

Systeme II



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Christian Schindelhauer

Sommersemester 2006

11. Vorlesung

01.06.2006

schindel@informatik.uni-freiburg.de



Der Mediumzugriff in der Sicherheitsschicht

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

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



Annahmen

➤ Stationsmodell (terminal model)

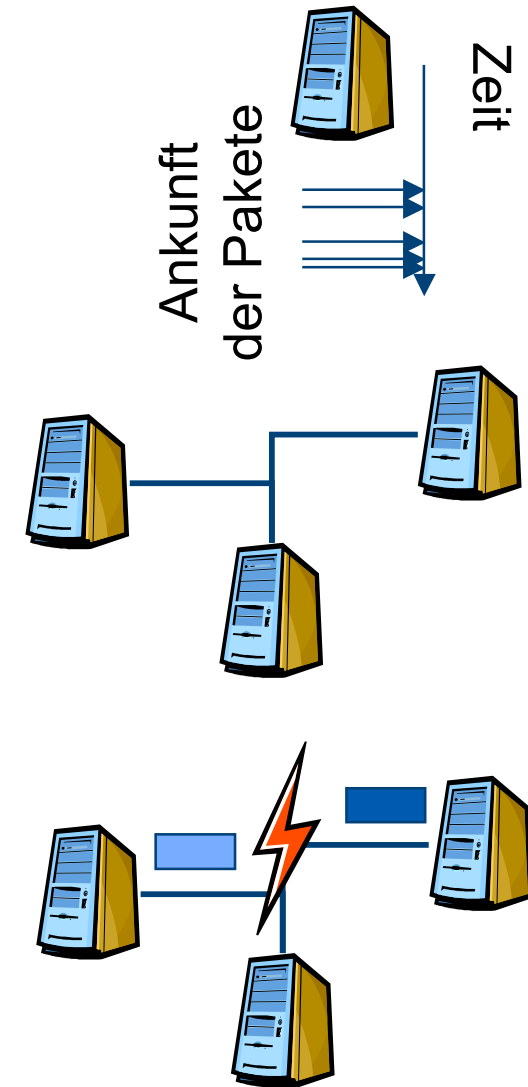
- N unabhängige Stationen möchten eine Leitung/Ressource teilen
- Mögliches Lastmodell:
 - Wahrscheinlichkeit, dass ein Paket im Intervall der Länge Δt erzeugt wird ist $\lambda \Delta t$ für eine Konstante λ

➤ 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





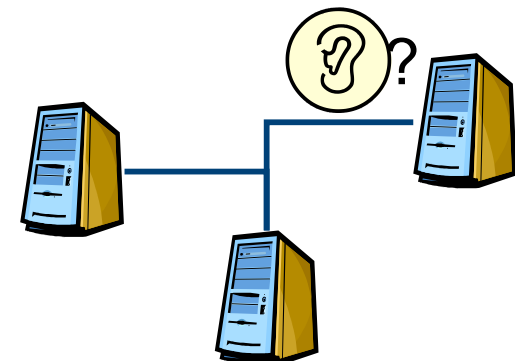
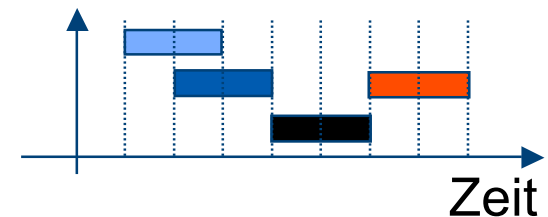
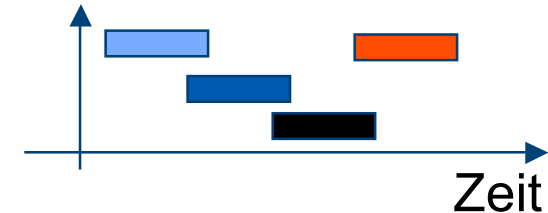
Annahmen

➤ 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





Bewertung des Verhaltens

- **Methoden zur Bewertung der Effizienz einer Kanaluweisung**

- **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



Durchsatz und vorgegebene Last

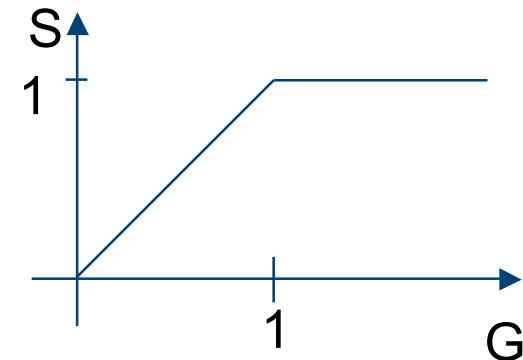
➤ Vorgegebene Last G

- Anzahl der Pakete pro Zeiteinheit, welche das Protokoll bearbeiten soll
- Mehr als ein Paket pro Zeiteinheit: Überlast

