



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Algorithmen für drahtlose Netzwerke

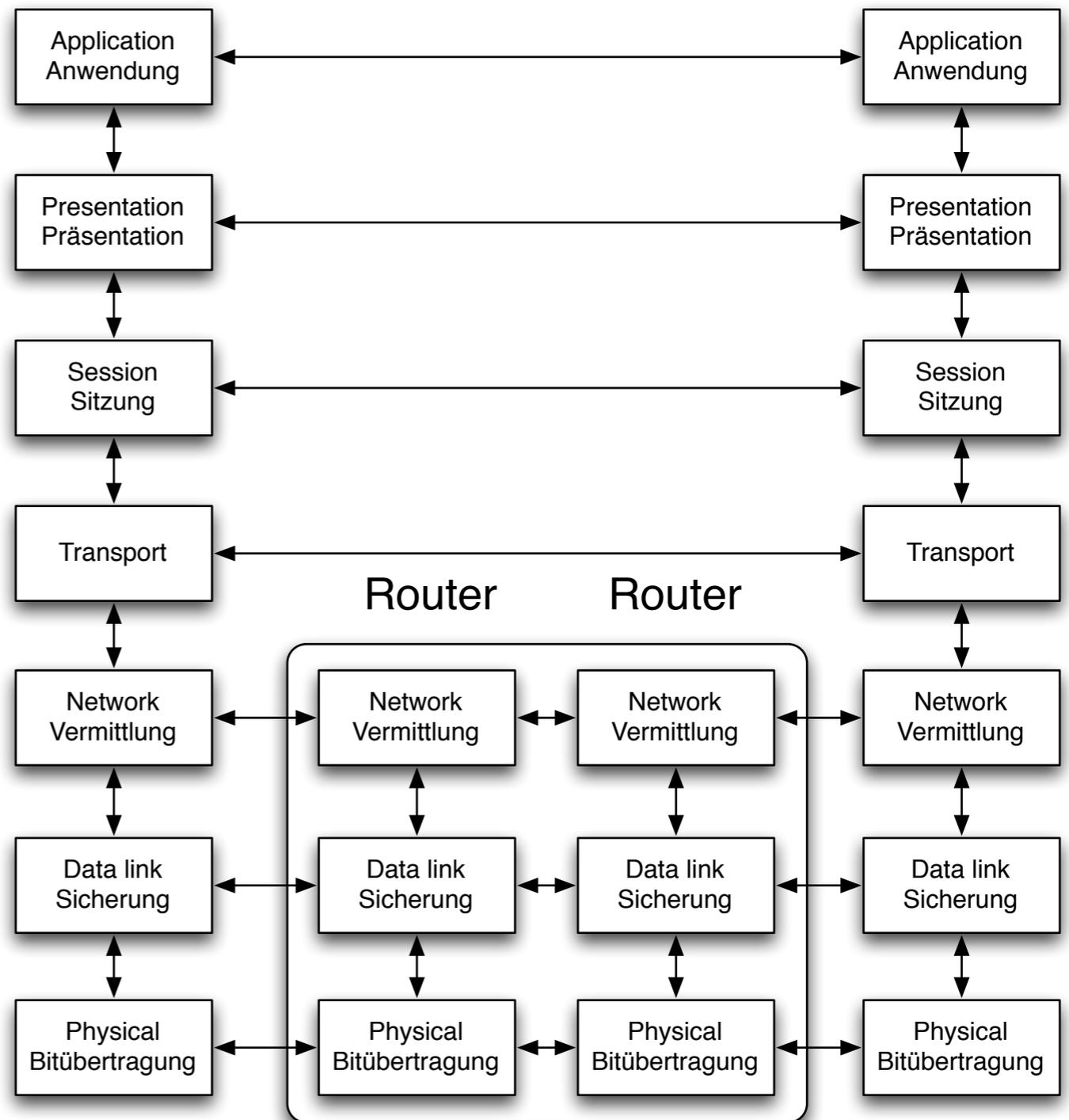
Medium Access – Carrier Sensing

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



ISO/OSI Referenzmodell

- ▶ **7. Anwendung (Application)**
 - Datenübertragung, E-Mail, Terminal, Remote login
- ▶ **6. Darstellung (Presentation)**
 - Systemabhängige Darstellung der Daten (EBCDIC/ASCII)
- ▶ **5. Sitzung (Session)**
 - Aufbau, Ende, Wiederaufsetzpunkte
- ▶ **4. Transport (Transport)**
 - Segmentierung, Stauvermeidung
- ▶ **3. Vermittlung (Network)**
 - Routing
- ▶ **2. Sicherung (Data Link)**
 - Prüfsummen, Flusskontrolle
- ▶ **1. Bitübertragung (Physical)**
 - Mechanische, elektrische Hilfsmittel



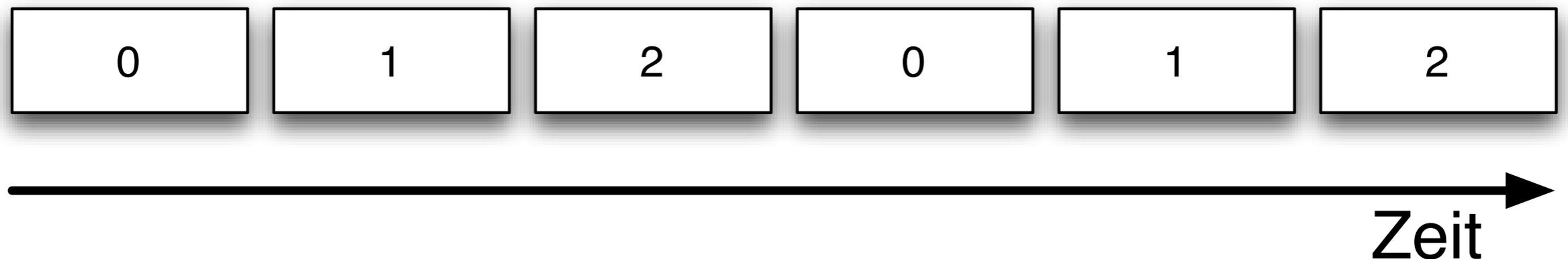
Arten der Konfliktlösung

- ▶ **Conflict-free (konfliktfrei)**
 - TDMA, Bitmap
 - FDMA, CDMA, Token Bus
- ▶ **Contention-based (mit Wettbewerb)**
 - Reiner Wettbewerb
 - Beschränkter Wettbewerb
- ▶ **Andere Lösungen**
 - z.B. MAC für gerichtete Antennen

