

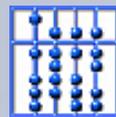
# Digitale Medien und Übertragungstechnik **DVB Grundlagen**

Stefan Kugele

Andreas Scholz

[kugele|scholza@in.tum.de](mailto:kugele|scholza@in.tum.de)

Technische Universität München



**DVB**<sup>®</sup>  
Digital Video  
Broadcasting



# Übersicht

- **Einleitung**
  - Was ist DVB?
  - Vorteile von DVB
  - Bandbreitennutzung
- Übertragungssystem
- Transportstrom
- Pilotprojekte
- Hardware

# Was ist DVB?

## Digital Video Broadcast

- DVB umfasst eine Reihe zueinander kompatibler Standards wie z.B. DVB-C, DVB-S und DVB-T
- DVB bezeichnet sowohl digitale Ausstrahlung von Fernsehen wie auch ein Spektrum anderer Dienste
- DVB wurde bereits 1993 offiziell gestartet, 2010 soll es deutschlandweit verfügbar sein
- DVB ist Übertragungsmedium für:
  - Fernsehprogramme
  - Zusatzinformationen
  - Neue Datendienste

# Was sind die Vorteile von DVB?

- Bessere und stabilere Bild- und Tonqualität bei einer geringeren Übertragungsrate
- Weltweiter Standard
- Rein digitales Signal
- Zusatzdienste
- Höhere Mobilität durch DVB-T
- Leichtere Aufnahme/Wiedergabe von Fernsehprogrammen
- Transportprotokoll generisch → hohe Flexibilität
- Deutlich mehr Fernsehprogramme durch bessere Bandbreitennutzung

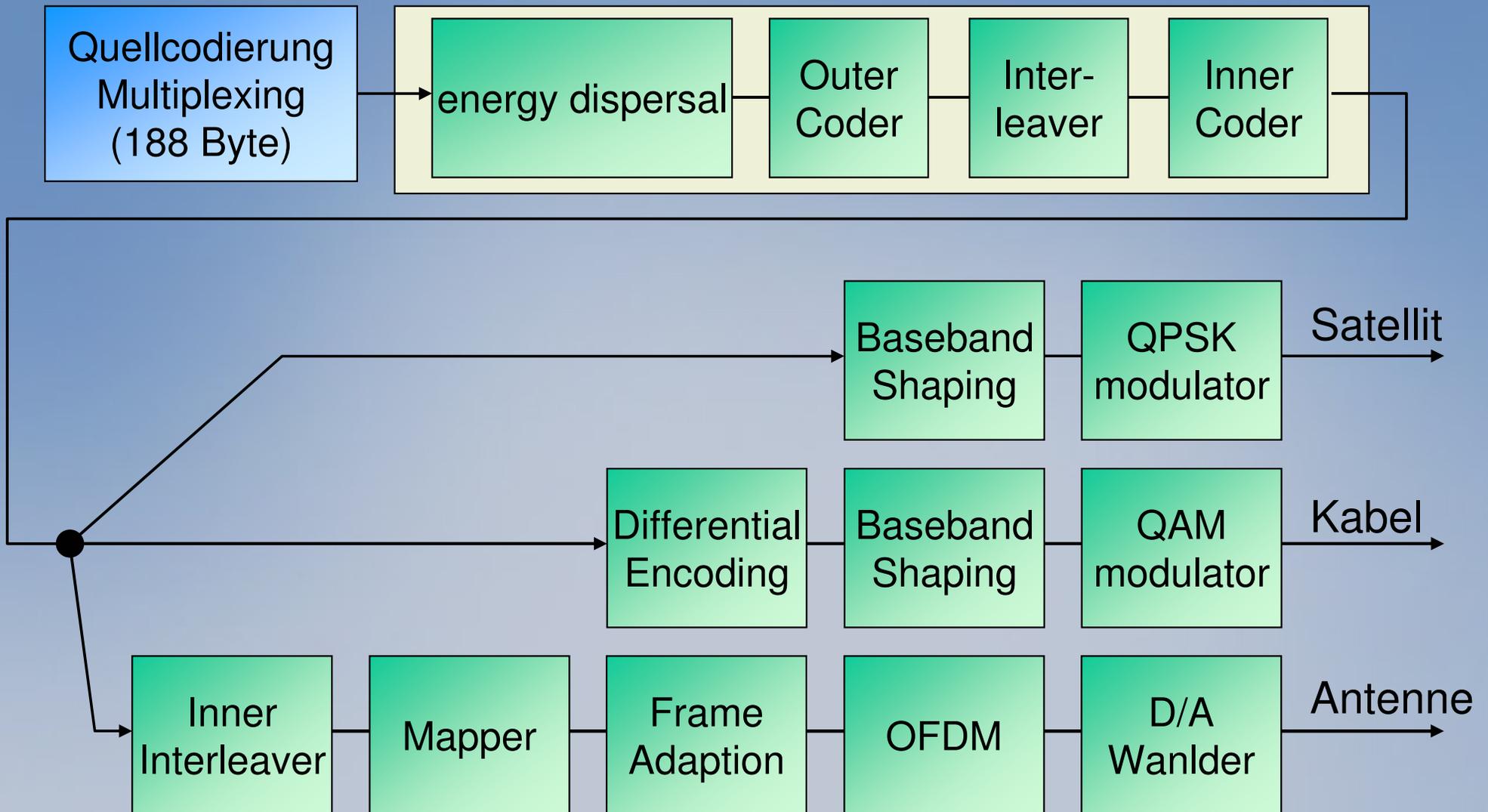
# Bandbreitennutzung

- Liste möglicher Dienste über einen einfachen 38 Mbps Satelliten DVB Transponder (DVB-S)
  - 4-8 Standard TV Kanäle
  - 2 HDTV-Kanäle
  - 150 Radioprogramme
  - 550 64kBit/s (ISDN) Datenkanäle
  - Datenkanäle größere Breite
  - Mischung aller oben genannten Methoden bis zur maximalen Bandbreite

# Übersicht

- Einleitung
- **Übertragungssystem**
  - Energieverwischung
  - Outer Coder (Reed Solomon)
  - Inner Coder
  - DVB-S
  - DVB-T
  - DVB-C
- Transportstrom
- Pilotprojekte
- Hardware

