

# Systeme II

## 3. Die Datensicherungsschicht

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

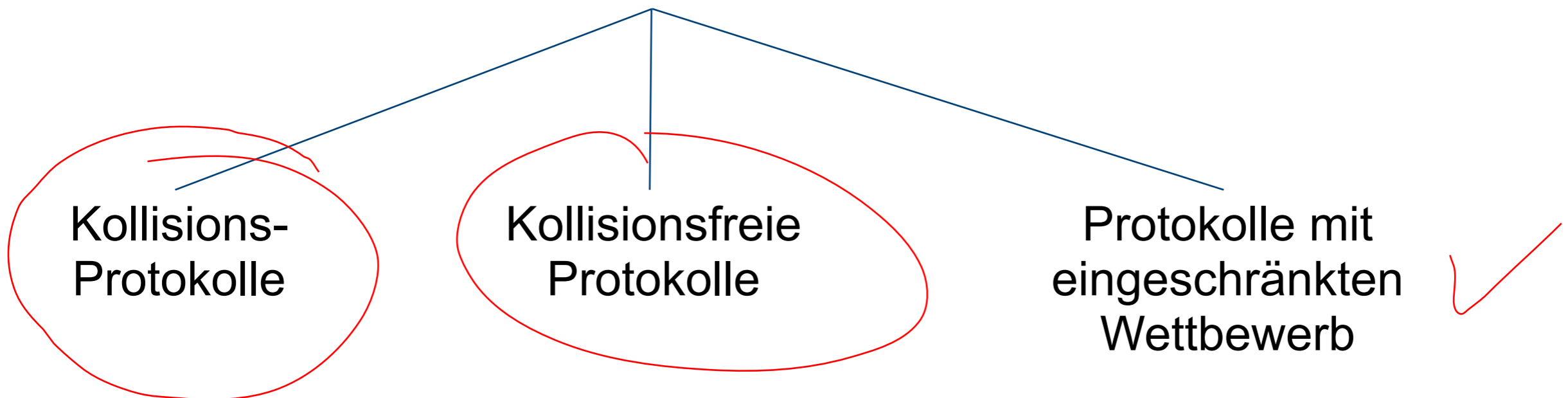
Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 14.05.2013

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

## MAC Protokolle



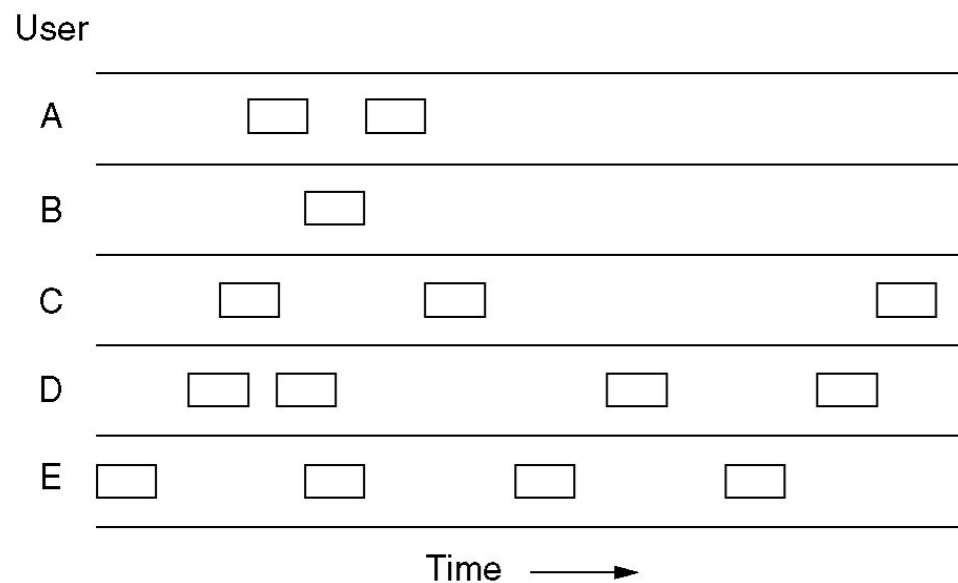
System mit Kollisionen: **Contention System**