Wettbewerbsfreie Protokolle

▶ Einfaches Beispiel: Statisches Zeit-Multiplexen (TDMA)

- Jeder Station wird ein fester Zeit-Slot in einem sich wiederholenden Zeitschema zugewiesen
- *Traffic-Bursts* führen zur Verschwendung der Bandbreite



Bitmap Protokoll

► Probleme von TDMA

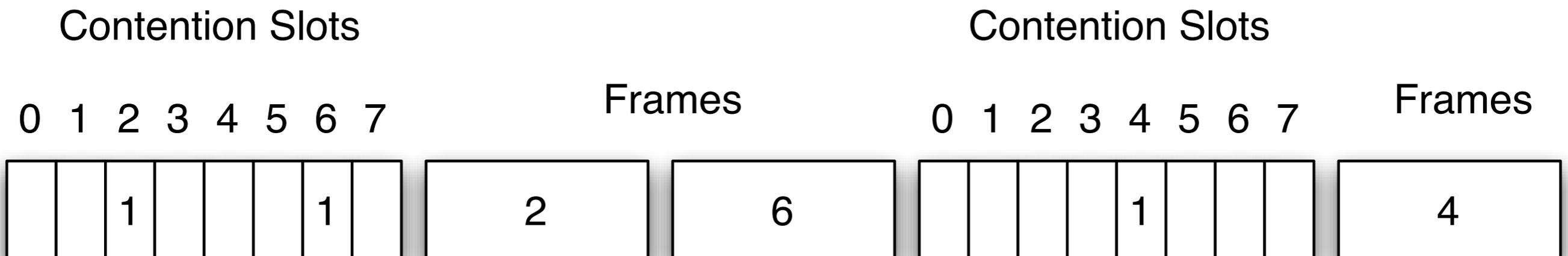
- Wenn eine Station nichts zu senden hat, dann wird der Kanal nicht genutzt

