
Rechnernetze I

SoSe 2025

Roland Wismüller
Universität Siegen
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 14. April 2025

Rechnernetze I

SoSe 2025

1 Einführung



Inhalt

- ➔ Motivation
- ➔ Verbindungsstrukturen
- ➔ Anforderungen an Netze
- ➔ Leistungsparameter

- ➔ Peterson, Kap. 1.2
- ➔ CCNA, Kap. 1

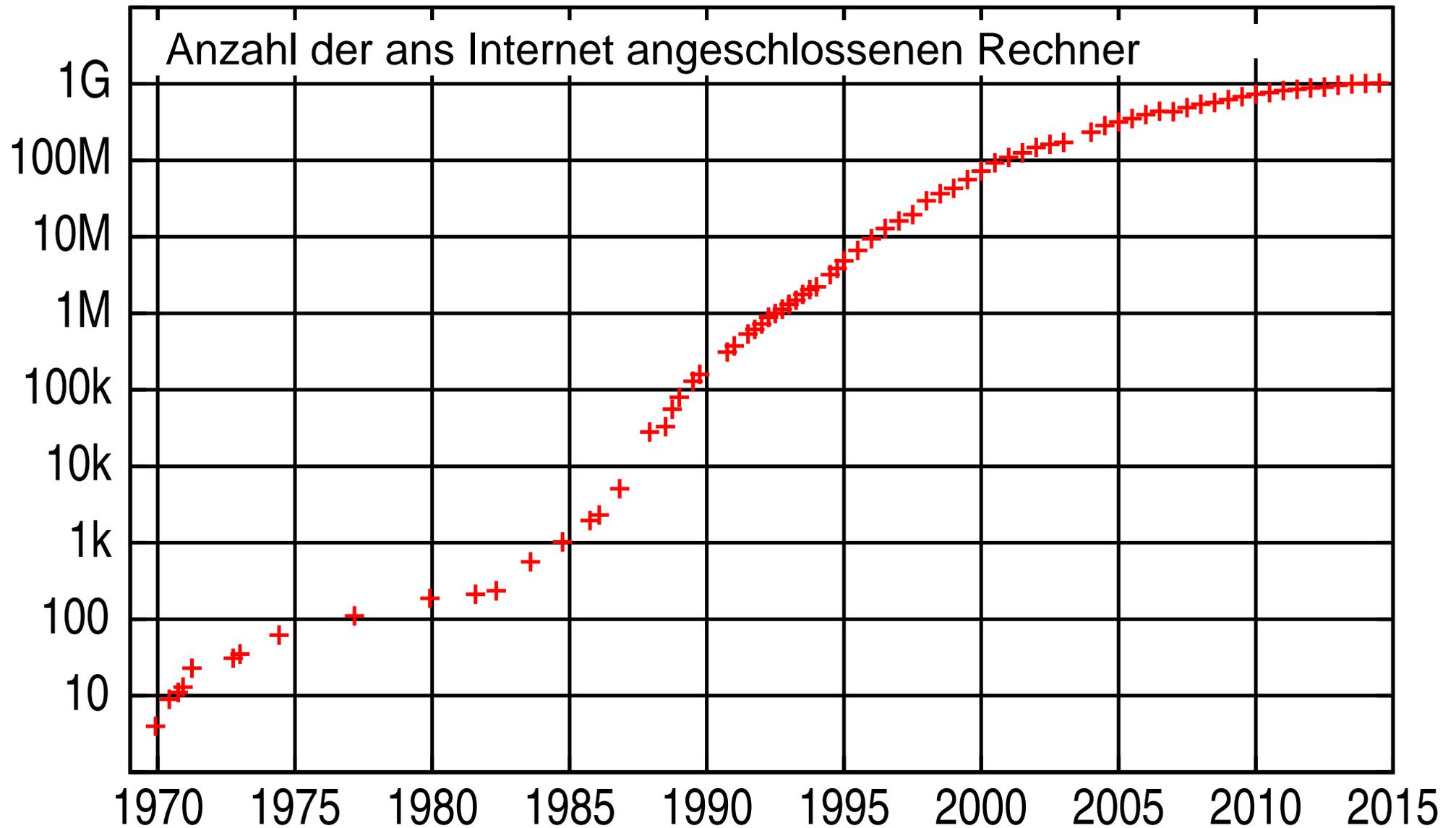


The Network is the Computer

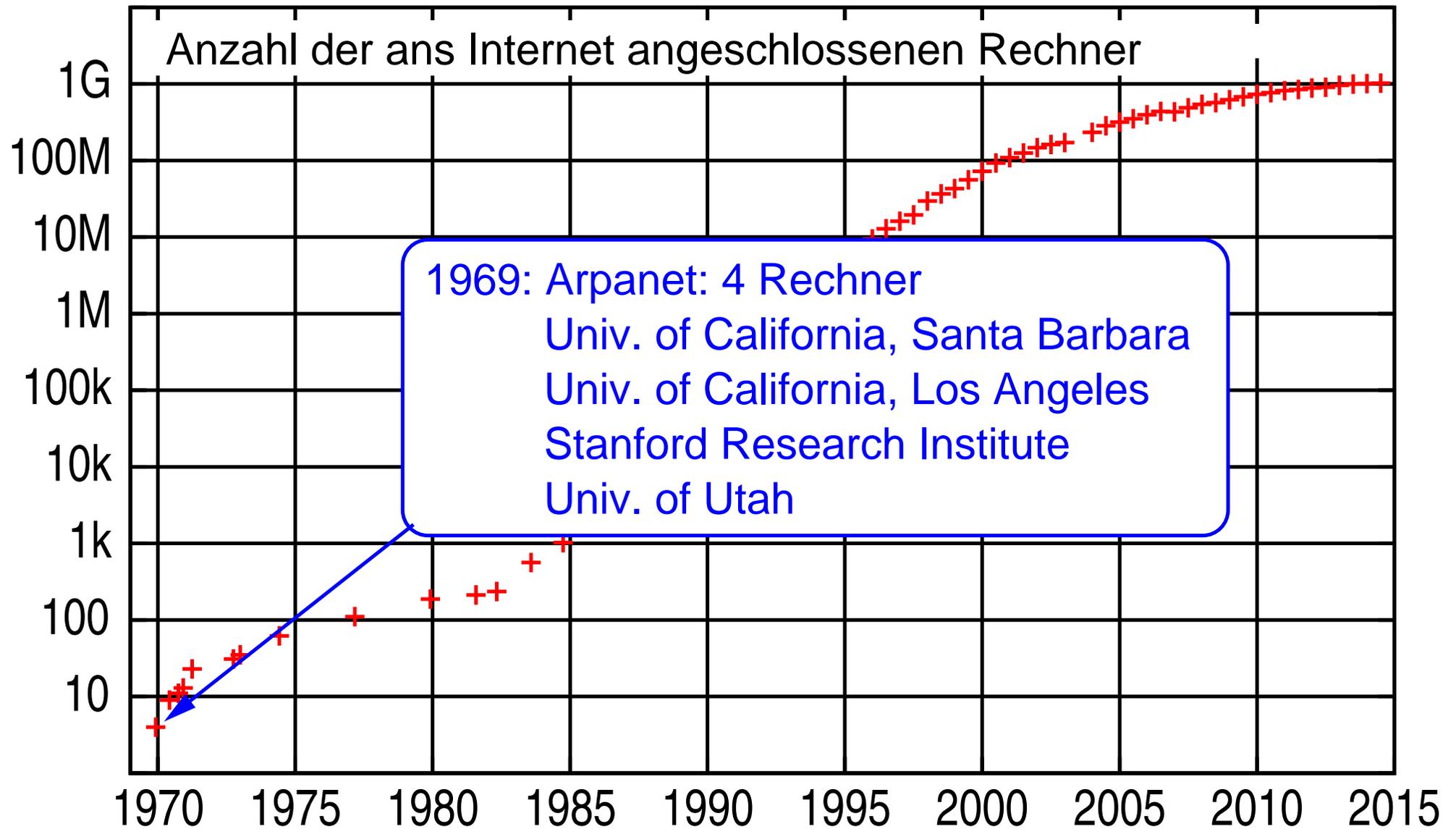
- ➔ Vernetzungsaspekt wird zunehmend wichtiger als lokale Datenverarbeitung
- ➔ Boom im Bereich der Vernetzung / Netzwerktechnik
 - ➔ ausgelöst durch WWW / Internet



