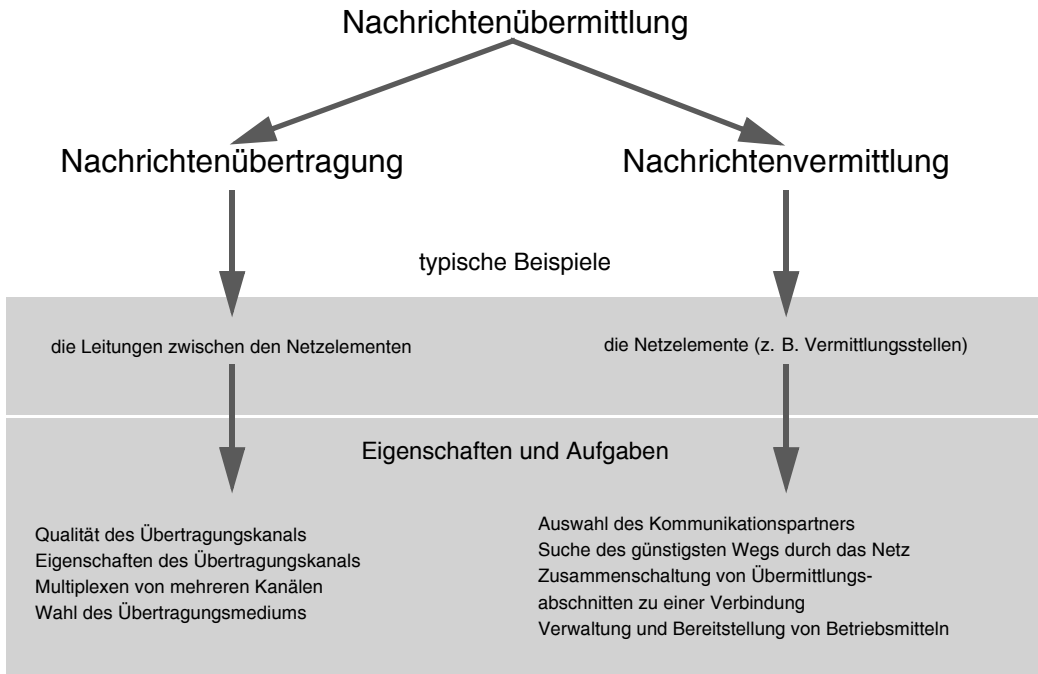


## 1.7 Übertragungssysteme

*Ohne Übermittlung  
keine Vermittlung*

Eine *Nachrichtenübermittlung* besteht immer aus der Nachrichtenvermittlung und der Nachrichtenübertragung. Der Schwerpunkt dieses Buchs liegt auf der Nachrichtenvermittlung, aber jede Vermittlung ist ohne eine Übertragung nutzlos. Daher soll an dieser Stelle ein kurzer Einblick in die Nachrichtenübertragungstechnik gegeben werden. Nach einer Einführung werden die häufigsten Multiplexverfahren vorgestellt, wobei die *Puls-Code-Modulations*-Technik wegen ihrer großen Bedeutung in der digitalen Vermittlungstechnik etwas genauer betrachtet wird. Mit der Einführung der digitalen Vermittlungstechnik wurde ein flexibleres Übertragungssystem, die *Synchrone Digitale Hierarchie* (SDH) eingeführt. Mit SDH wurde die Trennung von Nachrichtenübertragung und Lenkung der Nachrichten durch das Netz aufgehoben. Mit dieser Technik ließen sich Nachrichtennetze flexibel und effektiv gestalten. Die steuerbaren SDH-Netzelemente übernahmen in diesen Netzen eine bedarfsgerechte Lenkung der Übertragungskanäle. Die SDH-Technik wird zurzeit durch Ethernet-basierte Systeme abgelöst. Ethernet bekam durch die häufige Verwendung des Internetprotokolls für alle Arten der Übertragung eine herausragende Rolle. Die Technik der IP-basierten Transportnetze wird in Band 2 genauer beschrieben.

