

Systeme II

3. Die Datensicherungsschicht

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

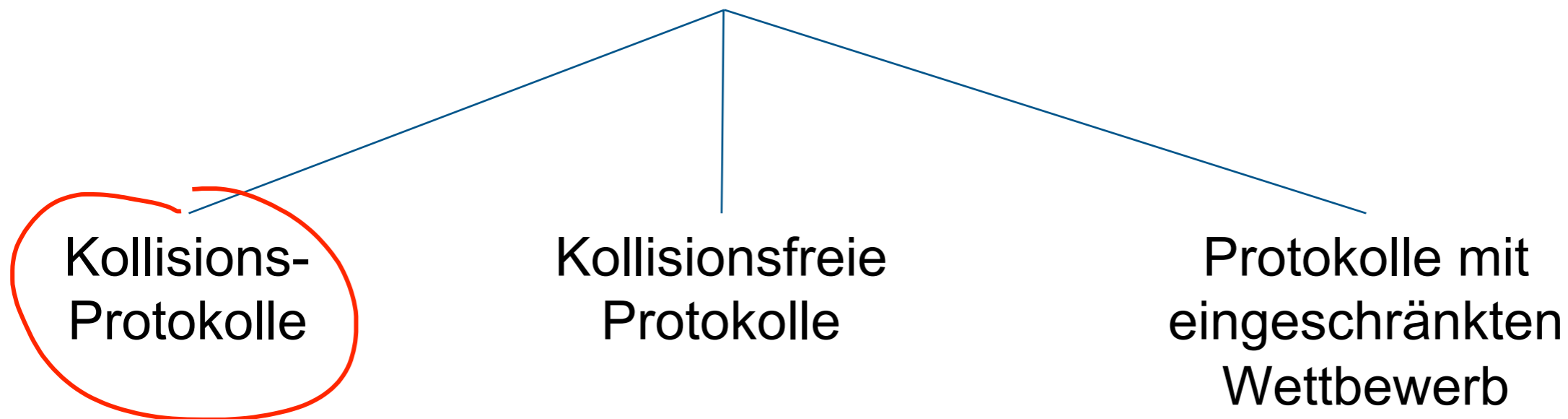
Version 14.05.2013

- Statisches Multiplexen
- Dynamische Kanalbelegung
 - Kollisionsbasierte Protokolle
 - Kollisionsfreie Protokolle (contention-free)
 - Protokolle mit beschränktem Wettbewerb (limited contention)

Mögliche MAC-Protokolle

- Unterscheidung: Erlaubt das Protokoll Kollisionen?
 - Als Systemscheidung
 - Die unbedingte Kollisionsvermeidung kann zu Effizienzeinbußen führen

MAC Protokolle



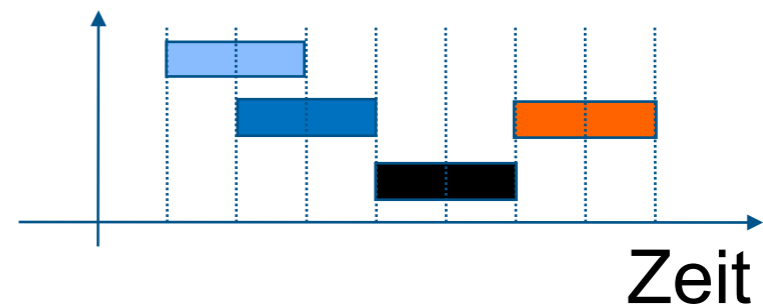
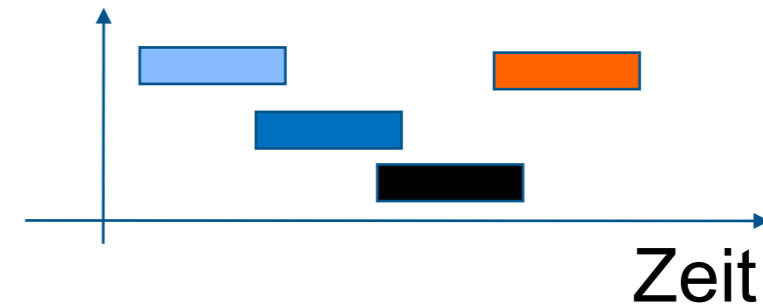
System mit Kollisionen: **Contention System**

- Statisches Multiplexing ist nicht geeignet für Datenverbindung mit Spitzen
- Alternative: Zuweisung des Slots/Kanals an die Verbindung mit dem größten Bedarf
 - Dynamische Medium-Belegung
 - statt fester
- Der Mediumzugriff wird organisiert:
 - Mediumszugriff-Protokoll (Medium Access Control protocol - MAC)

- Stationsmodell (terminal model)
 - N unabhängige Stationen möchten eine Leitung/ Ressource teilen
 - Mögliches Lastmodell:
 - Wahrscheinlichkeit, dass ein Paket im Intervall der Länge Δt erzeugt wird ist $\lambda \Delta t$ für eine Konstante λ
- Eine Leitung/Kanal
 - für alle Stationen
 - Keine weitere Verbindungen möglich
- Collision assumption
 - Nur ein einfacher Frame kann auf dem Kanal übertragen werden
 - Zwei (oder mehr) sich zeitlich überschneidende Frames kollidieren und werden gelöscht
 - Noch nicht einmal Teile kommen an

■ Zeitmodelle

- Kontinuierlich
 - Übertragungen können jeder Zeit beginnen (keine zentrale Uhr)
- Diskret (Slotted time)
 - Die Zeitachse ist in Abschnitte (slots) unterteilt
 - Übertragungen können nur an Abschnittsgrenzen starten
 - Slots können leer (idle), erfolgreich (mit Übertragung) sein oder eine Kollision beinhalten



■ Träger-Messung (Carrier Sensing)

- Stationen können erkennen ob der Kanal momentan von anderen Stationen verwendet wird
 - Nicht notwendigerweise zuverlässig

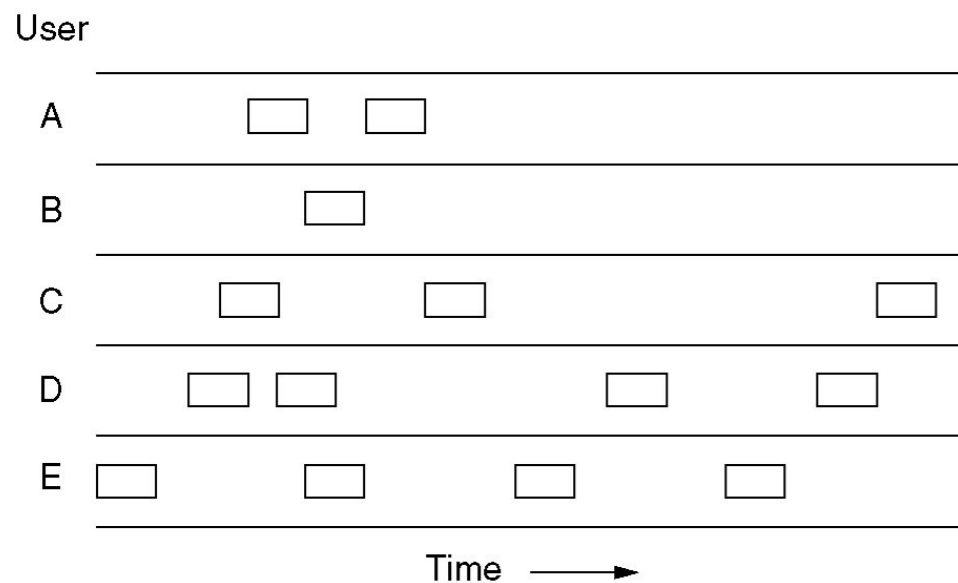
- Methoden zur Bewertung der Effizienz einer Kanalzuweisung
- Durchsatz (throughput)
 - Anzahl Pakete pro Zeiteinheit
 - Besonders bei großer Last wichtig
- Verzögerung (delay)
 - Zeit für den Transport eines Pakets
 - Muss bei geringer Last gut sein
- Gerechtigkeit (fairness)
 - Gleichbehandlung aller Stationen
 - Fairer Anteil am Durchsatz und bei Delay

■ Algorithmus

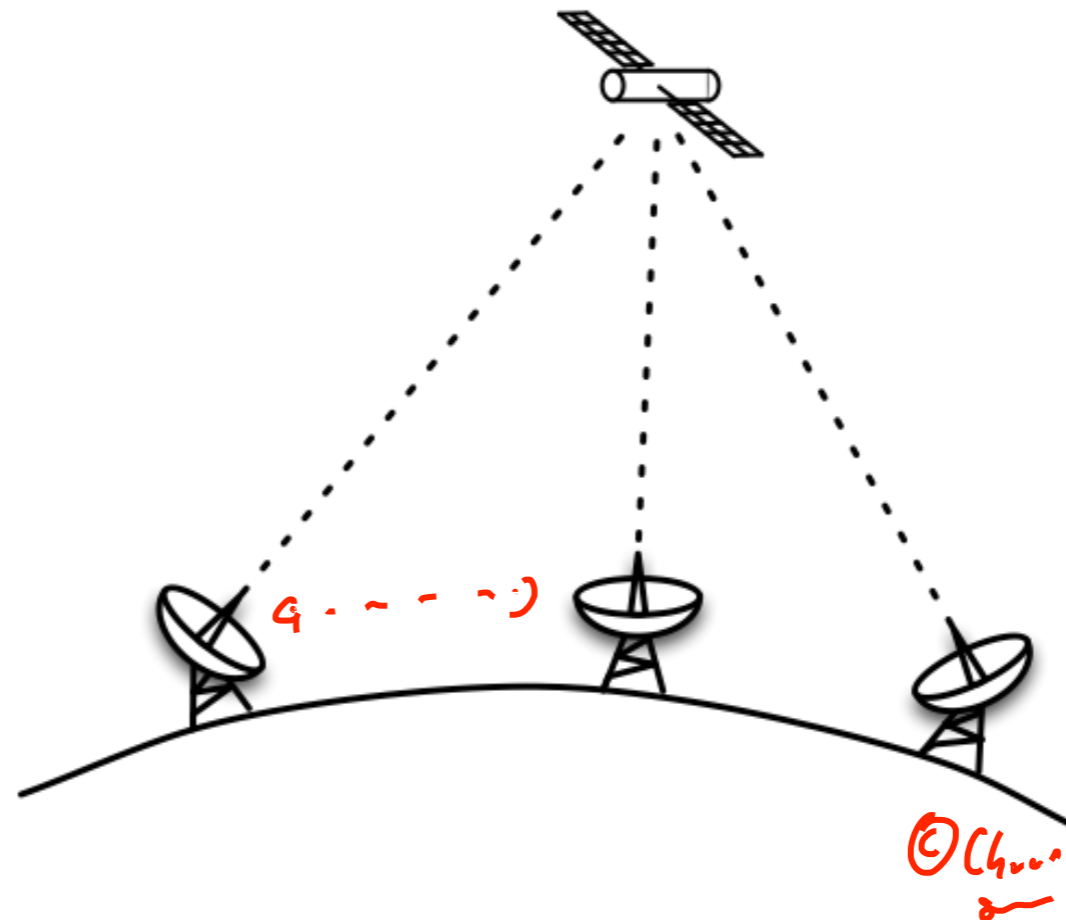
- Sobald ein Paket vorhanden ist, wird es gesendet

