

---

# 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

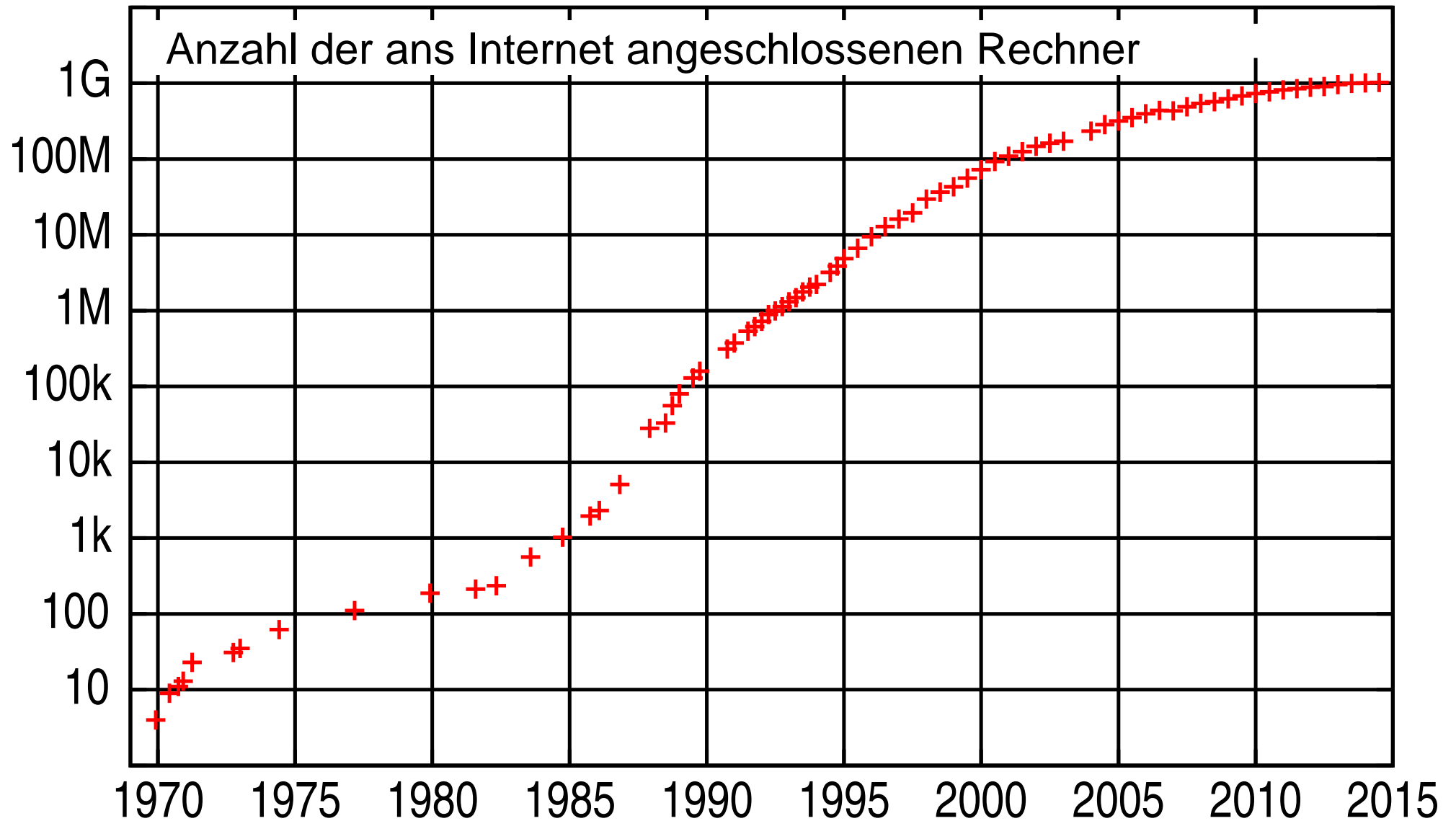
- ➔ Motivation
- ➔ Verbindungsstrukturen
- ➔ Anforderungen an Netze
- ➔ Leistungsparameter
  