► 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



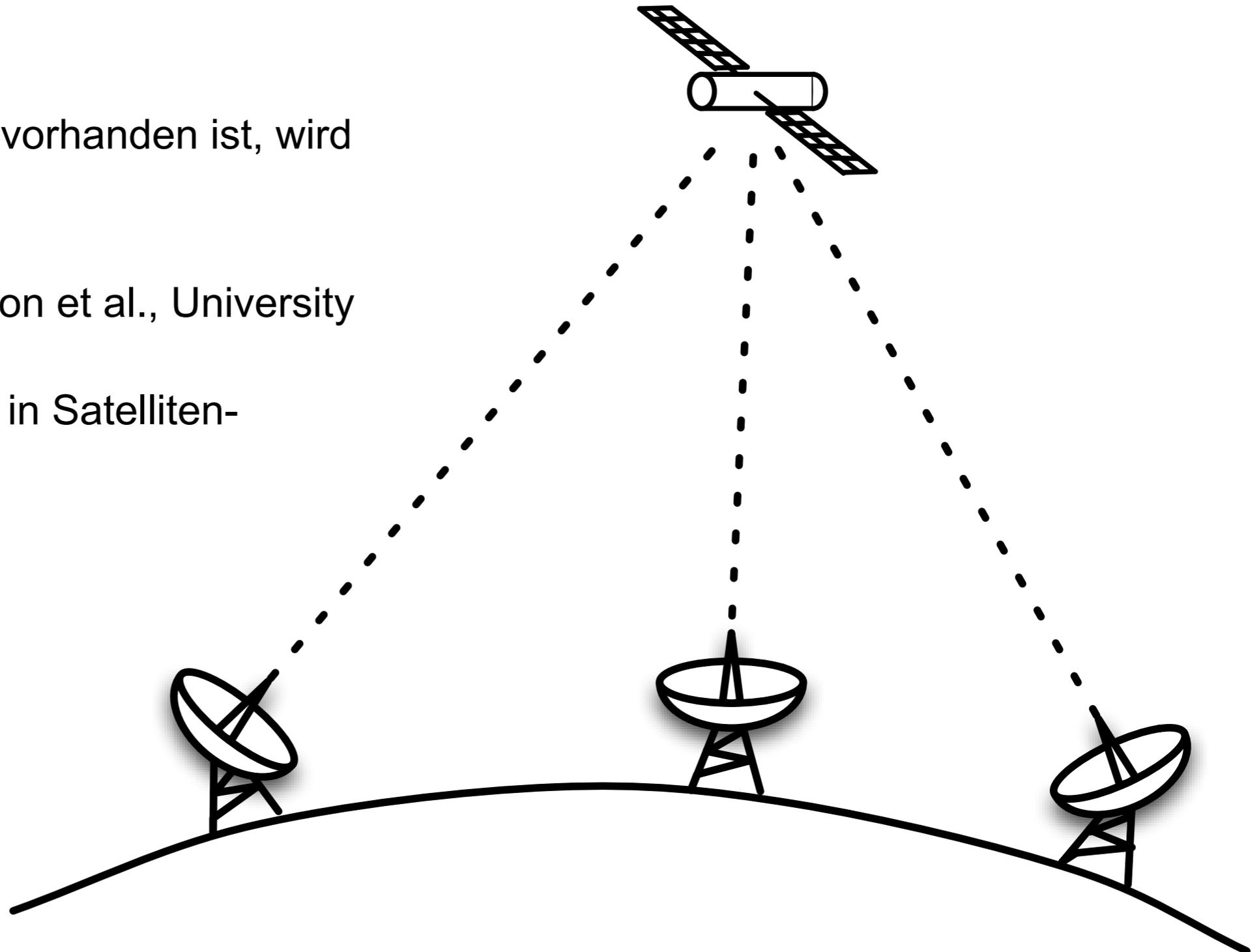
ALOHA

▶ Algorithmus

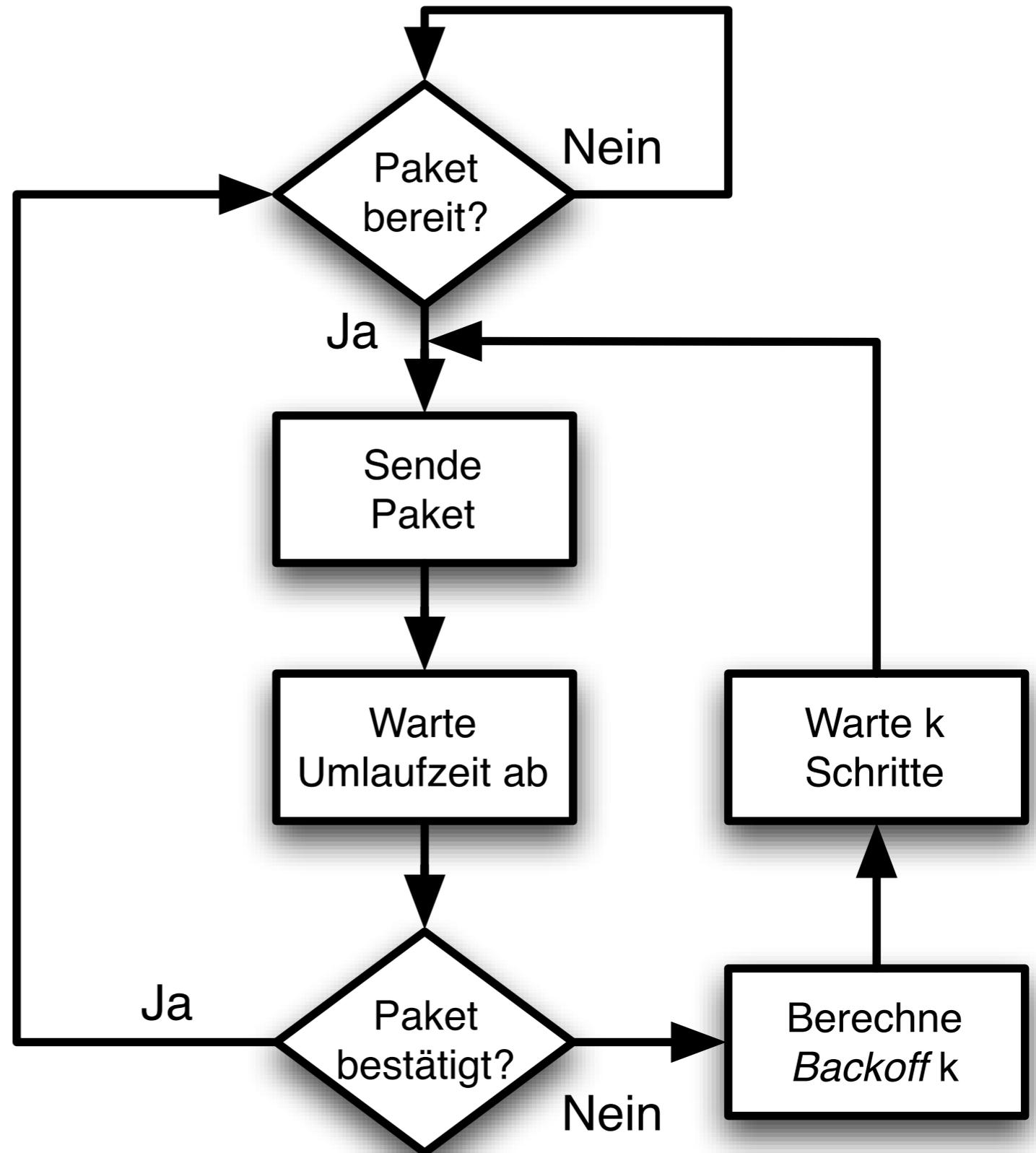
- Sobald ein Paket vorhanden ist, wird es gesendet

▶ Ursprung

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



Aloha



ALOHA – Analyse

▶ Vorteile

- Einfach
- Keine Koordination notwendig

▶ Nachteile

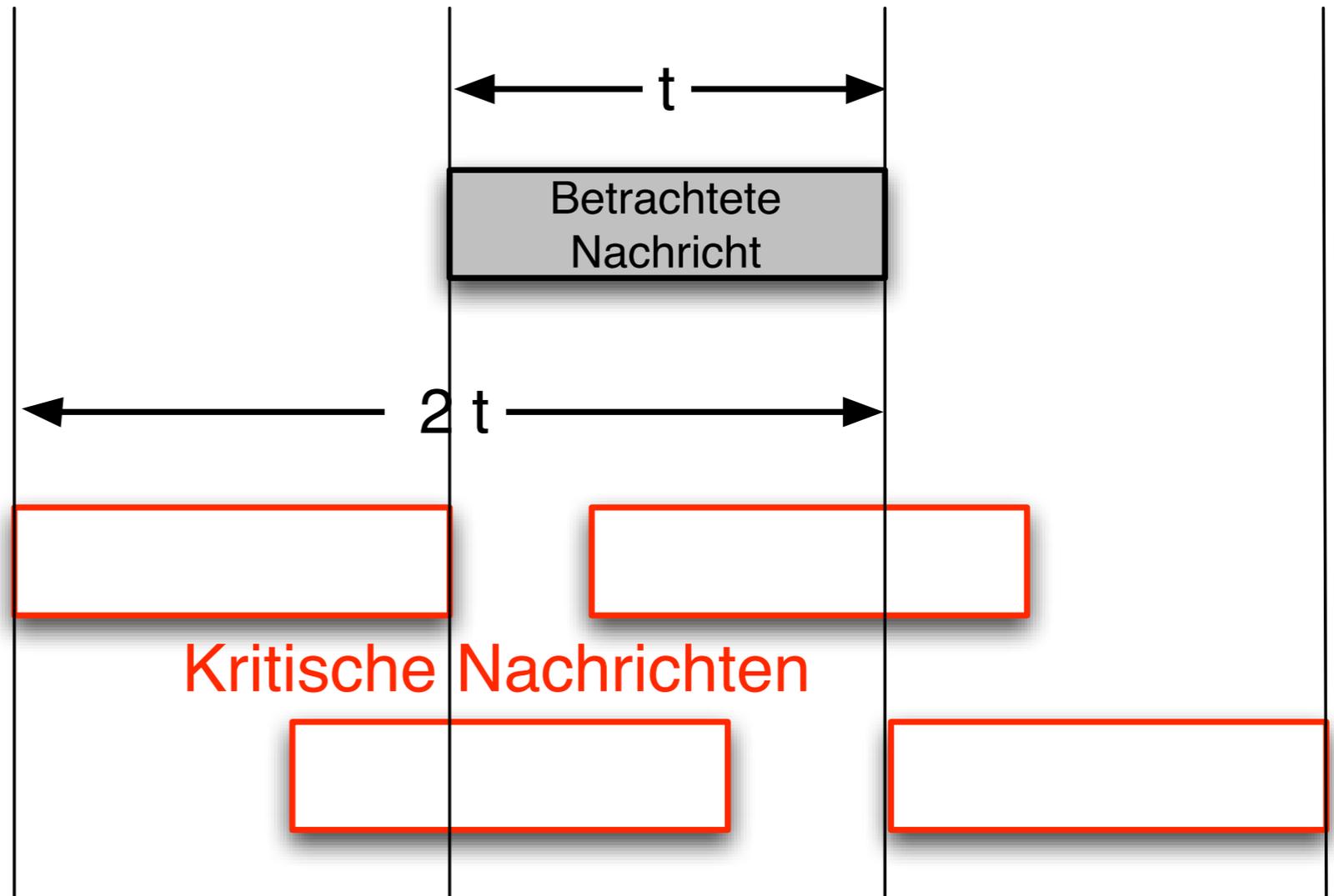
- Kollisionen
 - Sender überprüft den Kanalzustand nicht
- Sender hat keine direkte Methode den Sende-Erfolg zu erfahren
 - Bestätigungen sind notwendig
 - Diese können auch kollidieren

