

Mikrocomputer-Technik

MCT 49

Teil 8: Serielle Datenübertragung

Studiengang Technische Informatik (BA)

Prof. Dr.-Ing. Alfred Rožek

nur für Lehrzwecke
Vervielfältigung nicht gestattet

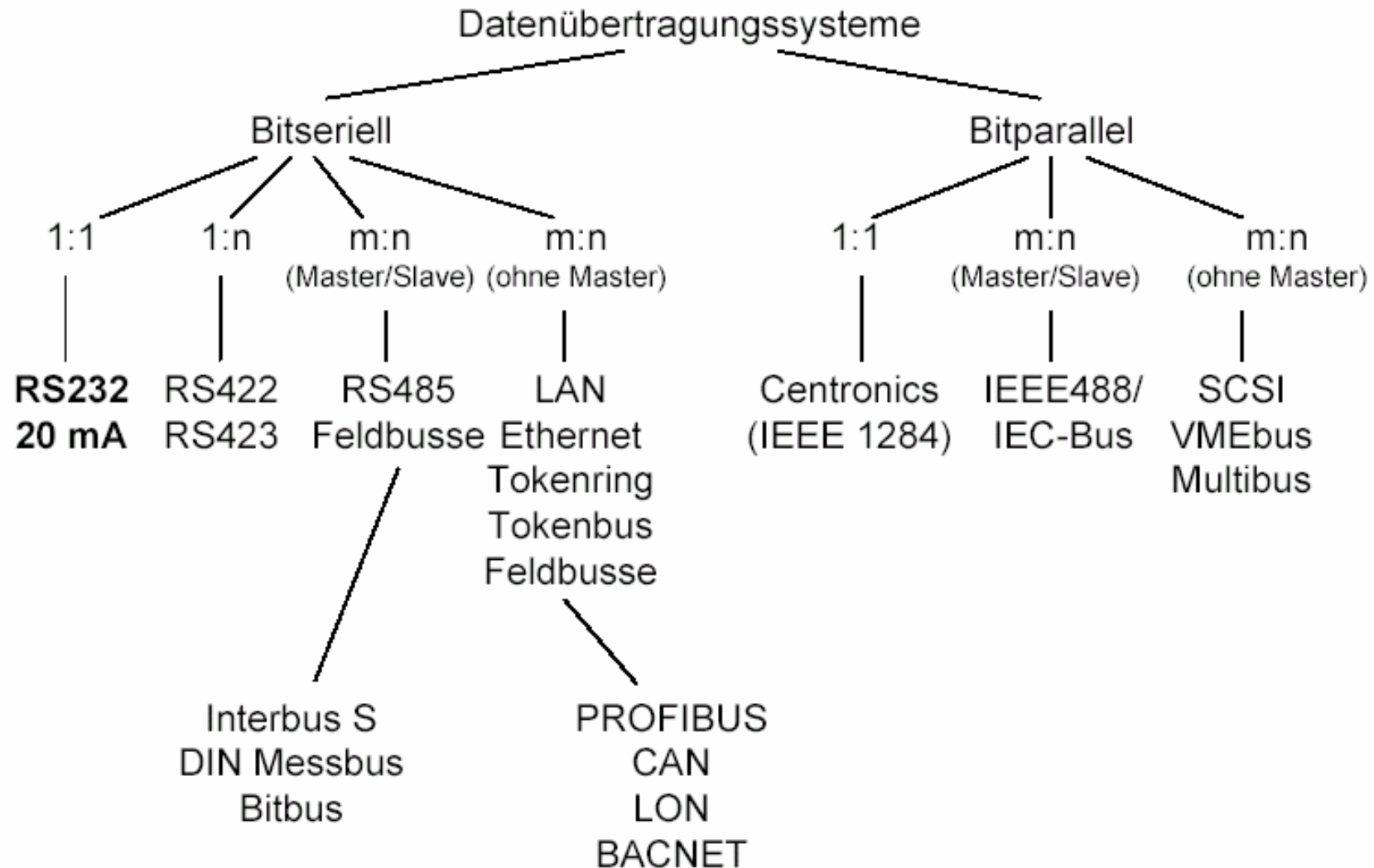
Serielle Datenübertragung

- ◆ **Anwendung**
- ◆ **Grundlagen der seriellen Datenübertragung**
- ◆ **RS-232C – Schnittstelle**
 - Spezifikation
 - DCE und DTE
 - Steckerbelegung
 - Nullmodem
- ◆ **Serielle Übertragungsprotokolle (Handshake)**
- ◆ **Verbindungstypen**
- ◆ **Loop Back**
- ◆ **Signalübertragung**

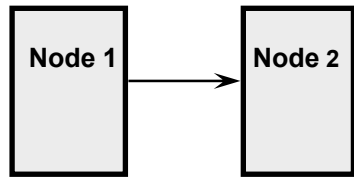
Anwendung der seriellen Datenübertragung

- ◆ Anschluss von Terminals und Druckern an Rechnersysteme
 - ◆ Rechner-Rechner-Kopplung mittels Punkt-zu-Punkt Verbindung (lokal)
 - ◆ Rechner-Rechner-Kopplung mittels Modem (DFÜ)
 - ◆ Automatisierungstechnik (RS-232C/V.24 und 20 mA)
(Produktionstechnik, Verfahrenstechnik, Gebäudeautomatisierung, usw.).
 - ◆ Kopplung von
 - Leitsystemen (Leitrechner, Prozessrechner)
 - Steuerungen
 - Programmier- und Parametriersystemen
 - intelligenten Endgeräten (z.B. Bedienterminals, Kartenleser, ...)
- ⇒ Protokolle: RK512 beziehungsweise Prozedur 3964 (Fa. Siemens)

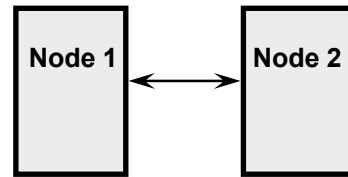
Übersicht Datenübertragungssysteme



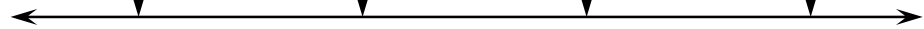
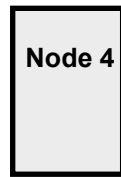
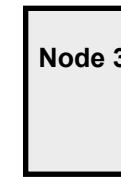
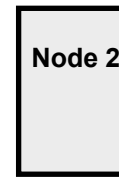
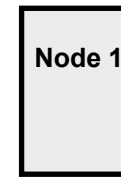
Serielle Datenübertragung



unidirektional
(Simplexbetrieb)

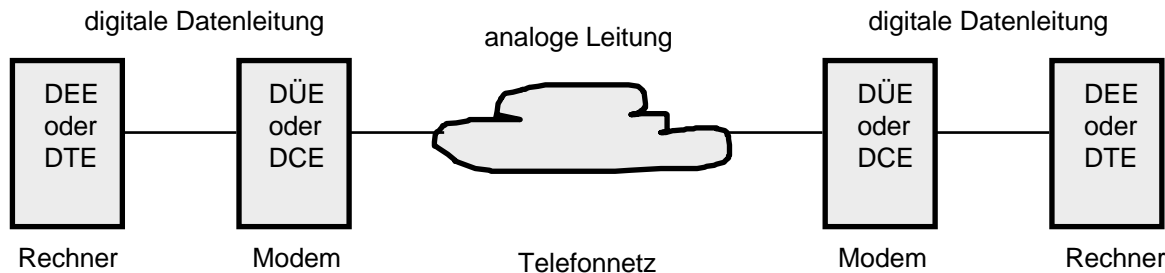


bidirektional
(Halbduplex- oder Duplexbetrieb)



Punkt zu Punkt Verbindungen

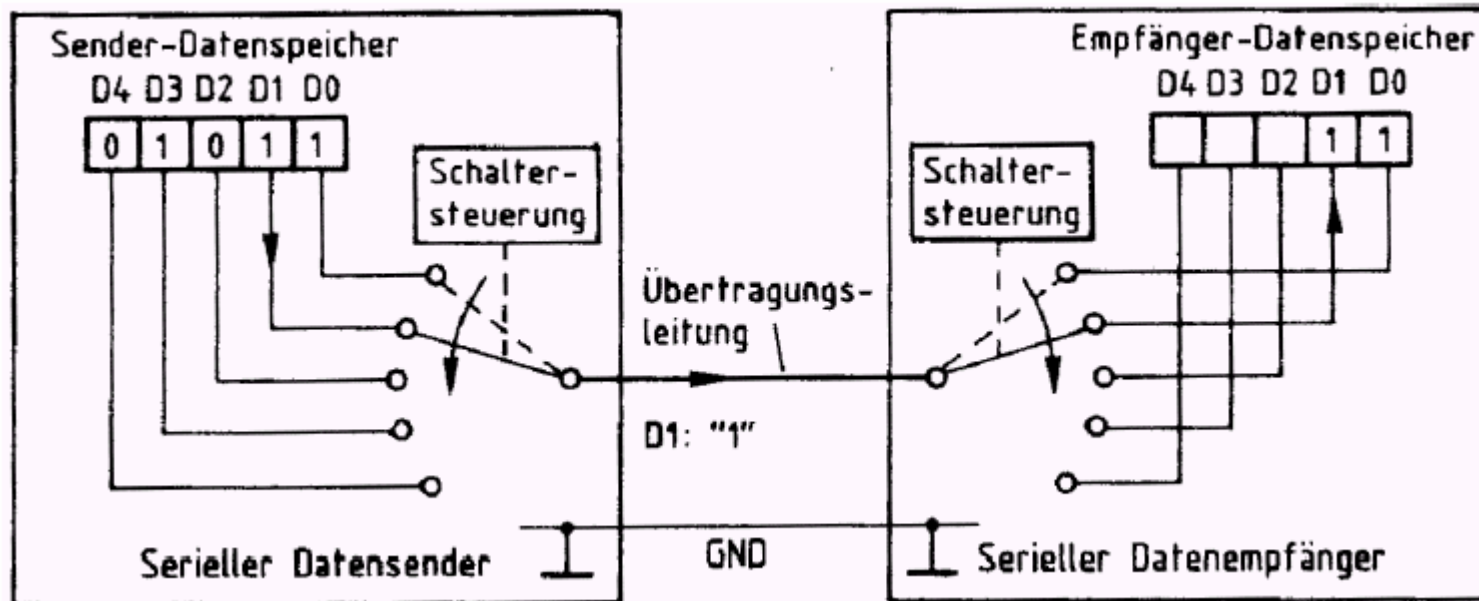
Busverbindungen



DEE: Datenendeinrichtung (Datenquelle, Datensenke)
DTE: Data Terminal Equipment
DÜE: Datenübertragungseinrichtung (Modem)
DCE: Data Communication Equipment
Modem: Modulator/Demodulator

