



# Fehlererkennung und -behandlung

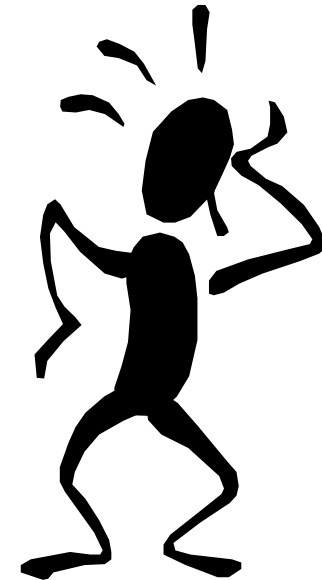
Informatik Fortbildung  
„Kommunikation in Rechnernetzen“ –

PL Speyer – 29.-31. Oktober 2012

Dr. Michael Schlemmer

# Übersicht

- Grundlegende Begriffe der Nachrichtentheorie
- Wieso entstehen Fehler?
- Erkennung von Fehlern
- Behandlung / Korrektur von Fehlern





# Begriff: „Bandbreite“

- Differenz zwischen Grenzfrequenzen

- Bsp.: Audiosignal, Telefon 300-3400 Hz

- ⇒ Bandbreite: 3100 Hz

- Bsp.: Ethernet (10/100MBit)

- Koaxial-Kabel / Twisted-Pair-Kabel

- theoretisch ca. 300MHz Bandbreite

- praktisch ca. 30 MHz Bandbreite

# Begriff: „Datenübertragungsrate“

- „Übertragene Datenmenge pro Zeiteinheit“ (Bit/s)

- Shannon-Hartley-Gesetz:

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2(L)$$

Bandbreite

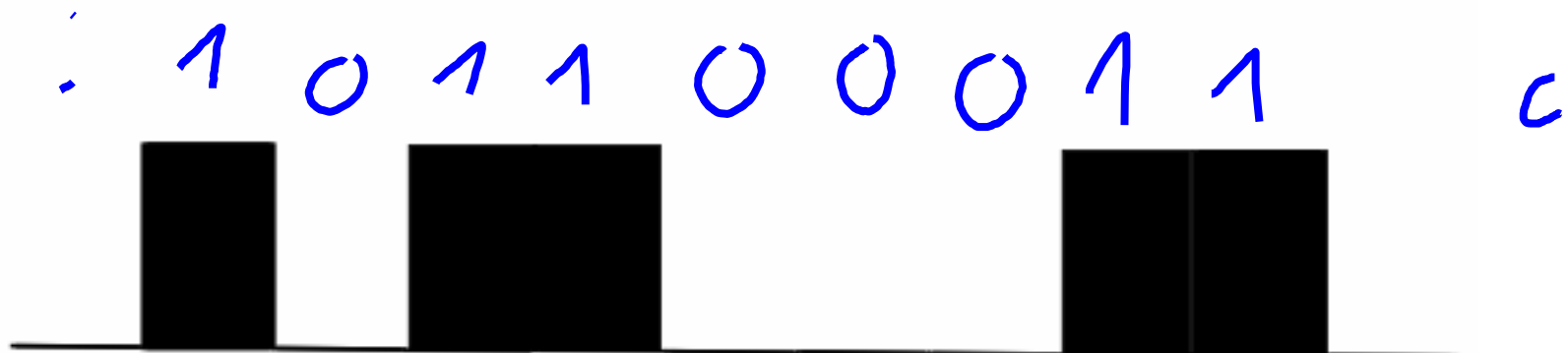
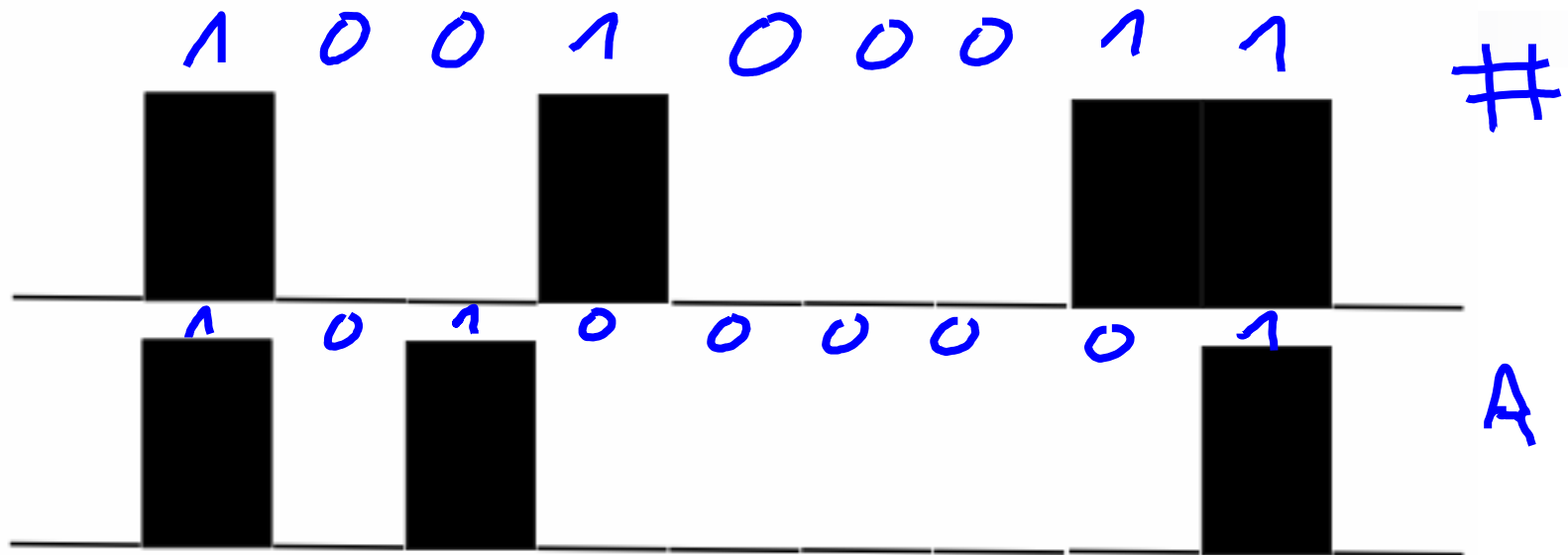
Anzahl der möglichen  
„Übertragungssymbole“