ALOHA – Effizienz

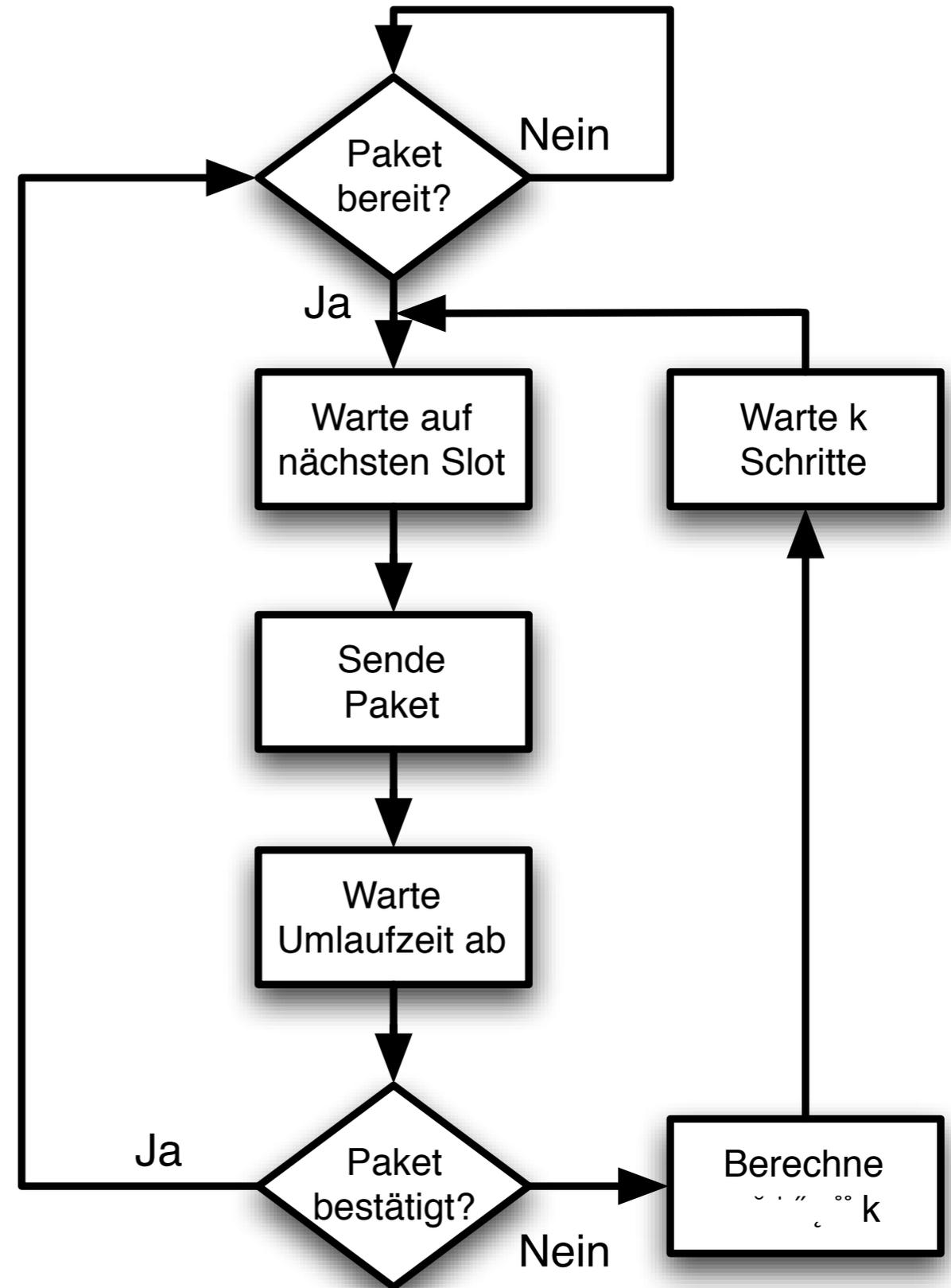
- ▶ **Betrachte Poisson-Prozess zur Erzeugung von Paketen**
 - Entsteht durch “unendlich” viele Stationen, die sich gleich verhalten
 - Zeit zwischen zwei Sende-Versuchen ist exponentiell verteilt
 - Sei G der Erwartungswert der Übertragungsversuche pro Paketlänge
 - Alle Pakete haben gleiche Länge
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