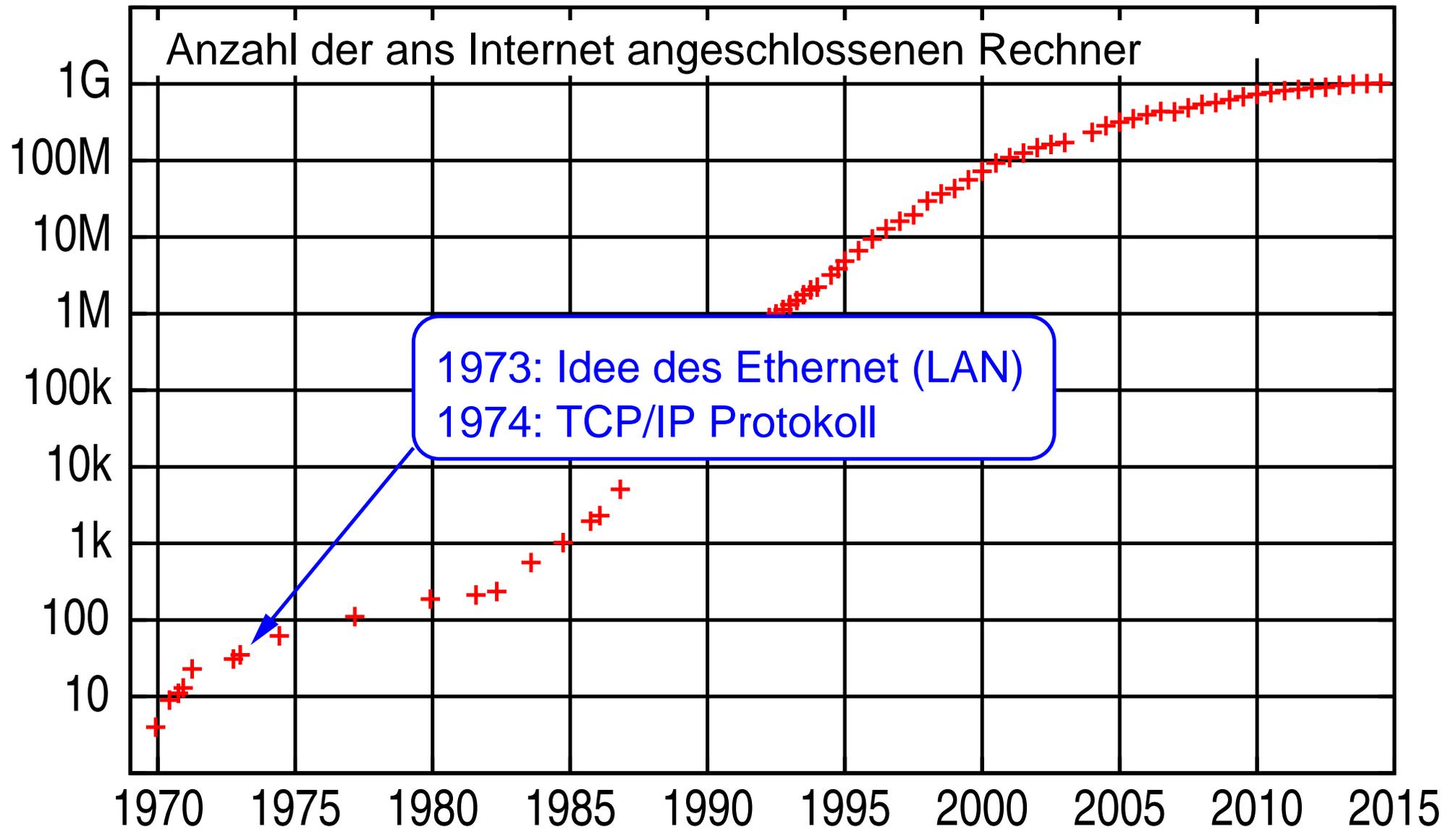
Entwicklung des Internet



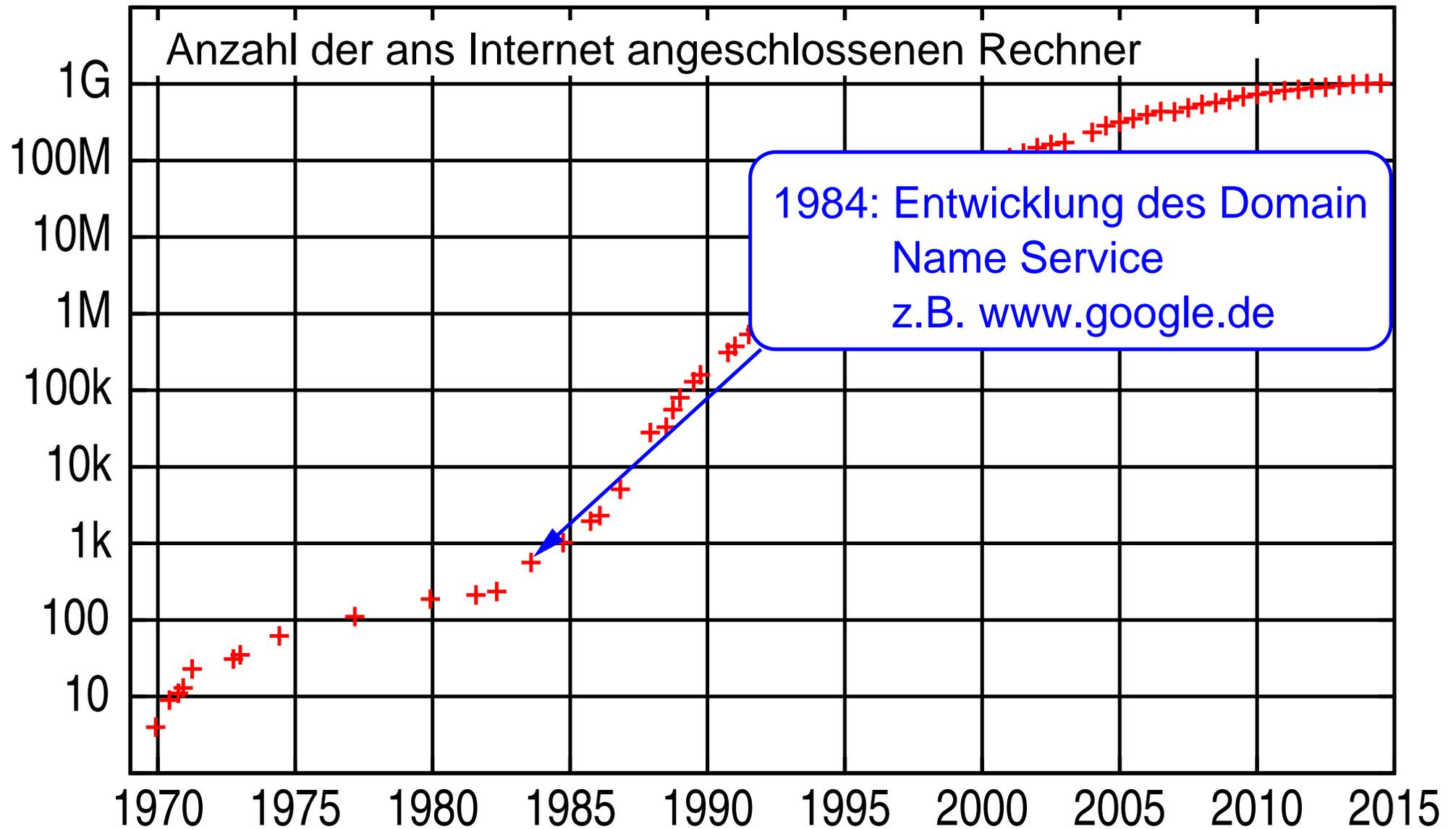
Entwicklung des Internet



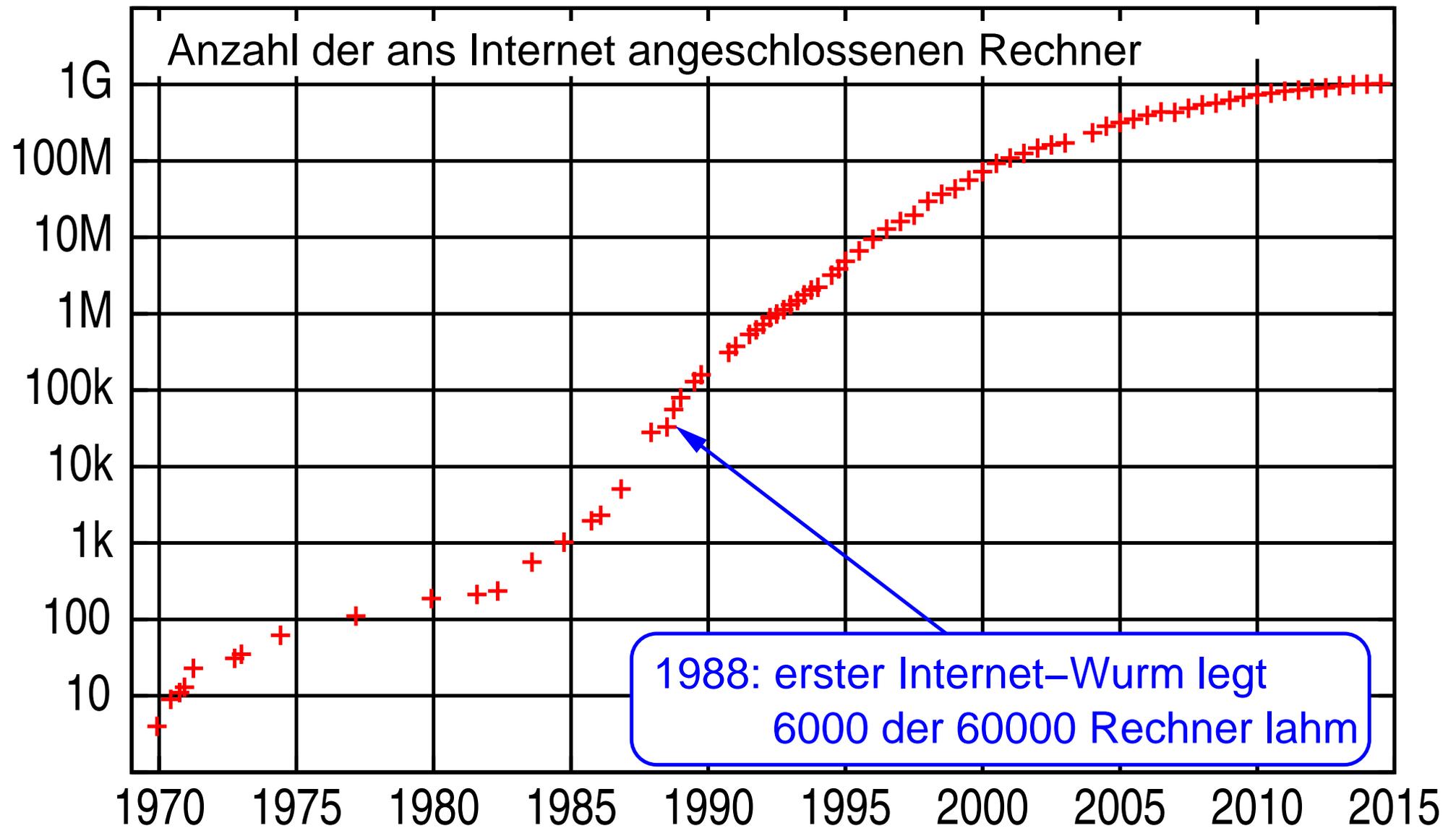
Entwicklung des Internet



Entwicklung des Internet

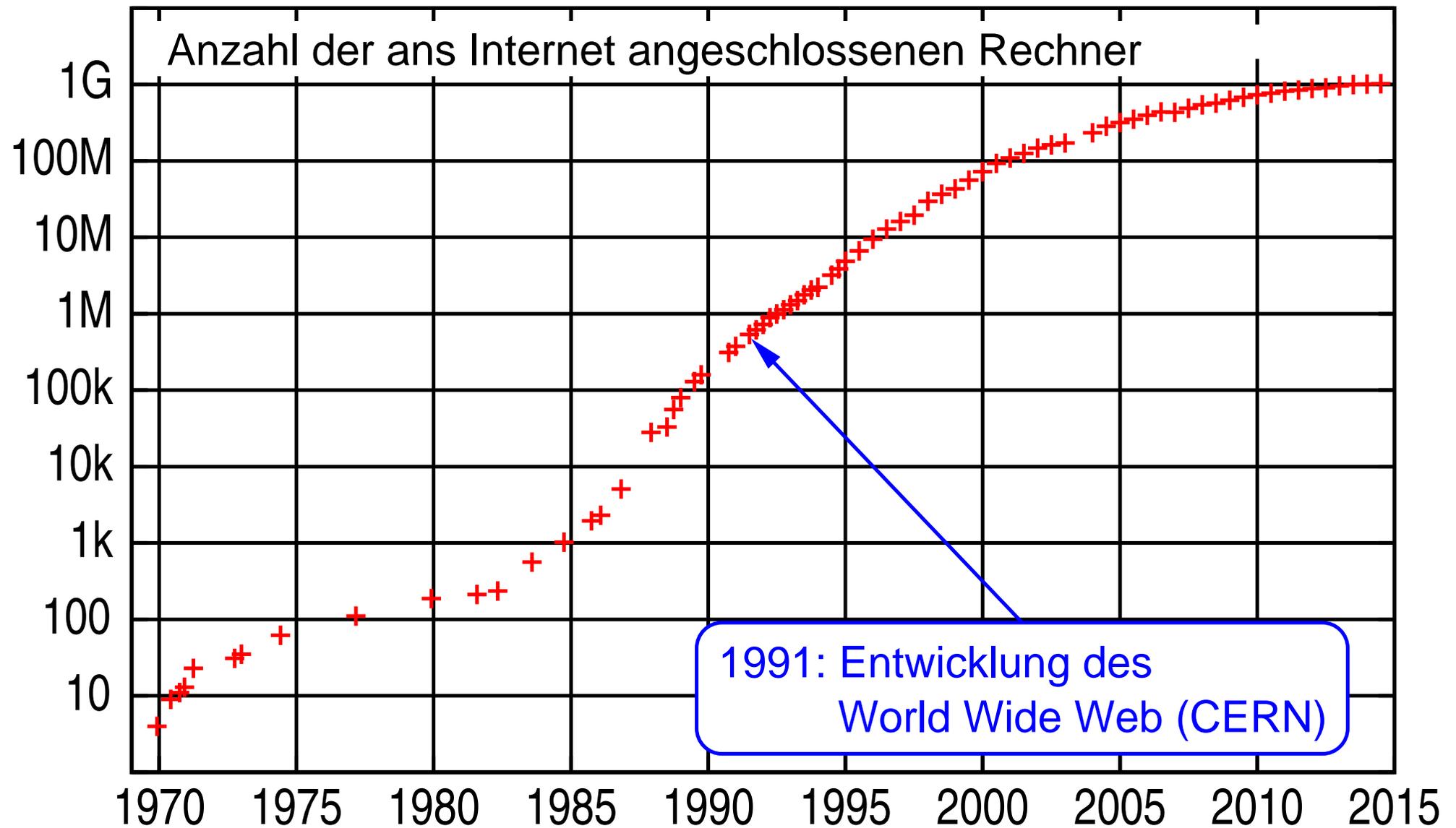


Entwicklung des Internet