- RS-232:

- ☐ Binäre Übertragung (d.h.  $L=2$ )

⇒  $C = 2 \cdot B$

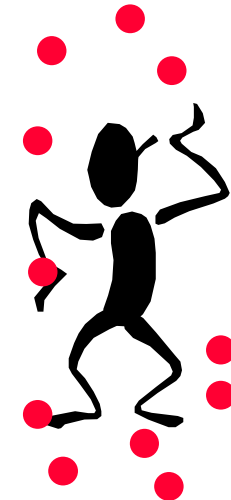
- ☐ maximal 19.200 Bit/s; üblich: 300 - 9600 Bit/s



# Gründe für Fehler

## 1. Zu schnelle Übertragungsrate gewählt

- ⇒ Äußere Einflüsse verfälschen Signal
- ⇒ Bits „kippen um“
- ⇒ Informationsverlust



## 2. Gleichzeitiges Senden mehrerer Teilnehmer auf einem Kanal

- ⇒ Kollision
- ⇒ Informationsverlust



# Erkennen von Fehlern (1)

## ■ Kontrollinformation hinzufügen

### □ Paritätsbit

- |                     | Paritätsbit / Prüfbit |                 |
|---------------------|-----------------------|-----------------|
| ■ Gerade Parität:   | 00111010 0            | oder 01001100 1 |
| ■ Ungerade Parität: | 00111010 1            | oder 01001100 0 |



# Erkennen von Fehlern (2)

- Durch Anpassen der Kodierung

- Hamming-Abstand

















- Minimale Anzahl unterschiedlicher Stellen
    - Bsp.: Zu übertragende Zeichen:

A := 0000 / B:=0011 / C:= 0110 / D:=1100 / E:=1001 / F:=1111

- Begründen Sie, warum der Hamming-Abstand 2 beträgt!
- Welche Fehler können erkannt werden?
- Wie viele Buchstaben können unter Wahrung dieses Hamming-Abstands hinzugefügt werden?