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

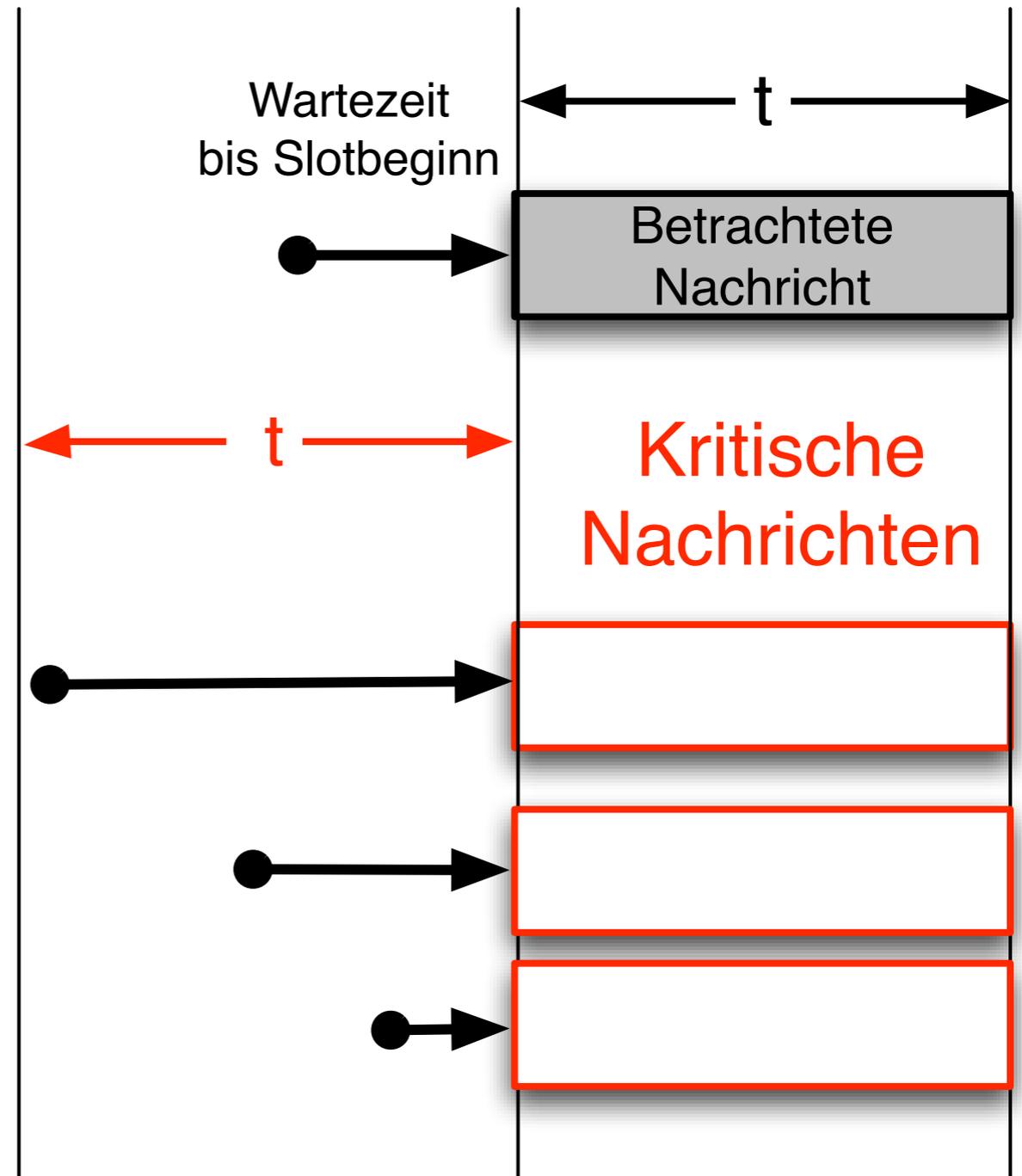


Slotted ALOHA

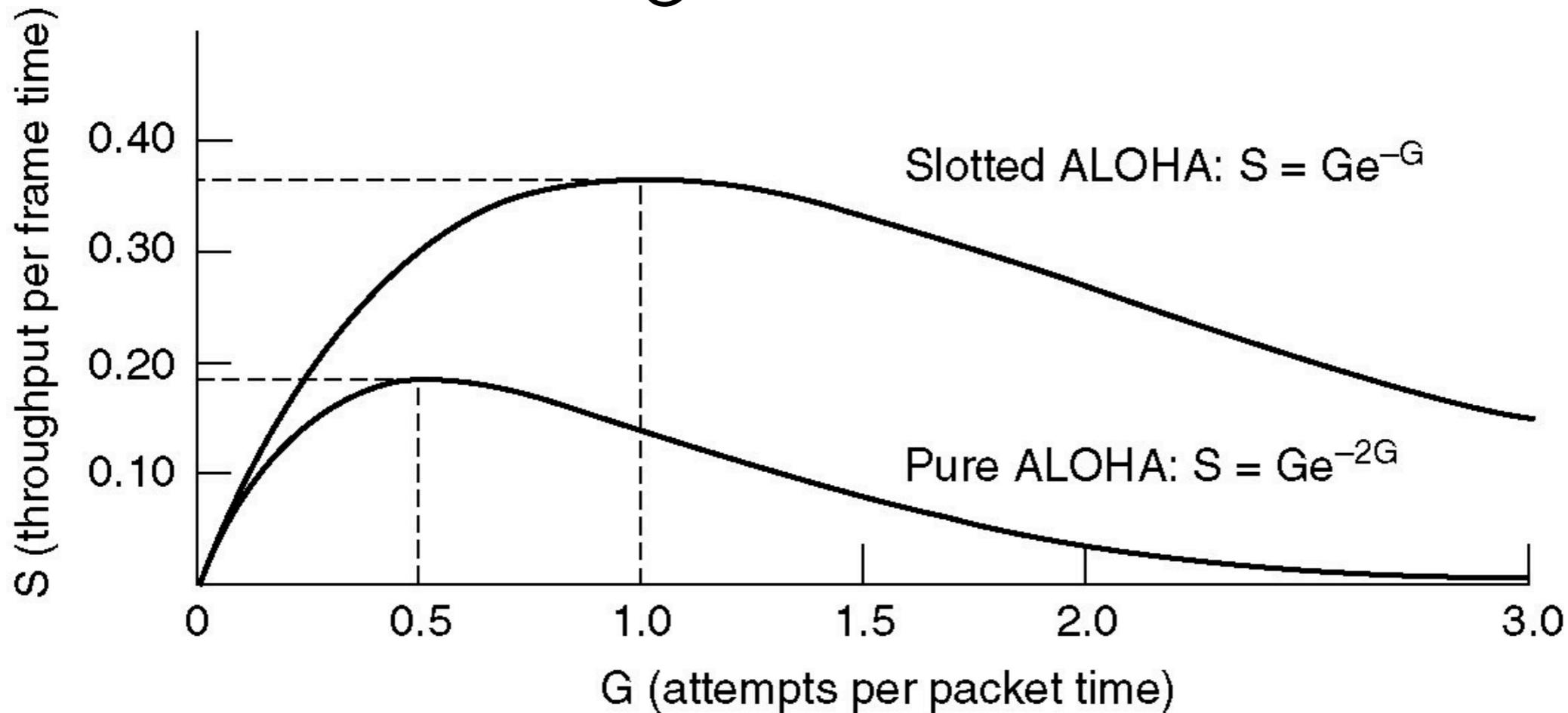
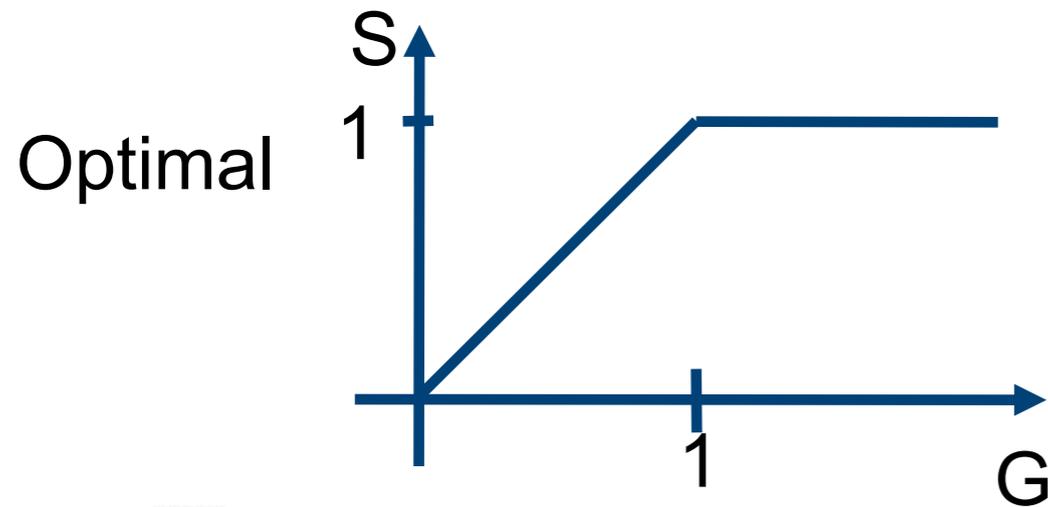
- ▶ **ALOHA's Problem:**
 - Lange Verwundbarkeit eines Pakets
- ▶ **Reduktion durch Verwendung von Zeitscheiben (Slots)**
 - Synchronisation wird vorausgesetzt
- ▶ **Ergebnis:**
 - Verwundbarkeit wird halbiert
 - Durchsatz wird verdoppelt
 - $S(G) = Ge^{-G}$
 - Optimal für $G=1$, $S=1/e$