Entwicklung des Internet

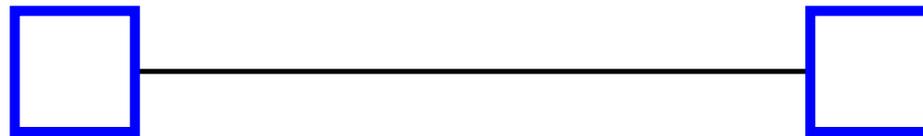


Grundelemente eines Rechnernetzes

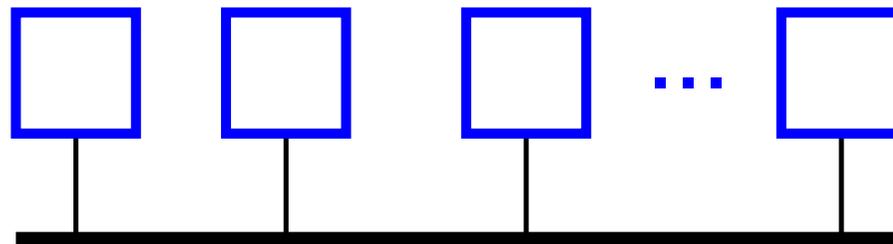
- ➔ **Knoten:** Endgeräte (Rechner, Host), Vermittlungsknoten (Switch, Router, ...)
- ➔ **Verbindungen** („Leitung“): Kabel, Glasfaser, Funk, ...