- ➔ Peterson, Kap. 1.2
- ➔ CCNA, Kap. 1



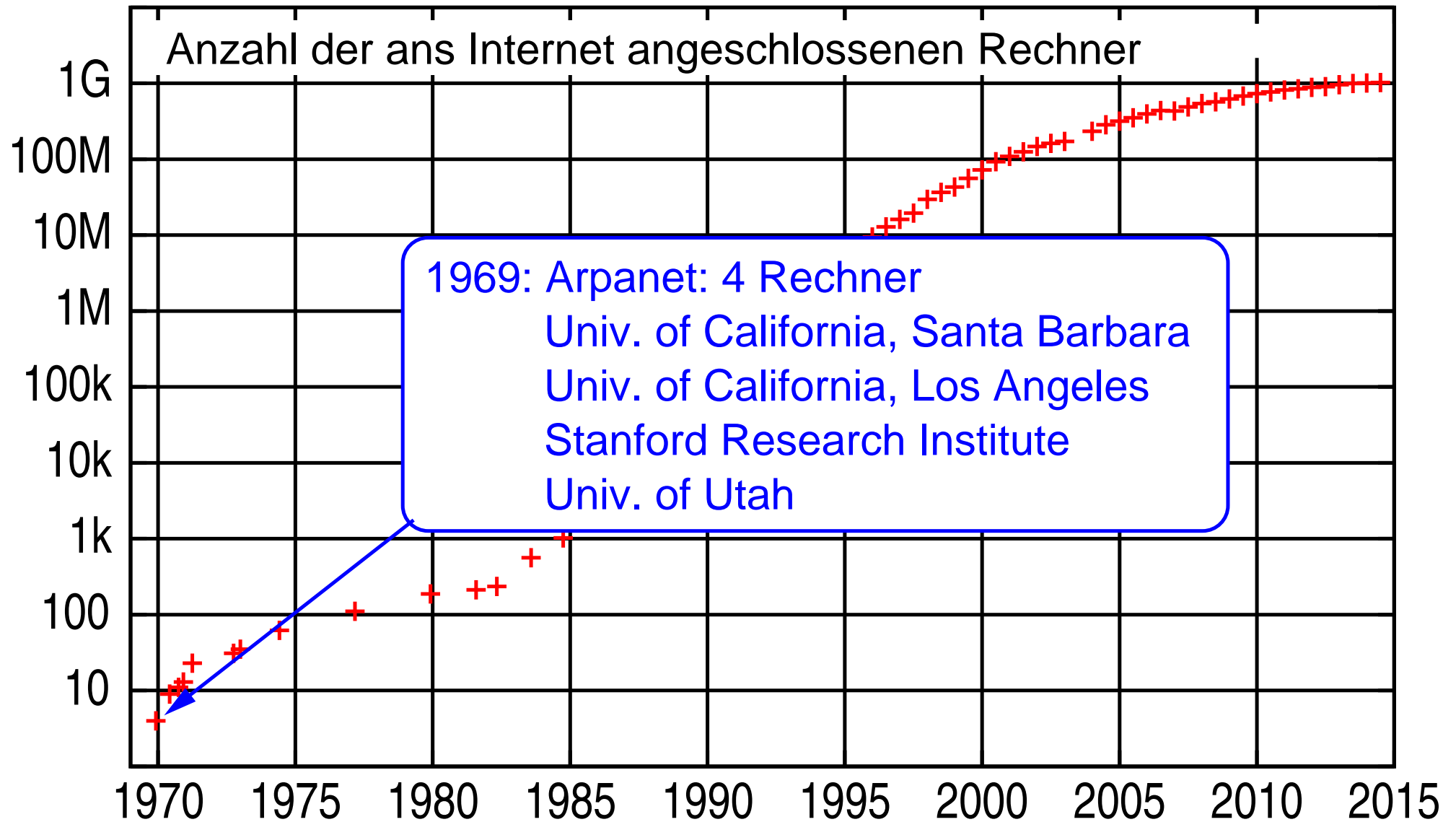
# *The Network is the Computer*

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

## Entwicklung des Internet

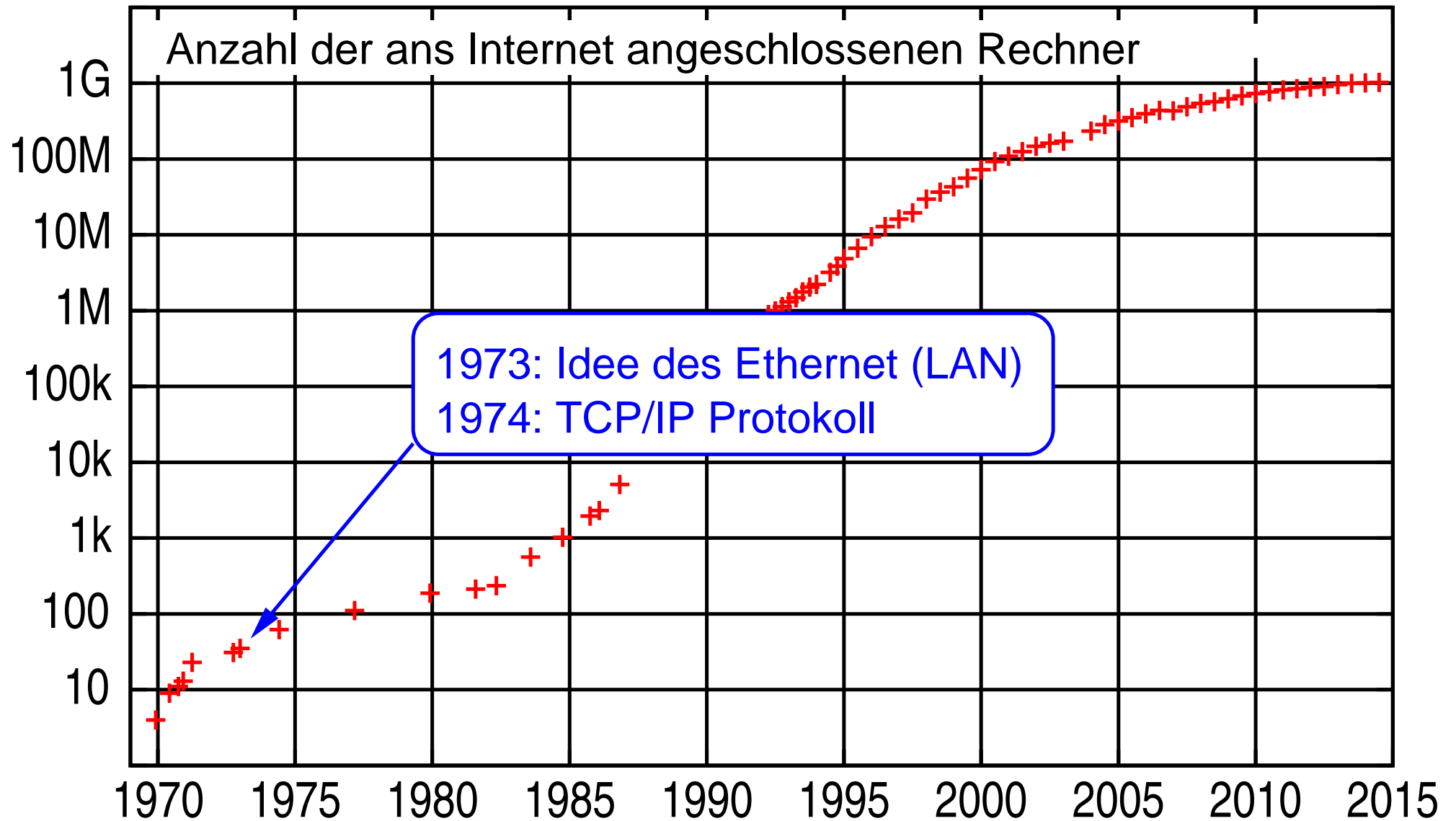


## Entwicklung des Internet

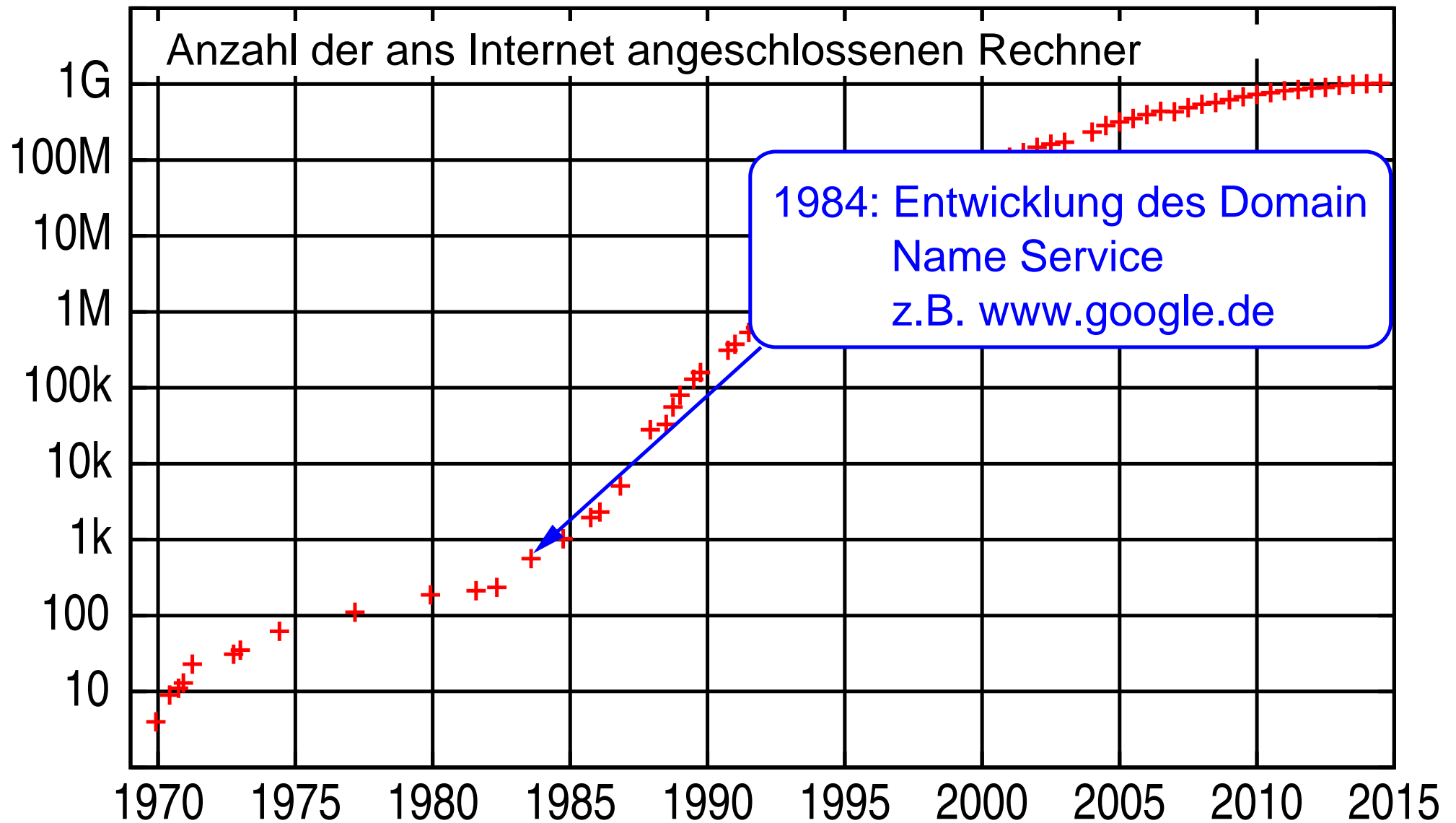




## Entwicklung des Internet

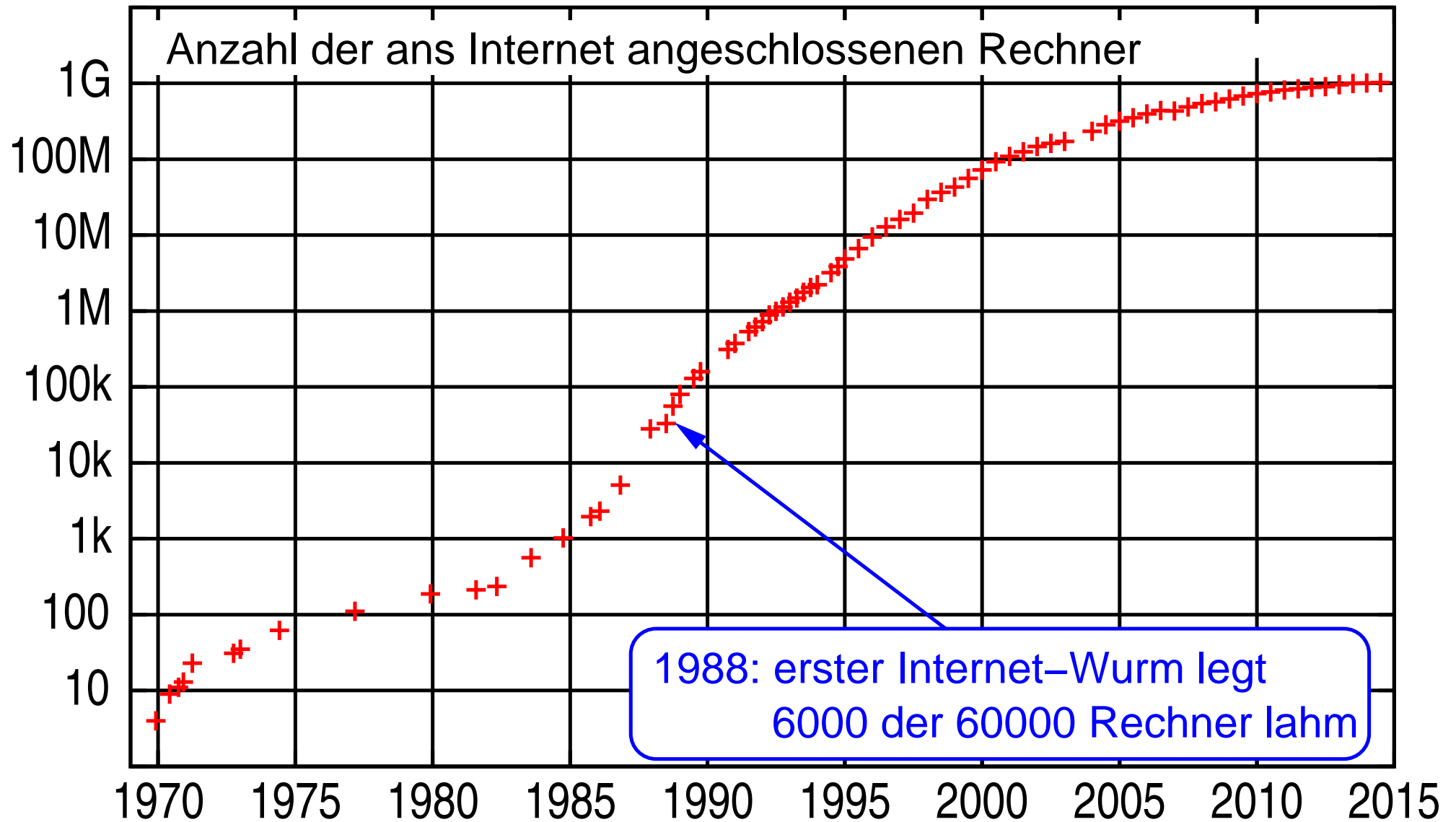