- Algorithmus

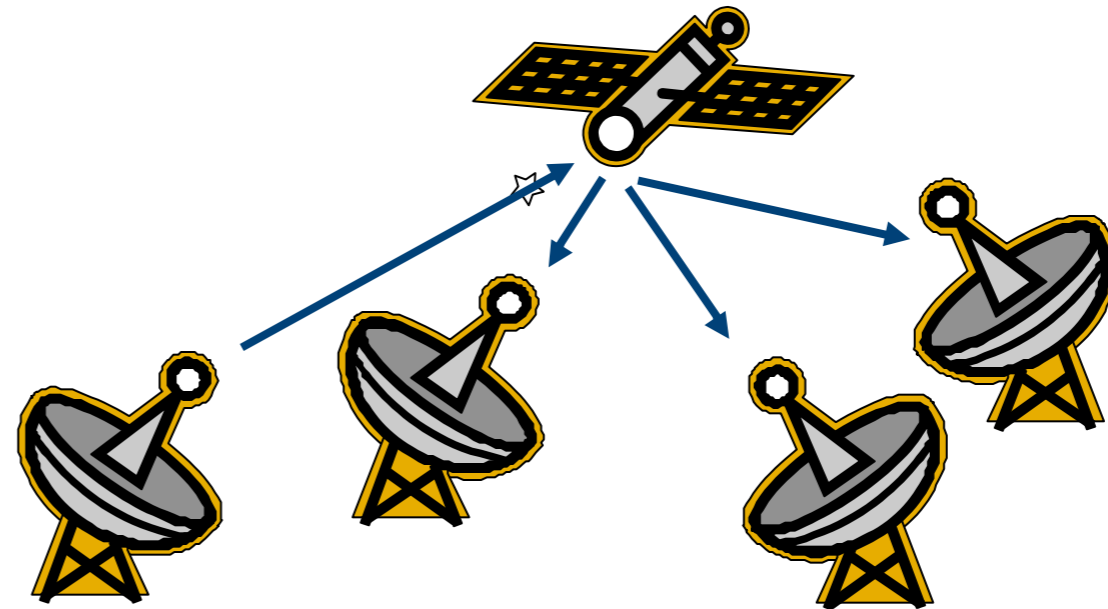
- Sobald ein Paket vorhanden ist, wird es gesendet

- Ursprung

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



Pakete werden zu beliebigen Zeiten übertragen



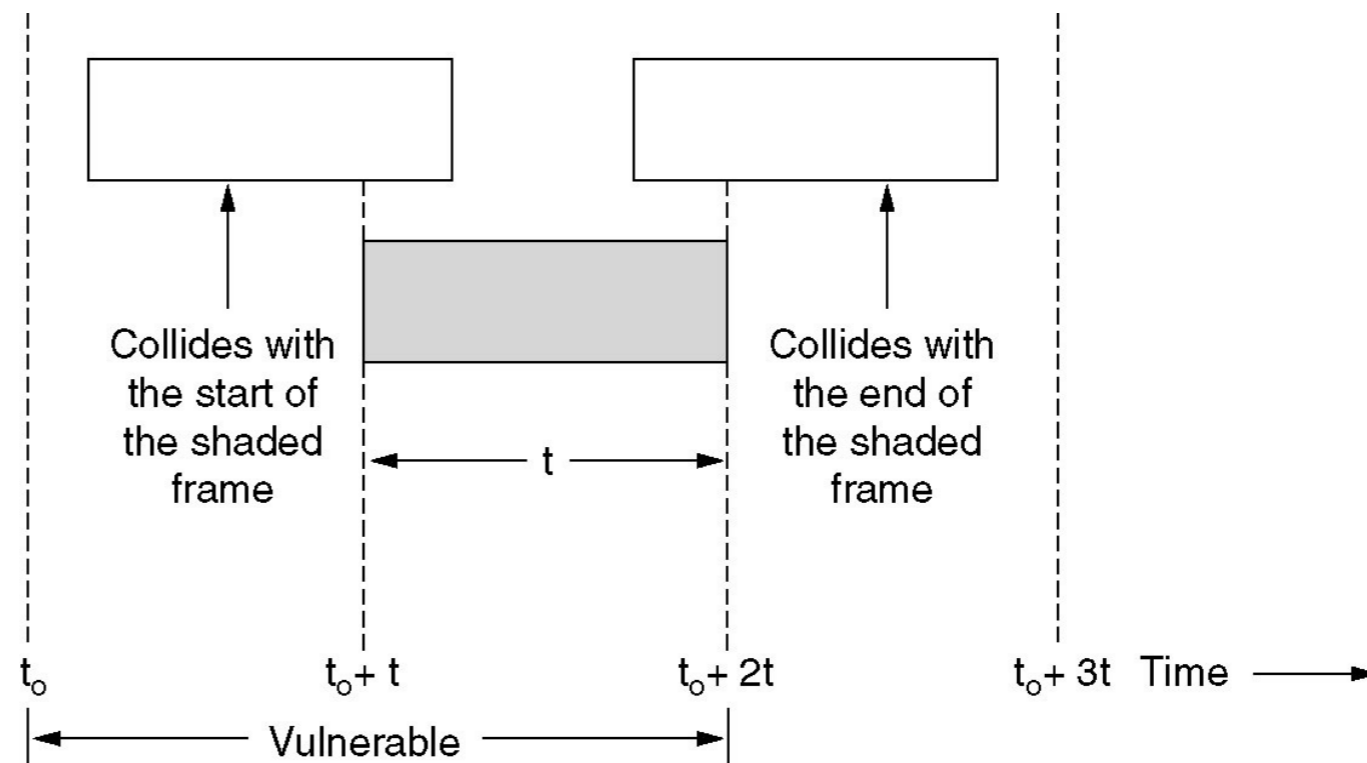
- Vorteile
  - Einfach
  - Keine Koordination notwendig
- Nachteile
  - Kollisionen
    - Sender überprüft den Kanalzustand nicht
  - Sender hat keine direkte Methode den Sende-Erfolg zu erfahren
    - Bestätigungen sind notwendig
    - Diese können auch kollidieren

