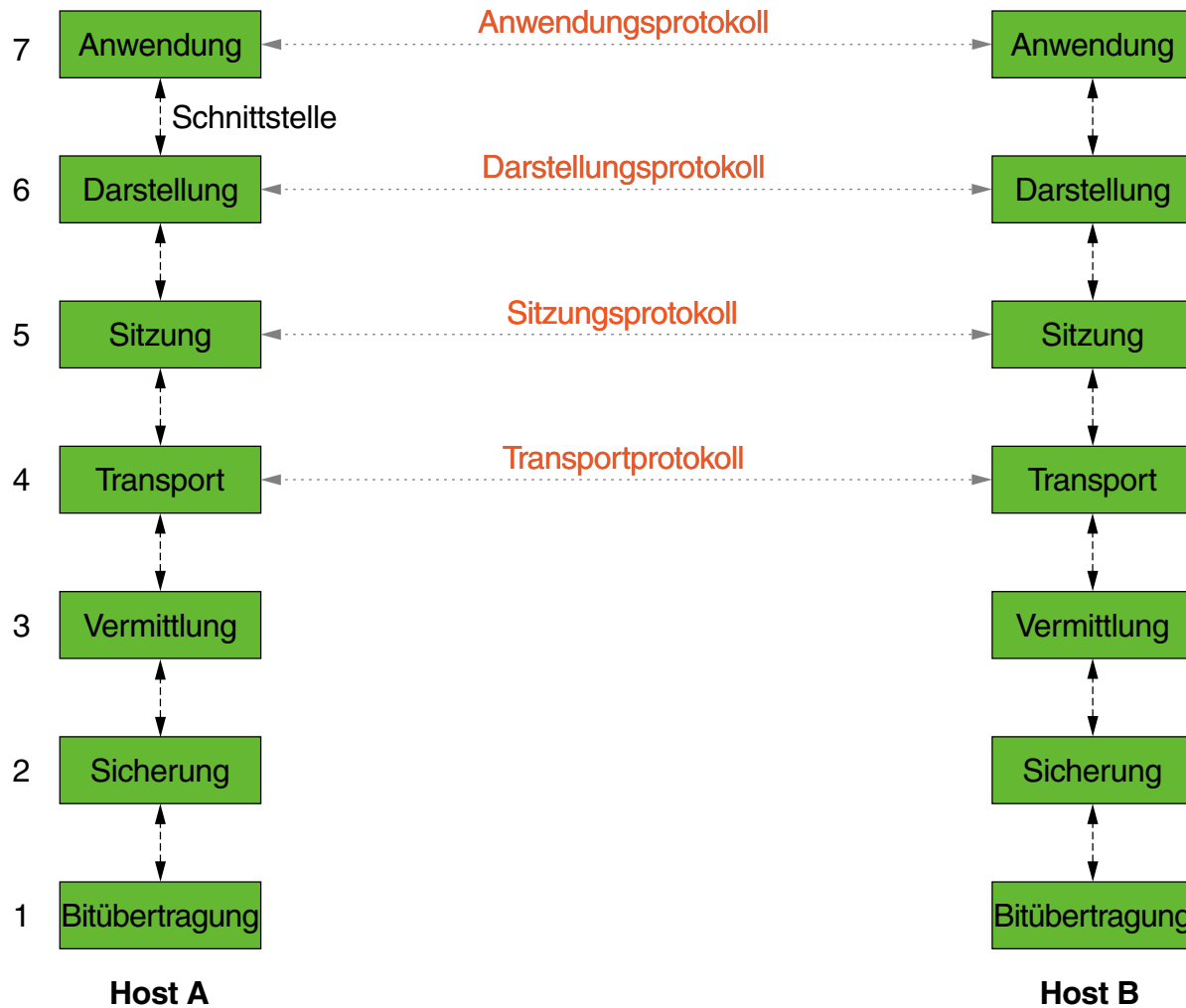
ISO-OSI-Modell [Paketvermittlung]



[Tanenbaum]

Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

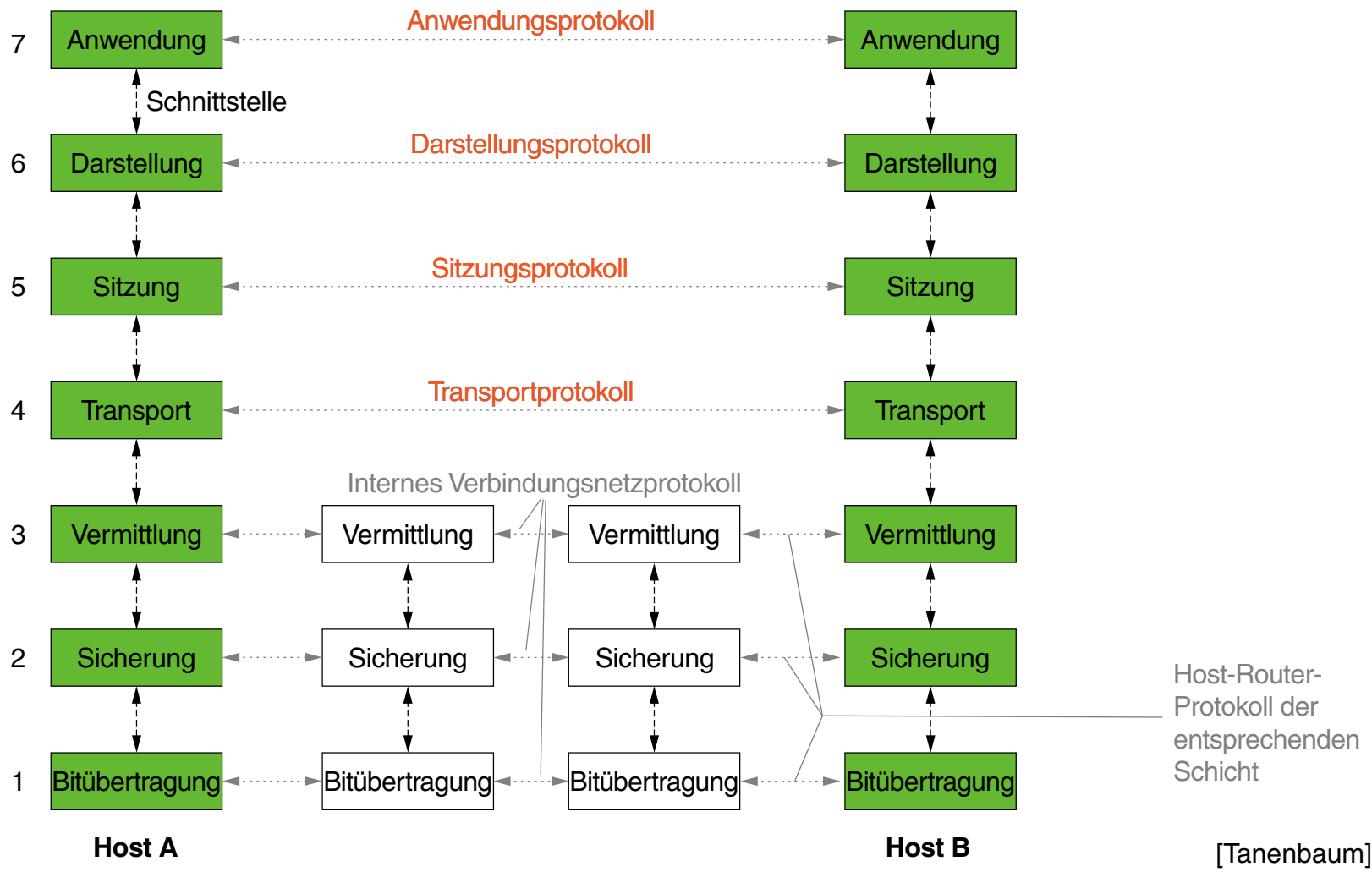
ISO-OSI-Modell [Paketvermittlung]



[Tanenbaum]

Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

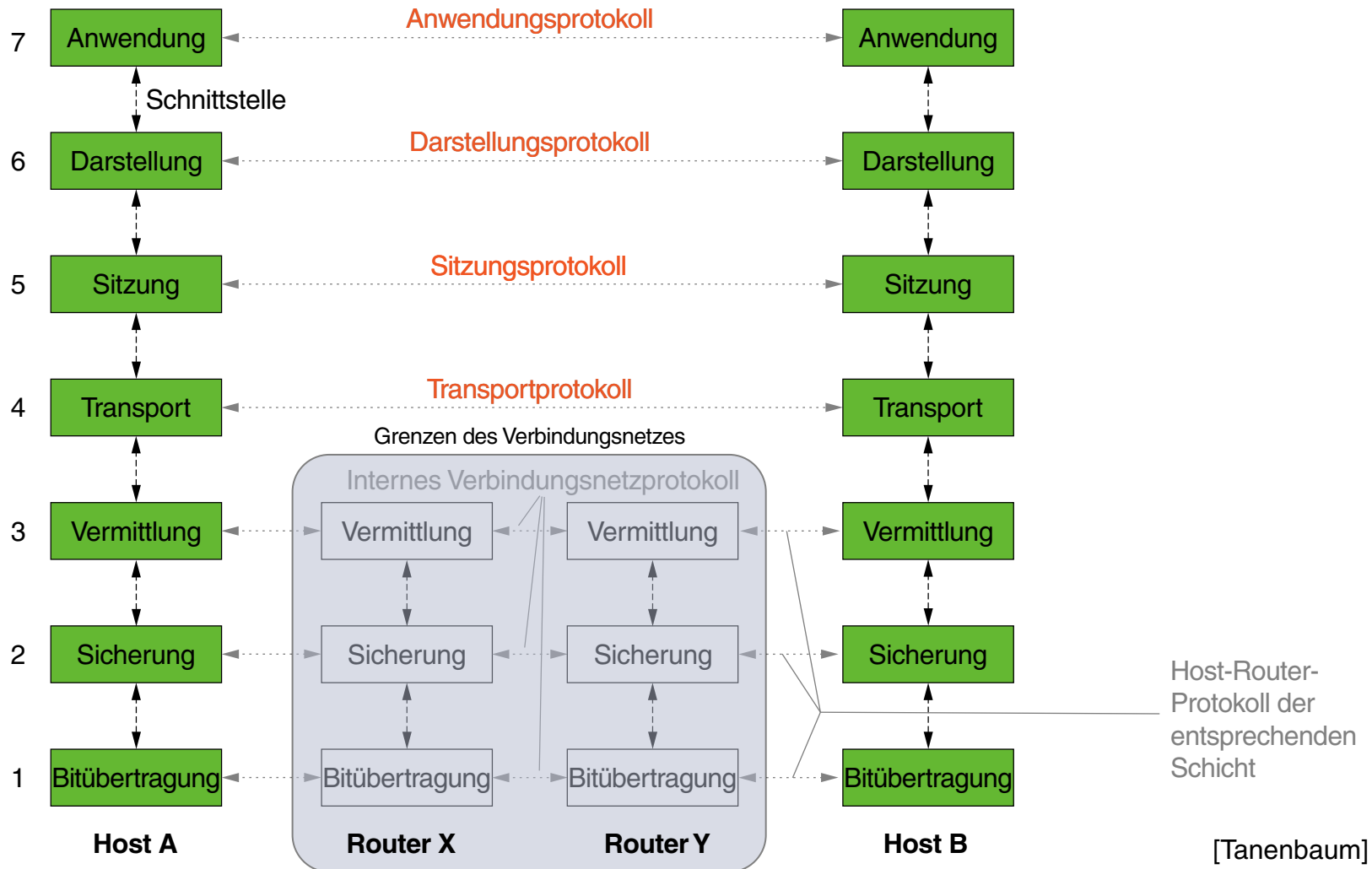
ISO-OSI-Modell [Paketvermittlung]



[Tanenbaum]

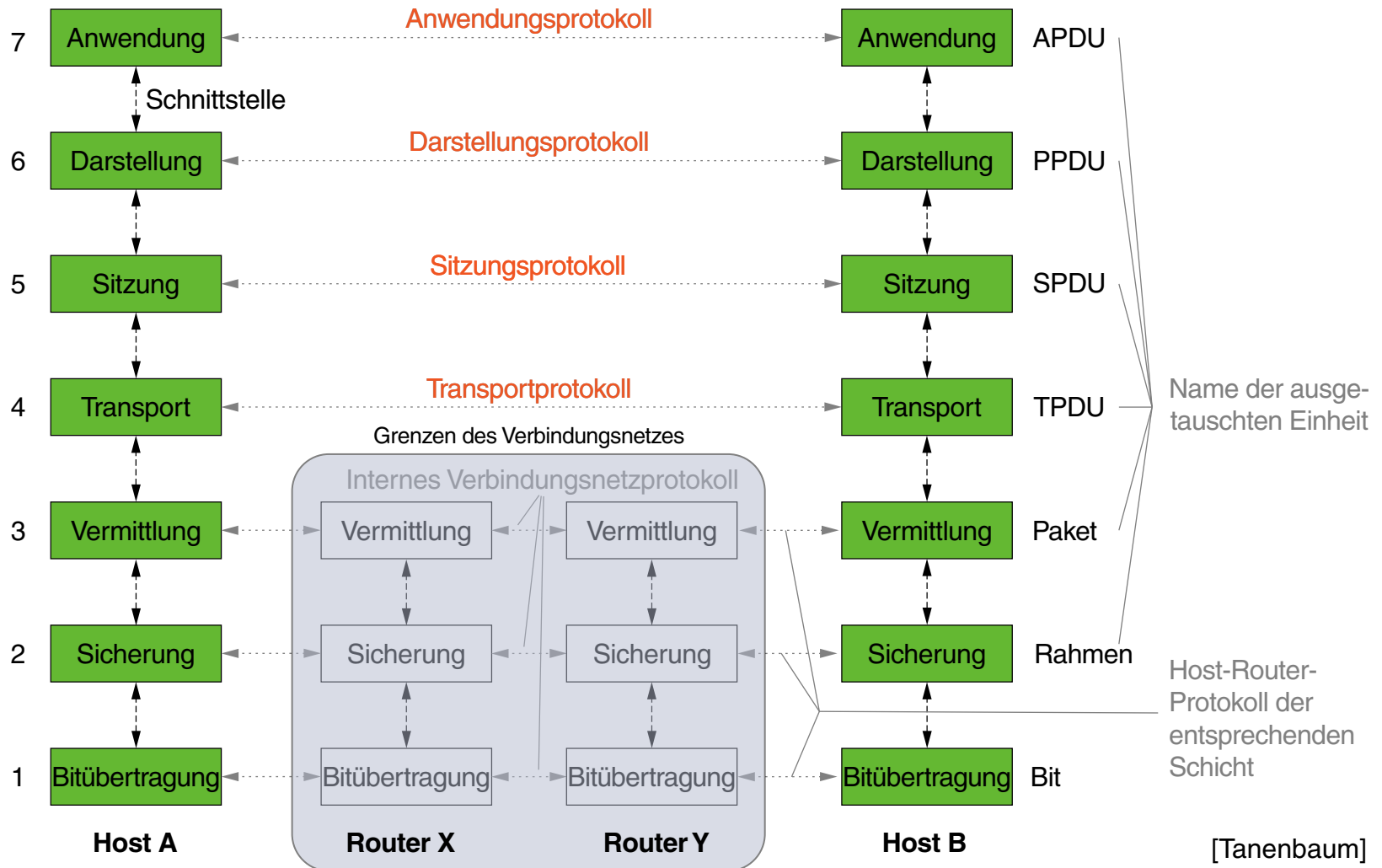
Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