➤ Ideales Protokoll

- Durchsatz S entspricht vorgegebener Last G solange $G < 1$
- Durchsatz $S = 1$ sobald $G > 1$

- und kleine Verzögerung für beliebig viele Stationen

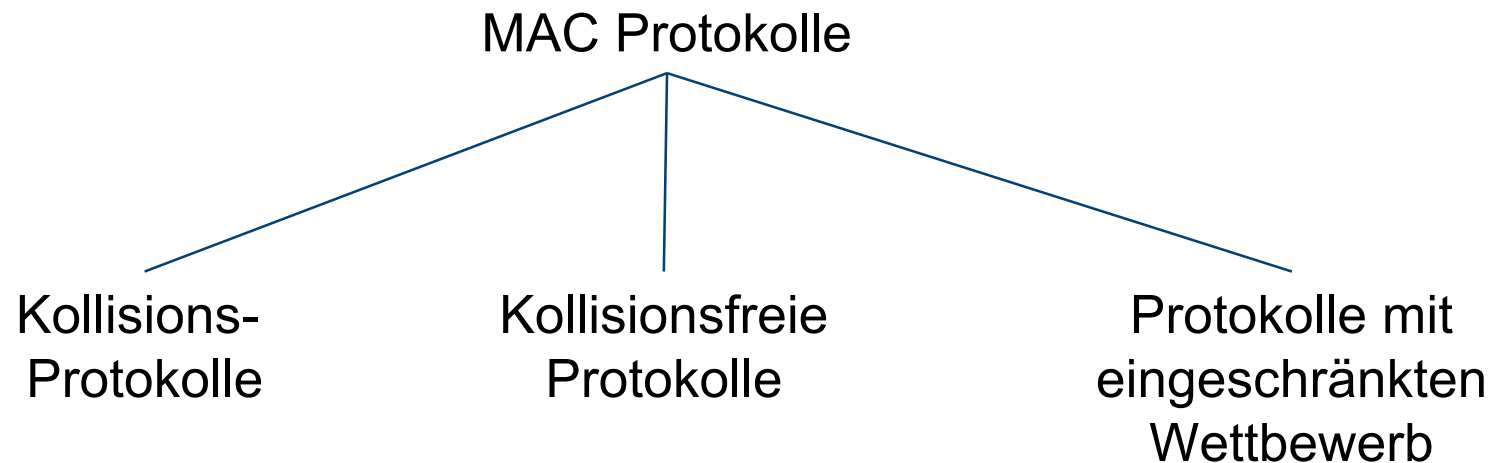




Mögliche MAC-Protokolle

➤ Unterscheidung: Erlaubt das Protokoll Kollisionen?

- Als Systementscheidung
- Die unbedingte Kollisionsvermeidung kann zu Effizienzeinbußen führen



