

# Übung 2

Abgabe: 17. Mai 2021

## Aufgabe 2.1: Standardisierungsverfahren (1 Punkt)

Die IETF ist erfolgreicher als die IEEE - woran liegt es? Vergleichen Sie den Standardisierungsprozess auf dem Standard Track der IETF mit dem der IEEE. Konkret: *Was ist notwendig, damit ein Entwurf im Standardisierungsprozess der IETF voranschreiten kann und zum "Standard" wird? Wie unterscheidet sich dies vom Vorgehen der IEEE?*

**Hinweis:** Der RFC 2026 (<https://tools.ietf.org/html/rfc2026>) beschreibt den Standardisierungsprozess der IETF und bietet sich als Referenz an.

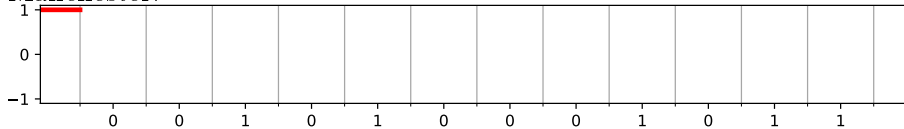
## Aufgabe 2.2: Leitungscodes (2 + 1 + 1 + 2 = 6 Punkte)

Zwei Rechner seien über ein gemeinsames physikalisches Medium verbunden. Einer der Rechner überträgt die Bitsequenz 001010001011 an den anderen.

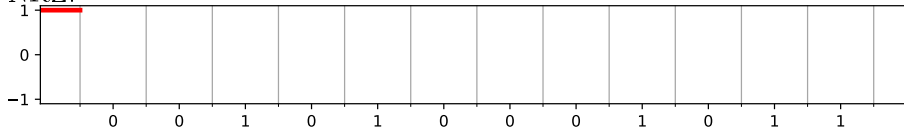
- a) *Codieren* Sie die Bitsequenz mit den Leitungscodes *Manchester* und *NRZ*. Skizzieren Sie die jeweils zu übertragende Signalfolge in den nachfolgenden Diagrammen. Das rot markierte Signal in den Diagrammen gehört *nicht* zur Bitsequenz, sondern stellt den zuletzt *vorher* angelegten Pegel dar.

*Achtung:* Stellen Sie sicher, dass Ihre Lösung in der Abgabe *gut erkennbar* ist. Nicht identifizierbare Lösungen werden mit 0 Punkten bewertet!

Manchester:

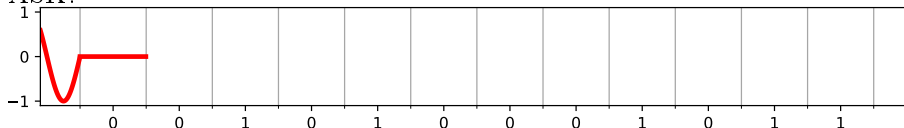


NRZ:

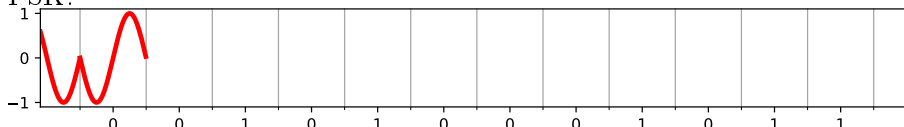


- b) Geben Sie zu beiden in Aufgabenteil a) genannten Codierv Verfahren und zusätzlich zur *4B/5B-Codierung* die *Effizienz* des Codes an.
- c) Nennen Sie *zwei Gründe*, die für den *Einsatz ineffizienter Codierv Verfahren* sprechen.
- d) Die Daten sollen nun auf einem drahtlosen Kanal übertragen werden. *Modulieren* Sie die Bitsequenz unter Anwendung der Modulationsverfahren *ASK* und *PSK* und skizzieren Sie die jeweils zu übertragende Signalfolge in den nachfolgenden Diagrammen. Hier ist das erste Bit in dem rot dargestellten Signal bereits übertragen worden.