ISO-OSI-Modell [Paketvermittlung]



Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

ISO-OSI-Modell [Paketvermittlung]



Bemerkungen:

- ❑ Dienste und Protokolle sind unabhängig voneinander: gleichgestellte Schichten können ihre Protokolle nach Belieben ändern, solange die für den Dienstonutzer sichtbaren Dienste unverändert bleiben.
- ❑ Abkürzungen für die Datenpakettypen:
 - APDU = Application Protocol Data Unit
 - PPDU = Presentation Protocol Data Unit
 - SPDU = Session Protocol Data Unit
 - TPDU = Transport Protocol Data Unit
- ❑ ISO = International Organization for Standardization, OSI = Open Systems Interconnection.

Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

ISO-OSI versus TCP/IP Protokoll-Stack



Aufgaben der Netzsoftware im ISO-OSI-Modell:

- ❑ Schicht 4. Fehlerfreie Endpunkt-zu-Endpunkt-Übertragung.
- ❑ Schicht 3. Routing, Flusskontrolle, Qualitätssicherung.
- ❑ Schicht 2. Sicherungsmaßnahmen, Fehlerbehandlung, Medienzuteilung.
- ❑ Schicht 1. Übertragung der Bits über einen Kommunikationskanal.

Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

ISO-OSI versus TCP/IP Protokoll-Stack

	ISO-OSI	TCP/IP	TCP/IP-Protokolle		
7	Anwendung	Anwendung	SMTP, HTTP, RPC, FTP, TELNET, DNS, BGP	SNMP, DHCP, RIP, RTP, NFS, DNS, TFTP	
6	Darstellung				
5	Sitzung	Transport	TCP (zuverlässig, verbindungsorientiert)	UDP (unzuverlässig, verbindungslos)	
4	Transport				
3	Vermittlung	Internet	Internet-Protokoll (IPv4), IPv6		
2	Sicherung	Host-zu-Netz	Ethernet, Token-Ring, FDDI, ARP, SLIP, PPP		
1	Bitübertragung				

Aufgaben der Netzsoftware im TCP/IP-Modell:

- ❑ Schicht 4. Fehlerfreie Endpunkt-zu-Endpunkt-Übertragung.
- ❑ Schicht 3. Netzübergreifende Zustellung von IP-Paketen.
- ❑ Schicht 1+2. Verbindung zum Netz und Versenden von IP-Paketen.