- |   |       |   |       |   |       |   |       |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |
|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|
|  |       |  |       |  |       |  |       |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |
| $2^0$   | $2^1$ |   | $2^2$ |   |       |   | $2^3$ |   |          |   |          |   |          | $2^4$   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |          |   |
| $C_1$   | $C_2$ | $C_3$   | $C_4$ | $C_5$   | $C_6$ | $C_7$   | $C_8$ | $C_9$   | $C_{10}$ | $C_{11}$  | $C_{12}$ | $C_{13}$  | $C_{14}$ | $C_{15}$  | $C_{16}$ | $C_{17}$  | $C_{18}$ | $C_{19}$  | $C_{20}$ | $C_{21}$  | $C_{22}$ | $C_{23}$  | $C_{24}$ | $C_{25}$  | $C_{26}$ | $C_{27}$  | $C_{28}$ | $C_{29}$  | $C_{30}$ | $C_{31}$  |
| $p_1$   | $p_2$ | $d_1$   | $p_3$ | $d_2$   | $d_3$ | $d_4$   | $p_4$ | $d_5$   | $d_6$    | $d_7$   | $d_8$    | $d_9$   | $d_{10}$ | $d_{11}$  | $p_5$    | $d_{12}$  | $d_{13}$ | $d_{14}$  | $d_{15}$ | $d_{16}$  | $d_{17}$ | $d_{18}$  | $d_{19}$ | $d_{20}$  | $d_{21}$ | $d_{22}$  | $d_{23}$ | $d_{24}$  | $d_{25}$ | $d_{26}$  |

- Einbitfehler korrigierbar; Zweibitfehler nicht



# Erkennen von Fehlern (3)

- Alternativen:

- Prüfsumme

- Beispiel: Quersumme

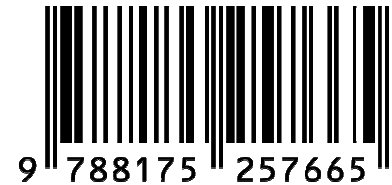
- Prüfresteverfahren (z.B. CRC)

# Erkennen von Fehlern (4)

## ■ Didaktische Vernetzung: *Codes im Alltag*

- EAN-Prüfziffer
- ISBN-10 / ISBN-13 - Prüfziffer
- Seriennummern auf Euro-Scheinen
- 2D-Codes
  - Data Matrix (Post / Logistik)
  - QR-Code (Smartphones / Visum)
  - Atztec (Deutsche Bahn)

ISBN 817525766-0





# Erkennen von Fehlern (5)

- Gegeben:

- ☐ Drei Programme zu fehlererkennenden Codes

- Aufgabe:

- ☐ Versuchen Sie bei „Euro-SN“ durch systematisches Probieren herauszufinden, welche Codes akzeptiert werden. Verwenden Sie auch echte Seriennummern von Geldscheinen, falls vorhanden 😊.



# Erkennen von Fehlern (5)

- CRC („Cyclic Redundancy Check“)
  - Reste ermitteln durch Polynomdivision
  - Boolesche Algebra
    - ⇒ Hier: Polynomdivision realisierbar durch Schieberegister und XOR



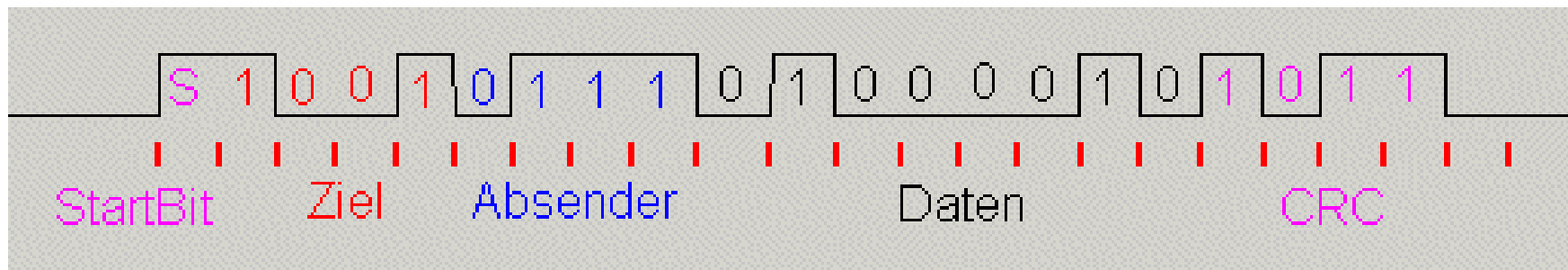
# Erkennen von Fehlern (6)

## ■ Aufgabe:

- ☐ Kopieren und starten der Datei `crc.py`
- ☐ Rufen Sie die Funktion `crc('1101')` auf!
- ☐ Was ist das „Generatorpolynom?“ (Quelltext)
- ☐ Testen Sie weitere Nachrichten / Polynome
- ☐ Erklären Sie die Vorgehensweise!
- ☐ Zusatz: Einfluss der Polynomlänge auf CRC-Code?