ASK:



PSK:



### Aufgabe 2.3: Latenz, Speicherkapazität, Dämpfung (0,5 + 1 + 2,5 = 4 Punkte)

Neuste Generationen von satellitenbasiertem Internet, wie z.B. Starlink, kommunizieren im All mit Hilfe von Lasern zwischen den Satelliten und mittels directionalem Funk zu den Bodenstationen auf der Erde. Nehmen Sie an, dass die Satelliten im nahen Erdorbit in rund 550km Höhe fliegen und die Satelliten (auf der selben Bahn) rund 100km auseinander sind. Damit eine Bodenstation die Signale der Satelliten vom Rauschen unterscheiden kann, benötigt sie eine Empfangsleistung (bezogen auf das Ausgangssignal) von mindestens -10dBm, alles darunter kann nicht decodiert werden.

Beachten Sie in diesem Kontext: Leistungen, wie die Sendeleistung bei einer Signalübertragung, werden oft als *Leistungspegel* in *Dezibel Milliwatt (dBm)* angegeben:

$$L_P = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P}{1 \text{ mW}} \right) \text{ [dBm]}$$

Diese Umrechnung wird häufig verwendet, da sie für den „alltäglichen Umgang“ Vorteile aufweist. Zum einen muss man nur in einem vergleichsweise kleinen Zahlenbereich arbeiten. Zum anderen können Dämpfungen und Verstärkungen einfach subtrahiert bzw. addiert werden, die bei direkten Berechnungen basierend auf der Leistung multiplikativ berücksichtigt werden müssten.

- a) Berechnen Sie die *Latenz* zwischen zwei (benachbarten) Satelliten auf der selben Bahn, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lasers im Vakuum  $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$  beträgt.
- b) Nehmen Sie vereinfacht an, dass die Satelliten full-duplex (d.h. in beide Richtungen gleichzeitig) mit 100Gbit/s untereinander kommunizieren können und dass ein Empfänger den Empfang jedes Bits bestätigt. *Berechnen Sie, wieviele Bits ein Sender übertragen kann, bis er die Bestätigung des 1. Bits erhält.*
- c) Die Satelliten funken im sogenannten  $K_a$ -Band und haben dort einen Ausbreitungsverlust von 60dB bis zur Bodenstation. Bei Regen wird das Signal zusätzlich mit weiteren 10dB abgeschwächt. *Mit welcher Leistung  $P$  (in W) muss der Satellit senden, damit sein Signal auf der Erde*
  - i) bei gutem Wetter und
  - ii) bei Regen*noch decodiert werden kann?*

### Aufgabe 2.4: Bandbreiten und Datenraten (1 + 2 + 1 = 4 Punkte)

- a) Sie bauen ein Funknetz auf und verwenden Netzwerkkarten der Marke *BurnOver<sup>TM</sup>*. Diese ermöglichen es Ihnen, unter Verwendung von 64-QAM eine Datenrate  $R$  von 180 MBit/s zu erzielen. *Berechnen Sie, welche Bandbreite  $B$  der Kanal, auf dem die Übertragung stattfindet, haben muss, um diese Datenrate zu ermöglichen.*
- b) Gegeben sei nun ein Signal-Rausch-Abstand  $SNR_{db}$  von 50 dB. Berechnen Sie für die Bandbreite  $B$ , die Sie in Aufgabenteil a) berechnet haben, die Datenrate, die – unabhängig von der Codierung – maximal möglich ist.
- c) Sie rüsten auf und beschaffen sich die deutlich flexiblere Netzwerkkarte *BurnOver Mega<sup>TM</sup>*. Diese unterstützt 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM und 1024-QAM. Auf Ihrem Kanal aus Aufgabenteil a) sei nun der Signal-Rausch-Abstand von 50 dB aus Aufgabenteil b) gegeben. *Welche Datenrate können Sie unter diesen Umständen maximal erzielen? Begründen Sie ihre Antwort.*