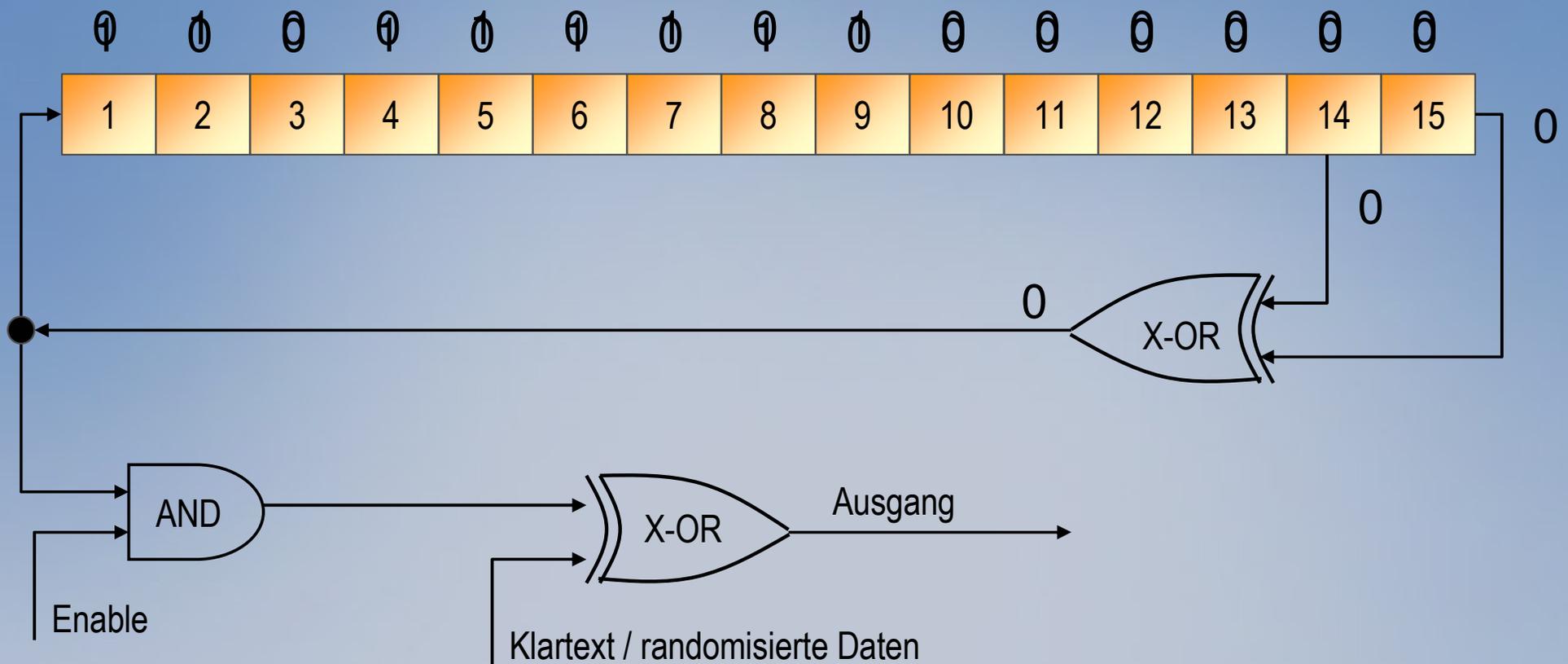
# DVB - Übertragungssystem



# Energy Dispersal - Energieverwischung

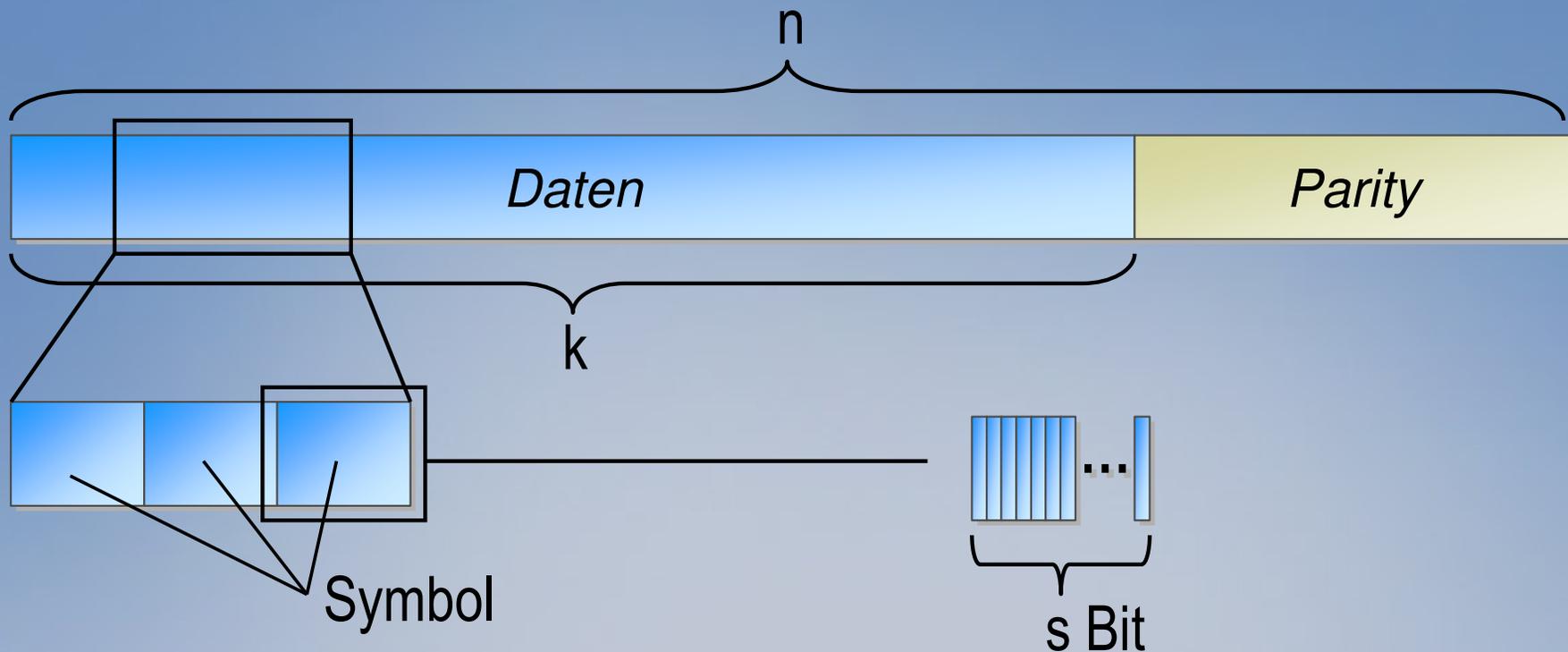
- Verhindert Leistungsspitzen die den Empfang stören könnten
- 1 und 0 kommen gleich häufig in den Paketen vor
- Realisierung durch Codierung (im Gegensatz zur Analogtechnik) → PRBS
- Initialisierung mit 100101010000000 alle 8 Transportpakete
- Syncbytes werden nicht randomisiert, das Register läuft aber trotzdem weiter (damit andere Synchronisationsmethoden weiter funktionieren)
- Start nach erstem Syncbyte → Periode 1503 Bytes ( $7 \cdot 188 - 1$ )

# Pseudo Random Binary Sequence (PRBS) Generator



Ergebnis: 00000011...

# Reed Solomon Codierung - Einführung



- Notation:  $RS(n, k), s \text{ Bit}$  (oder  $RS(n, k, s)$ )
  - aus  $k$  Bit werden
  - $n$  Bit mit  $n-k$  Parity-Bits generiert
  - $s$  Bit bilden ein Symbol

# Reed Solomon Codierung - Details

- Blockcode
- Grundlage: Polynome über endlichen Zahlkörpern
- (maximale) Codewortlänge:  $2^s - 1$
- ein RS-Code kann  $(n-k)/2$  Symbolfehler korrigieren
- Symbolfehler: beliebig viele Bits in einem Symbol sind falsch (mindestens 1)
- Verkürzung  
**RS (255, 239, T=8) , RS (204, 188, T=8) :**
  - Zusätzlich 51 Null-Bytes am Anfang, Encodierung
  - Übertragung der 204 Bytes
  - Zusätzlich 51 Null-Bytes am Anfang, Decodierung

# DVB Outer Coder – Reed Solomon Coder

- Codierung mit auf  $RS(204, 188, T=8)$  verkürztem  $RS(255, 239, T=8)$
- Codierung jedes Datenpaketes inklusive Sync-Byte
- Da  $(n-k)/2=16/2=8$  können 8 Symbolfehler korrigiert werden
  
- Problem: was macht man bei mehr Fehlern?

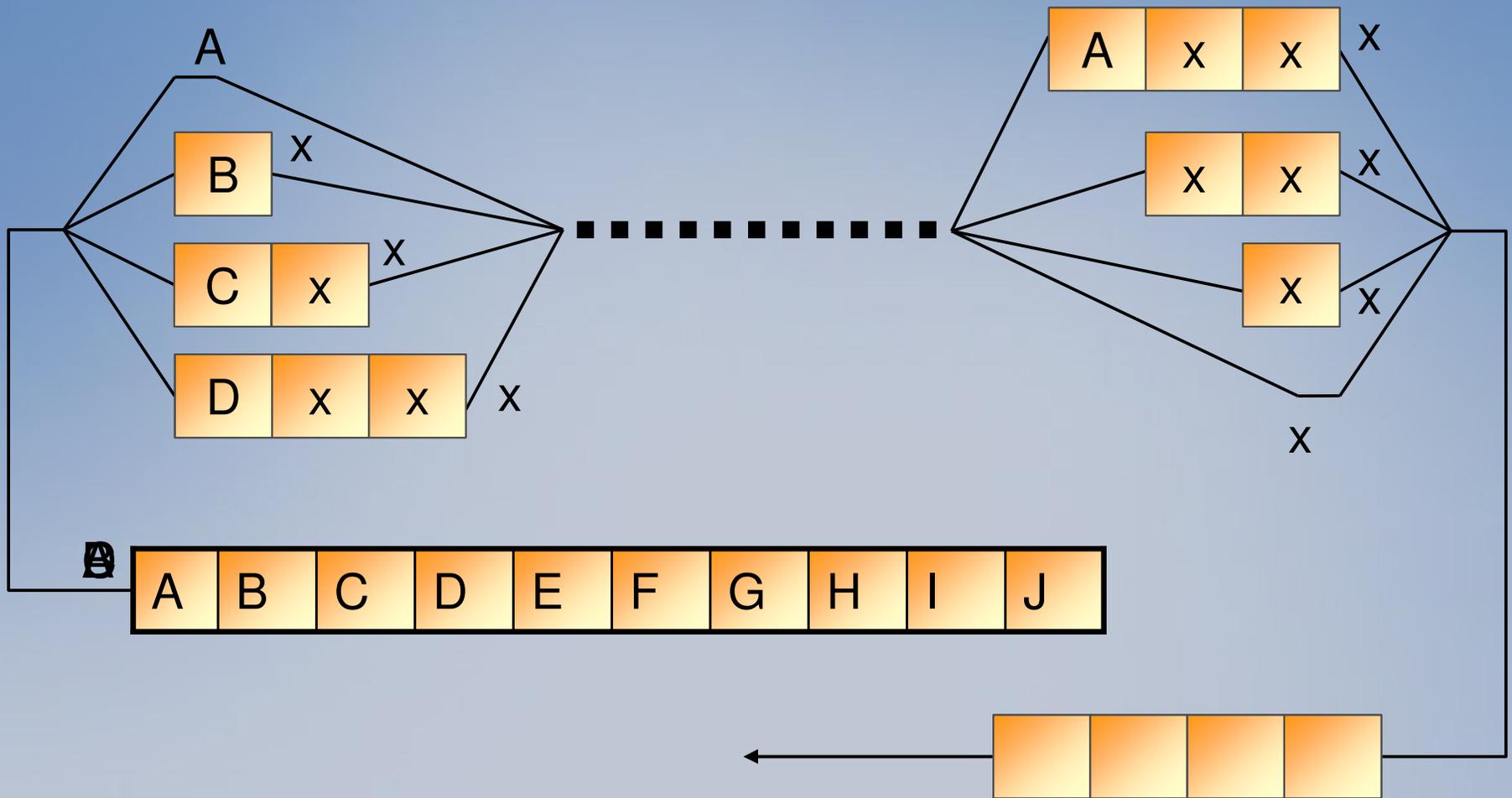
# Interleaving - Motivation

- Bei der Übertragung in gestörten Kanälen treten selten einzelne Bitfehler auf (bzw. werden vom Inner Coder entfernt)
- Da die Störungen physikalisch bedingt sind werden meist mehrere aufeinander folgende Bytes gestört (Burstfehler)
- RS Codierung kann nur eine bestimmte Anzahl von Bytes pro Paket korrigieren
- Tritt ein Burstfehler in dem 204 Byte-Paket auf ist die Wahrscheinlichkeit dass das Paket unbrauchbar ist sehr hoch

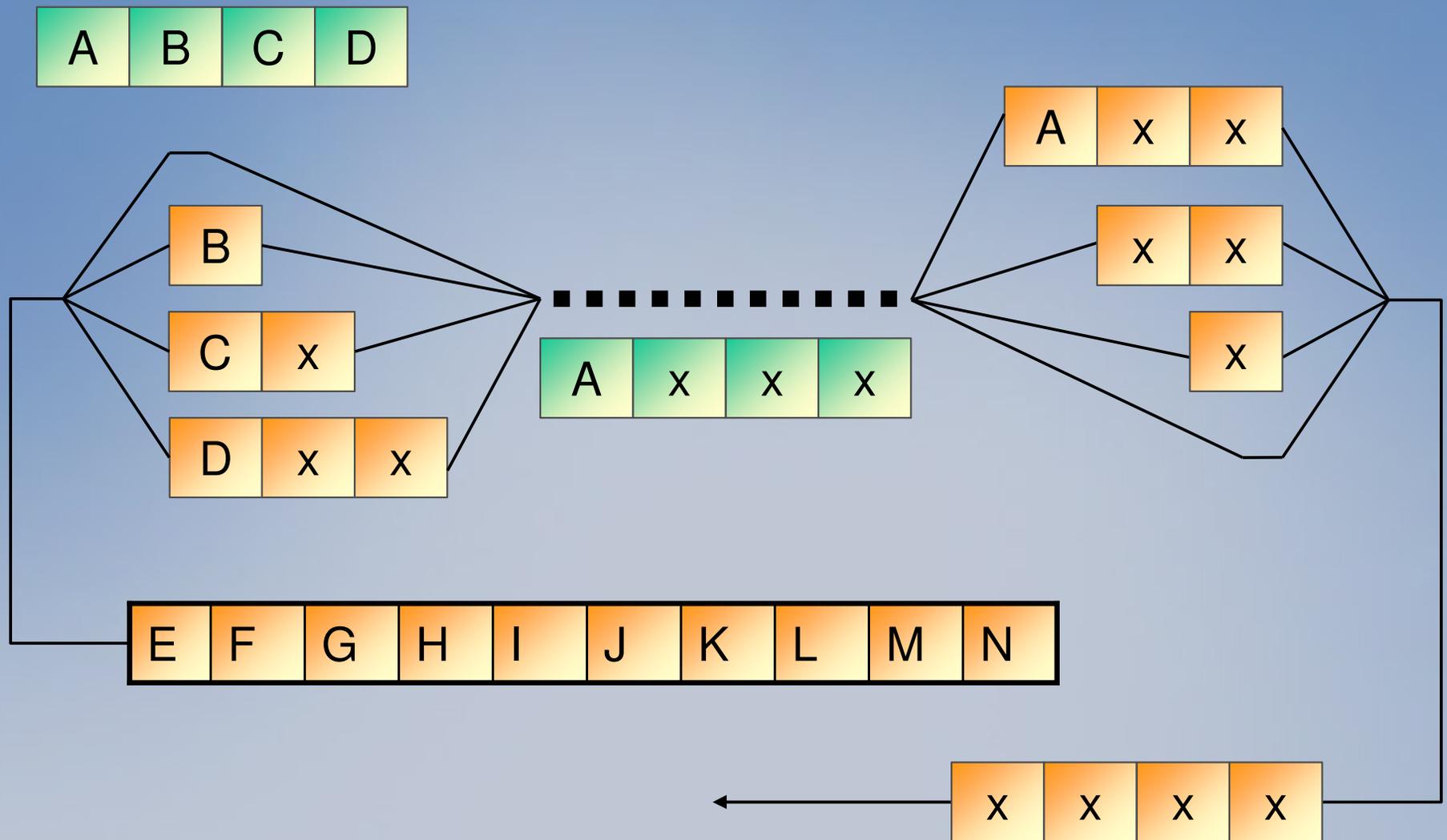
# Interleaving – Motivation II

- Idee 1: Verlängerung der RS-Codierung:
  - Vorteil: keine neue Codierungsstufe
  - Nachteile: Bandbreite sinkt  
nicht beliebig verlängerbar
- Idee 2: Verteilung von Burstfehlern auf mehrere Transportpakete (Codespreizung)
  - Vorteil: Datenrate bleibt gleich
  - Nachteil: zusätzliche En-/Decoderstufe  
Synchronisation beim Decoder  
(Verzögerungen!)