System mit Kollisionen: **Contention System**



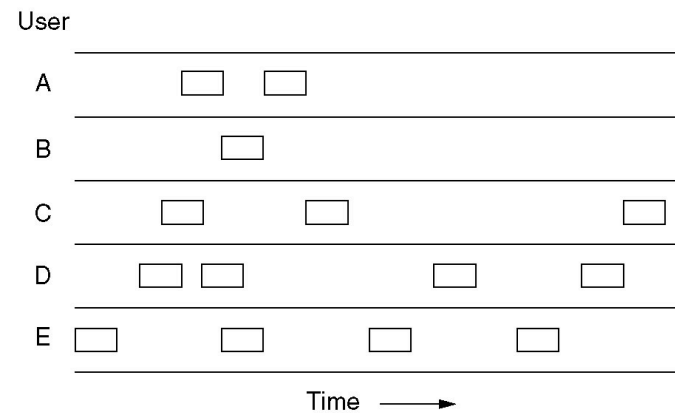
ALOHA

➤ Algorithmus

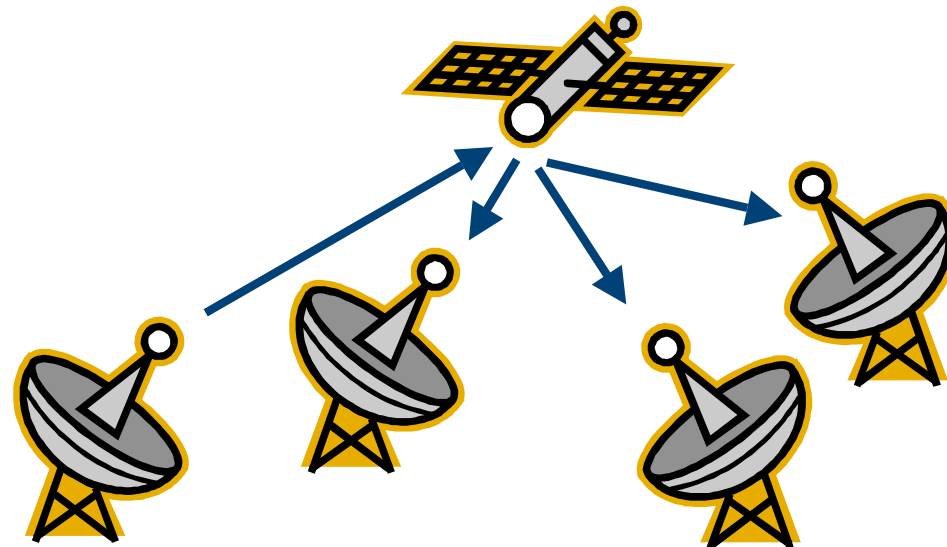
- Sobald ein Paket vorhanden ist, wird es gesendet

➤ Ursprung

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



Pakete werden zu beliebigen Zeiten übertragen





ALOHA – Analyse

➤ 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
 - Dieses können auch kollidieren



ALOHA – Effizienz

➤ **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 zweier Übertragungsversuche pro Paketlänge
- Alle Pakete haben gleiche Länge
- Dann gilt

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

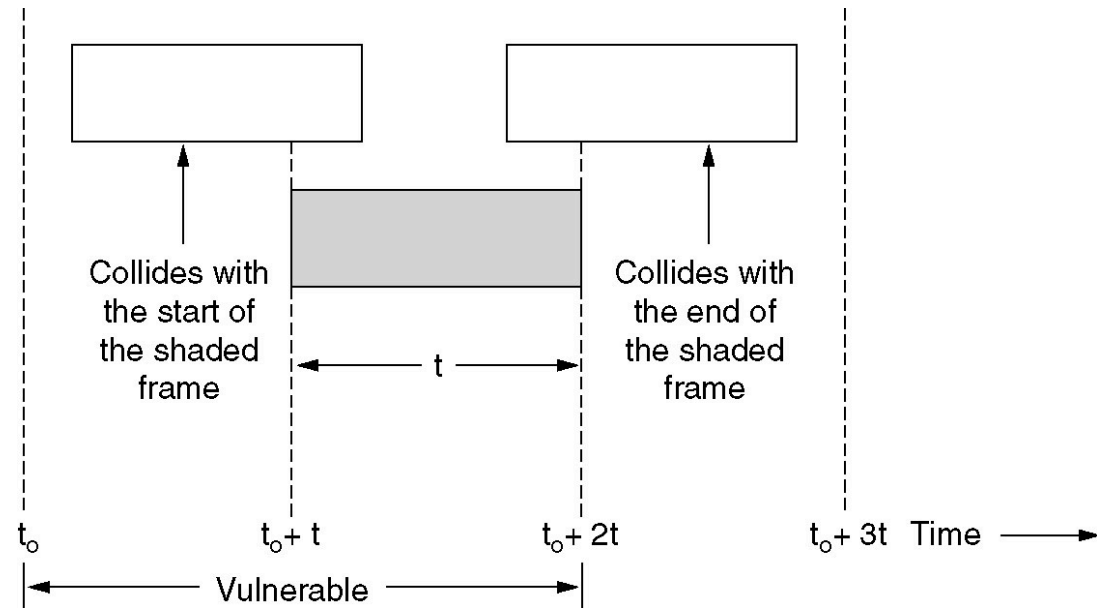
- **Um eine erfolgreiche Übertragung zu erhalten, darf keine Kollision mit einem anderen Paket erfolgen**
- **Wie lautet die Wahrscheinlichkeit für eine solche Übertragung?**



