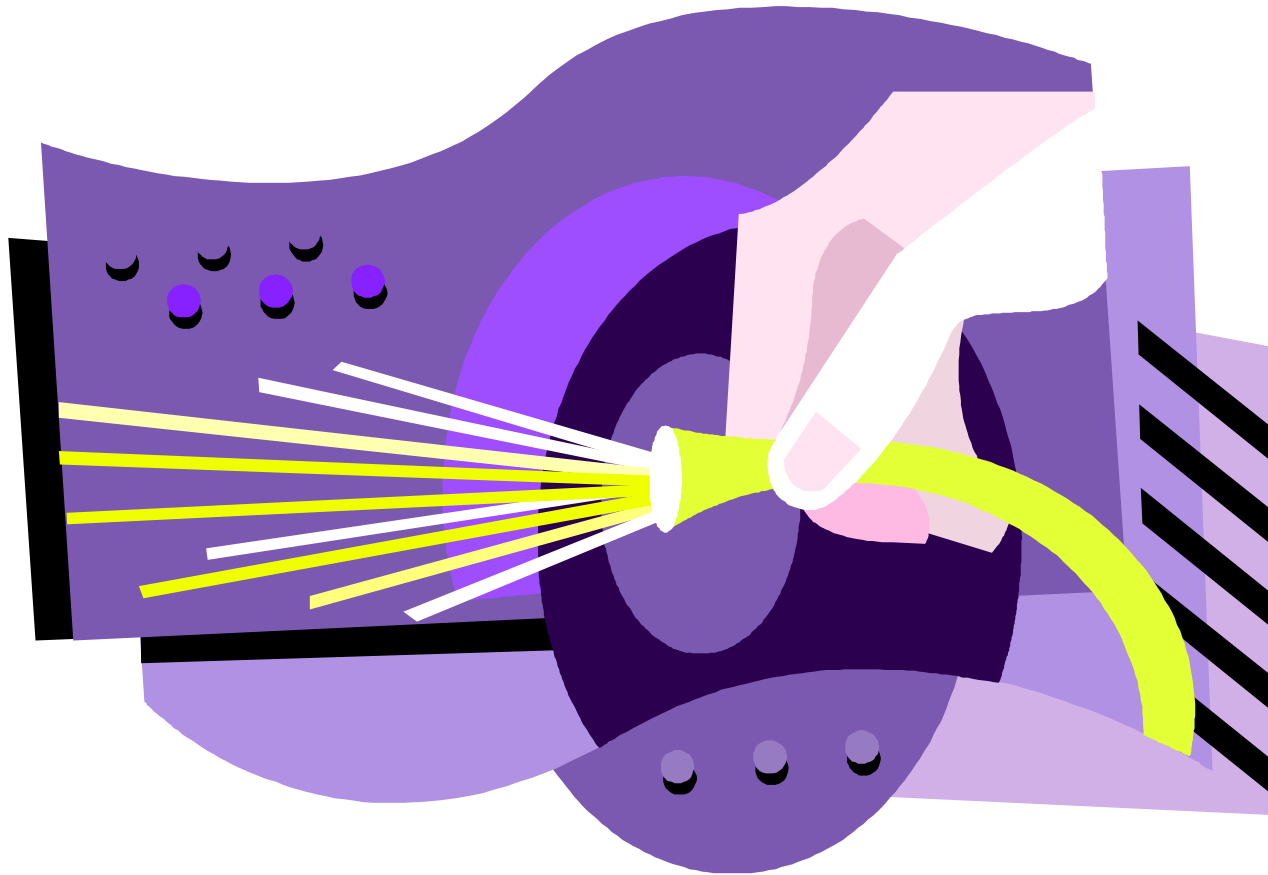


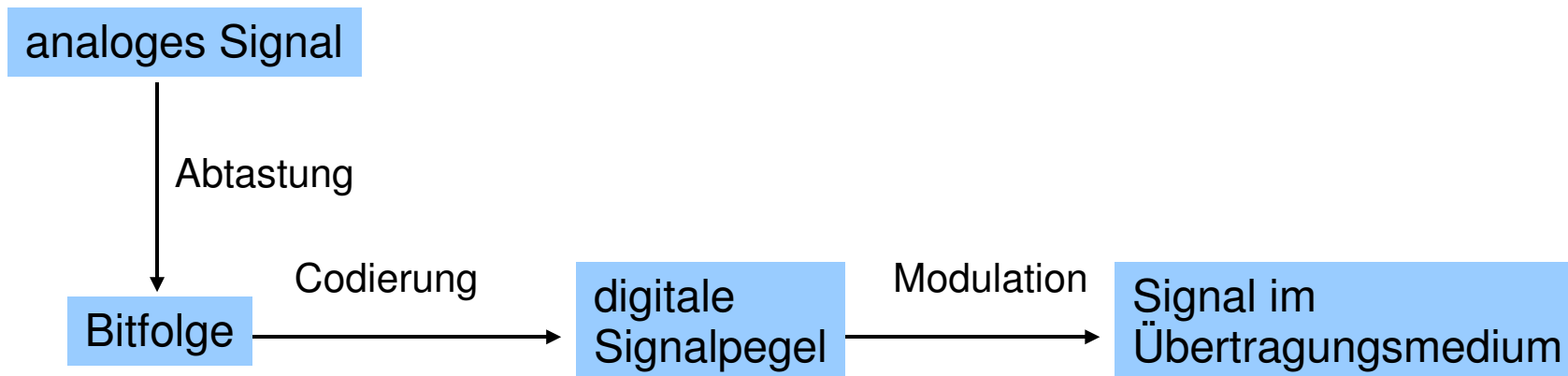
Multiplexverfahren



Codierung



- Informationstechnische Betrachtung
Ein Code c ist eine injektive Abbildung der Wörter eines Zeichenvorrats z_1 in die Menge der Wörter eines Zeichenvorrats z_2 . $C = z_1 \rightarrow z_2$
- Nachrichtentechnische Betrachtung



(Upward) Multiplexing



- Für die Datenübertragung steht auf dem Übertragungsmedium immer eine feste Bandbreite zur Verfügung.
- Oft kommt es in Netzwerken vor, dass
 - mehrere Nutzer den Datenkanal belegen wollen und/oder
 - ein Nutzer nicht die gesamte Bandbreite belegt, der Kanal also nicht ausgelastet ist.
- Um die Ressourcen optimal auszunutzen, werden die Übertragungseinrichtungen auf verschiedene Benutzer aufgeteilt.
- Diese Aufteilung von Ressourcen bezeichnet man als (upward) Multiplexing.

(Downward) Multiplexing



- Downward Multiplexing: Eine Nutzer benötigt mehrere Kanäle, z.B. weil die Kapazität eines Kanals nicht ausreicht.
- Seltener Fall, auch „inverse multiplexing“ genannt.
- Beispiel: Zwei ISDN B-Kanäle werden zusammengesaltet („Kanalbündelung“), um statt 64Kbit/s die doppelte Kapazität von 128 Kbit/s zu erhalten.

Raum-Multiplexing



- Wenn ein Übertragungskanal nicht ausreicht, wird ein weiterer physisch bereitgestellt
- Verschiedene Verbindungen nutzen verschiedene Kanäle = Leitungen
- Beispiel: Leitungs-Bündel mit tausenden von Aderpaaren bei der Telefonie / Telegrafie

Zeitmultiplexing I

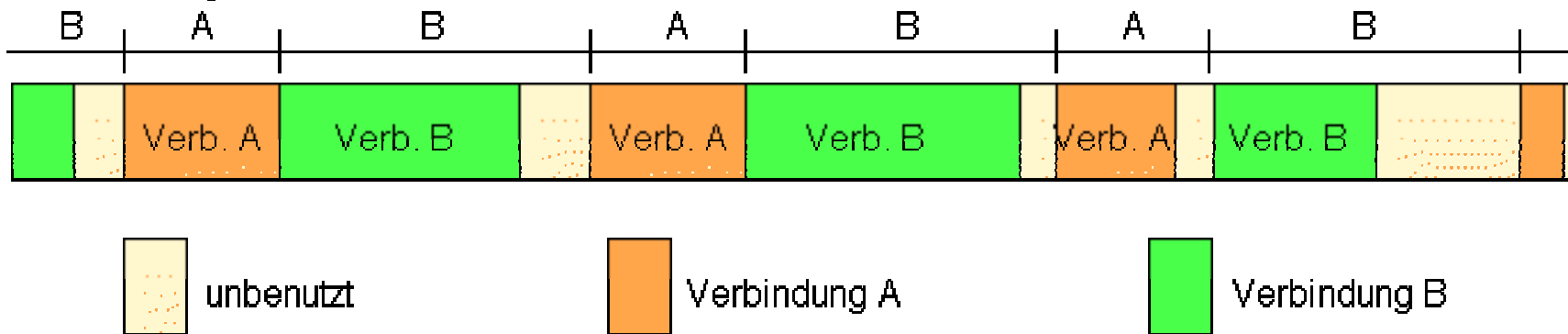


- Beim Zeitmultiplexing (TDM = Time Division Multiplexing) wird der Übertragungskanal in Zeitscheiben eingeteilt.
- Die Zeitscheiben (time slots) werden den jeweiligen Usern zugeteilt. Jeder darf in seinen Slots Daten senden.
- Der Sender sammelt genügend Daten und gibt sie dann als Paket in einen Time Slot (Zwischenspeicherung!).
- Der Empfänger kennt die Time Slots, trennt die empfangenen Informationen wieder und ordnet sie den einzelnen Verbindungen zu.

Zeitmultiplexing II



Zeitmultiplex

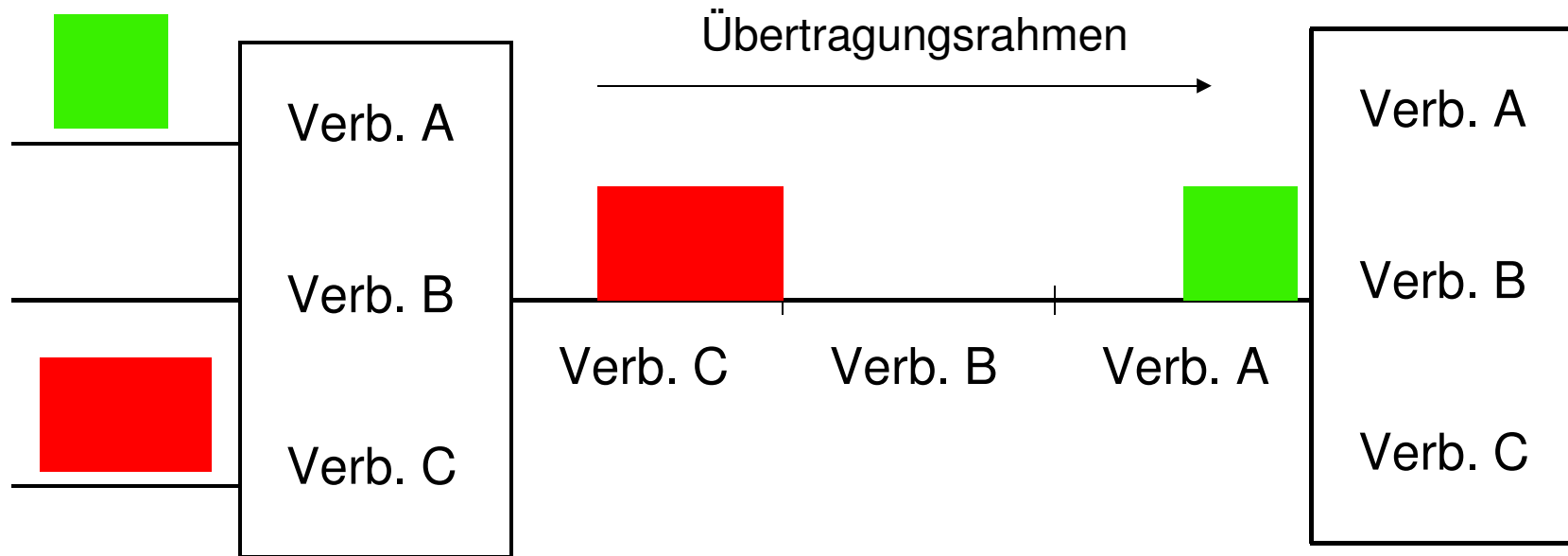


Synchrones Zeitmultiplexing I



- Beim synchronen Zeitmultiplexing (STD = Synchronous Time Division) wird ein Übertragungsrahmen (größere Zeiteinheit) in Zeitschlitze (Slots) eingeteilt.
- Jeder Nutzer erhält einen bestimmten Slot im Übertragungsrahmen, seine Daten stehen also immer an einer bestimmten Position darin.
- Über die Position werden die Daten der verschiedenen Nutzer identifiziert und ihnen beim Demultiplexen wieder zugeordnet.
- Nachteil: Nicht voll ausgenutzte Slots möglich.

Synchrones Zeitmultiplexing II



Asynchrones Zeitmultiplexing I



- Die anfallenden Datenströme werden in Informationseinheiten mit fester (Zellen) oder variabler (Pakete) Länge aufgeteilt.
- Die Pakete oder Zellen werden asynchron (ATD = Asynchronous Time Division), d.h. wie sie gerade von den Nutzern anfallen, übertragen.
- Die Zuordnung zu den verschiedenen Verbindungen geschieht über Identifikationsnummern (Channel Identifiers), die in den Headern des jeweiligen Pakets stehen.

Asynchrones Zeitmultiplexing II



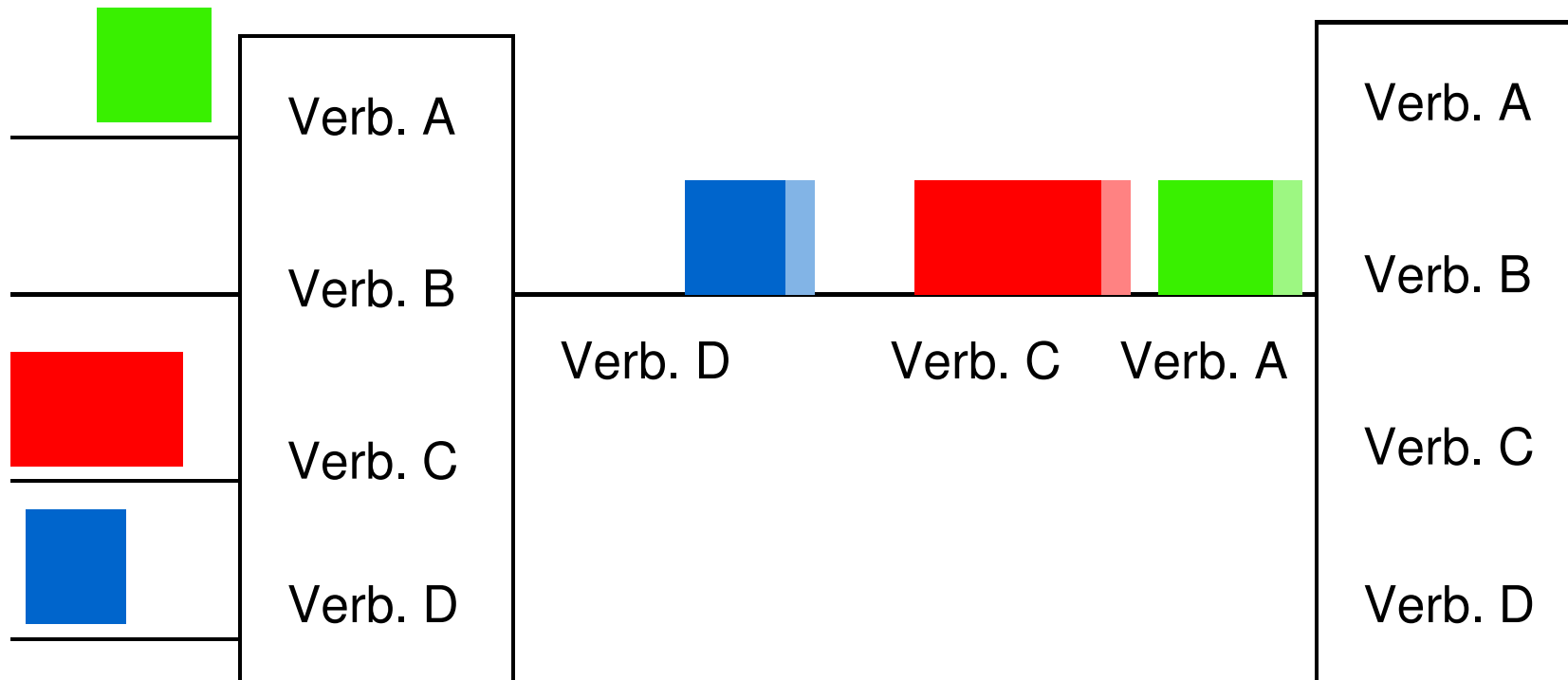
- Asynchrones Zeitmultiplexing mit Zellenaufteilung



Asynchrones Zeitmultiplexing III



- Asynchrones Zeitmultiplexing mit Paketaufteilung



Polling (DAMA)

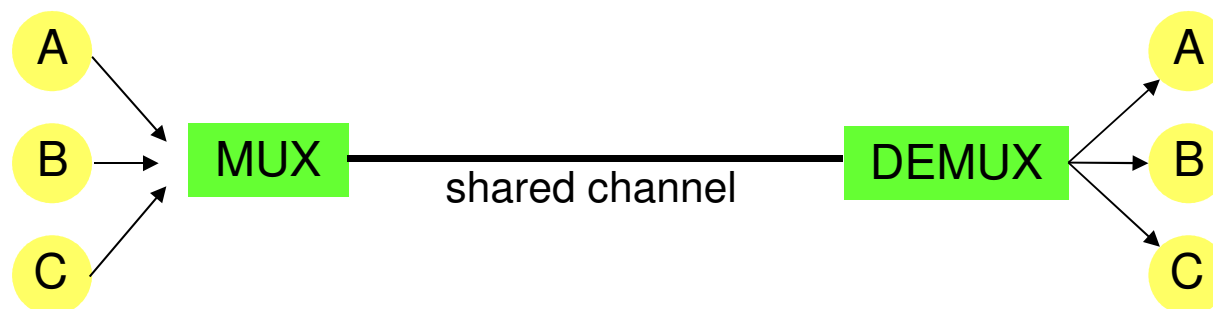


- DAMA = „Demand Assignment Multiple Access“
- Eine Station übernimmt die Moderation.
- Die anderen Stationen melden Sendewünsche an, indem sie ein „Flag“ setzen.
- Der Moderator fragt nacheinander die Teilnehmer ab und erkennt dabei die Sendewünsche.
- Der Moderator erlaubt dann jeweils einem bestimmten Teilnehmer das Senden, dieser Teilnehmer hat dann das Medium exklusiv für sich.

Frequenzmultiplexing I



- Beim Frequenzmultiplexing (FDM) wird das verfügbare Frequenzband in verschiedene Teilbänder unterteilt.
- Der Empfänger kann ein Signal aufgrund der Frequenzlage eindeutig erkennen und dem jeweiligen Sender zuordnen.
- Zwischen zwei benachbarten Frequenzbändern gibt es immer ein sog. Grenzband, d.h. einen Frequenzbereich, der nicht genutzt werden darf...




Frequenzmultiplexing II




Frequenzmultiplex



 unbenutzt

 Kanal A

 Kanal B

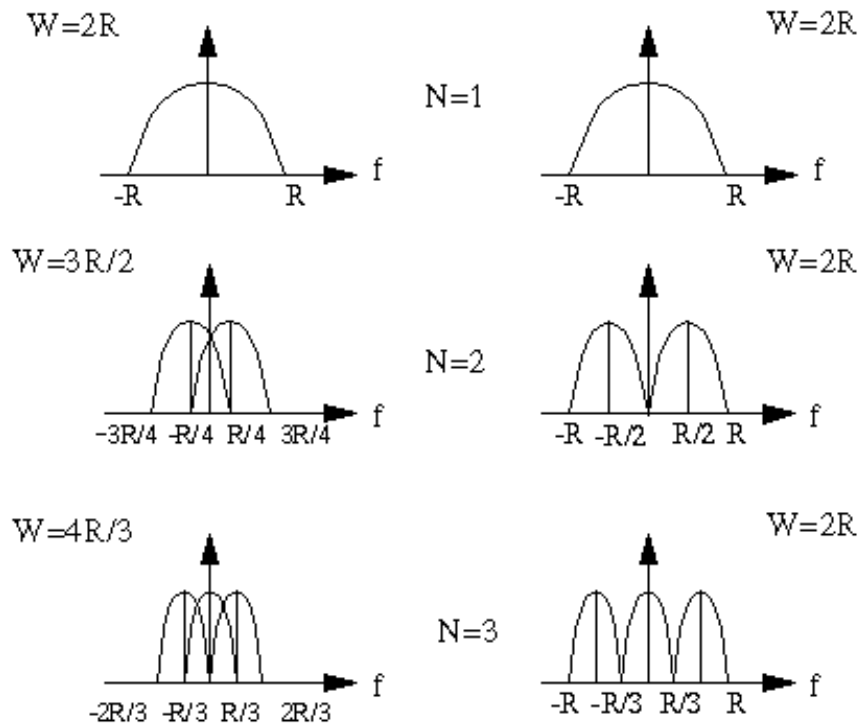
 Grenzband

OFDM – Orthogonal FDM



OFDM

FDM



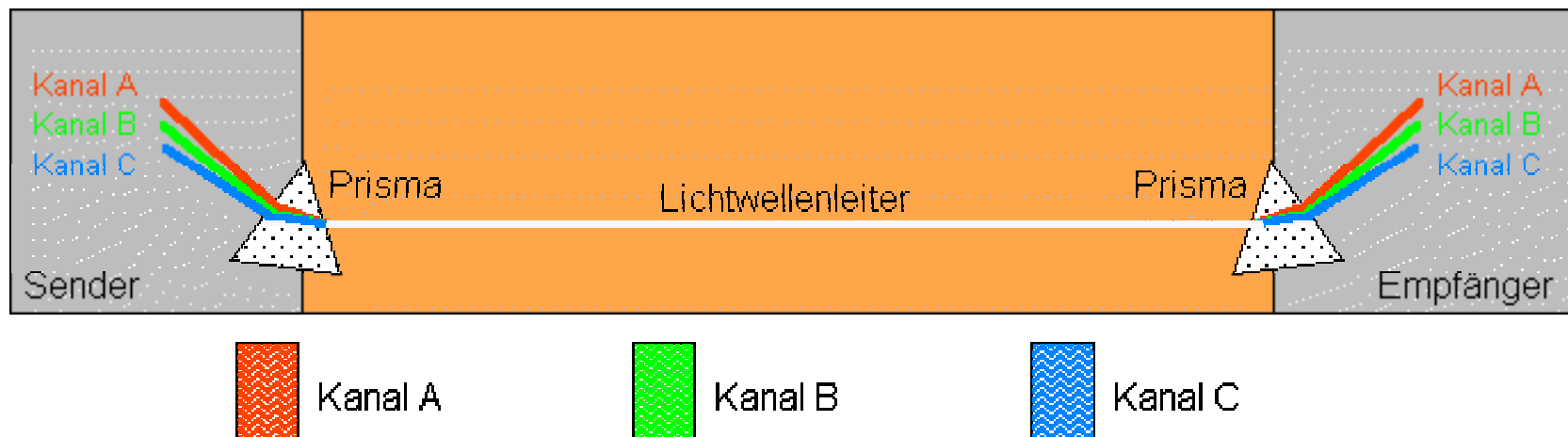
- Ein Frequenzband wird in mehrere Unterträger aufgeteilt
- Die Unterträger sind „orthogonal“, d.h. 90° phasenversetzt
- Sie stören sich nicht, obwohl sie sich überlappen
- Dadurch trotz vieler Kanäle weniger Bandbreite nötig

Quelle: Uni Kaiserslautern

Wellenlängenmultiplexing



- Heute wird FDM teilweise auf Lichtwellenleitern angewandt und dann Wellenlängenmultiplexing genannt.
- Jede Farbe des Lichts hat eine bestimmte Frequenz.
- Durch die Nutzung unterschiedlicher Farben des Lichts können im Lichtwellenleiter verschiedene Kanäle betrieben werden.



Code-Multiplexing 1



- Code-Multiplex (CDM) wird z.B. bei WLAN angewandt
- Viele Partner teilen sich ein breites Frequenzband
- Oft in Verbindung mit anderen Verfahren
- Analogie:
 - Raum voller Menschen, die alle verschiedene Sprachen sprechen.
 - Kommunikationspartner wählen eine Sprache und filtern sie aus dem „Wirrwar“ heraus.
- Beispiel: GPS / GALILEO benutzen Code-Multiplexing zur Unterscheidung der Satelliten-Signale, GLONASS benutzt Frequency Division Multiplexing.
- Exkurs: Spread Spectrum ist die allgemeine Form

Code-Multiplexing 2



- Alle Teilnehmer senden auf demselben Kanal
- Jedes Teilnehmer-Paar hat einen eigenen Code
- Ein zu sendendes Bit wird durch die im Code vorgesehene „Chipfolge“ dargestellt
- Die Codes müssen so gewählt werden, dass sie bei der Decodierung eindeutig bleiben („orthogonal“)
- Einfacher Fall: Zeitsynchrones Senden aller Sender
- Empfänger multiplizieren das empfangene Signal mit ihrem eigenen Chip-Code
- Wenn „Null“ rauskommt, war es nicht für mich
- Sonst $+n$ oder $-n$ \rightarrow Bitwert 1 oder 0