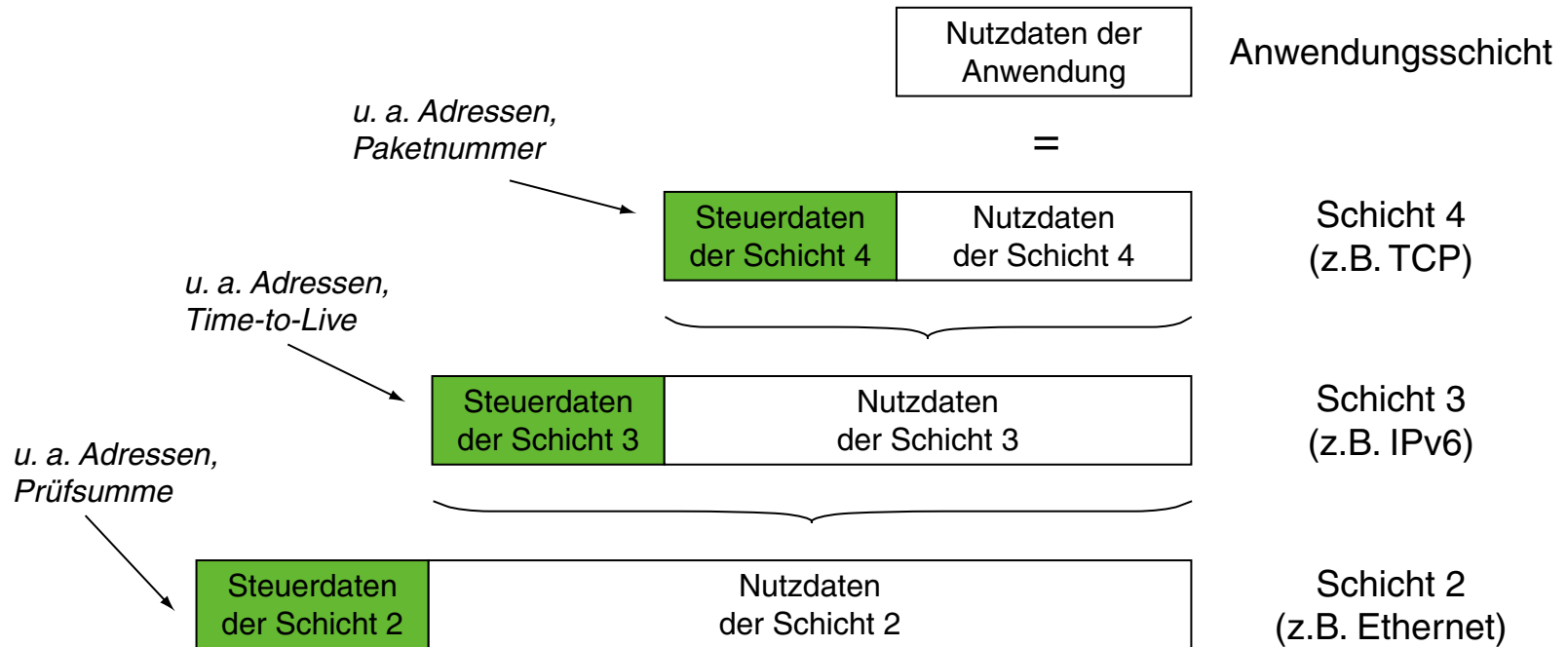
Bemerkungen:

- ❑ TCP/IP ist die Abkürzung für Transmission Control Protocol/Internet Protocol.
- ❑ Ein grundsätzliches Designprinzip des TCP/IP-Modells ist die Verlagerung der Verantwortung für die Zuverlässigkeit vom physischen Netzwerk auf die einzelnen Hostrechner. Diese radikale Reduktion der Aufgaben des physischen Netzwerks vereinfacht das Zusammenschließen von unterschiedlichen Netzwerken erheblich.
- ❑ Das TCP/IP-Modell hat in der Vermittlungsschicht (Schicht 3) nur einen verbindungslosen Kommunikationsmodus, unterstützt in der Transportschicht (Schicht 4) aber sowohl verbindungslose als auch verbindungsorientierte Kommunikation.
- ❑ Die Protokolle der Transportschicht (Schicht 4) gehören zu den kompliziertesten.
- ❑ Siehe die Übersichtsbox des TCP/IP-Modells in der deutschen Wikipedia: [IP](#), [TCP](#), [FTP](#)

Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle

Datenfragmentierung und Kapselung

Prinzip: Nachrichten aus höheren Schichten werden als Nutzdaten für die unteren Schichten eingesetzt.



Internetworking

- ❑ Zahlreiche Netzwerke mit unterschiedlichen Technologien sind im Internet zu einem *homogen erscheinenden* Netzwerk zusammengeschaltet.
- ❑ Internetworking = Kommunikation über unterschiedliche Rechnernetze
- ❑ Internetworking wird durch ein einheitliches Protokoll oberhalb der technologiegebundenen Schicht (> Schicht 2) realisiert.

„Das Internet ist ein reines Software-Produkt.“

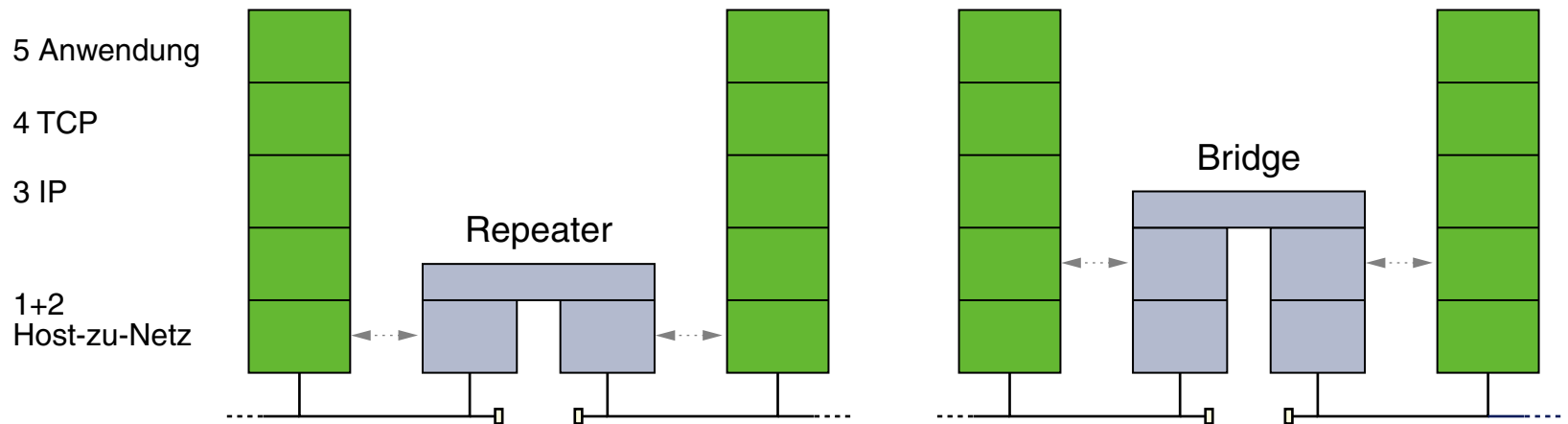
[Meinel/Sack 2004]