# Erweiterung des Protokolls

- Rahmen wird um Prüfziffer(n) erweitert:



# Fehlerbehandlung / -korrektur

- Einsatz Fehler-korrigierender Codes

- ⇒ Hamming-Code

- ⇒ Blockcodes (Data-Matrix,...)

- Aber:

Nicht jede Nachricht kann so korrigiert werden!

- ☐ Kollision

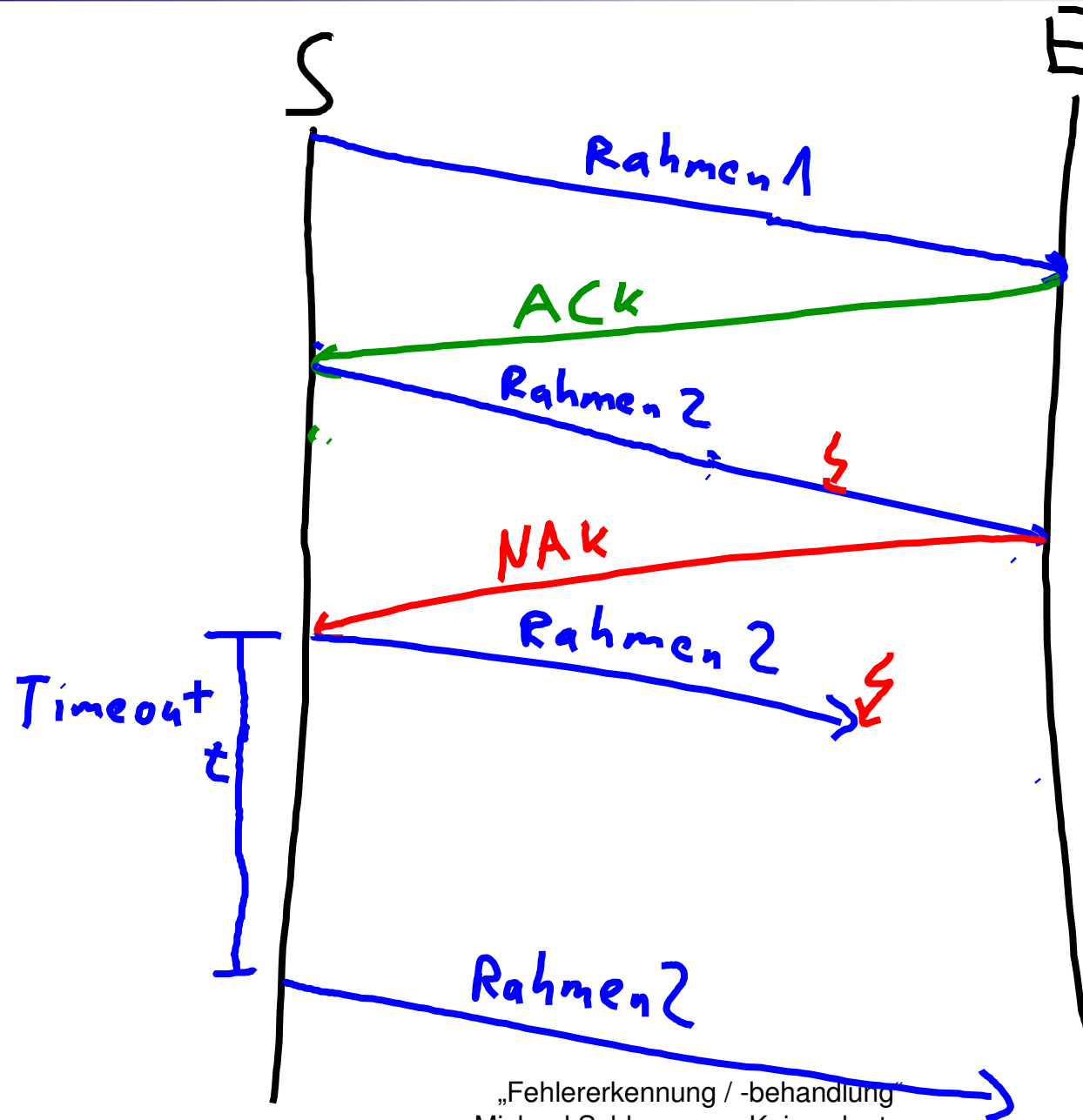
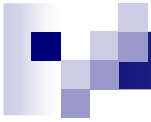
- ☐ Nachricht erreicht nicht ihr Ziel