## Entwicklung des Internet

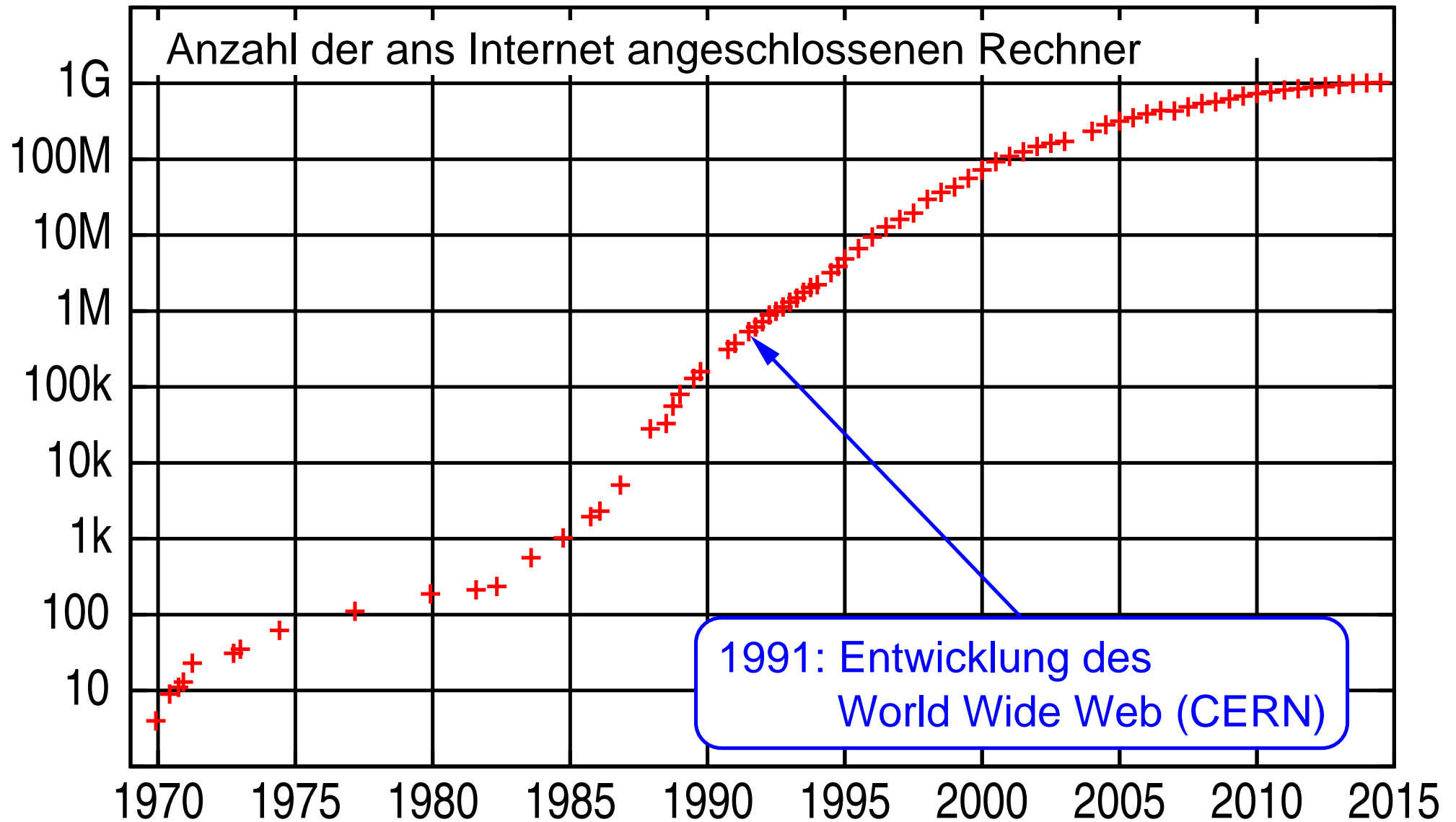




## Entwicklung des Internet



## Entwicklung des Internet

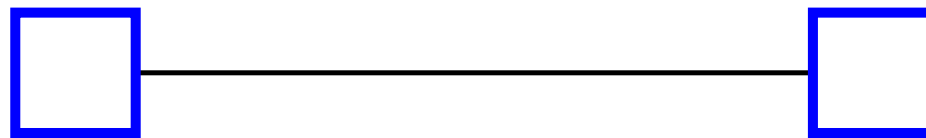


## Grundelemente eines Rechnernetzes

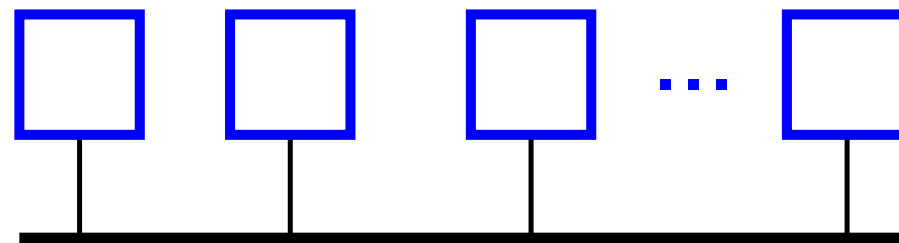
- ➔ **Knoten:** Endgeräte (Rechner, Host), Vermittlungsknoten (Switch, Router, ...)
- ➔ **Verbindungen** („Leitung“): Kabel, Glasfaser, Funk, ...