❑ Repeater

Arbeitet auf der physikalischen Schicht (Schicht 1); bewirkt reine Signalverstärkung für größere Distanzen.

❑ Bridge

Verbindet Netzsegmente auf der Sicherungs- bzw. Bitübertragungsschicht (Schicht 2); dient zur Erweiterung von LANs; leistet Verkehrsmanagement.

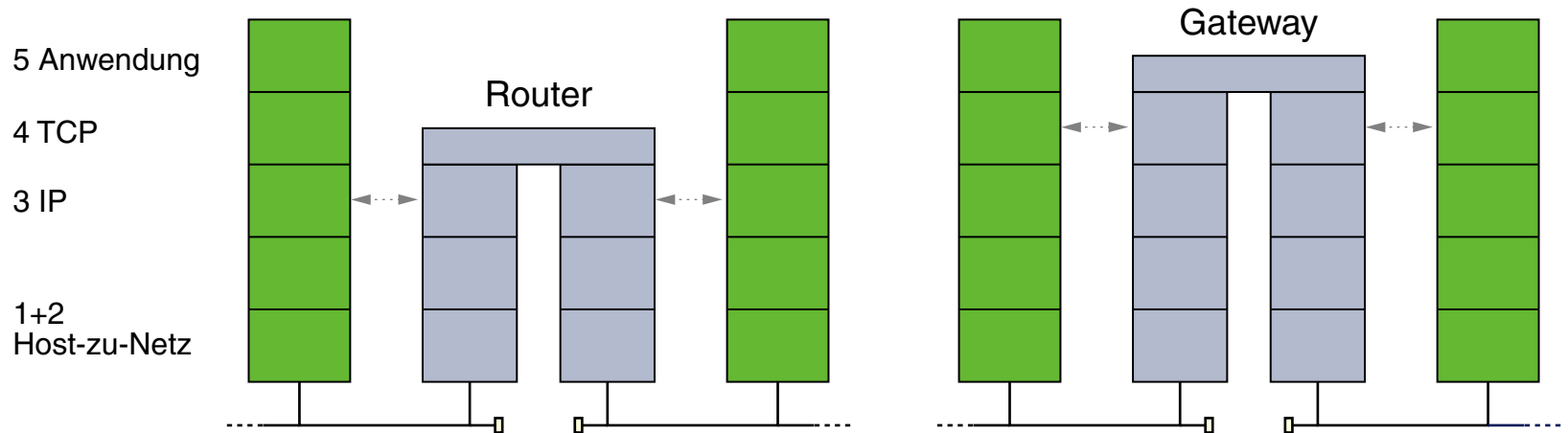


❑ Router

Verbindet einzelne LANs miteinander, die von verschiedenem Typ sein können; sind vom Netzprotokoll abhängig.

❑ Gateway

Verbindet Netzwerke; ermöglicht Kommunikation zwischen Anwendungsprogrammen.



Internetworking

MAC-Adressierung

- ❑ MAC-Adresse = Medium Access Layer Address = Hardware-Adresse eines Netzwerkgeräts (Netzwerkkarte, Switch, etc.)
- ❑ dient zur eindeutigen Identifikation des Netzwerkgeräts im Netzwerk
- ❑ wird beim Einschalten gesetzt und kann danach in der Regel nicht mehr verändert werden
- ❑ Das Internet-Protokoll (IPv4) verwendet eine dynamische Zuordnung von MAC-Adressen zu Internet-Adressen. Basis ist das *Address Resolution Protocol* ARP.

