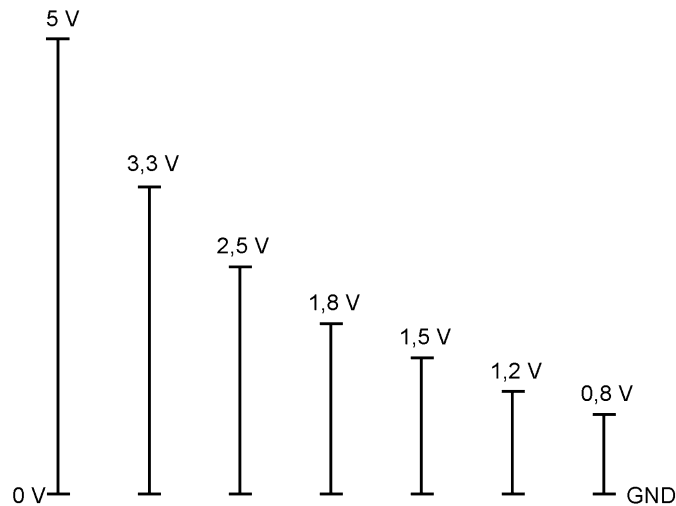
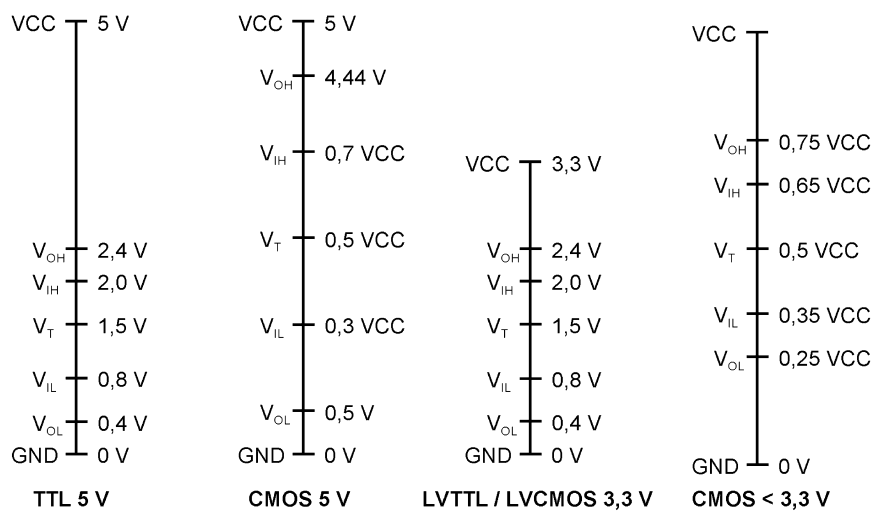


### 3. Stromversorgung und Signalpegel

#### 3.1 Betriebsspannungen und Signalpegel



**Abb. 3.1** Typische Betriebsspannungen für Digitalschaltungen (TTL und CMOS).



**Abb. 3.2** Signalspezifikationen für typische Betriebsspannungen.

Kennwert	TTL-Kompatibilität	5-V-CMOS (HC, AC)*	Moderne CMOS-Spezifikationen
Ausgangskennwerte			
Minimum-High am Ausgang ( $V_{OHmin}$ )	2,4 V	4,44 V (typisch 4,9 V)	$0,75 V_{CC}$
Maximum-Low am Ausgang ( $V_{OLmax}$ )	0,4 V	0,44 V (typisch 0,1 V)	$0,25 V_{CC}$
Eingangskennwerte			
Minimum-High am Eingang ( $V_{IHmin}$ )	2 V	$0,7 V_{CC}$ (3,5 V)	$0,65 V_{CC}$
Maximum-Low am Eingang ( $V_{ILmax}$ )	0,8 V	$0,3 V_{CC}$ (1,5 V)**	$0,35 V_{CC}$
Schwellenspannung ( $V_{TH}$ )	1,5 V	$0,5 V_{CC}$ (2,5 V)	$0,5 V_{CC}$
Störspannungsabstände			
Low ( $V_{NML}$ )	0,4 V	1,06 V (typisch 1,4 V)	$0,1 V_{CC}$
High ( $V_{NMH}$ )	0,4 V	0,94 V (typisch 1,4 V)	$0,1 V_{CC}$

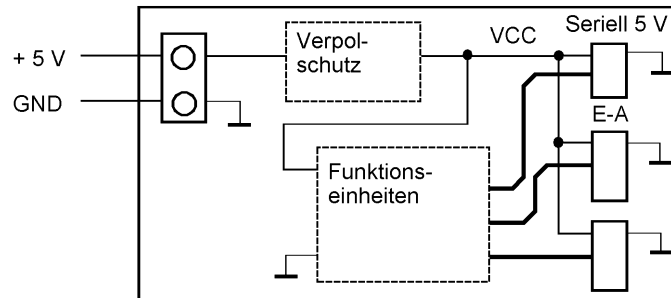
\*: Betriebsspannungsbereich 2...6 V. Werte in Klammern für  $V_{CC} = 5$  V. \*\*: Nach JEDEC:  $0,2 V_{CC}$  (1 V).

**Tabelle 3.1** Logikpegel, Störspannungsabstände und Schwellenspannungen typischer Signalspezifikationen.

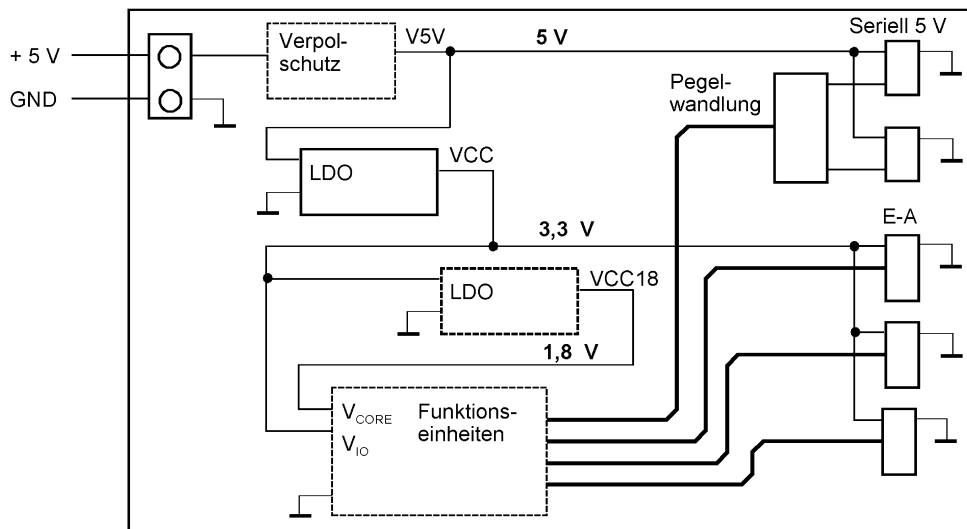
Kennwert	Minimal	Typisch	Maximal
Steuerspannung	18...21 V	24 V	34...36 V
Low-Pegel	-0,5 V		1,5...4 V
Schwellenspannung		5...6 V	
High-Pegel	5,5...15 V		35 V

**Tabelle 3.2** Kennwertbereiche der 24-V-Steuerspannung. Die von...bis-Werte ergeben sich aus den Daten typischer Pegelwandlungsschaltkreise.

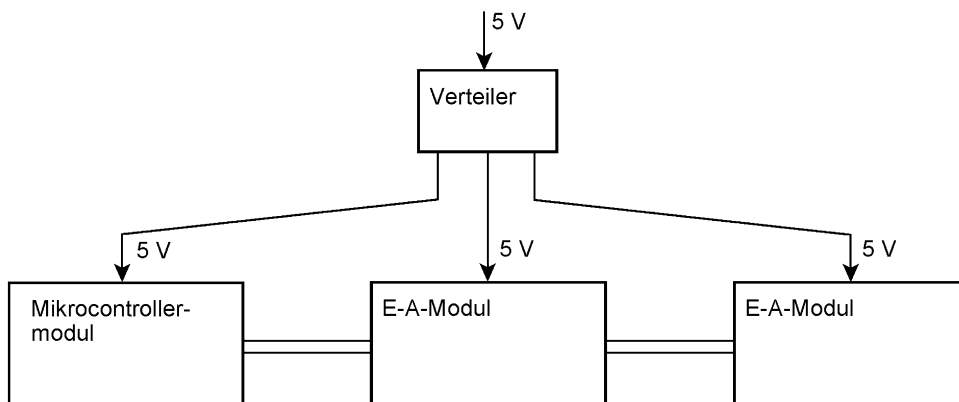
### 3.2 Die Betriebsspannungen der Module



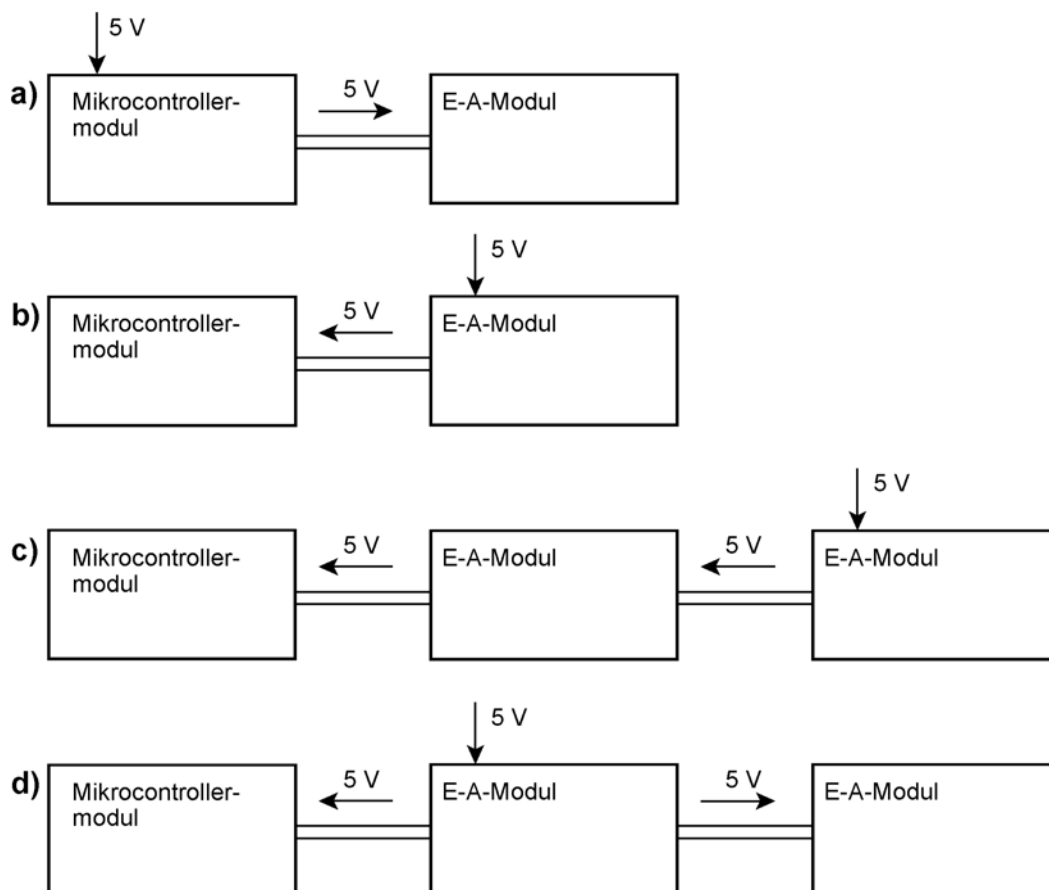
**Abb. 3.3** Ein Modul ohne interne Betriebsspannungserzeugung. Es arbeitet mit der Betriebsspannung, die von außen zugeführt wird.



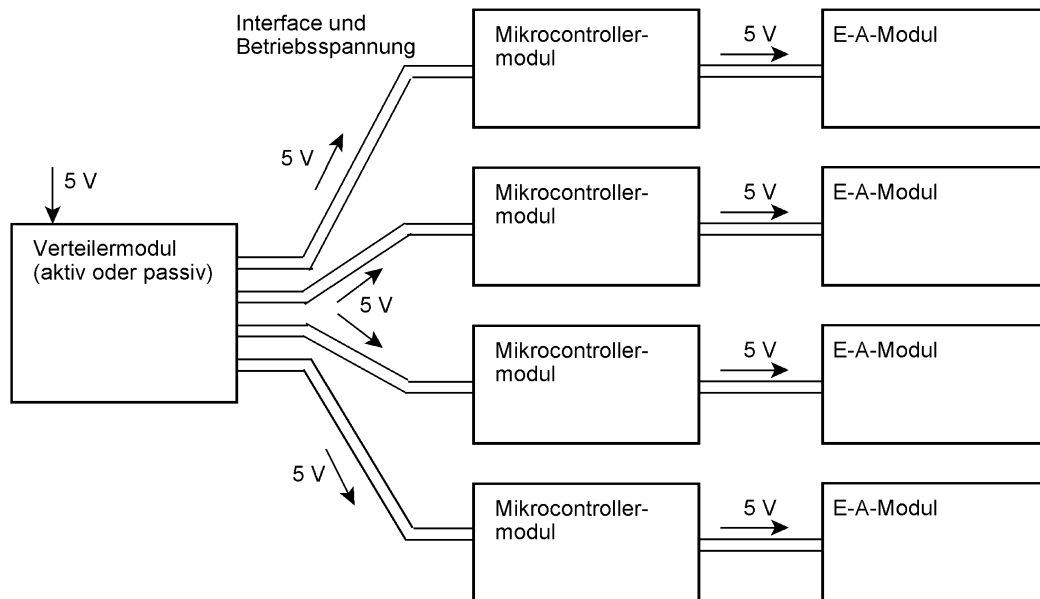
**Abb. 3.4** Ein Modul mit interner Betriebsspannungserzeugung über LDO-Regler. An den E-A-Steckverbindern liegt die Betriebsspannung an, die den jeweiligen Signalpegeln entspricht.



