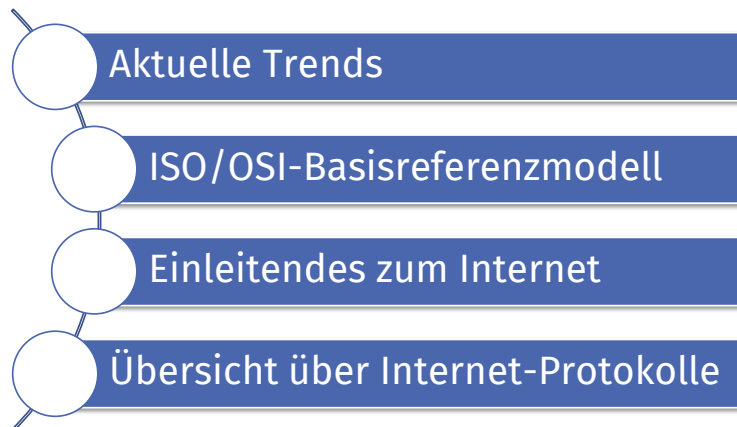


1. Einleitung

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT

1

Übersicht



2

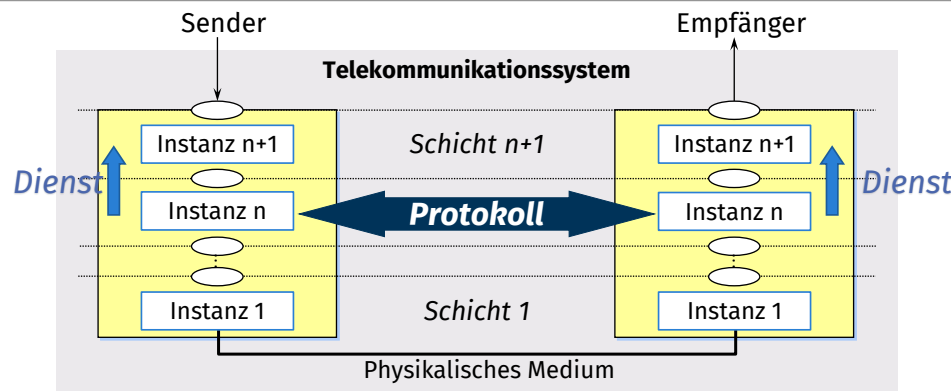
Aktuelle Trends



IMT-2020 (5G) Promotion Group: 5G Visions and Requirements, White Paper, May 2014.
http://euchina-ict.eu/wp-content/uploads/2015/03/IMT-20205GPG-WHITE-PAPER-ON-5G-VISION-AND-REQUIREMENTS_V1.0.pdf

3

Das Telekommunikationssystem: Ein verteiltes geschichtetes System



- Eine Schicht n bietet der darüber liegenden Schicht n+1 einen Dienst an.
- Der Dienst wird durch das Zusammenwirken der Schichtinstanzen gemäß einem spezifizierten Protokoll erbracht.