Verbindungsstrukturen

- ➔ **Punkt-zu-Punkt Verbindung:**



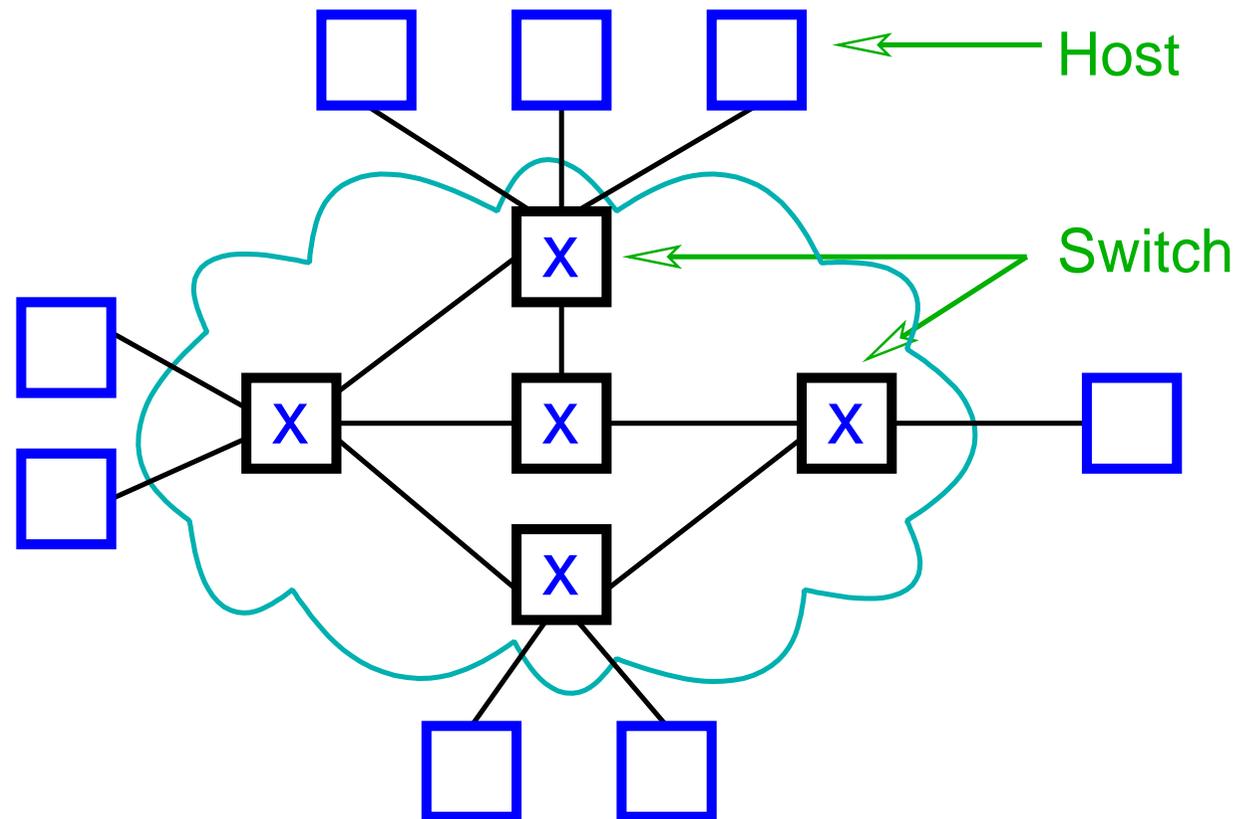
- ➔ **Mehrfachzugriffsverbindung (Bus):**



Verbindungsstrukturen ...

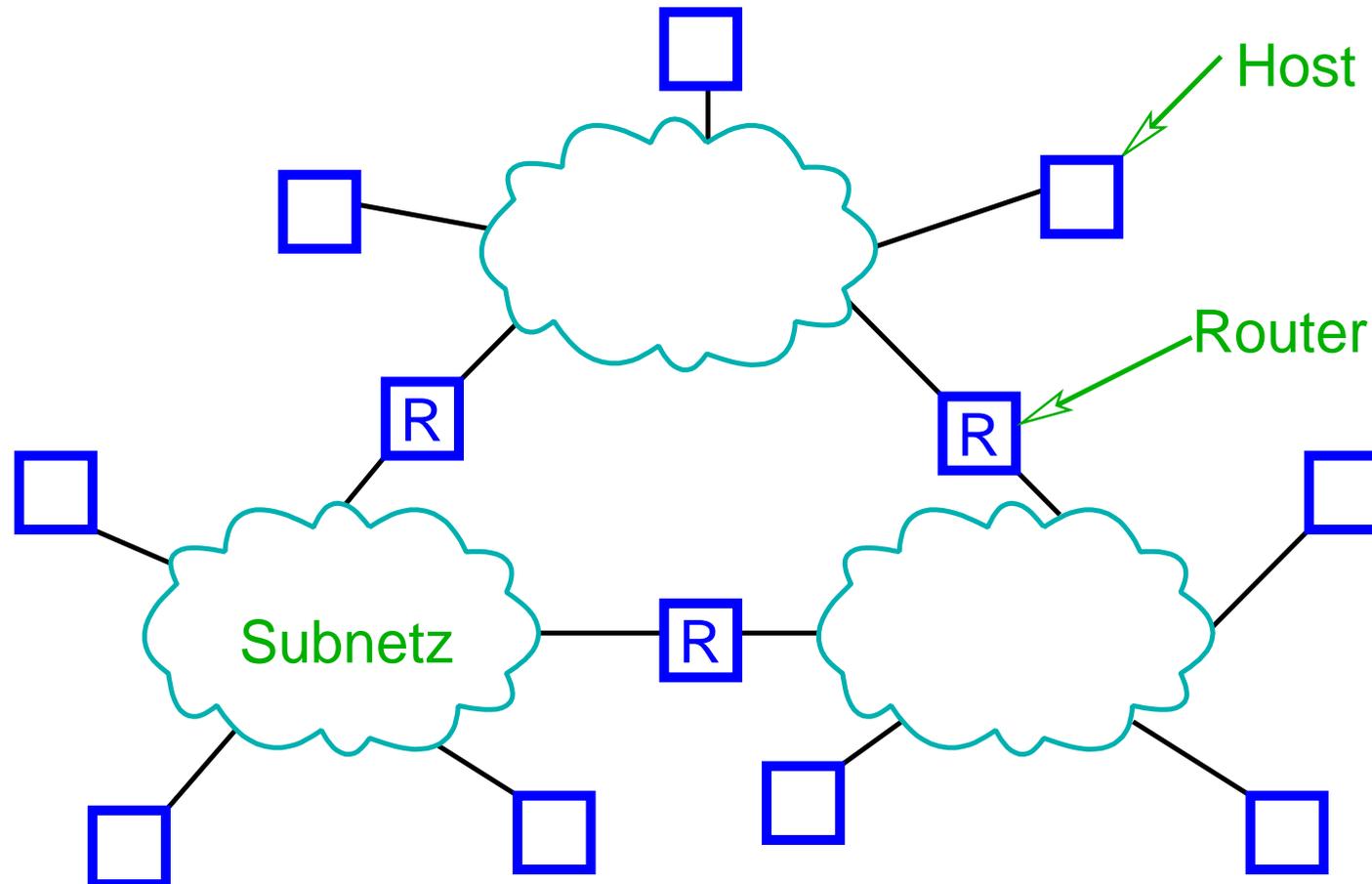
➔ Vermitteltes Netzwerk

➔ Punkt-zu-Punkt Verbindungen mit Vermittlungsknoten (Switch)



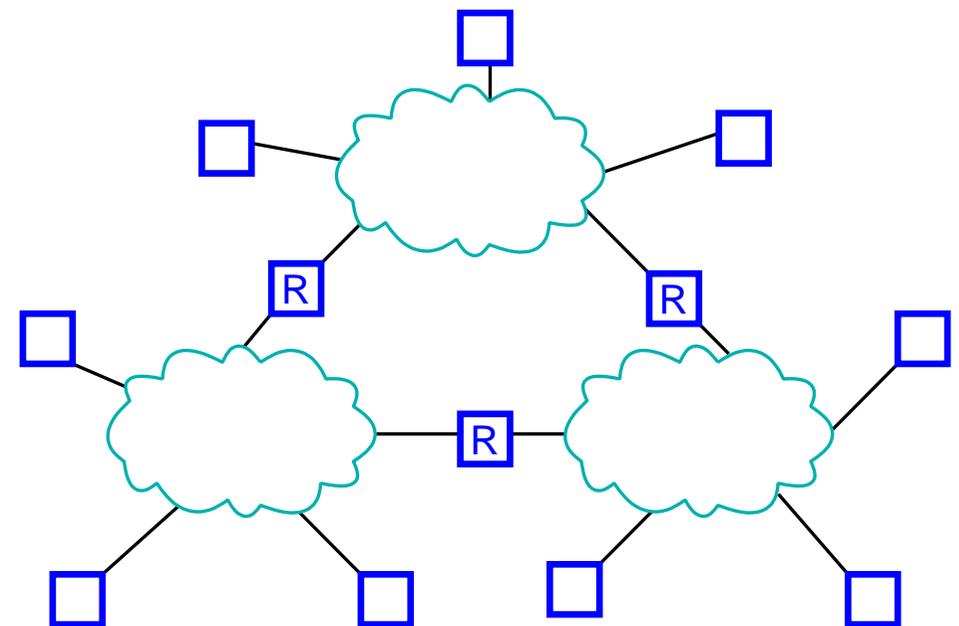
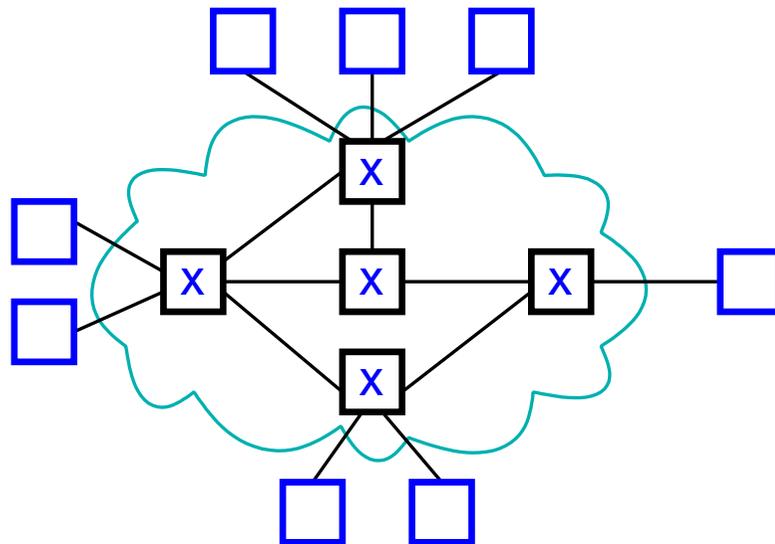
Verbindungsstrukturen ...