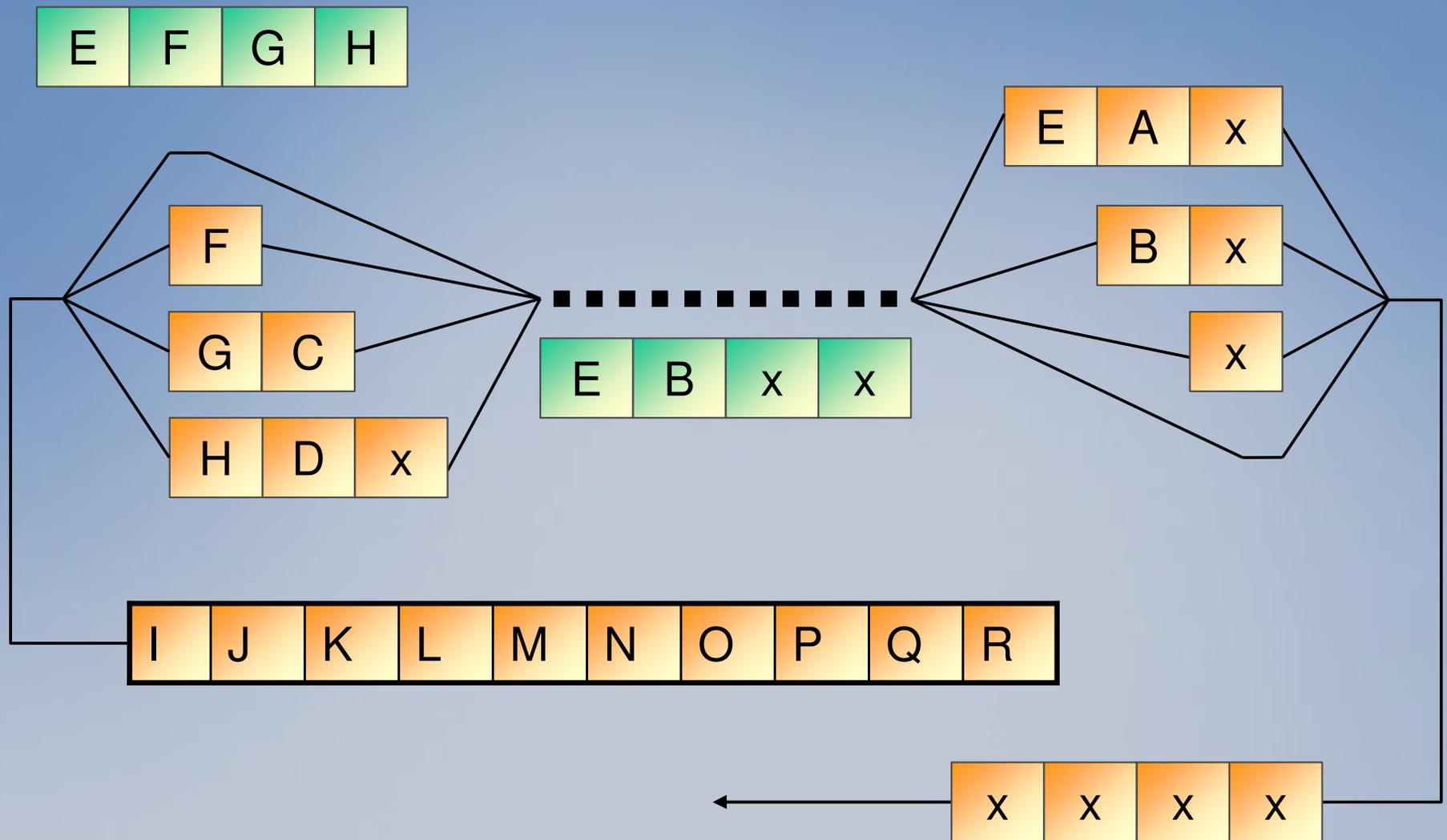
# Interleaving Beispiel - Animation



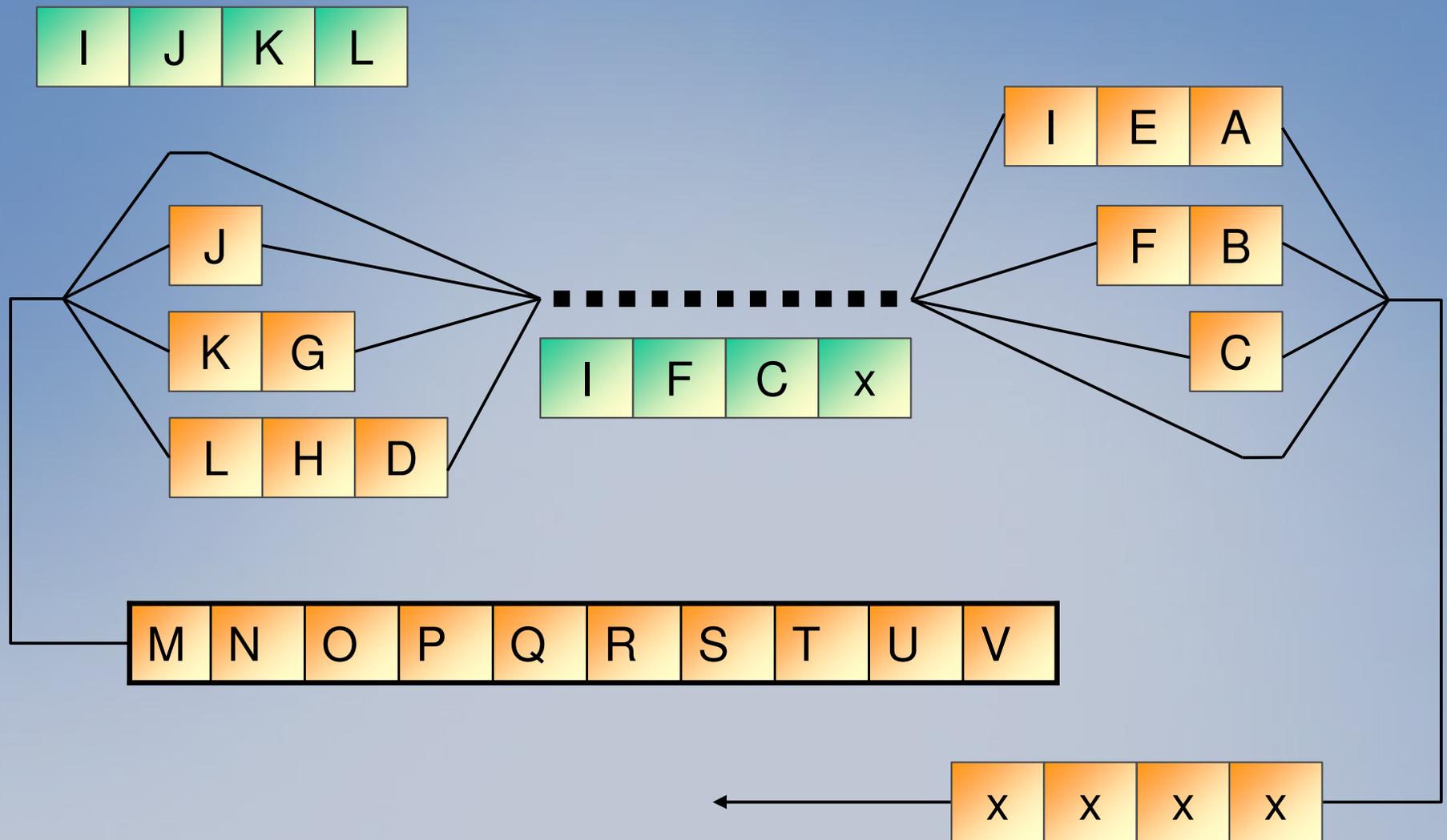
# Interleaving Beispiel – Schritt 1



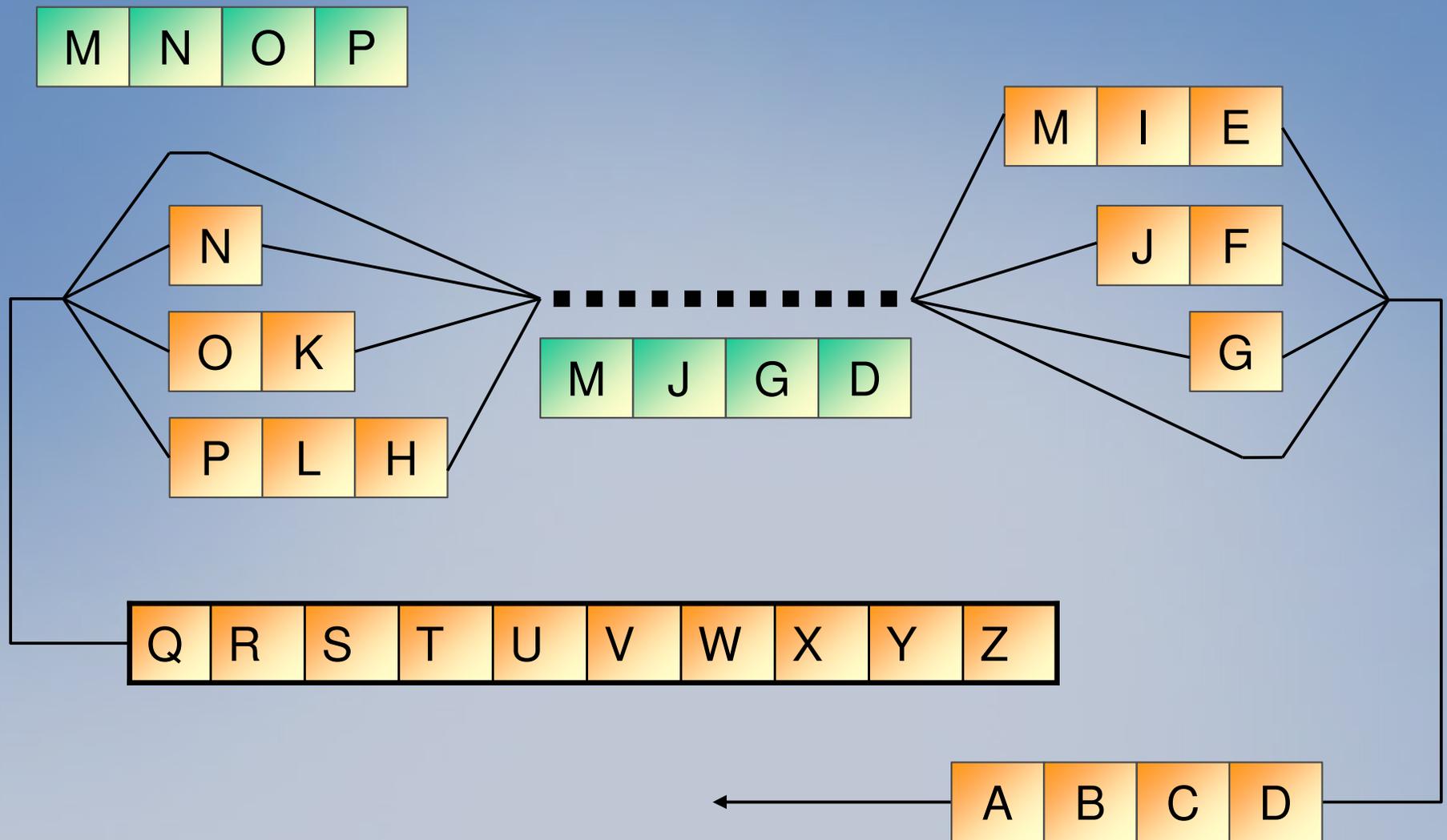
# Interleaving Beispiel – Schritt 2



# Interleaving Beispiel – Schritt 3



# Interleaving Beispiel – Schritt 4



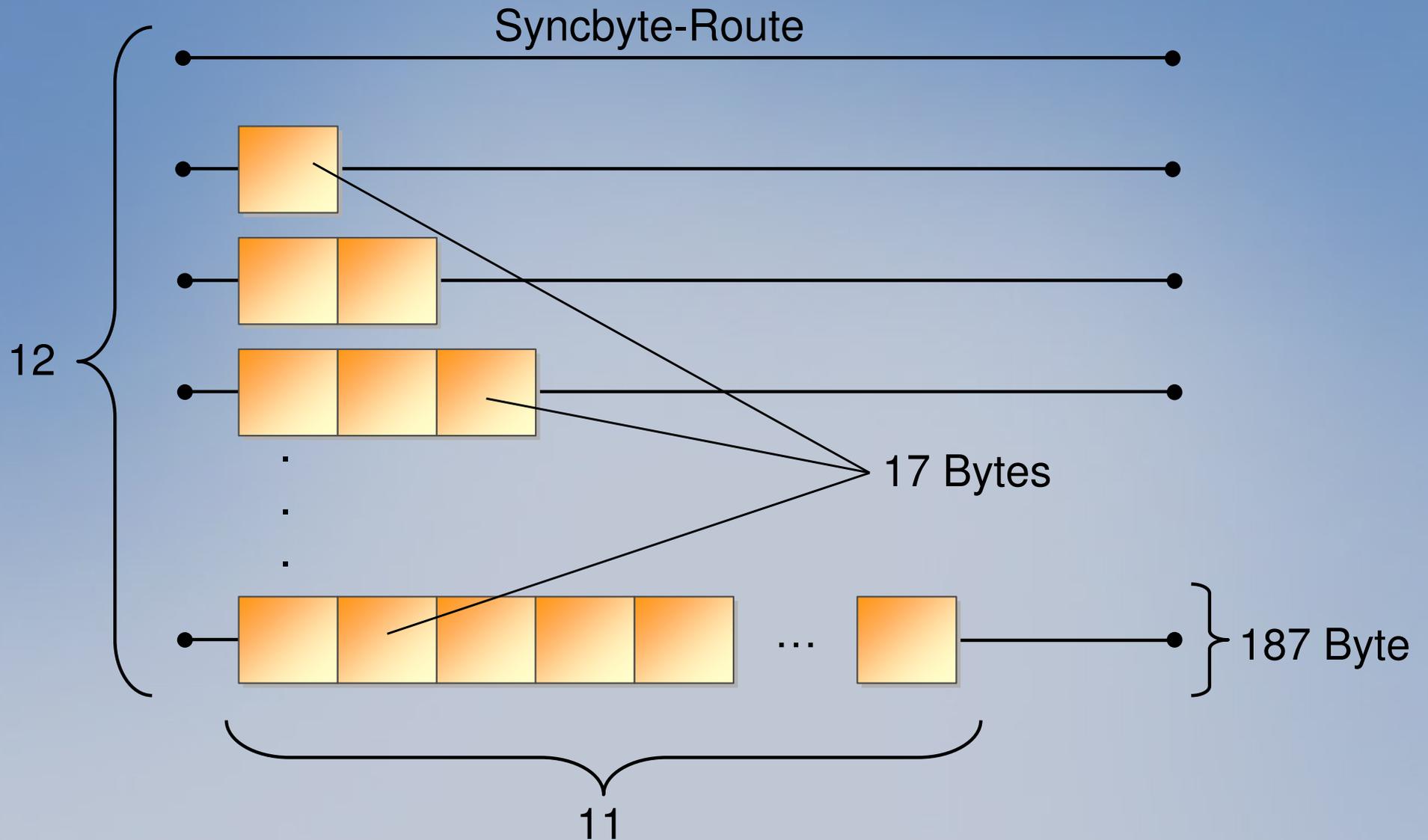
# Interleaving Beispiel - Auswertung

- Nach 4 Schritten sind die Zeichen ABCD übertragen worden
- In jedem Schritt wurde nur ein Zeichen aus ABCD übertragen und 3 weitere Zeichen aus anderen 4er Paketen (→ Beispiel – Schritt 1)
- Angenommen in Schritt 4 tritt ein Burstfehler auf, der 4 Zeichen zerstört
  - Ohne Interleaving wäre die Zeichenkette die übertragen wurde (MNOP) unbrauchbar
  - Mit Interleaving ist in 4 Zeichenketten jeweils ein Zeichen falsch, was durch RS-Codierung korrigierbar ist

# Interleaver in DVB

- Verwendet Interleaving der Tiefe 12
- Sync-Bytes werden immer über die ungepufferte Route geleitet (ohne Verzögerung)
- Zykluslänge von 204 Bytes bleibt unverändert, da nach 17 Übertragungsvorgängen 204 Byte des Eingangstroms übertragen wurden ( $17 \cdot 12 = 204$ )
