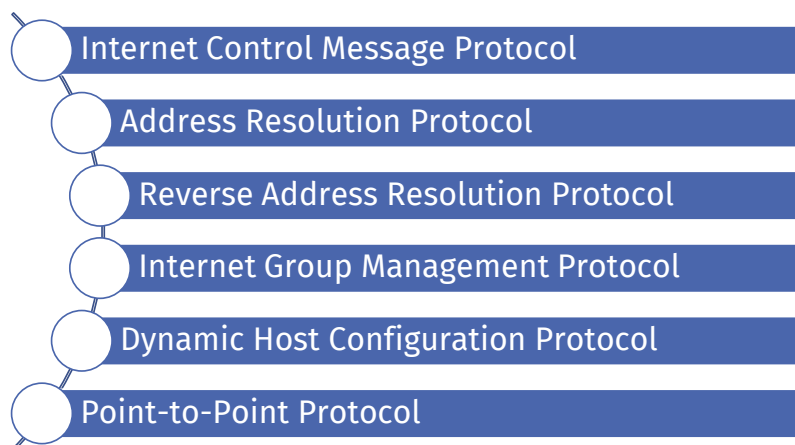


# 3. Hilfsprotokolle der Internet-Schicht

## DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT

98

## Übersicht

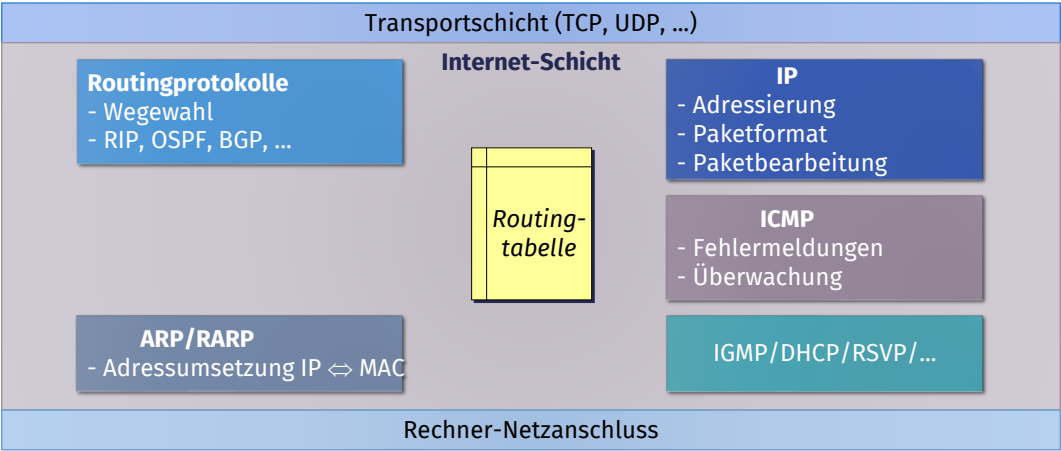


DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT - 3. HILFSPROTOKOLLE DER INTERNET-SCHICHT

99

99

# Die Internet-Schicht



100

# Internet Control Message Protocol, ICMP

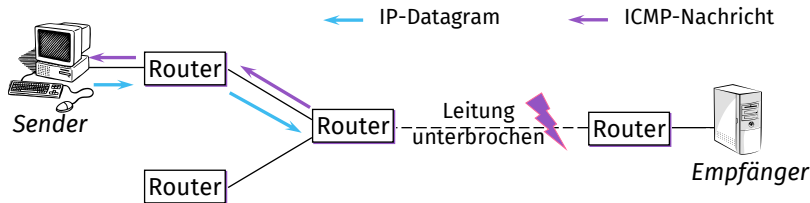
[RFC 792, RFC 4443]

**Problem:**

- Paketverluste und sonstige Fehler von IP **nicht** gemeldet (unzuverlässiger Datagrammdienst)

**Lösung:**

- Meldung von schwerwiegenden Problemen (z. B. Unterbrechung einer Leitung) zur Vermeidung von Folgefehlern mittels ICMP:



- Austausch von Fehlermeldungen, Statusanfragen und Zustandsinformation

101

# ICMP: Fehlermeldungen

## Zieladresse nicht erreichbar (*destination unreachable*):

- Ein Datenpaket konnte nicht zugestellt werden.