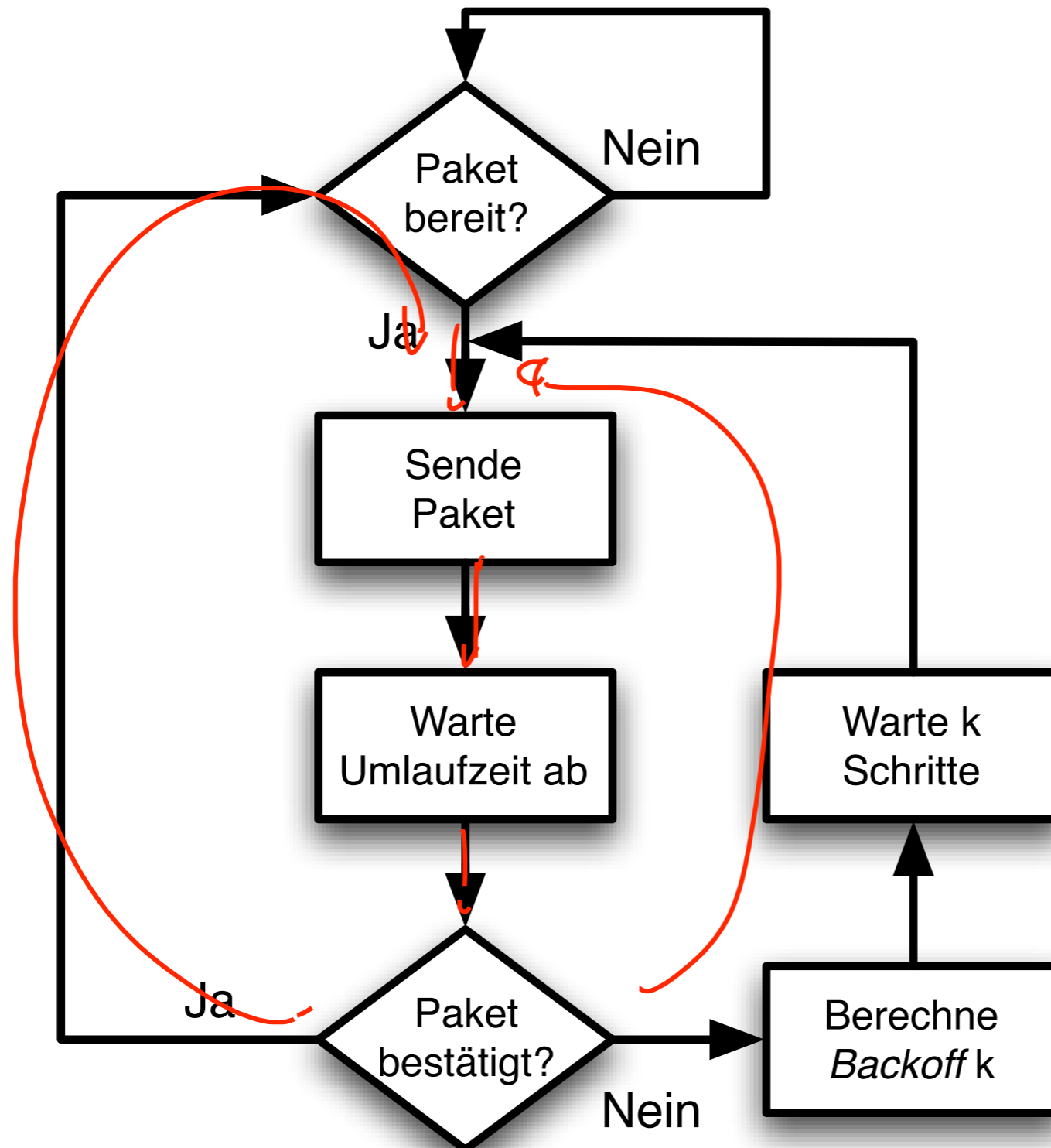
■ Ursprung

- 1985 by Abrahmson et al., University of Hawaii
- Ziel: Verwendung in Satelliten-Verbindung



Pakete werden zu beliebigen Zeiten übertragen





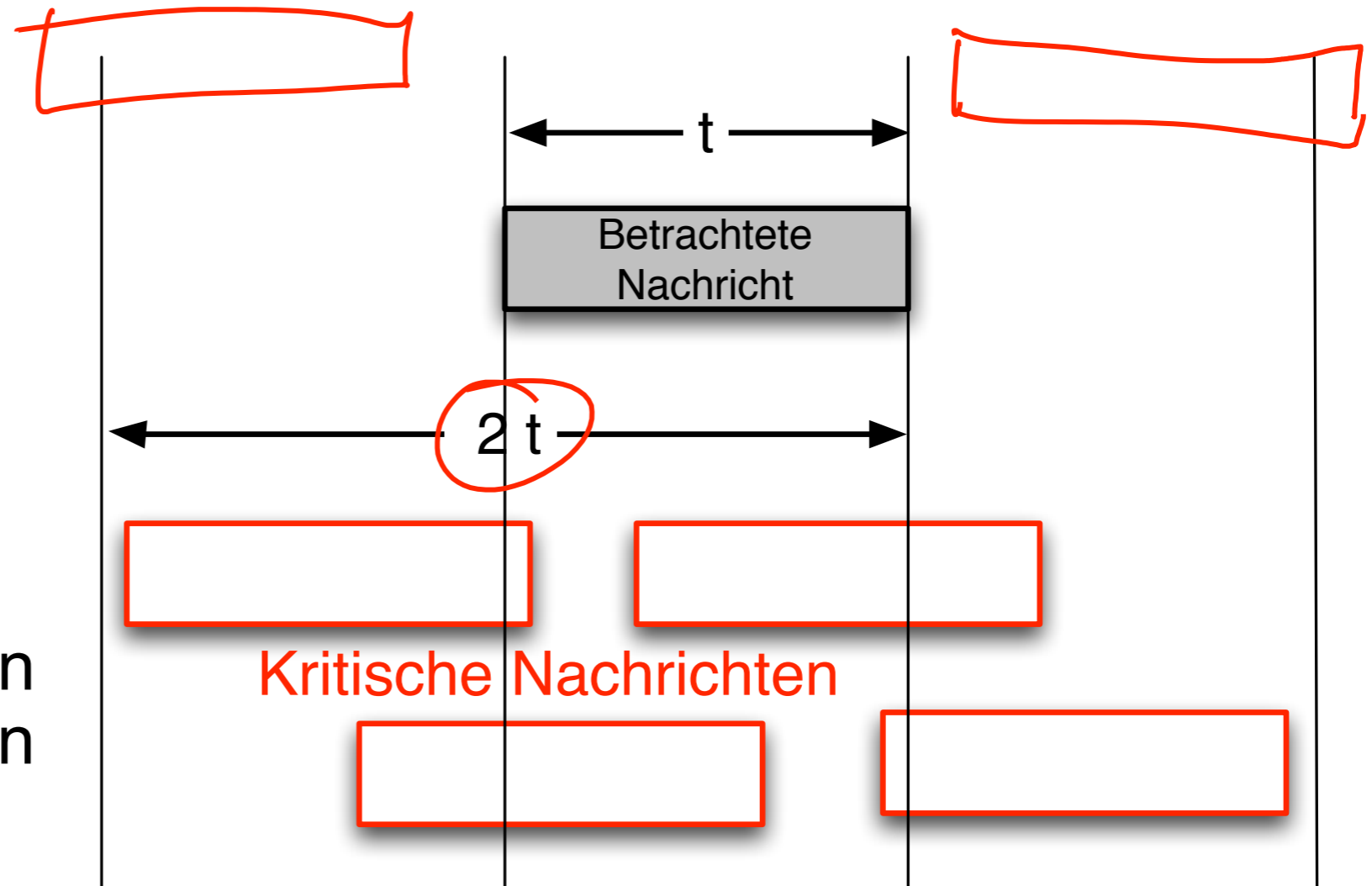
- Vorteile
 - Einfach
 - Keine Koordination notwendig
- Nachteile
 - Kollisionen
 - Sender überprüft den Kanalzustand nicht
 - Sender hat keine direkte Methode den Sende-Erfolg zu erfahren
 - Bestätigungen sind notwendig
 - Diese können auch kollidieren