- Jedes 12te Symbol gehört zu dem gleichen Paket, damit sind Burstfehler bis zur Länge von 96-107 Symbolen korrigierbar (RS-Codierung kann 8 Symbole reparieren)

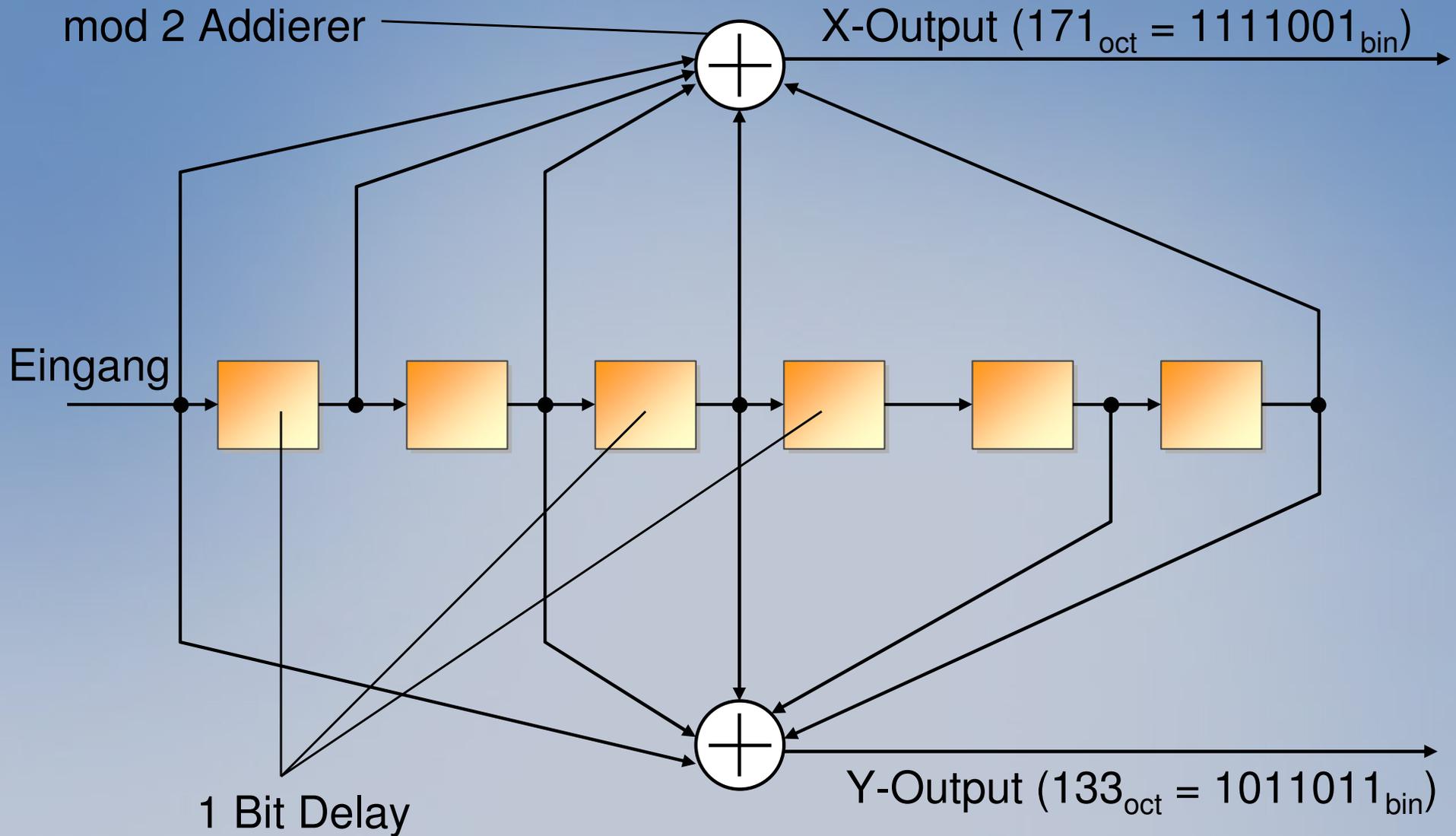
# Interleaver in DVB - Aufbau



# Inner Coder - Faltungscoder

- Ermöglicht Bitfehlerdecodierung
- Bildet aus Eingangsbit 2 Ausgangsbits → Redundanz ermöglicht Korrektur
- Hohe Bandbreitenkosten (worst case: Halbierung)
- Details:
  - Faltungscode mit 6 Bit Gedächtnis und Generatorpolynomen  $G_1=171_{\text{oct}}$  und  $G_2=133_{\text{oct}}$
  - Punktierungsraten von  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$ ,  $7/8$

# Inner Coder - Schaltbild



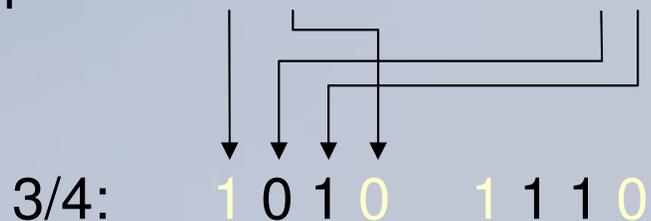
# Inner Coder - Punktierung

- Motivation:
  - Bandbreitenverluste zu groß bei relativ störungsfreien Kanälen (Satellit)
  - Hohe Flexibilität ist wünschenswert (Satellit weniger geschützt als terrestrisch)
- Idee:
  - Reduktion der Redundanz durch weglassen einiger Bits bei der Übertragung
  - Fehlende Bits müssen beim Decoder rekonstruiert werden

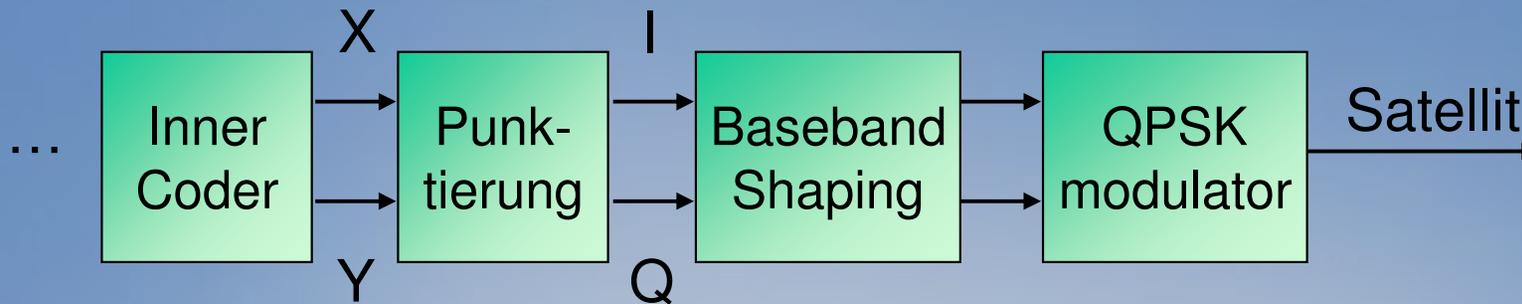
# Inner Coder - Punktierungsdetails

| Punktierungsrate | Übertragene Bits         | Übertragungssequenz               |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1/2              | X: 1<br>Y: 1             | $X_1 Y_1$                         |
| 2/3              | X: 10<br>Y: 11           | $X_1 Y_1 Y_2$                     |
| 3/4              | X: 101<br>Y: 110         | $X_1 Y_1 Y_2 X_3$                 |
| 5/6              | X: 10101<br>Y: 11010     | $X_1 Y_1 Y_2 X_3 Y_4 X_5$         |
| 7/8              | X: 1000101<br>Y: 1111010 | $X_1 Y_1 Y_2 X_3 Y_4 X_5 Y_6 X_7$ |

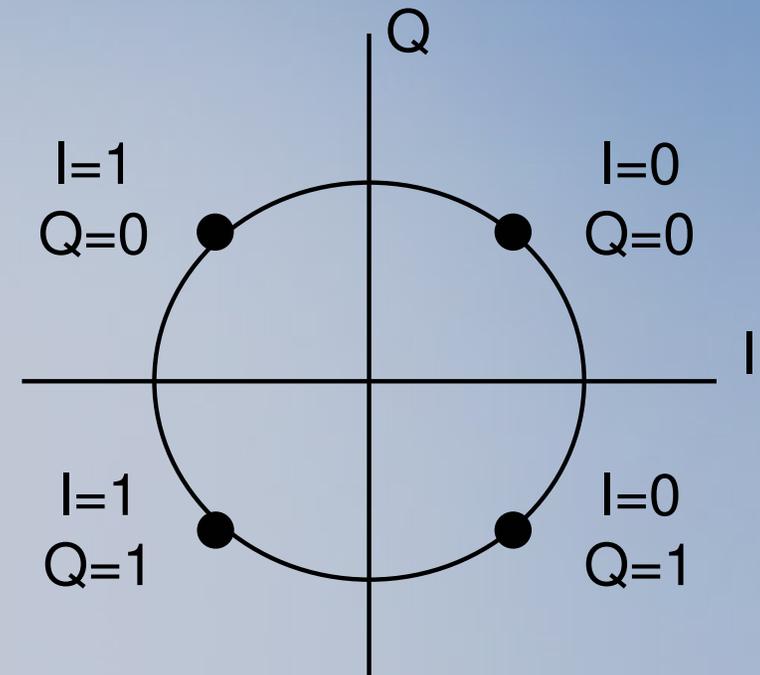
Beispiel: X=100 100 Y=011 110



# DVB – S (Satellit)



- QPSK-Modulation
- Absolute Codierung
- Basisband: 11/12 GHz



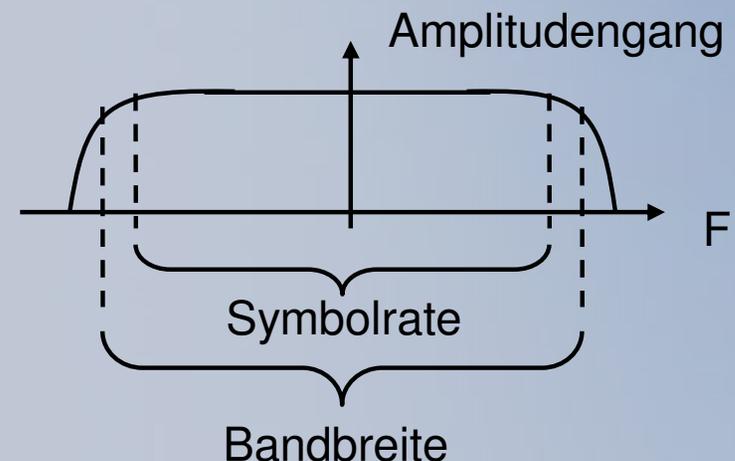
# DVB – S (Satellit) - Datenrate

Datenrate bei verschiedenen Punktierungen:

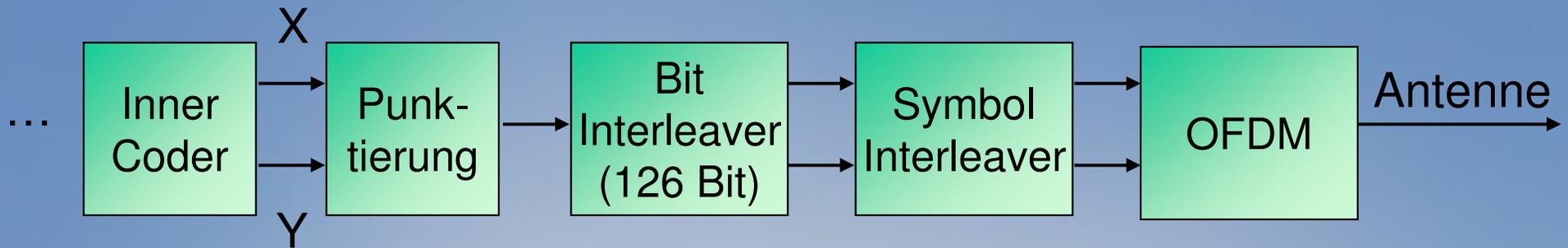
| Bandbreite (MHZ) | Symbolrate (Mbaud) | 1/2  | 2/3  | 3/4  | 5/6  | 7/8  |
|------------------|--------------------|------|------|------|------|------|
| 54               | 42.2               | 38.9 | 51.8 | 58.3 | 64.8 | 68.0 |
| 46               | 35.9               | 33.1 | 44.2 | 49.7 | 55.2 | 58.0 |
| 33               | 25.8               | 23.8 | 31.7 | 35.6 | 39.6 | 41.6 |

Datenrate in MBit/s  
nutzbar

- 1 Symbol = 2 Bit (QPSK)
- Datenrate verteilt sich auf 4-8 Fernsehprogramme
- Zusätzliche Verluste durch RS-Codierung, Header etc.



# DVB – T (Terrestrisch)



- Modulation mit QPSK, 16-QAM oder 64-QAM
- Bit Interleaver zerlegt Eingangsstrom in 2,4 oder 6 Parallele Subströme, die getrennt Permutiert werden
- Aus je einem Bit pro Substrom wird ein Symbol erzeugt (2,4 oder 6 Bit)
- 12 bzw. 48 Gruppen aus je 126 Symbolen bilden ein OFDM-Symbol mit 1512 (2k Mode) bzw. 6048 (8k Mode) Trägern

# DVB – T (Terrestrisch) - Datenrate

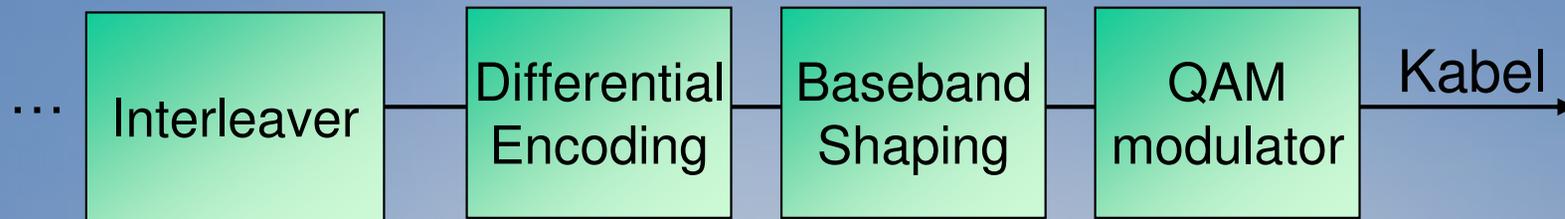
| Modulation | Inner Code | Guard Interval |       |
|------------|------------|----------------|-------|
|            |            | 1/4            | 1/32  |
| QPSK       | 1/2        | 4.98           | 6.03  |
|            | 3/4        | 7.46           | 9.05  |
|            | 7/8        | 8.71           | 10.56 |
| 16 QAM     | 1/2        | 9.95           | 12.06 |
|            | 3/4        | 14.93          | 18.10 |
|            | 7/8        | 17.42          | 21.11 |
| 64 QAM     | 1/2        | 14.93          | 18.10 |
|            | 3/4        | 22.39          | 27.14 |
|            | 7/8        | 26.13          | 31.67 |

Nutzbare Datenrate in MBit/s

Guard Intervals: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32

zum Vergleich: Satellit mit 33 MHz Transponder: 23.8-31.6 MBit

# DVB – C (Kabel)



- Kein Inner Coder nötig (Kanal wenig stör anfällig)
- Modulation: 16/32/64/128/256 QAM
- Receiver sollten aber mindestens 64-QAM unterstützen

# DVB – C (Kabel) - Datenrate

| Modulation | belegte Bandbreite (MHz) | Datenrate (MBit/s) |
|------------|--------------------------|--------------------|
| 64-QAM 1)  | 7.92                     | 38.1 MBit/s        |
| 32-QAM 2)  | 7.9                      | 34.37 MBit/s       |
| 16-QAM     | 7.86                     | 27.34 MBit/s       |

- 1) Geeignet zum Weitertransport von DVB-S
- 2) Geeignet zum Weitertransport von DVB-T  
Bandbreiten hinunter bis 2 MHz möglich

# Übersicht

- Einleitung
- Übertragungssystem
- **Transportstrom**
  - **Begriffsklärung**
  - **PSI-Pakete**
  - **Datenstrom**
  - **Teletext, Subtitle, MHP**
- Pilotprojekte
- Hardware

# Datenstrom

## Begriffsklärung I

- *Elementary Stream*, ES  
Video- Audio oder sonstige bereits encodierte Daten, werden mit *PES header* versehen
- *Packetised Elementary Stream*, PES  
Paketierte ESs. Im *PES header* können neben Information wie Typ etc. auch Zeitstempel enthalten sein:
  - *PTS: Presentation Time Stamp*  
Wann Video & Audio synchron sein sollen
  - *DTS: Decoding Time Stamp*  
Wann der Decoder ein best. Paket decodiert
  - Bis zu  $2^{16}$  Bytes/Block incl. Header

# Datenstrom

## Begriffsklärung II

- *Program Specific Information*, PSI
  - Sind Tabellen mit Systeminformationen
  - Tabellen werden im TS übertragen
  - Dienen als eine Art Inhaltsverzeichnis für den Transportstrom
  - Decoder erhält Informationen welche Informationen er darstellen soll
    - Audio und Video für jedes Programm
    - Zugriffsrechte (*Conditional Access CA*)

# Datenstrom

## Die wichtigsten PSI Pakete im Überblick I

- **PAT** (*Program Association Table*)
  - Enthält eine Liste aller Programme im Transport Multiplex und verweist auf die Packet IDs der zugehörigen **PMT**
  - Hat die feste PID  $0x0000_{\text{HEX}}$
- **PMT** (*Program Map Table*)
  - Index für ein Programm: PIDs für Audio, Video und Datenkomponenten
  - Programm Name
  - Copyright Informationen

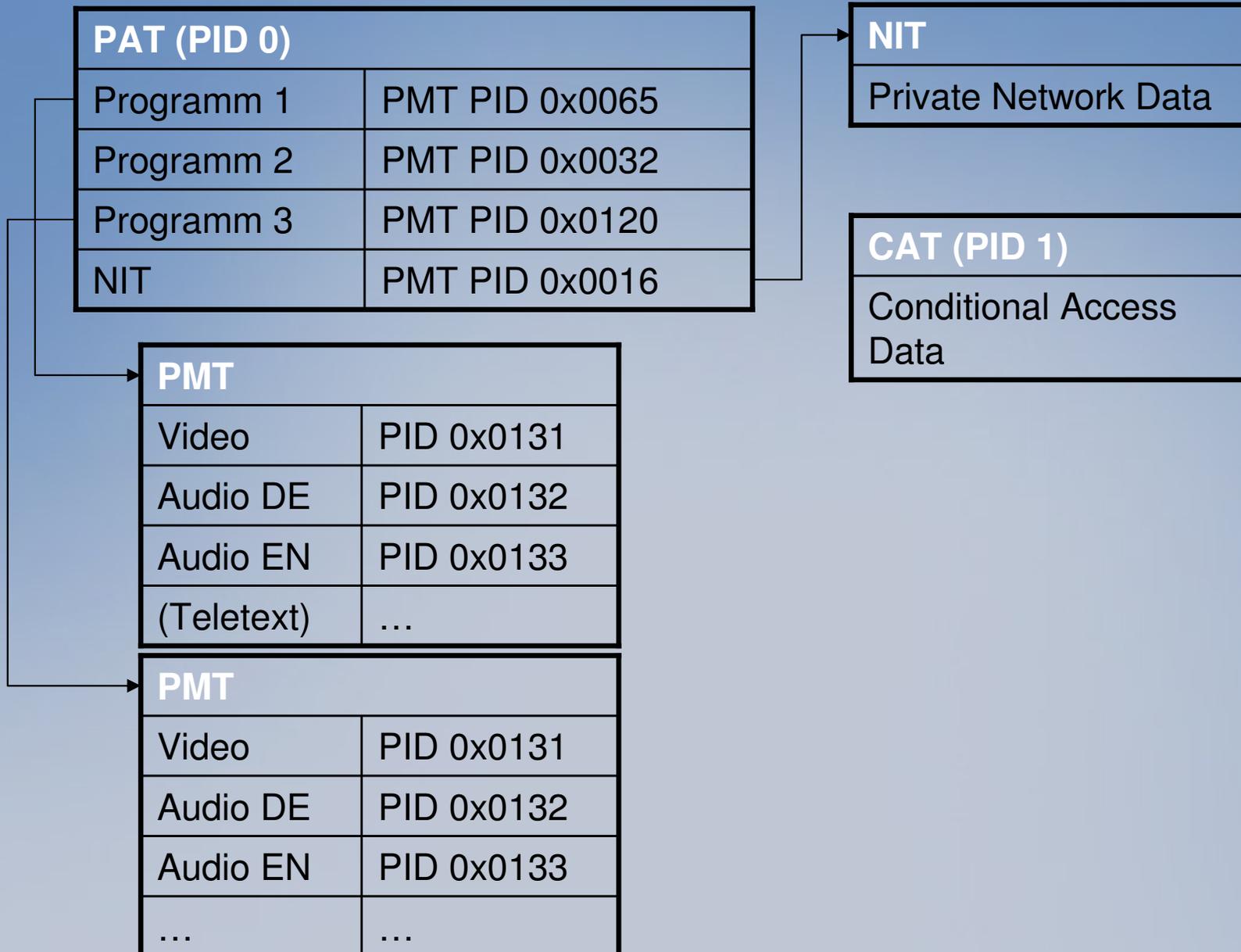
# Datenstrom

## Die wichtigsten PSI Pakete im Überblick II

- **CAT** (*Conditional Access Table*)
  - Anbieterspezifische Informationen für Zugriffsrechte z.B. für Pay-TV
  - Hat die feste PID  $0x0001_{\text{HEX}}$
- **NIT** (*Network Information Table*)
  - Informationen zu verschiedenen TS in einem Netzwerk

# Datenstrom

Veranschaulichung des Zusammenhangs der Tabellen

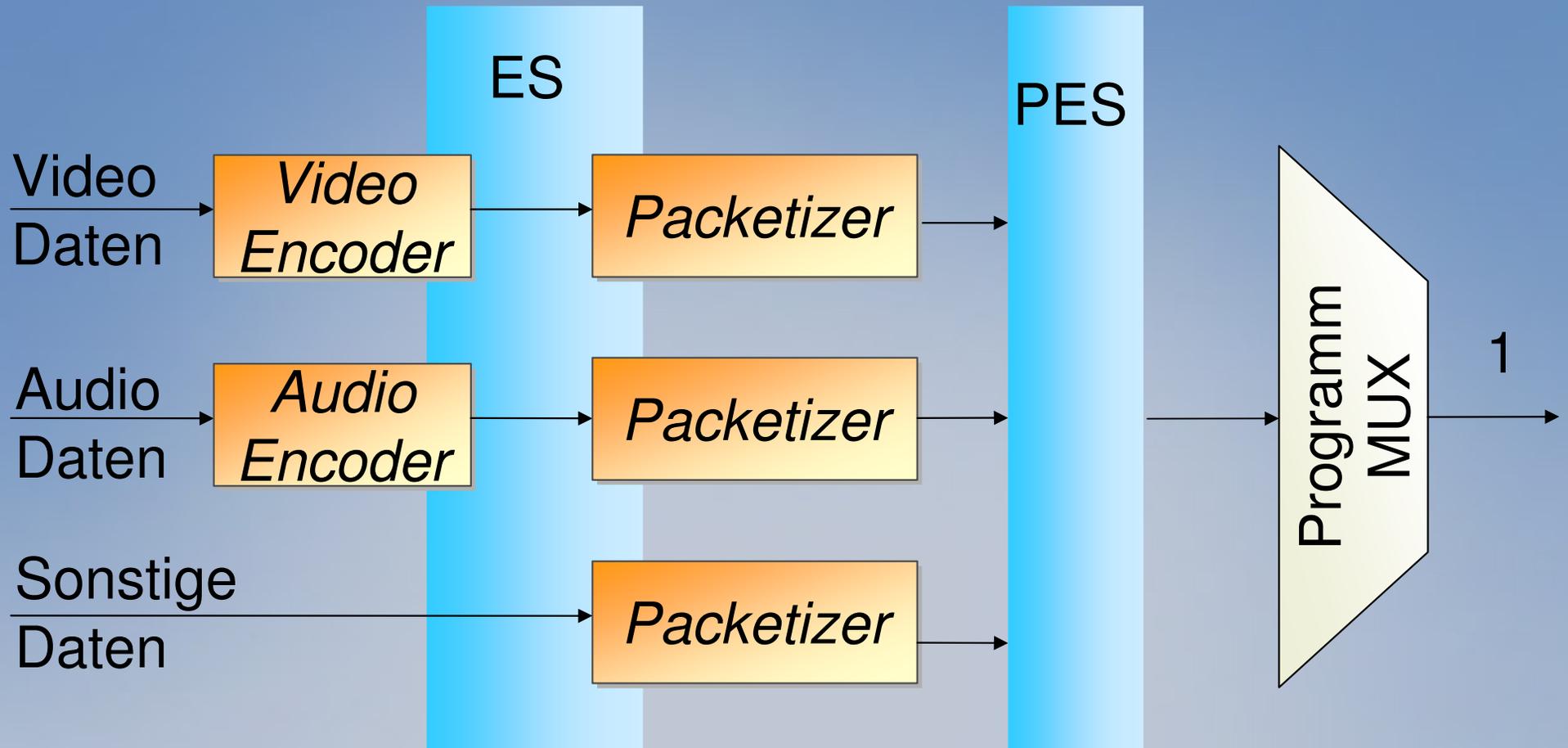


# Multiplex Arten

## Unterscheidungen

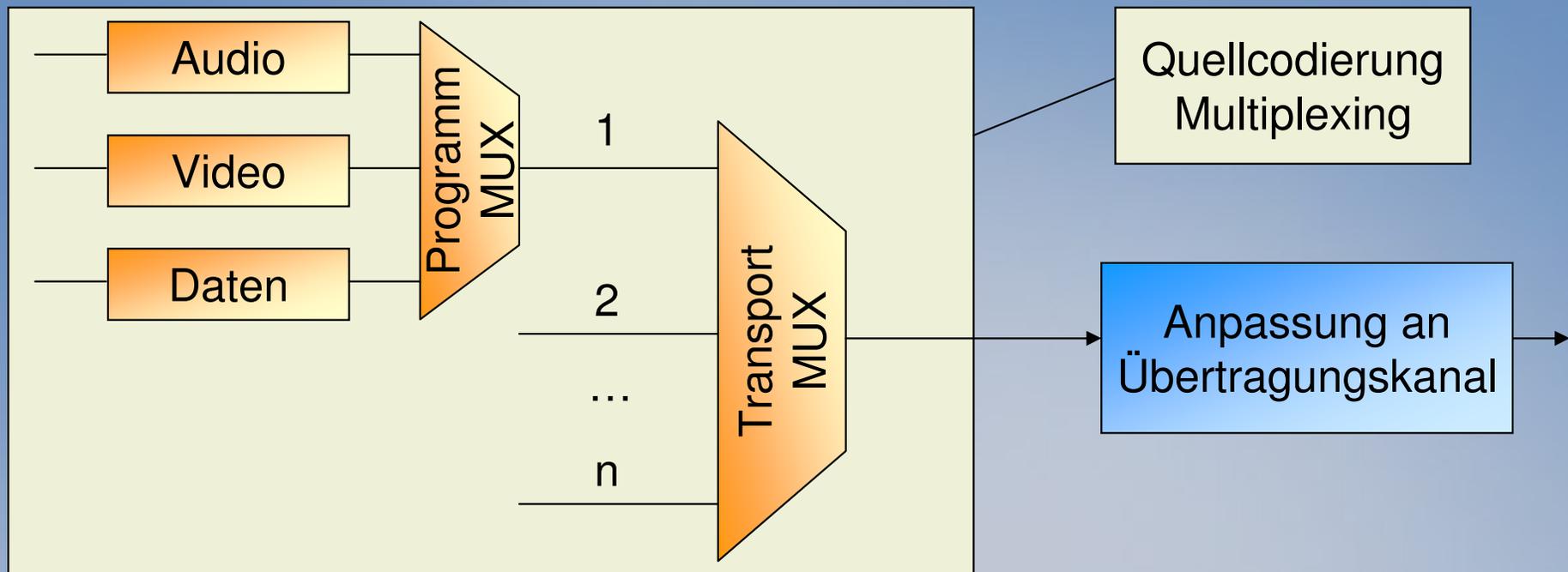
- Programm Multiplex:
  - PES-Pakete mit gleicher Zeitbasis
  - z.B. bei Videospeicherung
- Transport Multiplex:
  - Aufbruch der PES in kleine Transportpakete
  - Mischung mit anderen PES-Strömen

# Datenstrom



# DVB Übertragungssystem

## Quellcodierung



Programm Multiplex:

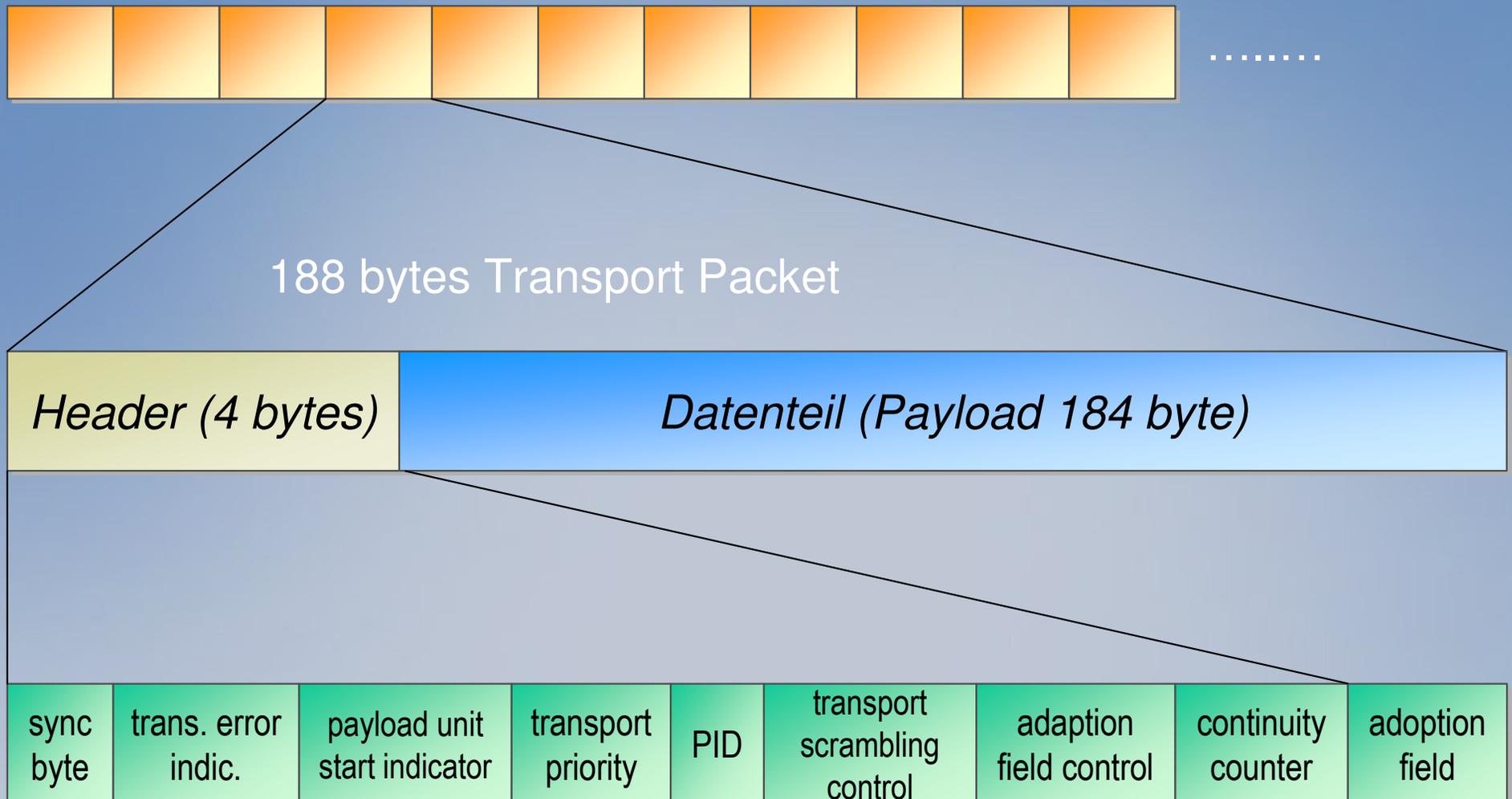
- variable Paketlänge
- gleiche Zeitbasis in den 3 Strömen

Transport Multiplex:

- feste Paketlänge (188 Byte)
- Zeitstempel
- geeignet für gestörte Kanäle

# Übertragungstechnische Merkmale

## MPEG-2 Transport Strom (*Transport Stream TS*)



# Übertragungstechnische Merkmale

## Bestandteile des headers I

- Synchronisations-Byte (8 Bit):  
wird mit  $0x47_{\text{HEX}}$  ( $01000111_2$ ) belegt
- 3 Flag Bits: bestimmt Verarbeitung von *payload*
  - `transport_error_indicator`:  
*Zeigt Transportfehler an*
  - `payload_unit_start_indicator`:  
Zeigt, wenn Datenteil in diesem Packet startet
  - `transport_priority`:  
Gibt die Priorität an

# Übertragungstechnische Merkmale

## Bestandteile des headers II

- *Packet Identifier* PID (13 Bit):
  - Zum Feststellen der Zugehörigkeit eines Packets
  - Die PID wird vom Multiplexer erzeugt
  - PID können vordefiniert sein und Control Informationen enthalten
  - Unbekannte PIDs werden überlesen
  - PID  $0x1FFF_{\text{HEX}}$  ist vorreserviert und wird als „Lückenfüller“ verwendet
- Beide `scrambling_control_bits` dienen zum Entschlüsseln einiger TS Pakete

# Übertragungstechnische Merkmale

## Bestandteile des headers III

- Beide `adoption_field_bits` können folgende Werte annehmen:
  - 01: Kein adoption field, nur payload
  - 10: Nur adoption field, kein payload
  - 11: Adoption field und payload
  - 00: Reserviert für zukünftige Entwicklungen
- `Continuity_counter` (4 Bit)

# DVB und Teletext

- Teletextdaten werden im TS transportiert
- PID eines Programms wird in der PMT geliefert
- Gewöhnlicher TS bis auf `adoption_field_control`, welches nur den Wert „01“ und „10“ haben kann
- Einige Änderungen des PES packet format
- Internationaler Zeichensatz
- Kann vom Receiver in Videosignal eingebaut werden (alte Fernseher)

# DVB

## Subtiteling systems

- Subtitel **pages** werden auf das Videobild overlaid
- Jede page besteht aus einer oder mehreren **regions** mit einer Menge von Attributen (horizontale und vertikale Größe, Hintergrundfarbe, ...)
- Durch das **region composite segment** werden die regions positioniert
- In eine region werden grafische **objects** platziert
- Ein object kann ein Zeichen, Wort, Textzeile, Logo, Icon, ... repräsentieren

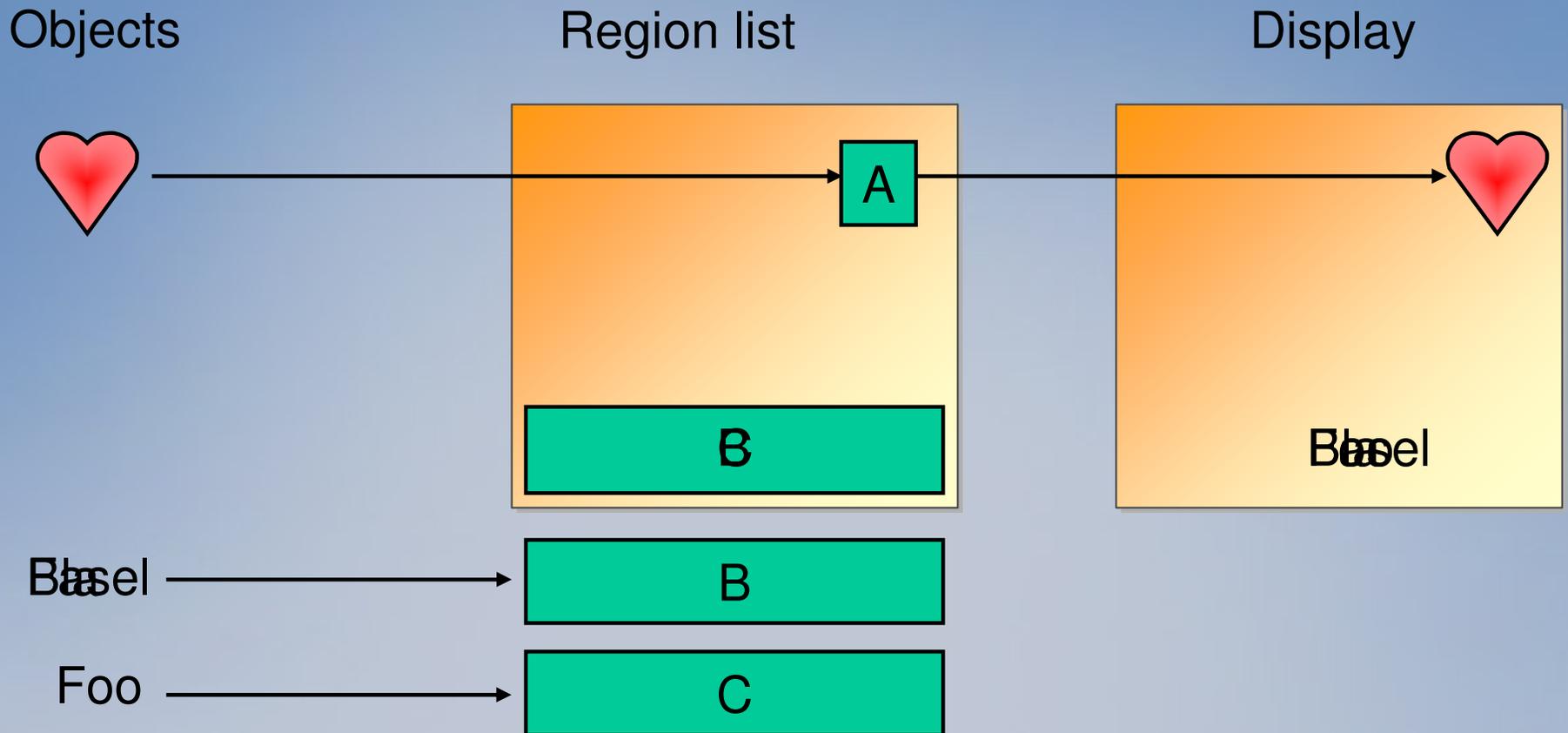
# DVB

## Subtiteling systems

- Es können unterschiedliche `page_ids` für unterschiedliche Sprachen für das selbe Programm verwendet werden
- Mehrfaches Vorkommen von Objekten in einer Region werden nur einfach gespeichert
- Pixel Daten in Objekten werden komprimiert
- Farbdefinitionen können je nach Bandbreite unterschiedlich kodiert werden (16 oder 32 Bit)
- Anpassung an 4:3 oder 16:9 Seitenverhältnisse
- Daten werden mit einem PTS (Presentation Time Stamp) versehen

# DVB Subtiteling systems

Beispiel der Arbeitsweise: Instant graphics



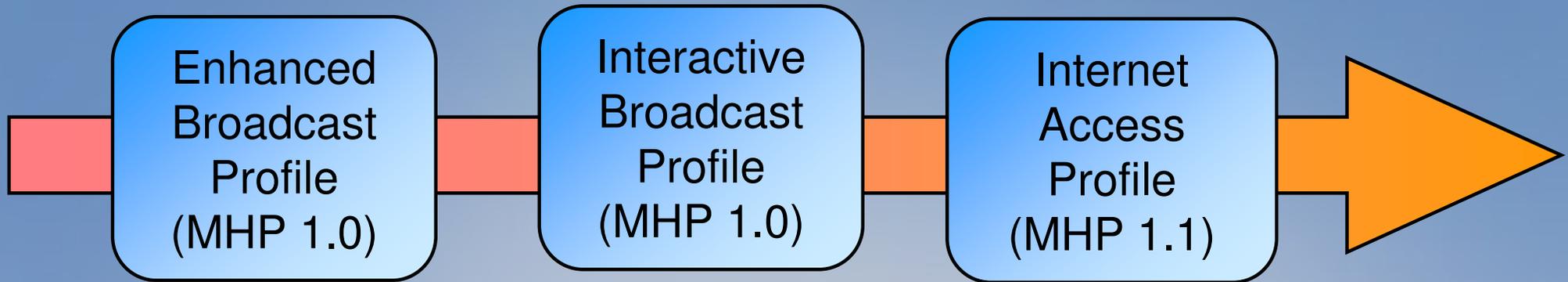
# MHP

## Multimedia Home Plattform

- Einheitlicher Standard für Europa, wird voraussichtlich auch weltweiter Standard
- Aktueller Stand der Spezifikation 1.0.3
- Digitale Angebote und Benutzerinteraktion basiert auf JAVA (DVB-J)

# MHP

## Dienstprofile



- Grafik-Overlays, Animationen und Inhalte aus dem Downstream
- Lokale Interaktion
- Kein Rückkanal
- Zusätzlich Rückkanal
- Echte Interaktion über IP
- Erweitertes API
- Bsp.: Shopping, Televoting, Gewinnspiele
- Zusätzlich Verbindung zum Internet
- Bsp: eMail, www, chat,..
- Option: DVB-HTML

# Übersicht

- Einleitung
- Übertragungssystem
- Transportstrom
- **Pilotprojekte**
  - **Berlin-Brandenburg**
  - **Norddeutschland**
  - **Baden-Württemberg**
  - **Bayern**
  - **Nordrhein-Westfalen**
  - **Mitteldeutschland**
- Hardware

# Pilotprojekte in Deutschland

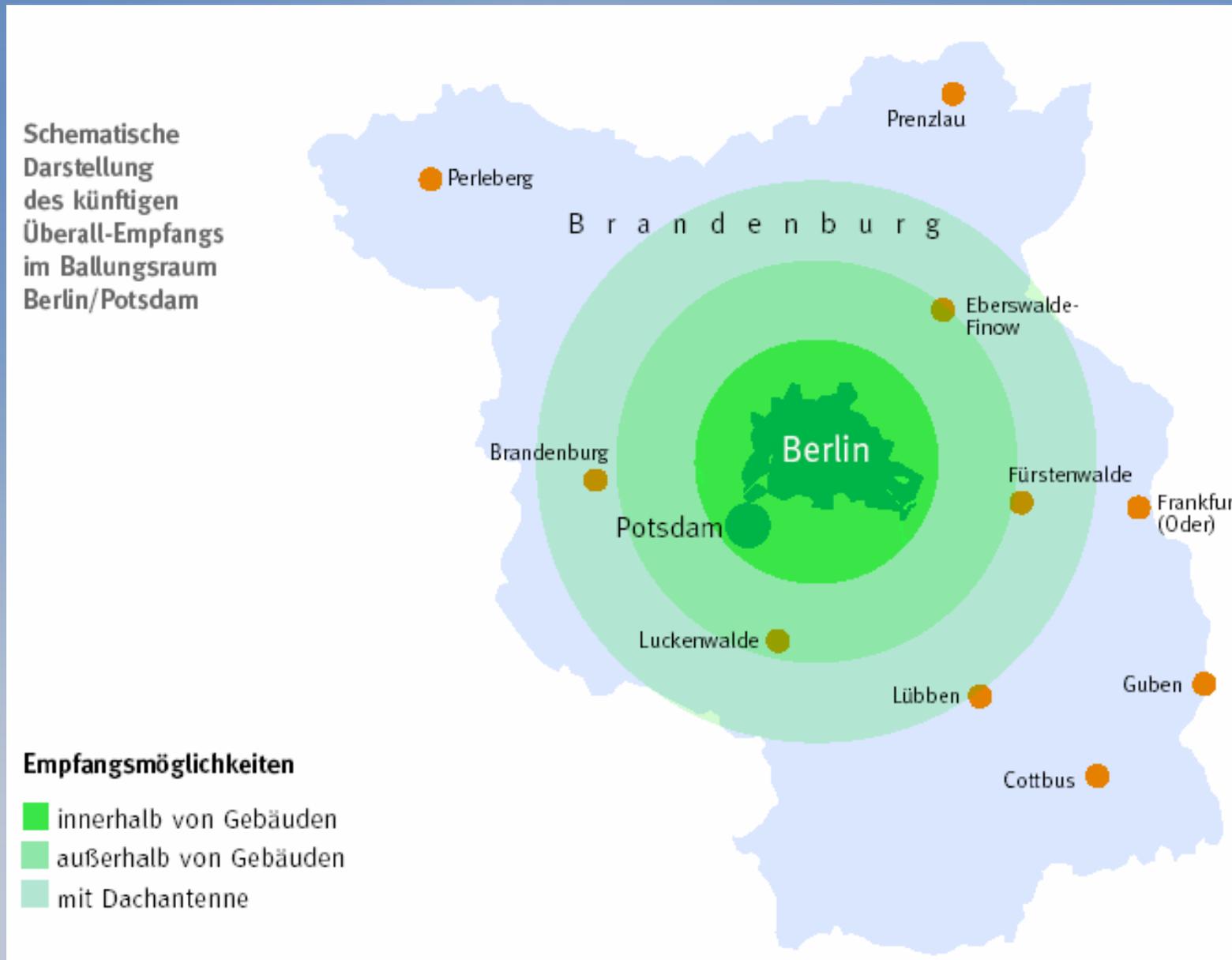
## DVB-T

- Ballungsraum Berlin/Potsdam
  - Ca. 24 Programme
  - Versorgung
    - portabel indoor ca. 3 Mio.
    - stationär ca. 5 Mio.
  - Start am 1. Nov. 2002 (8 Programme),  
Abschaltung der restlichen analogen  
Frequenzen zur IFA 2003



# Pilotprojekte in Deutschland

## DVB-T – ÜberallFernsehen Berlin-Brandenburg



# DasÜberallFernsehen



DVB-T: DasÜberallFernsehen

The screenshot shows a television screen with a dark red background. At the top, there is a grey horizontal bar with a circular logo on the left and the text 'das werk frankfurt' on the right. Below this bar, the following information is displayed in white text with orange labels:

- agency Die Brandenburgs
- client MABB
- product DVB-T Spot 1 "lang"
- title VT-Seite 479
- duration 35 Sek.
- date 04.10.2002

At the bottom of the screen, there is a thin orange horizontal line with the number '191' centered below it.

# Pilotprojekte in Deutschland

## DVB-T

- Niedersachsen, Bremen und Hamburg
  - Ca. 12-16 Programme
  - Versorgung
    - portabel indoor ca. 4 Mio.
    - Stationär ca. 6 Mio.
  - Start: 2003



# Pilotprojekte in Deutschland

## DVB-T

- Baden-Württemberg
  - Ca. 12-16 Programme
  - Versorgung
    - portabel indoor ca. 4 Mio.
  - Start: frühestens 2004
  - Für den Start müssen einige analog genutzte Kanäle abgeschaltet werden

# Pilotprojekte in Deutschland

## DVB-T

- Bayern
  - Ca. 24 Programme in Ballungszentren München und Nürnberg
  - Versorgung:
    - portabel indoor ca. 2,9 Mio
  - Start: frühestens 2004



# Pilotprojekte in Deutschland

## DVB-T

- Nordrhein-Westfalen
  - Ca. 12-16 Programme
  - Versorgung:
    - portabel indoor ca. 7 Mio.
  - Start: frühestens 2004

# Pilotprojekte in Deutschland

## DVB-T

- Mitteldeutschland
  - Ca. 12-16 Programme im Ballungsraum Leipzig / Halle
  - Versorgung:
    - portabel indoor ca. 1,4 Mio.
    - Stationär ca. 2,3 Mio.
  - Start: frühestens 2004

# Übersicht

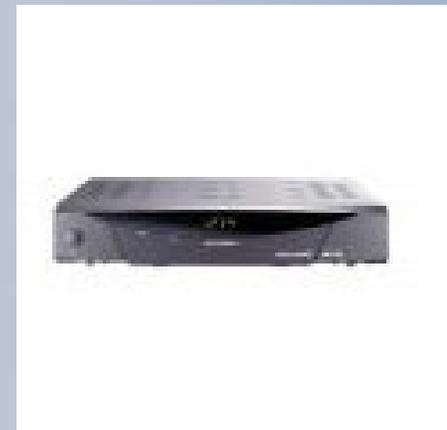
- Einleitung
- Übertragungssystem
- Transportstrom
- Pilotprojekte
- **Hardware**
  - **Voraussetzungen**
  - **Standalone Geräte**
  - **PC basierte Lösungen**

# Hardware - Voraussetzungen

- Stabantenne (DVB-T)
- Kabelanschluss (DVB-C)
- Satellitenschüssel mit Digital LNB (DVB-S)
  - wird im folgenden besprochen

# Hardware – Standalone Geräte

- Preise ab 99€
- Vorteile:
  - Kann ohne Probleme angeschlossen werden
- Nachteile:
  - Funktionsumfang auf Firmware beschränkt
  - Firmwareupdates teilweise über serielle Schnittstelle (besser per Satellit)



# Hardware – PC basiert

- PC Steckkarte ab 60€, mit Decoder-Chip 200€
- Vorteile
  - Hohe Flexibilität
  - Großes Softwareangebot
  - Aufnahme, Timeshifting
- Nachteile
  - Relativ hohe Prozessorlast (ohne HW-Decoder)
  - Hoher Preis (mit HW-Decoder)
- Linux-Projekt: [www.linvdr.de](http://www.linvdr.de)



# Weiterführende Informationen

Deutsche TV-Plattform e.V. – Das **Überall**Fernsehen

- <http://www.ueberall-tv.de>

Bayerische Landeszentrale für neue Medien

- <http://www.blm.de>

Digitalfernsehen

- [www.digitalfernsehen.de](http://www.digitalfernsehen.de)

ETSI (jeweils EN)

- 300 472, 300 744, 300 421, 300 429, 300 743

Sonstiges:

- [www.informatik.fh-muenchen.de/~ifw99120/dako/semthem.html](http://www.informatik.fh-muenchen.de/~ifw99120/dako/semthem.html)
- RegPT

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit

Stefan und Andreas