- ➔ **Zusammenschluß mehrere Netze (Internetwork)**
 - ➔ Kopplung mehrerer Subnetze durch Knoten (Router)



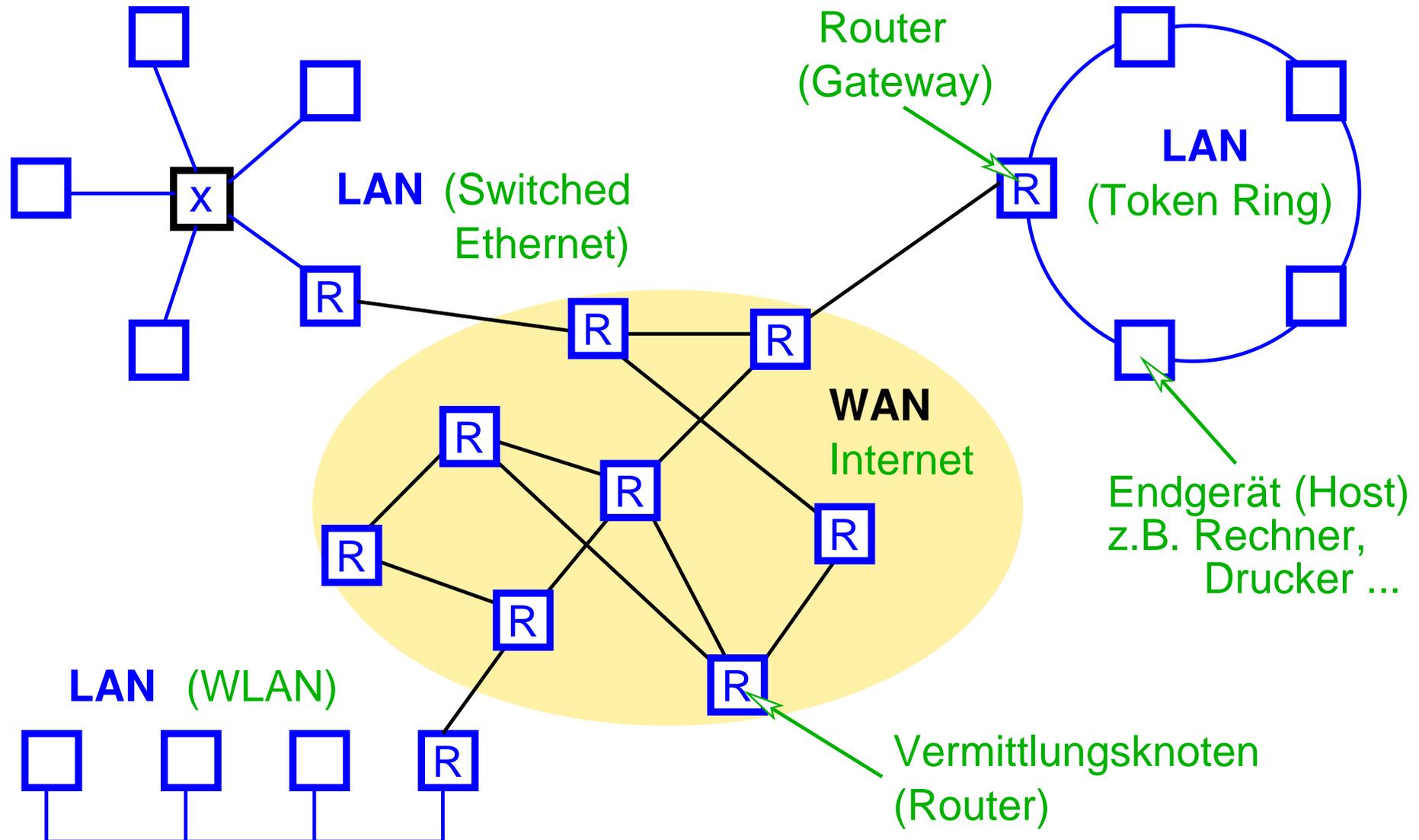
Allgemeine Struktur eines Netzwerks

- ➔ Ein Netzwerk besteht aus
 - ➔ mehreren Knoten, verbunden durch eine Leitungoder
 - ➔ mehreren Netzwerken, verbunden durch ein oder mehrere Knoten





Beispiel für ein Netzwerk



Klassifikation nach geographischer Ausdehnung

➔ **SAN**: *System Area Network*

➔ Hochgeschwindigkeitsnetz, innerhalb eines Raums

➔ **LAN**: *Local Area Network*

➔ ≤ 1 km, innerhalb eines Gebäudekomplexes, z.B. Ethernet

➔ **MAN**: *Metropolitan Area Network*

➔ ≤ 10 km, innerhalb einer Stadt

➔ **WAN**: *Wide Area Network*

➔ länder-bzw. weltumspannend, z.B. Internet

➔ Einsatz jeweils unterschiedlicher Technologien



Wichtige Begriffe / Aufgaben

➔ Adressierung

- ➔ physische Adresse: identifiziert Host* weltweit eindeutig, keine Information über das Netz des Hosts*
- ➔ logische Adresse: identifiziert Netz und Host* in diesem Netz
- ➔ Verwendung numerischer Adressen * genauer: Netzwerkkarte

➔ Anzahl der Empfänger

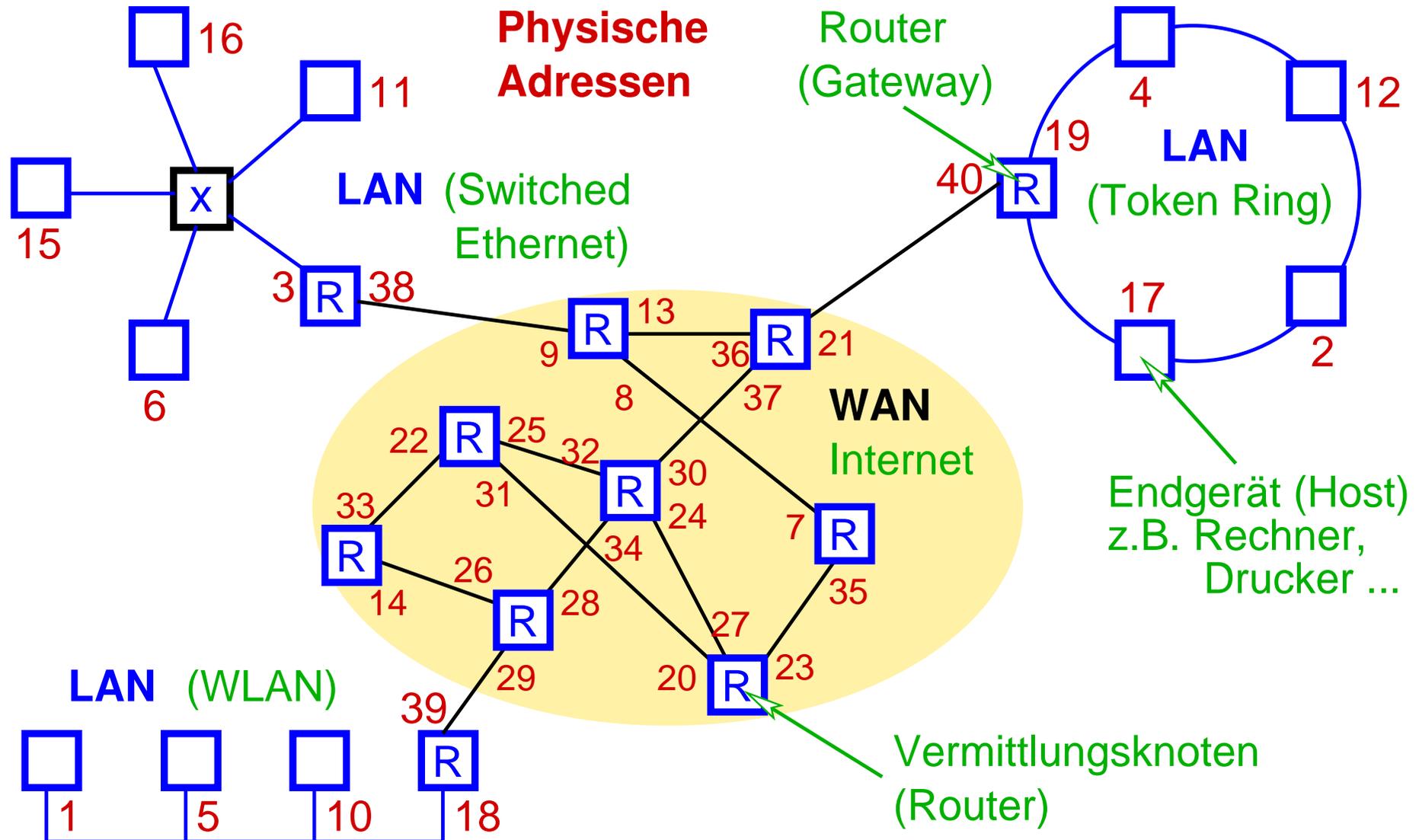
- ➔ **Unicast**: genau einer
- ➔ **Broadcast**: alle
- ➔ **Multicast**: mehrere bestimmte