## Verbindungsstrukturen

- ➔ **Punkt-zu-Punkt Verbindung:**



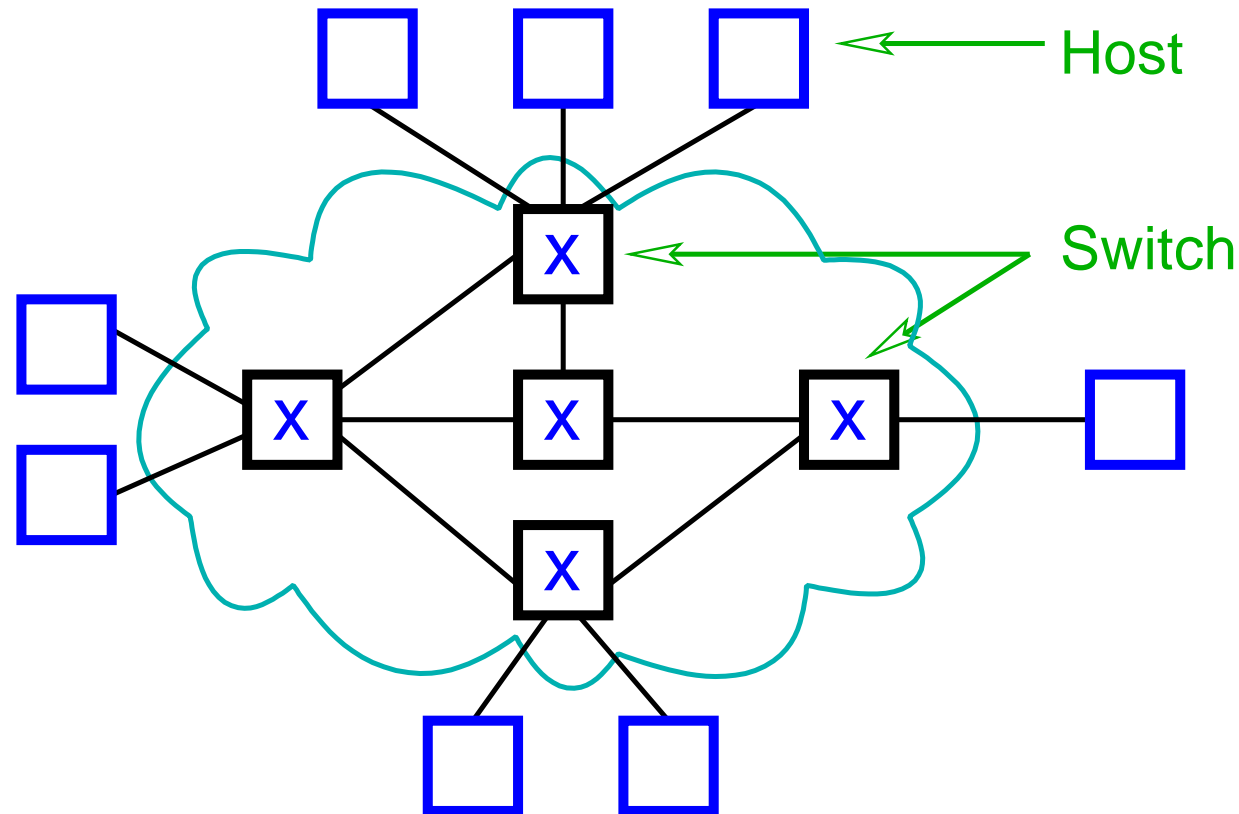
- ➔ **Mehrfachzugriffsverbindung (Bus):**