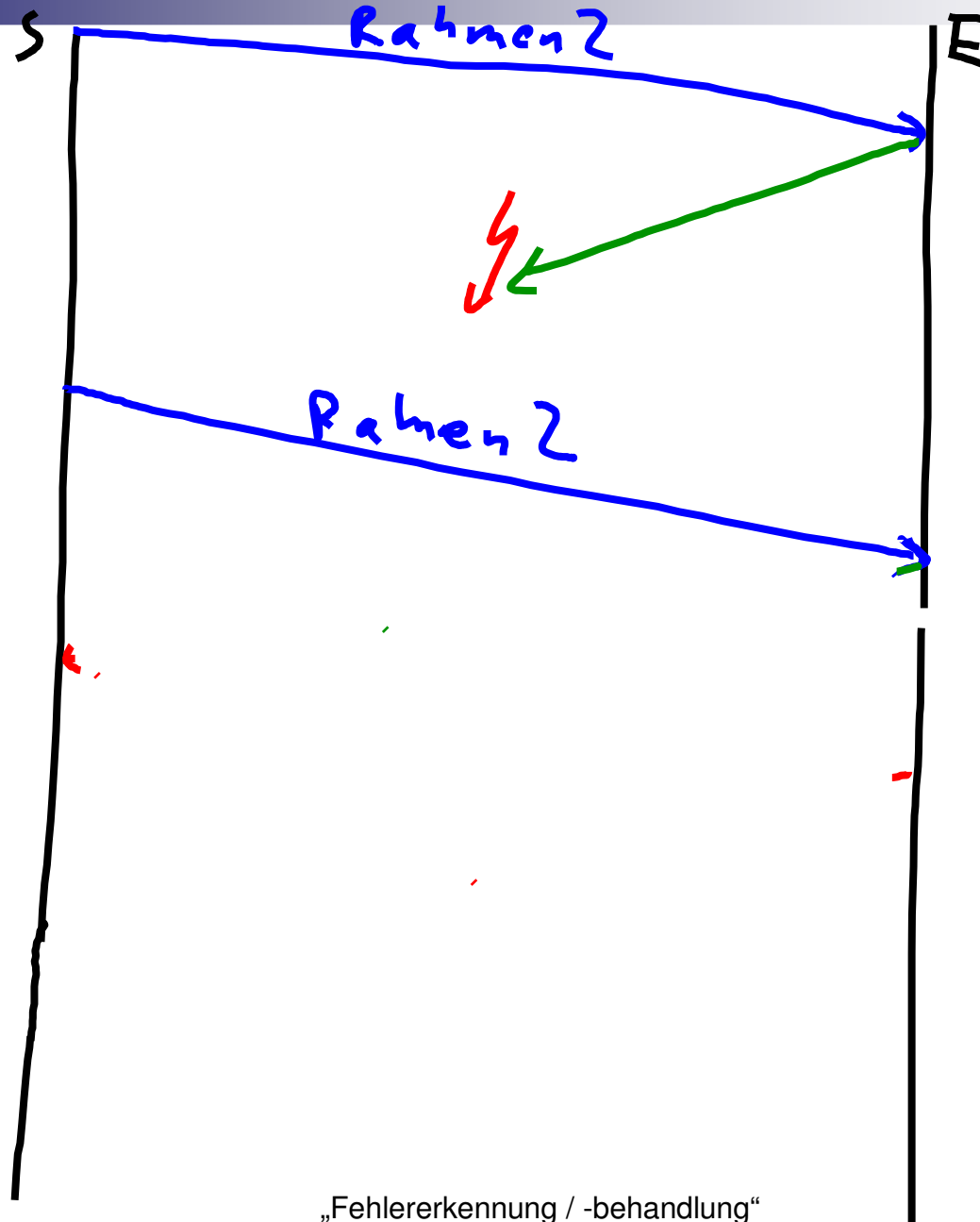
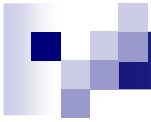