## Zeit abgelaufen (*time exceeded*):

- Datenpaket wurde wegen Ablauf seiner Lebenszeit von einem Router verworfen.

## Falscher Parameter (*parameter problem*):

- Datenpaket wurde wegen eines unzulässigen Wertes im IP-Paketkopf verworfen.

## Quellendämpfung (*source quench*):

- Ein überlastetes Kommunikationssystem fordert den Sender auf, die Übertragungsrate zu senken.

## Umleiten (*redirect*):

- Ein Datenpaket sollte besser über einen anderen Router gesendet werden.

→ Fehlermeldungen mit einem Feld zur genauen Angabe der Fehlerursache (z. B. „Netzwerk nicht erreichbar“ oder „Endsystem nicht erreichbar“ für die Meldung „Zieladresse nicht erreichbar“)

# ICMP: Statusanfragen

## Echo und Echoantwort

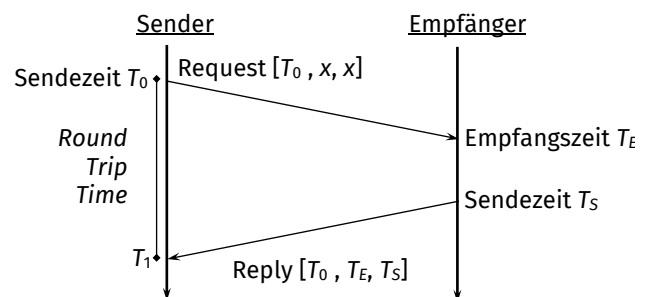
### (*echo request/echo reply*):

- Überprüfung der Aktivität von Kommunikationssystemen:
  - Echo-Antwort auf Echo-Anfrage

## Zeitstempel und Zeitstempelantwort

### (*timestamp request/timestamp reply*):

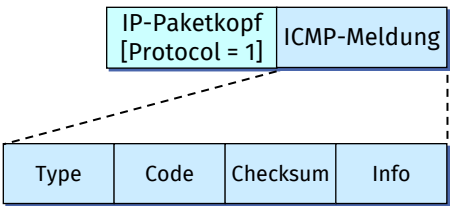
- Bestimmung von Paketumlaufzeiten:
  - Antwort mit mehreren Feldern zur Aufnahme von Zeitstempeln für Empfangs- und Sendezeit



# ICMP: Paketformat

## Übertragung der ICMP-Meldungen

- im Datenteil von IP-Paketen
- „Protocol“-Feld = 1



## Format der ICMP-Meldungen

- **Type**: Typ der Meldung (z. B. Type = 3: „Zieladresse nicht erreichbar“)
- **Code**: Genaue Beschreibung der Meldung (z. B. „Netzwerk nicht erreichbar“)
- **Checksum**: Prüfsumme über die gesamte ICMP-Meldung
- **Info**: abhängig vom Typ der ICMP-Meldung (z. B. Felder für Zeitstempel bei Meldung „Zeitstempel und Zeitstempelantwort“)

# ICMP: Routenverfolgung mittels „traceroute“

Routenverfolgung zu [www.ietf.org](http://www.ietf.org) [4.17.168.6] über maximal 30 Abschnitte:

1	<10 ms	<10 ms	<10 ms	141.24.95.253
2	<10 ms	<10 ms	<10 ms	golden-gate.rz.tu-ilmenau.de [141.24.189.235]
3	<10 ms	<10 ms	<10 ms	ar-ilmenau1.g-win.dfn.de [188.1.35.193]
4	<10 ms	<10 ms	<10 ms	cr-leipzig1.g-win.dfn.de [188.1.70.37]
5	<10 ms	10 ms	10 ms	cr-frankfurt1.g-win.dfn.de [188.1.18.97]
6	10 ms	10 ms	<10 ms	so-6-0-0.ar2.FRA2.gblx.net [208.48.23.141]
7	10 ms	10 ms	<10 ms	pos3-0-622M.cr1.FRA2.gblx.net [62.16.32.73]
8	90 ms	90 ms	100 ms	pos5-0-2488M.cr1.BOS1.gblx.net [64.212.165.130]
9	90 ms	100 ms	100 ms	so0-1-0-622m.br1.BOS1.gblx.net [206.132.247.78]
10	90 ms	100 ms	100 ms	208.51.74.62
11	90 ms	90 ms	101 ms	so-3-0-0.bstnma1-nbr1.bbnplanet.net [4.24.4.218]
12	90 ms	90 ms	101 ms	p7-0.cambridge1-nbr1.bbnplanet.net [4.24.6.30]
13	90 ms	90 ms	91 ms	p2-0.cambridge1-cr1.bbnplanet.net [4.1.80.5]
14	100 ms	120 ms	111 ms	s0.foretec.bbnplanet.net [4.1.138.146]
15	110 ms	110 ms	121 ms	4.17.168.6

Ablaufverfolgung beendet.

# Address Resolution Protocol, ARP

[RFC 826]

## Aufgabe:

- Umsetzen der IP-Adresse  $\Rightarrow$  N2H-Adresse (MAC-Adresse)
- Beispiel Rechner „Sioux“:  
IP-Adresse: 129.13.35.73  $\Rightarrow$  Ethernet-Adresse: 08-00-2b-a2-80-dd

## Vorgehensweise:

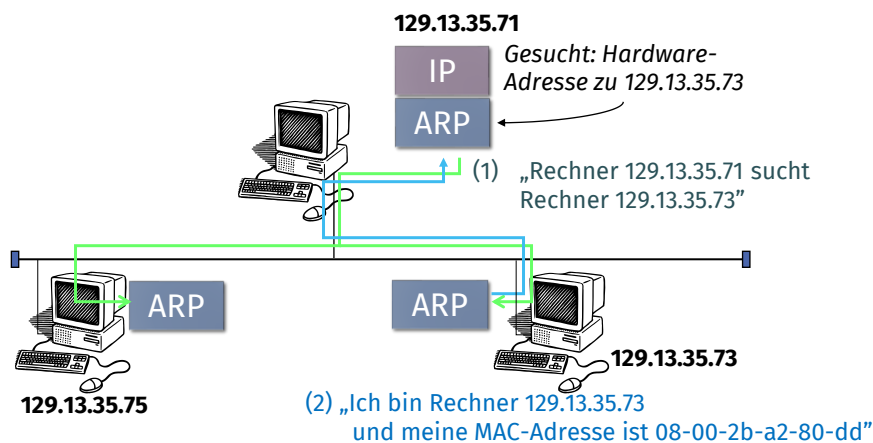
- ARP erhält eine IP-Adresse zur Adressauflösung
- ARP sendet einen Rundruf im lokalen Netz unter Angabe der IP-Adresse
- Alle Stationen am Netz empfangen das Paket, doch nur diejenige, die ihre eigene IP-Adresse erkennt, antwortet
- Die Antwort wird bei der anfragenden Station gespeichert, um ein erneutes Anfragen zu vermeiden
- Dieser Eintrag muss nach einem Zeitintervall wieder gelöscht werden

DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT - 3. HILFSPROTOKOLLE DER INTERNET-SCHICHT

106

106

## ARP: Beispielablauf



DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT - 3. HILFSPROTOKOLLE DER INTERNET-SCHICHT