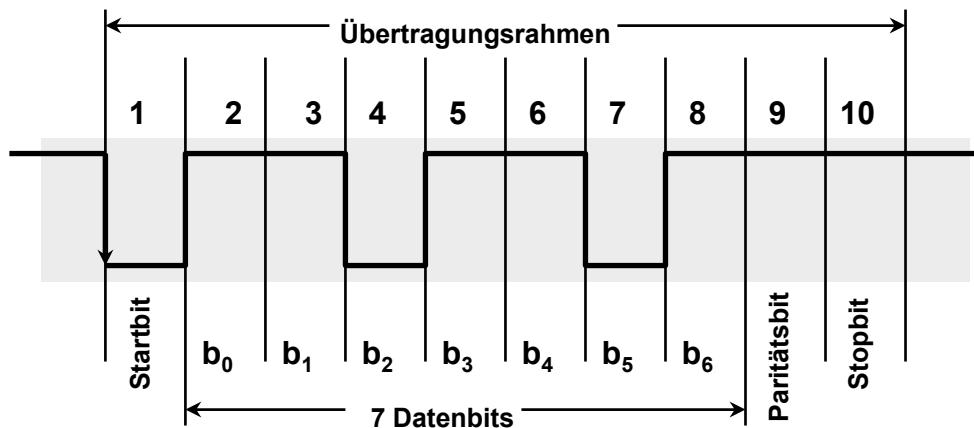
Datenübertragung per Modem

Prinzip der seriellen Datenübertragung



Asynchrone serielle Übertragung mit Start- und Stoppbits

- ◆ Asynchrone serielle Datenübertragung benötigt keine eigene Taktleitung.
- ◆ Nur Datenformat und Übertragungsgeschwindigkeit (Baudrate) müssen zwischen Sender und Empfänger vereinbart sein.
- ◆ Die Synchronisation erfolgt durch die Datenübertragung selbst mit folgendem Ablauf:
 - Übertragungsleitung liegt im Ruhezustand auf High-Pegel
 - Empfänger tastet die Empfangsleitung üblicherweise mit 16-facher Übertragungsrate ab
 - Nach Erkennen der fallenden Flanke des Startbits tastet der Empfänger die Empfangsleitung in den Bitmitten ab (durch die bekannte Übertragungsrate möglich).
 - Mindestens ein Stoppbit schließt die Übertragung eines Zeichens ab und ermöglicht dadurch eine neue Synchronisation mit der negativen Flanke des nächsten Startbit



Asynchrone Übertragung des ASCII-Zeichens “[”

Übertragung eines Zeichens

In den Bitstrom mit fünf bis acht Bit Nutzdaten wird häufig ein zusätzliches Paritätsbit eingefügt.

Das Paritätsbit dient der Fehlererkennung auf Zeichenebene, stellt jedoch kein allzu wirksames Mittel dar, da nur einfache Bitfehler zuverlässig erkannt werden können. Bündelfehler mit mehreren fehlerhaften Bits können nur mit etwa 50-prozentiger Wahrscheinlichkeit erfasst werden.

Folgende Möglichkeiten der Paritätsbildung finden Verwendung:

- Keine Parität: Es wird kein Paritätsbit eingefügt.
- Gerade Parität (Even Parity): Das Paritätsbit wird so gesetzt, dass die Anzahl der auf „1“ gesetzten Bits in Daten- und Paritätsbits gerade ist.
- Ungerade Parität (Odd Parity): Das Paritätsbit wird so gesetzt, dass die Anzahl der auf „1“ gesetzten Bits in Daten- und Paritätsbits ungerade ist.
- Mark: Das Paritätsbit wird stets auf „1“ gesetzt.
- Space: Das Paritätsbit wird stets auf „0“ gesetzt.

Die letzten beiden Arten der Paritätsbildung sind für die normale Übertragung sinnfrei, da sie lediglich Fehler im Paritätsbit selbst erkennen können und in keinem Zusammenhang zu den Nutzdaten stehen.

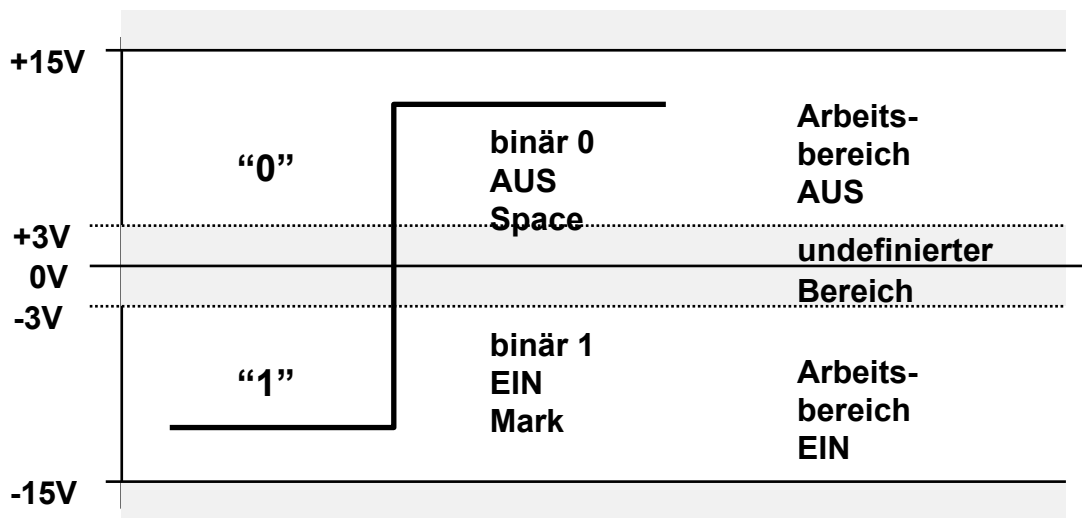
Elektrische Ausführung der RS-232C/V.24 Schnittstelle

Der RS232-Standard definiert u.a. elektrische Spannungswerte, die der Übertragung zugrunde liegen

- "1"-Bit wird durch eine negative Spannung bis zu -15 V dargestellt
- "0"-Bit durch eine positive Spannung bis zu +15 V;

(im PC werden üblicherweise -12 V bzw. +12 V verwendet).

Maximaler Treiberstrom je Signal: 20 mA.



Die maximale Datenrate liegt heute bei 115.200 Bits/s
Es sind Kabellängen von 10...15 m zulässig; bei entsprechend geringer Datenrate lassen sich auch 30 m (und mehr) überbrücken. Für größere Entfernungen müssen Zwischenverstärker eingesetzt werden.

Elektrische Auslegung der 20 mA-Stromschnittstelle

Die Stromschleife (4 mA/20 mA) – Current Loop:

Auch hier wird das "logische" Übertragungsprinzip beibehalten:

- "1"-Bit durch 20 mA
- "0"-Bit kein Strom beziehungsweise geringer Strom.

Für jedes Signal braucht man also zwei Leitungen, da jeweils ein unabhängiger Stromkreis verwirklicht werden muss. Ausführung durch symmetrisch verdrehte Leitungen.

Bei mittleren Datenraten sind recht große Entfernungen möglich.

Beispiel: Bei 19.200 Bit/s ca. 1000 m.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass man den Stromfluss überwachen und somit Fehler erkennen kann (wenn kein Strom mehr fließt \Rightarrow Fehler).

Wegen der hohen Störfestigkeit wird dieses Übertragungsprinzip häufig in Prozessrechnersystemen beziehungsweise Automatisierungssystemen eingesetzt, auch über Optokoppler.

Eigenschaften von RS-423 und RS-422

Die Standards RS-422, RS-423 und RS-485 definieren abweichende elektrische Kennwerte, um über größere Entfernungen hohe Datenraten gewährleisten zu können (Beispiele: ca. 100 000 Bit/s bis ca. 1 km; ca. 10 MBit/s bis 10 m). Das "logische" Übertragungsprinzip (Bitfolge, Handshaking usw.) wird aber beibehalten.

Unsymmetrische Schnittstelle RS-423

max 300 kbit/s bis 60m

max 100 kbit/s bei 1200m Leitungslänge

Spannungspegel $\pm 3,6V$

unsymmetrische Koaxleitung

Die Datenübertragung erfolgt über eine unsymmetrische Leitung (single-ended, unbalanced).

Die Leitung muß mit dem Wellenwiderstand abgeschlossen werden.