ALOHA – Effizienz

➤ **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

➤ **ALOHA's Problem:**

- Lange Verwundbarkeit eines Pakets

➤ **Reduktion durch Verwendung von Zeitscheiben (Slots)**

- Synchronisation wird vorausgesetzt

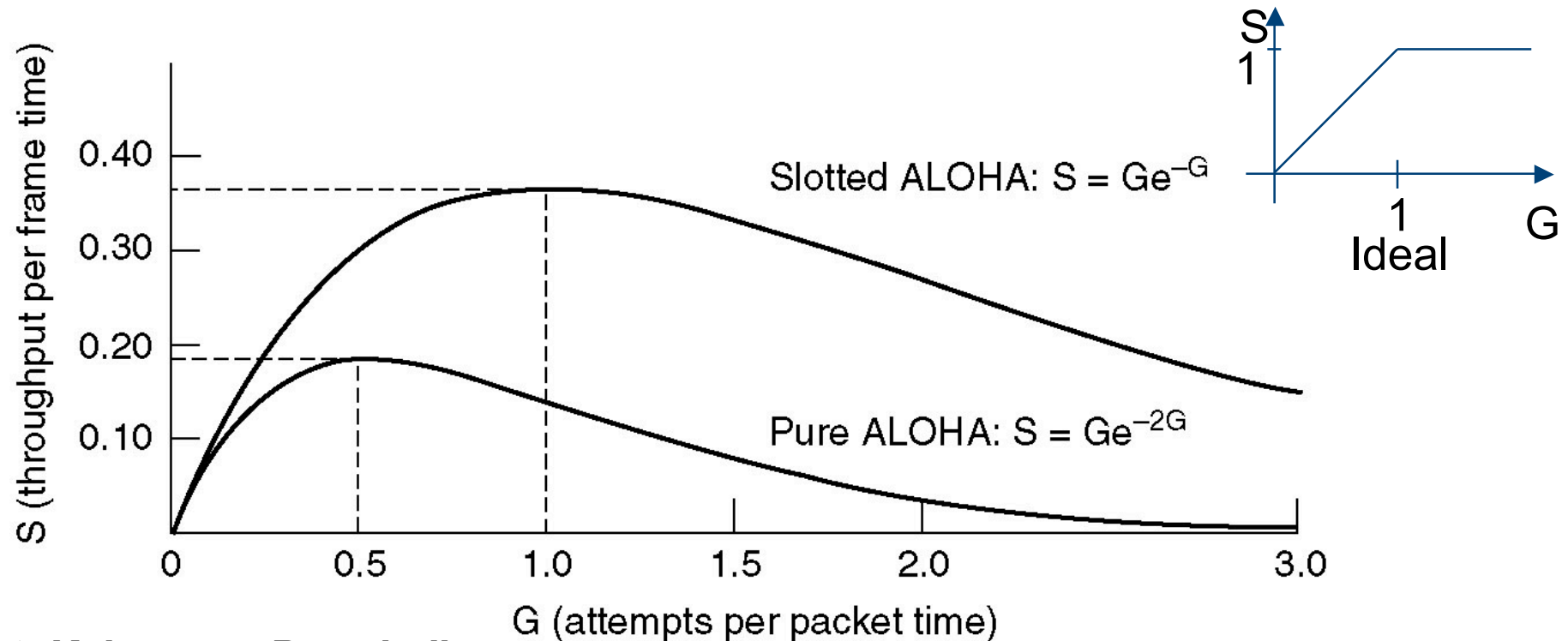
➤ **Ergebnis:**

- Verwundbarkeit wird halbiert
- Durchsatz wird verdoppelt
 - $S(G) = Ge^{-G}$
 - Optimal für $G=1$, $S=1/e$



Durchsatz in Abhängigkeit der Last

- Für (slotted) ALOHA gibt es geschlossene Darstellung in Abhängigkeit von G möglich



- **Kein gutes Protokoll**
 - Durchsatz bricht zusammen, wenn die Last zunimmt



Trägermessung (*Carrier Sensing*)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

➤ Strategie

- Erst zuhören, dann reden

➤ Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- Kein Versand von Nachrichten, falls der Träger (Carrier) nicht frei ist



1-persistent CSMA

➤ **Algorithmus:**

- Falls der Träger belegt ist,
 - warte bis er frei ist
 - Dann wird sofort gesendet

➤ **Beharrliches Warten (persistent waiting)!**

➤ **Problem**

- Wenn mehr als eine Station wartet
 - dann gibt es garantiert eine Kollision

➤ **Aber besser als ALOHA oder slotted ALOHA**



Non-persistent CSMA

➤ Algorithmus

- Wenn der Kanal frei ist, sende
- Wenn der Kanal belegt ist
 - dann warte eine zufällige Zeitdauer
 - Überprüfe den Kanal wieder, usw.