**Abb. 46:**  
Einordnung von  
Vermittlungs- und  
Übertragungstechnik



### 1.7.1 Einführung

#### Grundsätzlicher Aufbau eines Übertragungssystems

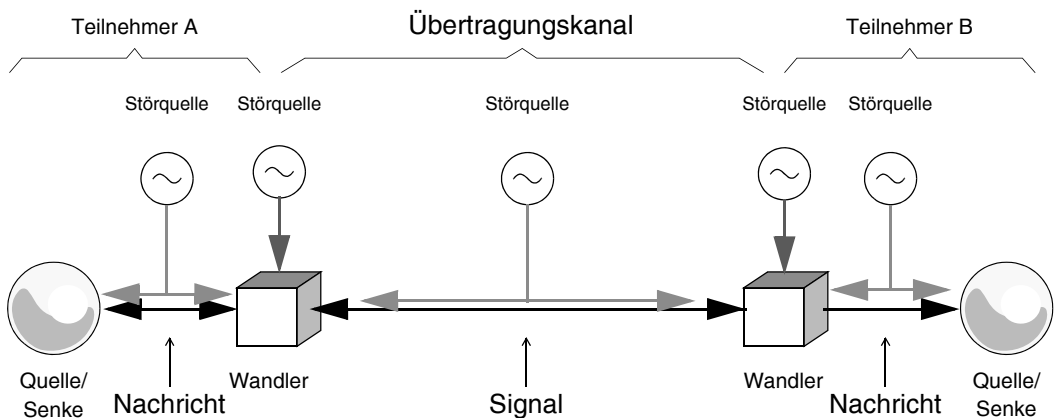
Das grundsätzliche Kommunikationsmodell (s. Seite 5) kann um die Elemente eines *Übertragungssystems* erweitert werden (siehe Abbildung 47). Die *Übertragungstechnik* hat die Aufgabe, die von dem Wandler des Senders erzeugten Signale über verfügbare Übertragungsmedien auf die Seite des Empfängers und umgekehrt zu transportieren. Der Transport erfolgt über physikalische Übertragungsmedien (Kupferdrähte, Glasfaserstrecken, Funkstrecken usw.), wobei ein Sender meist nur einen Teil der auf dem Medium möglichen Übertragungskapazität nutzt. Der genutzte Teil wird als Übertragungskanal bezeichnet. Der nicht genutzte Teil kann von anderen Verbindungen genutzt werden, das Medium kann als in mehrere Übertragungskanäle aufgeteilt betrachtet werden. Die Aufteilung in mehrere Übertragungskanäle wird auch als Multiplexen bezeichnet und später in diesem Abschnitt genauer betrachtet.

Die *Signalübertragung* unterliegt beim Transport bestimmten Eigenschaften des jeweiligen Mediums. Bei jeder Übertragung wird beispielsweise das Signal gedämpft, d. h., es wird kleiner. Die meisten Medien übertragen zudem auch Störsignale, welche die Nutzsignale beeinflussen. Bei sehr großen Störungen kann die Beeinflussung so weit gehen, dass die Nutzsignale nicht mehr identifizierbar sind. Typische *Störsignale* sind beispielsweise Rauschen oder die Folgen einer elektrischen Beeinflussung durch Induktion oder elektrische Felder.

*Aufgaben der Übertragungstechnik*

*Signalübertragung*

**Abb. 47:**  
*Übertragungstechnisches Kommunikationsmodell*



Das Ziel eines jeden Übertragungssystems ist es, die Störsignale klein zu halten und eine möglichst gering gedämpfte Übertragung der Nutzsignale zu gewährleisten. Dies beeinflusst jeweils die Wahl des Übertragungsmediums und die Art der Signaldarstellung als physikalische Zustände auf den Medien. Aufgrund dieser Zusammenhänge wurden verschiedene Modulationsverfahren, Signalcodierungen und andere Techniken entwickelt, die in diesem Kapitel am Beispiel der Puls-Code-Modulation betrachtet werden.

*Störeinflüsse*

## Begriffe der Übertragungstechnik

### *Pegel und Dämpfung*

**Pegel** Die Messwerte von Spannung, Strom und Leistung werden in der Übertragungstechnik nicht als direkte Größe, sondern als *Pegel* angegeben, d.h. als ein Verhältnis des Messwerts zu einem Bezugswert. Pegelwerte werden heute als dekadischer Logarithmus in *Dezibel* (1/10 Bel) angegeben, früher waren Angaben als natürlicher Logarithmus (Neper) üblich. Die Größe Dezibel (abgekürzt dB) ist dabei dimensionslos, da die beiden ins Verhältnis gesetzten Größen die gleichen Einheiten haben. In der Nachrichtenübertragungstechnik sind Angaben des Spannungs- und Leistungspegels üblich. Für die Angabe des Spannungspegels gilt

$$a_u = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2} \text{ dB};$$

für die Angabe des Leistungspegels gilt:

$$a_p = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ dB}.$$

*dBm,  
bezogen auf 600 Ω*

Pegelwerte können auf feste Größen bezogen werden. Der absolute Pegel beispielsweise wird auf die Normleistung von 1 mW bezogen, angegeben wird dieser Pegel in dBm. Nach der Festlegung des absoluten Pegels wird die Normleistung an einem reellen Widerstand von 600 Ω erbracht, wodurch sich ein Spannungswert von 0,775 V ergibt. Der absolute Spannungspegel (Spannungswert, bezogen auf 0,775 V) wird mit dBu angegeben:

$$a_{p0} [\text{dBm}] = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0} = 10 \cdot \lg \frac{P}{1 \text{ mW}},$$

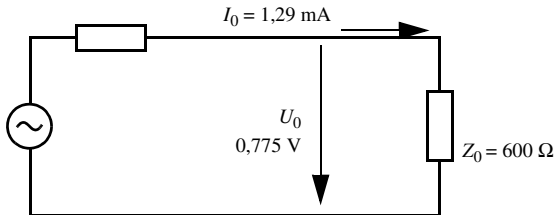
$$a_{u0} [\text{dBu}] = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_0} = 20 \cdot \lg \frac{U}{0,775 \text{ V}}.$$

*dB, relativer Pegel*

Häufig wird der *relative Pegel* (dBr) verwendet und angegeben. Der relative Pegel bezieht einen beliebigen Messwert an einer Übertragungsstrecke auf einen frei gewählten oder festgelegten Punkt der Übertragungsstrecke. Der Bezugspunkt ist entsprechend durch 0 dBr charakterisiert.

Als *Dämpfung* wird die Differenz zweier Pegel an einer Übertragungsstrecke (bezogen auf die Übertragungsrichtung) bezeichnet. Das Gegenteil einer Dämpfung ist die *Verstärkung*. Sie wird mit Pegelwerten angegeben, die das umgekehrte Vorzeichen wie die Dämpfung haben. Ein Gesamtübertragungssystem kann so durch die Addition der entsprechenden Einzelwerte ermittelt und beurteilt werden.

*Dämpfung*



**Abb. 48:**  
Definition des  
absoluten Pegels

## 1.7.2 Codierung

### Quellencodierung/Kanalcodierung

Die Aufgabe der *Quellencodierung* ist es, die *Nutzinformationen* möglichst exakt in einer Art darzustellen, sodass sie von dem verfügbaren *Übertragungskanal* mit möglichst geringen Veränderungen übertragen und auf der Empfängerseite möglichst ohne Verlust im Vergleich zum Ursprungssignal reproduziert werden können.

*Quellencodierung*

Zeitkontinuierliche Signale wie Sprachübertragungen benötigen eine unendliche Bandbreite zur vollständigen Rekonstruktion der Signale auf der Empfängerseite. Durch die Quellencodierung werden Zeichen eines begrenzten Alphabets (z.B. durch die Quantisierung bei PCM, s. u.) zugewiesen, die in einem bandbegrenzten Kanal übertragen werden können und danach auf der Empfängerseite wieder durch ein begrenztes Alphabet rekonstruierbar sind. Die Fehler durch die unvollständige Signalabbildung müssen sich dabei für den jeweiligen Dienst in Grenzen halten, bzw. die Quellen und Senken müssen zusätzliche Sicherungsmaßnahmen in den Endsystemen vorsehen. Ein wichtiges Kanalcodierungsverfahren in der Telekommunikation ist das PCM-Verfahren, auf das etwas später genauer eingegangen wird. Bei der Quellencodierung werden zur Bandbreitenbegrenzung zusätzlich häufig auch gezielt Redundanzen aus dem Signal entnommen, Beispiele hierfür sind ADPCM und MP3 bei Audiodaten oder MPEG bei Videodaten.

Aufgabe der *Kanalcodierung*: Übertragung über eine möglichst große Entfernung in einen bandbegrenzten Kanal mit einer genügend kleinen Fehlerrate.

*Kanalcodierung*

Durch das gezielte Hinzufügen von Redundanzen kann eine höhere Robustheit der Signale gegenüber Störungen bei der Übertragung erreicht werden (z.B. Hamming-Code oder Paritätsprüfzeichen). Diese Redundanzen können auf der Empfängerseite für die Beurteilung der Korrektheit der Übertragung verwendet werden, und ggf. kann der Sender bei entsprechenden Fehlern zur Wiederholung bestimmter Zeichen aufgefordert werden.