- Erkennung von Kollisionen / Nachrichtenverlust

- ⇒ Quittungsbetrieb

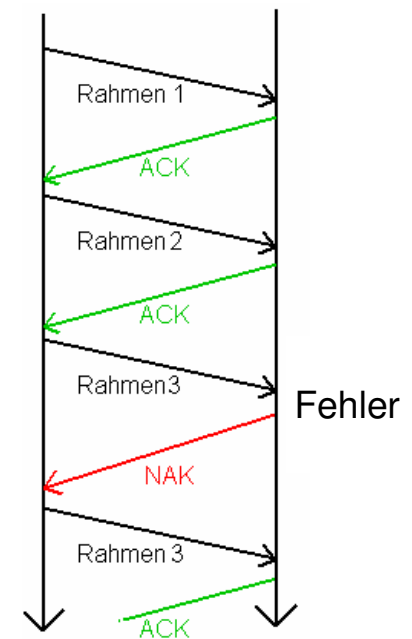






# „Stop-and-Wait“-Protokoll

- Sender schickt Rahmen / wartet auf Bestätigung
- Keine Bestätigung innerhalb einer Wartezeit („Timeout“)
  - ⇒ Rahmen scheint verloren
  - ⇒ Erneutes Senden
- Genügend Zeit zur Bestätigung benötigt
- Aber: Wartezeit sollte minimiert werden
- Bestätigung verloren / zu spät
  - ⇒ Rahmen wird dupliziert



# Verbindungsaufbau mit TCP: 3-Wege-Handshake



- Anton und Berta sind heimlich verliebt
- Anton möchte Berta nun ins Kino einladen
- Anton schickt Berta eine Nachricht:

„Liebe Berta, möchtest du heute Abend mit mir ins Kino gehen?  
Wenn du einverstanden bist, warte ich um halb acht dort.“

- Fragen:
  - ☐ Welche Reaktion wird von Berta erwartet?
  - ☐ Welche (Übertragungs-) Probleme können auftreten?
  - ☐ Konsequenzen dieser Fehler für die junge Liebe?



# Zusammenfassung

- Fehler treten auf bei
  - Leitungsstörungen / Kapazitätsüberschreitung
  - Kollision mehrerer Datenpakete
- Fehler durch Prüfsumme erkennbar
- Fehlerbehandlung
  - Einsatz Fehler-korrigierender Codes (z.B. Hamming)
  - Durch Quittungsbetrieb
    - Stop-and-Wait
    - 3-Wege-Handshake



# Literatur

- Merkert, K.: [www.hsg-kl.de](http://www.hsg-kl.de)
- Wikipedia-Artikel zum *Shannon-Hartley-Gesetz*:  
[de.wikipedia.org/wiki/Shannon-Hartley-Gesetz](http://de.wikipedia.org/wiki/Shannon-Hartley-Gesetz)
- Firma Samson: *Serielle Datenübertragung*  
[www.samson.de/pdf\\_de/l153de.pdf](http://www.samson.de/pdf_de/l153de.pdf)
- Beuth, K.: *Digitaltechnik*. Vogel, 1998
- Seifart, M.; Beikirch, H.: *Digitale Schaltungen*, 1998
- Erklärung verschiedener Codes: [www.code-knacker.de](http://www.code-knacker.de)
- QR-Code Generator: <http://qrcode.kaywa.com>
- QR-Code Decoder: <http://zxing.org/w/decode.jspx>
- Müller, C.: *Grundprinzipien der Rechnernetze*, Website IT-Infothek:  
[www.it-infothek.de/fhtw/semester\\_2/re\\_od\\_02.html](http://www.it-infothek.de/fhtw/semester_2/re_od_02.html)
- Skript zur Vorlesung „Rechnernetze“, Uni Magdeburg  
<http://www-ivs.cs.uni-magdeburg.de/rn/rn1script/chapter2.html>
- Wietfeld, C.: *Flußkontrollmechanismen IP-basierter Netze*  
<http://www.kn.e-technik.tu-dortmund.de/images/lehre/praktikum/v316.pdf>