➤ Der Kanal wird nicht kontinuierlich überprüft

- weniger gierig

➤ Effizienz ist abhängig von der Wahrscheinlichkeitsverteilung der gewählten zufälligen Zeitdauer

- Im allgemeinen ergibt sich aber ein besserer Durchsatz als bei persistent CSMA für höhere Last
- Bei geringer Last ergibt sich ein Overhead durch die Wartezeit



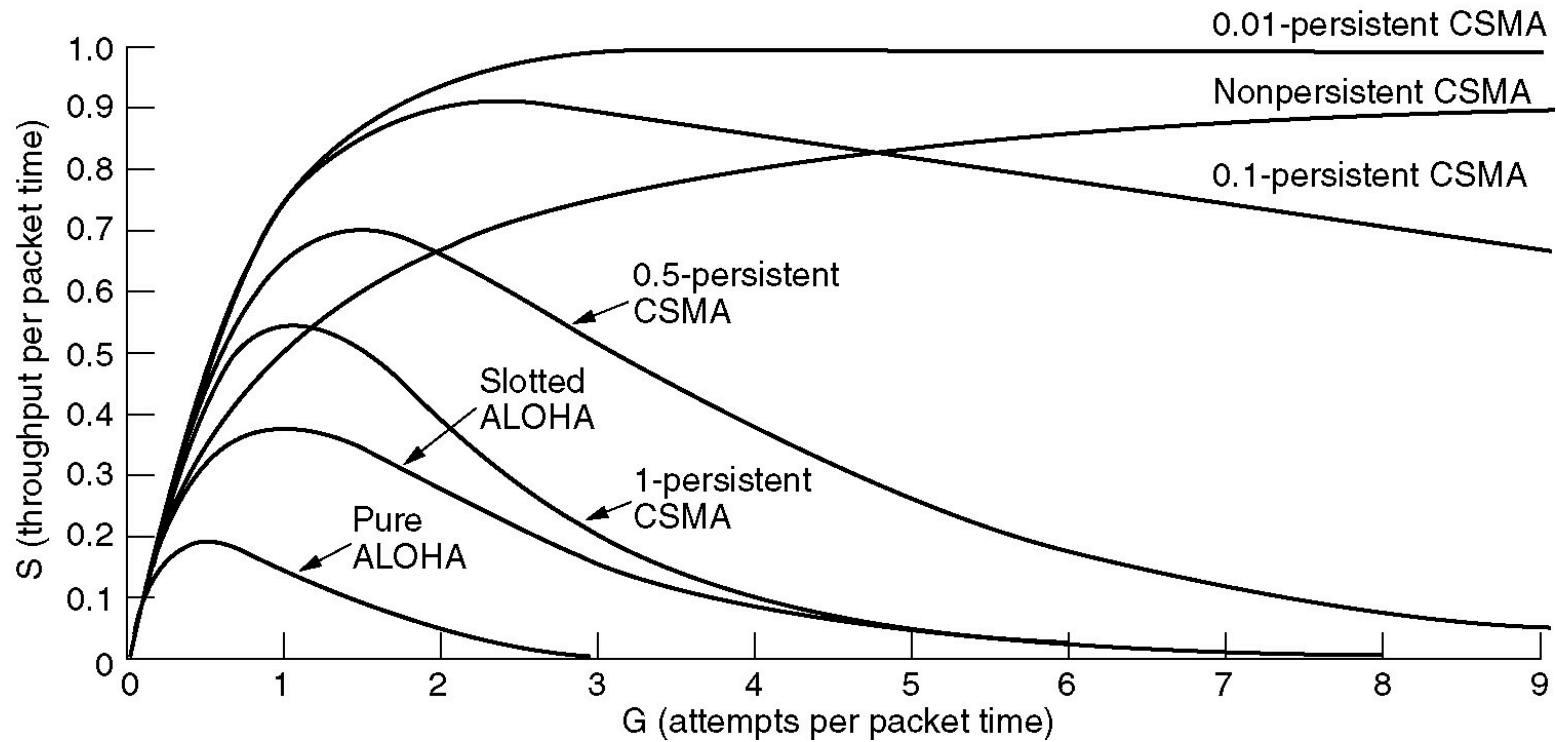
p-persistent CSMA

- **Kombination aus persistent und non-persistent CSMA**
 - mit einem Zeit-Slotmodell

