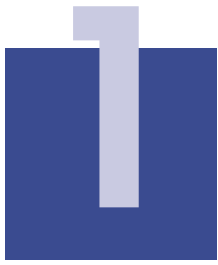
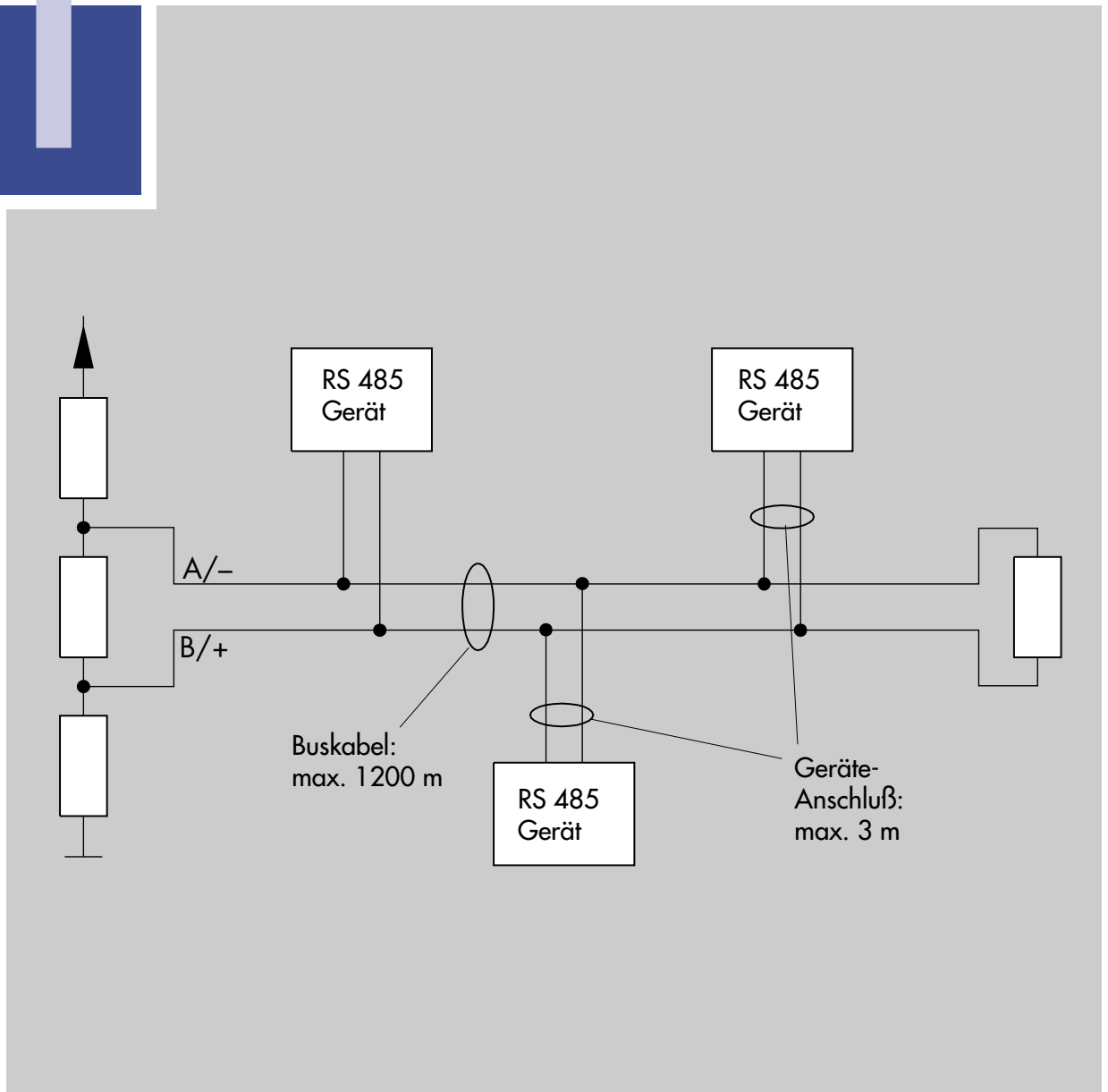


# Serielle Datenübertragung



Teil 1 Grundlagen





# Technische Informationen

Teil 1: Grundlagen

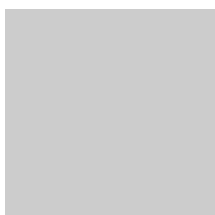
Teil 2: Regler ohne Hilfsenergie

Teil 3: Stellventile

Teil 4: Kommunikation

Teil 5: Gebäudeautomation

Teil 6: Prozeßautomation



**Bitte richten Sie Rückfragen und Anregungen an:**

SAMSON AG  
V74 / Schulung  
Weismüllerstraße 3  
60314 Frankfurt

Telefon (069) 4 00 94 67  
Telefax (069) 4 00 97 16  
E-Mail: [schulung@samson.de](mailto:schulung@samson.de)  
Internet: <http://www.samson.de>

# Serielle Datenübertragung

Einleitung . . . . .	5
Merkmale einer Übertragungsstrecke . . . . .	6
Richtung der Datenübertragung . . . . .	6
Punkt-zu-Punkt Verbindung . . . . .	6
Kommunikationsnetze . . . . .	7
Übertragungsgeschwindigkeit . . . . .	8
Übertragungsmedium . . . . .	10
Elektrische Leitungen . . . . .	11
Lichtwellenleiter – LWL . . . . .	15
Drahtlose Datenübertragung . . . . .	18
Binäre Informationsdarstellung . . . . .	20
NRZ- und RZ-Formatierung . . . . .	21
Manchester Kodierung . . . . .	21
Amplituden- und FSK-Kodierung . . . . .	22
Übertragungsverfahren . . . . .	24
Synchrone Übertragung . . . . .	24
Asynchrone Übertragung . . . . .	25
Kommunikationssteuerung . . . . .	25
Merkmale einer typischen Zweidraht-Kommunikation . . . . .	27
Datensicherung . . . . .	28
Übertragungsstandards – Schnittstellenspezifikationen . . . . .	31
RS 232- bzw. V.24-Schnittstelle . . . . .	31

RS 422-Schnittstelle . . . . .	33
RS 485-Schnittstelle . . . . .	35
IEC 61158-2 . . . . .	37
Bell 202 . . . . .	38
Netze für die Datenfernübertragung . . . . .	39
Stromnetz (Powerline) . . . . .	39
Telefonnetz . . . . .	40
ISDN . . . . .	41
Internet . . . . .	42
Anhang A1: Ergänzende Literatur . . . . .	43

# Einleitung

Für die Übertragung von digitalen Daten zwischen Geräten wird immer häufiger die serielle Übertragungstechnik verwendet. Viele moderne Netze arbeiten mit dieser Technik. Als Beispiele seien genannt: die Computernetze der Bürokommunikation, die Feldbussysteme in der Prozeß-, Gebäude- und Fertigungsautomation, das Internet und ISDN.

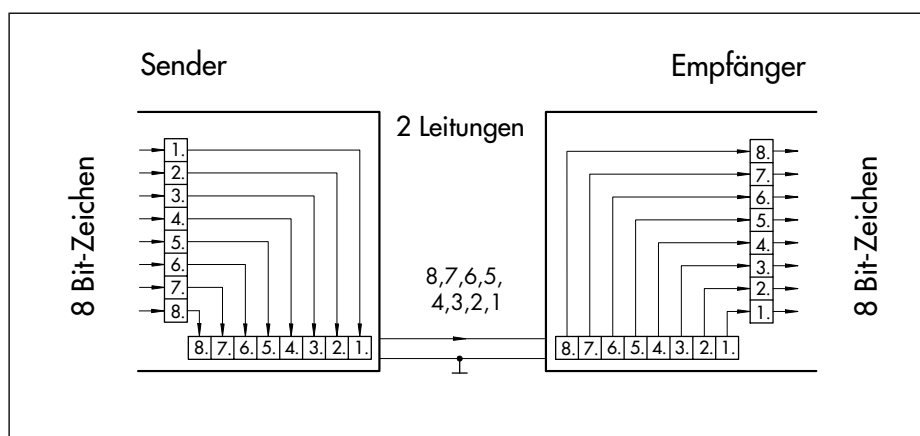
**viele Anwendungsgebiete**

Charakteristisch für die serielle Datenübertragung ist, daß die Bits über nur eine Datenleitung, zeitlich nacheinander (bitseriell), übertragen werden. Da die Mikroprozessoren in den Geräten die Daten bitparallel verarbeiten, erfolgt beim Sender eine Parallel-Seriell- und beim Empfänger eine Seriell-Parallel-Umsetzung (Bild 1). Diese Aufgabe übernehmen spezielle Sende- und Empfangsbausteine, die für die verschiedenen Netze am Markt verfügbar sind.

**Übertragung über nur eine Signalleitung**

Aufgrund der sehr hohen Übertragungsraten, die heutzutage realisierbar sind, spielt der erhöhte Zeitaufwand dieser Technik in den meisten Fällen keine Rolle. Der verringerte Installations- und Kostenaufwand und die einfache Benutzung spricht hingegen – nicht nur bei örtlich sehr ausgedehnten Systemen – für die serielle Übertragungstechnik.

**hohe Datenraten bei geringem Aufwand**



**einfache Zweidrahtleitung für bitserielle Datenübertragung**

Bild 1: Serielle Datenübertragung

### Merkmale einer Übertragungsstrecke

Die serielle Datenübertragung eignet sich sowohl für die Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern als auch für größere Teilnehmeranzahlen. Charakteristische Merkmale einer Übertragungsstrecke sind Richtung des Datenverkehrs und der Datendurchsatz, bzw. die maximal mögliche Übertragungsrate.

**Richtung, Durchsatz,  
Übertragungsrate**

- Richtung der Datenübertragung

Übertragungsstrecken unterscheiden sich darin, in welchen Richtungen und zu welchem Zeitpunkt Nachrichten übertragen werden können. Grundsätzlich werden drei verschiedene Nutzungsmöglichkeiten unterschieden (Bild 2).

**z.B. Richtfunkstrecken**

- ▶ Simplex- oder Richtungsverkehr: Der Datenaustausch erfolgt nur in einer Richtung.

**Feldnetze, Fernschreib-  
netz**

- ▶ Halb-Duplex- oder Wechselverkehr: Daten können – zeitlich versetzt – in beide Richtungen übertragen werden.

**Telefonnetz**

- ▶ Voll-Duplex- oder Gegenverkehr: Der Datenaustausch kann in beide Richtungen gleichzeitig ablaufen.

- Punkt-zu-Punkt Verbindung

Bei Zweipunkt- bzw. Punkt-zu-Punkt-Verbindungen können Empfangs- und Sendeleitungen getrennt ausgeführt werden (Bild 3: zwei antiparallele Sim-

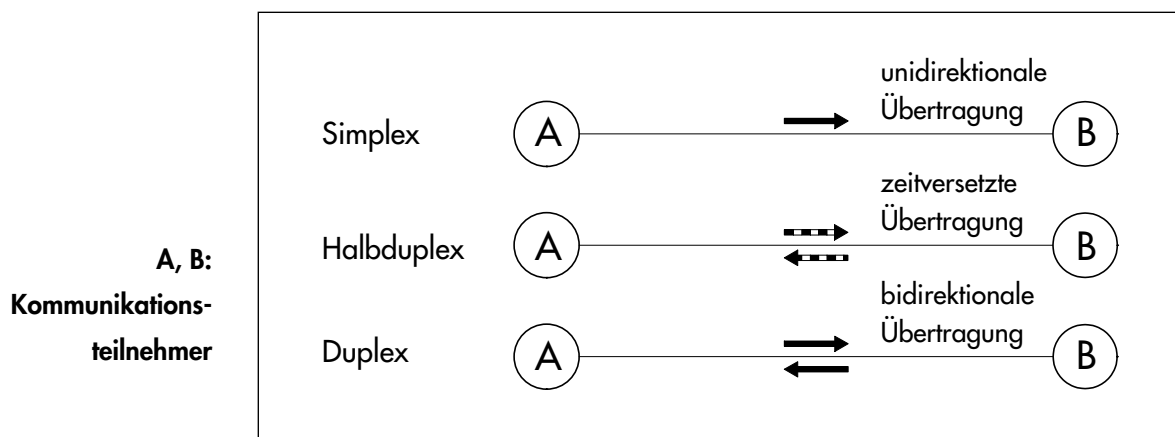


Bild 2: Varianten beim Datenaustausch

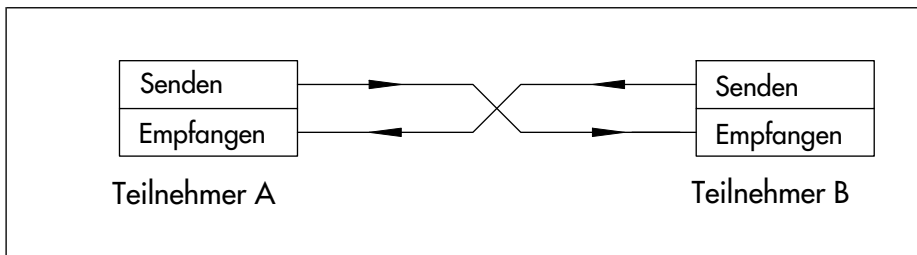


Bild 3: Punkt-zu-Punkt-Verbindung zweier Teilnehmer

plex-Kanäle), so daß die Empfangsleitung des einen, die Sendeleitung des anderen Teilnehmers darstellt. Die Steuerung der Kommunikation läßt sich bei solchen Zweipunkt-Verbindungen entweder per Software oder mit Steuerleitungen realisieren (siehe Seite 25ff.).

**Datenweitergabe bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen**

- Kommunikationsnetze

Bei der Kommunikation mit mehreren Teilnehmern ist das Übertragungsmedium zumeist gleichzeitig Sende- als auch Empfangsleitung (Bild 4). Alle Geräte sind auf dieselbe Art, zumeist über eine kurze Stichleitung, angeschlossen. Den Ablauf der Kommunikation koordinieren zusätzlich übertragene Steuerdaten, die im sogenannten Übertragungsprotokoll definiert sind. Anhand dieser Informationen lassen sich bei jeder Nachrichtenübertragung die Nutzdaten, die Quelle der Nachrichten und das Ziel eindeutig identifizieren.

**vernetzte Kommunikation über gemeinsames Übertragungsmedium**

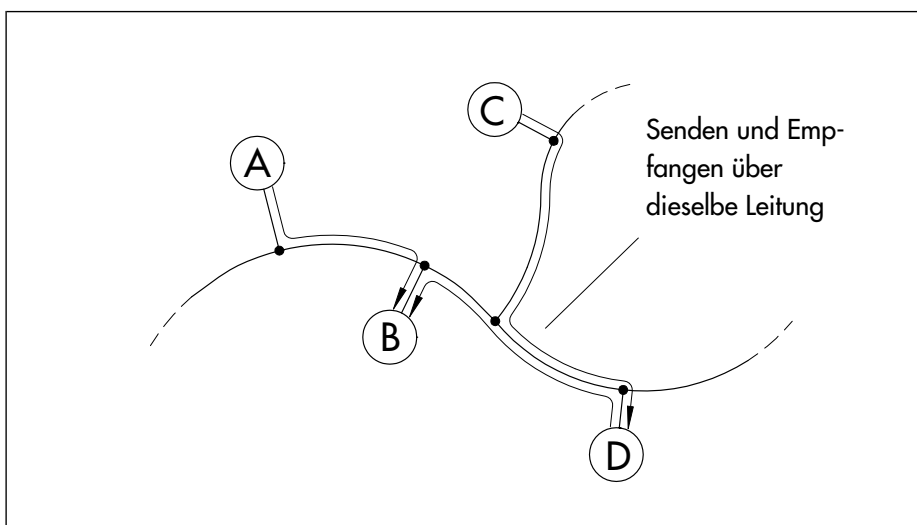


Bild 4: Kommunikationsnetz mit mehreren Teilnehmern

• Übertragungsgeschwindigkeit

**BPS, kBit/s  
und MBit/s**

Eine wichtige Größe für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Kommunikationsverbindung ist die Übertragungsgeschwindigkeit. In erster Linie interessiert dabei die Anzahl der Bits, die pro Sekunde übertragen werden. Die wird in der Einheit BPS, Abkürzung für Bits pro Sekunde, angegeben. Bei den heute üblichen hohen Übertragungsraten sind ebenso die Einheiten »Kilobit pro Sekunde; kBit/s« und »Megabit pro Sekunde; MBit/s« gebräuchlich.

Wird jedes Bit einzeln kodiert und übertragen, so muß die Übertragungsleitung in der Lage sein Frequenzen zu übertragen, die der halben Bitübertragungsrate entsprechen:

Bitübertragungsrate: 100 kBit/s  
Übertragungsfrequenz: 50 kHz

**Kodierung erhöht die  
Informationsdichte**

Besteht die Notwendigkeit trotz begrenzter Übertragungsbandbreite eine hohe Bitrate zu realisieren, kann man mehrere Bits zusammenfassen und diese gemeinsam kodieren. Bild 5 zeigt beispielsweise, wie mit vier verschiedenen Zuständen (Spannungspegeln) jeweils zwei Bits zeitgleich übertragen werden. Diese Maßnahme halbiert die Anzahl der Zustandsänderungen auf

Bits	Pegel [Volt]
00	0 V
01	5 V
10	10 V
11	15 V

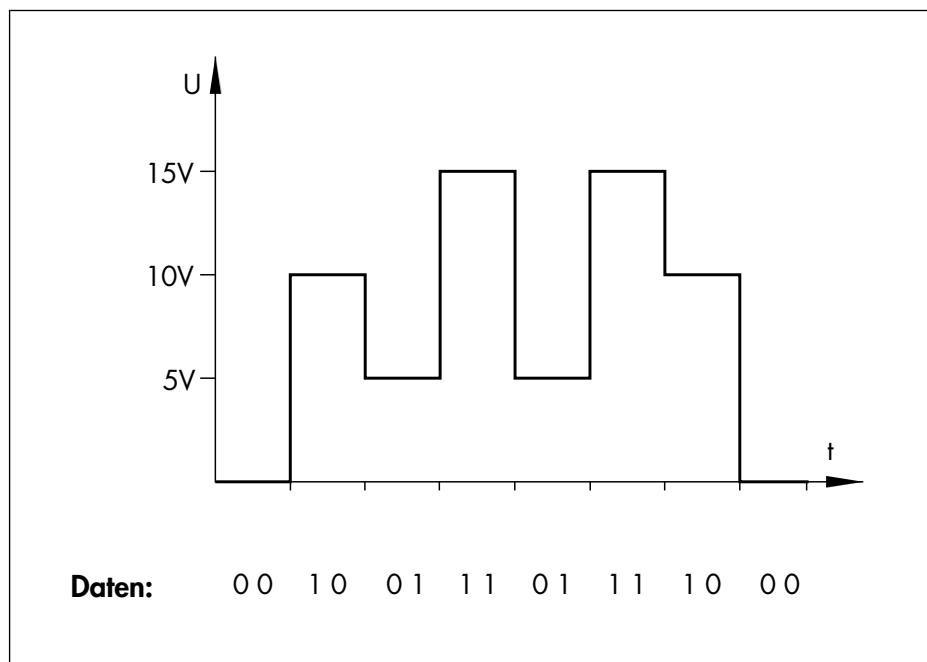


Bild 5: Reduzierte Übertragungsfrequenz durch komplexere Kodierung



der Signalleitung und reduziert dementsprechend die Übertragungsfrequenz.

Als Maß für die »Anzahl der Zustandsänderungen je Zeiteinheit« wird die Baudrate mit der Einheit »Baud« verwendet. Die 'Baudrate' [Baud] und die Übertragungsgeschwindigkeit 'Bit pro Sekunde' [BPS] sind immer dann identisch, wenn je Übertragungseinheit genau ein Bit übertragen wird.

#### **Definition der Baudrate**

Um die Leistungsfähigkeit einer Kommunikationsverbindung zu bestimmen, ist die Angabe der Übertragungsgeschwindigkeit nicht ausreichend. Genauso wichtig – besonders bei Netzen mit mehreren Teilnehmern – sind folgende Parameter:

- ▶ die Wartezeit, bis die Leitung zur Übertragung freigegeben wird und
- ▶ die Anzahl der Daten, die zusätzlich zur eigentlichen Nachricht übertragen werden müssen – Geräteadresse, Steuerinformationen, und ähnliches (siehe auch Lit./2/).

## Übertragungsmedium

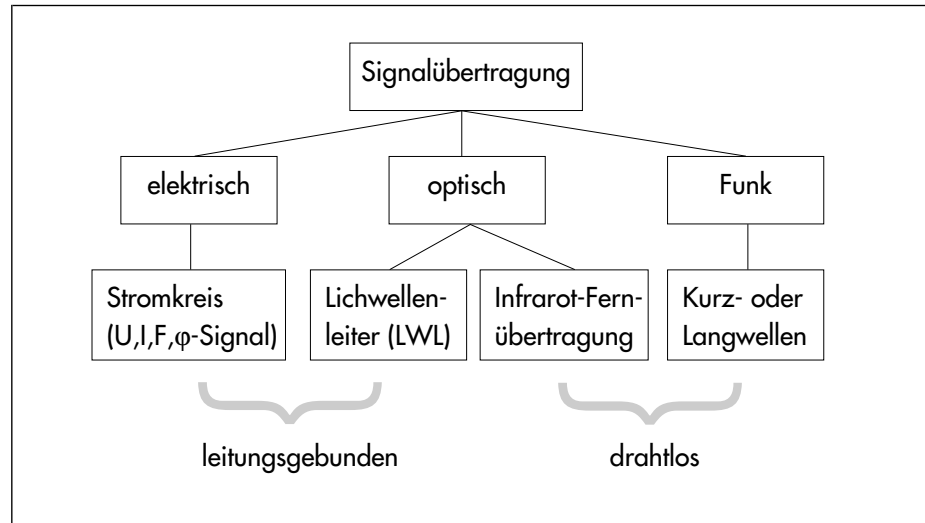


Bild 6: Medien für die serielle Datenübertragung

Für die serielle Datenübertragung stehen ganz verschiedene Übertragungsmedien zur Verfügung. Dabei werden die Signale elektrisch, als Lichtpulse oder per Funk übertragen. Zur Auswahl eines geeigneten Mediums sind verschiedene Aspekte zu bewerten:

### Bewertungskriterien

- ▶ die Kosten und den Aufwand der Installation,
- ▶ die Sicherheit der Übertragung – Abhörbarkeit, Stömpfindlichkeit, Fehlerwahrscheinlichkeit, etc.
- ▶ die maximale Datenrate,
- ▶ die Distanzen sowie die topologische Lage der Teilnehmer, u.v.m.

### Ziele sind gute Signalqualität und geringe Störanfälligkeit

Kein Medium hat ideale Eigenschaften, so daß die Signale mit zunehmender Distanz mehr oder weniger gedämpft werden. Dabei stellen hohe Übertragungsraten besondere Anforderungen an das Übertragungsmedium. Darüberhinaus besteht häufig die Gefahr, daß Störsignale die Daten verfälschen.

Für einen Vergleich der Eigenschaften von Übertragungsmedien ist es sinnvoll, zwischen leitungsgebundener und drahtloser Übertragung zu unterscheiden (Bild 6). Einige typische Charakteristika von leitungsgebundenen Medien listet die Tabelle des Bildes 7 auf.



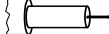
Typ	Zweidrahtleitung	Koaxialkabel	Lichtwellenleiter
technischer Aufbau			
Konfektionierung, Installation	sehr einfach	einfach	aufwendig
Verlegbarkeit	sehr gut	gut	gut, begrenzter Biegeradius
Stöempfindlichkeit	hoch, wenn nicht abgeschirmt	gering	kaum vorhanden

Bild 7: Merkmale leitungsgebundener Übertragungsmedien

• Elektrische Leitungen

Ein großer Vorteil von elektrischen Leitungen ist deren sehr einfache und kostengünstige Konfektionierung. Kritischer sind hingegen die Signaldämpfung und die Stöempfindlichkeit. Diese beiden Eigenschaften hängen sowohl vom verwendeten Kabeltyp ab – Twisted Pair, Koaxial, o.ä., als auch von der Schnittstellenspezifikation. Diese legt die Formatierung der Daten, Pegel und ähnliches fest (siehe Seite 31f.).

**einfaches Handling**

Um die elektrischen Eigenschaften eines Kabels bewerten zu können, beschreibt man die Leitung als eine Folge von Teilnetzwerken, bestehend aus Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten (Bild 8). Während die Widerstände den statischen Signalpegel verändern, entstehen durch die Kapazitä-

**Übertragungsverhalten elektrischer Leitungen**

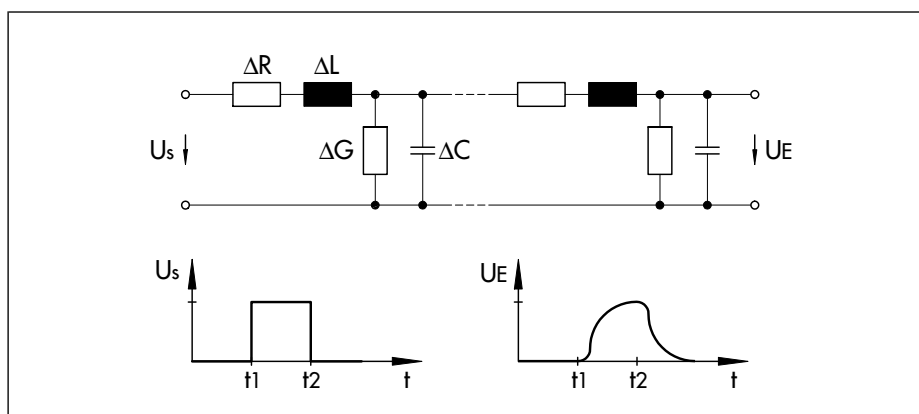


Bild 8: Elektrisches Ersatzschaltbild eines Übertragungskabels

Datenrate [kBit/s]	9,6	187,5	500	1500	12000
Segmentlänge [m]	1200	1000	400	200	100

Bild 9: Leitungslänge abhängig von der Datenrate (Beispiel: RS 485-Standard)

ten und Induktivitäten Tiefpässe, welche die Flankensteilheit negativ beeinflussen. Die Wahl des Kabels muß deshalb folgendes sichergestellt sein:

**Störung durch Dämpfung und Signalverzerrung**

- ▶ Der Leitungswiderstand muß so bemessen sein, daß auf Empfängerseite eine ausreichend große Signalamplitude garantiert werden kann.
- ▶ Die Kabelkapazitäten und -induktivitäten dürfen die Signalfanken nicht so weit verzerren, daß die ursprüngliche Information verloren geht.

Beide Einflüsse sind von den elektrischen Parametern der Leitung abhängig und nehmen sowohl mit der Länge der Leitung als auch mit der Zahl der angeschlossenen Teilnehmer zu. Daher ist abhängig vom Kabeltyp bei jeder Übertragungsstrecke die maximale Teilnehmerzahl und die Leitungslänge begrenzt.

Kapazitäten und Induktivitäten beeinflussen ein Signal umso stärker, je höher dessen Frequenz ist. Deshalb sinkt mit steigender Übertragungsfrequenz die maximale Leitungslänge. Bild 9 zeigt diesen Zusammenhang am Beispiel der Spezifikation der RS-485 Schnittstelle (siehe auch Seite 35).

Um bei langen Leitungen und hohen Übertragungsraten die Signalverfälschung zu begrenzen, verwenden solche Applikationen häufig niederinduktive und -kapazitive Kabel – z.B. Ethernet mit Koaxialkabel.

**Störung durch Leitungsreflektion**

Signalverläufe auf elektrischen Leitungen unterliegen noch einem weiteren Einfluß, der bei der Installation unbedingt beachtet werden muß. Ändern sich die elektrischen Eigenschaften einer Leitung, z.B. durch

- ▶ Wechsel der Kabelart,
- ▶ Verzweigungen des Kabels,
- ▶ den Anschluß von Geräten oder
- ▶ einen offenen Leitungsanfang bzw. -ende,

so entstehen sogenannte Leitungsreflexionen. Diese Bezeichnung steht für Ausgleichsvorgänge auf der Leitung, die ihre Ursache in der endlichen Signal-Ausbreitungsgeschwindigkeit haben. Da Ausgleichsvorgänge die Signalpegel verfälschen, kann ein Signal nur dann fehlerfrei gelesen werden, wenn

- ▶ die Ausgleichsvorgänge weitgehend abgeklungen sind oder
- ▶ die Auswirkungen der Ausgleichsvorgänge gering sind.

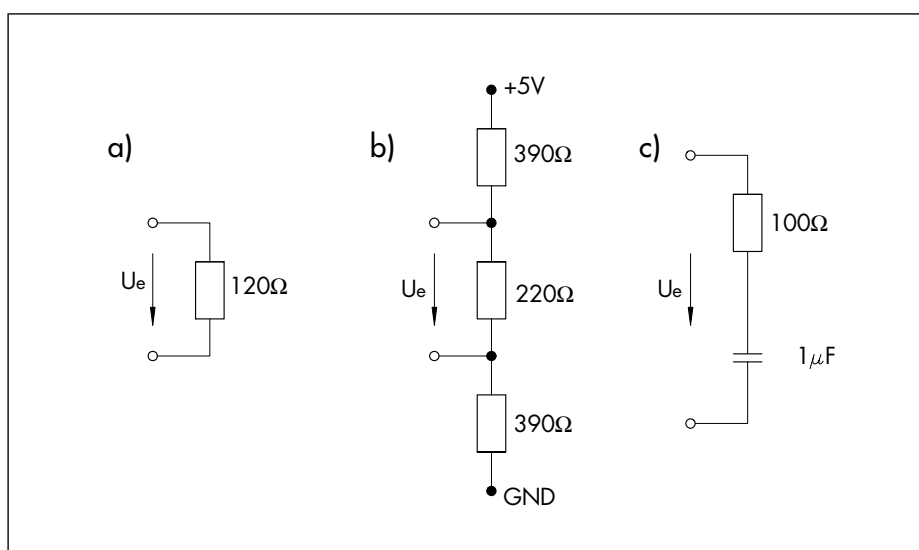
Die Vorgänge müssen nicht berücksichtigt werden, wenn sehr kurze Leitungen Verwendung finden oder die Signalfanken nicht zu steil verlaufen. Dies gilt immer dann, wenn die zeitliche Dauer der Signalfanken größer ist, als die Zeit für das hin- und rücklaufende Signal.

Um auch bei hohen Übertragungsgeschwindigkeiten lange Leitungen verwenden zu können, muß die Entstehung der Leitungsreflexionen vermieden werden. Dies wird erreicht, wenn sich die elektrischen Eigenschaften auf der gesamten Leitung nicht ändern. Für das Leitungsende bzw. den Anfang heißt dies, daß die Leitungseigenschaften mit Hilfe eines Abschlußwiderstandes – so genau wie möglich – nachgebildet werden müssen.

Zur Beschreibung der Leitungseigenschaften wird der sogenannte Wellenwiderstand des Kabels verwendet. Typische Werte für den Wellenwiderstand – und damit auch für den Abschlußwiderstand – sind:

**Ausgleichsvorgänge vermeiden**

**Abschlußwiderstände mindern Leitungsreflexionen**



- a) verdrillte Zweidrahtleitung (twisted pair)
- b) RS 485-Norm
- c) IEC 61158-2

Bild 10: Abschlußwiderstände für verschiedene Leitungen

- ▶ verdrehte Twisted-Pair-Leitung: 100 bis 150 Ohm
- ▶ Koaxialkabel (RG 58): 50 Ohm

Verschiedene Leitungsabschlußwiderstände zeigt Bild 10. Beim Leitungsabschluß entsprechend der RS 485-Spezifikation (Beispiel b) legen die zwei zusätzlichen Widerstände das Ruhepotential der Leitung fest.

- Lichtwellenleiter – LWL

Ein Lichtwellenleiter besteht aus einem lichtführenden Kern (Core), der in einen Glasmantel und einen äußeren Kunststoffüberzug eingebettet ist. Trifft Licht unter einem flachen Einfallswinkel auf die Grenzfläche, so kommt es aufgrund der unterschiedlichen optischen Dichte von Kern und Glasmantel zur Totalreflektion (siehe auch Bild 12a). Dabei wird der Lichtstrahl fast verlustfrei reflektiert und stets innerhalb der Kernfaser geführt.

Eine Glasfaser hat einen Durchmesser von ca. 0,1 mm. Dabei ist der lichtführende Kern (Core) je nach Ausführung nur 9 bis 60  $\mu\text{m}$  dick (Bild 11). Zumeist faßt man mehrere – bis zu tausend – solcher Fasern einschließlich einer Zugentlastung zu einem Kabel zusammen.

Die Lichtsignale werden zumeist durch eine Laser-LED in die Faser eingespeist und auf Empfängerseite von fotoempfindlichen Halbleitern ausgewertet. Da die Signale im Lichtwellenleiter unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen sind und nur sehr wenig gedämpft werden, lassen sich mit diesem Medium sehr große Entfernungen überbrücken und hohe Datenraten verwirklichen. Die Vorteile der Datenübertragung per Lichtwellenleiter lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ geeignet für sehr hohe Übertragungsraten und Distanzen,
- ▶ unempfindlich gegenüber elektromagnetischer Einstrahlung,
- ▶ keine elektromagnetische Abstrahlung,

**dämpfungsarme Übertragung durch Totalreflektion**

**große Distanzen und hohe Störsicherheit**

**Vorteile der LWL-Technik**

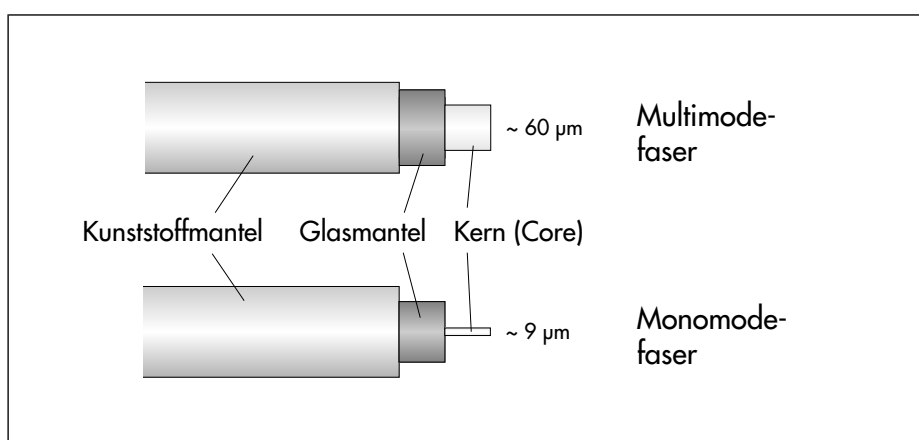


Bild 11: Aufbau einer Multimode- und Monomode-Glasfaser

- a) Multimode  
Stufenfaser
- b) Multimode  
Gradientenfaser
- c) Monomodefaser

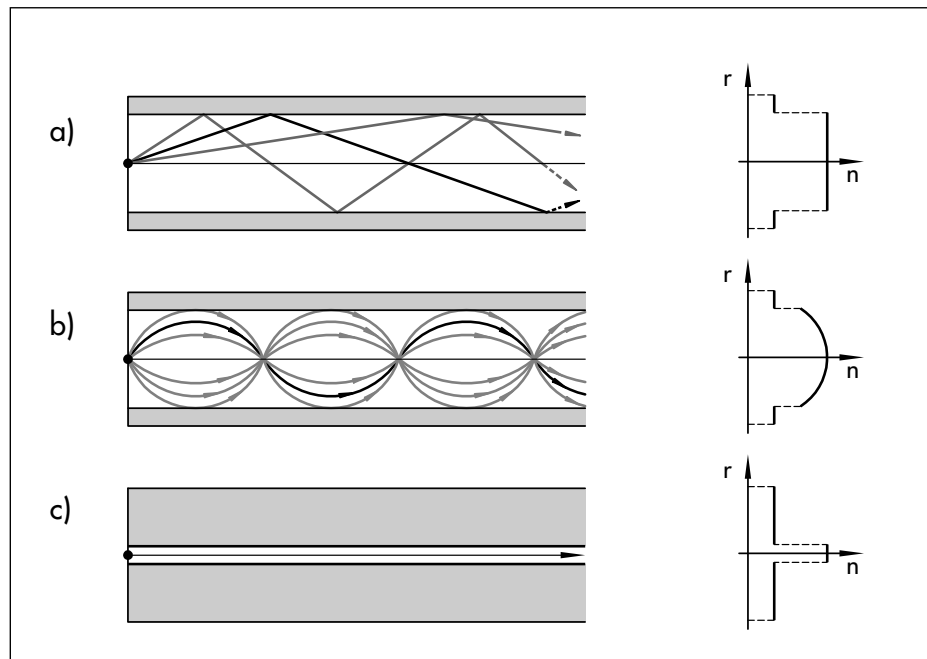


Bild 12: Lichtwellenleiter-Profile und Brechungsindizes

- ▶ problemloser Einsatz in explosionsgefährdeter Umgebung und
- ▶ Potentialtrennung zwischen den Sende- und Empfangsstationen.

Wie elektrische Impulse, so werden auch Lichtimpulse mit zunehmender Übertragungslänge immer mehr verschliffen. Die Ursache liegt darin, daß

**Ursachen der Impuls-  
verformung**

- ▶ das Licht innerhalb des Kabels unterschiedlich weite Wege zurücklegt (Laufzeitunterschiede – siehe Bild 12) und
- ▶ sich Licht mit verschiedener Wellenlänge (Farbe) in der Faser unterschiedlich schnell ausbreitet – Dispersion.

Für eine hohe Datenrate und große Übertragungsdistanzen ist jedoch eine formgetreue Übertragung der Lichtimpulse erforderlich. Daher wählt man als Sender eine Lichtquelle mit möglichst geringer spektraler Weite (Laserlicht) sowie Fasern mit möglichst dünnen Kernen. Man unterscheidet dabei zwischen den Multimode- und Monomodefasern (siehe Bild 11 und 12).

**Monomodefaser für  
höchste Ansprüche**

Die größte Impulsstreuung erreicht man mit Monomodefasern. Hier ist der Kerndurchmesser so gering, daß sich nur der achsenparallele Lichtstrahl (Mode 0) ausbilden kann. Der geringe Durchmesser erfordert allerdings eine besonders hohe Präzision bei der Einspeisung des Lichtstrahles.



Setzt man dickere *Multimodefasern* ein, steigt die Anzahl der möglichen Ausbreitungswege und damit die Verzerrung der Impulse. Dieser Effekt läßt sich durch speziell gefertigte Fasern verringern. Diese haben kein Stufenprofil – gleichbedeutend mit konstantem Brechungsindex in der Mantelschicht, sondern ein sogenanntes Gradientenprofil. Hier nimmt der Brechungsindex des Kerns von innen nach außen entlang des Radius ab. Die sich mit dem Brechungsindex ändernde Ausbreitungsgeschwindigkeit gleicht die Laufzeitunterschiede im Kern weitgehend aus, so daß eine höhere Impulstreue erreicht wird.

**Multimodefaser mit Stufen- oder Gradientenprofil**

Das Handling von Lichtwellenleitern, deren Konfektionierung und das Ein- bzw. Auskoppeln der optischen Signale ist vergleichsweise aufwendig und dementsprechend teuer. Aus diesen Gründen verwendet man Lichtwellenleiter nur dann, wenn große Distanzen bei hohen Datenraten überbrückt werden müssen oder wenn besondere EMV-Maßnahmen gefordert sind.

**Kostenaspekte begrenzen das Einsatzgebiet**

- Drahtlose Datenübertragung

**frei kommunizieren**

Die drahtlose Übertragung in Kommunikationssystemen bietet sich an für sehr große Distanzen (Richtfunkstrecken, Satellitentechnik, o.ä.) und bei ferngesteuerten und/oder mobilen Anwendungen.

**... auf Sichtkontakt**

Besteht zwischen den Kommunikationsteilnehmern immer Sichtkontakt und sind die überbrückbaren Distanzen und die Datenraten vergleichsweise gering, so kann man die wenig aufwendige optische Übertragung per Infrarotlicht wählen.

**... oder grenzenlos**

Die funkgestützte Kommunikation eignet sich für weit mehr Anwendungen. Im Alltag stets sichtbar ist zum Beispiel der Einsatz von Mobiltelefonen. Funkverbindungen finden sich aber nicht nur im Bereich der Telekommunikation. Auch andere Kommunikationsnetze – u.a. Feld- und Automationsnetze – bedienen sich dieser Technik. Man spricht hier vom Funk-LAN oder drahtlosen LAN (WLAN: wireless LAN).

**Telekommunikations-  
verbindungen zur Er-  
weiterung von Automa-  
tionssystemen**

Zumeist nutzt man die drahtlose Kommunikation in Verbindung mit der leitungsgebundenen. So werden bei großen Distanzen zur Verbindung von Automationsnetzen oder für eine Fernadministrierung (remote control) häufig auch Telekommunikationsverbindungen mit einbezogen (siehe Bild 13).

Aufgrund der großen Vielfalt von Funkverbindungen ist eine pauschale Auflistung von charakteristischen Merkmalen nicht möglich. Das Übertra-

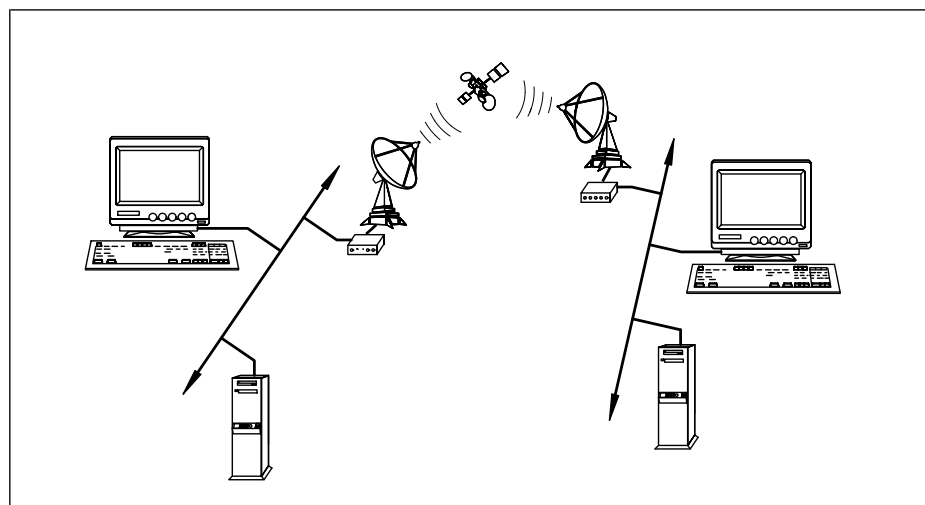


Bild 13: Netzkopplung über eine Satelliten-Telekommunikationsverbindung

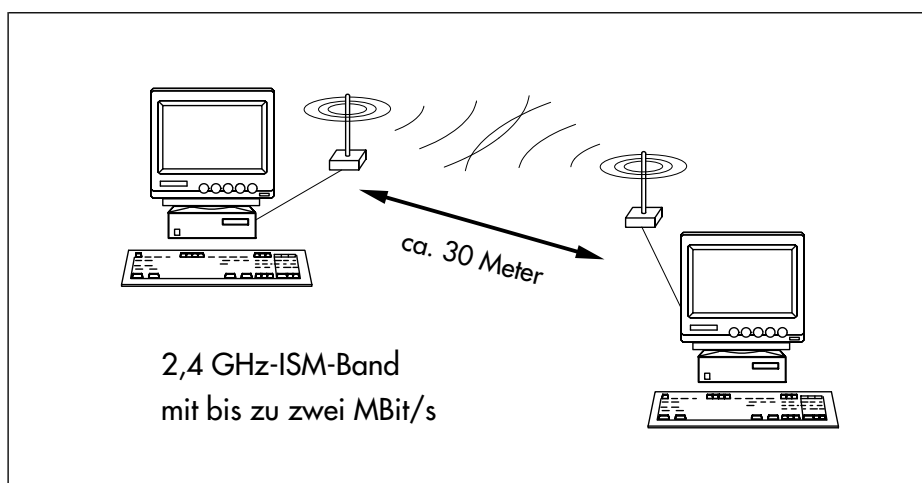


Bild 14: Einfaches WLAN für den Heimbereich und die Industrie

gungs- und Störverhalten hängt ganz entscheidend vom genutzten Frequenz- und Leistungsbereich und dem Modulationsverfahren ab.

Der Standard für drahtlose Kommunikation, die IEEE 802.11, legt für die funkbasierte Vernetzung das 2,4-GHz-ISM-Band fest. Die elektromagnetische Strahlung dieser Frequenz durchdringt feste Materie wie Wände, Fenster u.ä., so daß eine nahezu beliebige Geräteaufstellung möglich ist.

Zur Zeit spezifiziert der Standard nur Übertragungsraten von bis zu zwei MBit/s. Mit Hilfe von verbesserten Modulationsverfahren oder durch eine Erweiterung der Frequenzbänder plant man jedoch für die Zukunft höhere Übertragungsraten – 10 bis 20 MBit/s – festzuschreiben.

Die Übertragungsdistanzen eines WLAN hängen von vielen Faktoren ab. Mit ausgerichteten Richtantennen lassen sich mehrere Kilometer überbrücken, während bei ungerichteter Abstrahlung im Haus nur einige zehn Meter erreicht werden (Bild 14). Metallschirmungen, Störquellen, unerwünschte Reflexionen u.ä. können – zum Teil auch örtlich begrenzt (Funklöcher) – die erreichbare Nutz-Datenrate deutlich verringern. Wenn das Kommunikationsprotokoll Übertragungsfehler erkennt und die Daten erneut sendet, läßt sich auf Benutzerebene auch in solchen Fällen noch eine ungestörte, wenn auch langsamere Kommunikation verwirklichen.

**Anwendungen im  
ISM-Band: Industrial,  
Scientific, Medical**

**Ursachen für Funklöcher  
innerhalb einer  
Funkzelle**

## Binäre Informationsdarstellung

Das Übertragungsmedium legt fest, ob die Daten elektrisch, mit Licht oder per Funksignal übertragen werden. Dabei ist jedoch noch nicht bestimmt, wie sich die beiden binären Zustände (Null und Eins) voneinander unterscheiden.

Abhängig davon, wie die »Nullen und Einsen« den Zuständen »Low und High« zugeordnet werden, spricht man von

### positive oder negative Logik

- ▶ positiver Logik: Null  $\Leftrightarrow$  Low, Eins  $\Leftrightarrow$  High oder
- ▶ negativer Logik: Null  $\Leftrightarrow$  High, Eins  $\Leftrightarrow$  Low.

Die Darstellung der Zustände »High« und »Low« auf dem Übertragungsmedium legt die sogenannte Formatierung der Daten fest. Auswerten lassen sich

### Zustandskodierung

- ▶ Amplitudenwerte,
- ▶ Flanken (Pegeländerungen),
- ▶ Phasenbeziehungen oder
- ▶ Frequenzen.

### auch besondere Eigenschaften sind möglich

Je nach Einsatzgebiet, ist es manchmal wünschenswert bzw. erforderlich, daß die Formatierung spezielle Merkmale erfüllt:

### ... mit Taktsignal

- ▶ Bei synchroner Datenübertragung (siehe Seite 24) muß beispielsweise auch die Taktrate des Senders zum Empfänger übertragen werden. Will man sich eine zusätzliche Taktleitung sparen, läßt sich eine selbsttaktende Formatierung verwenden. Bei dieser kann der Empfänger die Taktrate direkt aus dem Datenstrom ableiten.

Werden zur Datenübertragung elektrische Leitungen verwendet, sind häufig zusätzliche Randbedingungen zu erfüllen:

### ... und wenig Nebenwirkungen

- ▶ Eine mittelwertfreie Formatierung kann auf ein anderes Signal aufmoduliert werden, ohne dessen Gleichanteil zu beeinflussen. So lassen sich Daten über Energieversorgungsleitungen oder Leitungen mit langsam veränderlichen Analsignalen (z.B. 4 bis 20 mA-Stromschleife) übertragen. Solche Bitkodierungen ermöglichen zudem eine einfache galvanische Trennung von Netzsegmenten mit Hilfe von Transformatoren.

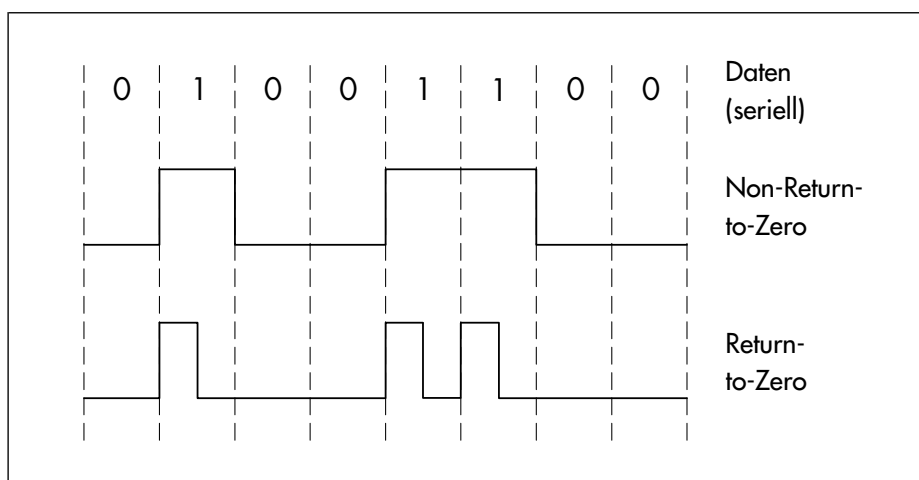


Bild 15: NRZ- und RZ-Kodierung bei positiver Logik

- ▶ Wenn es gilt eine gute elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) zu erreichen, muß die Störabstrahlung der elektrischen Übertragungsleitung gering gehalten werden. Diese sinkt, wenn die Frequenz des Datenstromes gering ist oder wenn zur Kodierung anstatt von Rechteckimpulsen sinusförmige Signale genutzt werden.

... gutes EMV-Verhalten

- NRZ- und RZ-Formatierung

Eine bei Datenübertragungen sehr verbreitete Formatierung ist das NRZ-Format (Bild 15: Non-Return-to-Zero). Jedes Bit wird durch einen Rechteckimpuls dargestellt, dessen zeitliche Dauer durch die Baudrate fest vorgegeben ist. Das Vorhandensein des Impulses kennzeichnet den High-, das Fehlen den Low-Zustand.

**Non-Return-to-Zero**

Beim RZ-Format (Bild 15: Return-to-Zero) dauern die Impulse nur eine halbe Bitperiode, so daß schon während des High-Zustandes auf Bezugspotential zurückgeschaltet wird.

**Return-to-Zero**

Beide Formatierungen sind weder selbsttaktend (keine Taktinformation im Low-Zustand) noch mittelwertfrei (Mittelwert ändert sich abhängig von der Bitfolge).

- Manchester Kodierung

Charakteristisch für die Manchester-Kodierung ist, daß die Bitinformation in der Phasenlage des Signals enthalten ist. Tritt in der Bitmitte eine steigende

**Phasenkodierung**

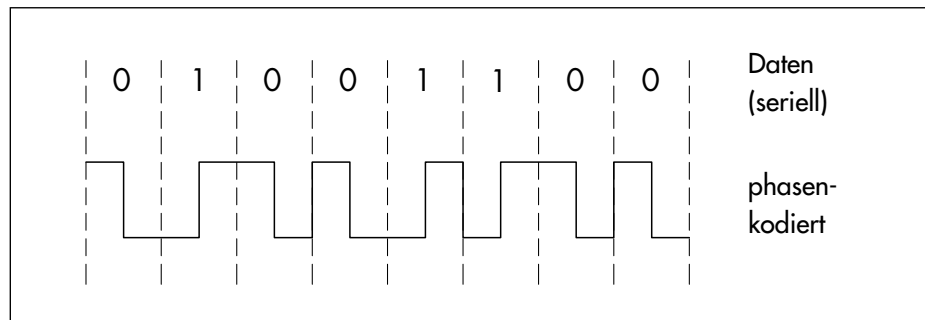


Bild 16: Manchester-Kodierung

Flanke auf, wird der Zustand 'High' signalisiert, während eine fallende Flanke für 'Low' steht. Da der Empfänger aus der Periodendauer des Signals die Taktrate des Senders bestimmen kann, ist diese Kodierung selbsttaktend (Bild 16). Wird für die Pegel der Manchester-Kodierung ein bipolares Signal verwendet (z.B.  $\pm 5$  Volt), so ist der Mittelwert des Datensignals gleich Null, d.h. diese Bit-Kodierung ist mittelwertfrei.

- Amplituden- und FSK-Kodierung

**Kodierung mit sinusförmigen Signalen**

Anstatt mit digitalen Rechteckimpulsen zu arbeiten, kann die Kodierung auch mit sinusförmigen Signalen erfolgen, die in Amplitude, Frequenz oder Phase moduliert werden.

**Amplitudenmodulation**

Bei der Amplitudenmodulation (Bild 17 mitte) ordnet man den Zuständen Low und High zwei verschiedene Amplitudenwerte zu. Wie bei den Recht-

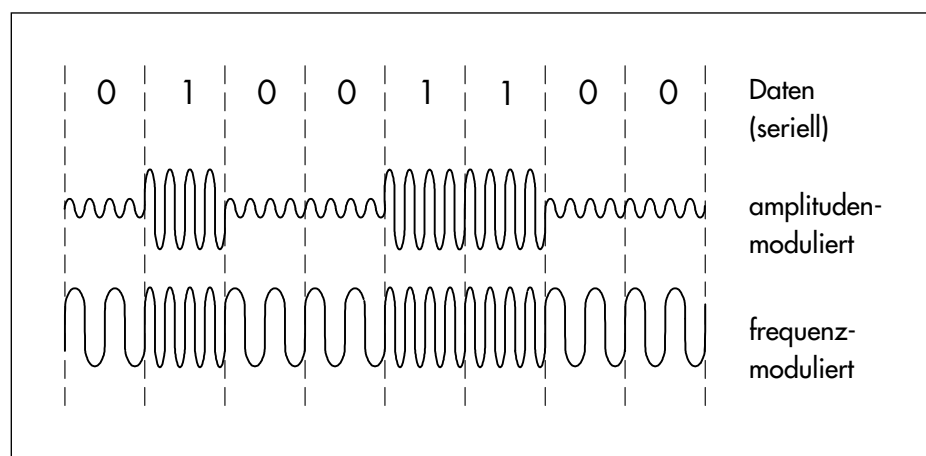


Bild 17: Kodierung über Amplituden- und Frequenzmodulation

eckimpulsen erreicht man durch große Amplitudendifferenzen eine höhere Störsicherheit, jedoch erhöht sich in gleicher Weise der erforderliche Leistungsbedarf. Die Auswertung amplitudenmodulierter Signale birgt die Gefahr, daß sich – besonders bei großen Distanzen – die Signalamplitude innerhalb eines Netzes ändert.

Das FSK-Verfahren (Frequency Shift Keying) nutzt zur Unterscheidung der binären Zustände unterschiedliche Frequenzen (Bild 17 unten). Da dieses Verfahren weitgehend pegelunabhängig arbeitet, bietet es auch bei Signaldämpfungen und sich ändernden Lasten eine hohe Störsicherheit. Selbstverständlich muß sichergestellt sein, daß das Übertragungsmedium in der Lage ist, die zur Kodierung verwendeten Frequenzen zu übertragen.

Bei der Amplituden- oder Frequenzmodulation arbeitet man mit sinusförmigen Signalen, da deren Signalspektrum keine Oberwellen hat. Vorgaben bezüglich der "Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)" lassen sich so leichter einhalten. Auch eine Überlagerung mit anderen Gleichsignalen ist möglich, denn der zeitliche Mittelwert von sinusförmigen Signalen ist Null und die Kodierung somit mittelwertfrei.

**Frequenzmodulation ist störunempfindlicher**

**Vorteile sinusförmiger Signale**

wie erkennt der Empfänger Bits und Bytes

### Übertragungsverfahren

Während einer digitalen Übertragung erscheint ein Nachrichtenpaket auf der Signalleitung als Bit-Datenstrom. Aus der Sicht des Empfängers stellt sich ein solcher Bit-Datenstrom als eine Folge unterschiedlich langer Impulse dar. Damit diese Impulsfolge wieder in die ursprüngliche digitale Darstellung zurückverwandelt werden kann, muß der Empfänger wissen, zu welchem Zeitpunkt die Signale auf den Datenleitungen gültig sind, wann sie also ein Bit repräsentieren: Der Sender und Empfänger müssen sich während der Übertragung miteinander synchronisieren. Die Datenübertragungsverfahren lösen dieses Problem entweder durch

- ▶ eine taktsynchrone Datenübergabe und
- ▶ eine asynchrone, zeitgesteuerte Abtastung.

- Synchroner Übertragung

Taktübertragung vereinfacht das Erfassen der Daten

Bei der synchronen Übertragung sind die Signale auf den Datenleitungen immer dann gültig, wenn ein von beiden Stationen genutztes Taktsignal einen bestimmten, vordefinierten Zustand einnimmt (z.B. Taktflankengesteuert entsprechend Bild 18). Das Taktsignal muß entweder getrennt vom Datensignal auf einer zusätzlichen Leitung übertragen werden oder kann – wie im Kapitel 'Binäre Informationsdarstellung' erläutert – aus dem Datensignal abgeleitet werden.

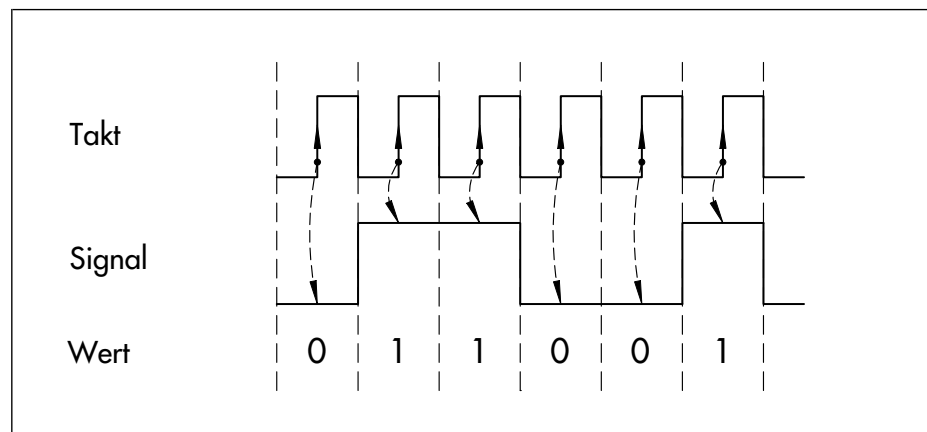


Bild 18: Synchroner Signalabtastung bei positiver Taktflanke



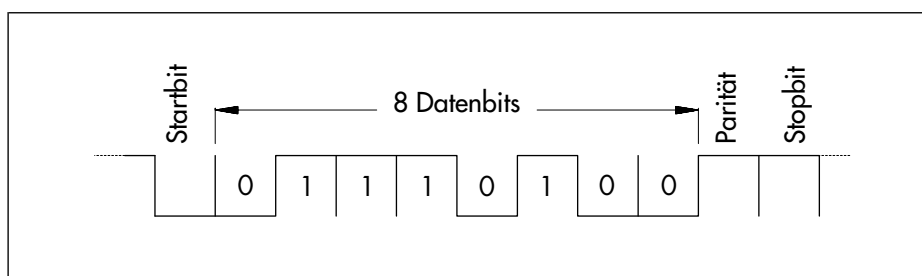


Bild 19: Asynchrone Übertragung mit dem UART-Zeichen  
(universal asynchronous receiver transmitter)

- Asynchrone Übertragung

Bei der asynchronen Übertragung wird kein Taktsignal übertragen. Auch wenn Empfänger und Sender mit derselben Frequenz arbeiten, führt schon die geringste Differenz dazu, daß sie nach einiger Zeit nicht mehr synchron laufen.

Vermieden wird dies, wenn sich der Empfänger in möglichst kurzen Abständen auf die Sendefrequenz synchronisiert. Dies geschieht zu Beginn eines jeden Zeichens, welches mit zusätzlichen Start- und Stopbit gekennzeichnet wird. Dazu wird ein sogenanntes UART-Zeichen verwendet, welches die DIN 66022/66203 definiert (siehe Bild 19).

Mit der ersten Signalfanke des Startbits synchronisiert der Empfänger seinen internen Bittakt auf die Empfangsdaten. Die folgenden Bits tastet er jeweils in der zeitlichen Bitmitte ab. Nach den sieben oder acht Datenbits folgt ein zur Fehlererkennung eingefügtes Paritätsbit und zum Abschluß ein oder zwei Stopbits. Die Nachricht wird nur übernommen, wenn sowohl die Parität als auch die Polarität des Stopbits den Formatvorgaben entsprechen.

Da sich der Empfänger jedesmal neu synchronisiert, sind die Anforderungen an die zeitliche Konstanz von Sender- und Empfänger-Taktfrequenz nur gering.

- Kommunikationssteuerung

Die synchrone bzw. asynchrone Übertragung liefert die Voraussetzung, daß der Empfänger die Bits und Bytes korrekt lesen kann. Nicht geprüft wird jedoch, ob der Empfänger überhaupt zur Datenaufnahme bereit ist.

**Taktsynchronität ist gefordert**

**UART: Universal Asynchronous Receiver and Transmitter**

**Synchronisation während des Startbits**

**besteht Bereitschaft zur Kommunikation**

Datenübertragung mit  
Handshake-  
Steuerleitung

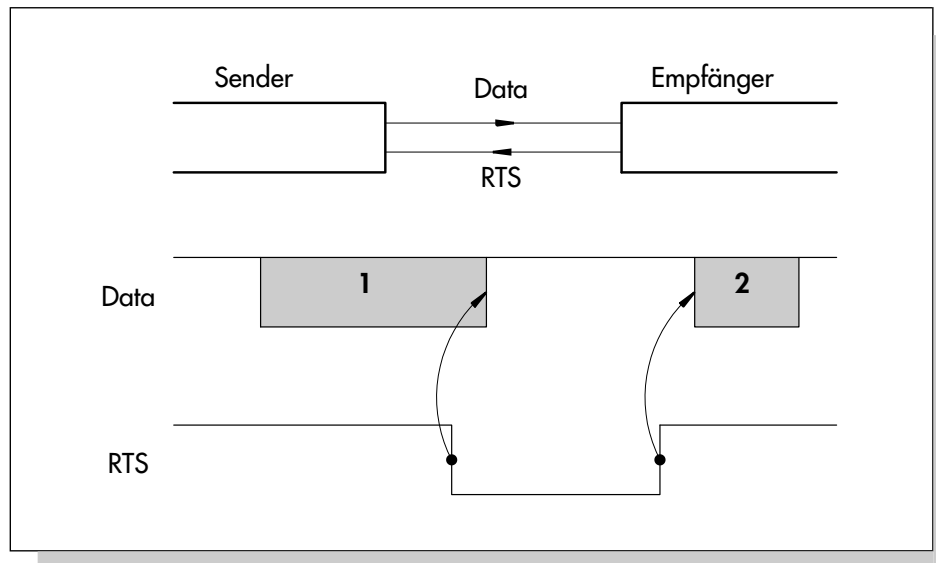


Bild 20: Hardware-Handshake: RTS fordert eine Unterbrechung der Datenübertragung zwischen Block eins und zwei

Koordination mit Steuerdaten oder -signalen

Um die Datenübertragung diesbezüglich zu koordinieren, ist eine zusätzliche Steuerung erforderlich. Diese kann per Software oder mit Hilfe zusätzlicher Steuer- bzw. Handshake-Leitungen realisiert werden. In beiden Fällen muß der Empfänger dem Sender seine Bereitschaft zum Datenempfang signalisieren, bevor die Datenübertragung beginnt.

Software-Handshake mit XON/XOFF

Das Software-Handshake erfordert zwischen Sender und Empfänger eine bidirektionale Kommunikationsverbindung. Um den Datenfluß anzuhalten oder wieder weiterlaufen zu lassen, schickt der Empfänger spezielle Kommandobytes zum Sender. Sehr häufig werden dazu die reservierten Sonderzeichen XOFF bzw. XON verwendet.

Steuerleitungen für das Hardware-Handshake

Beim Hardware-Handshake wird die Datenübertragung durch zusätzliche Steuerleitungen kontrolliert. Bild 20 zeigt eine solche Handshake-geführte Übertragung am Beispiel des Steuersignals RTS 'Request To Send':

- ▶ Der Zustand RTS = Eins signalisiert, daß das Gerät bereit ist Daten zu empfangen. Laufen zu viele Daten auf und besteht die Gefahr, daß der Empfangsdatenpuffer überläuft, wird das Gerät das RTS-Signal zurücknehmen. Daraufhin stoppt der Sender die Datenübergabe und setzt sie erst nach erneuter Freigabe von RTS wieder fort.

Der Einsatz des Hardware-Handshakes beschränkt sich nicht, wie hier gezeigt, auf Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Durch spezielle Maßnahmen (wi-

red-OR- bzw. wired-AND-Verknüpfungen) läßt sich damit auch die Kommunikation mit mehreren Teilnehmern koordinieren.

- Merkmale einer typischen Zweidraht-Kommunikation

In Anwendungen, in denen örtlich verteilte Geräte über größere Distanzen miteinander kommunizieren, ist die einfache und kostengünstige Verdrahtung ein äußerst wichtiges Auswahlkriterium. Deshalb wird man eine Übertragungstechnik wählen, die ohne zusätzliche Takt- und/oder Steuerleitungen auskommt. Erreicht wird dieses Ziel:

- ▶ mit der asynchronen Übertragungstechnik, bei der sich der Empfänger über die Start- und Stop-Bits selbst synchronisiert;
- ▶ mit synchroner Übertragung, wenn die Formatierung die Taktinformation zusammen mit den Daten auf derselben Leitung überträgt.
- ▶ Zusätzlich muß der Kommunikationsablauf (wann sendet wer ?) entweder fest vorgegeben sein, oder
- ▶ der Ablauf wird mit geeigneten Kommandos per Software gesteuert (Software-Handshake).

Die meisten Kommunikationsnetze, ob WAN oder LAN – auf Feld-, Automations- oder Leitebene – arbeiten entsprechend dieser Vorgaben (Bild 21).

#### Typische Schnittstellenspezifikation für Kommunikationsnetze

Zweidrahtleitung

asynchrone Übertragung mit UART-Zeichen

Formatierung anwendungsabhängig:

- einfach: NRZ
- mittelwertfrei: Manchester
- gute EMV: FSK

protokoll- oder zeitgesteuerter Kommunikationsablauf:

- XON/XOFF
- zyklische, zeitgesteuerte Abfrage (Polling),
- telegrammgesteuert, o.ä.

**Minimierung des Instrumentierungsaufwandes**

Bild 21: Beispiel einer Schnittstellenspezifikation

### Datensicherung

Unabhängig davon, ob synchron oder asynchron und ob mit oder ohne Handshake-Leitungen übertragen wird, immer besteht die Gefahr, daß einzelne Bits fehlerhaft übertragen werden, d.h. daß der Empfänger eine Eins statt einer Null oder eine Null statt einer Eins liest. Auch wenn es möglich ist, durch technische Vorkehrungen die Wahrscheinlichkeit für eine fehlerfreie Datenübertragung zu erhöhen, kann es aufgrund von elektromagnetischen Einstreuungen, Potentialverschiebungen und Alterungen der Bauteile zu solchen Fehlern kommen.

#### Fehler erkennen und geeignet reagieren

Das wichtigste Ziel der Datensicherung ist Fehler zu erkennen. Wie anschließend auf den Fehler reagiert wird, ist systemabhängig und kann ganz unterschiedlich gelöst sein. Eine mögliche Reaktion ist die Fehlerkorrektur. Diese ist jedoch nur durchführbar, wenn die Kodierung zur Datensicherung entsprechend (bit-)aufwendig umgesetzt ist. Im Bereich der Netzkommunikation werden fehlerhafte Nachrichten vom Empfänger einfach erneut angefordert (bzw. nicht als gültige Daten quittiert), darauf hoffend, daß die Nachricht bei der erneuten Übertragung fehlerfrei ist.

#### Paritätssicherung

Um Übertragungsfehler zu erkennen, existieren mehrere Verfahren, die die Überprüfung auf verschiedenen Ebenen durchführen. Auf Zeichenebene wird häufig das Paritätsverfahren verwendet (Bild 22). Bei dem EVEN-Parity-Verfahren muß die Anzahl der Einsen eines Zeichens – inklusive des Paritätsbits – immer eine gerade Anzahl ergeben. Bei dem ODD-Parity-Ver-

<b>Gerade Parität (EVEN Parity)</b>		<u>Summe aller Einsen muß gerade sein</u>	
Datenbits:	Paritätsbit	$\Sigma$ Einsen	
0110 1100	0	4	
0110 1101	1	6	
<b>Ungerade Parität (ODD Parity)</b>		<u>Summe aller Einsen muß ungerade sein</u>	
Datenbits:	Paritätsbit	$\Sigma$ Einsen	
0110 1100	1	5	
0110 1101	0	5	

Bild 22: Datensicherung durch zusätzliches Paritätsbit

fahren muß sich entsprechend umgekehrt immer eine ungerade Anzahl ergeben. Da sich zwei Fehler gegenseitig kompensieren, kann mit dieser Methode nur ein (Bit-)Fehler sicher erkannt werden.

Ein Maß für die Störfestigkeit einer Übertragung ist die Hamming-Distanz (HD). Diese berechnet sich aus der Zahl der Fehler, die noch erkannt werden können:

**Hamming-Distanz**

Hamming-Distanz	=	Zahl der erkennbaren Fehler plus Eins
HD	=	e + 1

Bild 23: Berechnung der Hamming-Distanz

Beim Paritätsverfahren beträgt die Hamming-Distanz demnach HD=2.

Die Paritätsprüfung kann nicht nur für einzelne Zeichen verwendet werden, sondern auch Blöcke von Zeichen absichern. Dazu wird – parallel zur Paritätsprüfung der Einzel-Zeichen – die sogenannte Longitudinale Parität gebildet. Nach einem Block von z.B. 7 Zeichen wird ein 8. Zeichen übertragen, welches aus den Paritäts-Prüfbits der vorangegangenen (Bit-)Spalten gebildet wird (Bild 24). Die Hammingdistanz dieses Verfahrens ist HD=4, wobei die Wahrscheinlichkeit längere oder mehrfache Störungen zu erkennen hoch ist.

**Blocksicherung mit longitudinaler Parität**

	Datenbits:	Zeichenparität:
	1 0 1 1 0 0 0 1	0
	0 1 1 0 0 0 1 0	1
	1 1 0 0 1 1 1 1	0
	0 0 1 1 1 0 0 0	1
	0 1 1 0 0 1 0 1	0
	1 1 1 0 1 0 0 1	1
<b>Longitudinale Parität:</b>	<b>1 0 1 0 1 0 0 0</b>	<b>1</b>

Bild 24: Blocksicherung mit longitudinaler – gerader – Parität

**Datensicherung mit dem  
CRC-Verfahren**

Ein anderes sehr verbreitetes Datensicherungsverfahren für größere Zeichenfolgen ist der Cyclic Redundancy Check (CRC-Verfahren). Hier wird die Nachricht – unabhängig von ihrer Länge – als binäre Zahl interpretiert, die durch ein spezielles Generator-Polynom dividiert wird. Zum Empfänger wird

**Übertragung von Daten  
und Divisionsrest**

nur die eigentliche Nachricht sowie der nicht teilbare Rest der Division übertragen. Die Übertragung war fehlerfrei, wenn die empfangenen Daten durch dasselbe Polynom ohne Rest geteilt werden können. Die Zahl der erkennbaren Fehler ist von dem verwendeten Polynom abhängig. So erreicht man mit dem Polynomwert 345 (DIN 19244) eine Hamming-Distanz  $HD=4$ , es können folglich bis zu drei Fehler sicher erkannt werden.

## Übertragungsstandards – Schnittstellenspezifikationen

Die Kodierungsverfahren (NRZ, Manchester, etc.) definieren, wie die binären Zustände dargestellt werden, d.h. wie sich die Signalzustände bei Übertragung eines seriellen Bitstromes ändern. Noch nicht spezifiziert sind dazugehörige Pegel- und Frequenzvorgaben, mögliche Übertragungsraten, zulässige Leitungslängen, Steuerleitungen und vieles mehr.

Diese Festlegungen übernehmen – zumeist international genormte – Übertragungsstandards. So existieren im Bereich der Telekommunikation viele Schnittstellen-Festlegungen, die von der ITU (International Telecommunication Union) festgeschrieben oder von anderen Standards übernommen wurden. Im folgenden werden in stark verkürzter Form einige Standards vorgestellt, die häufig auch für Rechner- und Steuerungsanwendungen verwendet werden. Weitergehende Informationen sind den entsprechenden Spezifikationsschriften zu entnehmen.

- RS 232- bzw. V.24-Schnittstelle

Für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen zwei Geräten nutzt man häufig die RS 232-Schnittstelle. Die vollständige Spezifikation für eine 4-Draht Voll-Duplex-Übertragung sowie die Festlegungen zu den Handshake-Leitungen sind in der amerikanischen RS 232C Norm oder der fast identischen internationalen ITU-T V.24 dargestellt.

Daten und Steuersignale überträgt die RS 232-Schnittstelle unterschiedlich:

- ▶ Daten in negativer Logik (0: High; 1: Low)
- ▶ Steuersignale in positiver Logik (1: High; 0: Low)

Dementsprechend sind die Spannungswerte für Datenbits und Steuersignale einander entgegengesetzt:

Daten	Steuersignal	Pegel	Spannungsbereich
'0'	'1'	High	+3 bis +15 Volt
'1'	'0'	Low	-3 bis -15 Volt

Bild 25: Pegel der RS 232 für Daten- und Steuersignale

**exakte Spezifikation einer Schnittstelle:  
Ausführung, Funktionsweise, Parameter**

**Zweipunktverbindungen über RS 232**

**Pegeldefinitionen**

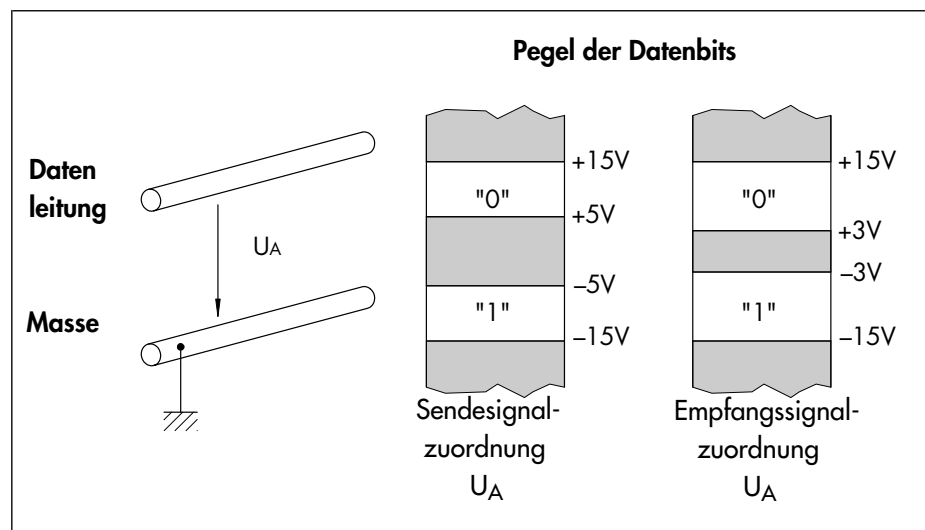


Bild 26: RS 232-Sende- und Empfangspegel

**unsymmetrische Übertragungstechnik**

Da die Signalpegel auf Masse bezogen sind (Bild 26), wird dieses Signal als 'erdunsymmetrisch' bezeichnet. Diese Signalübertragungstechnik birgt die Gefahr von Ausgleichsströmen, da sich ohne galvanische Trennung Masse-schleifen bilden. Deshalb, und weil mit zunehmender Leitungslänge die Störanfälligkeit steigt, sollte die maximale Leitungslänge 15 Meter (bei kapazitätsarmem Kabel 50 Meter) nicht überschreiten.

Die Datenübertragung der RS 232 erfolgt asynchron und verwendet das UART-Zeichen (Bild 19). Sender und Empfänger müssen auf die gleichen Übertragungsparameter konfiguriert werden. Eingestellt werden muß:

**Parametrierung der UART-Zeichen**

- ▶ die Baudrate (zwischen 50 und 19,2 kBit),
- ▶ die Parität (ohne, gerade oder ungerade Parität) und
- ▶ die Anzahl der Stopbits (1; 1,5 oder 2).



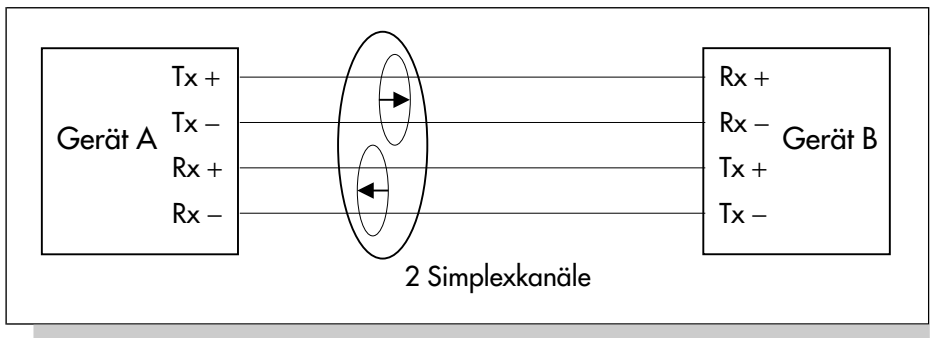


Bild 27: 4-Leiter-Vollduplexverbindung mit RS 422-Verdrabtung

• RS 422-Schnittstelle

Die RS 422-Schnittstelle bietet sich besonders für die schnelle, serielle Datenübertragung über große Entfernungen an. Innerhalb einer Übertragungseinrichtung dürfen maximal zehn RS 422-Empfänger parallel mit einem Sender verbunden werden.

**schnell, auch bei größeren Distanzen**

Bei kurzen Leitungen darf die maximale Übertragungsgeschwindigkeit bis zu 10 MBit/s betragen; bei Leitungslängen von bis zu 1200 m ist die Datenrate auf 100 kBit/s begrenzt. Die RS 422 kann als 2-Draht-Simplex- oder als 4-Draht-Vollduplex-Schnittstelle verwirklicht werden. Bei der Installation müssen – bei Beachtung der Polung – die Senderausgänge (Tx) mit den Empfängerereingängen (Rx) verbunden werden (siehe Bild 27).

**Simplex- oder Vollduplex**

Die RS 422-Schnittstelle ist erdsymmetrisch, denn die logischen Zustände werden durch eine Differenzspannung zwischen zwei zusammengehörigen Leitungen A und B dargestellt. Ein wesentlicher Vorteil der symmetrischen

**symmetrische Signalübertragung**

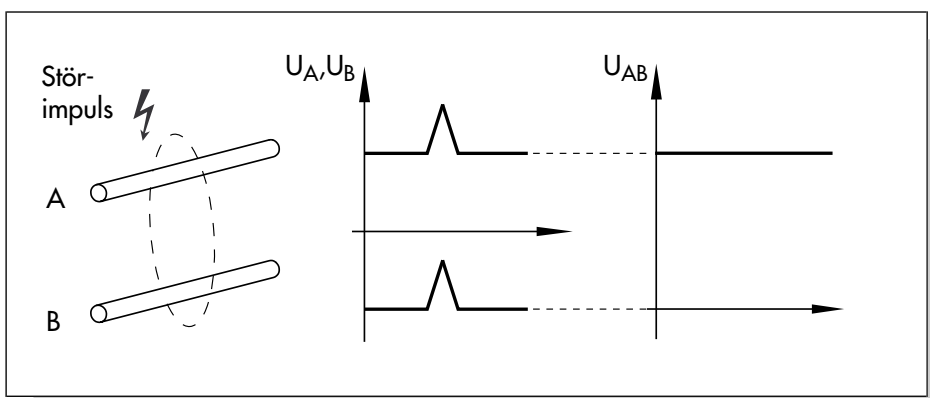


Bild 28: Störunempfindliche symmetrische Übertragungstechnik

**störungsempfindliche Übertragungstechnik**

Übertragungstechnik ist, daß von außen eingekoppelte Störimpulse auf den beiden Leitungen exakt die gleichen Störampplituden verursachen. Das Nutzsignal – die Differenzspannung  $U_{AB}$  – wird daher nicht beeinflusst (Bild 28).

**galvanische Trennung schützt die Schnittstelle**

Um bei mehreren Teilnehmern die Entstehung von Ausgleichsströmen zu verhindern und die Empfängerbausteine gegen Potentialverschiebungen zu schützen, sollten möglichst Optokoppler zur galvanischen Trennung eingesetzt werden.

**Pegeldefinitionen bei Belastung**

Die Spezifikation unterscheidet zwischen der Sender- und Empfängersignaluordnung (Bild 29), wobei die Sendepegel bis zu einer Belastung von 54 Ohm garantiert werden müssen. Diese hohe Belastung entsteht, wenn die Leitungen an beiden Enden mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen werden. Dies ist erforderlich, wenn bei großer Leitungslänge mit hoher Übertragungsrate gearbeitet wird (siehe Seite 11: Übertragungsmedium – Elektrische Leitungen).

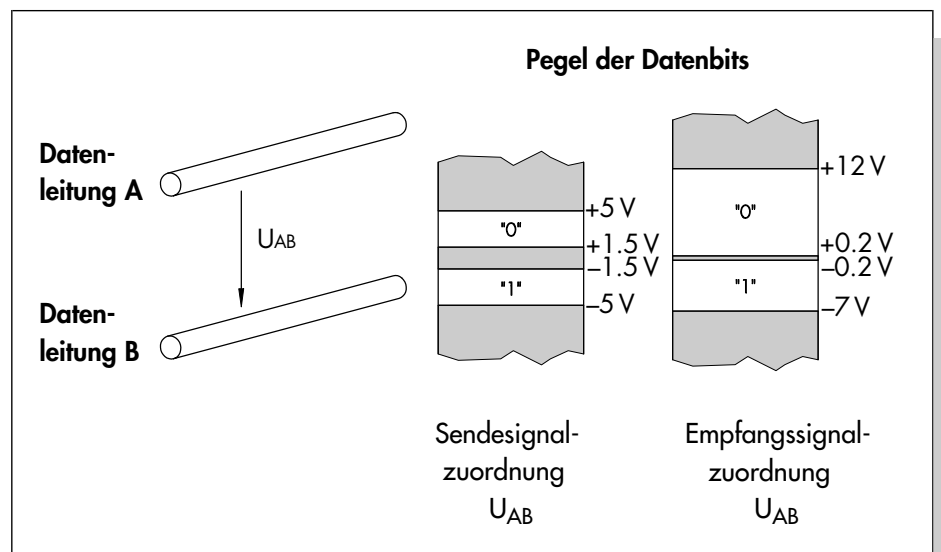


Bild 29: Signalpegel der symmetrischen RS 422-Schnittstelle

- RS 485-Schnittstelle

Die elektrischen Spezifikationen und die Verdrahtungsvorschriften der RS 485 entsprechen weitgehend der RS-422-Norm (siehe Seite 33f.). Zusätzlich ermöglicht die RS 485 jedoch eine bidirektionale Buskommunikation von bis zu 32 Teilnehmern. Deshalb wird diese Schnittstelle häufig für Mehrpunktverbindungen innerhalb von Feldnetzen eingesetzt.

Die RS 485 kann als Zweidraht-Bus oder 4-Draht-Vollduplex-Schnittstelle ausgeführt werden (siehe Bild 30 und 31). Der Zweidraht-Bus ist nur halbduplexfähig, da zu jedem Zeitpunkt immer nur ein einziger Teilnehmer senden darf. Arbeiten mehrere Sender an einer Leitung, muß ein Protokoll sicherstellen, daß immer nur ein Sender aktiv ist. Die anderen Sender müssen währenddessen die Übertragungsleitungen freigeben, indem sie ihre Ausgänge in einen hochohmigen Zustand schalten.

Die zulässige Leitungslänge sinkt mit steigender Übertragungsrate. Die Tabelle in Bild 9 zeigt dies für Datenraten von 9,6 bis 12 000 kBit/s. Bei allen Datenübertragungsraten müssen die Leitungen terminiert werden (siehe auch Seite 13: Bild 10b). Zwei zusätzliche, als Spannungsteiler geschaltete Widerstände legen das Ruhepotential der Leitung fest. Dies stellt sich ein, wenn kein Sender aktiv ist.

**RS 485 für  
Netzverbindungen**

**zwei Varianten**

**Übertragungsprotokoll  
koordiniert Senderechte**

**Leitungsabschluß  
erforderlich**

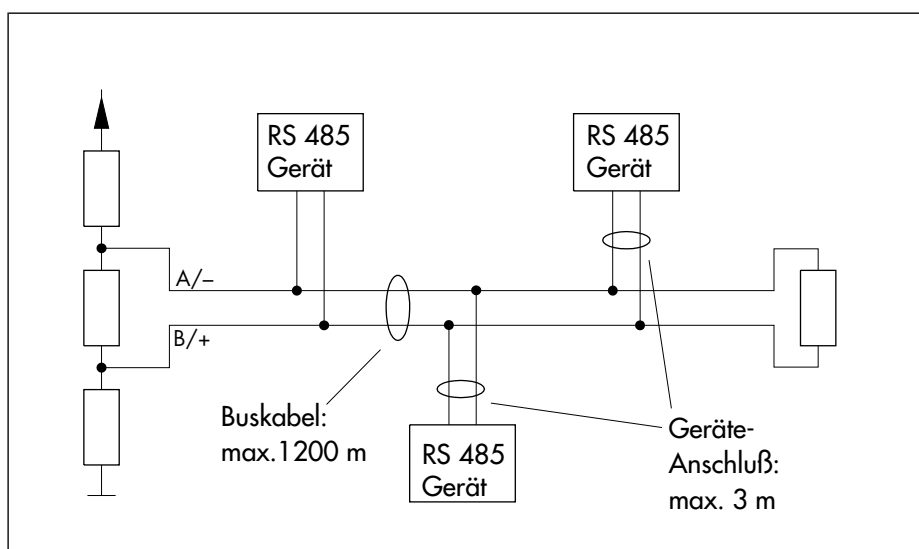


Bild 30: Zweidraht-Bus mit Terminierung (RS 485-Schnittstelle)

**4-Draht-Verschaltung  
für Master-Slave-  
Kommunikation**

Wie bei der RS 422 unterscheidet die 4-Draht-Schnittstelle die Senderausgänge (Tx) und die Empfängereingänge (Rx). Nur Teilnehmer, deren Tx-Ausgänge und Rx-Eingänge wechselseitig verschaltet sind, können miteinander kommunizieren. Dementsprechend kann bei dem Bussystem aus Bild 31 nicht 'Jeder-mit-Jedem' kommunizieren, sondern nur der Master mit seinen Slaves und umgekehrt.

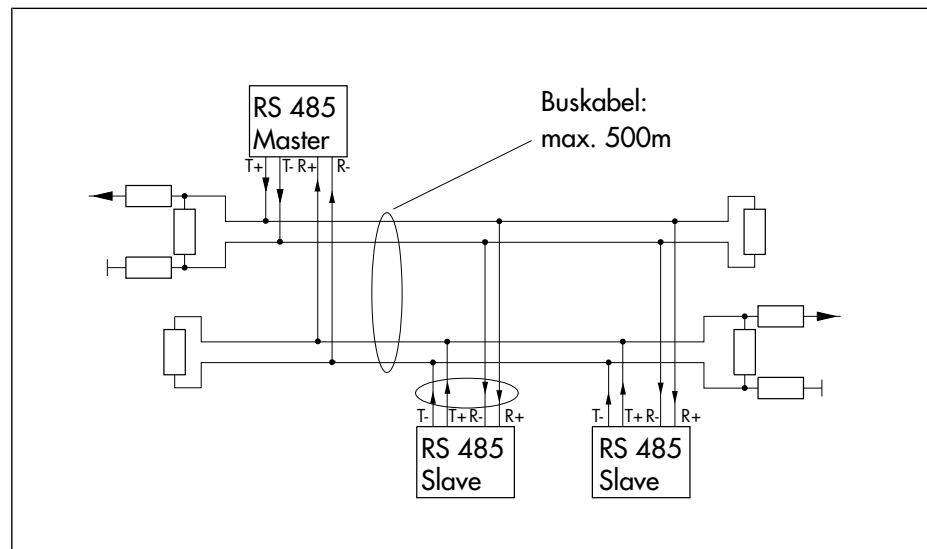


Bild 31: 4-Draht-Verbindung mit der RS 485-Schnittstelle  
(Master-Slave-Betrieb)

- IEC 61158-2

Die Arbeiten an der Festlegung einer internationalen Feldbusspezifikation führten zur Definition der Busphysik IEC 61158-2. Diese legt die Ausführung des Kabels, die Kodierung der Daten sowie die elektrischen Parameter der Übertragung fest.

Als Übertragungsmedium sind auch Lichtwellenleiter mit verschiedenen Übertragungsraten zugelassen. Für die drahtgebundene Übertragung existieren vier Varianten:

- ▶ Voltage Mode mit 31,25 kBit/s; 1,0 MBit/s und 2,5 MBit/s
- ▶ Current Mode bei 1,0 MBit/s

Die Datenübertragung im 'Voltage Mode' mit 31,25 kBit/s wird in der Prozeßautomation vorrangig verwendet, denn sie eignet sich für eigensicher ausgeführte Kommunikationssysteme und Busspeisung (Zweileiter-Geräte). Die Datenübertragung erfolgt unter Verwendung der selbsttaktenden, mittelwertfreien Manchester-Kodierung. Dabei wird der Versorgungsstrom  $I_B$  mit einer Amplitude von  $\pm 9$  mA moduliert (Bild 32). Die Ex-Zulassung solcher Systeme muß jedoch – unter Beachtung von weiteren Gesichtspunkten – explizit erfolgen (Beispiel: FISCO-Modell, siehe Lit./3/).

Das Buskabel, eine verdrehte – möglichst geschirmte – Zweidrahtleitung, muß an den Enden abgeschlossen werden. In Abhängigkeit von der Kabelausführung (geschirmt oder ungeschirmt) und den Leistungsdaten (Kabelkapazität, Dämpfung, etc.) ist eine Gesamtleitungslänge von bis zu 1900 m zugelassen.

**vier drahtgebundene Varianten**

**für Busspeisung und Eigensicherheit:  
Voltage Mode mit  
31,25 kBit/s**

**geschirmte Twisted-Pair-Leitung bis zu  
1900 m**

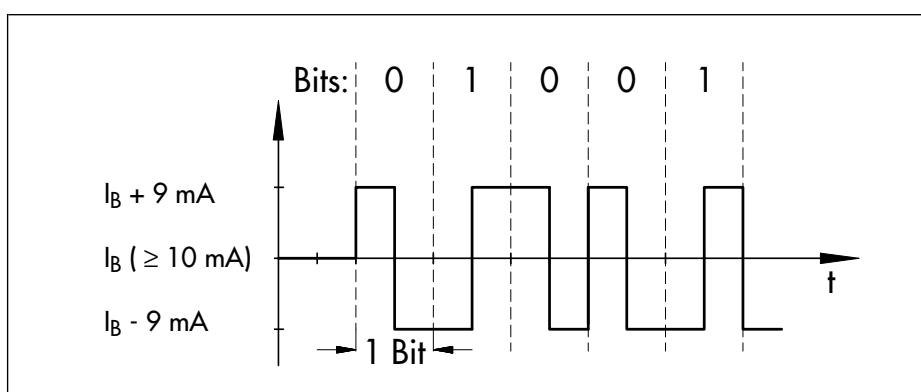


Bild 32: IEC 61158-2 mit Manchester-Kodierung mit  $\pm 9$  mA

- Bell 202

**Standard aus der Telekommunikation**

Bell 202 ist ein amerikanischer Standard von AT&T (American Telephone and Telegraph) für die asynchrone Datenübertragung über das Telefonnetz. Er definiert eine 4-Draht-Vollduplexverbindung mit 1800 Bit/s sowie eine 2-Draht-Halbduplexverbindung mit einer Datenrate von 1200 Bit/s.

Als Modulationsverfahren wird die FSK-Kodierung verwendet, d.h. die binären Zustände werden durch Wechselströme kodiert. Bei Halbduplexbetrieb werden folgende Frequenzen verwendet:

**Frequenzen der Halbduplex-Übertragung**

Logisch "1": 1200 Hz  
 Logisch "0": 2200 Hz

Aufgrund der sinusförmigen Kodierung ist die Bell 202-Übertragung mittelfreierwertfrei und unabhängig von der Polarität der Signale (Bild 33). Das oberwellenarme Spektrum bewirkt ein günstiges EMV-Verhalten.

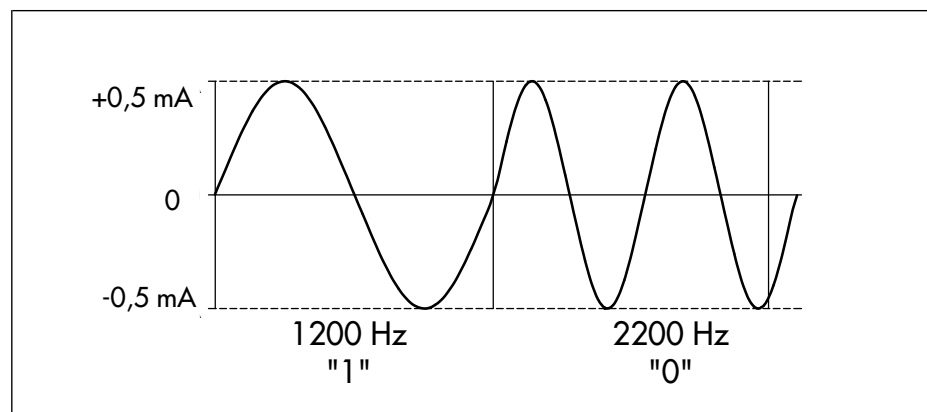


Bild 33: FSK-kodierte Datenübertragung basierend auf Bell 202 (Halbduplex)

## Netze für die Datenfernübertragung

Müssen Daten über große Entfernungen übertragen werden, ist es häufig sinnvoll die Übertragungswege nicht neu zu installieren, sondern auf bereits bestehende zurückzugreifen. Hierfür bieten sich beispielsweise die Netze der Energieversorger, Kabel-TV-Netze, das Telefonnetz, das ISDN-Netz und das Internet an.

- Stromnetz (Powerline)

Die Datenübertragung auf dem Stromnetz ist vor allem deshalb interessant, weil man über diesen Weg jedes Haus, sogar jedes Zimmer direkt erreicht. Für die Zukunft hofft man, dieses Medium sowohl für die Sprachübertragung als auch für den Online-Markt nutzen zu können.

Powerline arbeitet auf Niederspannungsebene (siehe Bild 34). Dabei ist zu beachten, daß nur die Teilnehmer in direkter Verbindung zueinander stehen, die an dasselbe Segment angeschlossen sind. Eine weitere Unterteilung des Netzes entsteht durch die drei, galvanisch getrennten Phasen. Mit der Installation einer kapazitiven Koppeleinheit läßt sich diese Trennung jedoch überwinden.

Eine weitere Schwierigkeit ist die erzielbare Übertragungsrate, denn das 230-Volt-Netz eignet sich nur bedingt für die Datenübertragung. Hohe Störpegel müssen akzeptiert werden und die starke Leitungsdämpfung reduzieren den Übertragungsradius. Ferner begrenzen geltende Gesetze den nutz-

**bestehende Kommunikationsnetze nutzen**

**weitverzweigte Vernetzung bis in die Räume**

**bestehend aus sehr vielen Teilnetzen**

**hohe Störpegel erschweren die Kommunikation**

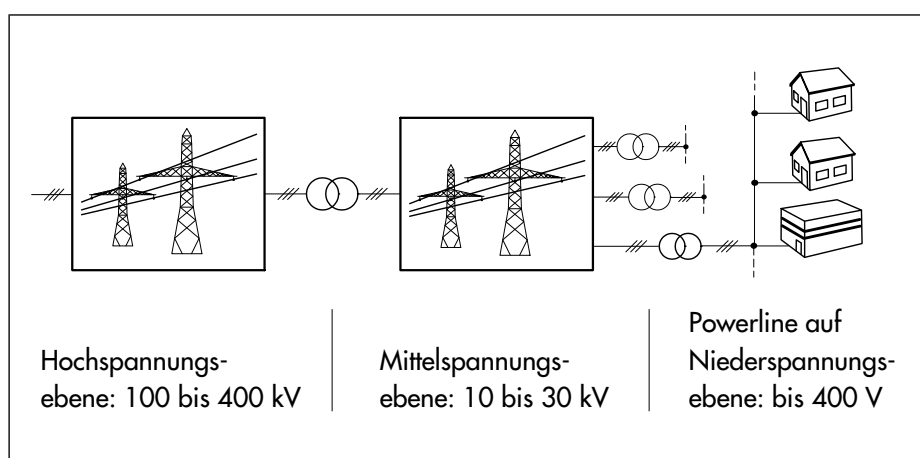


Bild 34: Powerline nutzt das Niederspannungs-Versorgungsnetz

baren Übertragungsfrequenzbereich auf 3 bis 148,5 kHz und die maximale Sendeleistung auf 5 mW.

Trotz dieser Einschränkungen ist das Stromnetz aufgrund der bereits existierenden, weitverzweigten Netze für die Datenübertragung ein wichtiges Medium. Besonders für die Gebäudeautomation bietet sich der Einsatz von Powerline an. In bestehenden Gebäuden lassen sich auf diese Weise Kommunikationssysteme einfach und ohne jegliche Zusatzverkabelung installieren. Stand der Technik bei LON (Local Operating Network) sind zum Beispiel:

**Powerline in der Gebäudeautomation**

**Grenzwerte am Beispiel LON**

- ▶ erzielbare Datenraten von bis zu 10 kBit/s (Standard 5 kBit/s),
- ▶ maximale Netzausdehnung 6,1 km.

Für viele Applikationen in der Gebäudeautomation sind dies völlig akzeptable Werte.

• Telefonnetz

Um digitale Daten über das analoge Medium 'Telefonleitung' zu übertragen, ist eine geeignete Umwandlung erforderlich. Diese Aufgabe übernehmen Modems, die zwischen Kommunikationsteilnehmer und Telefonleitung geschaltet werden. Das Modem moduliert das Analogsignal entsprechend der zu sendenden Daten und demoduliert beim Empfänger das ankommende Signal (Bild 35).

**Modems modulieren und demodulieren analoge Signale**

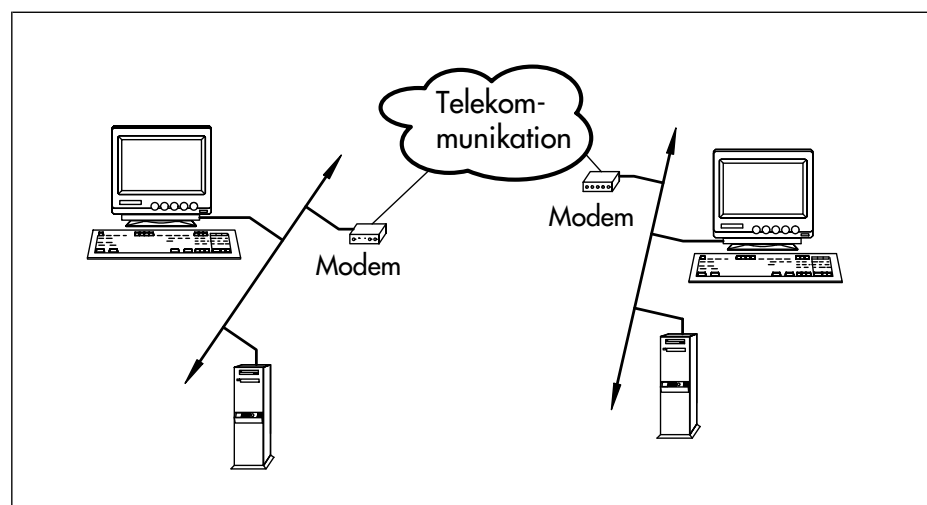


Bild 35: Modems als Koppler zwischen digitalem- und Telefonnetz



Ein Verbindungsaufbau über Modems ist nur möglich, wenn am Sender- und Empfängermodem dieselben Übertragungsparameter eingestellt sind. Dazu gehören:

- ▶ die Übertragungsgeschwindigkeit (siehe Seite 8),
- ▶ die Modulationsart (siehe 'Binäre Informationsdarstellung') und
- ▶ das Datenformat (siehe 'Übertragungsverfahren').

Aufgrund der begrenzten Übertragungsbandbreite der Telefonverbindung (ca. 3,1 kHz) war die Übertragungsgeschwindigkeit der Modemverbindungen früher auf Werte zwischen 300 und 2 400 Bit/s begrenzt. Durch aufwendige Modulationsverfahren mit mehrfacher und/oder überlagerter Amplituden-, Phasen- und Frequenzmodulation, erreichen moderne Geräte Übertragungsraten von bis zu 56 kBit/s. Weiterhin bieten die Geräte die Möglichkeit, zu Beginn des Verbindungsaufbaus in einer Initialisierungsphase, die Übertragungsparameter selbsttätig aufeinander abzustimmen.

- ISDN

ISDN (Integrated Services Digital Network) ist ein digitales Netz, welches sowohl für die Übertragung von Sprache als auch für die Datenübertragung ausgelegt ist. Als physikalisches Übertragungsmedium nutzt ISDN unter anderem die Kabelwege des vorhandenen Telefonnetzes.

Aufgrund einer zeitlich verschachtelten – zeitmultiplex – Übertragung, stehen dem Anwender scheinbar zeitgleich verschiedene Dienste zur Verfügung. Dazu gehören: Telefonie, Telefax, Bildschirmtext, Bildkommunikation, Datenübertragung, Teletex, Datendialog und TK-Systeme.

**Abstimmung der Übertragungsparameter**

**hohe Datenraten und selbsttätige Einstellung**

**digitales Netz für Sprache und Datenübertragung**

**ISDN-Dienste**

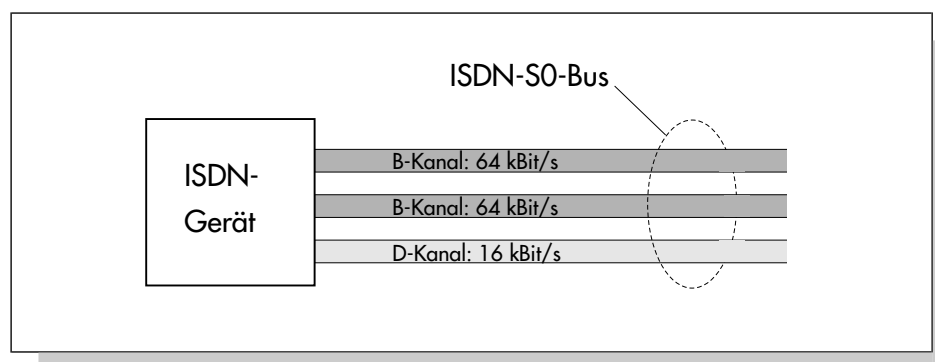


Bild 36: Datenkanäle eines ISDN-Anschlusses

**drei Kanäle für verschiedene Aufgaben**

Der am häufigsten eingesetzte ISDN-S0-Anschluß stellt zwei Nutzkanäle (B) mit je 64 kBit/s sowie einen Signalisierungskanal (D) mit 16 kBit/s zur Verfügung (siehe Bild 36). Die eigentlichen Informationen werden auf den Nutzkanälen übertragen, der Signalisierungskanal übermittelt signalbegleitende Daten.

Um einzelne Rechner oder eigenständige Kommunikationsnetze über ISDN zu verbinden, wird nicht – wie häufig irrtümlich bezeichnet – ein Modem, sondern eine entsprechende ISDN-Schnittstelle benötigt. Mit dieser erreicht man Übertragungsraten von 64 kBit/s bzw. bei Bündelung beider Nutzkanäle 128 kBit/s.

- Internet

**Netz der Netze für die Datenfernübertragung**

Ein sehr leistungsfähiges Netz, das speziell die Anforderungen der Datenübertragung erfüllt, ist das Internet. Der Begriff 'Internet' steht für einen internationalen Verbund von Rechnernetzen, die wiederum aus vielen Subnetzen bestehen können.

**Provider, die Schnittstelle zum Internet**

Das Internet bietet eine hohe Verfügbarkeit und wird für immer mehr Anwendungsbereiche genutzt. Den Zugang zum Internet erhält man gegen Gebühr über sogenannte 'Service-Provider' (T-Online, AOL, Compuserve, u.v.m.). Diese bieten als einfache Ankopplung Verbindungen über ISDN-, Mobilfunk oder Telefon-/Modem, die sowohl für Standleitungen als auch für zeitlich befristete (Einwahl-)Verbindungen genutzt werden können.

**TCP/IP: Transmission Control Protocol/ Internet Protocol**

Die an das Internet angeschlossenen Geräte kommunizieren über ganz unterschiedliche Medien (elektrische, optische, Funkverbindungen), nutzen dabei aber eine einheitliche Sprache, die Protokollfamilie mit der Kurzbezeichnung TCP/IP. Eine Beschreibung der Eigenschaften von TCP/IP und der vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten des Internets ist im Rahmen dieser Schrift nicht sinnvoll. Diese lassen sich wesentlich anschaulicher anhand von konkreten Aufgabenstellungen und Anwendungen erläutern.

## Anhang A1: Ergänzende Literatur

- [1] Digitale Signale  
Technische Information L150; SAMSON AG
- [2] Kommunikationsnetze  
Technische Information L155; SAMSON AG
- [3] Kommunikation im Feld  
Technische Information L450; SAMSON AG
- [4] HART-Kommunikation  
Technische Information L452; SAMSON AG
- [5] PROFIBUS-PA  
Technische Information L453; SAMSON AG
- [6] FOUNDATION Fieldbus  
Technische Information L454; SAMSON AG

## Bildverzeichnis

Bild 1: Serielle Datenübertragung . . . . .	5
Bild 2: Varianten beim Datenaustausch. . . . .	6
Bild 3: Punkt-zu-Punkt-Verbindung zweier Teilnehmer. . . . .	7
Bild 4: Kommunikationsnetz mit mehreren Teilnehmern . . . . .	7
Bild 5: Reduzierte Übertragungsfrequenz durch komplexere Kodierung	8
Bild 6: Medien für die serielle Datenübertragung. . . . .	10
Bild 7: Merkmale leitungsgebundener Übertragungsmedien . . . . .	11
Bild 8: Elektrisches Ersatzschaltbild eines Übertragungskabels . . . . .	11
Bild 9: Leitungslänge abhängig von der Datenrate . . . . .	12
Bild 10: Abschlußwiderstände für verschiedene Leitungen . . . . .	13
Bild 11: Aufbau einer Multimode- und Monomode-Glasfaser . . . . .	15
Bild 12: Lichtwellenleiter-Profile und Brechungsindizes . . . . .	16
Bild 13: Netzkopplung über Sateliten-Telekommunikationsverbindung .	18
Bild 14: Einfaches WLAN für den Heimbereich und die Industrie . . . . .	19
Bild 15: NRZ- und RZ-Kodierung bei positiver Logik . . . . .	21
Bild 16: Manchester-Kodierung . . . . .	22
Bild 17: Kodierung über Amplituden- und Frequenzmodulation . . . . .	22
Bild 18: Synchrone Signalabtastung bei positiver Taktflanke . . . . .	24
Bild 19: Asynchrone Übertragung mit dem UART-Zeichen . . . . .	25
Bild 20: Hardware-Handshake: RTS fordert eine Unterbrechung . . . . .	26
Bild 21: Beispiel einer Schnittstellenspezifikation . . . . .	27
Bild 22: Datensicherung durch zusätzliches Paritätsbit. . . . .	28

Bild 23: Berechnung der Hamming-Distanz . . . . .	29
Bild 24: Blocksicherung mit longitudinaler – gerader – Parität . . . . .	29
Bild 25: Pegel der RS 232 für Daten- und Steuersignale . . . . .	31
Bild 26: RS 232-Sende- und Empfangspegel . . . . .	32
Bild 27: 4-Leiter-Vollduplexverbindung mit RS 422-Verdrahtung. . . . .	33
Bild 28: Störunempfindliche symmetrische Übertragungstechnik . . . . .	33
Bild 29: Signalpegel der symmetrischen RS 422-Schnittstelle. . . . .	34
Bild 30: Zweidraht-Bus mit Terminierung (RS 485-Schnittstelle). . . . .	35
Bild 31: 4-Draht-Verbindung mit der RS 485-Schnittstelle . . . . .	36
Bild 32: IEC 61158-2 mit Manchester-Kodierung mit $\pm 9$ mA. . . . .	37
Bild 33: FSK-kodierte Datenübertragung basierend auf Bell 202 . . . . .	38
Bild 34: Powerline nutzt das Niederspannungs-Versorgungsnetz. . . . .	39
Bild 35: Modems als Koppler zwischen digitalem- und Telefonnetz . . . . .	40
Bild 36: Datenkanäle eines ISDN-Anschlusses . . . . .	41

# NOTIZEN

# NOTIZEN



SAMSON AG · MESS- UND REGELTECHNIK · Weismüllerstraße 3 · D-60314 Frankfurt am Main  
Telefon (069) 4 00 90 · Telefax (069) 4 00 95 07 · Internet: <http://www.samson.de>