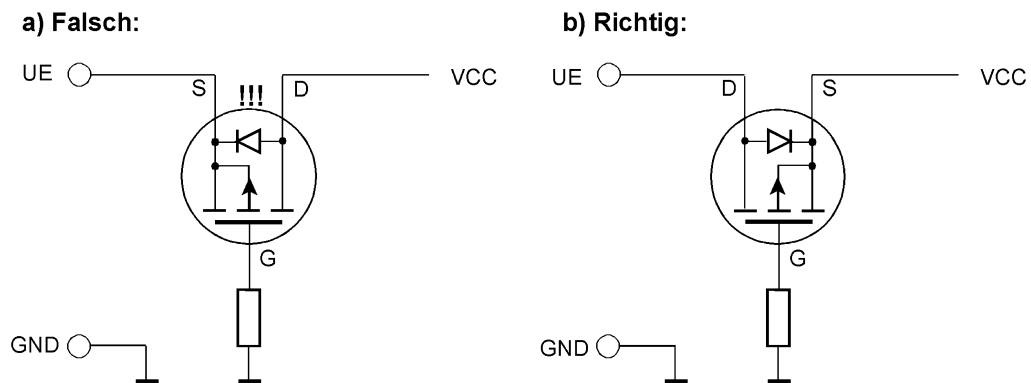
**Abb. 3.5** Die Grundsatzlösung: sternförmige Betriebsspannungszuführung an alle Module.



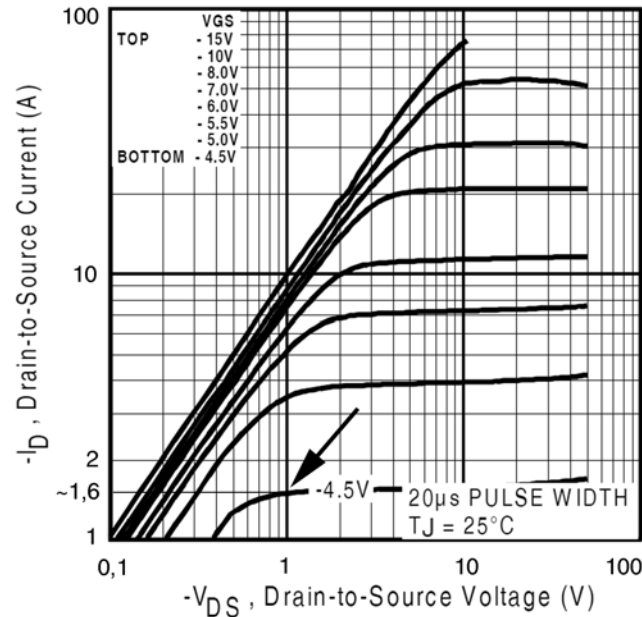
**Abb. 3.6** Beispiele der Betriebsspannungszuführung.



**Abb. 3.7** Eine Kombination aus sternförmiger Zuführung und Kettenschaltung.



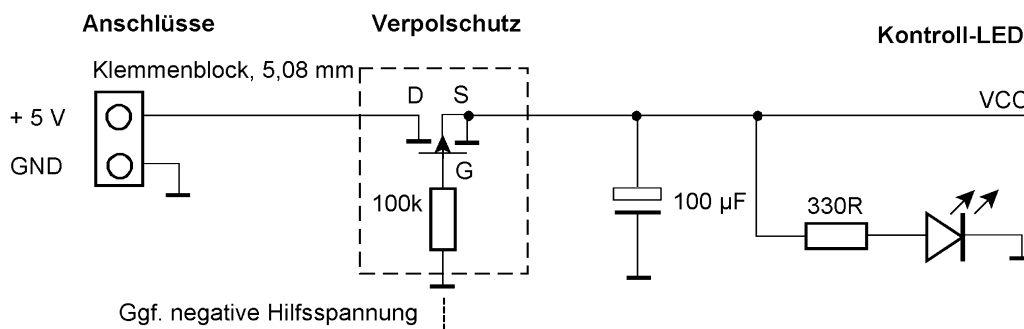
**Abb. 3.8** Verpolschutz mit einem P-Kanal-FET.



**Abb. 3.9** Die Ausgangskennlinie eines P-Kanal-FET (IRF9540n). Hier ist die unterste Kurve (– 4,5 V) von Bedeutung.

Betriebsspannung	Batterietyp	Anmerkungen
5 V	USB Power Bank	Eine naheliegende, kostengünstige Lösung
4,8 V	NiMH	4 • 1,2 V
4,5 V	Primärelemente	3 • 1,5 V
3,6 bis 3,7 V	LiPo oder LiIon	Nur Module ohne LDO (vgl. Abb. 3.3).
3,2 bis 3,3 V	LiFePo	Die Signalpegel entsprechen der Batteriespannung

**Tabelle 3.3** Batterien und Akkumulatoren als Spannungsquellen.



**Abb. 3.10** Die einfachste Grundschaltung. Modul gemäß Abb. 3.3.

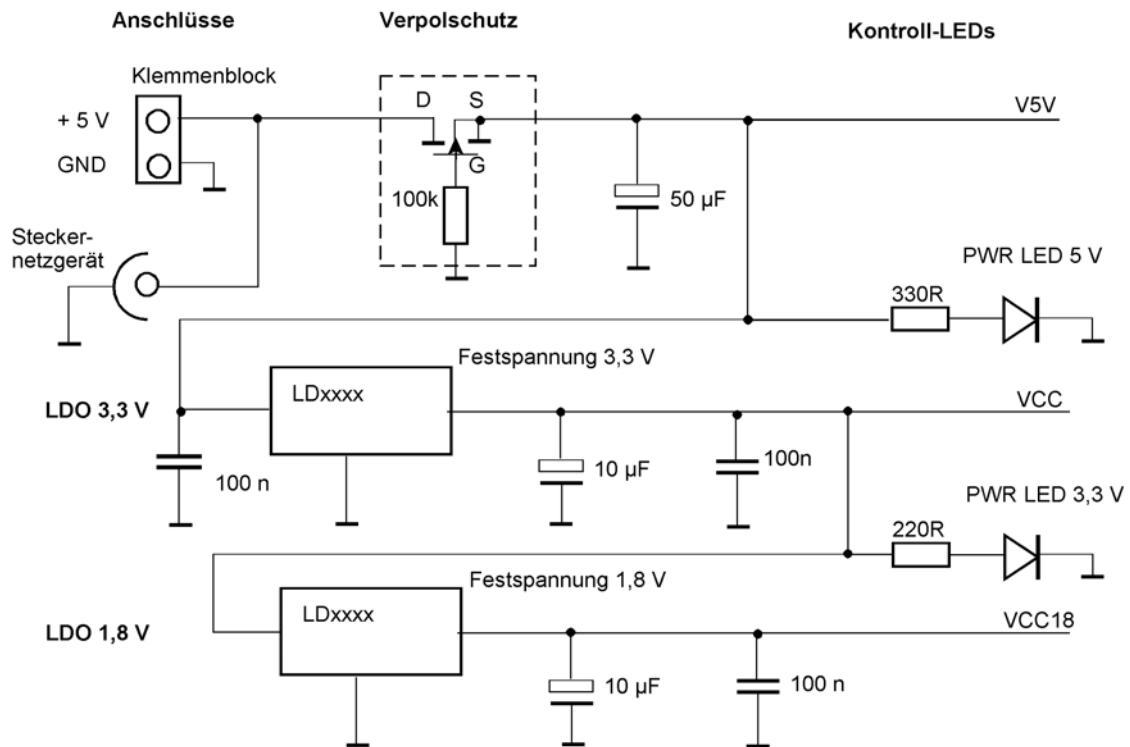


Abb. 3.11 Die Grundschaltung eines Moduls gemäß Abb. 3.4.

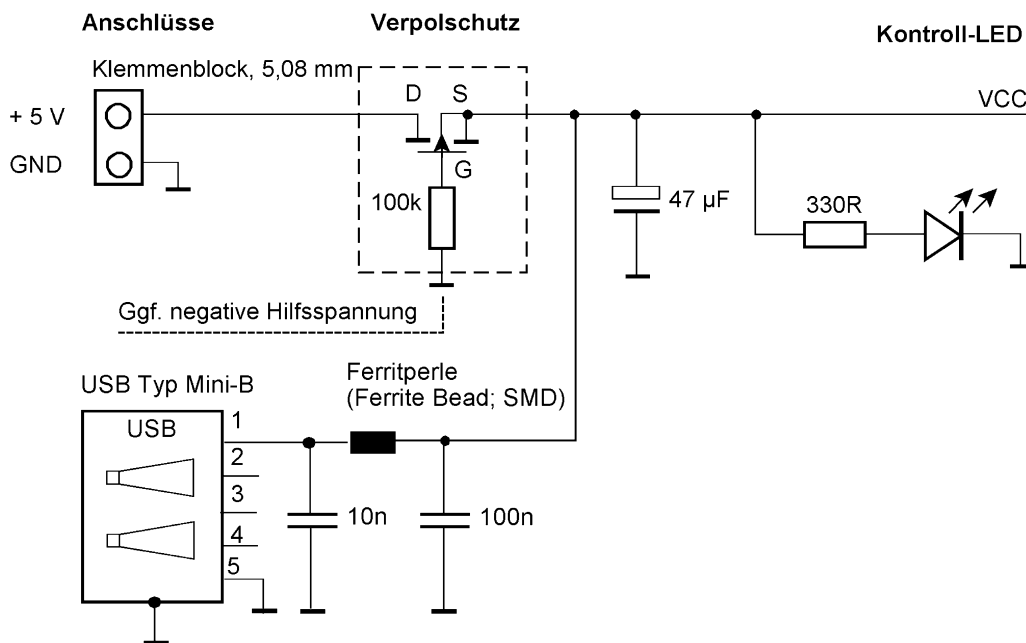
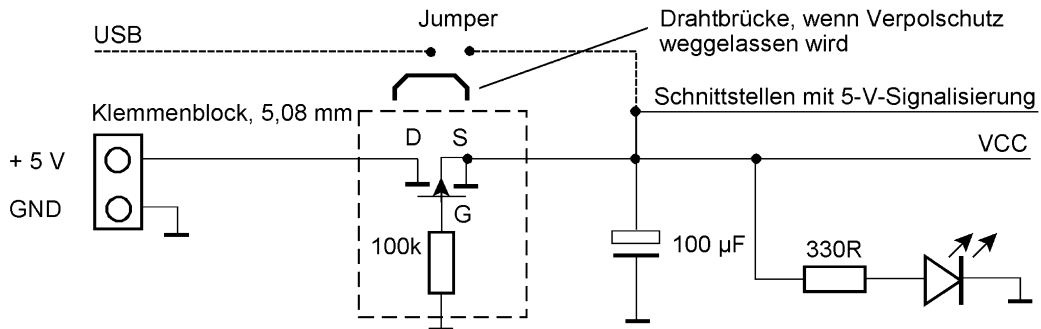
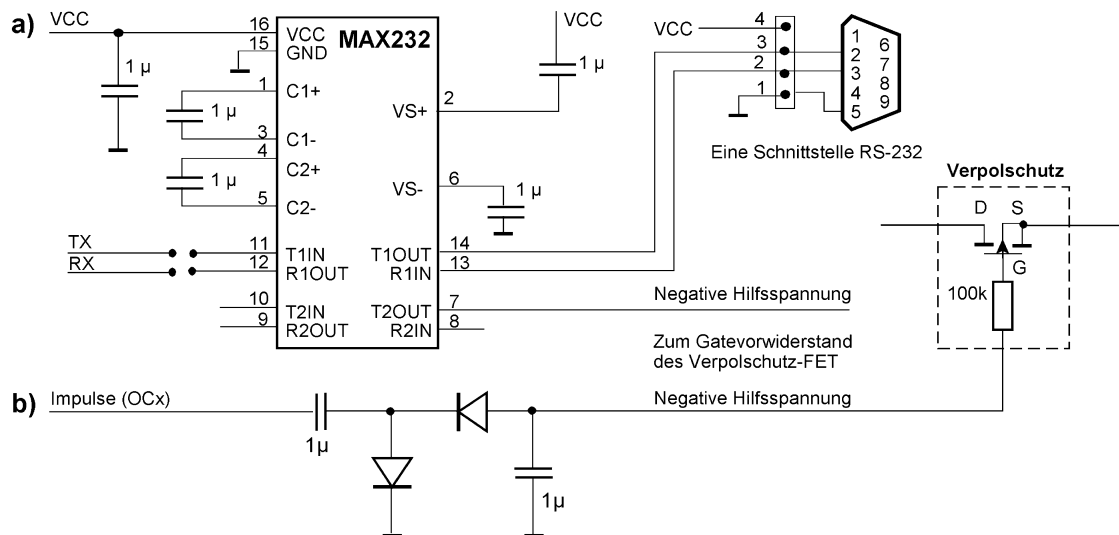


Abb. 3.12 Betriebsspannungszuführung über eine USB-Buchse. Mini-B trägt nicht zu sehr auf und lässt sich noch bequem von Hand löten.