- Betrachte Poisson-Prozess zur Erzeugung von Paketen
 - Entsteht durch “unendlich” viele Stationen, die sich gleich verhalten
 - Zeit zwischen zwei Sende-Versuchen ist exponentiell verteilt
 - Sei G der Erwartungswert der Übertragungsversuche pro Paketlänge
 - Alle Pakete haben gleiche Länge
 - Dann gilt

$$P[k \text{ Versuche}] = \frac{G^k}{k!} e^{-G}$$

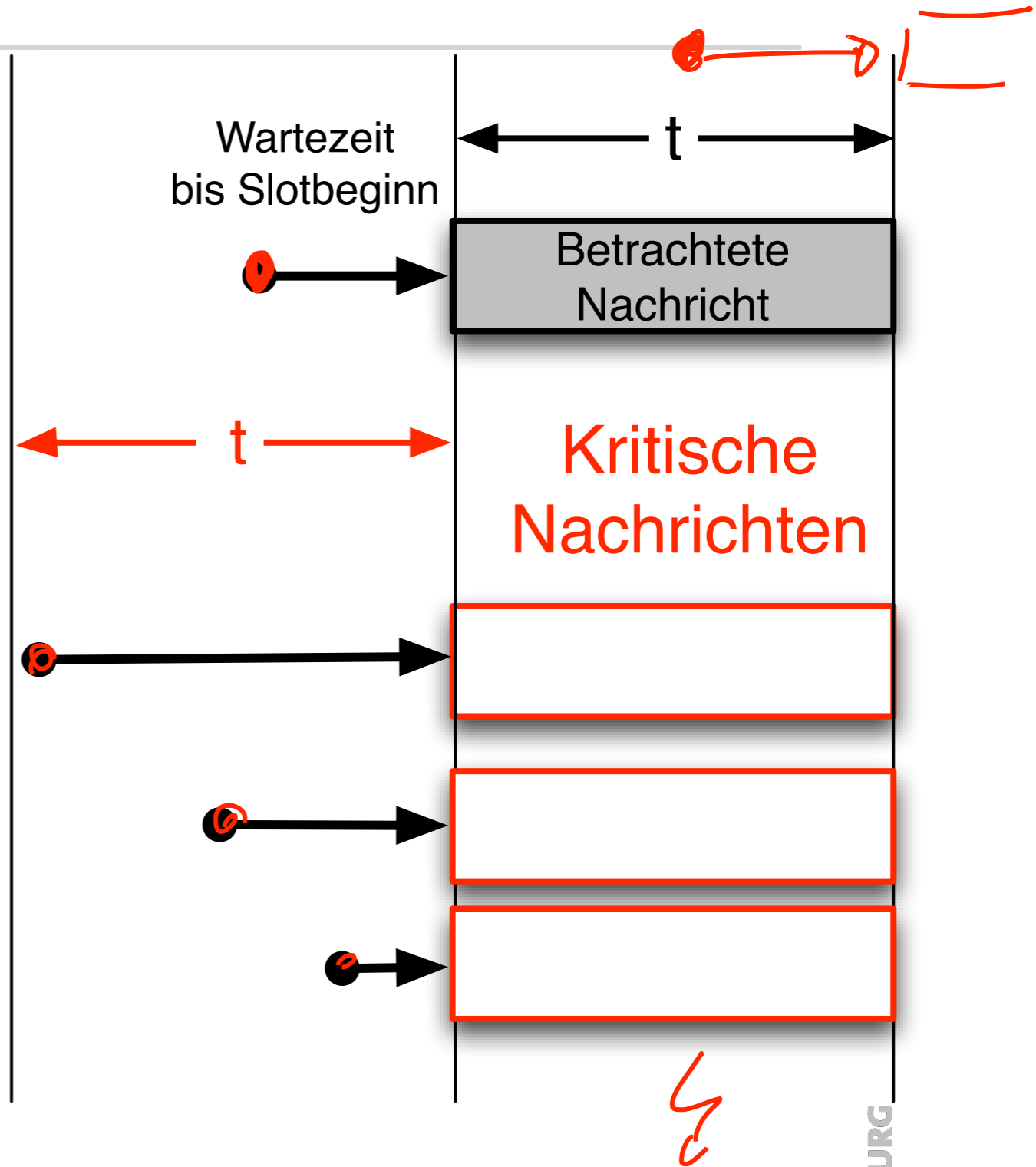
- Um eine erfolgreiche Übertragung zu erhalten, darf keine Kollision mit einem anderen Paket erfolgen
- Wie lautet die Wahrscheinlichkeit für eine solche Übertragung?

- Ein Paket X wird gestört, wenn
 - ein Paket kurz vor X startet
 - wenn ein Paket kurz vor dem Ende von X startet
- Das Paket wird erfolgreich übertragen, wenn in einem Zeitraum von zwei Paketen kein (anderes) Paket übertragen wird

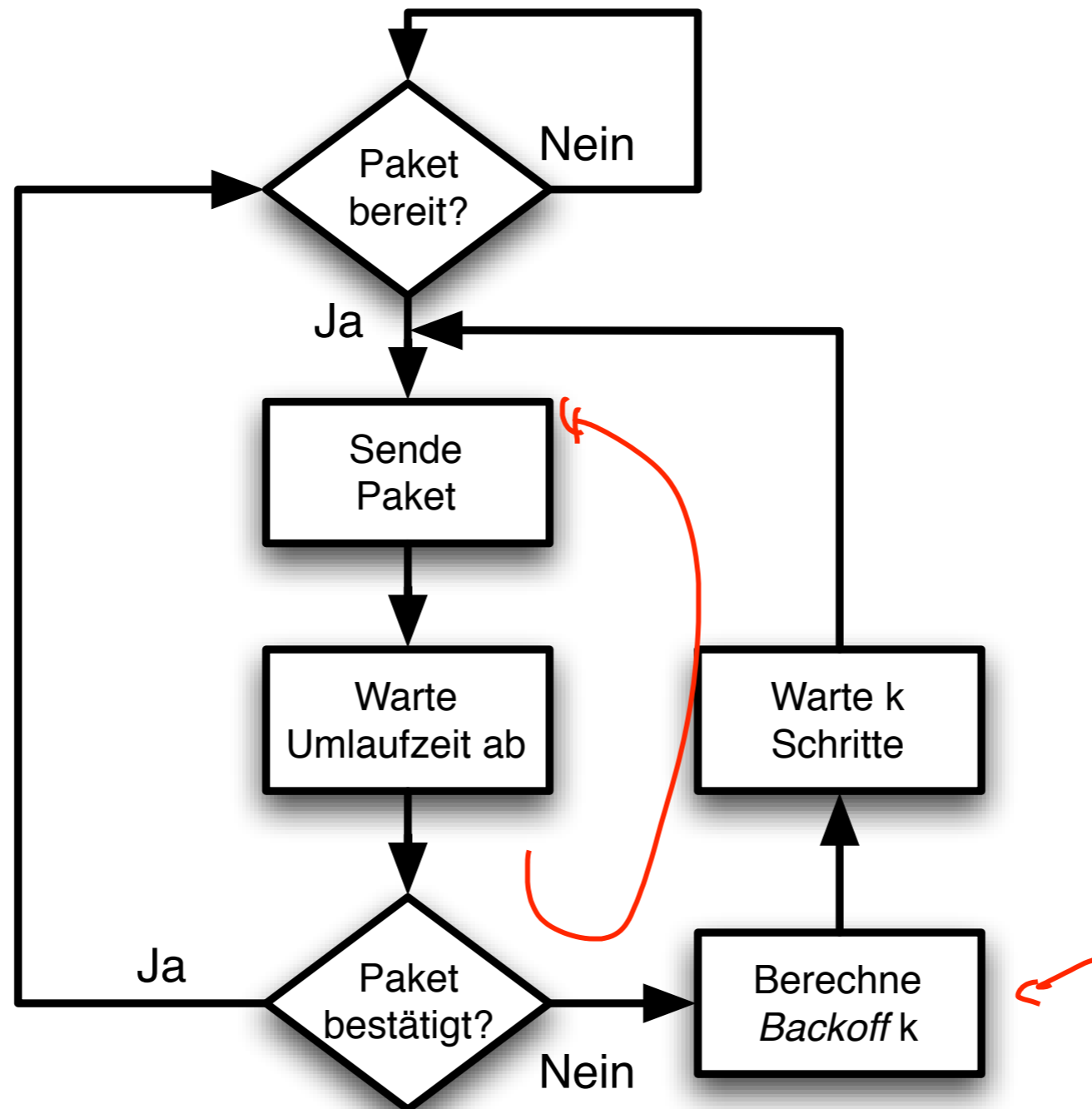


- ALOHAs Problem:
 - Lange Verwundbarkeit eines Pakets
- Reduktion durch Verwendung von Zeitscheiben (Slots)
 - Synchronisation wird vorausgesetzt
- Ergebnis:
 - Verwundbarkeit wird halbiert
 - Durchsatz wird verdoppelt
 - $S(G) = Ge^{-G}$
 - Optimal für $G=1$, $S=1/e$

- Ein Paket X wird gestört, wenn
 - ein Paket kurz vor X startet
 - wenn ein Paket kurz vor dem Ende von X startet
- Das Paket wird erfolgreich übertragen, wenn in einem Zeitraum von zwei Paketen kein (anderes) Paket übertragen wird