## Verbindungsstrukturen ...

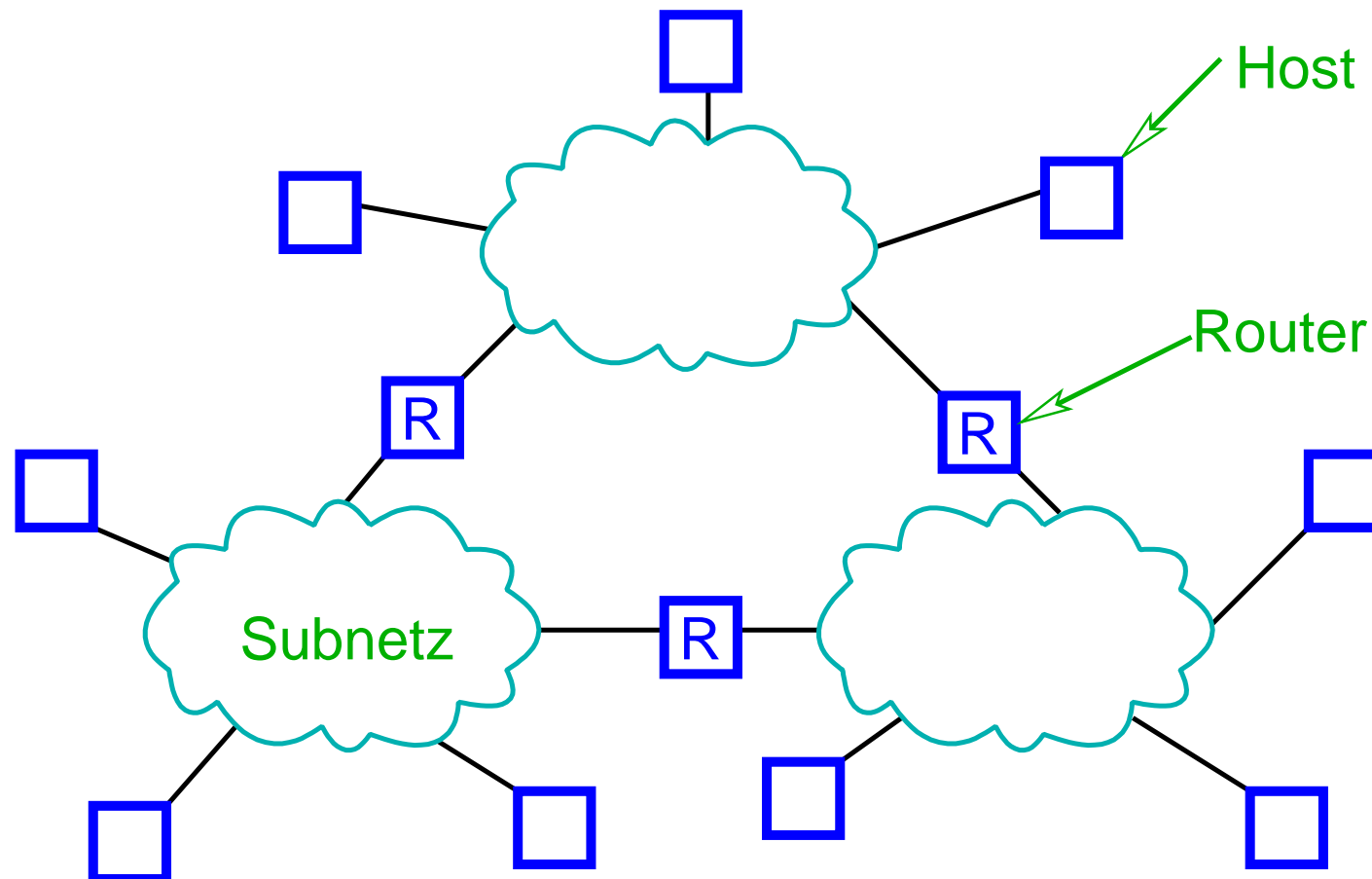
### ➔ Vermitteltes Netzwerk

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



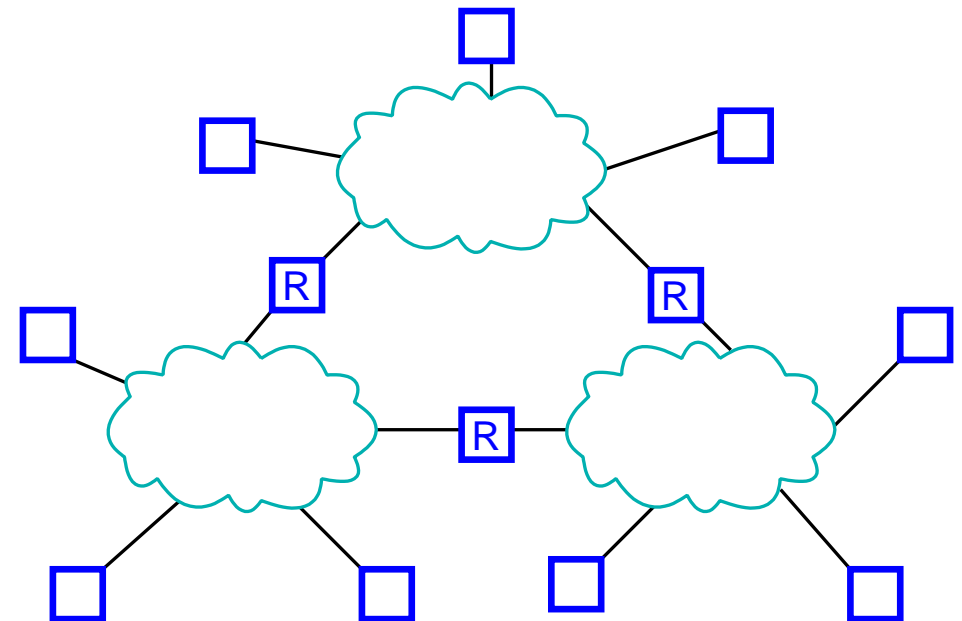
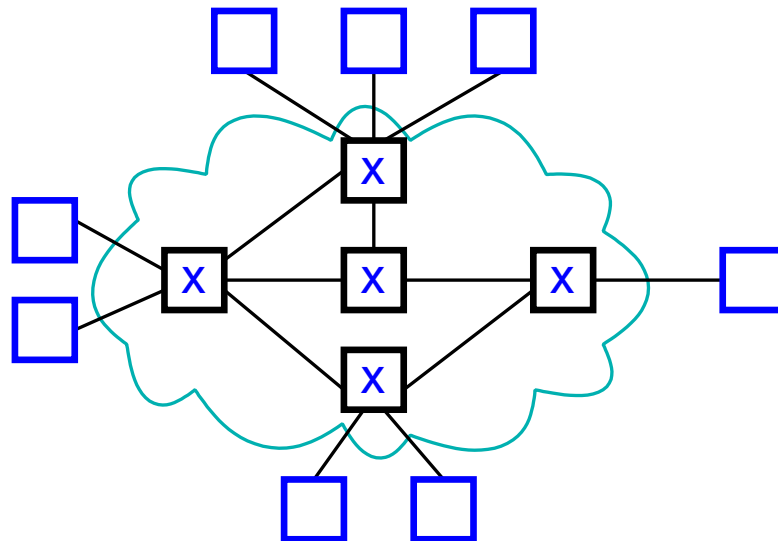
## Verbindungsstrukturen ...