107

107

# ARP: Paketformat

Übertragung der ARP-Meldung im Datenteil der N2H-Schicht



Format der ARP-Meldungen

Bit 16		Bit 1	
Typ der physikalischen Adresse		z. B. Ethernet	
Protokoll d. Vermittlungsschicht		z. B. IP	
Länge der physik. Adresse	Länge der Verm.schichtadresse	z. B. 6 byte bzw. 4 byte	
Typ der Meldung		z. B. 1 für „Anfrage“	
Adressfelder		z. B. Ethernet-Adr. Sender; IP-Adr. Sender Ethernet-Adr. Empfänger; IP-Adr. Empfänger	

→ Länge und Aufbau der Adressfelder vom Typ der Adressen abhängig

# Reverse Address Resolution Protocol, RARP

[RFC 903]

## Aufgabe:

- Umsetzen MAC-Adresse ⇔ IP-Adresse.
- Wichtig für plattenlose Workstations, die von einem Dateiserver booten: IP-Adresse zum Herunterladen des Betriebssystems notwendig, aber beim Booten unbekannt
- Randbedingung: Nur ein Betriebssystem für alle plattenlosen Workstations auf Dateiserver

## Vorgehensweise:

- Rundruf ins lokale Netz unter Angabe der eigenen MAC-Adresse, die durch die Hardware vorgegeben ist
- Bestimmung der zugehörigen IP-Adresse durch RARP-Server anhand einer Konfigurationsdatei
- Antwort mit gewählter IP-Adresse vom RARP-Server an die anfragende Station

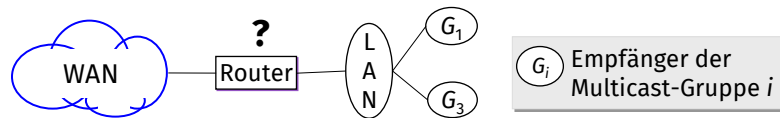
# Internet Group Management Protocol, IGMP

[RFC 3376]

## Problem:

- Bestimmung der Routerausgänge für eine Multicast-Nachricht

## Beispiel:



- Weiterleitung von Nachrichten der Gruppen 1 und 3 in das angeschlossene LAN
- Ignorieren anderer Nachrichten

## Lösung:

- Manuelle Eingabe von Gruppenzugehörigkeiten in der Routerkonfiguration  
→ hoher Verwaltungsaufwand bei dynamischen Gruppen
- Selbstständiges Erlernen der Gruppenzugehörigkeiten durch den Austausch entsprechender Information  
→ Internet Group Management Protocol

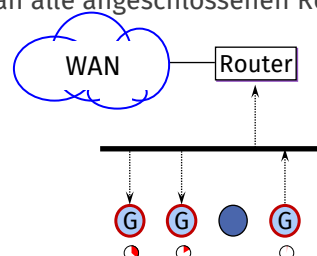
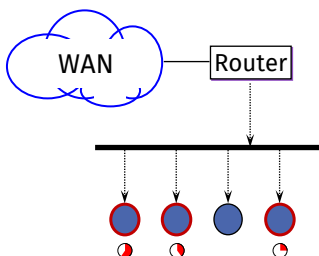
DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT - 3. HILFSPROTOKOLLE DER INTERNET-SCHICHT

110

110

## IGMP: Protokollablauf I

- Router → alle Rechner im LAN:  
*Gruppenzugehörigkeitsanfrage*
  - Broadcast
  - Time To Live*, TTL = 1
- Start des Timers bei jedem Gruppenmitglied:
  - zufällige Initialisierung
- Timer läuft ab → *Gruppenzugehörigkeitsantwort*
  - Multicast an Gruppenadresse
  - Time To Live*, TTL = 1
  - auch an alle angeschlossenen Router