Slotted 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**



Durchsatz in Abhängigkeit der Last



CSMA und Übertragungszeit

▶ CSMA-Problem:

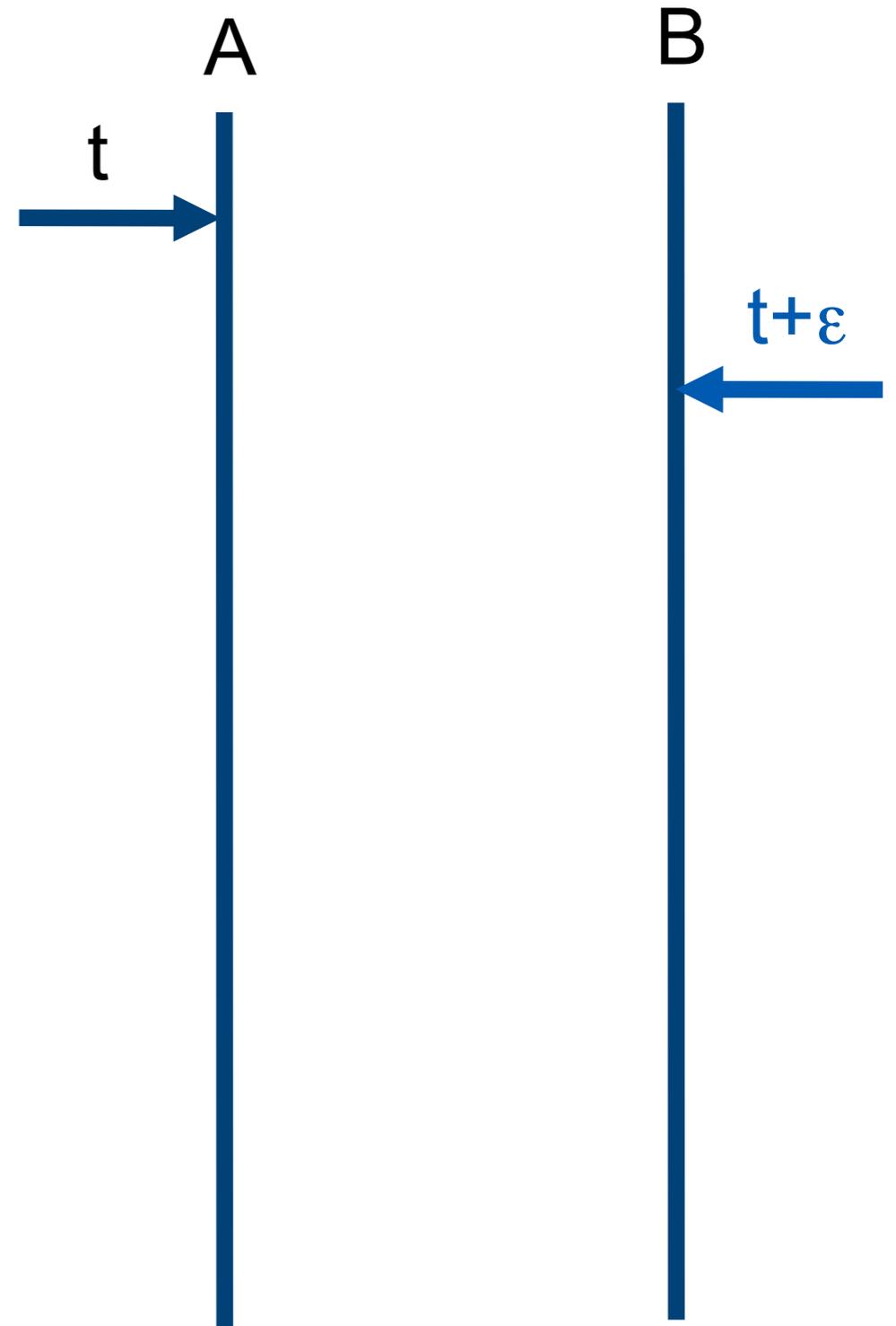
- Übertragungszeit d (propagation delay)