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



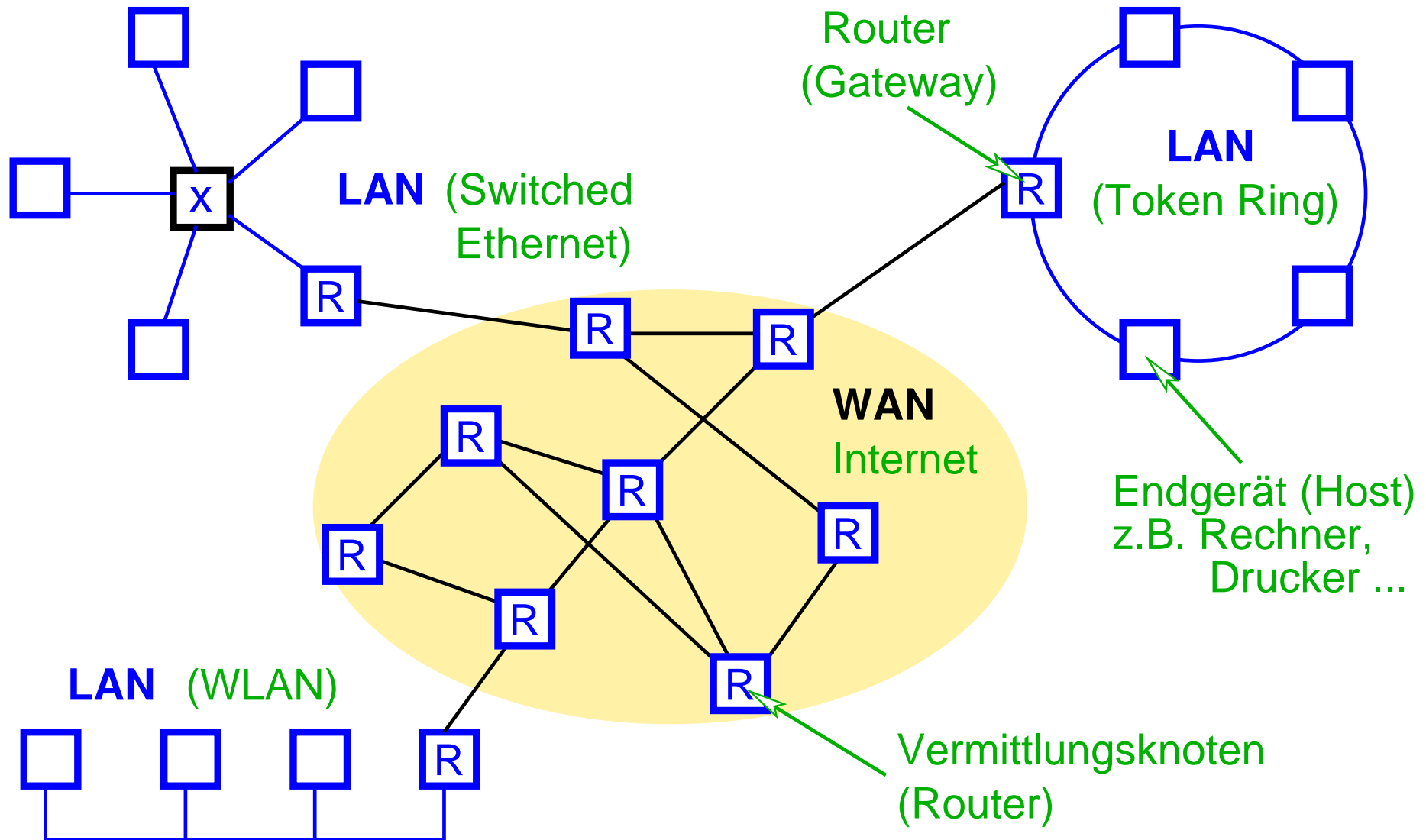
## Allgemeine Struktur eines Netzwerks

- ➔ 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*

➔  $\leq 1$  km, innerhalb eines Gebäudekomplexes, z.B. Ethernet

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

➔  $\leq 10$  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

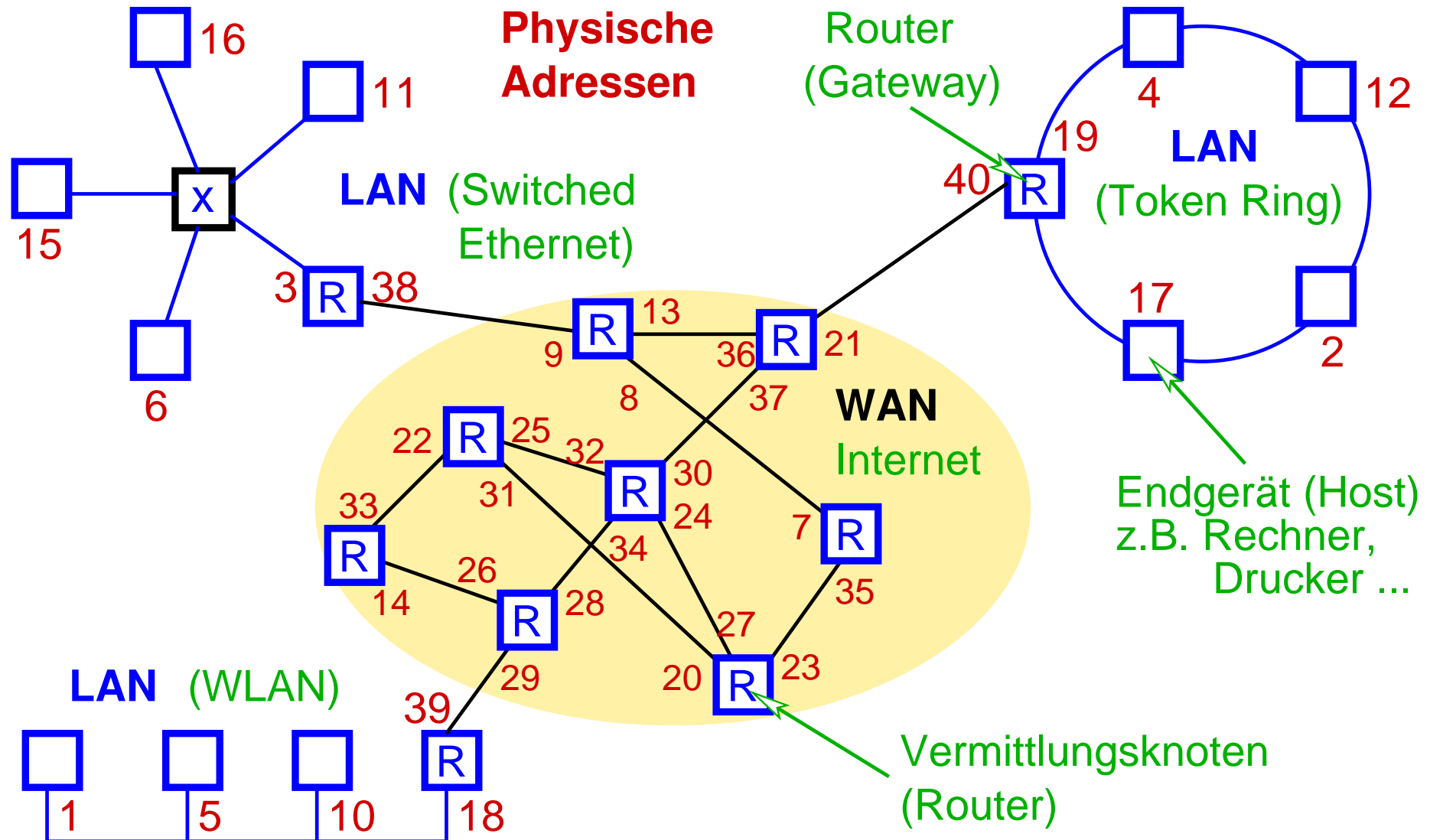
- ➔ **Unicast**: genau einer
- ➔ **Broadcast**: alle
- ➔ **Multicast**: mehrere bestimmte