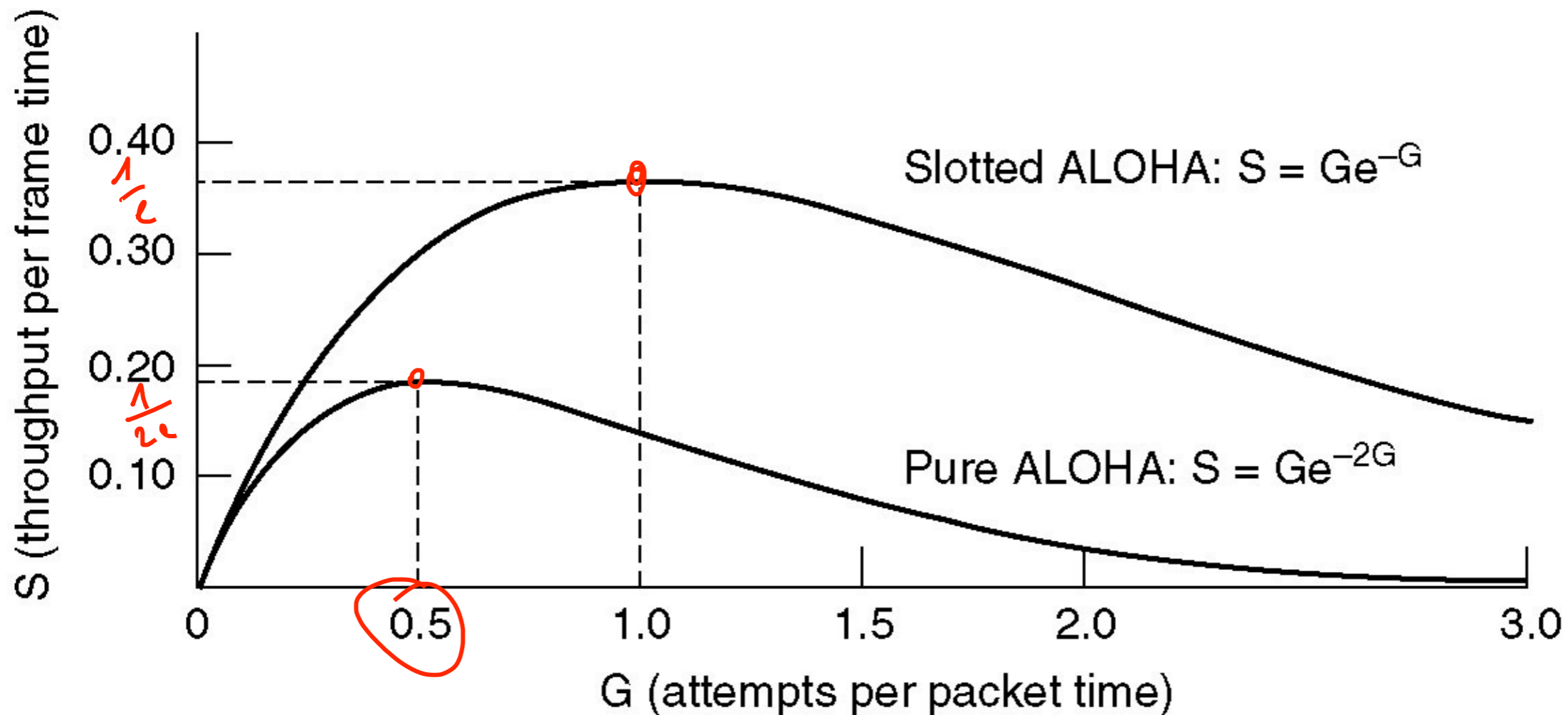
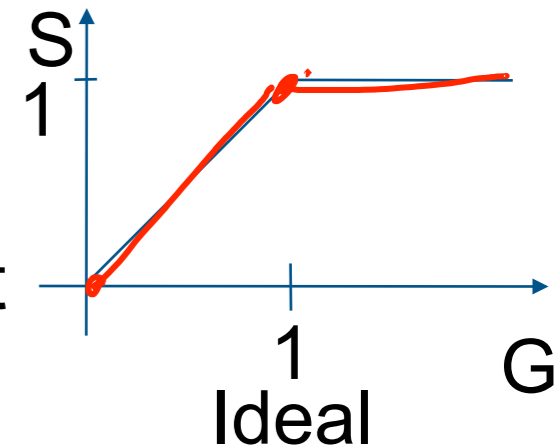


Slotted Aloha



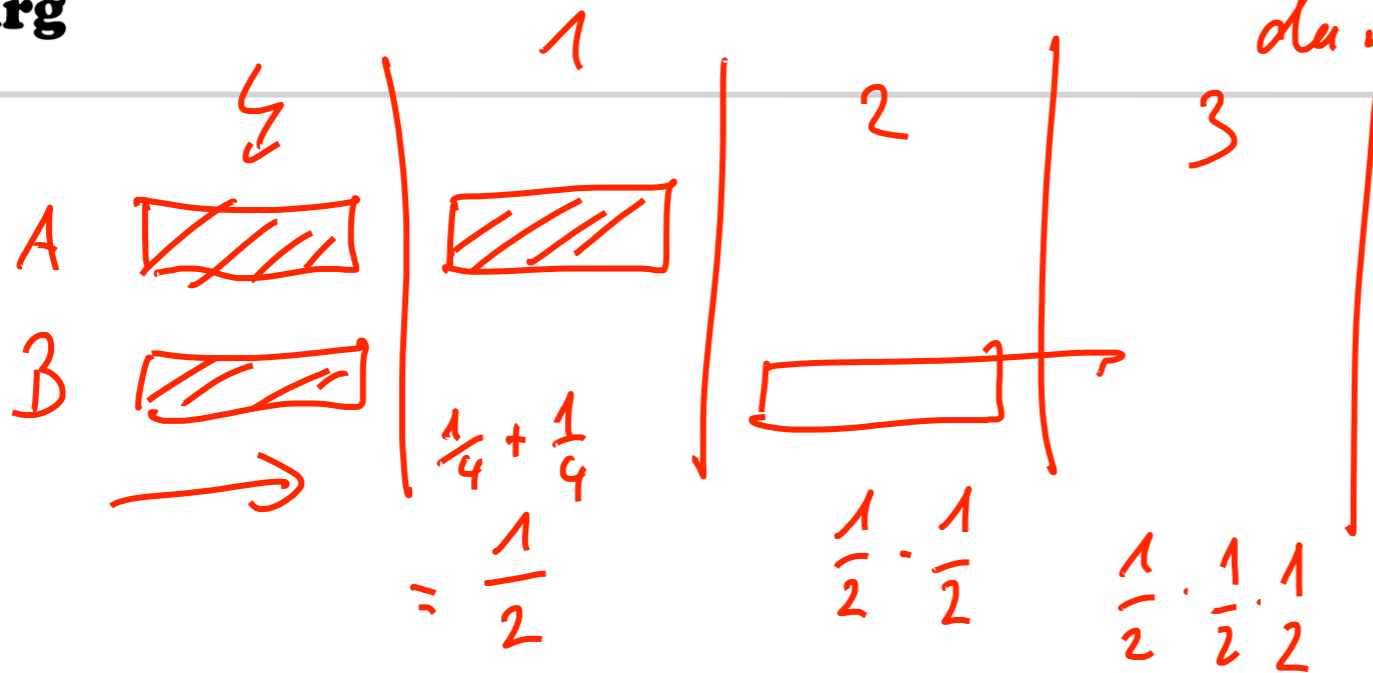
Durchsatz in Abhängigkeit der Last

- Für (slotted) ALOHA ist eine geschlossene Darstellung in Abhängigkeit von G möglich
- Kein gutes Protokoll
 - Durchsatz bricht zusammen, wenn die Last zunimmt



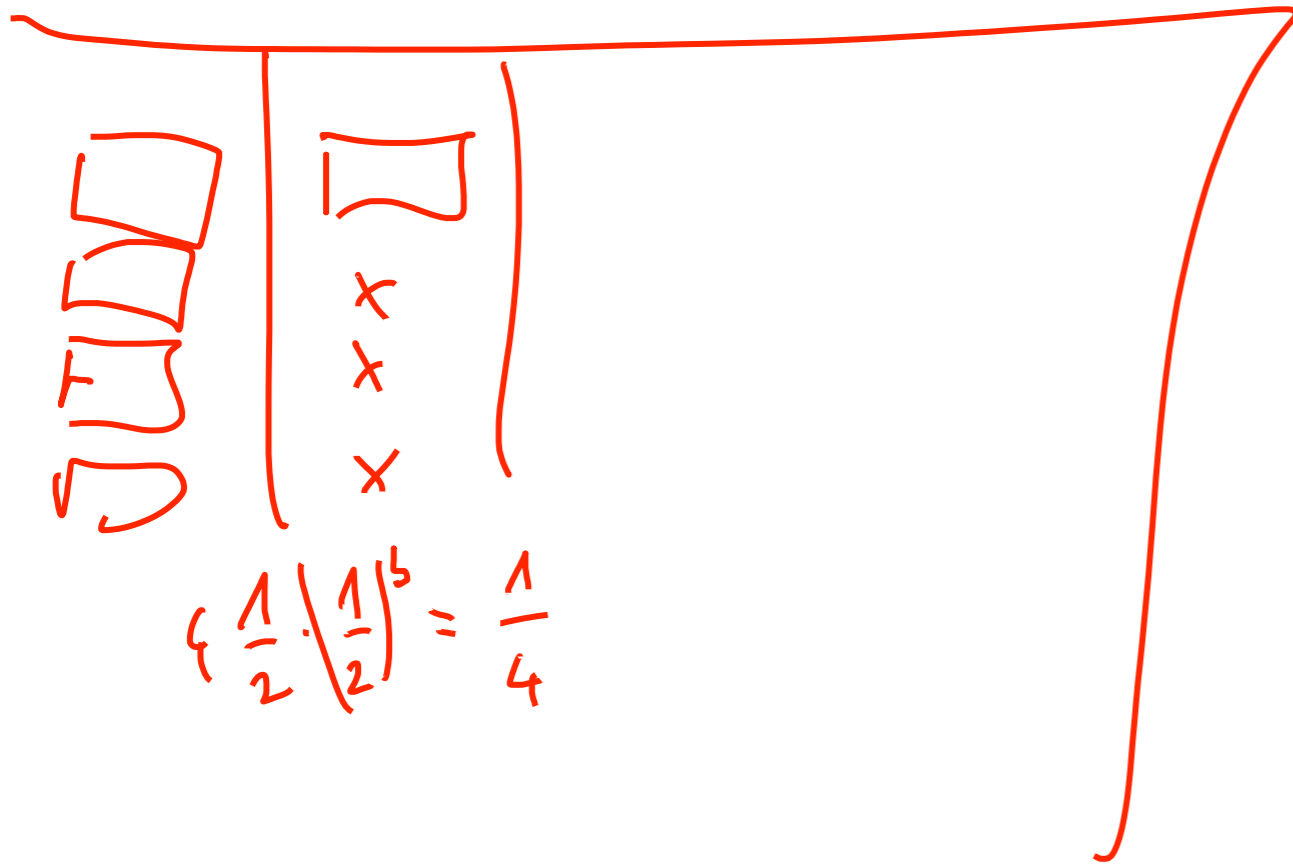
- Nach der Kollision:
- Algorithmus binary exponential backoff
 - $k := 2$
 - Solange Kollision beim letzten Senden
 - Wähle t gleichwahrscheinlich zufällig aus $\{0, \dots, k-1\}$
 - Warte t Zeit-Slots
 - Sende Nachricht (Abbruch bei Collision Detection)
 - $k := 2k$
- Algorithmus
 - passt Wartezeit dynamisch an die Anzahl beteiligter Stationen an
 - sorgt für gleichmäßige Auslastung des Kanals
 - ist fair (auf lange Sicht)