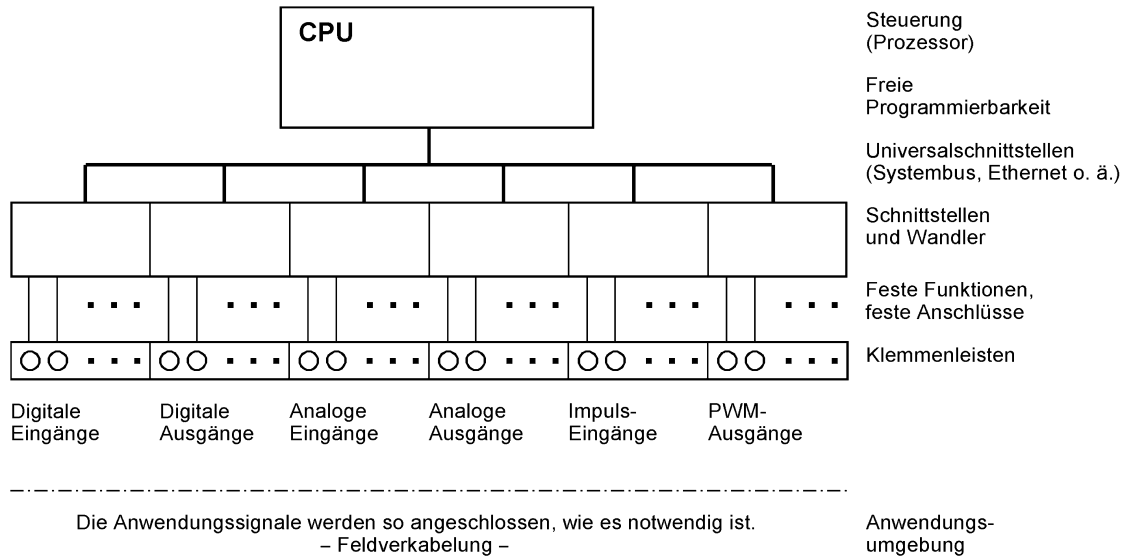


**Abb. 3.13** Die Betriebsspannungsanschlüsse der Schnittstellen mit 5-V-Signalisierung.

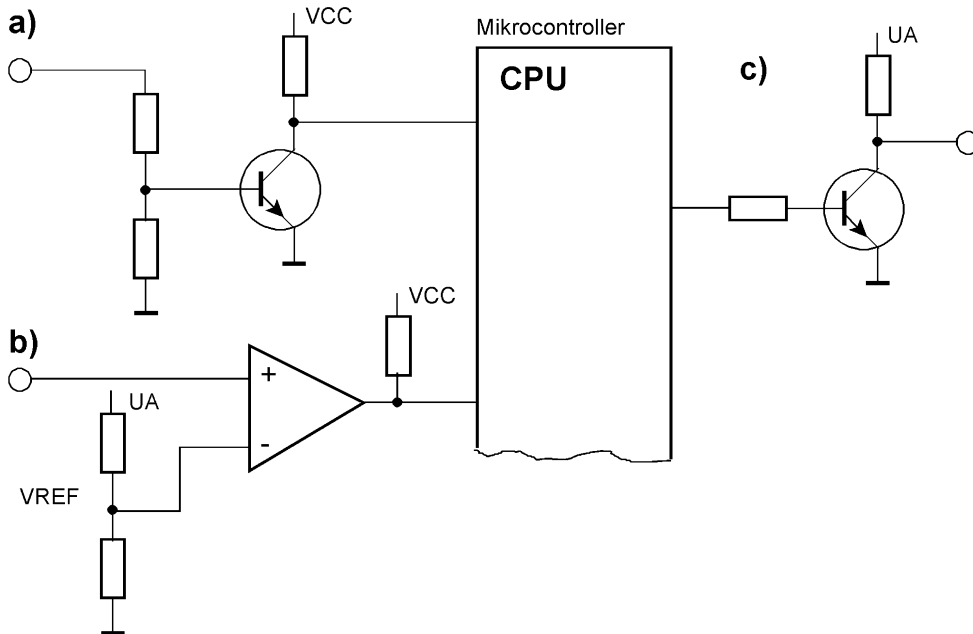


**Abb. 3.14** Eine negative Hilfsspannung zum Ansteuern des Verpolschutz-FET herstellen. a) In einem Pegelwandlerschaltkreis für serielle Schnittstellen wird ein RS-232-Ausgang ausgenutzt. b) Eine Ladungspumpe. Sie erfordert aber kontinuierliche Impulse, beispielsweise aus einer Zähler-Zeitgeber-Einheit des Mikrocontrollers (OCx).

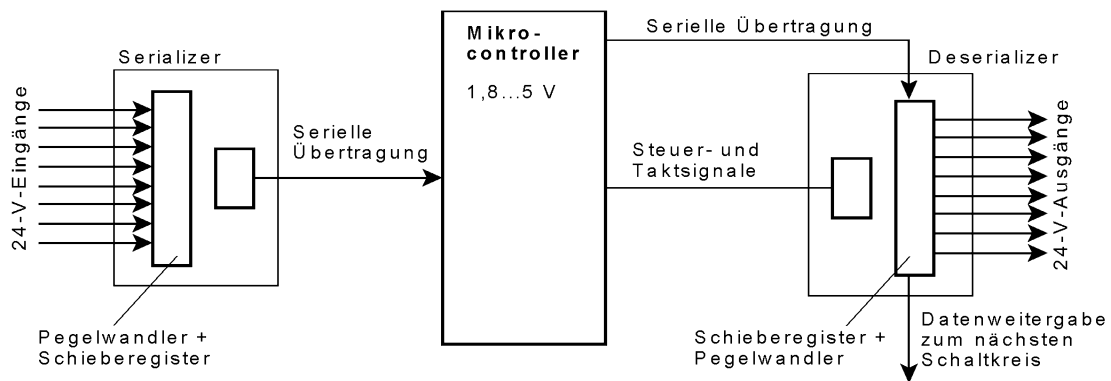
### 3.3 Pegelwandlung



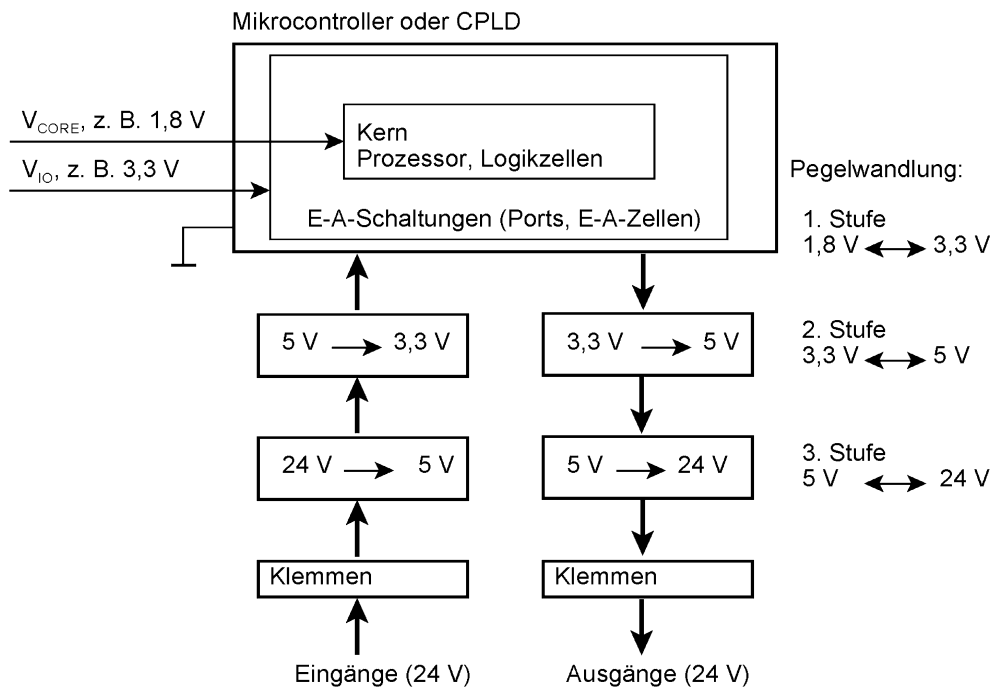
**Abb. 3.15** Die typische universelle Steuerung hat viele verschiedene Anschlüsse mit jeweils bestimmten Funktionen und Signalpegeln.



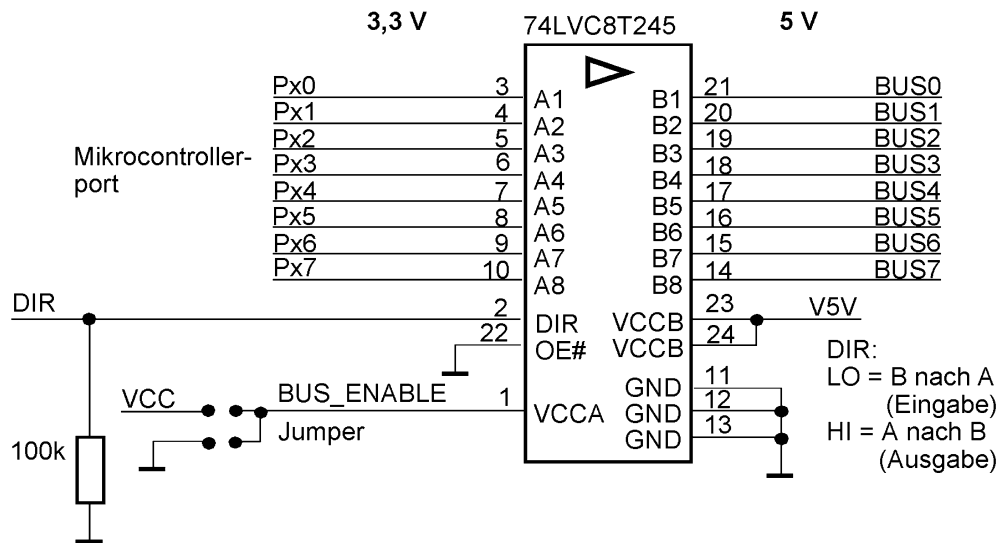
**Abb. 3.16** Herkömmliche Grundschaltungen der Pegelwandlung.



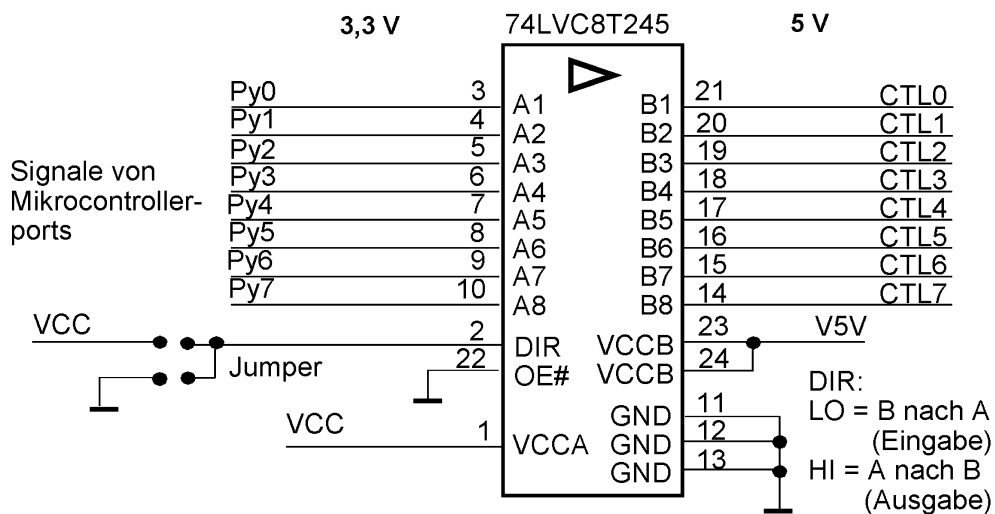
**Abb. 3.17** Pegelwandlung mit Spezialschaltkreisen. Man bevorzugt die serielle Informationsübertragung über Standardschnittstellen wie I<sup>2</sup>C und SPI oder über Schieberegisterschnittstellen eigener Ausführung.