➔ Routing / Forwarding (Vermittlung / Weiterleitung)

- ➔ Weiterleitung der Daten zum Empfänger durch Zwischenknoten

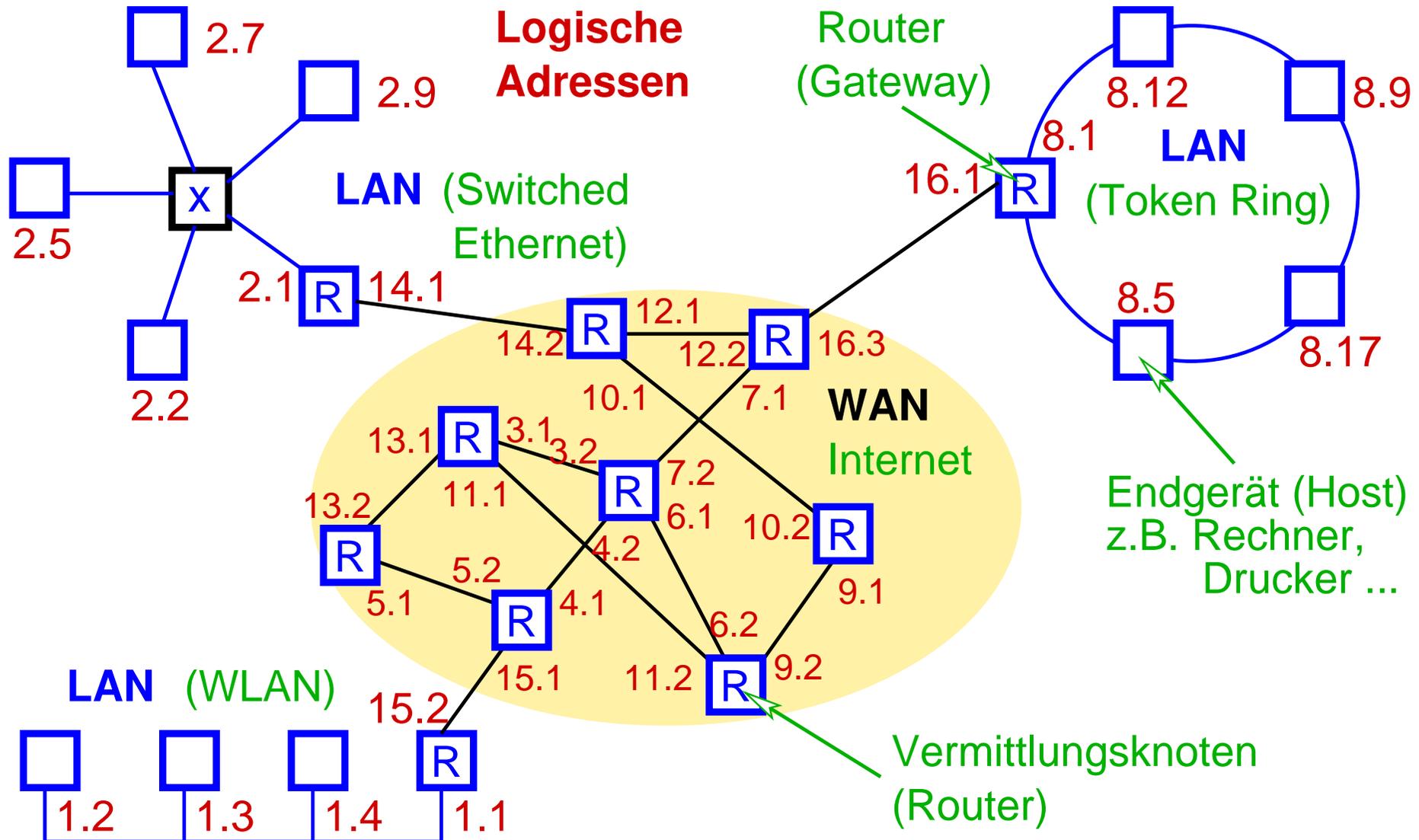


Beispiel für ein Netzwerk





Beispiel für ein Netzwerk





- ➔ Ziel: Nutzung einer Verbindungsleitung für mehrere (unabhängige) Kommunikationsbeziehungen
- ➔ **Frequenzmultiplex**
 - ➔ Nutzung verschiedener Frequenzkanäle (z.B. Kabelfernsehen)
 - ➔ Variante: Wellenlängenmultiplex bei Glasfasern
- ➔ **Synchrones Zeitmultiplex**
 - ➔ Umschaltung zwischen den Kommunikationsbeziehungen in festen Zeitabständen
 - ➔ Vorteil: deterministisches Zeitverhalten (Echtzeit)
- ➔ **Statistisches Multiplexen**
 - ➔ Datenpakete der einzelnen Kommunikationsbeziehungen werden abwechselnd versendet
 - ➔ reihum oder nach Prioritäten (Dienstgüte)

Rechnernetze I

SoSe 2025

14.04.2025

Roland Wismüller
Universität Siegen
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 14. April 2025

➔ **Leitungsvermittlung (*circuit switching*)**

- ➔ für die Kommunikationspartner wird eine dedizierte Verbindung hergestellt

➔ **Speichervermittlung (*store and forward routing*)**

- ➔ Daten werden von einer Vermittlungsstelle zur nächsten weitergegeben und vollständig gepuffert

➔ **Paketvermittlung (*packet switching*)**

- ➔ Daten werden in Pakete zerteilt, Pakete werden unabhängig voneinander befördert
- ➔ typisch für Rechnernetze
- ➔ Varianten: Datagrammvermittlung, virtuelle Leitungsvermittlung (☞ **4.1**)

Leitungsvermittlung

- ➔ Kommunikationspartner sind durch die geschaltete Leitung verbunden
- ➔ Beispiel: früheres Telefonnetz

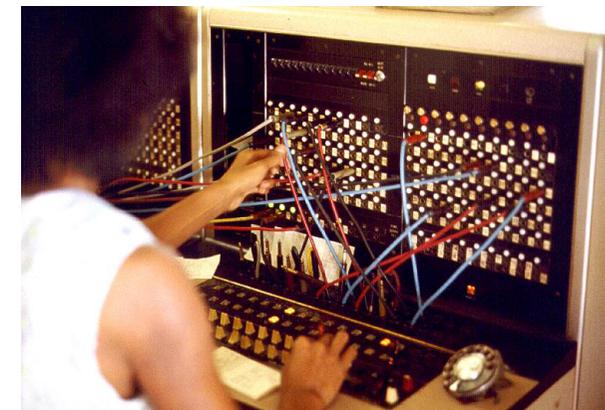
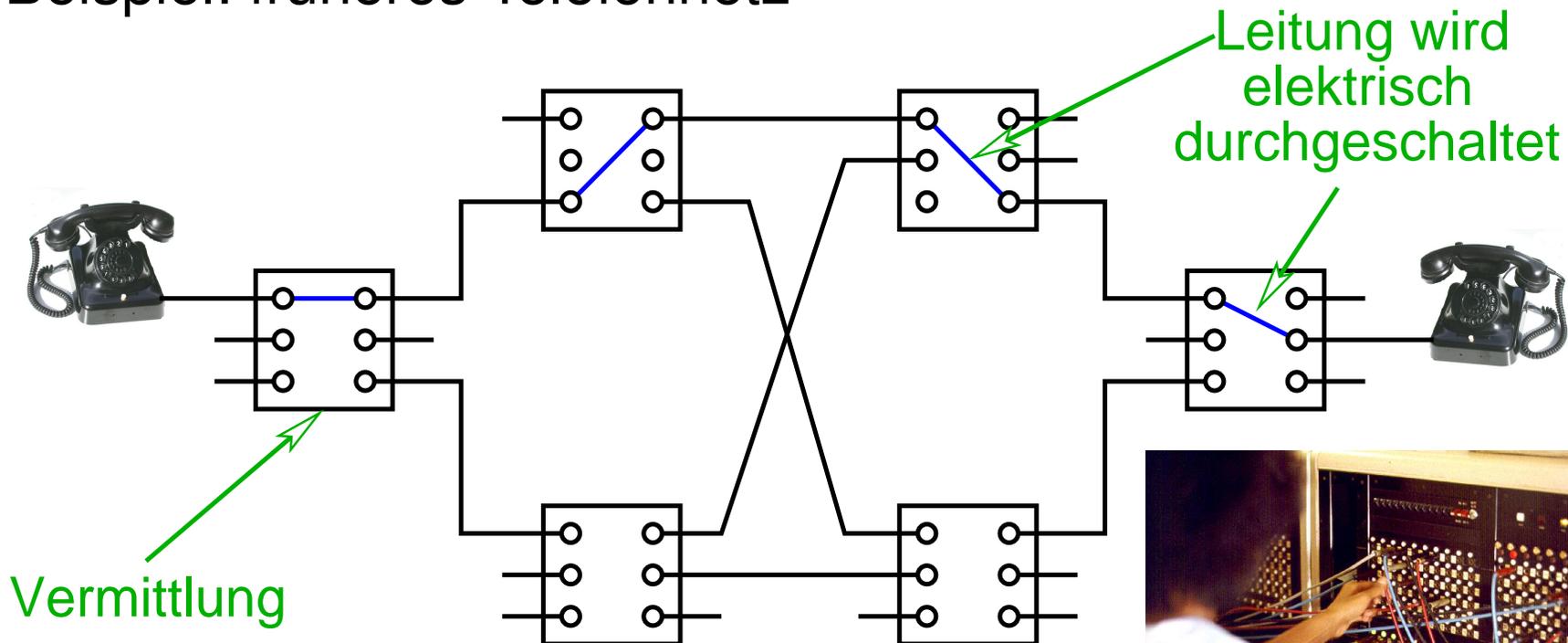
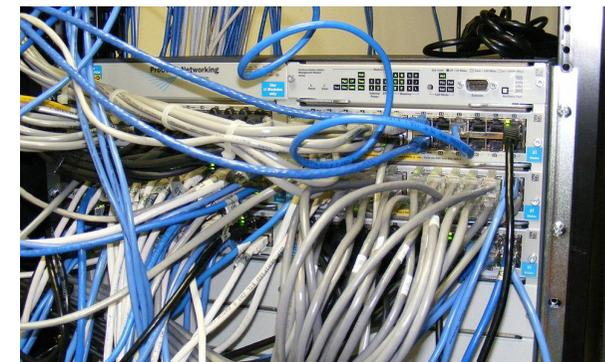
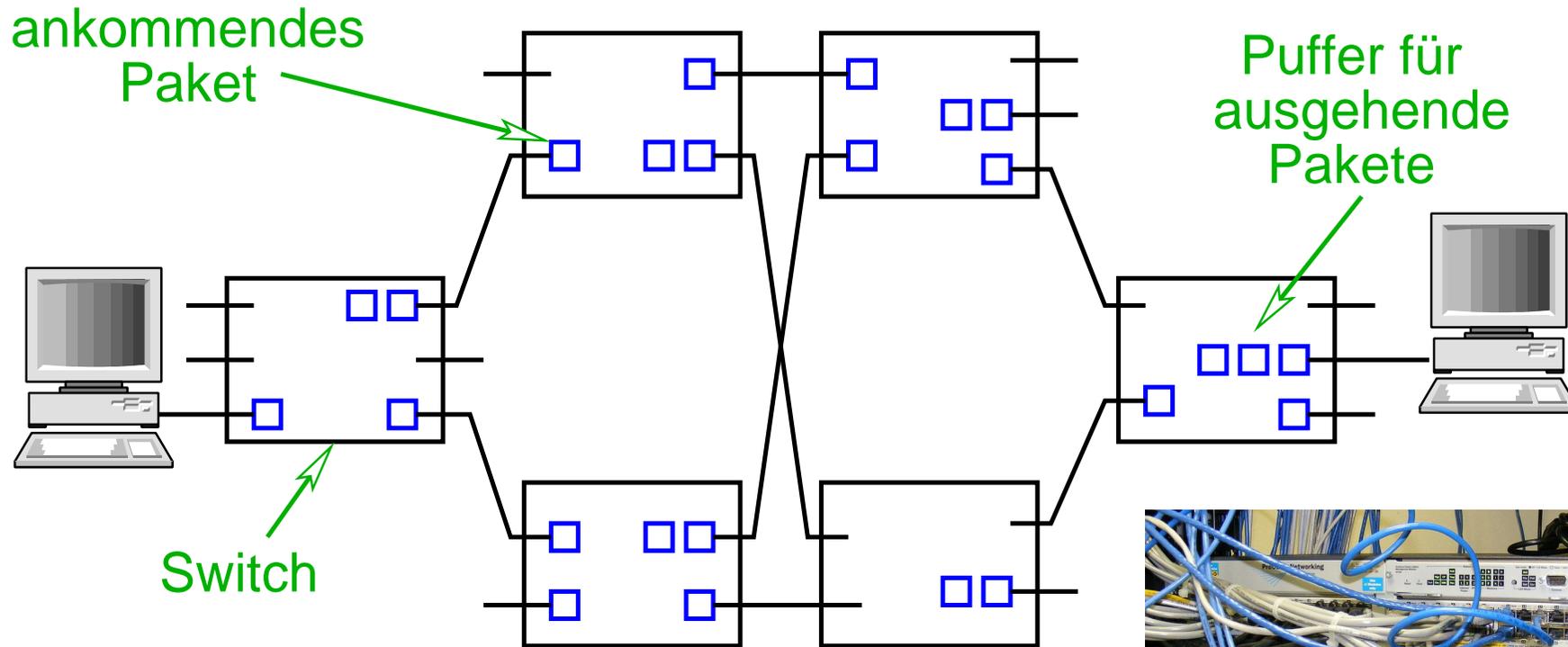


Photo by Joseph A. Carr, 1975

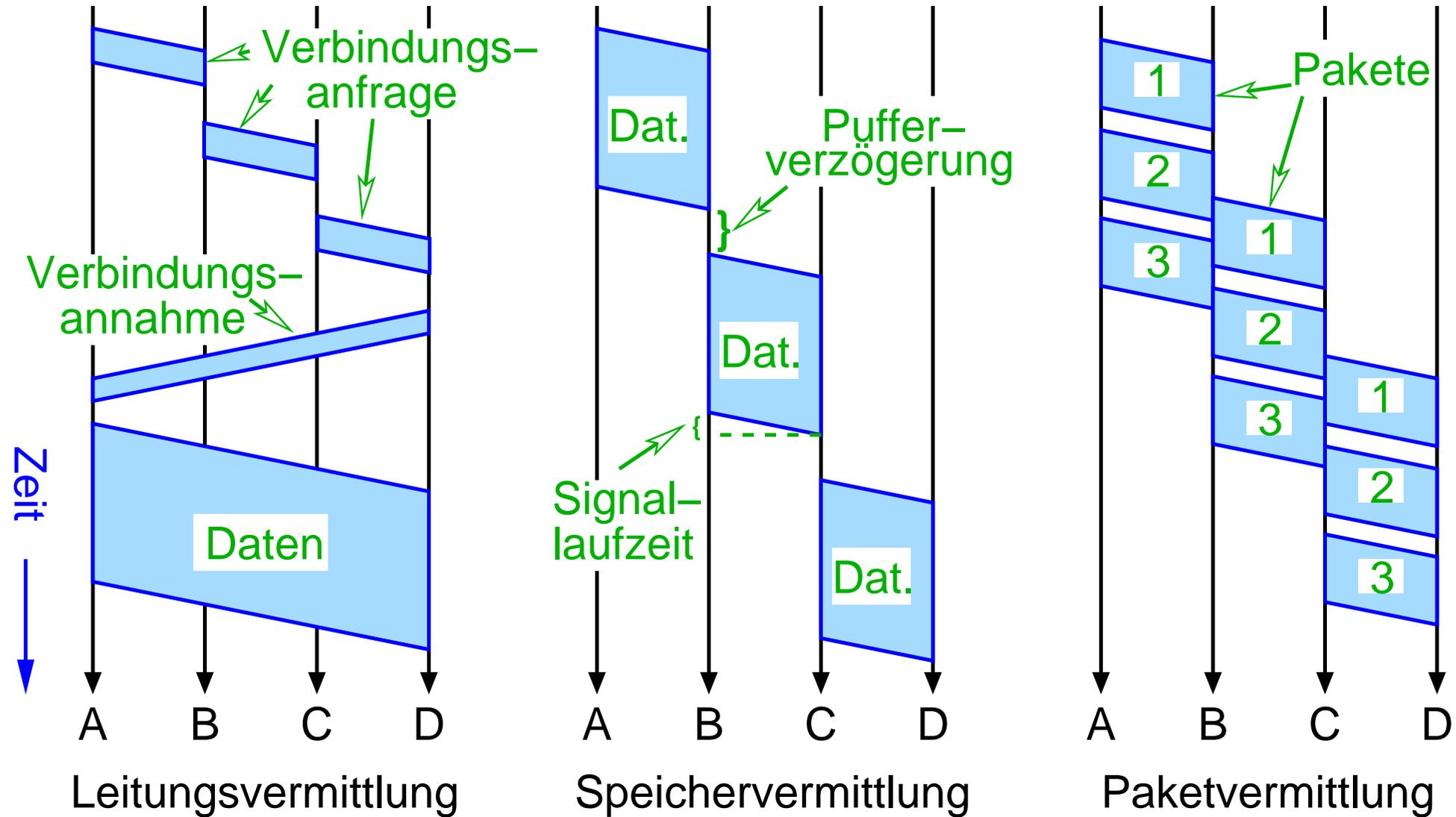
Paketvermittlung

- ➔ Jeder Switch kann eine Anzahl von Paketen puffern
- ➔ Für jedes Paket kann der Weg unabhängig gewählt werden