- 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?

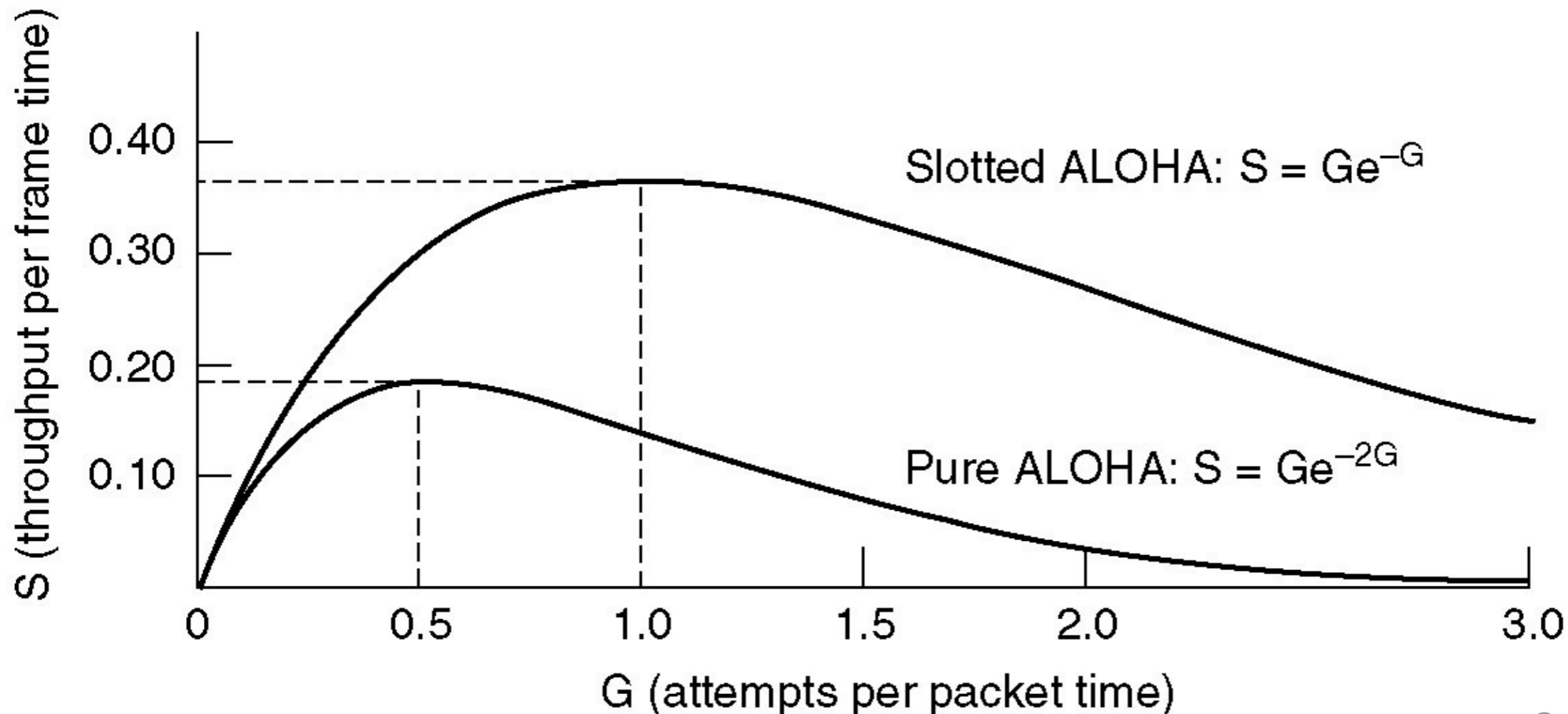
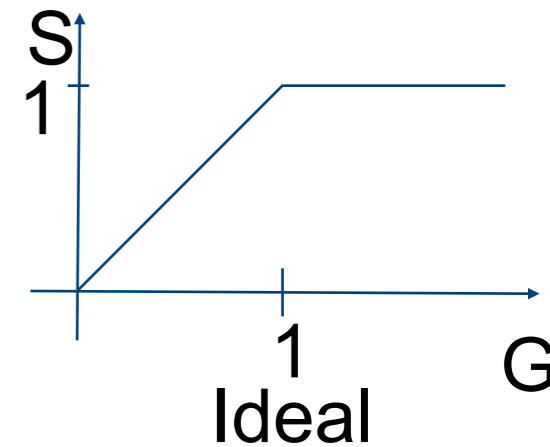
- Ein Paket X wird gestört, wenn
  - ein Paket kurz vor X startet
  - wenn ein Paket kurz vor dem Ende von X startet
- Das Paket wird erfolgreich übertragen, wenn in einem Zeitraum von zwei Paketen kein (anderes) Paket übertragen wird
- Durchsatz:
  - $S(G) = Ge^{-2G}$
  - Optimal für  $G=1/2$ ,  $S=1/e$