▶ Zwei Stationen

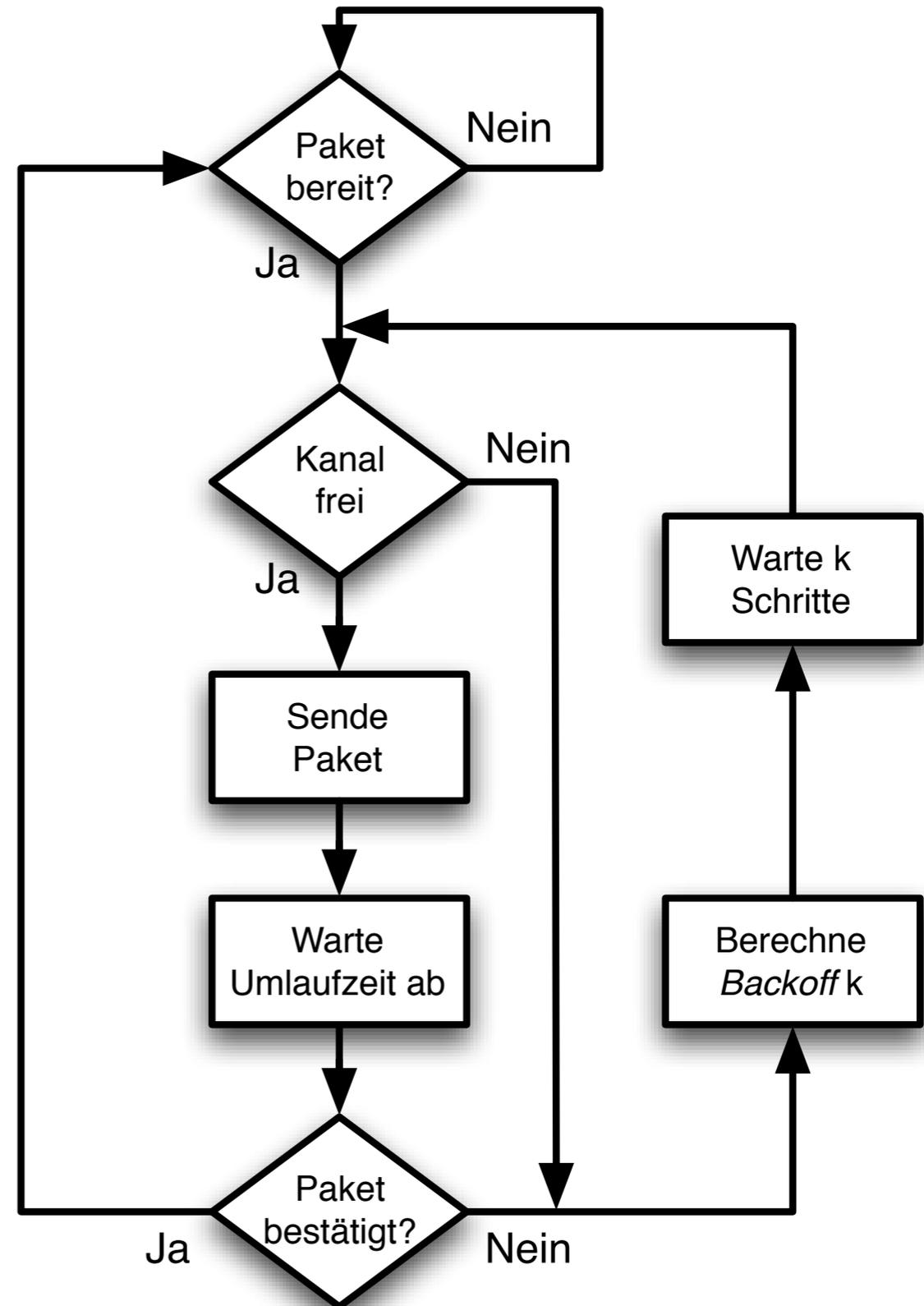
- starten Senden zu den Zeitpunkten t und $t+\varepsilon$ mit $\varepsilon < d$
- sehen jeweils einen freien Kanal