Bemerkungen:

- ❑ Aufbau einer MAC-Adresse bei der Ethernet-Technologie:
 - Länge 48 Bit
 - Darstellung hexadezimal, Beispiel: 08-00-20-ae-fd-7e
 - Die Bits 1-24 enthalten die von der IEEE vergebene Herstellerkennung, die Bits 25-48 sind herstellerintern verwendbar.
- ❑ Statische MAC-Adressen sind weltweit eindeutig und dienen zur automatischen Gerätekonfiguration und als Basis für Protokolle wie DHCP.
- ❑ Unter IPv6 ermöglicht die Erzeugung des Interface Identifiers aus der MAC-Adresse die Identifizierung von Benutzern. Deshalb wurden in [RFC 4941](#) sogenannte Privacy Extensions spezifiziert.

Internetworking

IP-Adressierung mit IPv4

141.54.1.11

- ❑ IPv4-Adressen bestehen aus 32 Bit bzw. 4 Bytes, angegeben als Folge von 4 ganzzahligen, durch Dezimalpunkte getrennte Dezimalzahlen.
- ❑ IPv4-Adressen sind in zwei Teile gegliedert: Adresspräfix und Adresssuffix.
- ❑ Adresspräfix (Netzwerk-ID) identifiziert das physikalische Netzwerk.
- ❑ Adresssuffix (Host-ID) identifiziert Rechner im Netzwerk der Netzwerk-ID.

Internetworking

IP-Adressierung mit IPv4

141.54.1.11

- ❑ IPv4-Adressen bestehen aus 32 Bit bzw. 4 Bytes, angegeben als Folge von 4 ganzzahligen, durch Dezimalpunkte getrennte Dezimalzahlen.
- ❑ IPv4-Adressen sind in zwei Teile gegliedert: Adresspräfix und Adresssuffix.
- ❑ Adresspräfix (Netzwerk-ID) identifiziert das physikalische Netzwerk.
- ❑ Adresssuffix (Host-ID) identifiziert Rechner im Netzwerk der Netzwerk-ID.
- ❑ Subnetzmaske: 32 Bit lang; kennzeichnet den Netzwerk-ID-Teil durch 1-Bits und den Host-ID-Teil durch 0-Bits. [\[Wikipedia\]](#)
 - Dotted-Decimal-Notation: 141.54.1.11/255.255.0.0
 - Suffix-Notation: 141.54.1.11/16

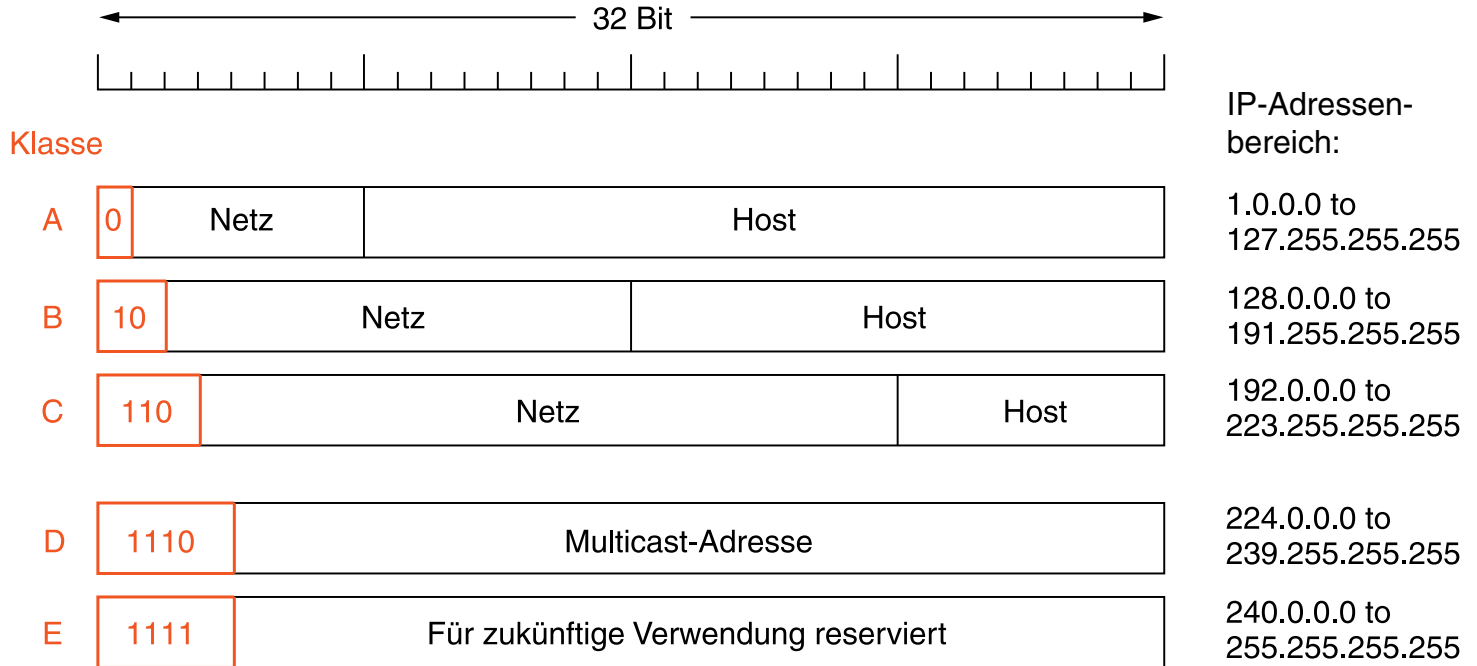
Spezielle IP-Adressen:

- ❑ Broadcast-Adresse. Alle Bits der Host-ID sind auf 1 gesetzt.
- ❑ Loop-Back-Adresse. 127.0.0.1, sendender Rechner erhält Paket zurück.