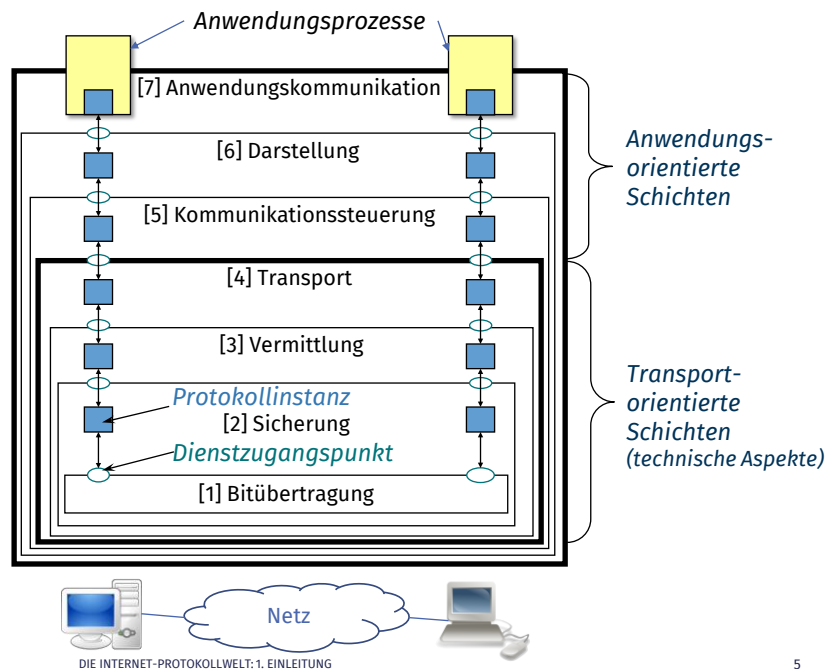
4

Logische Architektur: ISO/OSI-Basis- referenzmodell

ISO = International
Organization for
Standardization

OSI = Open Systems
Interconnection

Wintersemester 2020/21



5

5

Teilsysteme des OSI-Modells (I)

(a) Transportorientierte Schichten

- Technische Realisierung einer Bitstrom-Übertragung
- Elementare Nachrichtenübertragung:
nur Bedürfnis des Nachrichtenaustausches unterstellt
- Kein Bezug zur Kooperationsbeziehung der Dienstnehmer bzw. zur Anwendung
- Inhalt der Nachricht transparent (d. h. ohne Bedeutung für transportorientierte Schichten)

Wintersemester 2020/21

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT: 1. EINLEITUNG

6

6

Teilsysteme des OSI-Modells (II)

(b) Anwendungsorientierte Schichten

- Anwendungsbezogene Kommunikationsdienstleistungen
- Kooperation der Teilnehmer unter formalen Gesichtspunkten (Strukturierung, Präsentation) berücksichtigt, wie z. B.
 - Steuerung des Ablaufs
 - Informationsdarstellung
 - Kompensation von Fehlverhalten durch verteilte Transaktionen

Wintersemester 2020/21

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT: 1. EINLEITUNG

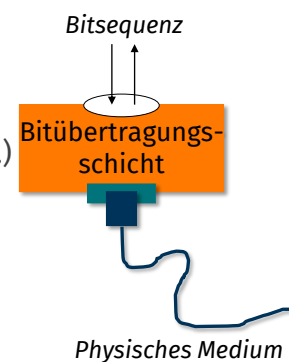
7

7

Die transportorientierten Schichten (I)

(a) Bitübertragungsschicht (Physical Layer, Schicht 1):

- Übertragung von Bits in Form von physikalischen Signalen
 - Grundlage: physisches Medium (Kupfer, Lichtwellenleiter, Luft, ...)
 - Definition des Medienanschlusses (Stecker, Buchse, Verkabelung, ...)
 - Leitungscodierung
- mögliche Störungen der Übertragung
 - falsch interpretierte Signale
- feste Übertragungsqualitäten/Nachrichtenlänge
- keine Pufferung (außer wegen Signallaufzeit)



Wintersemester 2020/21

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT: 1. EINLEITUNG

8

8

Die transportorientierten Schichten (II)

(b) Sicherungsschicht (Data Link Layer, Schicht 2):

- Adressierung der durch ein physisches Medium direkt verbundenen Geräte
- Gegen Fehler/Verfälschung gesicherte Kanäle zwischen Kommunikationspartnern
 - Strukturierung der Daten in Frames
 - Hinzufügen von Redundanz
 - ❖ Erkennung von Fehlern
 - ❖ Korrektur von Fehlern (Vorwärtsfehlerkorrektur/Wiederholung) und notfalls Rücksetzen
 - Empfangsbestätigung/Zeit- und Sequenzüberwachung
 - Flusssteuerung
 - Steuerung des Medienzugangs (*Media Access Control*, MAC)
- FIFO-Pufferung von Paketen

Wintersemester 2020/21

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT: 1. EINLEITUNG

9

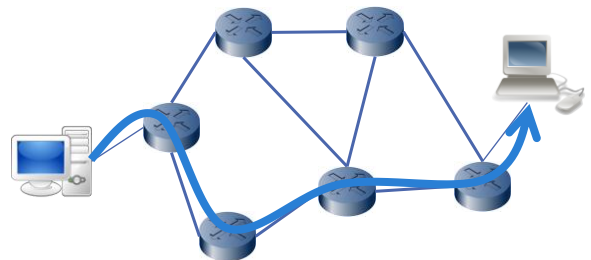
9

Die transportorientierten Schichten (III)