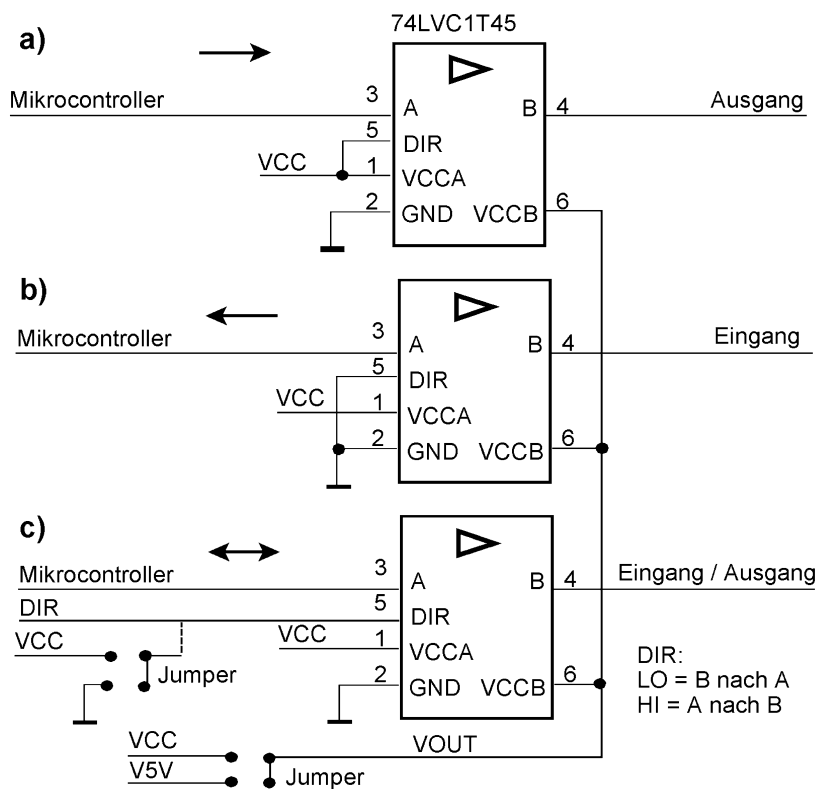
**Abb. 3.18** Stufen der Pegelwandlung: von 1,8 V bis 24 V.



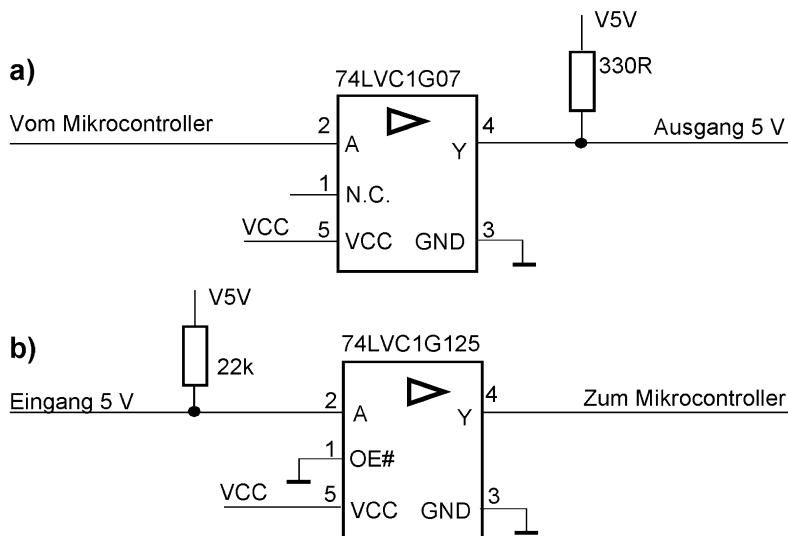
**Abb. 3.19** Umsteuerbarer (bidirektionaler) Datenbus. Px0..7 bezeichnen einen beliebigen Mikrocontrollerport.



**Abb. 3.20** Pegelwandlung für eine feste Übertragungsrichtung. Hier mit Jumper wählbar. Py0..7 bezeichnen beliebige Mikrocontrollersignale, CTL0...7 beliebige 5-V-Signale. Wenn man die Mikrocontrollersignale anderweitig nutzen möchte, die Richtung auf Ausgabe stellen und an die Seite B nichts anschließen. Wenn man die Seite B außer Betrieb setzen möchte, den VCCA-Jumper von Abb. 3.19 hinzufügen.



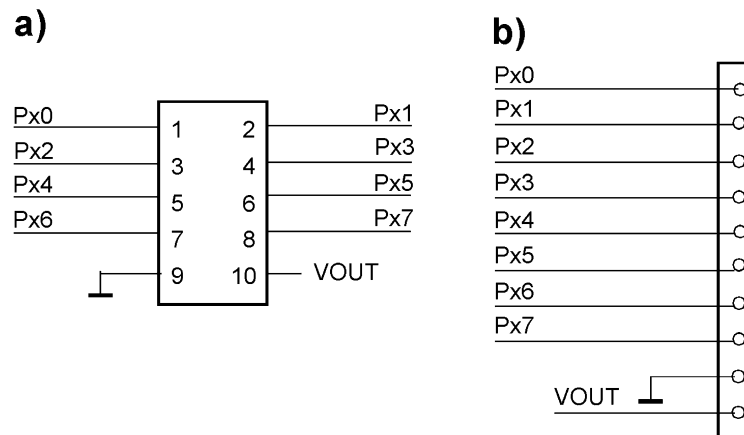
**Abb. 3.21** Einzelsignale mit verschiedenen Übertragungsrichtungen. a) Ausgang, b) Eingang, c) umsteuerbar (programmgesteuert oder über Jumper).



**Abb. 3.22** Einzelsignale mit festen Übertragungsrichtungen. a) Ausgang. Der Schaltkreis ist ein Open-Drain-Treiber. b) Eingang. Die Eingänge und der Open-Drain-Ausgang halten 5 V aus (5-V-tolerant).

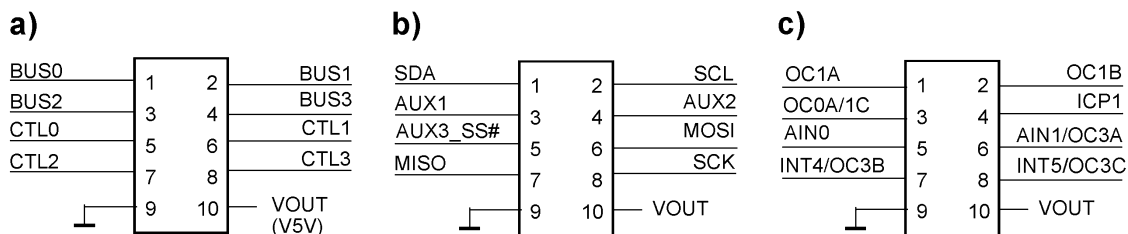
## 4. Schnittstellen

### 4.1 Die Ports der Mikrocontroller



**Abb. 4.1** Typische Anschlüsse von 8-Bit-Ports. a) Wannenstiftleiste, b) Klemmenleiste. x ist ein beliebiger Portbezeichner (wie A, B, C usw.).

### 4.2 Sonderanschlüsse



**Abb. 4.2** Sonderanschlüsse. Drei Beispiele.

- Ein 4-Bit-Bus (BUS3...0), der von vier Steuersignalen (CTL3...0) begleitet wird. Eine typische Nutzung ist der Anschluss der LCD-Bedientafel Typ 1. Hierfür muss der Anschluss für 5 V ausgelegt sein (VOUT = V5V).
- Ein Anschluss für die seriellen Interfaces I<sup>2</sup>C (Atmel: TWI) und SPI. I<sup>2</sup>C-Signale: SDA, SCL. SPI-Signale: MOSI, MISO, SCK, bedarfsweise zusätzlich SS#. Die AUX-Signale sind frei nutzbare zusätzliche Portsignale.
- Ein Anschluss mit Signalen, die vielseitig brauchbar sind. Es sind Signale eines Xmega-Mikrocontrollers. Sie können als Zeitgebersignale, als Analogeingänge oder zur Interruptauslösung genutzt werden, aber auch als frei programmierbare Portsignale.

### 4.3 Der Universalanschluss

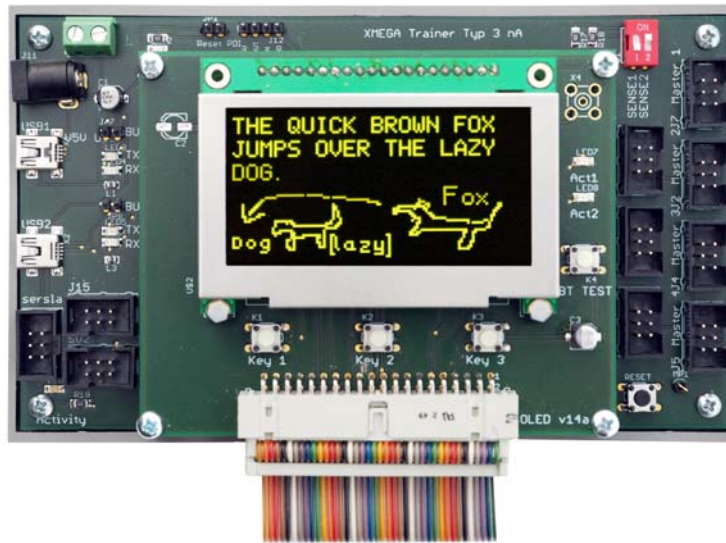


Abb. 4.3 Mikrocontrollermodul mit Aufsteckplatine.

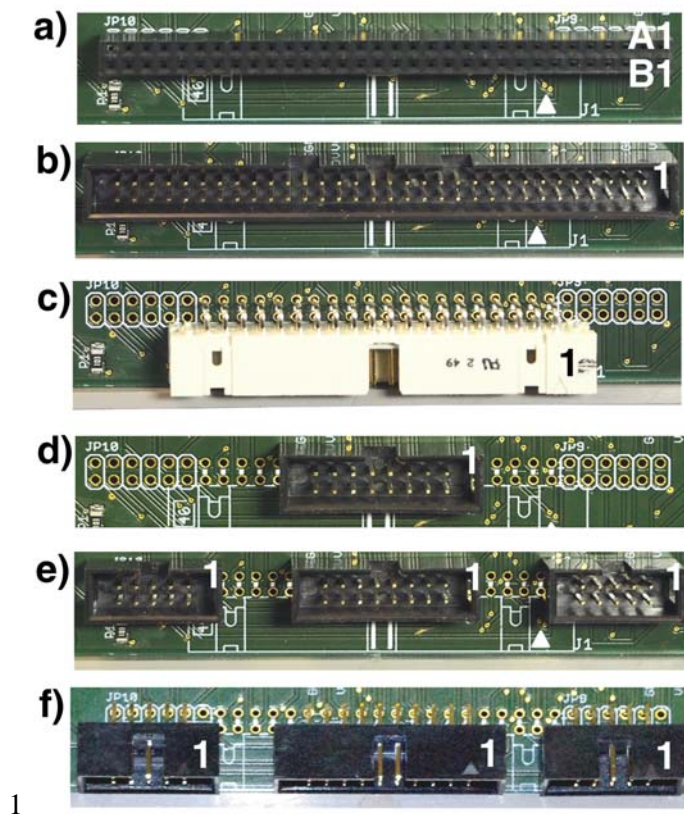


Abb. 4.4 Bestückungsvarianten einer Basisplatine.

- a) Wannenstiftleiste gerade, 64polig,
- b) PC/104, 64polig.
- c) Wannenstiftleiste abgewinkelt, 64polig.
- d) Wannenstiftleiste gerade, 20polig.
- e) Zusätzliche 10polige Wannenstiftleisten aussen.
- f) Wie e), aber Wannenstiftleisten abgewinkelt.