### ➔ Routing / Forwarding (Vermittlung / Weiterleitung)

- ➔ Weiterleitung der Daten zum Empfänger durch Zwischenknoten

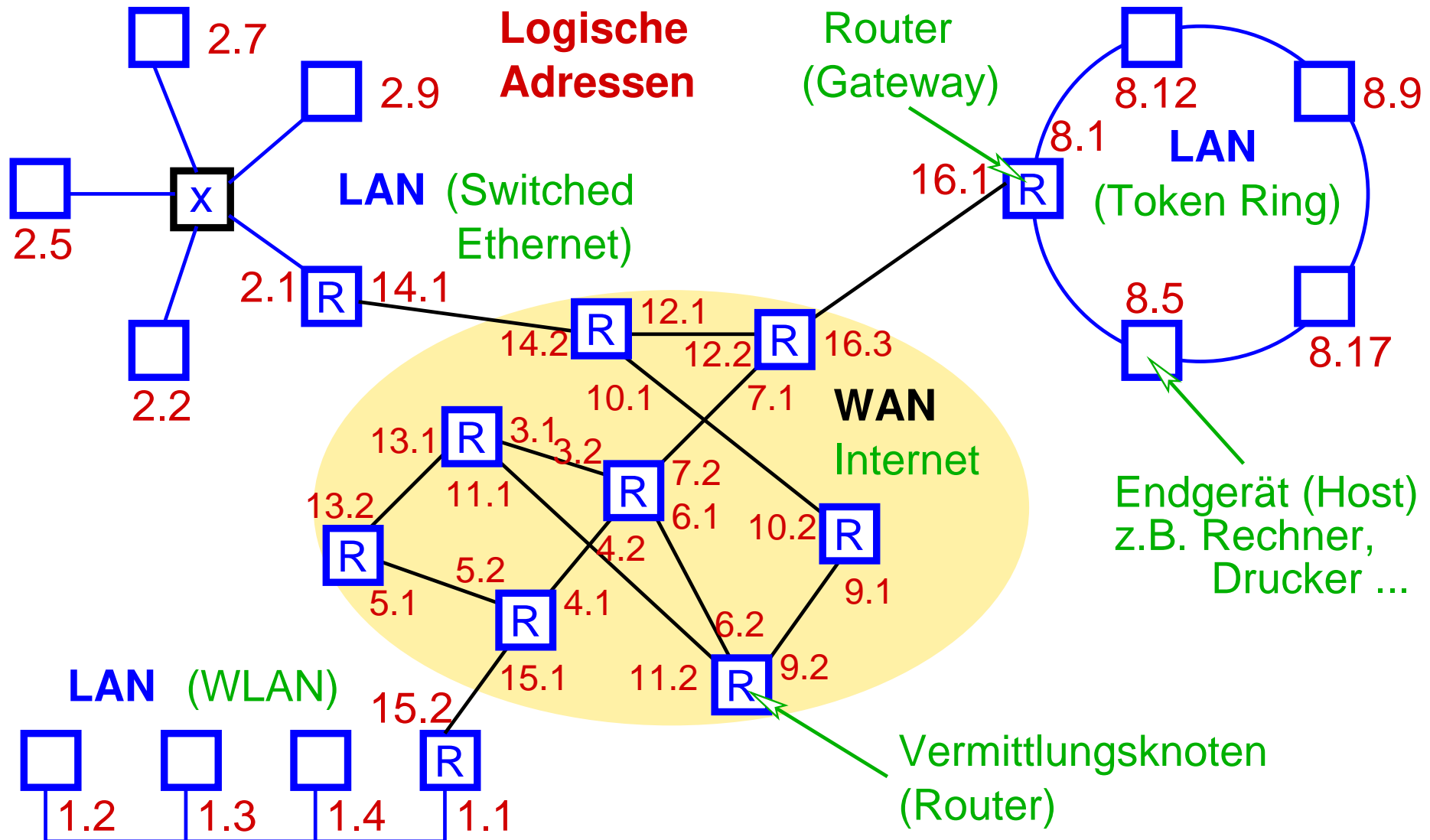


## Beispiel für ein Netzwerk





## 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

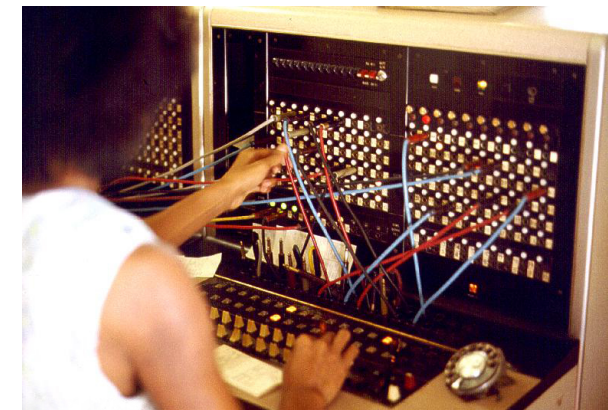
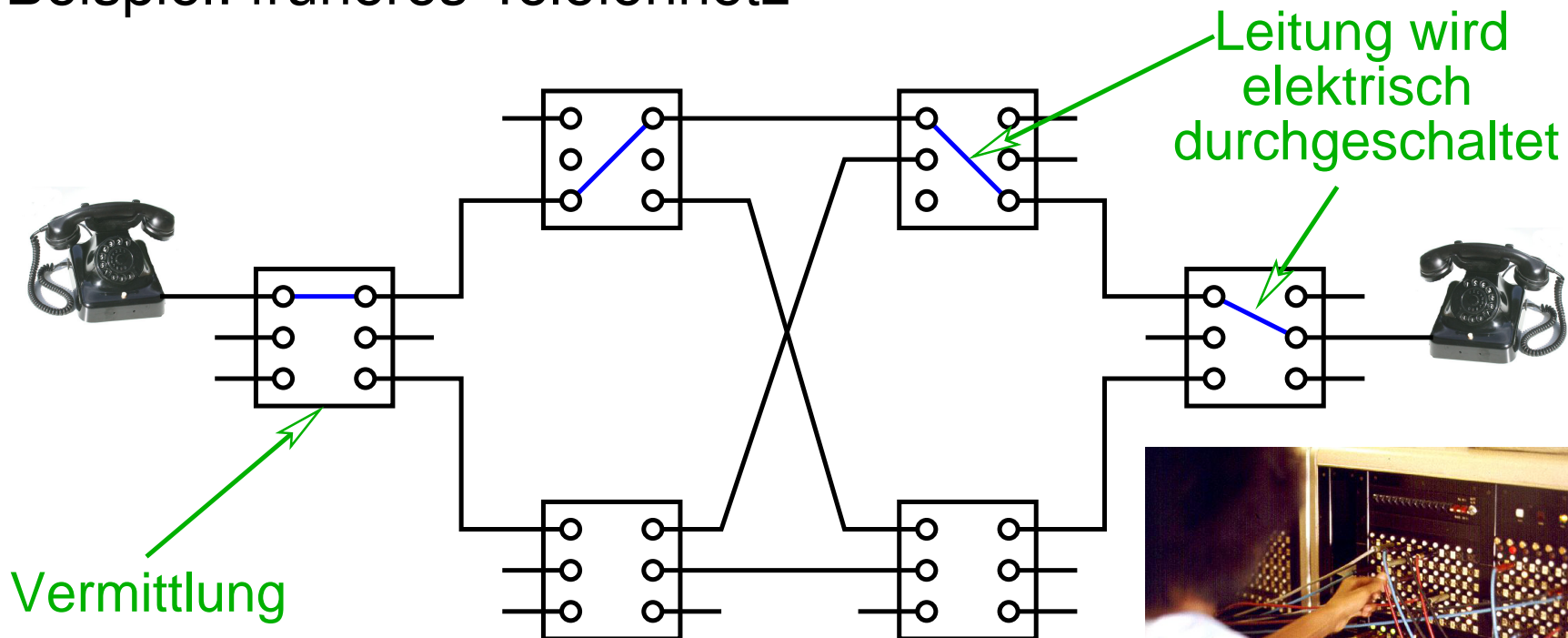
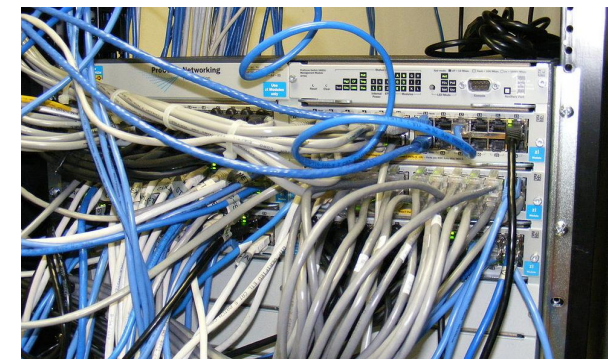
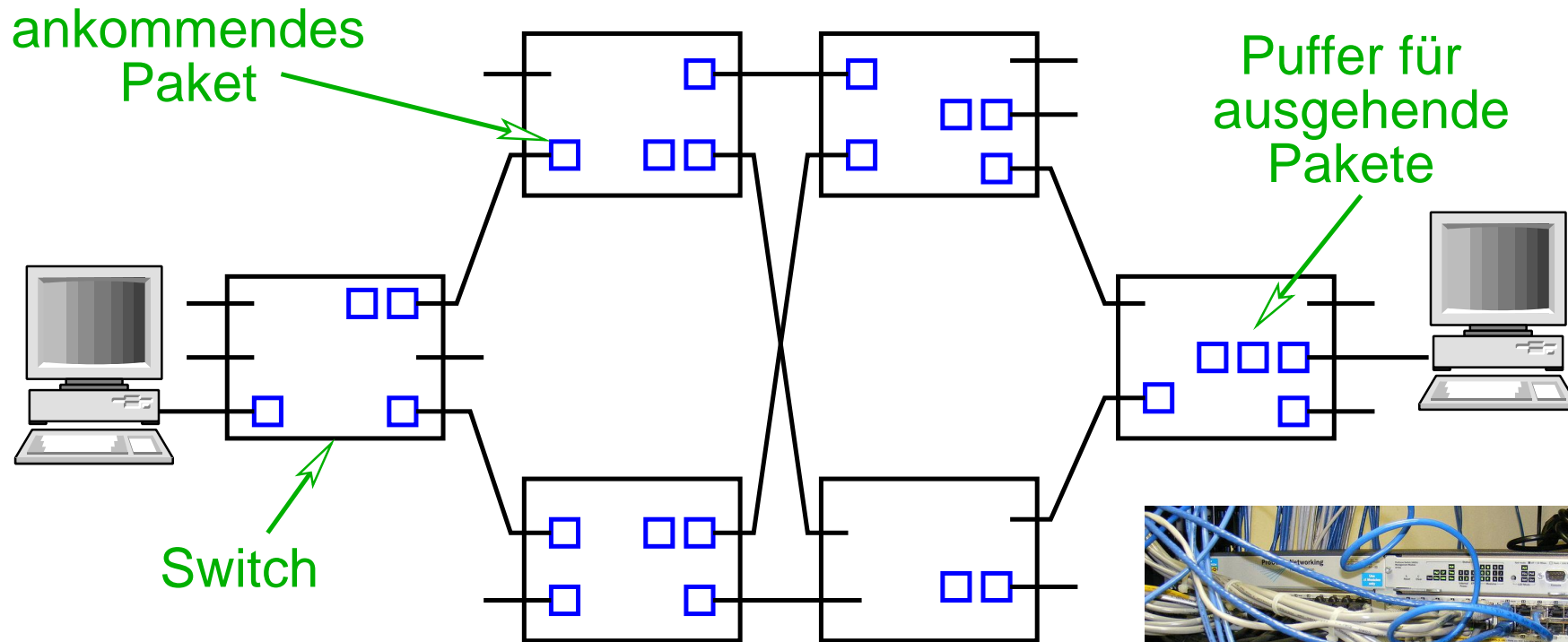