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

# 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

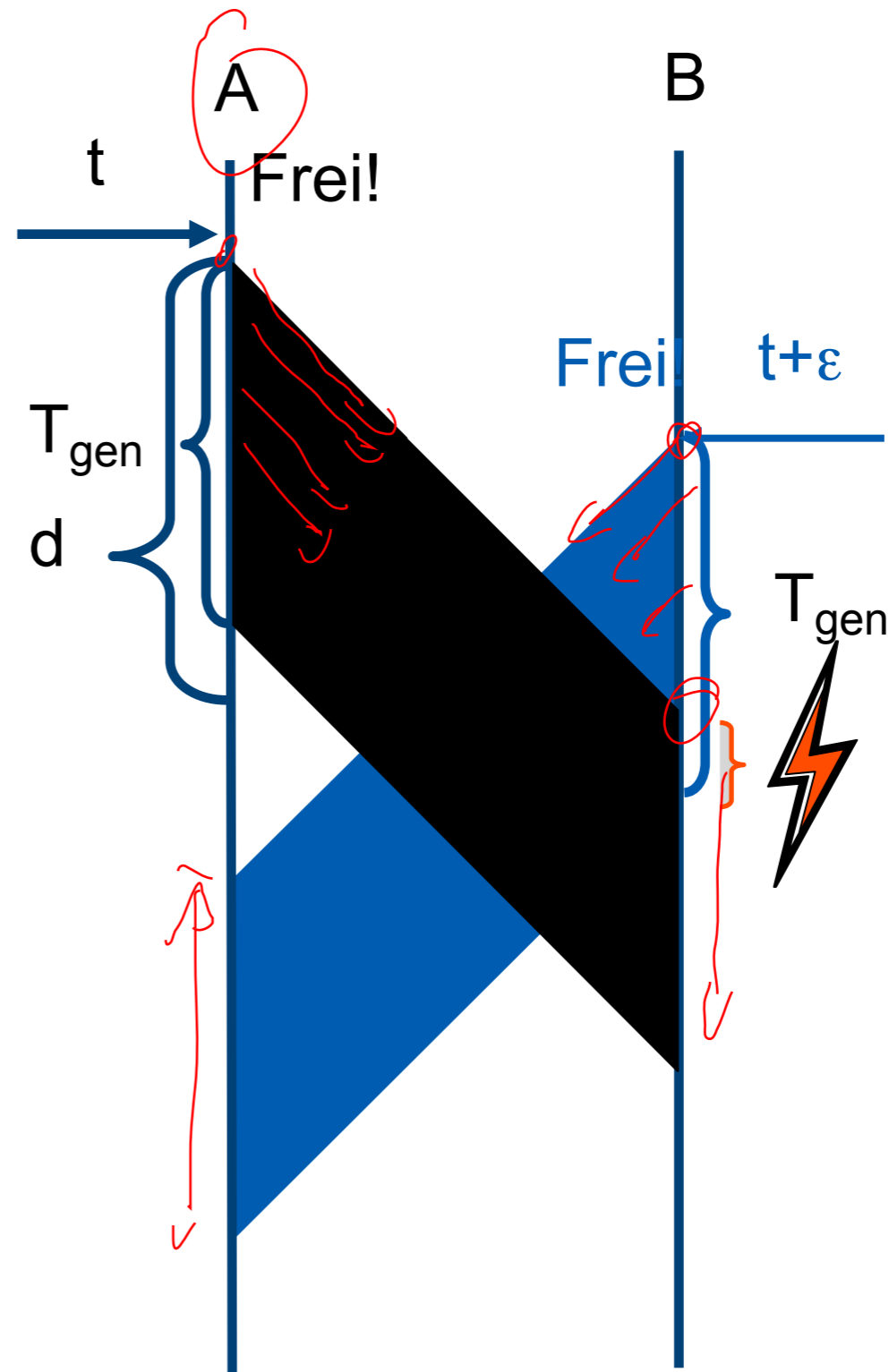


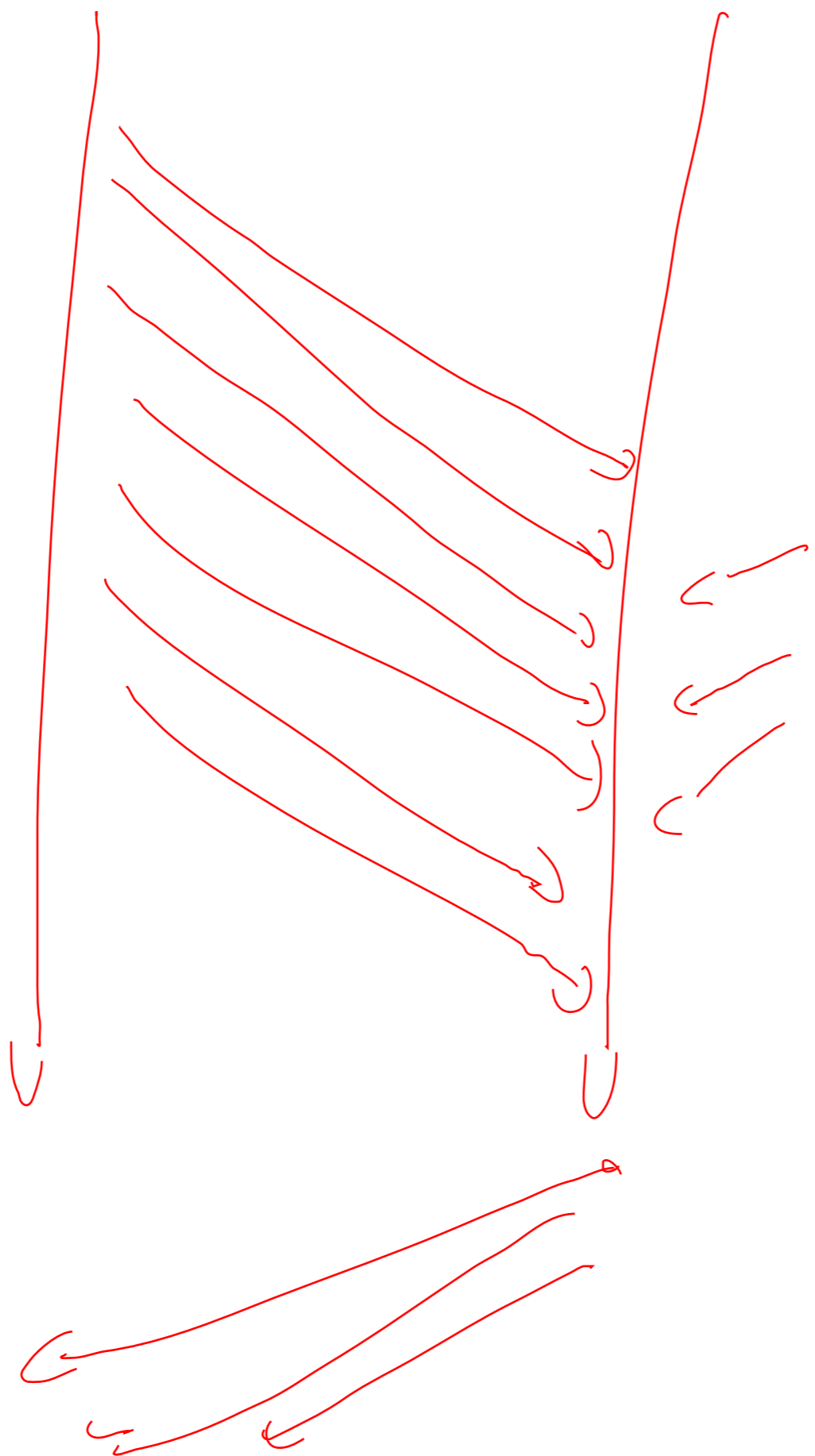


- Nach der Kollision:
- Algorithmus binary exponential backoff
  - $k := 2$
  - Solange Kollision beim letzten Senden
    - Wähle  $t$  gleichwahrscheinlich zufällig aus  $\{0, \dots, k-1\}$
    - Warte  $t$  Zeit-Slots
    - Sende Nachricht (Abbruch bei Collision Detection)
    - $k := 2k$
- Algorithmus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

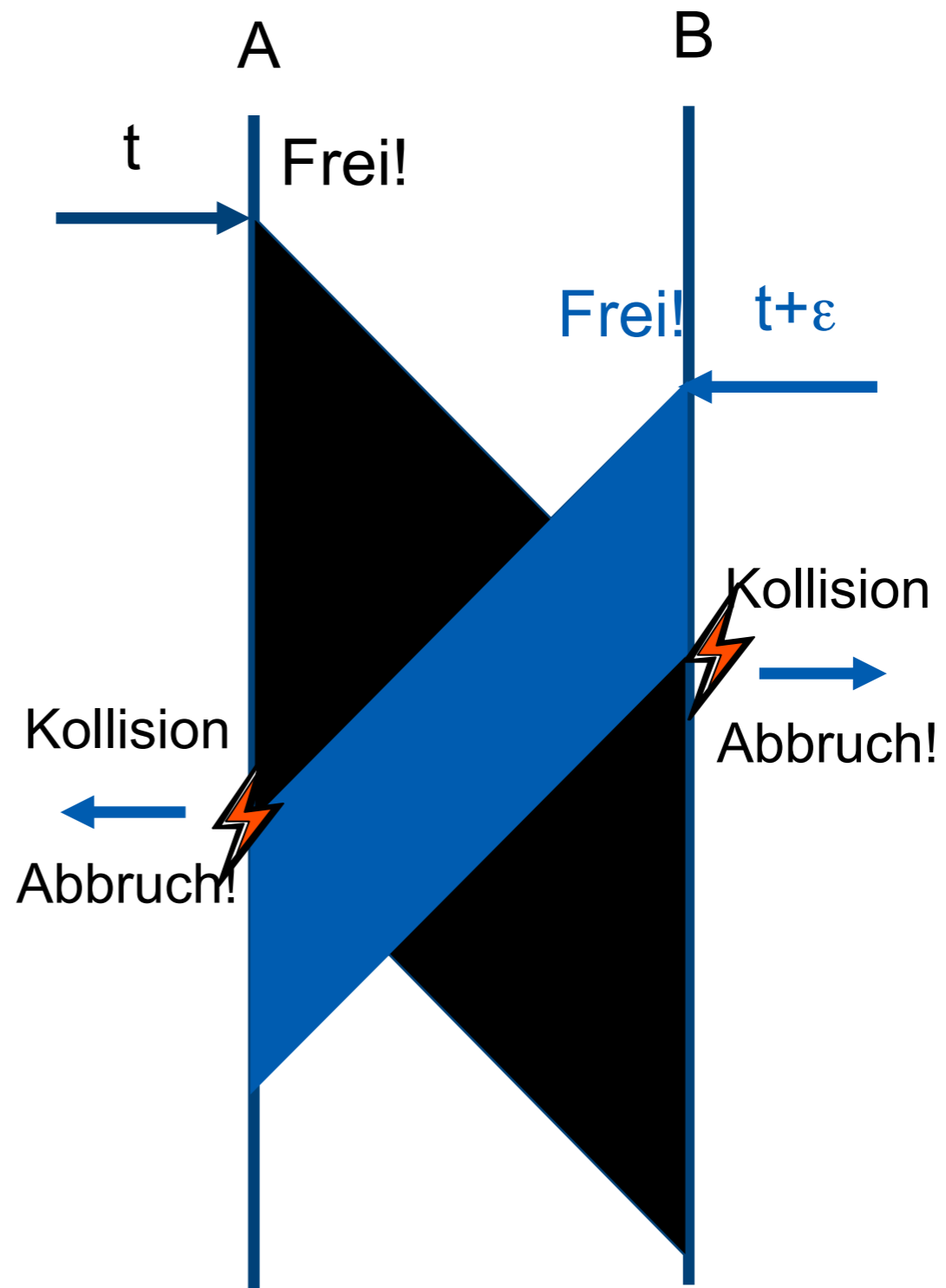
## Carrier Sense Multiple Access:

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



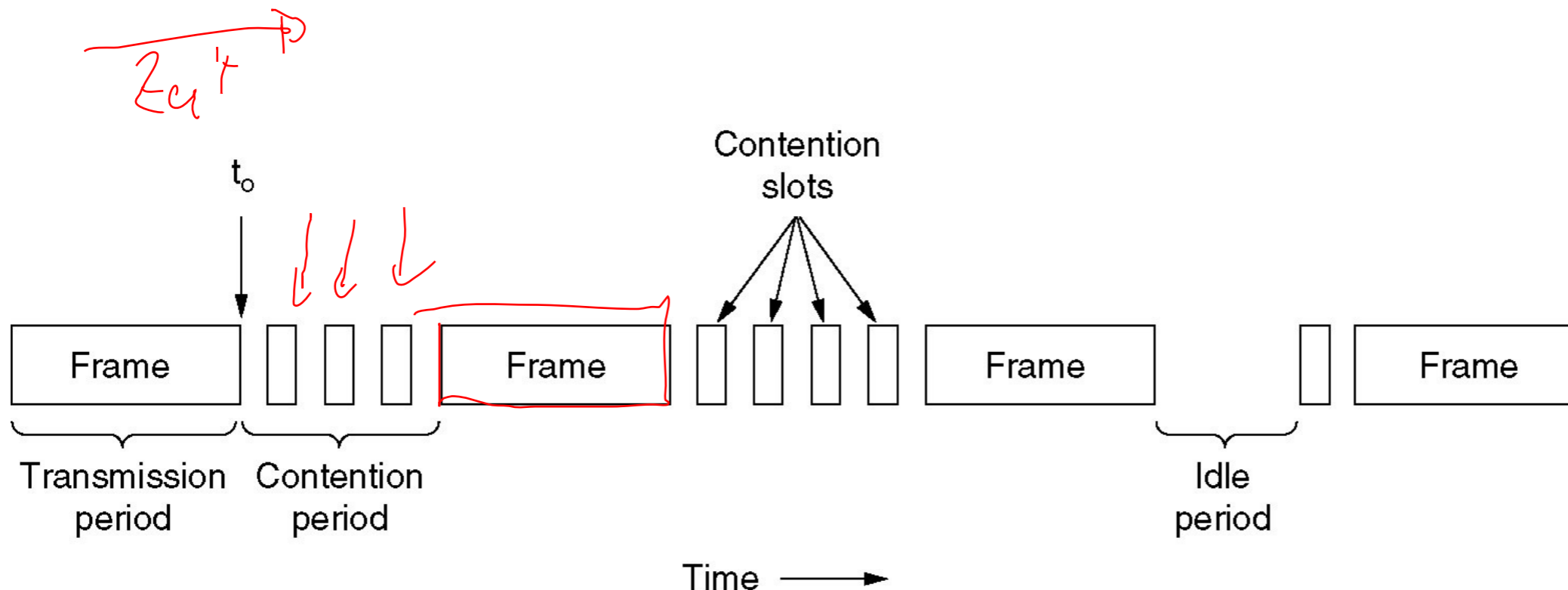


- Falls Kollisionserkennung (collision detection) möglich ist,
  - dann beendet der spätere Sender seine Übertragung
  - Zeitverschwendung wird reduziert, da mindestens eine Nachricht (die erste) übertragen wird
- Fähigkeit der Kollisionserkennung hängt von der Bitübertragungsschicht ab
- CSMA/CD – Carrier 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?



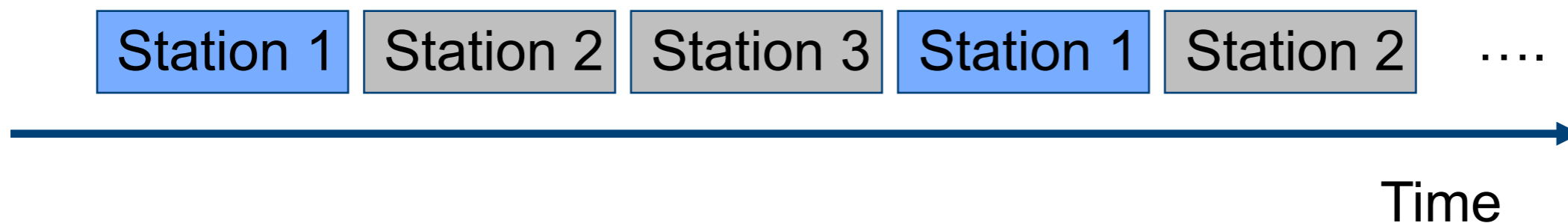
# Phasen in CSMA/CD

- 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