DIE INTERNET-PROTOKOLLWELT - 3. HILFSPROTOKOLLE DER INTERNET-SCHICHT

111

111

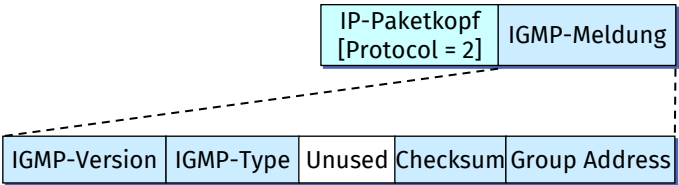
# IGMP: Protokollablauf II

- 4. Andere Gruppenmitglieder erhalten Antwort
  - Stoppen des eigenen Timers
  - Vermeidung redundanter Antworten
- 5. Aktualisierung der Routingtabelle beim Router
  - Trotz mehrmaliger Anfrage keine Antwort bzgl. einer bestimmten Gruppe
  - Löschen des Eintrags
- ➔ Bei Beitrittswunsch sendet ein Rechner sofort eine entsprechende Mitteilung an alle Router im LAN
  - Wiederholung der Nachricht aus Gründen der Fehlertoleranz

# IGMP: Paketformat

## Übertragung der IGMP-Meldungen

- im Datenteil von IP-Paketen
- „Protocol“-Feld = 2



## Format der IGMP-Meldungen

- *IGMP-Version*: Versionsnummer des eingesetzten IGMP-Protokolls
- *IGMP-Type*: Typ der Meldung (z. B. 1 = Anfrage, 0 = Antwort)
- *Unused*: nicht genutzt (immer zu 0 gesetzt)
- *Checksum*: Prüfsumme über die gesamte IGMP-Meldung
- *Group Address*: Wird bei einer Anfrage auf 0 gesetzt, bei einer Antwort enthält das Feld die Adresse derjenigen Gruppe, auf welche sich die Meldung bezieht



# Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP

[RFC 2131, RFC 3315]

## Anwendung:

- Vereinfachung der Installation und Verwaltung von vernetzten Rechnern
- liefert Rechnern notwendige Informationen über IP-Adresse, DNS-Server-Adresse, Domain-Namen, Subnetz-Masken, Router etc.
- damit weitgehend automatische Integration eines Rechners in das Internet bzw. Intranet
- benutzt User Datagram Protocol

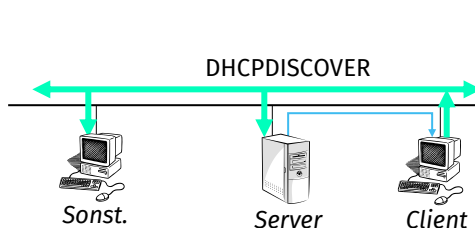
## Client/Server-Modell:

- Anfrage eines Clients via MAC-Broadcast an einen eventuell unbekannten DHCP-Server (unter Umständen über ein DHCP-Relay)
- Antwort des Servers mit angeforderter Konfiguration per Unicast

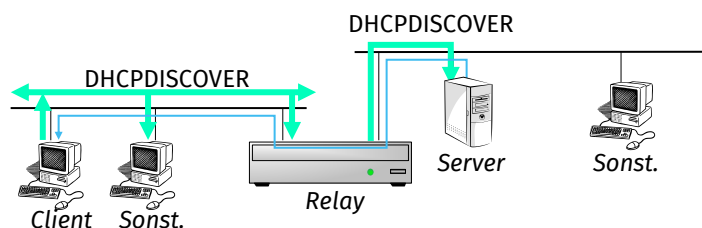
114

## DHCP: Ablauf

### 1. Server ist direkt erreichbar



### 2. Server ist nicht direkt erreichbar



115

# Point-to-Point Protocol, PPP

[RFC 1661]

Zwischen den Routern im Internet-Backbone oder für DSL-Anschluss:  
Punkt-zu-Punkt-Verbindung