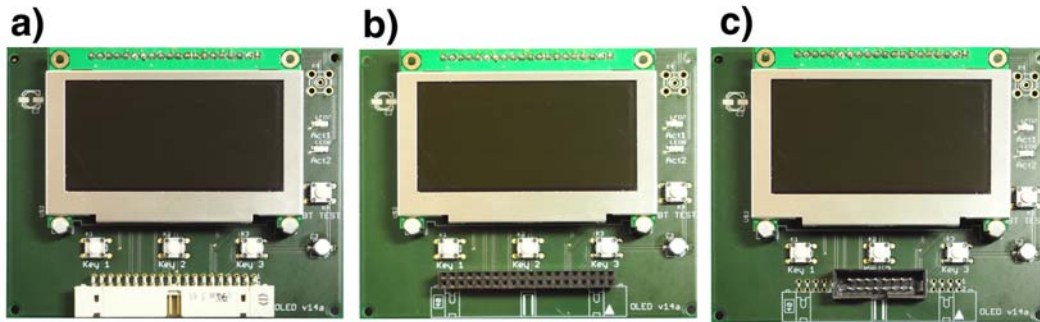
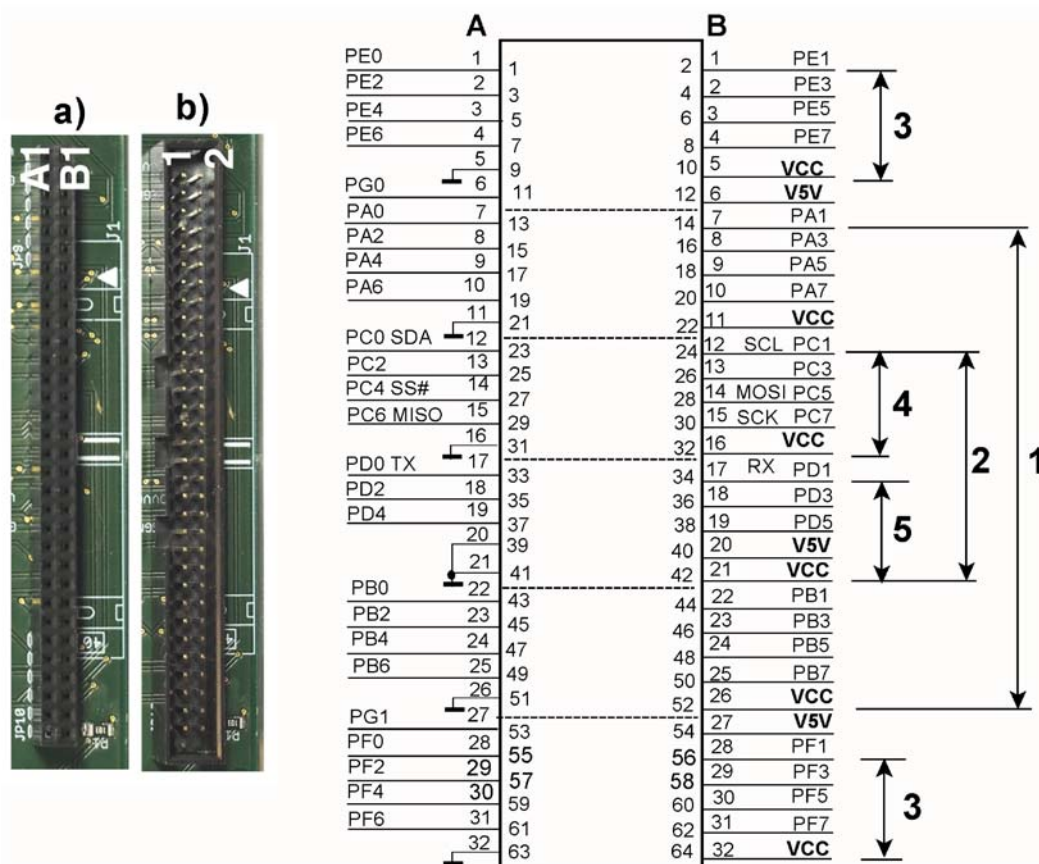
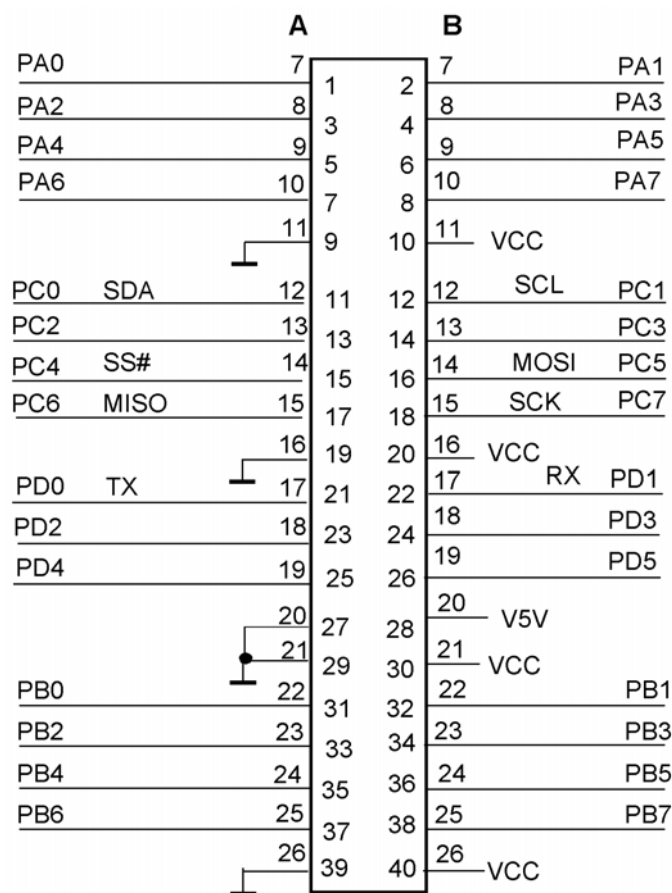


Abb. 4.5 Bestückungsvarianten einer Aufsteckplatine (Beispiele). a) 40polig, abgewinkelt; b) 40polig PC/104, c) 20polig gerade.

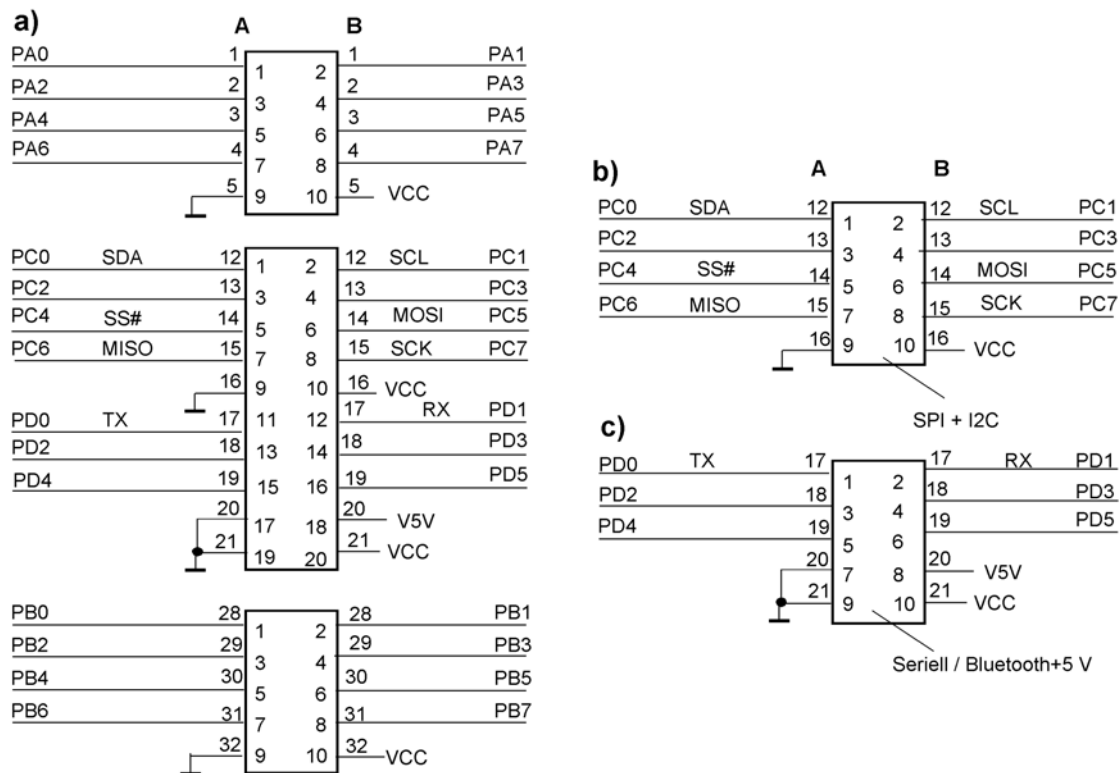


- 1 40poliger Steckverbinder (Wannenstiftleiste oder PC/104)
- 2 20poliger Steckverbinder
- 3 Zusatzsteckverbinder 10polig. Können zusammen mit 2, 4 oder 5 bestückt werden
- 4 10poliger Steckverbinder. Vorzugsweise I2C und SPI
- 5 10poliger Steckverbinder. Vorzugsweise serielle Schnittstelle / Bluetooth

**Abb. 4.6** Der 64polige Universalanschluss. Links die Ansicht des voll bestückten Anschlusses, wenn die Kante der Basisplatine nach rechts zeigt. a) PC/104, b) Wannenstiftleiste. A, B = Kontaktnummern PC/104. Im Innern des Symbols die Kontaktnummern der Wannenstiftleiste. PA bis PG sind symbolische (generische) Portbezeichnungen.

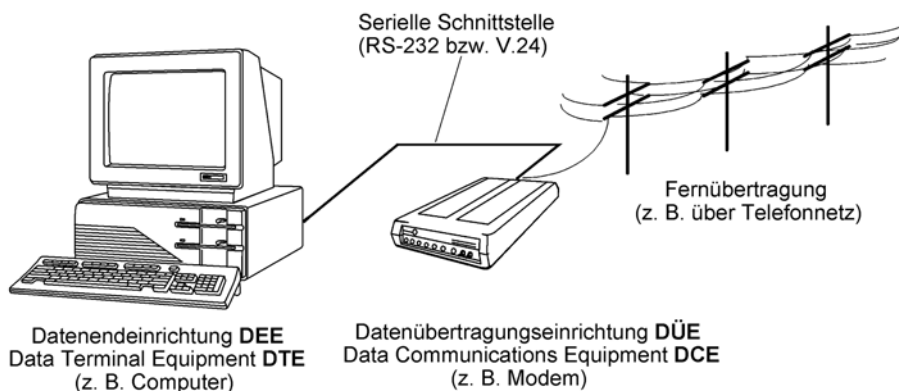


**Abb. 4.7** Der 40polige Steckverbinder. A, B = Kontaktnummern PC/104. Im Innern des Symbols die Kontaktnummern der Wannenstiftleiste. PA bis PD sind symbolische (generische) Portbezeichnungen. Manche Kontakte haben eine Vorzugsnutzung für bestimmte Schnittstellensignale (SDA, SCL usw.).

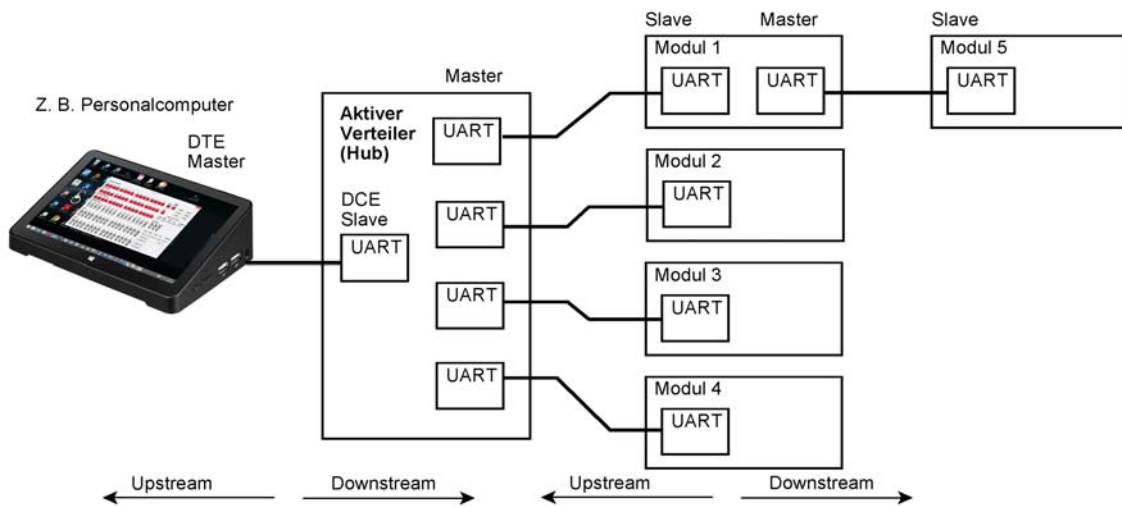


**Abb. 4.8** Bestückung mit 10- und 20poligen Steckverbindern. A, B = Kontaktnummern PC/104 64polig. Im Innern des Symbols die Kontaktnummern der jeweiligen Wannienstifteleiste. PA bis PD sind symbolische (generische) Portbezeichnungen. a) 20polig in der Mitte, Zusatzsteckverbinder 10polig außen. b) 10polig, vorzugsweise für I<sup>2</sup>C und SPI. c) 10polig, vorzugsweise für eine serielle Schnittstelle bzw. Bluetooth.