(c) Vermittlungsschicht (Network Layer, Netzwerkschicht, Schicht 3):

- multiple Konnektivität
 - Wegwahl (Routing)
 - Weiterleitung (Forwarding)
- Adressierung der Endsysteme
 - nicht nur direkt durch ein physisches Medium verbundene Rechner
- Kommunikationsdienstgüte beeinflussbar
 - Alternativen bei der Wegwahl
 - Prioritäten der Pakete
 - Reservierung von Ressourcen
 - Staukontrolle möglich

} **Vermittlung**



Wintersemester 2020/21

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT: 1. EINLEITUNG

10

10

Die transportorientierten Schichten (IV)

(d) Transportschicht (Transport Layer, Schicht 4):

- für Nutzdatenverkehr nur in den Endsystemen verfügbar
- flexibel wählbare Qualitäten
 - gemäß Anforderungen der Anwendung
 - schließt die Lücke zwischen Vermittlungsschichtdienst und Anwendungsanforderungen
 - realisiert durch verschiedene Transportschichtprotokolle
- variable Nachrichtenpaketlänge
- Mehrfachnutzung von Verbindungen
 - Unterscheidung der jeweiligen Anwendungen
- Pufferung von Paketen

Die anwendungsorientierten Schichten

Gemeinsamkeiten:

- Verbindungen werden 1:1 abgebildet
- Dienstleistungen werden durchgereicht

Kommunikationssteuerungsschicht

(Session Layer, Schicht 5):

- Austausch von Bitmuster-Nachrichten
- Steuerung des Nachrichtenaustauschs zweier Kommunikationspartner:
 - Rechteübergabe
 - Strukturierung der Übertragung
 - Rücksetzvereinbarung

Darstellungsschicht

(Presentation Layer, Schicht 6):

- Nachrichten setzen sich aus typisierten Daten zusammen

Anwendungsschicht

(Application Layer, Schicht 7):

- Austausch von Nachrichten anwendungsabhängigen Aufbaus und Zwecks

Dateneinheiten beim Zusammenspiel der Schichten

(N) - Schnittstellendateneinheiten

- Interface Data Unit, IDU
- Zwischen (N+1)- und (N)-Instanzen über einen (N)-SAP ausgetauschte Dateneinheit.
- Setzt sich zusammen aus (N)-ICI und (N)-SDU.

(N) - Schnittstellenkontrollinformation

- Interface Control Information, ICI
- Zwischen (N)-Schicht und (N+1)-Schicht ausgetauschte Parameter zur Steuerung von Dienstfunktionen (z. B. Adressen).

(N) - Dienstdateneinheiten

- Service Data Unit, SDU
- Daten, die transparent zwischen (N)-SAPs übertragen werden.

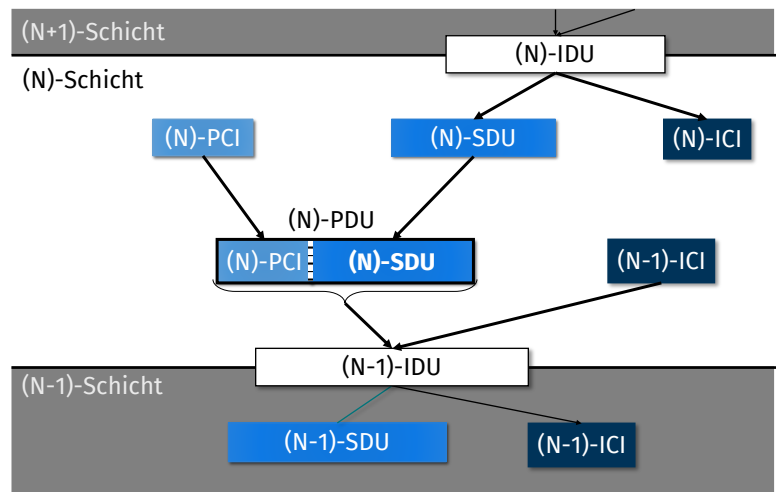
(N) - Protokollkontrolldaten

- Protocol Control Information, PCI
- Daten, die zwischen (N)-Instanzen ausgetauscht werden, um die Ausführung von Operationen zu steuern (z. B. Folgenummern o. ä.).