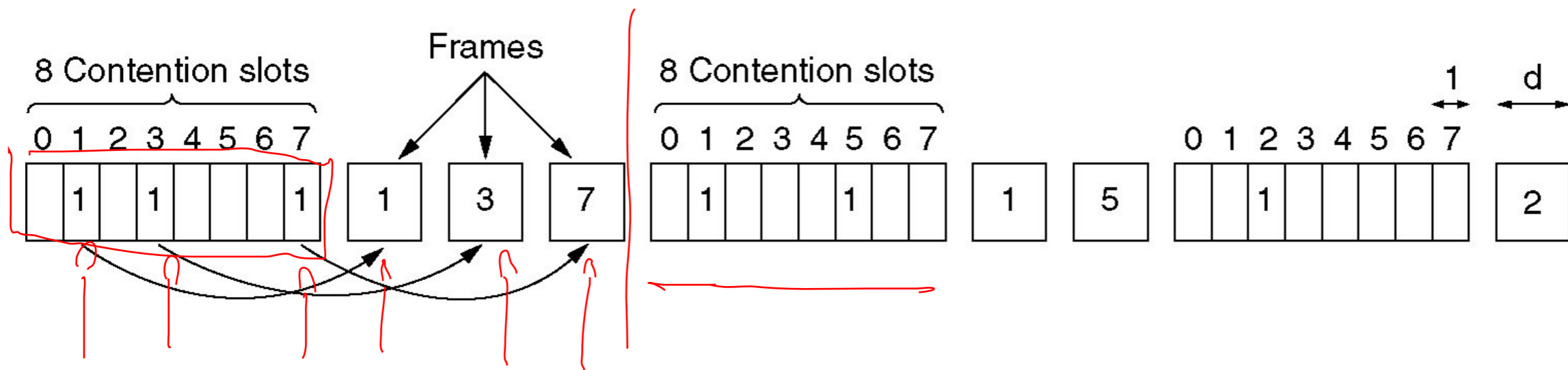


- Statisches Multiplexen
- Dynamische Kanalbelegung
  - Kollisionsbasierte Protokolle
  - Kollisionsfreie Protokolle (contention-free)
  - Protokolle mit beschränktem Wettbewerb (limited contention)

- 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: Bit-map protocol
  - Kurze statische Reservierung-Slots zur Ankündigung
  - Müssen von jeder Station empfangen werden





- 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!

# Systeme II

## 3. Die Datensicherungsschicht

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg