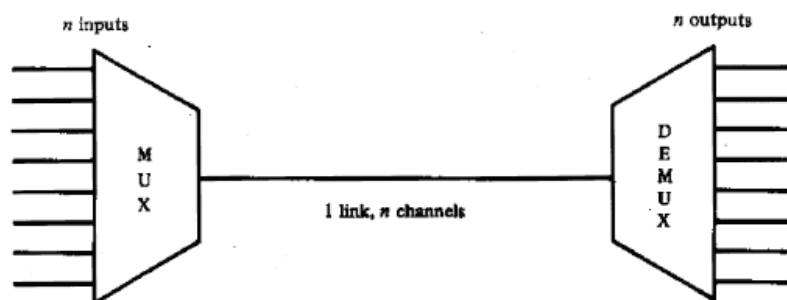


## Multiplexing

Während der Übertragung von Daten wird eine bestimmte Bandbreite belegt. Je schneller sich die Signalpegel ändern, desto größer ist die benötigte Bandbreite. Der jeweilige Übertragungskanal stellt eine festgelegte Bandbreite für die Datenübertragung zur Verfügung. Aus ökonomischen Gründen streben die Kommunikationsanbieter es an, die Übertragungskanäle so effizient wie möglich zu nutzen. Beispielsweise werden beim Telefonnetz daher mehrere Telefongespräche über eine Leitung übertragen.

Bei der Übertragung mehrerer Signale, die sich überlagern, hat der Empfänger keine Möglichkeit, die einzelnen Signale voneinander zu trennen. Deshalb wird beim Multiplexing immer ein Parameter auf die einzelnen Teilnehmer verteilt und damit ein Bezug zum jeweiligen Sendesignal hergestellt, der es dem Empfänger erlaubt, diese zu unterscheiden.

Multiplexverfahren (lat. *multiplex* „vielfach, vielfältig“) sind Methoden zur Signal- und Nachrichtenübertragung, bei denen mehrere Signale zusammengefasst und simultan über ein Medium (Leitung, Kabel oder Funkstrecke) übertragen werden. Oftmals werden Multiplexverfahren auch kombiniert, um noch eine höhere Nutzung zu erreichen.



Die Intentionen für die Anwendung von Multiplexing sind bei leitungsgebundener und bei Funkübertragung teilweise unterschiedlich. Bei leitungsgebundener Übertragung werden die Signale aus mehreren Quellen durch einen so genannten Multiplexer gebündelt und gemeinsam über einen statt über mehrere parallele Wege übertragen. Der Demultiplexer entbündelt die Signale dann wieder. Ziel hierbei ist es, die Kosten für die Übertragungsstrecke möglichst niedrig zu halten. Die Funktechnik eignet sich besonders, um mehrere Teilnehmer, die meist auch räumlich verteilt sind, gleichzeitig mit einer zentralen Funkstation verbinden zu können. Beim Richtfunk gibt es ebenfalls Multiplextechniken. Hier wird das Medium Luft gemeinsam für eine Vielzahl von Datenströmen benutzt.

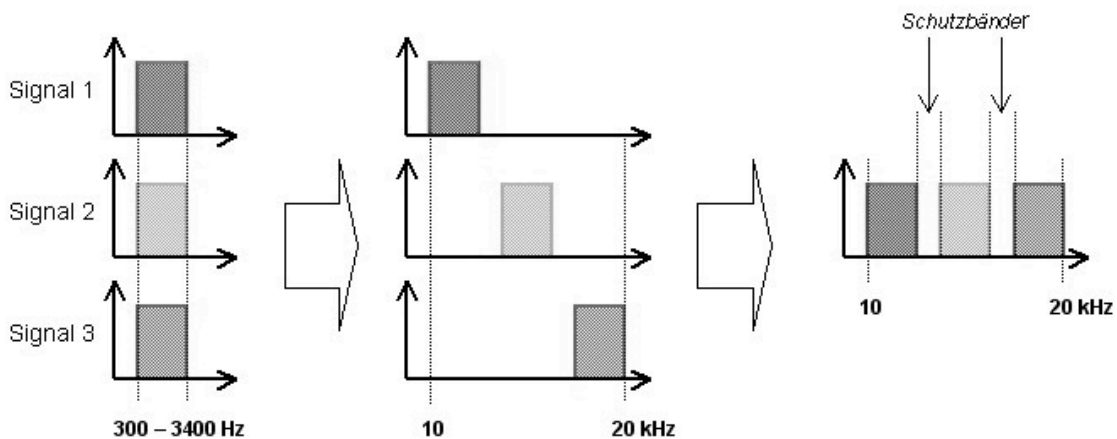
Es werden folgende verschiedene Übertragungsverfahren unterschieden:

### Space Division Multiple Access (SDMA)

Beim SDMA bzw. Raum-Multiplexing werden die Daten über mehrere physikalische Medien übertragen. Mehrere Kanäle werden gebündelt. Dadurch kann die Gesamtübertragungskapazität erhöht werden.

## Frequency Division Multiple Access (FDMA)

Beim FDMA bzw. Frequenz-Multiplexing erhält jeder Teilnehmer einen eigenen Frequenzbereich zur Datenübertragung. Dazu muss das Signal durch Modulationsverfahren im Frequenzbereich verschoben werden. Der Empfänger wird auf einen bestimmten Frequenzbereich abgestimmt und demoduliert „sein“ Signal. Die entstehenden, schmalen Frequenzbänder werden zu einem breitbandigen Signal gebündelt und dann gemeinsam übertragen. Die Übertragung der Signale erfolgt dabei gleichzeitig und unabhängig voneinander. Das *Frequenzmultiplexverfahren* ist sowohl in drahtgebundenen als auch in drahtlosen Kommunikationssystemen anwendbar.



Durch die Modulation in unterschiedliche Frequenzbänder ist es beim Empfänger mit Hilfe von Filtern möglich, die Signale wieder aufzutrennen, um sie dann durch Demodulation in ihre ursprüngliche Frequenzlage zurückzuwandeln. Zur Vermeidung von Interferenzen und um eine bessere Trennung der Signale im Empfängerfilter zu erreichen, werden unbenutzte, sogenannte Schutzbänder (engl. *guard bands*) zwischen den einzelnen Frequenzbändern freigelassen. Eine Codierung der einzelnen Signale ist nicht notwendig. Angewendet wird Frequenzmultiplex auf vielen Leitungen im Telefonnetz. Auch bei der Übertragung von Informationen über Breitbandverteilnetze, wie etwa dem Kabelfernsehen, kommt dieses Verfahren zum Einsatz, da hier immer mehrere Kanäle zeitgleich übertragen werden können.

Vorteile:

- Keine dynamische Koordination notwendig
- Arbeitet mit digitalen als auch mit analogen Signalen
- Keine Codierung notwendig

Nachteile:

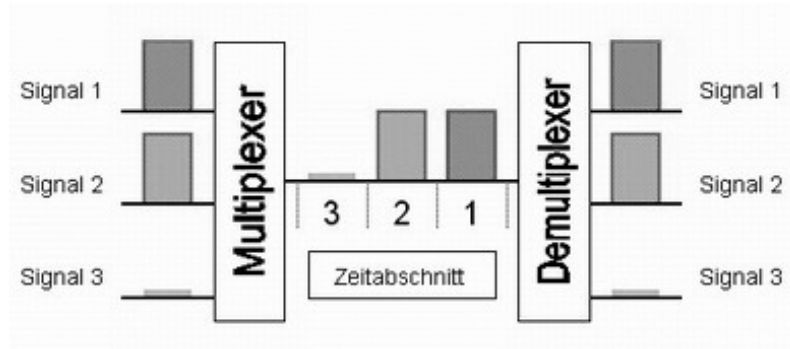
- Bei geringer Auslastung hoher Verlust an Bandbreite
- Ungenutzte Schutzräume

## Time Division Multiple Access (TDMA)

Beim TDMA bzw. Zeit-Multiplexing erhält jeder Teilnehmer bestimmte Zeitabschnitte auf dem Übertragungskanal, zu denen er seine Daten senden kann, d.h. die Kanäle werden zeitversetzt gesendet. Das Zeitmultiplexverfahren unterscheidet zwischen dem synchronen und asynchronen Verfahren.

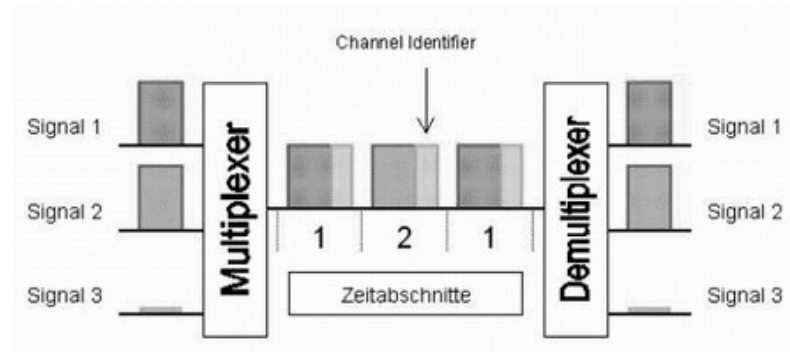
Beim synchronen Verfahren (Abk. *STD* für *Synchronous Time Division*) wird jedem Sender durch den Multiplexer ein fester Zeitabschnitt zur Übertragung seiner Daten (Signale) auf dem Übertragungskanal zugeordnet.

- Vorteile:
- jede Verbindung erhält eine konstante Datenübertragungsrate
  - ein Sender ist jederzeit auf dem Übertragungskanal identifizierbar
  - einfaches Multiplexen und Demultiplexen
- Nachteile:
- keine optimale Auslastung, wenn ein Sender keine Daten sendet



Durch das asynchrone Verfahren (Abk. *ATD* für *Asynchronous Time Division*) wird der Nachteil des synchronen Verfahrens vermieden, so dass ungenutzte, zugeordnete Zeitabschnitte auch von anderen Datenströmen belegt werden können. Dies geschieht, indem nur jene Sender auf den Übertragungskanal zugreifen dürfen, die auch wirklich Daten (Signale) senden. Weil aber die eindeutige Zuordnung von Zeitabschnitt und Datenstrom so verloren geht, ist es notwendig, jedem Datenpaket eine Kanalinformation (andere Bezeichnungen: Header, Channel Identifier) hinzuzufügen. Anhand dieser Kanalinformation kann der Demultiplexer am Ziel des Übertragungskanals die Datenpakete dem richtigen Strom wieder zuteilen. Deshalb wird das asynchrone Verfahren auch teilweise als *Adressen-Multiplexen* oder *label-multiplexing* bezeichnet. Durch diese bedarfsgerechte Zuweisung der Zeitabschnitte wird der Übertragungskanal sehr ökonomisch genutzt. Wenn alle Sender Daten übertragen, erhalten alle eine konstante Datenübertragungsrate. Freie Zeitabschnitte durch nicht aktive Sender werden von den anderen Sendern mitbenutzt, wodurch deren Datenübertragungsrate steigt. Dies bezeichnet man auch als dynamisches Multiplexen.

- Vorteile:
- bessere Ausnutzung der Kapazität
- Nachteile:
- größere Datenpakete durch die zusätzliche Information
  - höherer Aufwand beim Multiplexen und Demultiplexen



Das GSM-Mobilfunknetz verwendet sowohl das Zeitmultiplexverfahren als auch das Frequenzmultiplexverfahren

### **Code Division Multiple Access (CDMA)**

Beim CDMA bzw. Code-Multiplexing werden statt der einzelnen Bits Codewörter übertragen, die sich insoweit unterscheiden, dass mehrere dieser Codewörter parallel übertragen werden können. Die verschiedenen Codewörter werden im Empfänger beziehungsweise in mehreren Empfängern anhand ihrer unterschiedlichen Codierung erkannt und zugeordnet. Das Verfahren ähnelt dem Zeitmultiplexverfahren, jedoch ist keine Koordinierung der Zeitfenster erforderlich - fehlerhafte Datenpakete werden zum Beispiel anhand einer Prüfsumme erkannt und erneut übertragen bzw. beim nächsten Mal decodiert.

Vorteile:

- effektive Nutzung der Bandbreite
- keine Koordination und Synchronisation notwendig
- wenig stör anfällig

Nachteile:

- geringere Übertragungsraten für die Nutzer
- komplexe Signalregeneration