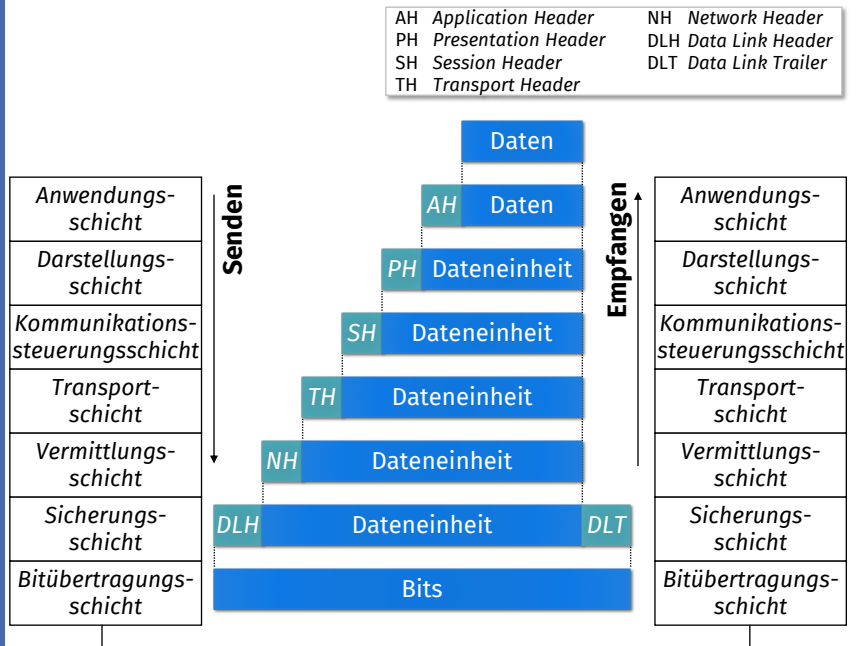
(N) - Protokolldateneinheit

- Protocol Data Unit, PDU
- Dateneinheit, die zwischen (N)-Instanzen unter Benutzung eines Dienstes der (N-1)-Schicht ausgetauscht wird.
- Setzt sich zusammen aus (N)-PCI und (N)-SDU.
- Entspricht somit der (N-1)-SDU.

Zusammen- spiel der Schichten im Bild



Protocol Control Information
findet sich in Header
und/oder Trailer



DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT: 1. EINLEITUNG

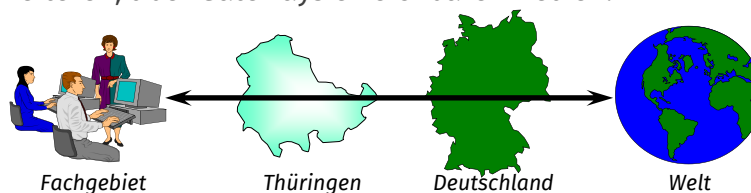
15

15

Das Internet besteht aus

- einer Menge von Endgeräten, die
 - dieselbe Protokollfamilie TCP/IP verwenden;
 - irgendwie (direkt oder indirekt) miteinander verbunden sind;
 - gewisse Dienste anbieten oder benutzen,
 - (menschlichen/technischen) Nutzern, die Zugriff auf die angebotenen Dienste haben,
 - einer Menge von weiteren, über Gateways erreichbaren Netzen.
- Internet Protocol, IP

Transmission Control Protocol, TCP
Internet Protocol, IP

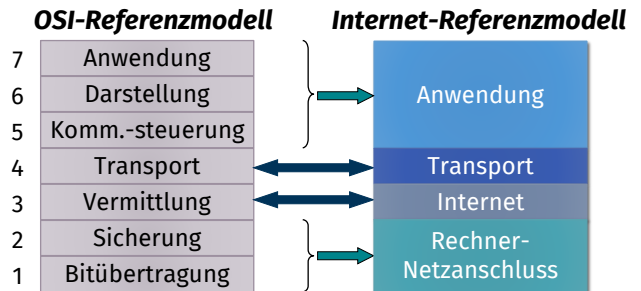


16

OSI und Internet

Wesentliche Abwandlungen:

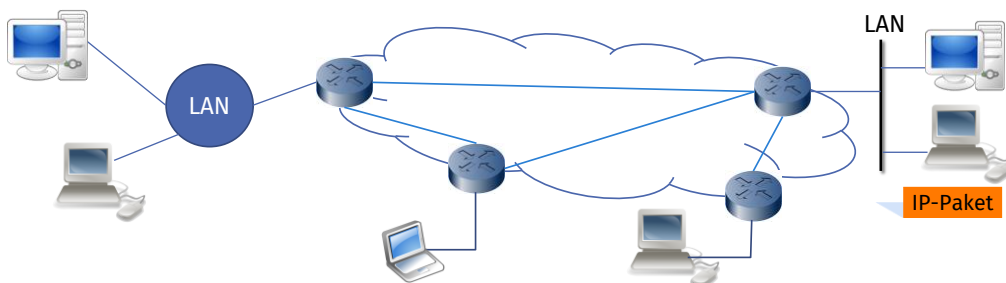
- Zusammenfassung der ISO/OSI-Schichten 5 – 7 zur Internet-Anwendungsschicht (*Application Layer*)
- Zusammenfassung der ISO/OSI-Schichten 1 – 2 zur Internet-Rechner-Netzanschliesschicht (*Network-to-Host Layer, N2H*)



Struktur des Internets

Ziel: Weltweite Kommunikation zwischen heterogenen Rechnersystemen

Struktur: Kopplung einzelner Rechner bzw. lokaler Netze über ein teilvermaschtes Netz von Vermittlungsknoten, den Routern



➡ Definition einer einheitlichen Protokollfamilie: **TCP/IP**

Historie: Entwicklung des Internet

- 1962 DoD (*Department of Defense*, „Pentagon“): Verteidigung hängt von der Kommunikation ab
- 1967 ARPA (*Advanced Research Project Agency*) des DoD: Auftrag „Projektstudie ausfalltolerantes Paketnetz“ an SRI (*Stanford Research Institute*)
- 1969 Erstes „Internet“: 4 Hosts
- 1971 Betriebsaufnahme ARPAnet, das erste Internet-Backbone
- 1974 Neue Protokollsuite: TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*)
- 1988 IP-Verbindung zum Internet aus Deutschland über EUnet-IRB Dortmund und XLink (eXtended Lokales Informatik-Netz Karlsruhe)
- 1991 EBONE: Europäisches Backbone
- 1998 Beginn der Standardisierung von IPv6
- 2014 30 Jahre E-Mail
- 2019 30 Jahre World-Wide Web

Wintersemester 2020/21

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT: 1. EINLEITUNG

19

19

Dienste im Internet

◦ World Wide Web

- weltumspannendes Nachschlagewerk
- Basis: *Hypertext Transfer Protocol*, HTTP



◦ Voice over IP (VoIP)

- Sprachkommunikation – kompatibel zum *Plain Old Telephone System*, POTS
- Basis: *Real-time Transfer Protocol*, RTP und *Session Initiation Protocol*, SIP



◦ Elektronische Post (E-Mail)

- Austausch von digitalen (multimedialen) Nachrichten
- Basis: *Simple Mail Transfer Protocol*, SMTP



◦ Netzmanagement

- Überwachung und Kontrolle von vernetzten Systemen
- Basis: *Simple Network Management Protocol*, SNMP



Wintersemester 2020/21

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT: 1. EINLEITUNG

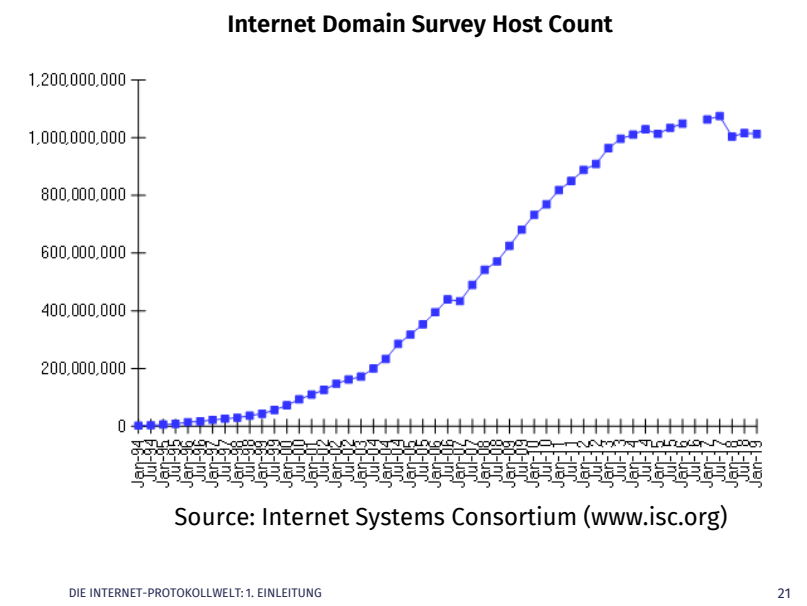
20

20

Wachstum des Internets

Quelle:
<https://www.isc.org/network/survey/>,
besucht am 14.10.2020

Wintersemester 2020/21



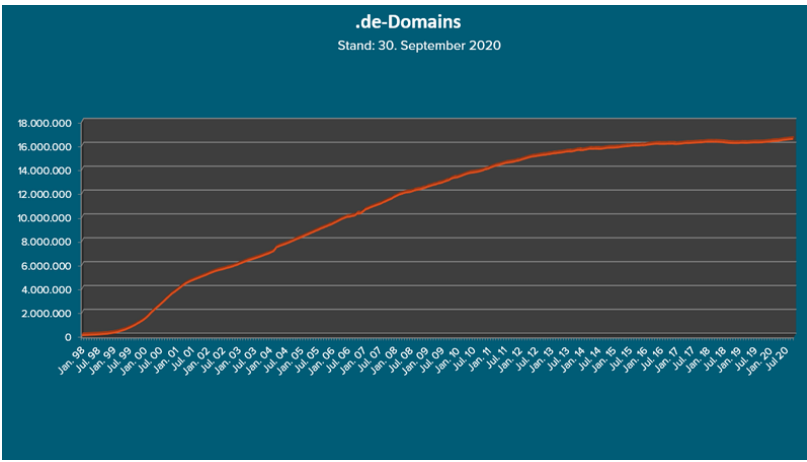
Geschätzte Anzahl von Internet-Domänen in Deutschland

Quelle: DENIC
<https://www.denic.de/wissen/statistiken/monatsauswertung/>
besucht am 14.10.2020

Zahl der .de-Domains
am 1. Oktober 2020:

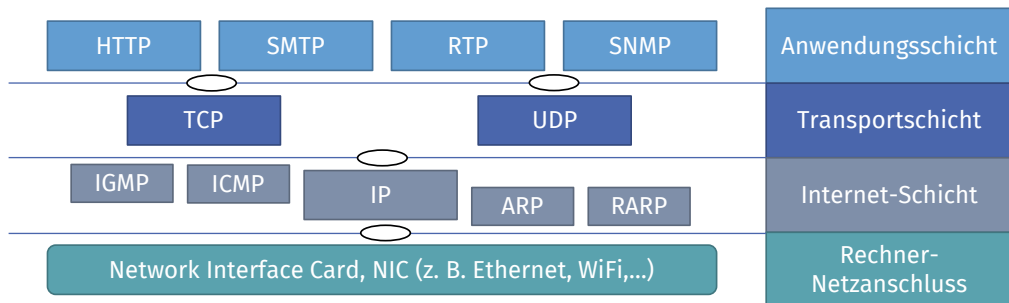
16.559.647

Wintersemester 2020/21



Die Internet-Protokollfamilie: Einordnung

TCP/IP häufig Synonym für die gesamte Protokollfamilie im Internet
Einordnung der Protokolle in das Schichtenmodell:



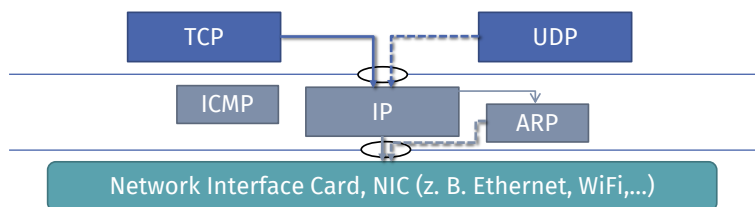
Obwohl ICMP und IGMP den IP-Dienst nutzen, werden sie dennoch der Vermittlungsschicht zugeordnet

Die Internet-Protokollfamilie: Protokollaufgaben

- TCP** **Transmission Control Protocol** stellt verbindungsorientierten, gesicherten Transportdienst bereit
- UDP** **User Datagram Protocol** stellt verbindungslosen, ungesicherten Transportdienst bereit
- IP** **Internet Protocol** sorgt für Weiterleitung und ungesicherte Übertragung von Datagrammen
- ICMP** **Internet Control Message Protocol** unterstützt den Austausch von Kontrollinformationen innerhalb der Vermittlungsschicht
- IGMP** **Internet Group Management Protocol** unterstützt die Verwaltung von Kommunikationsgruppen
- ARP** **Address Resolution Protocol** ermöglicht die Zuordnung von IP-Adressen zu den entsprechenden Adressen der Sicherungsschicht
- RARP** **Reverse Address Resolution Protocol** stellt die Umkehrfunktion von ARP zur Verfügung

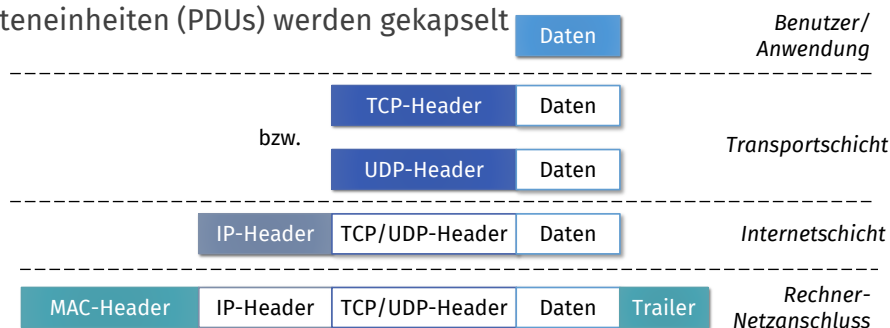
Zusammenspiel: IP-Instanz und angrenzende Instanzen

- Transportschichtinstanz (TCP bzw. UDP) übergibt die Daten zusammen mit der IP-Adresse des Empfängers zur Übertragung an die IP-Instanz
- IP-Instanz beauftragt ARP-Instanz mit Ermittlung der entsprechenden NIC-Adresse
- IP-Instanz übergibt PDUs zusammen mit der ermittelten NIC-Adresse an die darunter liegende Instanz
- Probleme während der Übermittlung können den Partnerinstanzen über ICMP mitgeteilt werden



Zusammenspiel: Protocol Data Units

- TCP/UDP verwenden Anwendungsprozessadressierung (Ports)
- TCP sichert darüber hinaus die Ende-zu-Ende-Datenübertragung
- IP leitet Datenpakete durch das Netzwerk zum Empfänger
- Protokolldateneinheiten (PDUs) werden gekapselt



Literatur

- **BADACH**, Anatol; **HOFFMANN**, Erwin (2015): *Technik der IP-Netze. Internet-Kommunikation in Theorie und Einsatz*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Hanser.
- **COMER**, Douglas E. (2000): *Computernetzwerke und Internets*. München: Pearson Studium.
- **DEBES**, Maik; **HEUBACH**, Michael; **SEITZ**, Jochen; **TOSSE**, Ralf (2007): *Digitale Sprach- und Datenkommunikation. Netze - Protokolle - Vermittlung*. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag.
- **HALSALL**, Fred (2005): *Computer Networking and the Internet*. 5th edition. Harlow, England: Addison-Wesley.
- **KRÜGER**, Gerhard; **RESCHKE**, Dietrich (2004): *Lehr- und Übungsbuch Telematik. Netze - Dienste - Protokolle*. 3., aktualisierte Auflage. München, Wien: Fachbuchverlag Leipzig im Carl-Hanser-Verlag.
- **KUROSE**, James F.; **ROSS**, Keith W. (2014): *Computernetzwerke. Der Top-Down-Ansatz*. 6., aktualisierte Auflage. Hallbergmoos: Pearson Studium (Pearson Studium - Informatik).
- **STALLINGS**, William (2014): *Data and Computer Communications*. 10th edition. Harlow, Essex, England: Pearson Education.
- **STEVENS**, W. Richard (2004): *TCP-IP. Der Klassiker: Protokollanalysen, Aufgaben und Lösungen*. 1. Auflage. Bonn: Hüthig.
- **TANENBAUM**, Andrew S.; **WETHERALL**, David J. (2012): *Computernetzwerke*. 5., aktualisierte Aufl. München: Pearson.