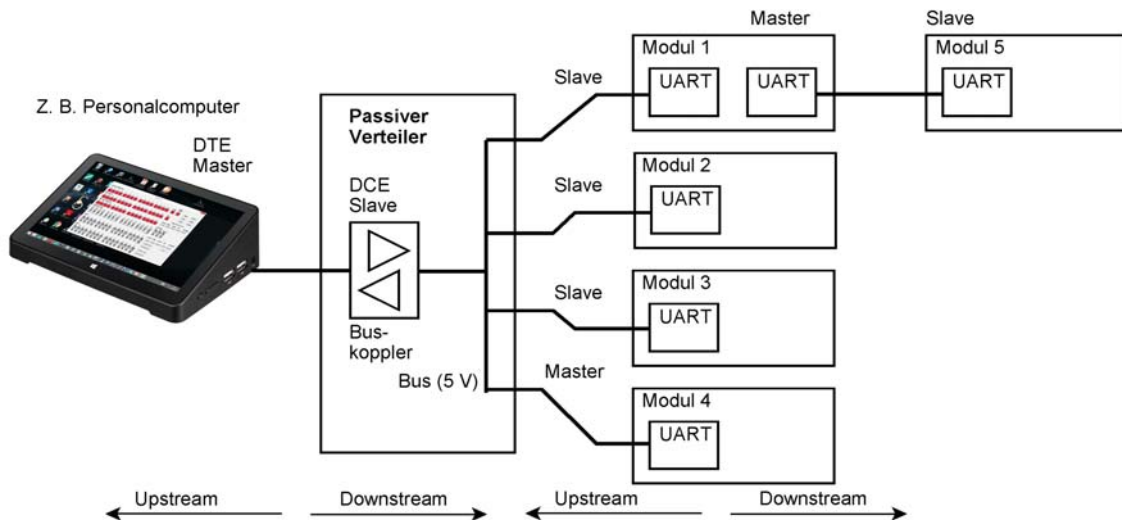
### 4.4 Die serielle Schnittstelle



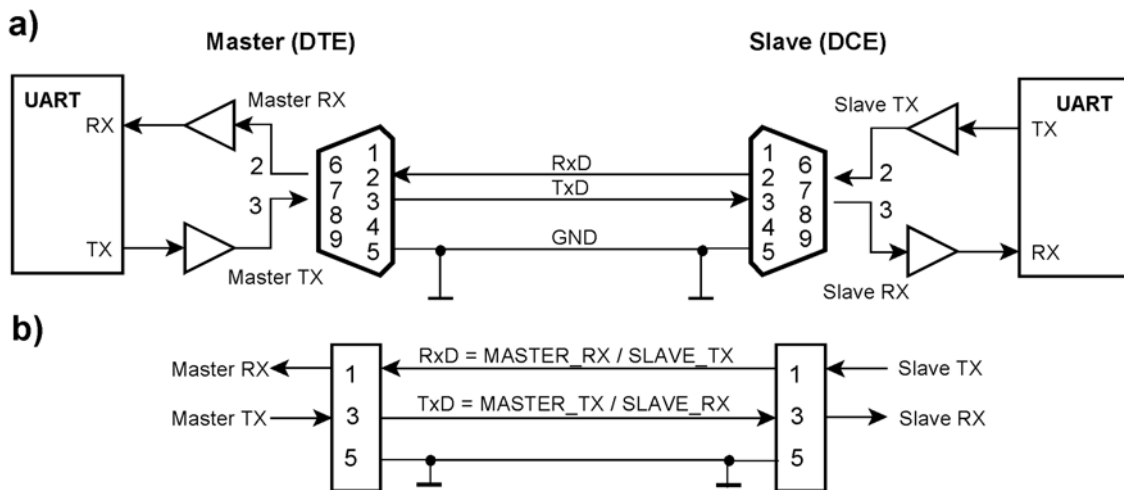
**Abb. 4.9** Der ursprüngliche Verwendungszweck. RS-232 als Interface zwischen Datenendeinrichtung DTE und Datenübertragungseinrichtung DCE.



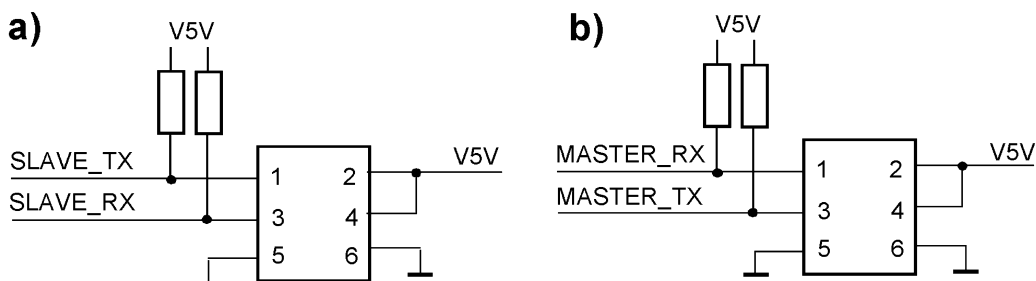
**Abb. 4.10** Systemkonfiguration in Sterntopologie (ähnlich USB, aber viel einfacher). Alle seriellen Verbindungen sind 1:1-Verbindungen. Deshalb kann diese Topologie mit allen Signalisierungsarten implementiert werden.



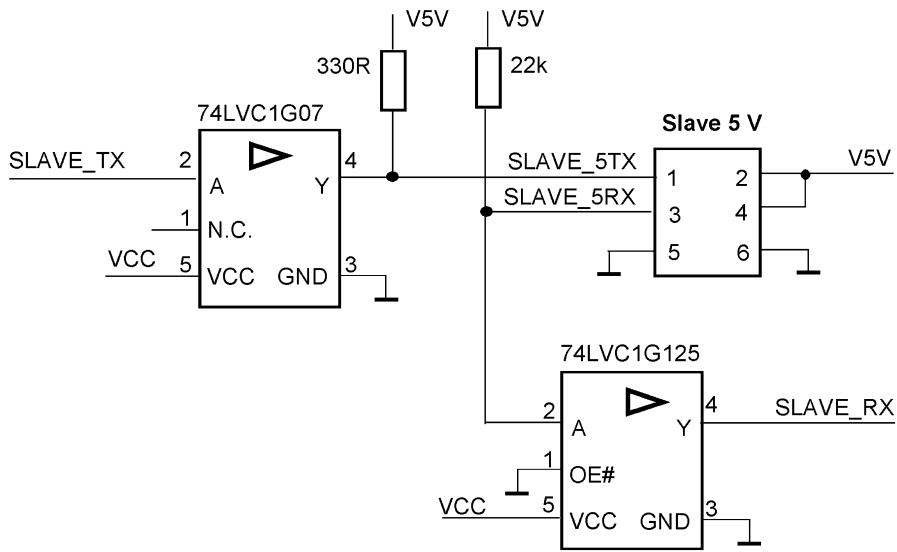
**Abb. 4.11** Systemkonfiguration mit einem passiven Verteiler. Die Schnittstellenleitungen werden als Busleitungen betrieben. 5-V-Signalisierung. In diesem Beispiel dient eines der Module als zentraler Master, der den Bus verwaltet.



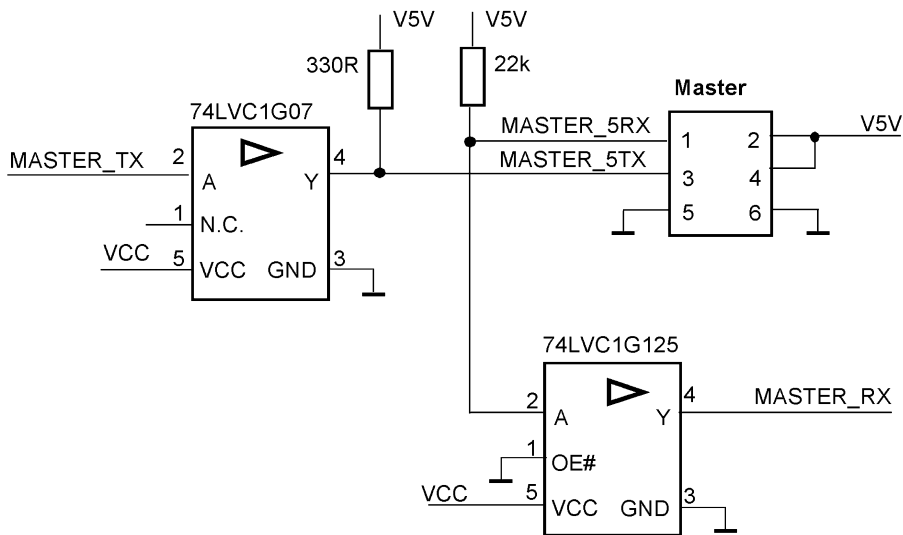
**Abb. 4.12** Signalflüsse und Kontaktbelegungen. a) RS-232, b) 5 V. UART = Universal Asynchronous Receiver / Transmitter = Schnittstellensteuerung (im Mikrocontroller).



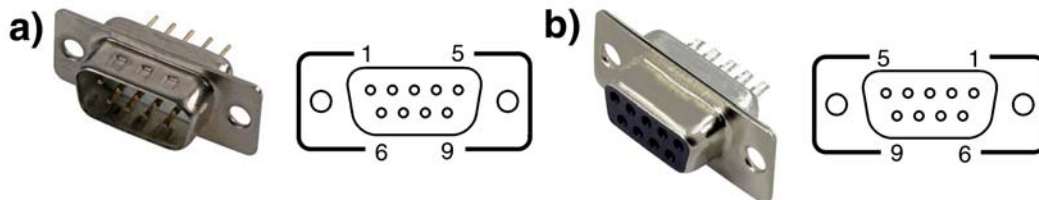
**Abb. 4.13** Steckverbinder der 5-V-Signalisierung. a) Slave. Das Kabel kommt von der jeweils vorgeschalteten Einrichtung. b) Master. Das Kabel geht zur jeweils nachgeschalteten Einrichtung.



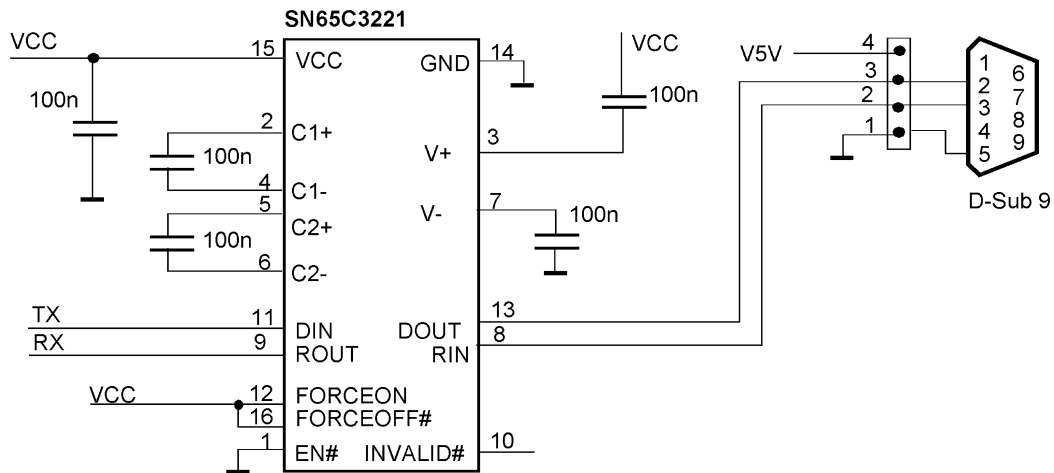
**Abb. 4.14** 5-V-Signalisierung. Grundschtung der Pegelwandlung für eine Slaveschnittstelle.



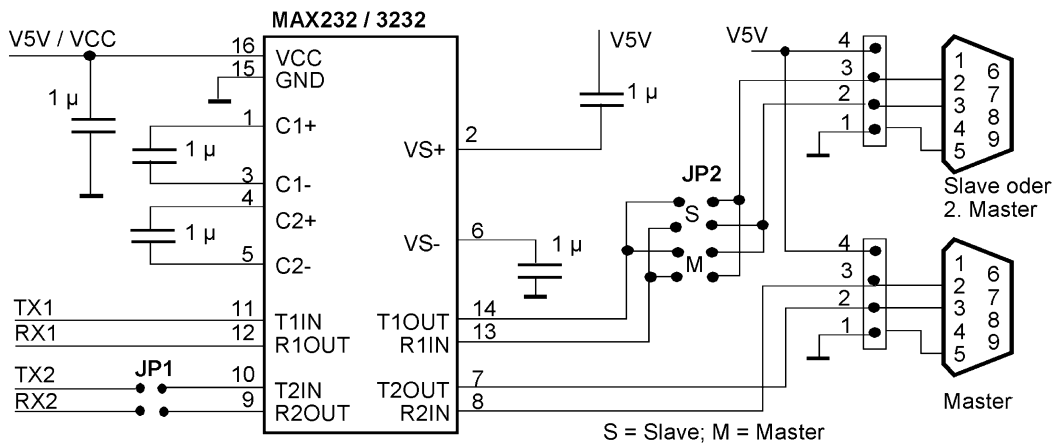
**Abb. 4.15** 5-V-Signalisierung. Grundschtung der Pegelwandlung für eine Masterschnittstelle.



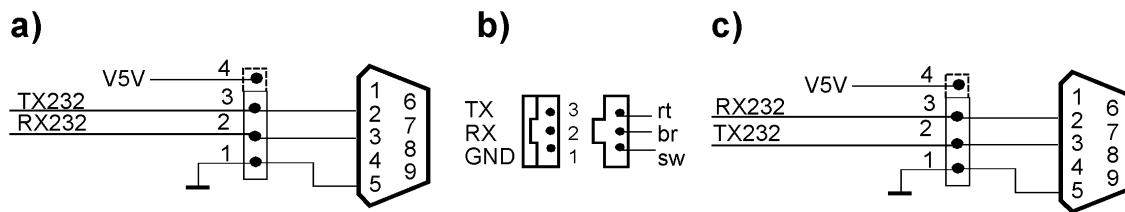
**Abb. 4.16** Typische Steckverbinder der RS-232-Signalisierung. a) DTE (Master). Stiftleiste (Male Connector). b) DCE (Slave). Buchsenleiste (Female Connector).