- **Algorithmus**
 1. Wenn der Kanal frei ist, sende das Paket
 2. Wenn der Kanal belegt ist,
 - überprüfe ihn durchgehend bis er frei wird
 3. Sobald der Kanal frei ist
 - mit Wahrscheinlichkeit p
 - Sende das Paket
 - ansonsten (mit Wahrscheinlichkeit $1-p$)
 - Sende nicht und warte eine Runde
 - Gehe zu 2.



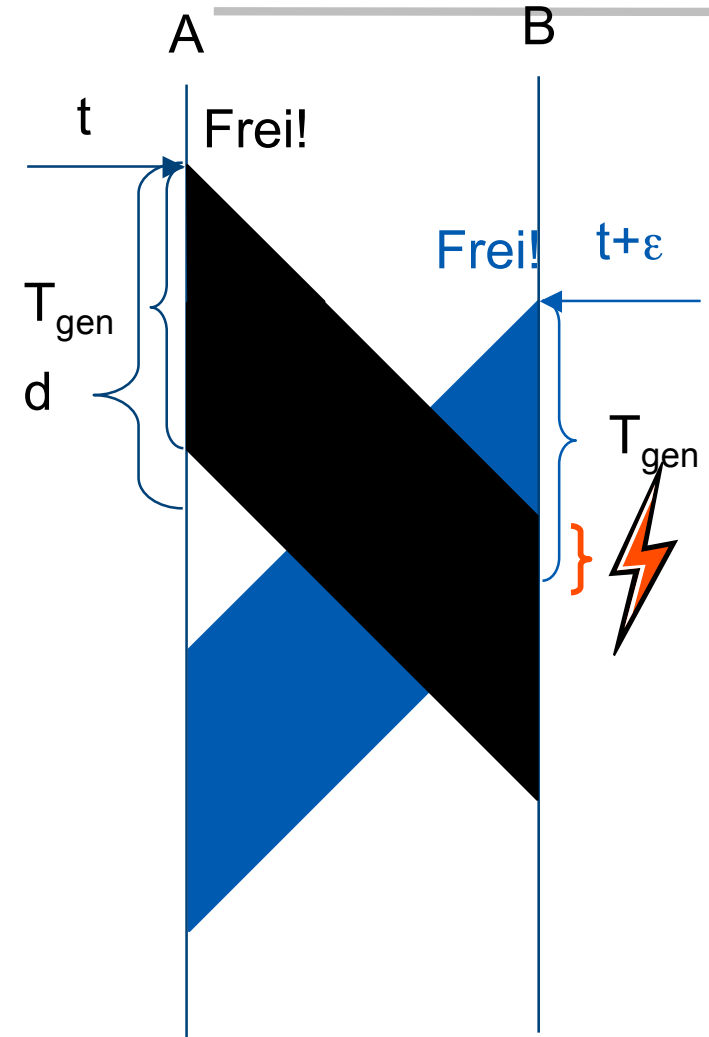
Effizienz von CSMA





CSMA und Übertragungszeit

- **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 eine Kollision

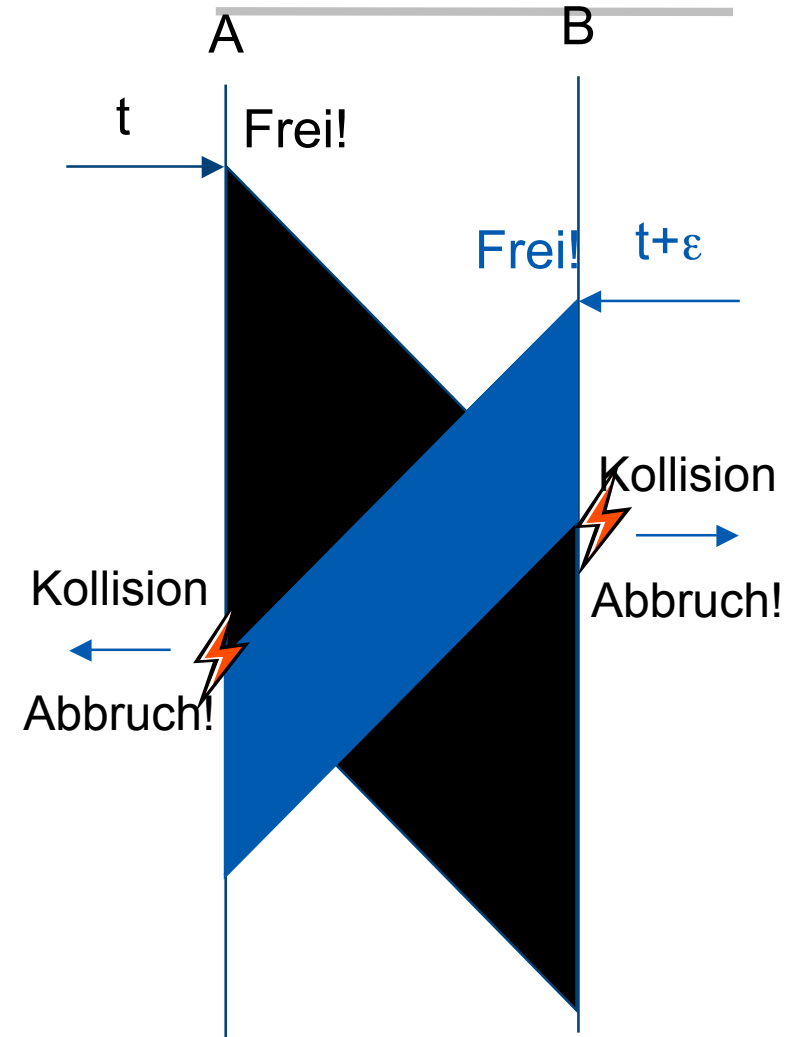




Kollisionserkennung – CSMA/CD

- 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





Nach der Kollisionserkennung