Symmetrie - Bruch durch Zufall

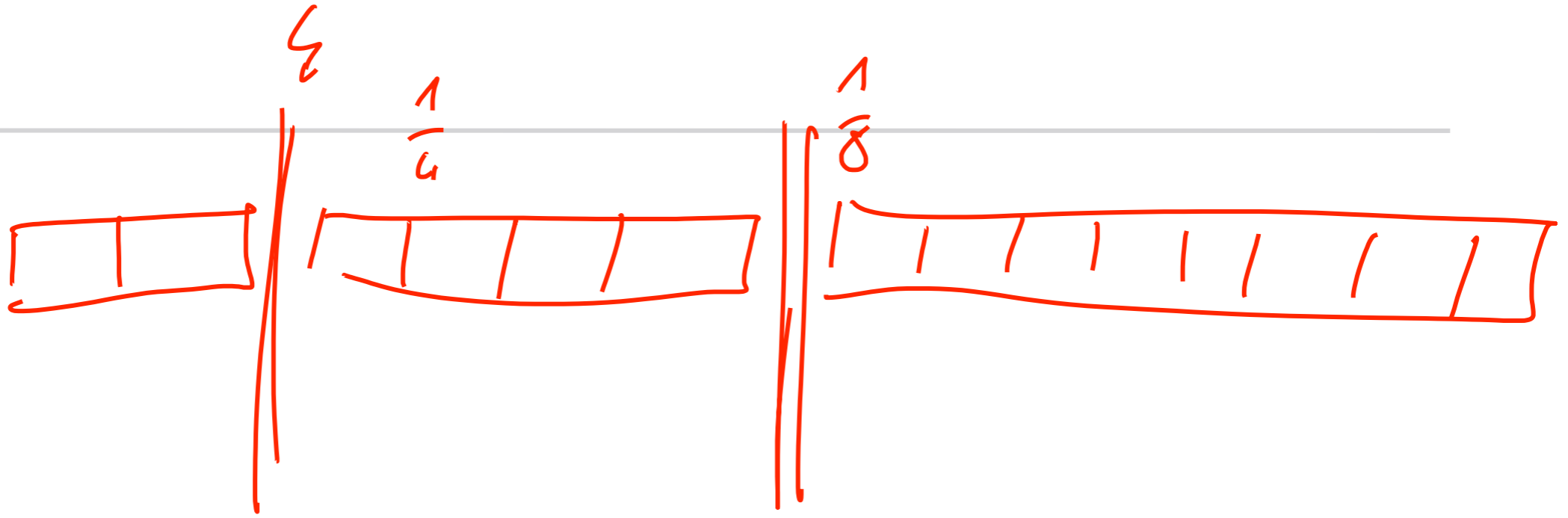


$$P[\# \text{Peeck} = k] = \frac{1}{2^k}$$

$$E[\# \text{Peeck}] = \sum_{i=1}^{\infty} i \cdot \frac{1}{2^i}$$

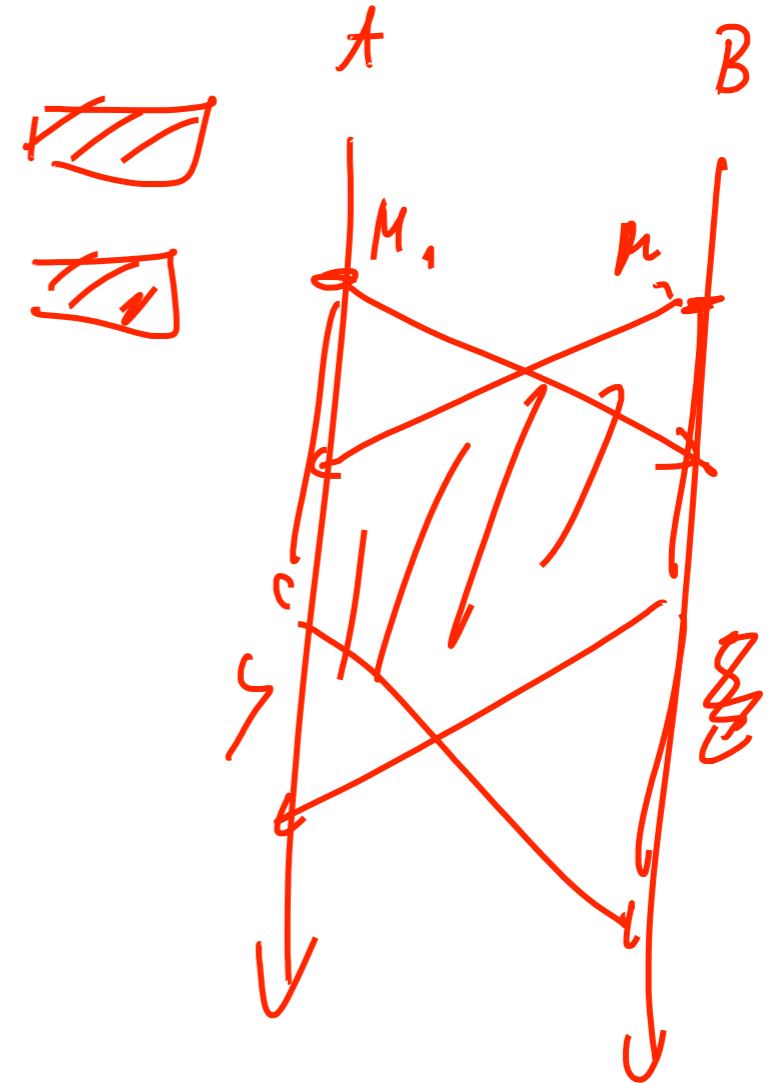
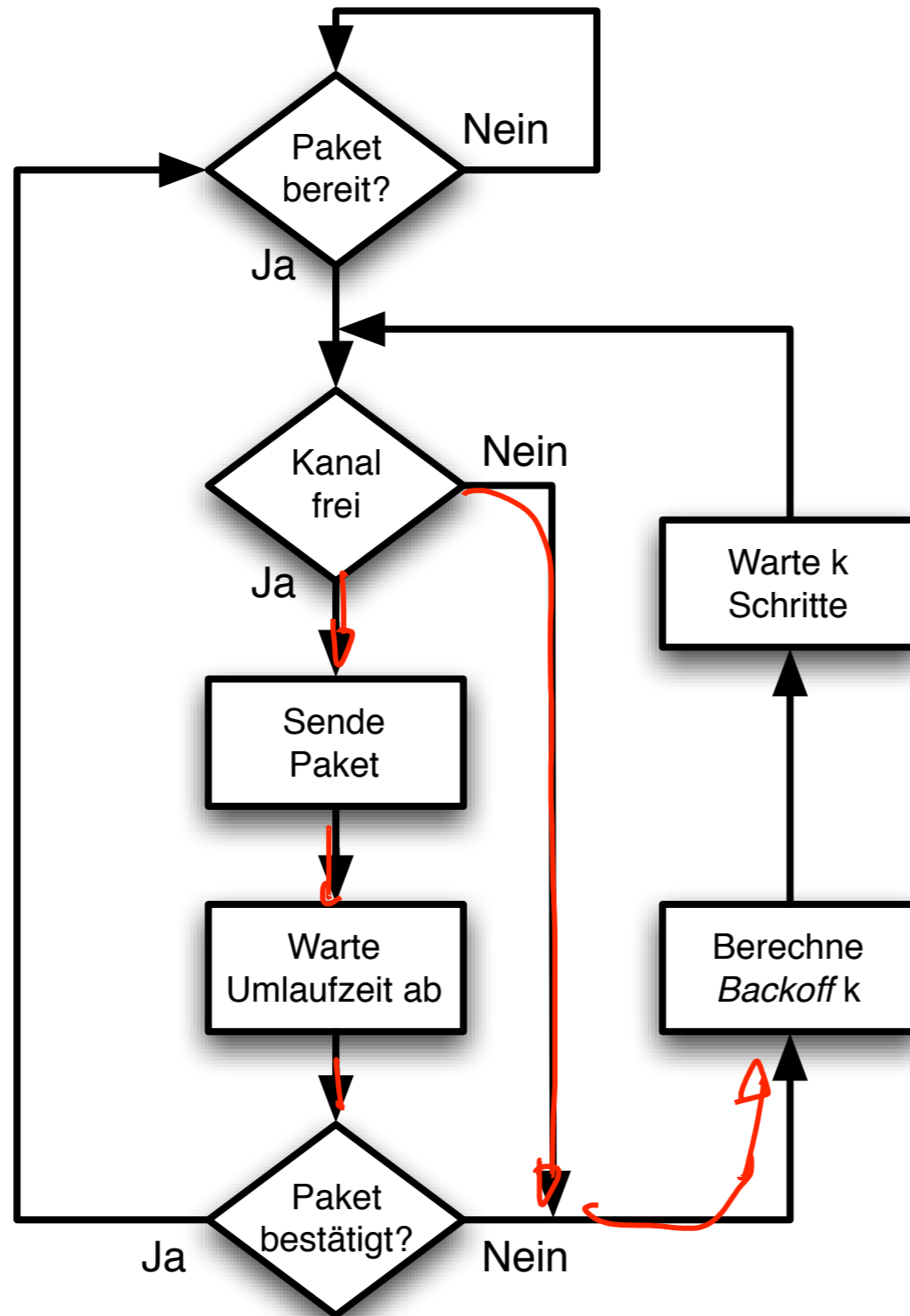


$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} + \frac{2}{4} + \frac{3}{8} + \frac{4}{16} + \frac{5}{32} + \dots \\
 &= \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \dots \\
 &+ \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \dots \\
 &+ \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \dots \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

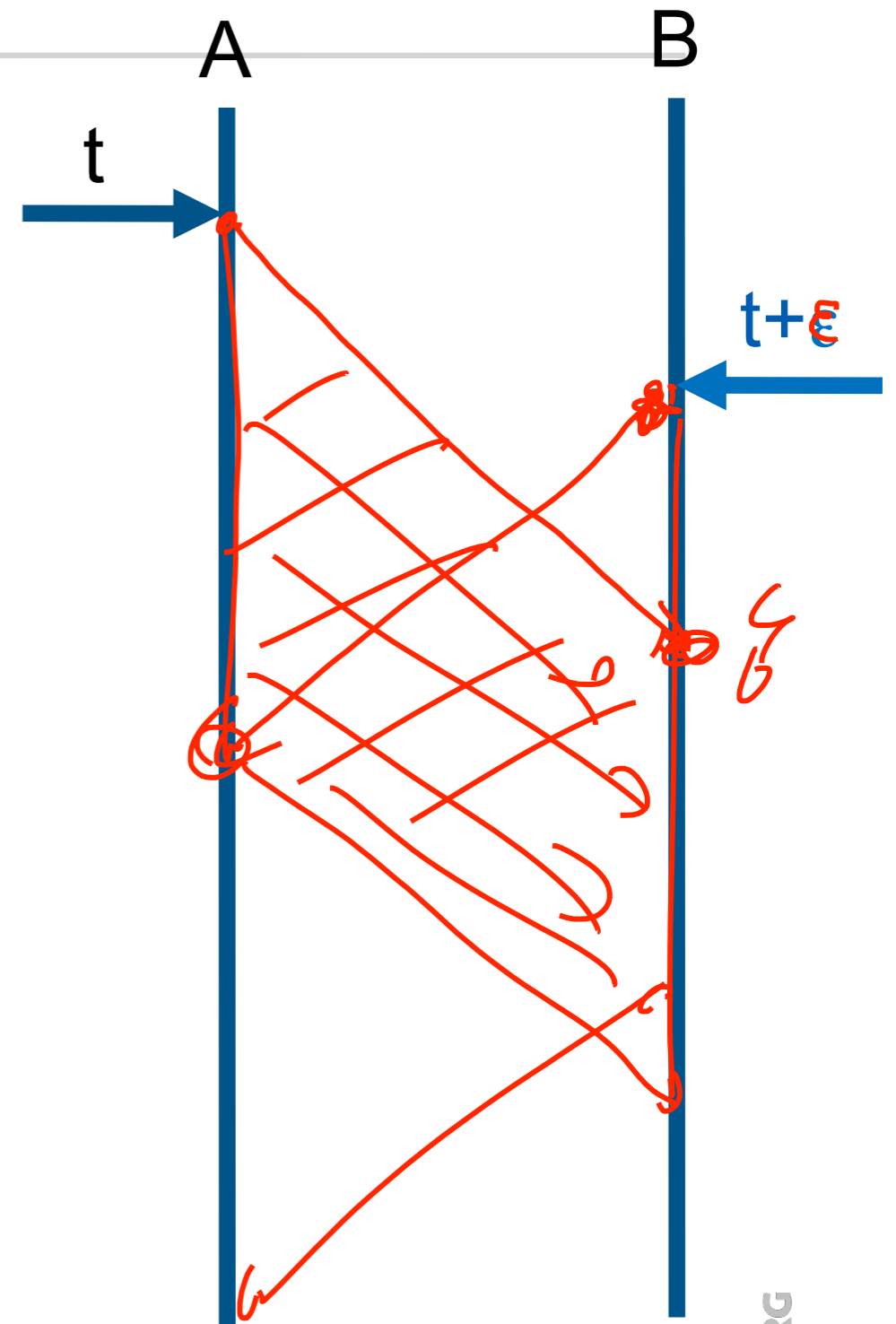


Carrier Sense Medium Access

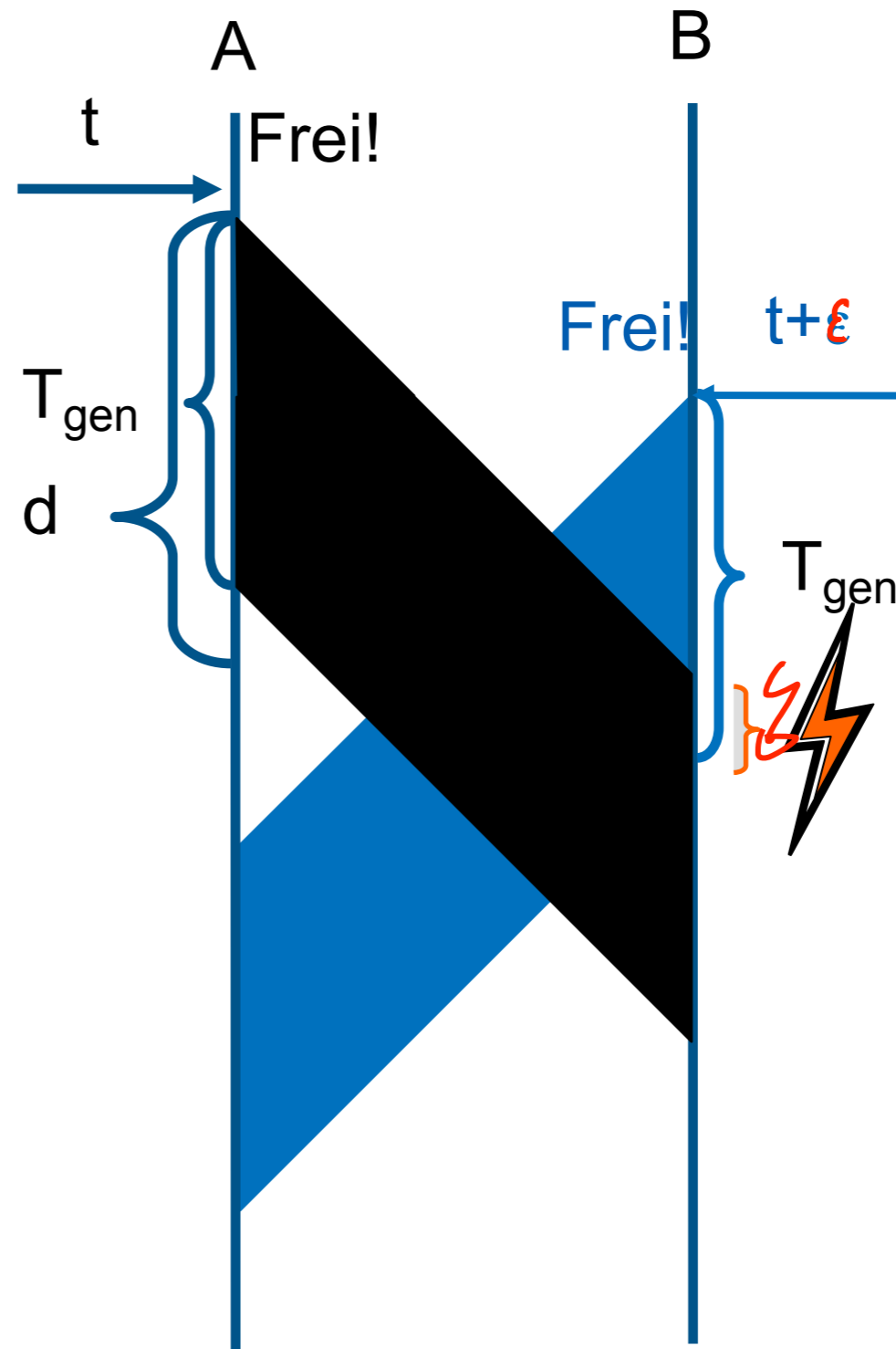
CSMA



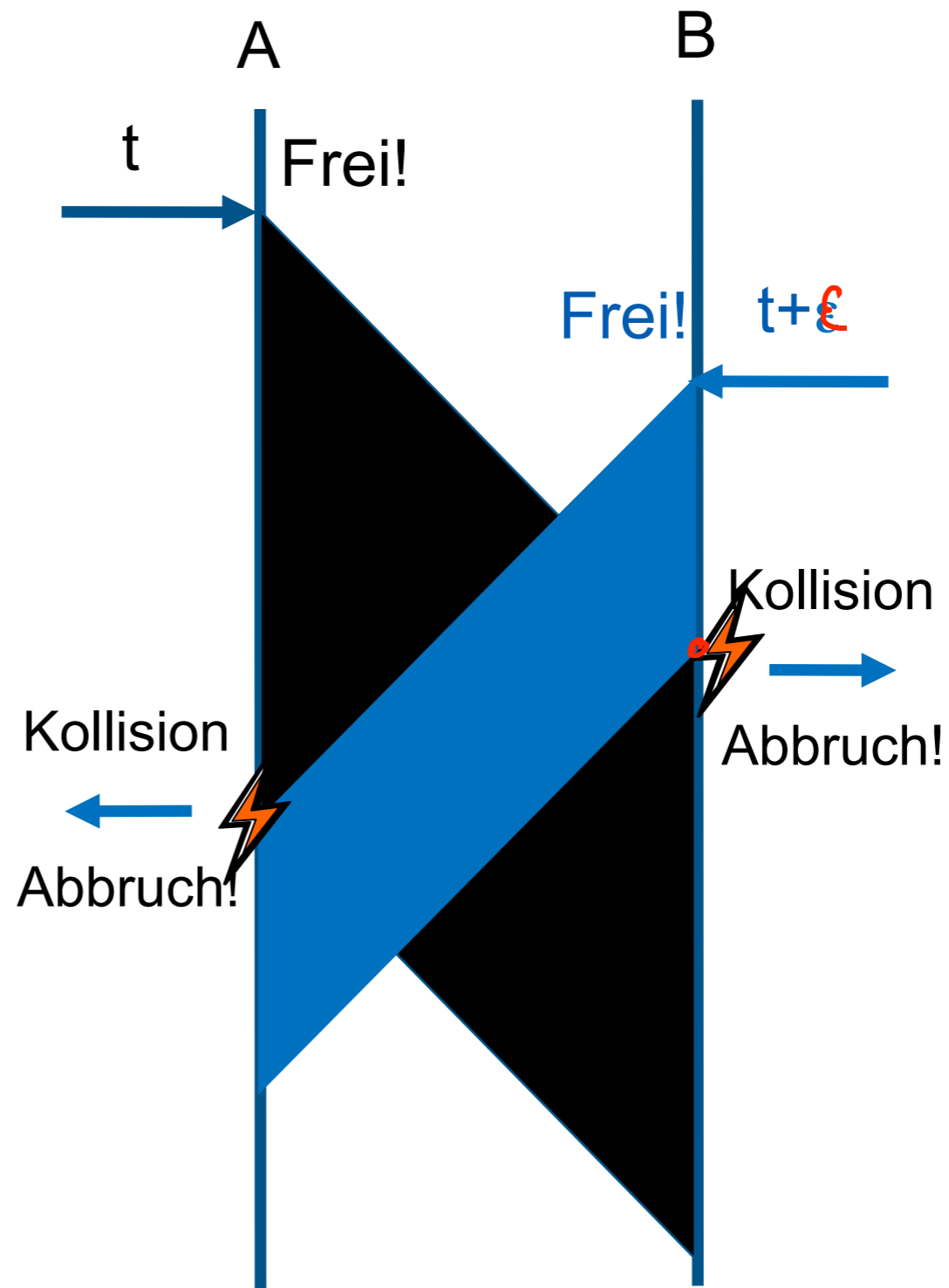
- CSMA-Problem:
 - Übertragungszeit d (propagation delay)
- Zwei Stationen
 - starten Senden zu den Zeitpunkten t und $t+\epsilon$ mit $\epsilon < d$
 - sehen jeweils einen freien Kanal
- Zweite Station
 - verursacht eine Kollision



- Carrier Sense Multiple Access:
 - Erst senden wenn der Kanal frei ist
- CSMA-Problem:
 - Übertragungszeit d (propagation delay)
- Zwei Stationen
 - starten Senden zu den Zeitpunkten t und $t+\epsilon$ mit $\epsilon < d$
 - sehen jeweils einen freien Kanal
- Zweite Station
 - verursacht dann eine Kollision

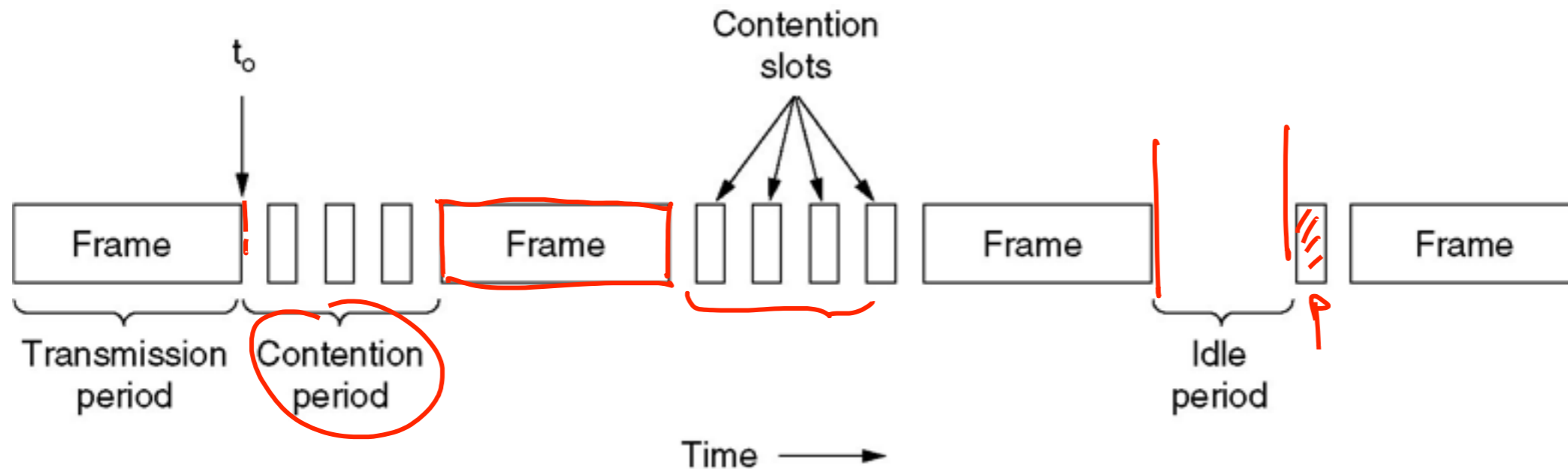


- Falls Kollisionserkennung (collision detection) möglich ist,
 - dann beendet der spätere Sender seine Übertragung
 - Zeitverschwendung wird reduziert, da mindestens eine Nachricht (die erste) übertragen wird
- Fähigkeit der Kollisionserkennung hängt von der Bitübertragungsschicht ab
- CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
- Collision Detection
 - setzt gleichzeitiges Abhören des Kanals nach Kollisionen voraus
 - Ist das was auf dem Kanal geschieht, identisch zu der eigenen Nachricht?



Phasen in CSMA/CD

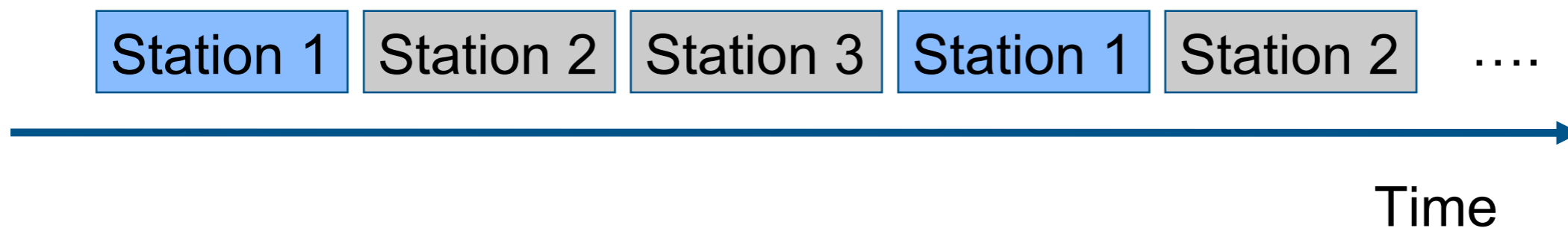
- Leer-Phase (IDLE)
 - Keine Station sendet einen Frame
 - Wettbewerbsphase (Contention Period)
 - Kollisionen entstehen, Übertragungen werden abgebrochen
 - Übertragungsphase (Transmission Period)
 - Keine Kollision, effektiver Teil des Protokolls
- ! Es gibt nur Wettbewerbs-, Übertragungsphasen und Leer-Phasen



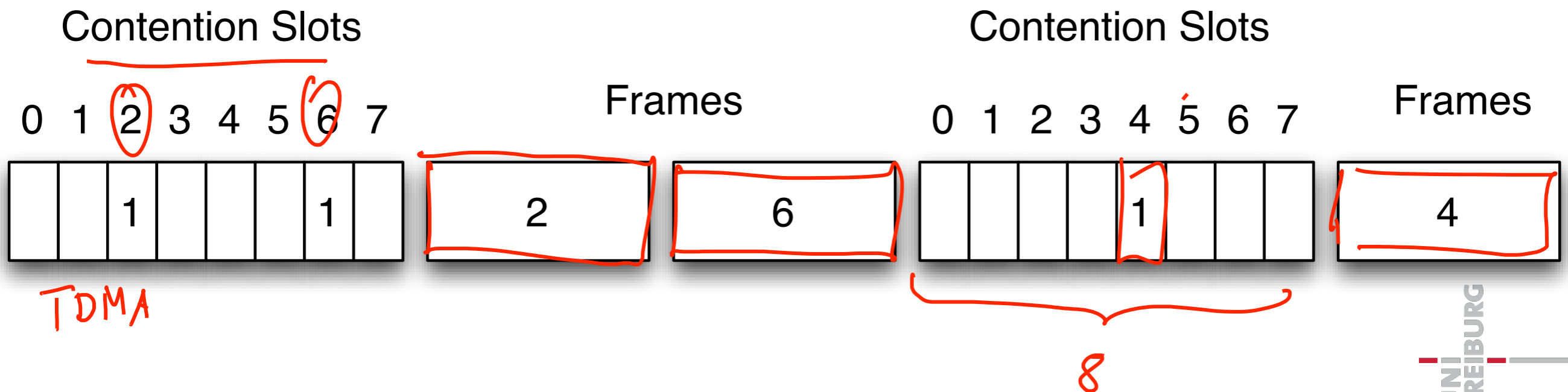
- Statisches Multiplexen
- Dynamische Kanalbelegung
 - Kollisionsbasierte Protokolle ✓
 - ⊖ Kollisionsfreie Protokolle (contention-free)
 - Protokolle mit beschränktem Wettbewerb (limited contention)

T.D.M.A
1^{me} 1^{re}

- Einfaches Beispiel: Statisches Zeit-Multiplexen (TDMA)
 - Jeder Station wird ein fester Zeit-Slot in einem sich wiederholenden Zeitschema zugewiesen
- Nachteile bekannt und diskutiert
- Gibt es dynamische kollisionsfreie Protokoll?