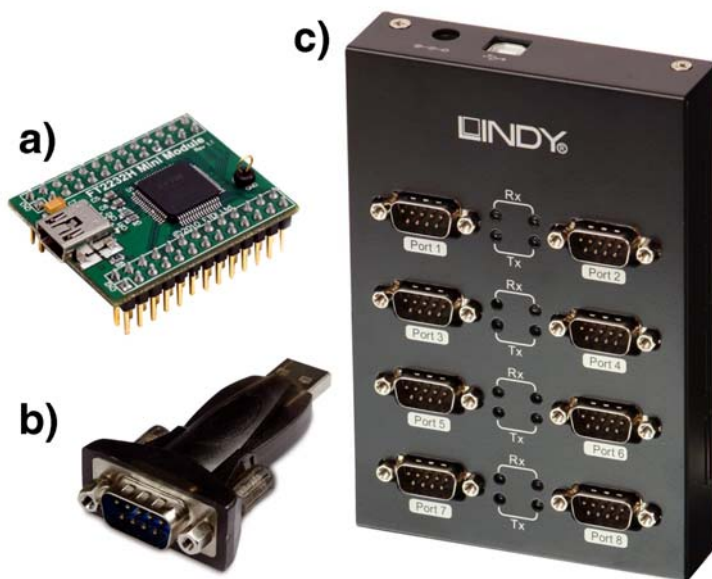
**Abb. 4.17** Beispiel einer einfachen Pegelwandlungsschaltung. Eine Schnittstelle. Steckverbinderanschluss als DCE (Slave). Der Schaltkreis arbeitet mit 3,3 V.



**Abb. 4.18** Pegelwandlung für zwei Schnittstellen. Betriebsspannung 5 V oder 3,3 V (MAX3232). In diesem Beispiel kann die zweite Schnittstelle konfiguriert werden. Jumper JP1: die Schnittstelle nutzen oder nicht nutzen. Jumper JP2: Slaveanschluss (DCE) oder Masteranschluss (DTE). Hierzu zwei Steckbrücken entsprechend setzen.



**Abb. 4.19** D-Sub-Steckverbinder der RS-232-Signalisierung. a) Slaveanschluss (DCE). b) So kann ein Steckverbinder über Draht angeschlossen werden. c) Masteranschluss (DTE). Der Betriebsspannungsanschluss (V5V) ist eine wahlweise Ergänzung (nicht bestücken, wenn nicht benötigt).



**Abb. 4.20** Wandler USB-zu-Seriell (USB to Serial Converters). Eine kleine Auswahl. a) Signalisierung mit Logikpegel (3,3 V oder 5 V). b) RS-232, eine Schnittstelle. c) RS-232, acht Schnittstellen.

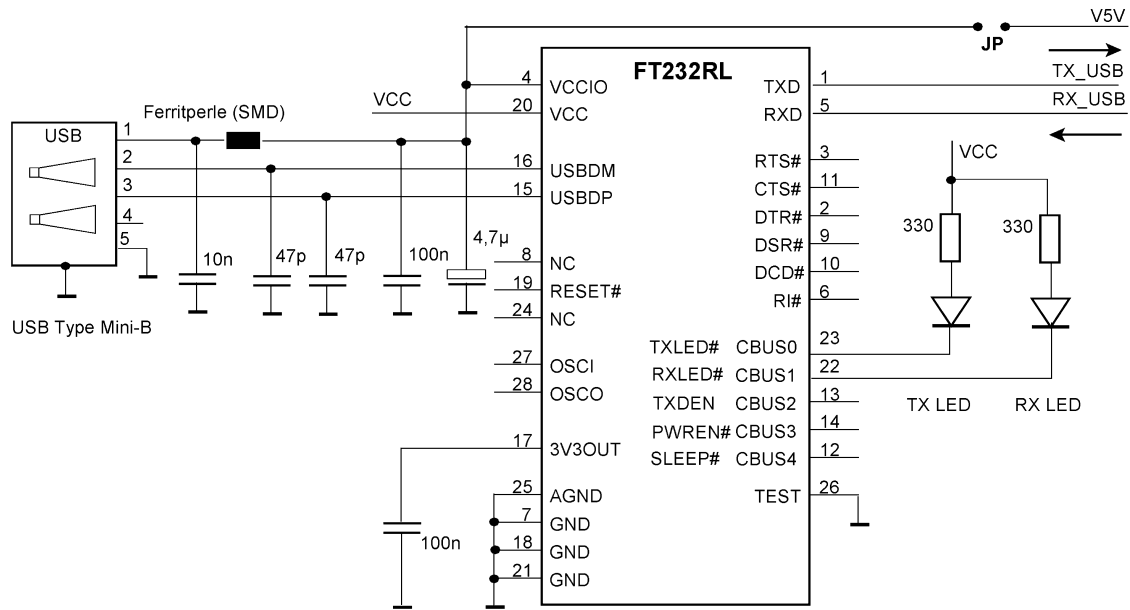


Abb. 4.21 Die typische USB-Anschlussschaltung.

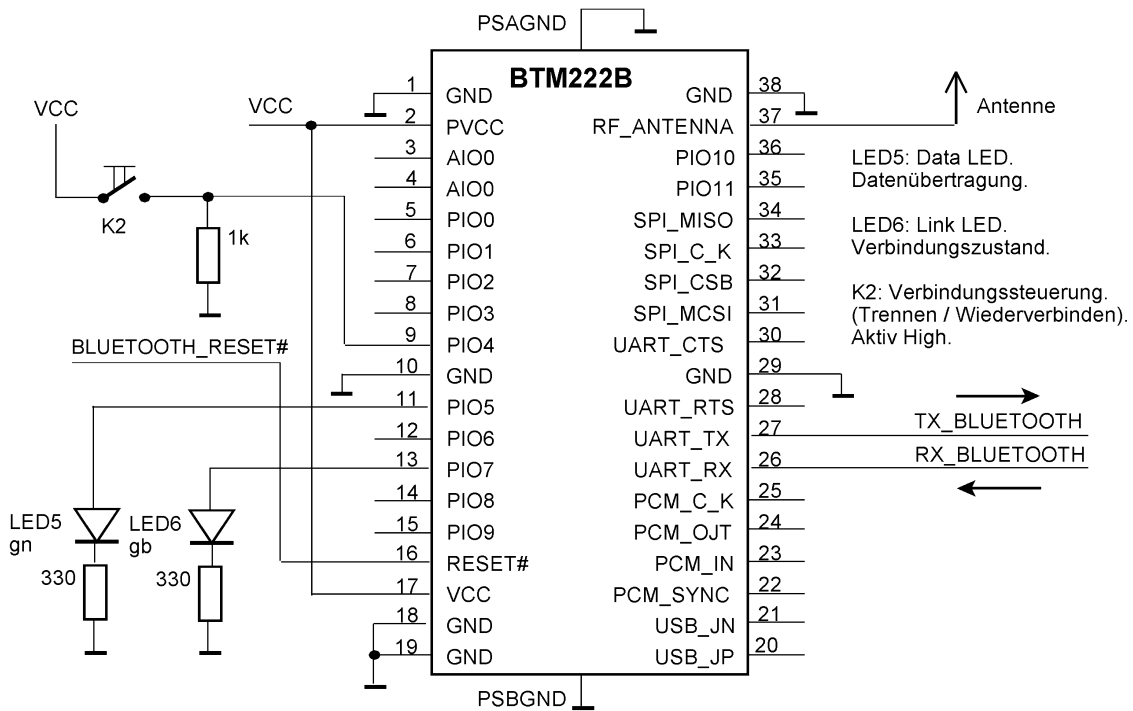


Abb. 4.22 Beispiel eines Bluetooth-Moduls.

## 4.6 Höher entwickelte Schnittstellen

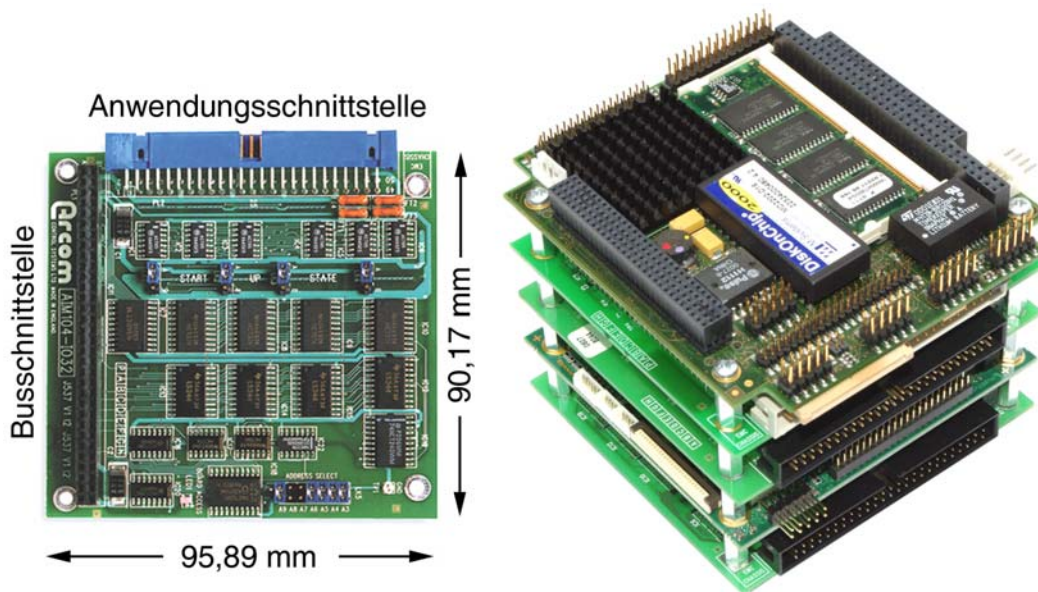
## 4.7 Standardschnittstellen ausnutzen und emulieren

Schnittstelle	Das Mikrocontroller-modul wirkt	Anwendung
ISA-Bus	als Host	Nutzung peripherer Funktionseinheiten (Steckkarten oder PC/104-Module)
PCI-Bus	als Host	Nutzung peripherer Funktionseinheiten (Steckkarten oder Module PC/104plus bzw. PCI/104
Parallele Schnittstelle	als Host	Nutzung von Geräten und Funktionseinheiten, die nicht standardgemäß angesteuert werden
Tastatur- und Mausschnittstelle (AT, PS/2)	als Host oder Gerät	Nutzung von Tastaturen, Mäusen usw. als Bediengeräte, Wirkung als Bediengerät am Personalcomputer (z. B. durch Emulation einer herkömmlichen Tastatur)

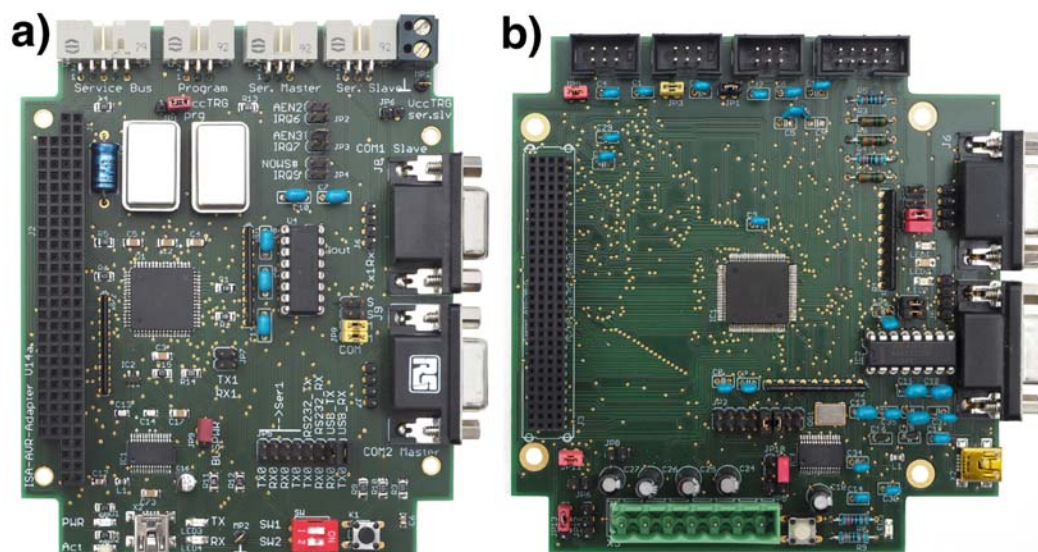
**Tabelle 4.1** Herkömmliche Standardschnittstellen und einfache Mikrocontrollermodule. Man kann vieles entwerfen. Was aber ist anwendungsseitig nützlich und aufwandsseitig beherrschbar? Ein Überblick.



**Abb. 4.23** Steckkarten für industrielle Anwendungen. a) ISA, b) PCI.



**Abb. 4.24** PC/104. Links ein E-A-Modul, rechts ein Anwendungssystem. Das oberste Modul im Stapel ist ein kompletter PC.



**Abb. 4.25** Mikrocontrollermodule, die herkömmliche Bussysteme unterstützen.  
 a) ISA-Bus (PC/104), b) PCI-Bus (PCI-104).