Internetworking

IP-Adressierung mit IPv4: Netzklassen (veraltet)

1981-1993. Netzklassen zur Einteilung des IPv4-Adressbereiches. [\[Wikipedia\]](#)



[Tanenbaum]

Bemerkungen:

- ❑ Netzklassen waren eine von 1981 bis 1993 verwendete Unterteilung des IPv4-Adressbereiches in Teilnetze für verschiedene Nutzer. Von der Netzklasse konnte die Größe eines Netzes abgeleitet werden. Dies ist beim Routing im Internet wichtig, um zu unterscheiden, ob eine Ziel-IP-Adresse im eigenen oder einem fremden Netz zu finden ist.
- ❑ Da Netzklassen sich als zu unflexibel und wenig sparsam im Umgang mit der knappen Ressource IP-Adressen herausgestellt haben, wurden sie 1985 zunächst durch Subnetting und 1992 mit Supernetting ergänzt und 1993 schließlich mit der Einführung des *Classless Inter-Domain Routing* CIDR ersetzt. [\[Wikipedia\]](#)

Internetworking

IP-Adressierung mit IPv6

2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7344/64

- ❑ IPv6-Adressen bestehen aus 128 Bit bzw. 16 Bytes, angegeben als Folge von 8 durch Doppelpunkt getrennte Hexadezimalzahlen.
- ❑ IPv6-Adressen sind wie IPv4-Adressen in zwei Teile gegliedert: Adress**präfix** und Adresssuffix, auch Interface Identifier genannt.
- ❑ IPv6-Netzwerke werden gemäß CIDR notiert, durch Anhängen der Präfixlänge in Bits mit “/” an die Adresse.
- ❑ In einer URL werden IPv6-Adressen in eckige Klammern eingeschlossen.

Internetworking

IP-Adressierung mit IPv6

2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7344/64

- ❑ IPv6-Adressen bestehen aus 128 Bit bzw. 16 Bytes, angegeben als Folge von 8 durch Doppelpunkt getrennte Hexadezimalzahlen.
- ❑ IPv6-Adressen sind wie IPv4-Adressen in zwei Teile gegliedert: Adress**präfix** und Adresssuffix, auch Interface Identifier genannt.
- ❑ IPv6-Netzwerke werden gemäß [CIDR](#) notiert, durch Anhängen der Präfixlänge in Bits mit “/” an die Adresse.
- ❑ In einer URL werden IPv6-Adressen in eckige Klammern eingeschlossen.
- ❑ IPv6 ermöglicht 2^{128} Adressen ($3.4 \cdot 10^{38}$ bzw. 340 Sextillionen) gegenüber 2^{32} (3.4 Milliarden) bei IPv4. Zum Vergleich: die Erde hat 10^{51} Atome.
- ❑ IPv6 führt Verbesserungen u.a. im Protokollaufbau ein.
- ❑ IPv6 ist als [RFC 2460](#) spezifiziert.

Internetworking

Domain Name System, DNS

Auflösung von Hostnamen und Umwandlung in die zugehörigen IP-Adressen.

→ DNS-Server als verteilte Datenbank

erste Realisierung:

- ❑ Alle Namen und Adressen befanden sich in einer zentralen Masterdatei, die per FTP auf jeden Rechner geladen wurde.
- ❑ nicht skalierbar, keine lokale Organisation möglich

aktuelle Realisierung:

- ❑ hierarchische Organisation durch organisatorische Partitionierung (.com, .edu, .gov, .mil, etc.) als auch geografische Partitionierung (.de, .uk, .fr, etc.)
- ❑ Der Suffix nach dem letzten Punkt wird als Top-Level-Domain, TLD, bezeichnet. Liste aktueller und neu zugelassener TLDs.

Bemerkungen:

- ❑ Die geografischen Endungen sind unabhängig von der physischen Position der Ressourcen.
Aber: die Betreiber der Domains unterliegen der Rechtsprechung des bezeichneten Landes.

Internetworking

Quellen zum Nachlernen und Nachschlagen im Web

- ❑ Wikipedia. *Top-Level-Domain*.
en.wikipedia.org/wiki/Top-level_domain
- ❑ Wikipedia. *Domain Name System*.
de.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System
- ❑ Wikipedia. *Root-Nameserver*.
en.wikipedia.org/wiki/Root_name_server
- ❑ Wikipedia. *Whois*.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Whois>