- Probleme von TDMA
 - Wenn eine Station nichts zu senden hat, dann wird der Kanal nicht genutzt
- Reservierungssystem: Bitmap protocol
 - Kurze statische Reservierungs-Slots zur Ankündigung
 - Müssen von jeder Station empfangen werden
- Problem
 - Teilnehmermenge muss a-priori bekannt und fest sein
 - wegen der Zuweisung der Contention Slots



- Verhalten bei geringer Last
 - Falls keine Pakete verschickt werden, wird der (leere) Wettbewerbs-Slot wiederholt
 - Eine Station muss auf seinen Wettbewerbs-Slot warten
 - Erzeugt gewisse Verzögerung (delay)
- Verhalten bei hoher Last
 - Datenpakete dominieren die Kanalbelegung
 - Datenpakete sind länger als die Contention-Slots
 - Overhead ist vernachlässigbar
 - Guter und stabiler Durchsatz
- Bitmap ist ein Carrier-Sense Protokoll!

- Statisches Multiplexen
- Dynamische Kanalbelegung
 - Kollisionsbasierte Protokolle
 - Kollisionsfreie Protokolle (contention-free)
 - Protokolle mit beschränktem Wettbewerb (limited contention)

- Ziel

- geringe Verzögerung bei kleiner Last
 - wie Kollisionsprotokolle
- hoher Durchsatz bei großer Last
 - wie kollisionsfreie Protokolle

- Idee

- Anpassung des Wettbewerb-Slots (contention slot) an die Anzahl der teilnehmenden Stationen
- Mehrere Stationen müssen sich dann diese Slots teilen

Systeme II

4. Die Vermittlungsschicht

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 07.06.2016

■ Circuit Switching

- Etablierung einer Verbindung zwischen lokalen Benutzern durch Schaltstellen
 - mit expliziter Zuordnung von realen Schaltkreisen
 - oder expliziter Zuordnung von virtuellen Ressourcen, z.B. Slots
- Quality of Service einfach, außer bei
 - Leitungsaufbau
 - Leitungsdauer
- Problem
 - Statische Zuordnung
 - Ineffiziente Ausnutzung des Kommunikationsmedium bei dynamischer Last
- Anwendung
 - Telefon
 - Telegraf
 - Funkverbindung

Quality Theory

■ Packet Switching

- Grundprinzip von IP
 - Daten werden in Pakete aufgeteilt und mit Absender/Ziel-Information unabhängig versandt
- Problem: Quality of Service
 - Die ~~Qualität der Verbindung~~ hängt von einzelnen Paketen ab
 - Entweder Zwischenspeichern oder Paketverlust
- Vorteil:
 - Effiziente Ausnutzung des Mediums bei dynamischer Last

■ Resümee

- Packet Switching hat Circuit Switching in praktisch allen
⑥ Anwendungen abgelöst
- Grund:
 - Effiziente Ausnutzung des Mediums

datagram
data \ telegram

■ Transport

- muss gewisse Flusskontrolle gewährleisten
- z.B. Fairness zwischen gleichzeitigen Datenströmen

■ Vermittlung

- Quality of Service (virtuelles Circuit Switching)

■ Sicherung

- Flusskontrolle zur Auslastung des Kanals

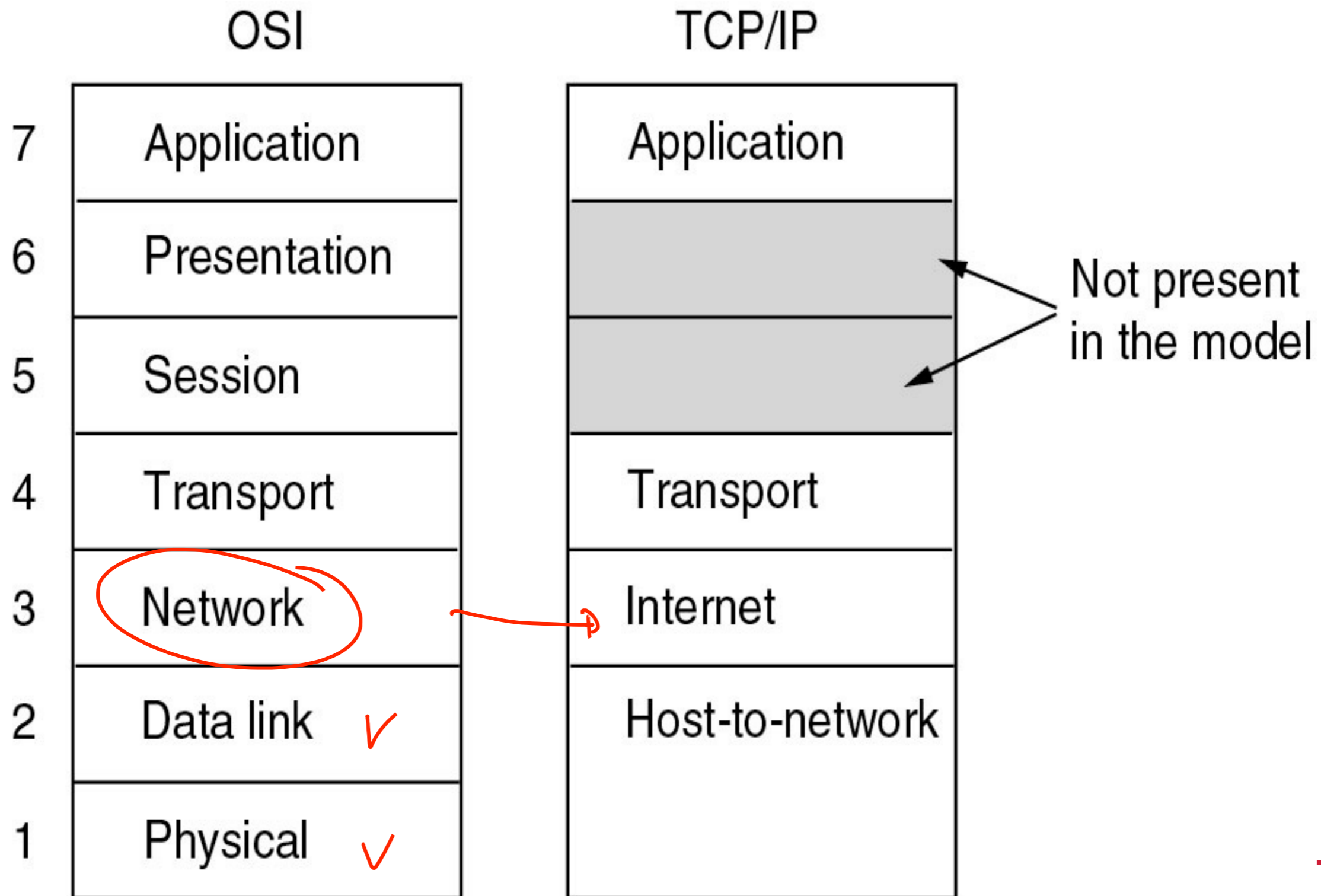
Layer	Policies
Transport ↑	<ul style="list-style-type: none"> • Retransmission policy • Out-of-order caching policy • Acknowledgement policy • Flow control policy • Timeout determination
Network ↓	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Virtual circuits</u> versus <u>datagram</u> inside the subnet • Packet queueing and service policy • Packet discard policy • Routing algorithm • Packet lifetime management
Data link	<ul style="list-style-type: none"> • Retransmission policy • Out-of-order caching policy • Acknowledgement policy • Flow control policy

Phy

Die Schichtung des Internets - TCP/IP-Layer

Anwendung	Application	Telnet, FTP, HTTP, SMTP (E-Mail), ...
Transport	Transport	TCP (Transmission Control Protocol) UDP (User Datagram Protocol)
Vermittlung	Network	IP (Internet Protocol) + ICMP (Internet Control Message Protocol) + IGMP (Internet Group Management Protocol)
Verbindung	Host-to-network	LAN (z.B. Ethernet, Token Ring etc.)

OSI versus TCP/IP



- Lokale Netzwerke können nicht nur über Hubs, Switches oder Bridges verknüpft werden
 - Hubs: Kollisionen nehmen überhand
 - Switches:
 - Routen-Information durch Beobachtung der Daten ineffizient
 - Broadcast aller Nachrichten schafft Probleme
 - Es gibt über 100 Mio. lokale Netzwerke im Internet...
- Zur Beförderung von Paketen in großen Netzwerken braucht man Routeninformationen
 - Wie baut man diese auf?
 - Wie leitet man Pakete weiter?
- Das Internet-Protokoll ist im wesentlichen ein Vermittlungsschichtprotokoll



■ IP-Routing-Tabelle

- enthält für Ziel (Destination) die Adresse des nächsten Rechners (Gateway)
- Destination kann einen Rechner oder ganze Sub-nets beschreiben
- Zusätzlich wird ein Default-Gateway angegeben

■ Packet Forwarding

- ~~früher Packet Routing~~ genannt
- ~~IP-Paket (datagram)~~ enthält Start-IP-Adresse und Ziel-IP-Adresse
 - Ist Ziel-IP-Adresse = eigene Rechneradresse dann Nachricht ausgeliefert
 - Ist Ziel-IP-Adresse in Routing-Tabelle dann leite Paket zum angegebenen Gateway
 - Ist Ziel-IP-Subnetz in Routing-Tabelle dann leite Paket zum angegebenen Gateway
 - Ansonsten leite zum Default-Gateway