➤ Koordinierter Wettbewerb:

- Verwendung von Contention- und Übertragungs-Zeiträumen

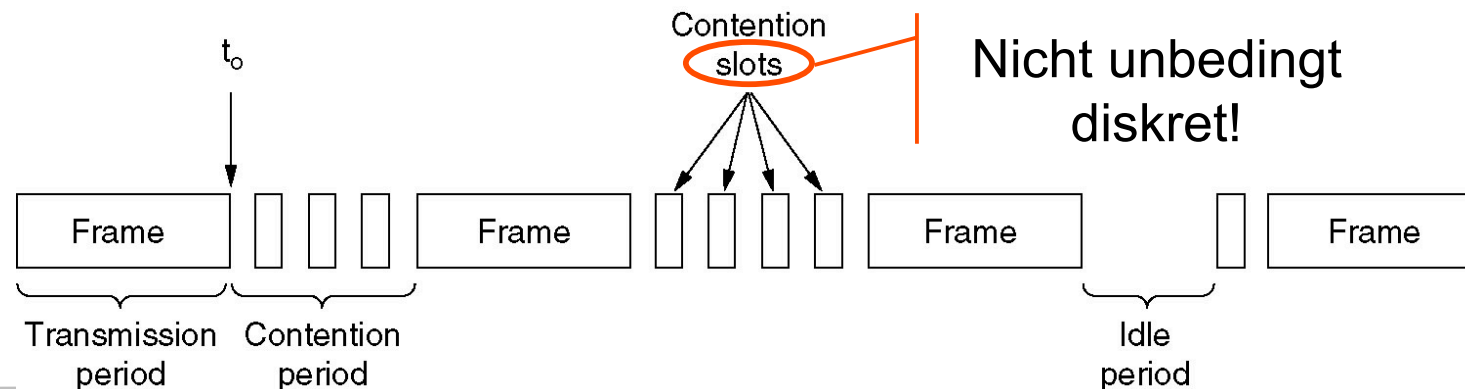
➤ Wettbewerbsphase (Contention Period)

- Hier wird durch eine Kollisionsprotokoll der Sender bestimmt
- Kurzer Zeitraum, da keine Daten übertragen werden

➤ Übertragungsphase (Transmission Period)

- Vorausgegangener Wettbewerb bestimmt den Sender
- Keine Kollision, effektiver Teil des Protokolls

! Alternation between contention and transmission phases



Ende der 11. Vorlesung



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Systeme II
Christian Schindelhauer
schindel@informatik.uni-freiburg.de