- Vorgänger *Serial Line IP*, SLIP (RFC 1055):
  - keine Fehlererkennung
  - unterstützt nur IP
  - keine dynamische Adresszuweisung, keine Authentifikation
- *Point-to-Point Protocol*, PPP (RFC 1661 – 1663):
  - Schicht-2-Rahmenformat mit Fehlererkennung, Rahmenbegrenzung
  - Steuerprotokoll (*Link Control Protocol*, LCP) zum Verbindungsaufbau, Verbindungstest, Verbindungsverhandlung, Verbindungsabbau
  - Möglichkeiten zur Verhandlung von Schicht-3-Optionen unabhängig vom Schicht-3-Protokoll
  - separates *Network Control Protocol*, NCP, für alle unterstützten Protokolle auf der Vermittlungsschicht

## PPP: Paketformat

Paketformat an *High-Level Data Link Control*, HDLC angelehnt

1	1	1	1 oder 2	variabel	2 oder 4	1	byte
Flag	Address	Control	Protocol	Payload	Check-sum	Flag	
01111110	11111111	00000011				01111110	

- zeichenorientiert (anstatt bitorientiert), also auch Zeichenstopfen
- typischerweise werden nur *unnumbered Frames* übertragen
- bei hohen Fehlerraten (Mobilkommunikation) kann der zuverlässigere Modus mit Sequenznummern und Bestätigungen gewählt werden
- als Protokolle im Nutzlast-Feld sind u.a. IP, AppleTalk, IPX definiert
- falls nicht anderweitig verhandelt, ist die maximale Länge der Nutzlast auf 1.500 byte begrenzt
- durch zusätzliche Verhandlung kann der Paketkopf verkleinert werden

# Zusammenfassung

---

Die Vermittlungsschicht im Internet ist nicht nur IP

Aufgaben, die von anderen Protokollen übernommen werden, sind

- Fehlermeldung
- Adressabbildung
- Rechnerkonfiguration
- Verwaltung von Gruppenmitgliedern

# Literatur

---

COMER, Douglas E. (2000): *Computernetzwerke und Internets*. München: Pearson Studium.

COMER, Douglas E. (2011): *TCP/IP - Studienausgabe. Konzepte, Protokolle, Architekturen*. Heidelberg: mitp.

KRÜGER, Gerhard; Reschke, Dietrich (2004): *Lehr- und Übungsbuch Telematik. Netze - Dienste - Protokolle*. 3., aktualisierte Auflage. München, Wien: Fachbuchverlag Leipzig im Carl-Hanser-Verlag.

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 (It Informatik).

# Requests for Comments

POSTEL, Jon (1981): *Internet Control Message Protocol*. DARPA Internet Program Protocol Specification. Internet Engineering Task Force (IETF) (Request for Comments, 791).

PLUMMER, David C. (1982): *Ethernet Address Resolution Protocol or Converting Network Protocol Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware*. Internet Engineering Task Force (IETF) (Request for Comments, 826).

FINLAYSON, Rose; MANN, Timothy; MOGUL, Jeffrey C.; THEIMER, Marvin (1984): *A Reverse Address Resolution Protocol*. Internet Engineering Task Force (IETF) (Request for Comments, 903).

SIMPSON, William Allen (1994): *The Point-to-Point Protocol (PPP)*. Internet Engineering Task Force (IETF) (Request for Comments, 1661).

DROMS, Ralph (1997): *Dynamic Host Configuration Protocol*. Internet Engineering Task Force (IETF) (Request for Comments, 2131).

DROMS, Ralph; BOUND, Jim; VOLZ, Bernie; LEMON, Ted; Perkins, Charles E.; CARNEY, Mike (2003): *Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)*. Internet Engineering Task Force (IETF) (Request for Comments, 3315).

CAIN, Brad; DEERING, Steve; KOUVELAS, Iddor; FENNER, Bill; THYAGARAJAN, Ajit (2002): *Internet Group Management Protocol, Version 3*. Internet Engineering Task Force (IETF) (Request for Comments, 3376).

CONTA, Alex; DEERING, Stephen; GUPTA, Mukesh (2006): *Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification*. Internet Engineering Task Force (IETF) (Request for Comments, 4443).