© Justin Smith / Wikimedia Commons, CC-BY-SA-2.5

Zeitablauf der Datenübertragung





- ➔ Unterstützung gemeinsamer Dienste
 - ➔ Netzwerk stellt Kanäle zwischen **Anwendungen** bereit
- ➔ Zuverlässigkeit
 - ➔ Bitfehler (z.B. durch elektrische Störungen)
 - ➔ Paketverlust (z.B. bei Pufferüberlauf)
 - ➔ Ausfall von Leitungen bzw. Vermittlungsknoten
 - ➔ Garantierte Paketreihenfolge?
- ➔ Sicherheit
 - ➔ Abhören von Daten, Manipulation von Daten, ...
- ➔ Leistung
 - ➔ Übertragungsrate, Latenz, Jitter



➔ Übertragungsrate (Bandbreite)

- ➔ Übertragbares Datenvolumen pro Zeiteinheit
- ➔ Maßeinheit: Bits pro Sekunde (**b/s** bzw. **bps**)
- ➔ Vorsicht bei den Maßeinheiten:
 - ➔ 1 kb/s = 1000 Bits/Sekunde, 1 Mb/s = 1000 kb/s
 - ➔ 1 KiB = 1024 Bytes, 1 MiB = 1024 KiB
(nach NIST: KiB statt KB, MiB statt MB)
- ➔ Unterscheidung:
 - ➔ Übertragungsrate der Leitung
 - ➔ Ende-zu-Ende Übertragungsrate (zw. Anwendungen)

➔ **Durchsatz**: tatsächlich erreichte Übertragungsrate

- ➔ $\text{Durchsatz} = \text{Transfergröße} / \text{Transferzeit}$

➔ Transferzeit

- ➔ Zeit vom Beginn des Absendens einer Nachricht bis zu ihrem vollständigen Empfang

➔ *Round-Trip-Time (RTT)*

- ➔ Zeit, um eine (leere) Nachricht von A nach B und wieder zurück zu schicken

➔ Latenz

- ➔ Transferzeit einer **leeren** Nachricht
- ➔ **Achtung:** der Begriff Latenz wird manchmal auch allgemein als Synonym für Transferzeit verwendet!

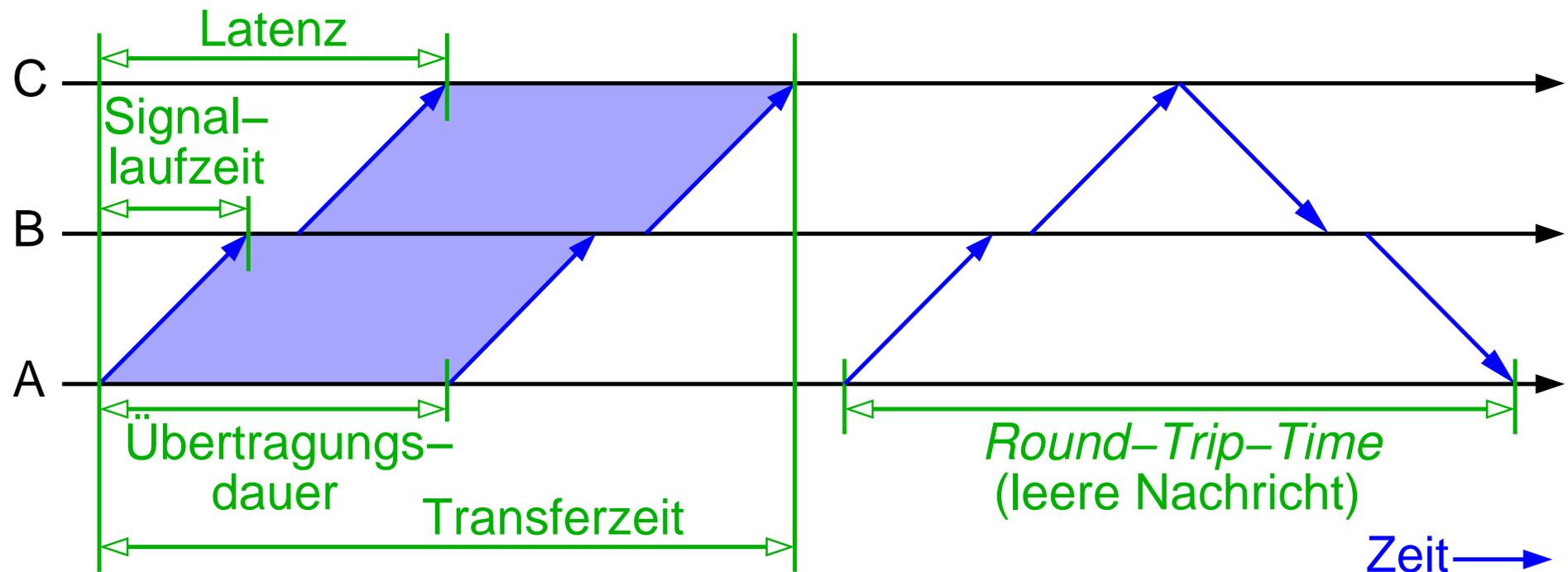
➔ Bestandteile der Transferzeit:

➔ Transferzeit = Signallaufzeit + Übertragungsdauer +
Zeit für Pufferung in (Zwischen-)Knoten

➔ **Signallaufzeit** = Entfernung / Lichtgeschwindigkeit

➔ Lichtgeschwindigkeit im Kupferkabel $\approx 2 \cdot 10^8$ m/s

➔ **Übertragungsdauer** = Nachrichtengröße / Übertragungsrate



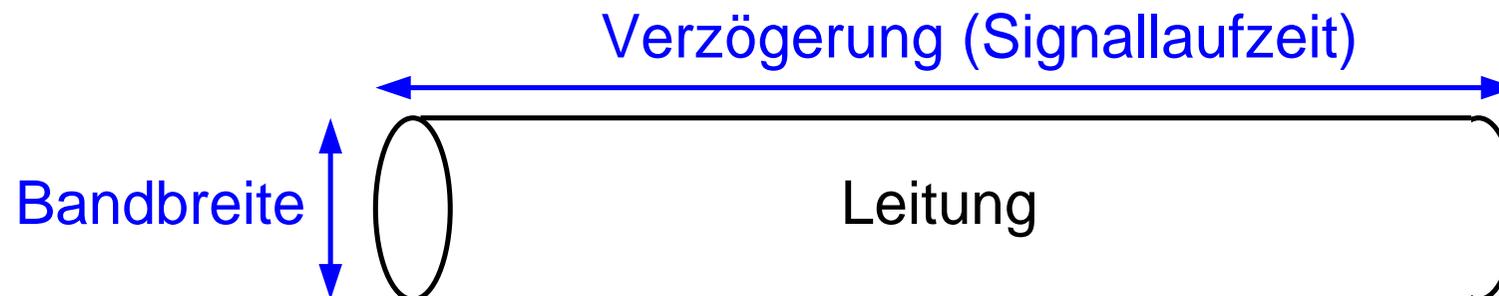
➔ Übertragungsrate vs. Latenz

➔ Kurze Nachrichten: Latenz dominiert

➔ Lange Nachrichten: Übertragungsrate dominiert

➔ **Verzögerungs-Bandbreiten-Produkt**

➔ Gibt an, wieviele Bits sich in Übertragung („in der Leitung“) befinden



➔ Z.B. Transatlantik-Kabel (3,2 Tb/s, Signallaufzeit 50 ms):
 $1,6 \cdot 10^{11}$ Bit \approx 18,6 GiB

➔ Jitter

- ➔ Varianz der Latenz einer Verbindung
- ➔ Verursacht durch Pufferung und Konkurrenz um eine Verbindung
- ➔ Folge: Datenpakete treffen in unregelmäßigen Abständen ein
- ➔ Problem z.B. bei Audio-/Videoübertragung



- ➔ Netz besteht aus Knoten und Verbindungen
 - ➔ Rekursiver Aufbau: Knoten verbinden Subnetze
- ➔ Paketweise Übertragung der Daten
- ➔ Jede Anwendung stellt andere Anforderungen an ein Netzwerk
- ➔ Leistungsparameter: Übertragungsrates und Latenz

Nächste Lektion:

- ➔ Netzwerkkarchitektur: Schichten und Protokolle