Photo by Joseph A. Carr, 1975

## Paketvermittlung

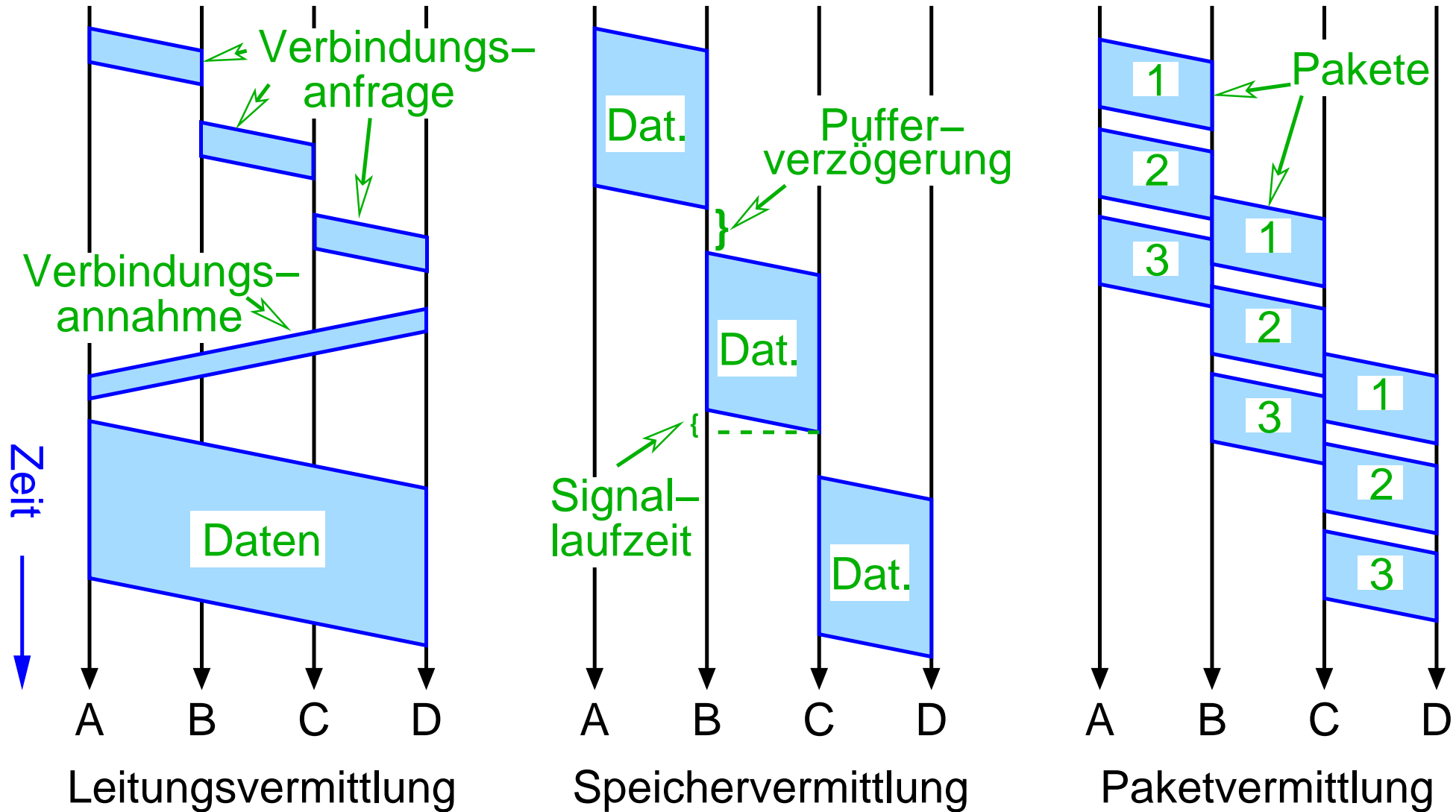
- ➔ Jeder Switch kann eine Anzahl von Paketen puffern
- ➔ Für jedes Paket kann der Weg unabhängig gewählt werden



© 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!

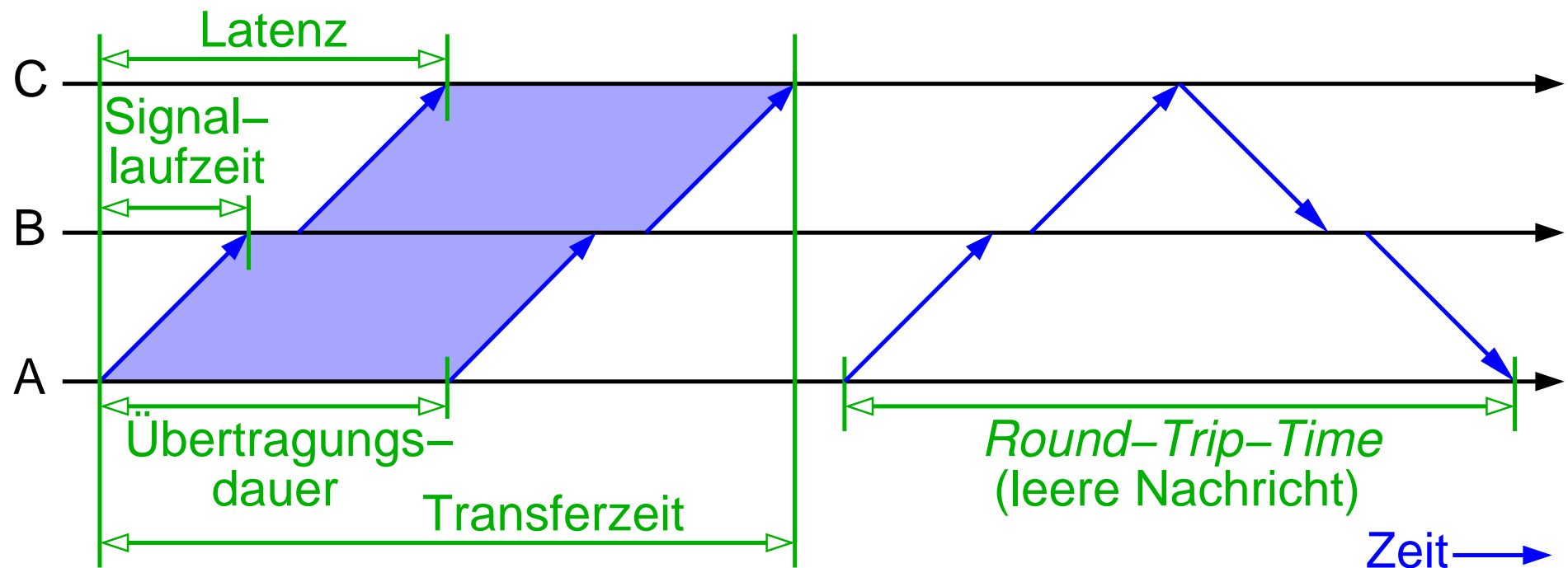
➔ Bestandteile der Transferzeit:

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

➔ **Signallaufzeit** = Entfernung / Lichtgeschwindigkeit

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

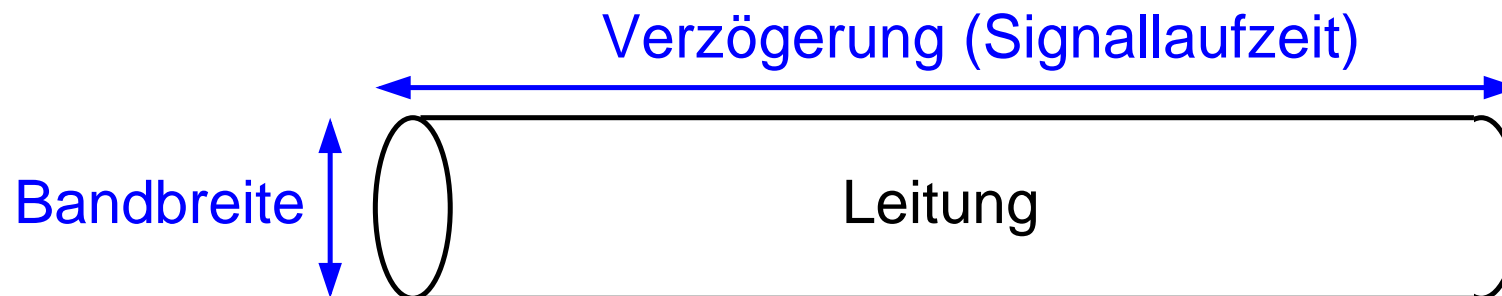
➔ **Übertragungsdauer** = Nachrichtengröße / Übertragungsrate



- ➔ 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:

- ➔ Netzwerkkonstruktion: Schichten und Protokolle