Symmetrische Schnittstelle RS-422

max 2 Mbit/s bis 30m

max 15kbit/s bei 600m Leitungslänge

Spannungspegel $\pm 3,6V$

symmetrisch verdrehte (twisted pair Leitung)

Die RS-232C Schnittstelle

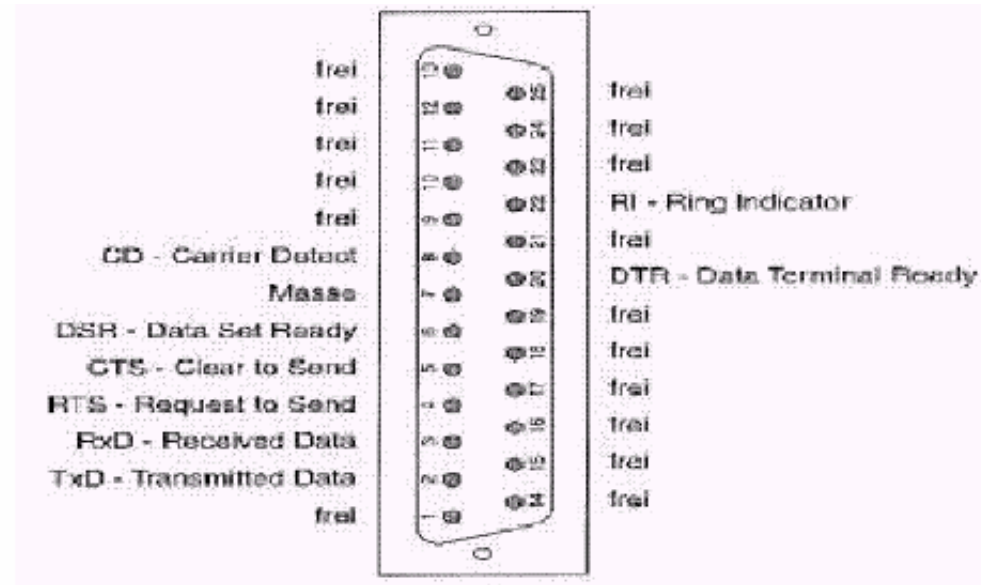
- ◆ Die serielle Schnittstelle des PC ist überwiegend als asynchrone, bidirektionale Schnittstelle ausgeführt, die dem RS-232C-Standard der Electronic Industries Association (EIA) genügt.
- ◆ In Europa wird sie auch häufig als V.24-Schnittstelle bezeichnet, benannt nach den gleichnamigen Empfehlungen des Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique (CCITT).
- ◆ In Deutschland finden diese beiden Standards ihre Entsprechung in der Norm 66020 des Deutschen Instituts für Normung (DIN).

Alle diese Normen und Empfehlungen gleichen bzw. ergänzen sich und beschreiben die mechanischen, elektrischen und logischen Eigenschaften einer seriellen Schnittstelle zwischen einer

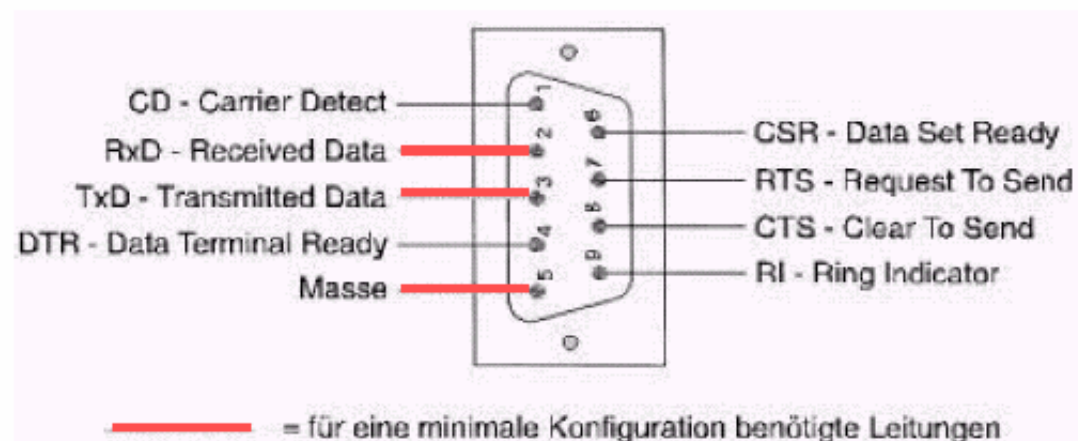
- Datenendeinrichtung (Data Terminal Equipment - DTE) und einer
- Datenübertragungseinrichtung (Data Carrier Equipment - DCE).

Steckerausführung RS-232C beim PC

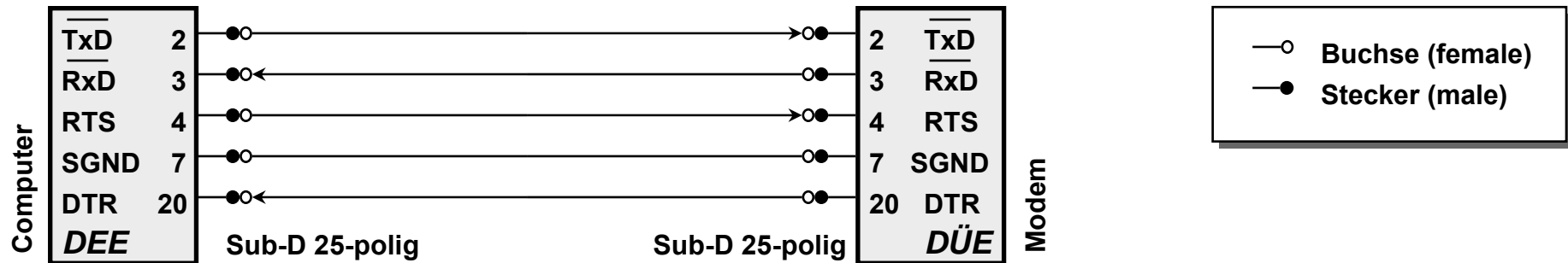
Beim PC implementierte RS-232 Leitungen und die Steckerbelegung im 25-poligen Submin-D Stecker (25-polige Stecker sind / waren für die synchrone Übertragung erforderlich)



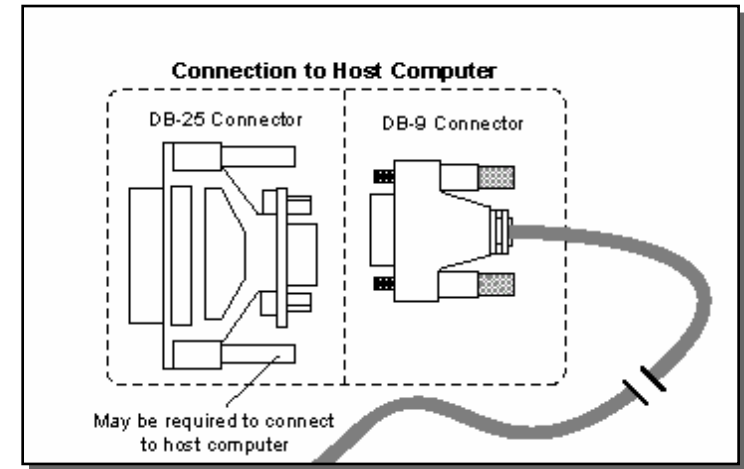
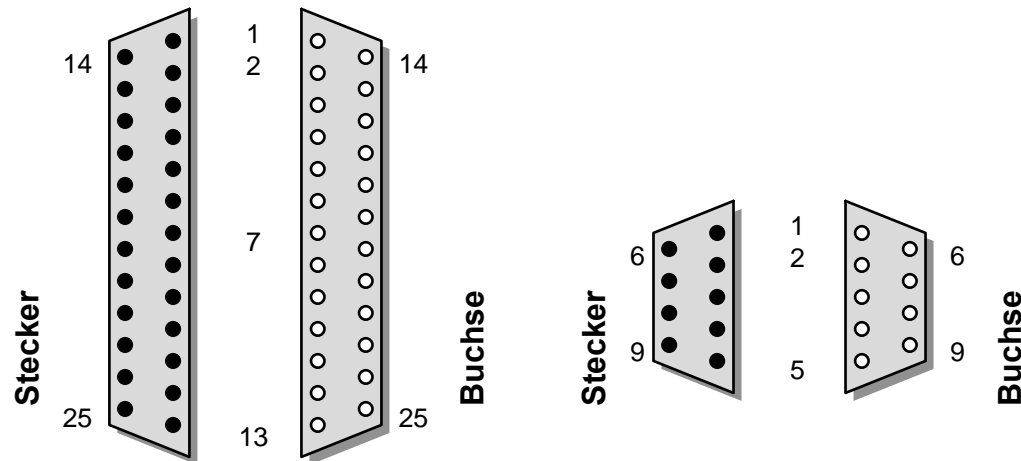
Die verkleinerte Version des Submin-D-Steckers mit neun Polen



RS-232C Schnittstellenverbindung



Schnittstellenverbindung DEE / DÜE mit Nutzung nur weniger Steuerleitungen



Die 25-polige Steckverbindung (Subminiatur-D)

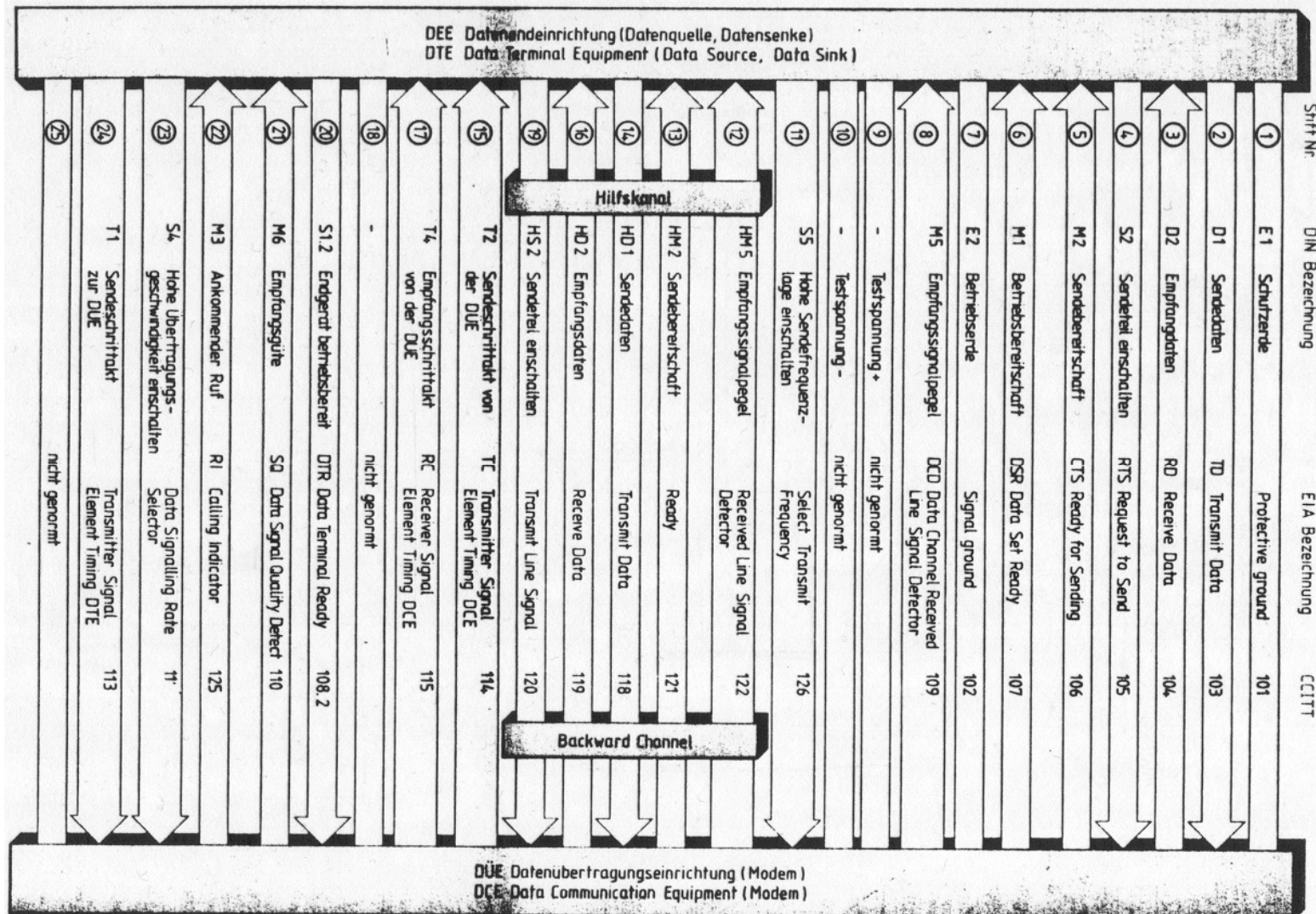
Steckerbelegung RS-232C beim PC

25-Pin	9-Pin	Richtung	Signal	EIA Bezeichnung	CCITT	Signal	DIN Bezeichnung
1	-	---	PGND	Protective Ground	101	E1	Schutzerde
2	3	DTE -> DCE	TxD	Transmit Data	103	D1	Sendedaten
3	2	DCE -> DTE	RxD	Receive Data	104	D2	Empfangsdaten
4	7	DTE ->DCE	RTS	Request to Send	105	S2	Sendeteil einschalten
5	8	DCE -> DTE	CTS	Clear to Send	106	M2	Sendebereitschaft
6	6	DCE -> DTE	DSR	Data Set Ready	107	M1	Betriebsbereitschaft
7	5	---	SGND	Signal Ground	102	E2	Betriebserde
8	1	DCE -> DTE	DCD	Data Carrier Detect	109	M5	Empfangssignalpegel
20	4	DTE -> DCE	DTR	Data Terminal Ready	108.2	S1.2	Endgerät betriebsbereit
22	9	DCE -> DTE	RI	Ring Indicator	125	M3	Ankommender Ruf
23	-	DCE <-> DTE	DSRD	Data Signal Rate Detector	11	S4	Hohe Übertragungsgeschwindigkeit

PC-Anschlüsse und Signale der seriellen Schnittstelle

Die Standards RS232 / V.24 definieren 25 Signale, wovon aber nur die hier dargestellten in der Praxis genutzt werden.

Schnittstellenleitungen nach DIN 66020 (V.24/RS-232C)



Bedeutung der Steuerleitungen des RS-232C-Kabels

Transmitted Data (TxD)

Über diese Leitung gehen die Daten. Allerdings darf das DTE (PC) erst senden, wenn alle vier Steuerleitungen RTS, CTS, DSR und DTR logisch 1 sind. Gemäß des V.24-Protokolls befindet sich diese Leitung in einer "marking condition" (logisch 1), wenn keine Daten übertragen werden.

Received Data (RxD)

Die Datenleitung vom DCE (Modem) zum DTE (PC).

Request To Send (RTS)

Durch Setzen dieser Leitung auf logisch 1, fragt der DTE (PC) das DCE (Modem), ob es bereit ist, Daten zu empfangen.

Clear To Send (CTS)

Nach einem RTS setzt das DCE (Modem) diese Leitung auf logisch 1, sobald es zum Empfang der Daten bereit ist.

Data Set Ready (DSR)

Durch Setzen dieser Leitung auf logisch 1, zeigt das DCE (Modem) dem DTE (PC) an, dass eine Verbindung zur Gegenseite aufgebaut wurde (erfolgreich angewählt) und nun Daten an das entfernte DCE (ein anderes Modem) gesendet werden können.

Data Terminal Ready (DTR)

Das DTE (PC) setzt diese Leitung auf logisch 1, sobald es zur Kommunikation mit dem DCE (Modem) bereit ist. Das Modem erkennt dadurch, dass es an einen aktiven DCE angeschlossen ist.

Data Carrier Detect (DCD)

Siehe Modem

Bedeutung der Steuerleitungen für ein Modem

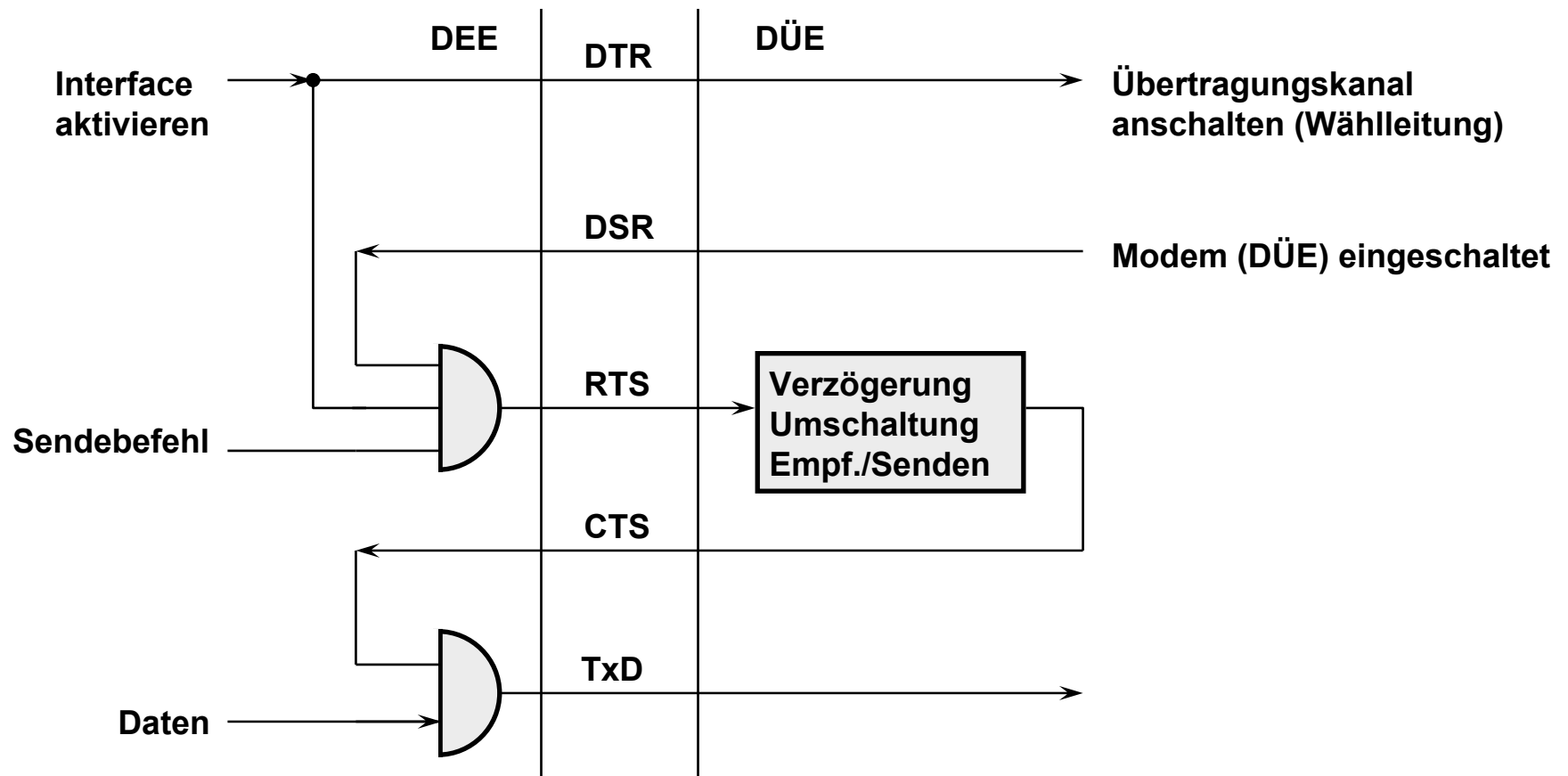
Ring Indicator (RI)

Über diese Leitung zeigt das DCE (Modem) dem DTE (PC) an, dass ein Anruf auf der Telefonleitung anliegt, an der das Modem angeschlossen ist.

Received Line Signal (RLSD)

Über RLSD zeigt das DCE (Modem) dem DTE (PC) an, daß es ein Trägersignal (Carrier) vom anderen Ende der Telefonleitung empfangen hat. Man spricht deshalb auch von „Data Carrier Detect“ (DCD). Dies impliziert allerdings noch nicht, dass eine Verbindung auch wirklich zustande kommt, weil die beiden DCEs (Modems) unter Umständen kein gemeinsames Übertragungsprotokoll in bezug auf die Modulation/Demodulation finden.

Funktionen der Steuerleitungen



Verknüpfung der Melde- und Steuersignale

Serielle Übertragungsprotokolle₁

Hardware –Handshake (universelles Nullmodem)

Die Signal-Paare RTS / CTS und DSR / DTR sind Handshake-Leitungen (Anforderung / Bestätigung) über die der Datenfluss gesteuert oder die Betriebsbereitschaft zwischen Endgeräten gegenseitig mitgeteilt werden kann.

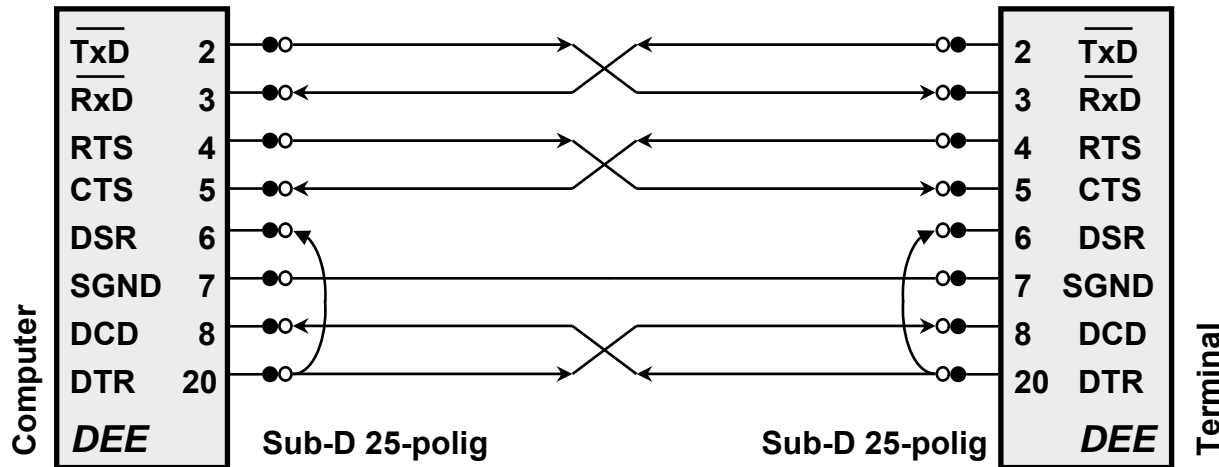
Software-Handshake (3-Draht-Nullmodem)

Da hierbei keine Leitungen für einen Hardware-Handshake zur Datenflusskontrolle vorhanden sind, wird der Handshake mit folgenden ASCII-Steuerzeichen realisiert:

- ASCII-Code 19_d : XOFF (Tastatur: Control-S)
- ASCII-Code 17_d : XON (Tastatur: Control-Q)

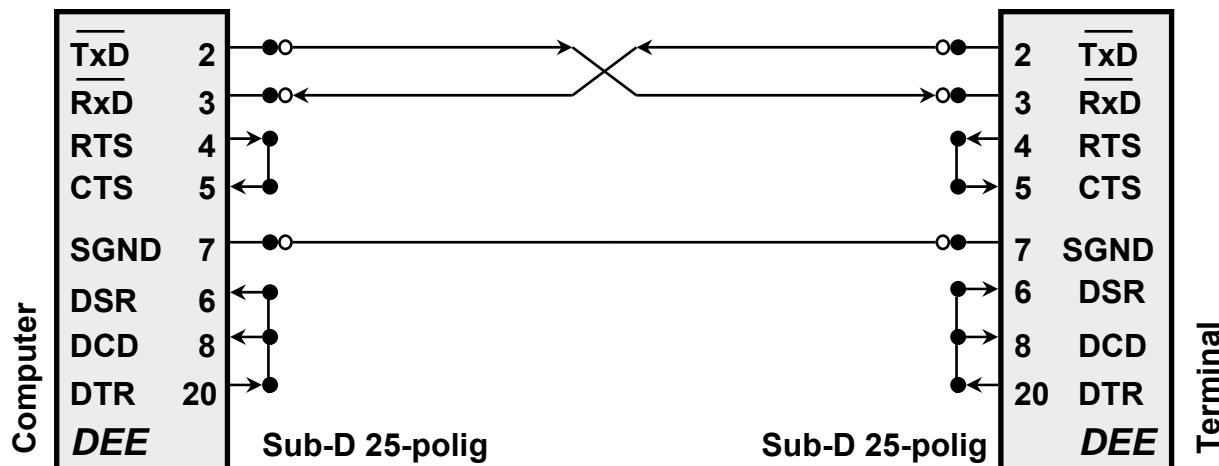
Kann der Empfänger die eintreffenden Daten nicht mehr schnell genug verarbeiten, sendet er XOFF. Der Sender "hört" während der Sendung seine RxD-Leitung ab. Empfängt er das Zeichen "XOFF", stoppt er seine Sendung solange, bis der Empfänger mit "XON" signalisiert, dass er zur weiteren Datenaufnahme bereit ist.

Serielle Übertragungsprotokolle₂



—○ Buchse (female)
—● Stecker (male)

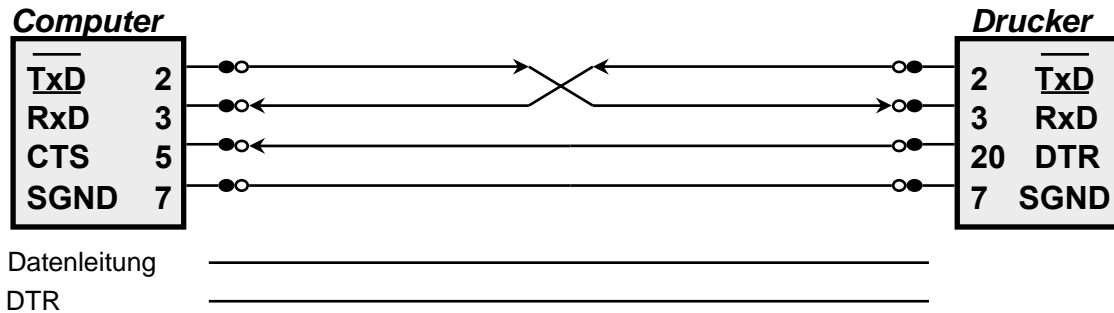
**Schnittstellenverbindung
DEE / DEE
mit Nutzung der
wichtigsten Steuerleitungen
(Universelle Nullmodemverbindung)**



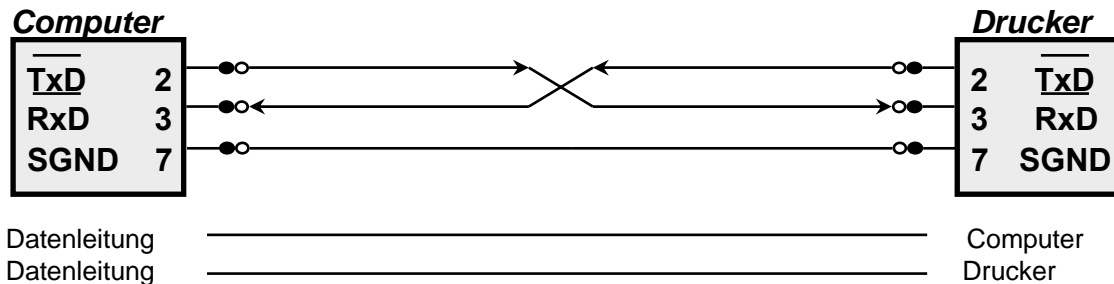
**Schnittstellenverbindung
DEE / DEE
mit nur drei Leitungen
(Drei-Draht-Nullmodemverbindung)**

Serielle Übertragungsprotokolle₃

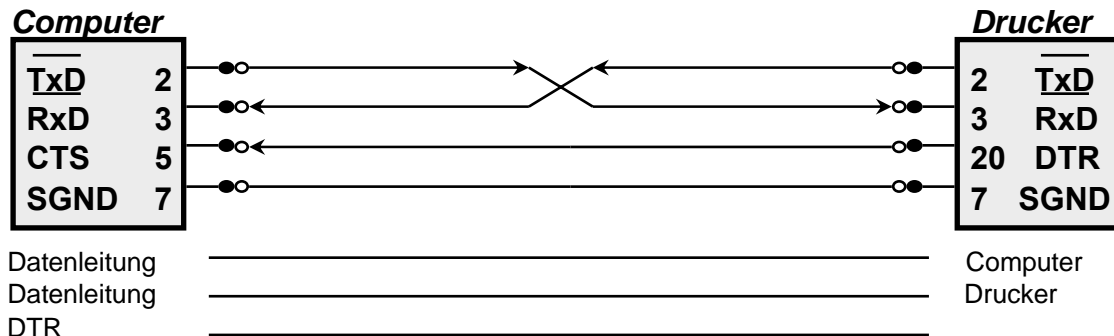
Protokollarten



HW-Handshake
Das Ready-Busy-Protokoll



**Empfänger-gesteuertes
SW-Handshake**
Das XON-XOFF-Protokoll
([^]Q = 11H und [^]S = 13H)



**Sender-gesteuertes
SW-Handshake**
Das ETX-ACK-Protokoll
([^]C = 03H und [^]F = 06H)

Serielle Übertragungsprotokolle₄

Beim Handshake-Verfahren signalisieren sich Sender und Empfänger gegenseitig die Bereitschaft zum Datenaustausch. Dieser Vorgang kann auf zwei Arten erfolgen:
als **Software-Handshaking** oder als **Hardware-Handshaking**.

Als Beispiel sei ein Drucker mit Druckerpuffer an einen Computer angeschlossen. Prinzipiell benötigt man nur die Verbindung TxD und Masse. Bei einem Überlauf des Druckerpuffers gingen jedoch Daten verloren, weil der Drucker den Zustand 'Puffer voll' wegen fehlender Rückleitungen nicht an den Computer melden kann. Bei einem Hardware-Handshaking, das in vielen Fällen benutzt wird, meldet der Drucker seine Empfangsbereitschaft über die Leitung DTR (oder zusätzliche Signale die nicht der Norm entsprechen). Dieses Verfahren wird auch **Ready /Busy-Protokoll** genannt.

Beim Software-Handshaking teilt der Drucker die Empfangsbereitschaft über Steuerzeichen mit, die er an den Computer sendet. Deshalb muß hierfür die Leitung TxD vorhanden sein. Es werden zwei Fälle unterschieden - sendergesteuertes und empfängergesteuertes Software-Handshaking.

Ersteres, auch ETX/ ACK-Protokoll genannt, verwendet die beiden ASCII-Steuerzeichen ETX(03H, Controll-C) und ACK(06H, Controll-F) zur Verständigung: Wenn der Drucker bereit ist, Daten entgegenzunehmen, sendet er das Steuerzeichen ACK. Der Computer gibt daraufhin die Daten aus und schließt diese mit dem ETX-Zeichen ab. Erkennt der Drucker dieses Zeichen, weiß er, dass die Übertragung beendet ist und er zur Verarbeitung schreiten darf. Kann er weitere Daten aufnehmen, sendet er wieder ein ACK-Zeichen zum Computer, und der Zyklus beginnt von vorn.

Serielle Übertragungsprotokolle₅

Das empfangergesteuerte Software-Handshaking XON/XOFF-Protokoll funktioniert ähnlich wie das Ready /Busy-Protokoll: Der Drucker nimmt solange Zeichen an, bis sein Puffer fast gefüllt ist, und schickt dann über seine Sendeleitung das Ausschaltzeichen XOFF (13H Control-S) zum Computer. Sobald dieser das Zeichen empfängt, geht er in einen Wartezustand. Bevor der Druckerpuffer geleert ist, sendet der Drucker das Einschaltzeichen XON (11H, Control-Q), und der Computer fährt mit der Übertragung fort.

Die meisten Geräte sind als DTE konfiguriert (also ohne Modem). Hierbei hat man bei der Zuordnung der Signalnamen zur Richtung keine Probleme mehr (TxD ist z. B. immer Ausgang). Dafür muss man aber genauer überlegen, welcher Pin des einen Steckers mit welchem Pin des anderen Steckers zu verbinden ist. Um hier eine eingängige Regelung zu schaffen, kam man auf die Idee, einfach nur die drei Haupt-Leitungspaare (TxD/RxD, RTS/CTS und DTR/DSR) zu kreuzen. Diese Schaltung, auch Null-Modem genannt, ist sehr schön übersichtlich und leicht zu merken, hat aber einen Haken: Sie stimmt nicht ganz.

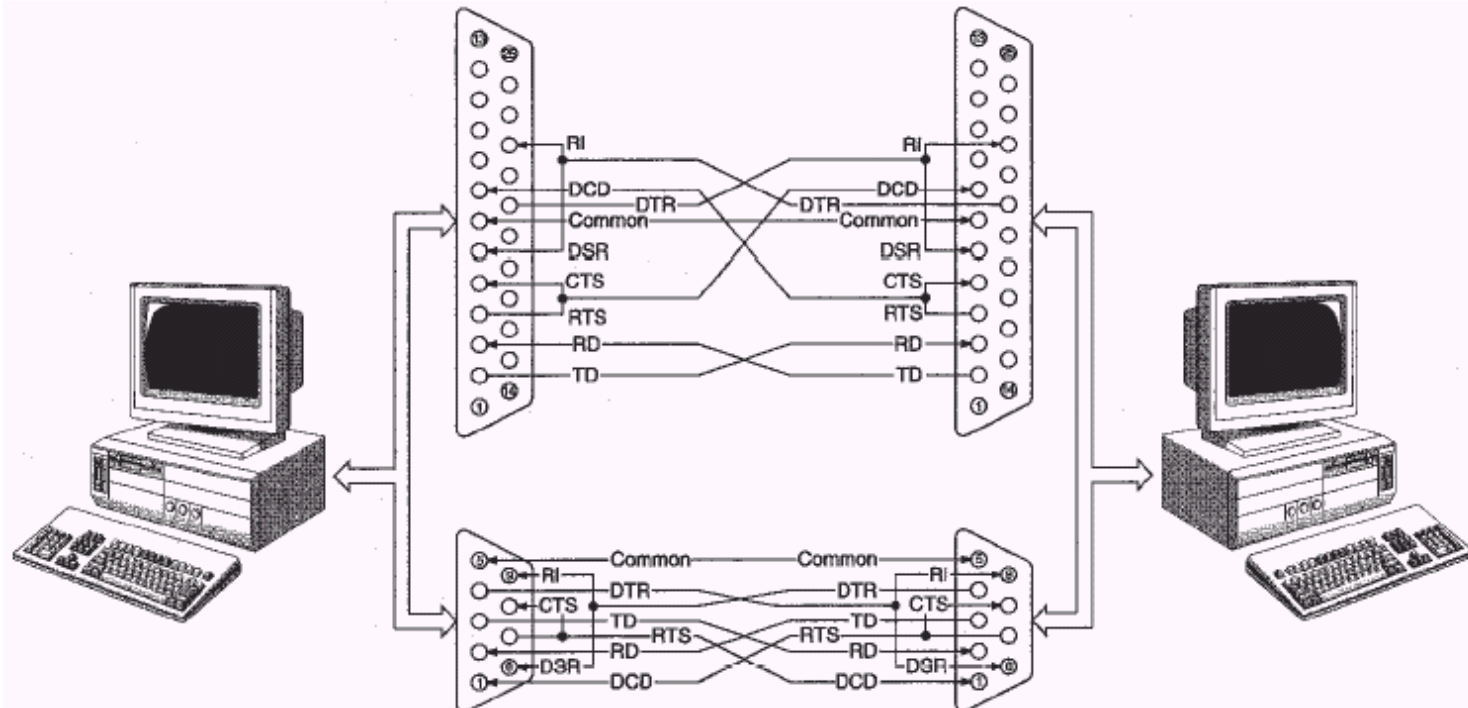
Der Denkfehler steckt in der Verbindung RTS-CTS. Der CTS-Eingang dient dazu, den Sender eines DTE zu sperren, wenn die Gegenstation nicht empfangsbereit ist. Dies gibt ein DTE nicht über den RTS-, sondern über den DTR-Ausgang bekannt. RTS hat vielmehr die Aufgabe, der Gegenstation eigene Sendeabsichten mitzuteilen, damit diese gegebenenfalls ihren Empfänger einschalten kann. Der zu RTS passende Eingang ist also eher DCD und nicht CTS.

Wegen dieses Mißverständnisses bringt der Einsatz von Null-Modems oft leider mehr Probleme mit sich als es löst. Ist das Handshaking ohnehin undurchsichtig sollte man es lieber nicht verwenden. Zu empfehlen sind folgende Verbindungen:

TxD an RxD, RTS an DCD und DTR an DSR und CTS.

Nullmodem zum Datenaustausch zwischen zwei DTE

Rechner-Rechner-Verbindungen (DTE-DTE-Verbindungen ohne Modem) werden mit einem Nullmodemkabel realisiert (zwingend erforderlich bei Nutzung von DOS/BIOS-Funktionen)



- ◆ Universelles Null-Modem-Kabel: Alle Signal- und Steuerleitungen sind gekreuzt durchverbunden
- ◆ 3-Draht-Nullmodemkabel: Nur die drei Signalleitungen TxD, RxD und GND sind gekreuzt durchverbunden. Die Steuerleitungen im Stecker sind so gebrückt, dass die von der Gegenseite erwarteten Steuersignale "vorgetäuscht" werden.

Verbindungstypen₁

Simplexverbindung

Datenübertragung vom DTE zum DCE oder umgekehrt.

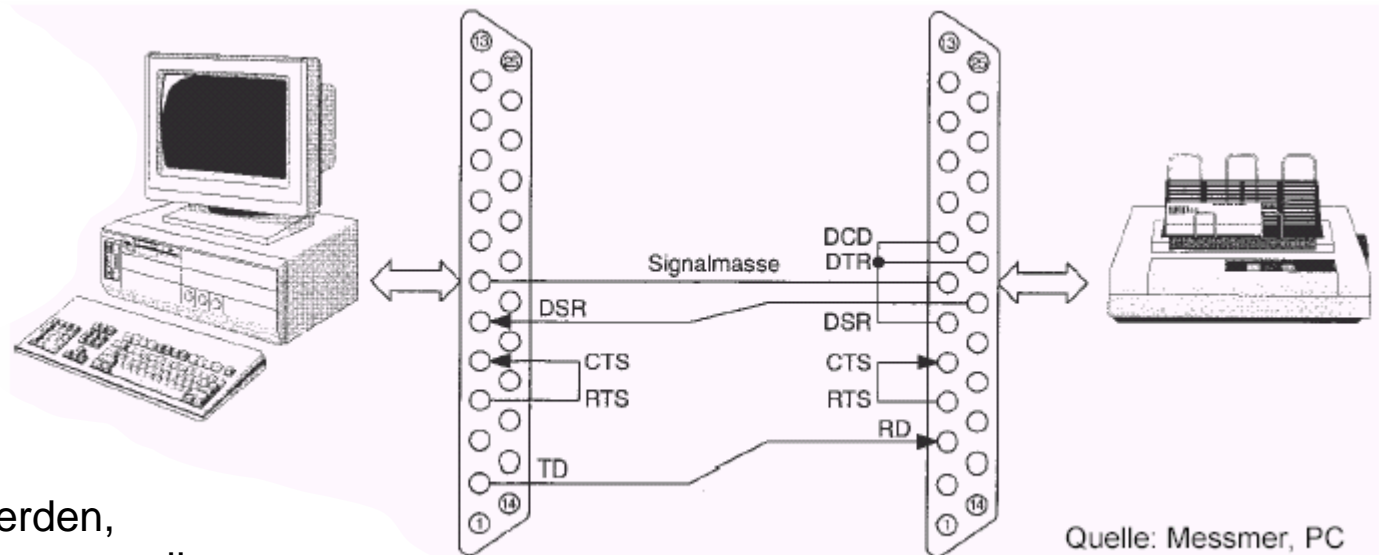
Halbduplexverbindung

Sowohl DTE als auch DCE können als Sender und Empfänger arbeiten. Es steht aber nur eine Datenleitung für die Übertragung zur Verfügung, die abwechselnd genutzt wird. Die Verteilung der Rollen (Sender, Empfänger) erfolgt über die Handshakesignale RTS und CTS.

Vollduplexverbindung

DTE und DCE können Daten gleichzeitig empfangen und senden. Die Signale RTS und CTS sind ohne Bedeutung. Bei den meisten Modems übliche Verbindungsart.

Verbindung serielle
Schnittstelle–Drucker:
Weil ein Drucker
kein DCE darstellt,
müssen
verschiedene
Steuer- und
Statusleitungen
miteinander
verbunden oder vertauscht werden,
um das Verhalten eines DCEs zu emulieren.



Quelle: Messmer, PC
Hardwarebuch, 2000

Verbindungstypen₂

Teilnehmer 1



Rechner

Datenleitung

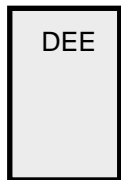
Teilnehmer 2



Rechner

Simplexbetrieb

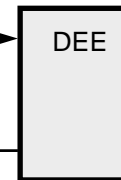
Teilnehmer 1



Rechner

Datenleitung

Teilnehmer 2

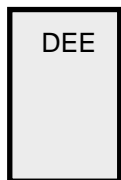


Rechner

Datenleitung

Halbduplexbetrieb

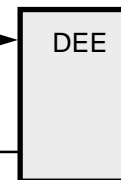
Teilnehmer 1



Rechner

Datenleitung

Teilnehmer 2

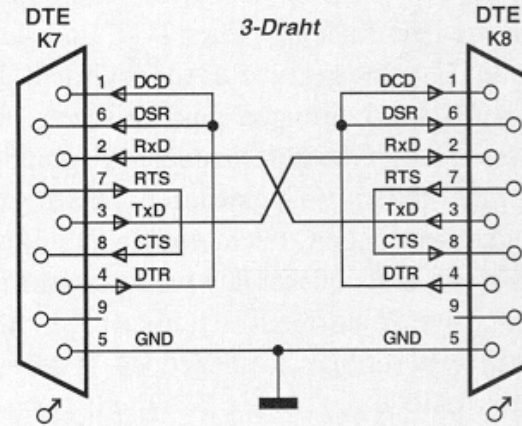
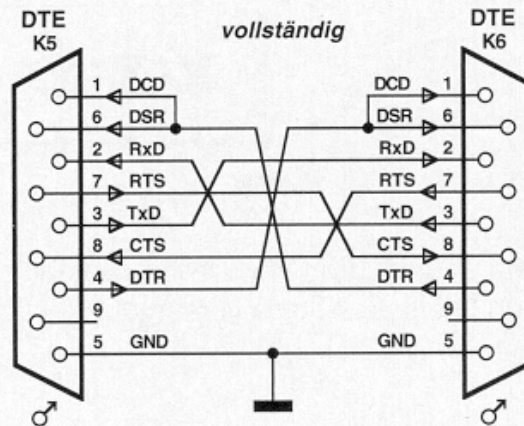
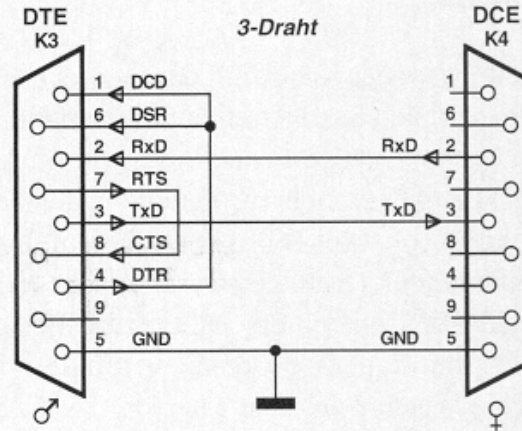
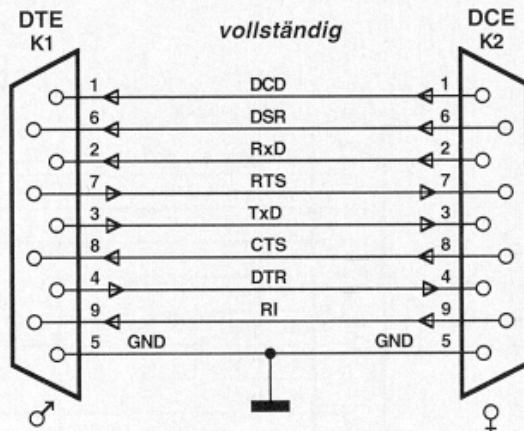


Rechner

Datenleitung

Duplexbetrieb

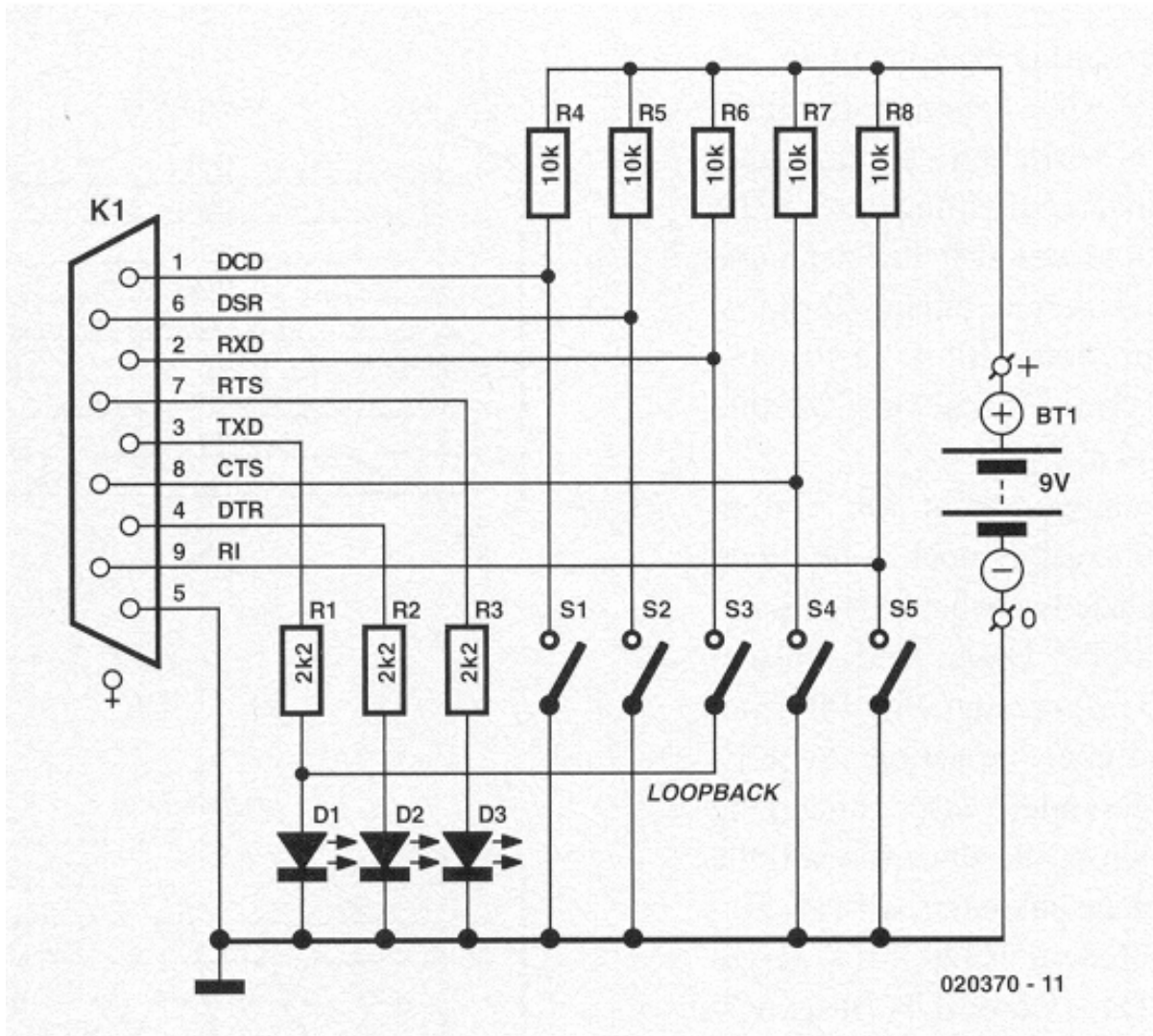
Weitere Schnittstellenverdrahtungen



**Darstellungen
unterschiedlicher
Verschaltungen
zwischen DTE und DCE
sowie
DTE und DTE**

Quelle: Elektor: 2003,H.03,S.20ff

Beispiel eines COM-Port-Testers



Darstellung eines möglichen
COM-Port-Testers

Quelle: Elektor: 2003,H.03,S.20ff

Loop Back

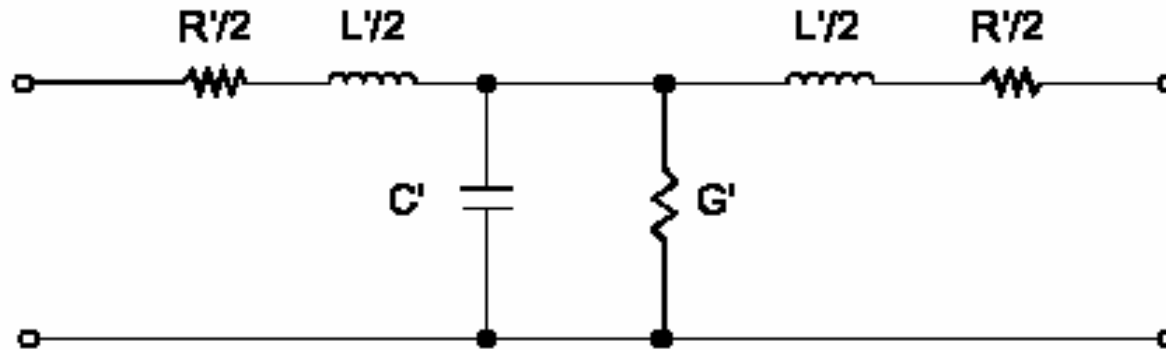
Beim Loop Back handelt es sich um eine besondere Betriebsart der neueren UART-Bausteine (werden später behandelt).

Abseits von Handshake lässt sich die serielle Schnittstelle mittels Bit 4 im Modem-Control-Register (MCR) des UART in den sogenannten “Loop Back Modus” schalten.

Loop Back unterstützt den Programmierer bei der Entwicklung von Programmen, die über die serielle Schnittstelle mit anderen Geräten kommunizieren. Nach dem Einschalten dieses Flags leitet der Baustein für die serielle Datenübertragung (UART) alle Ausgaben direkt vom Senderegister in das Empfangsregister um. Man benötigt also kein angeschlossenes Gerät mehr, um die Fähigkeit seines Programms zu testen und auf den Empfang von Zeichen zu reagieren. Es genügt, selbständig Zeichen auszugeben, um damit den Empfang von Zeichen zu emulieren.

Ist der Interrupt-Modus aktiviert, werden bei aktuellen UART sogar die entsprechenden Interrupts ausgelöst.

Signalübertragung₁

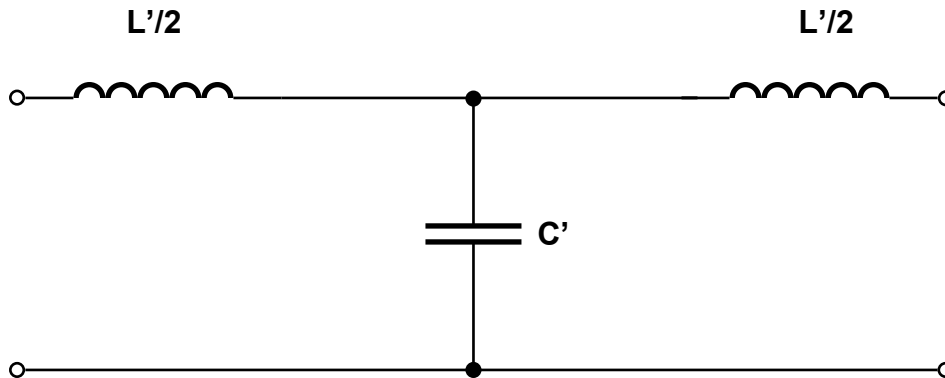


L'	Characteristic Inductance per Unit Length	nH/cm
C'	Characteristic Capacitance per Unit Length	pF/cm
R'	Characteristic Resistance per Unit Length	Ω /cm
G'	Characteristic Conductance per Unit Length	S/cm

$$\text{Line Impedance } \vec{Z}_0 = \sqrt{\frac{j\omega L' + R'}{j\omega C' + G'}}$$

Signalübertragung₂

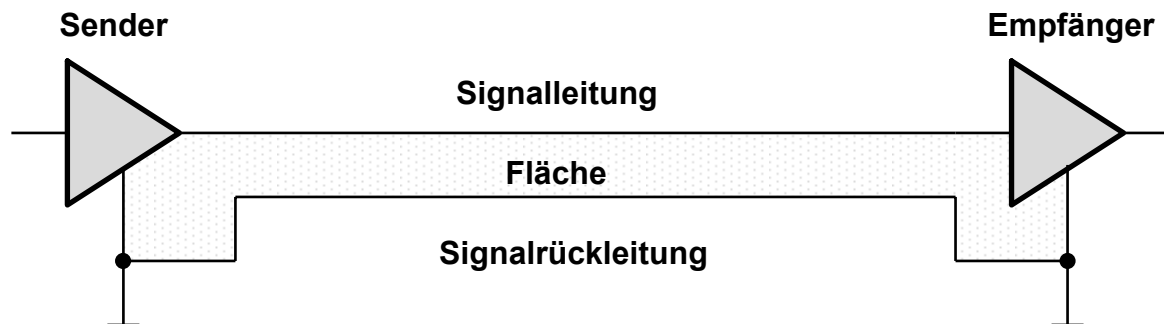
Verlustarme Leitung: vereinfachtes Ersatzschaltbild



Leitungsimpedanz: $Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$

Laufzeit: $\tau = \frac{1}{v} = \sqrt{L' * C'}$

Übertragungsleitung



Verlustarme Leitung: vereinfachtes Ersatzschaltbild

Bei hohen Frequenzen kann man R' gegen $\omega * L'$ und G' gegen $\omega * C'$ vernachlässigen. Mit $R' \ll \omega * L'$ und $G' \ll \omega * C'$ vereinfacht sich das Ersatzschaltbild der Leitung zu dem o.g. Bild.

Übertragungsleitung

Eine Übertragungsleitung besteht aus

- der Signalleitung, die den Signalstrom führt und
- der Signlrückleitung (meist Masse), die einen gleich großen Rückstrom führt.

Irgend eine zufällige Gleichstromverbindung zwischen den Masseanschlüssen der beiden Stationen (z.B. der Schutzleiter) stellt keine definierte Signlrückleitung dar (Problempunkt: lackiertes Gehäuse)

Die Fläche zwischen dem Signalleiter und dem Rückleiter bestimmt die Fähigkeit der Anordnung zur Abstrahlung und ihre Immunität gegenüber der Einstrahlung hochfrequenter Energie (Antenne).

Typical Line Impedances

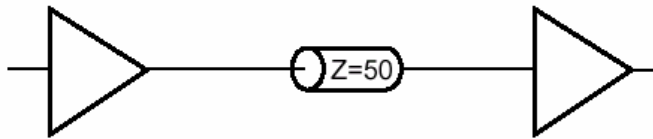
	$L' \text{ (nH/cm)}$	$C' \text{ (pF/cm)}$	$Z \text{ (}\Omega\text{)}$	$\tau \text{ (ns/m)}$
SINGLE WIRE (FAR AWAY FROM GND)	20	0.08	600	~ 4
SPACE	μ_0	ϵ_0	370	3,3
TWISTED PAIR CABLE	5-10	0.5-1	80-120	5
FLAT CABLE (ALTERNATING SIGNAL AND GND WIRE)	5-10	0.5-1	80-120	5
WIRE ON PC BOARD	5-10	0.5-1.5	70-100	~ 5
COAX CABLE	2,5	1.0	50	5
BUS LINE	5-10	10-30	20-40	10-20

Überblick von Standard Input und Output Terminierungsmethoden

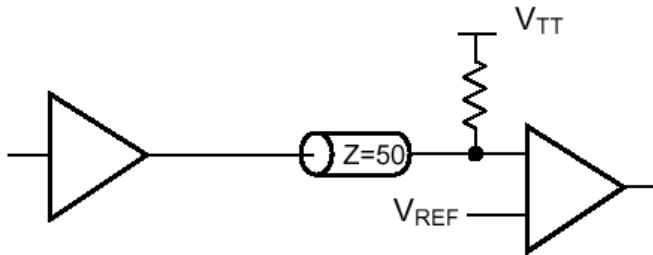
Prof. Dr.-Ing. Alfred Rožek:

Quelle: Xilinx CD-X-Fest2000; XAPP179.pdf

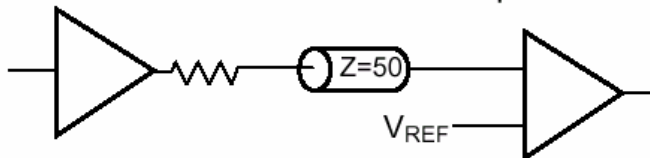
Unterminated



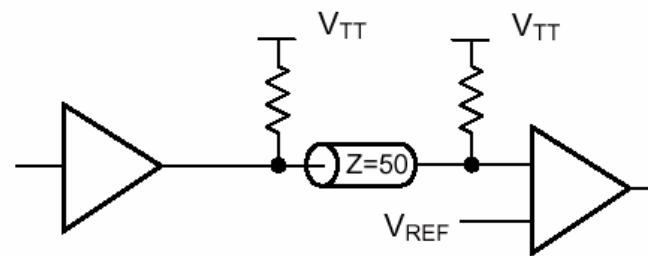
Unterminated Output Driving a Parallel Terminated Input



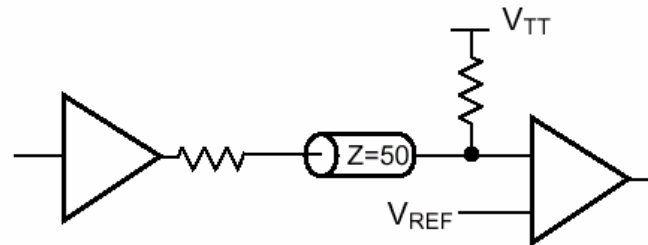
Series Terminated Output



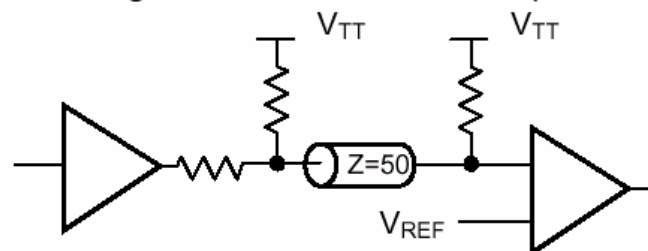
Double Parallel Terminated



Series Terminated Output Driving a Parallel Terminated Input



Series-Parallel Terminated Output Driving a Parallel Terminated Input



Übertragungsgeschwindigkeiten

- ◆ V.22 2.400 Bit/s
- ◆ V.32 9.600 Bit/s
- ◆ V.32bis 14.400 Bit/s
- ◆ V.34 28.800 Bit/s
- ◆ V.34bis In Planung (-> 32.000 Bit/s)
- ◆ V.42bis Standard für Fehlerkorrektur
- ◆ MNP4 Microcom Networking Protocol Nr. 4, Zusatzeigenschaften von Modems zur Fehlerkorrektur, müssen beide Teilnehmer beherrschen
- ◆ MNP5 zusätzliche Datenkomprimierung (2:1)
- ◆ V.Fast inoffizieller Modemstandard bis 28.800 Bit/s
- ◆ Übertragungsgeschwindigkeit eines Modems:
 - bps: bits per second
 - Baud: gibt die Anzahl der Frequenzwechsel pro Sekunde an (benannt nach Emile Baudot, dem Erfinder des Fernschreibers)
 - bps und Baud sind identisch, solange keine Modulationstechniken angewand werden.
 - ein modernes Modem arbeitet nach wie vor mit 2.400 Baud, schafft aber eine Datenrate von 14.400 bps