▶ Zweite Station

- verursacht eine Kollision

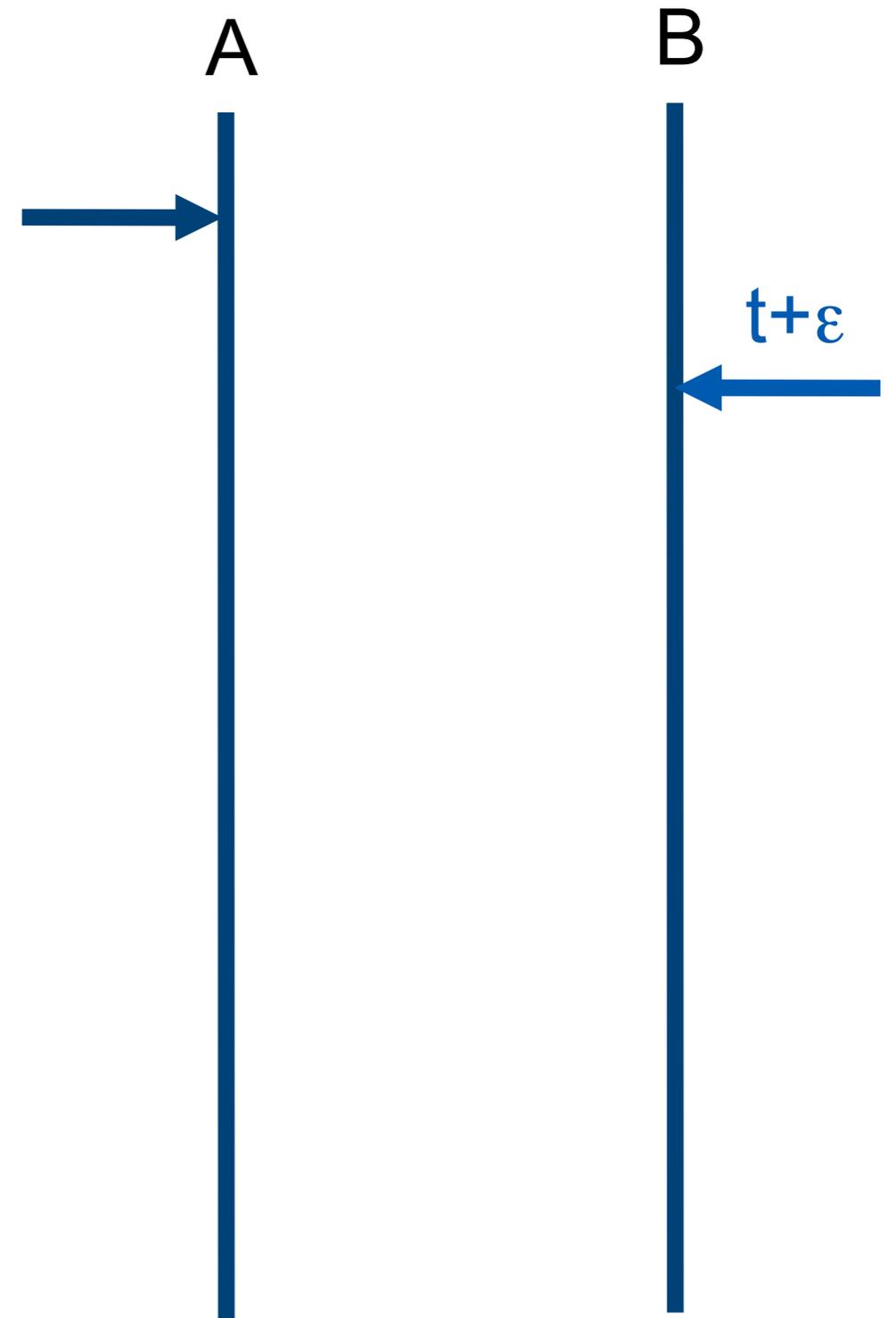


Carrier Sense Medium Access CSMA

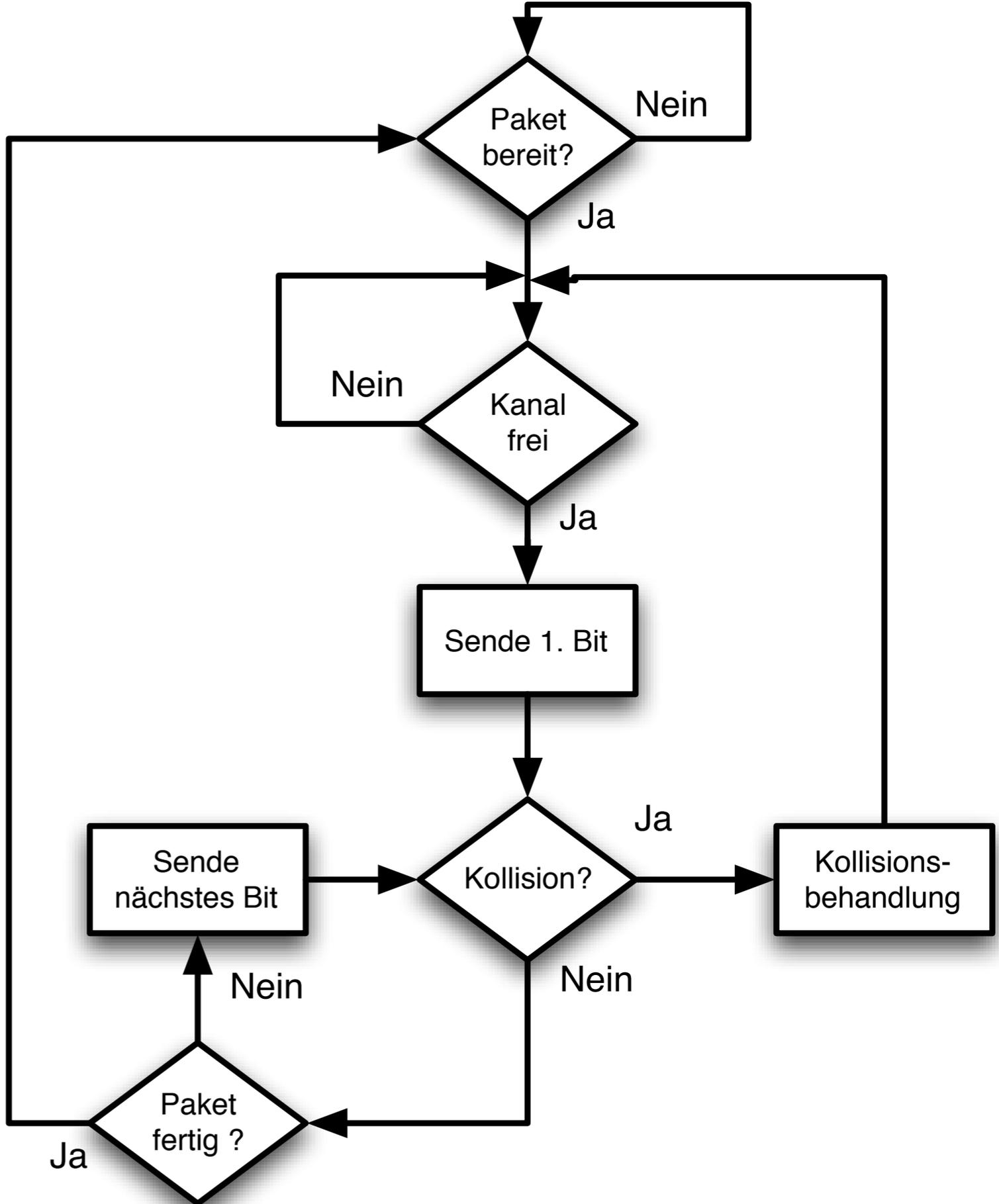


Kollisionserkennung in Ethernet – CSMA/CD

- ▶ **CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection**
 - Ethernet
- ▶ **Falls Kollisionserkennung möglich ist,**
 - Spätere Sender beendet seine Übertragung
 - Zeitverschwendung wird reduziert
 - mindestens eine Nachricht wird übertrage
- ▶ **Collision Detection**
 - setzt gleichzeitiges Abhören und Senden auf Kanal voraus
 - Ist das was auf dem Kanal geschieht, identisch zu der eigenen Nachricht?



Ethernet CSMA/CD



Kollisionsbehandlung

- ▶ **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)
 - $k:= 2 k$
- ▶ **Algorithmus**
 - Wartezeit passt sich an Anzahl der Stationen an
 - gleichmäßige Auslastung des Kanals
 - auf lange Sicht fair



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Algorithmen für drahtlose Netzwerke

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