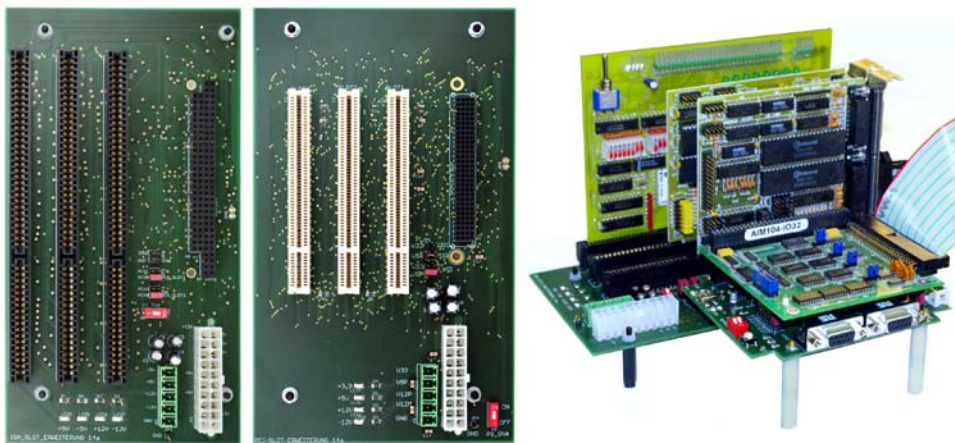


Abb. 4.26 Passive Basisplatten. Rechts daneben ein experimentelles Anwendungssystem.

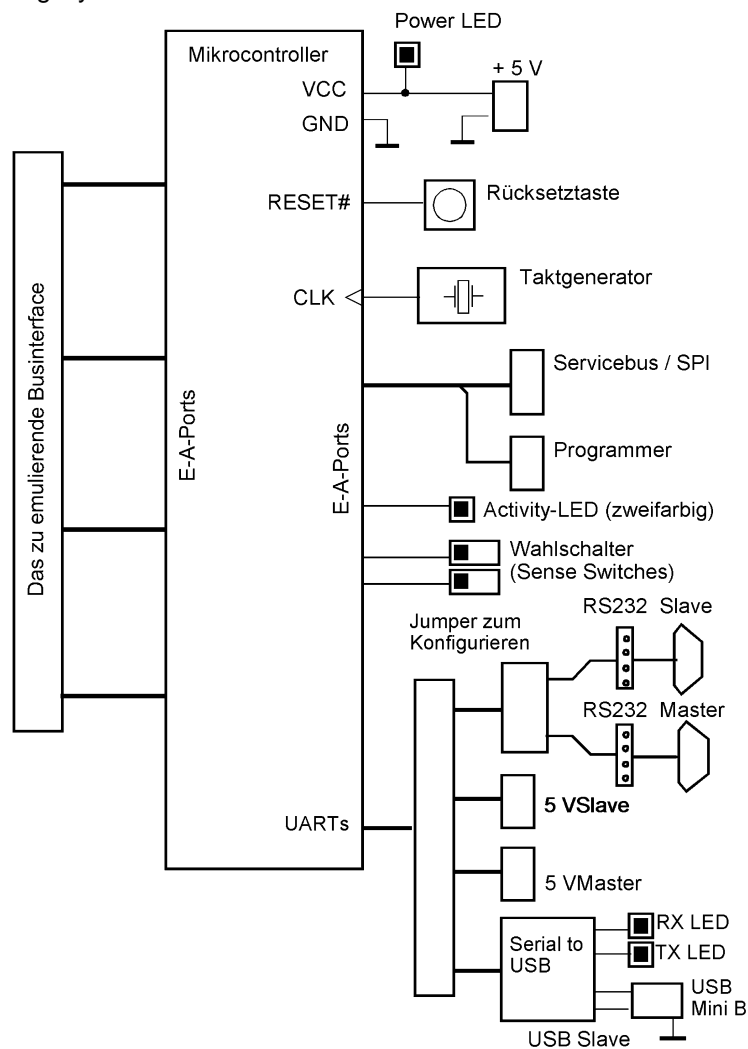


Abb. 4.27 Ein Mikrocontrollermodul im Blockschaftbild.

**a) ISA 8 Bits (XT)**

Daten	SD7...0
Adressierung	SA19...0
Adressensteuerung	BALE
	AEN
Zugriffssteuerung	SMEMR#
	SMEMW#
	IOR#
	IOW#
Zyklus-Ende	IOCHRDY
	SRDY# (NOWS#)
DMA	DRQ3...1
	DACK3...1#
	TC
Interrupts	IRQ9, 7...3
Fehlersignalisierung	IOCHK#
Sonstige Signale	REFRESH#
	RESET
	BCLK
	OSC

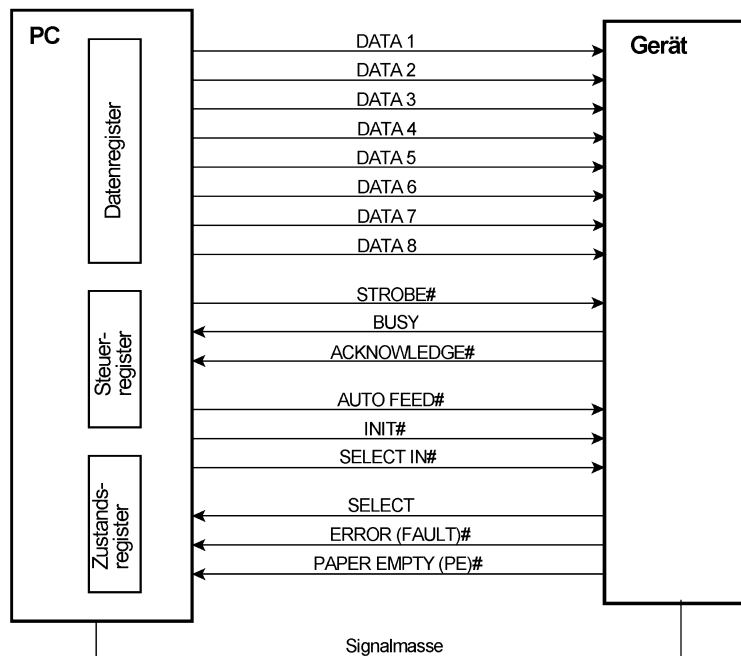
**b) ISA 16 Bits (AT)**

Daten	SD15...0
Adressierung	SA19...0
	LA23...17 SBHE#
Adressensteuerung	BALE
	AEN
Zugriffssteuerung	MEMR#
	SMEMR#
	MEMW#
	SMEMW#
	IOR#
	IOW#
Übertragungsbreite	MEMCS16#
	IOCS16#
Zyklus-Ende	IOCHRDY
	SRDY# (NOWS#)
DMA	DRQ7...5; 3...0
	DACK7...5; 3...0#
	TC
Master-Anforderung	MASTER16#
Interrupts	IRQ15, 14, 12...9, 7...3
Fehlersignalisierung	IOCHK#
Sonstige Signale	REFRESH#
	RESET
	BCLK
	OSC

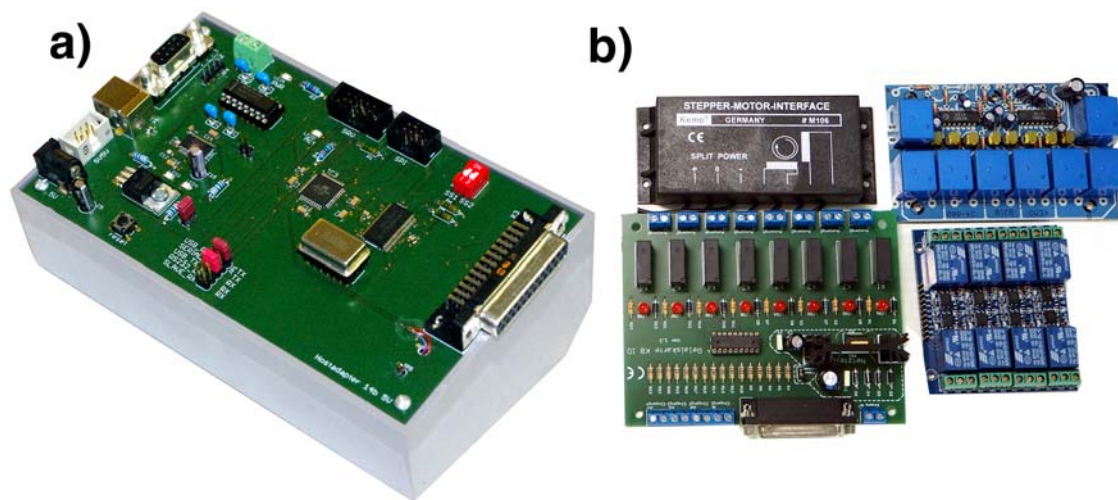
**c) PCI 32 Bits (2.2)**

Daten und Adressierung	AD 31 ... 0
Kommandos und Byteauswahl	C / BE3# ... 0#
Paritätsbit	PAR
Zyklussteuerung	FRAME#
	TRDY#
	IRDY#
	STOP#
	DEVSEL#
Allgemeine Steuerung	IDSEL
	CLK
	RST#
Mastervermittlung	REQ#
	GNT#
Fehlersignalisierung	PERR#
	SERR#
Zugriffssteuerung	LOCK#
Interrupts	INTA#
	INTB#
	INTC#
	INTD#

**Abb. 4.28** Herkömmliche Bussysteme. Überblick über die Bussignale.



**Abb. 4.29** Die Signale der herkömmlichen Parallelschnittstelle (Centronics-Interface).



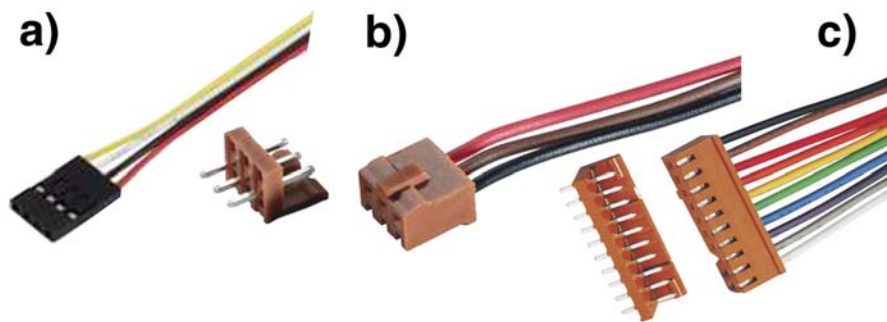
**Abb. 4.30** Dieses Mikrocontrollermodul kann als Hostmaschine programmiert werden, die eine parallele Schnittstelle unterstützt. Rechts einige Module, die man damit ansteuern kann.

## 5. Steckverbinder und Verkabelung

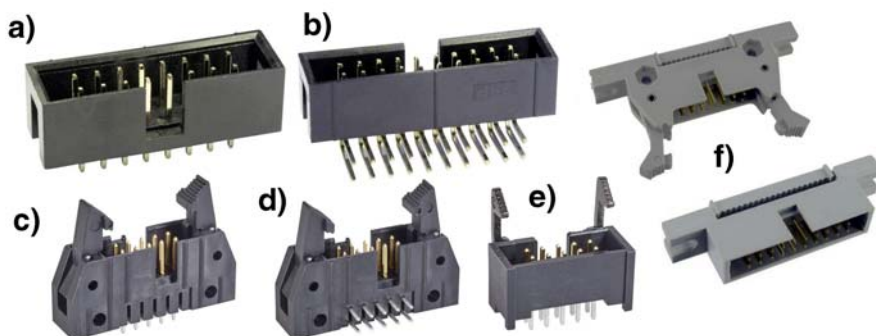
### 5.1 Steckverbinder



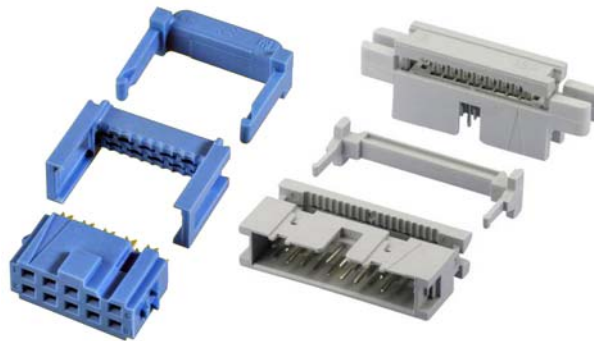
**Abb. 5.1** Einfache Stiftleisten (Pin Headers). a) einreihig, gerade, b) zweireihig, gerade, c) zweireihig, abgewinkelt.



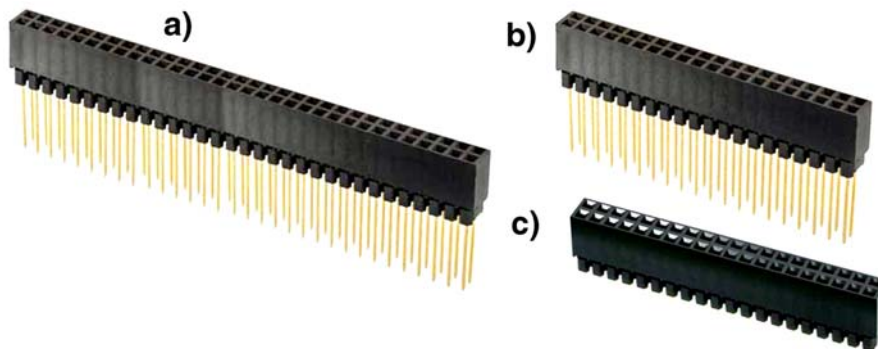
**Abb. 5.2** Vorkonfektionierte Kabel mit Steckverbindern zum Aufstecken auf einfache Stiftleisten. a) ohne, b) mit Verdrehsicherung. Links daneben die zugehörige Stiftleiste. c) Solche Kabel gibt es mit mehreren Leitungen. Bis zu 10 sind typisch.



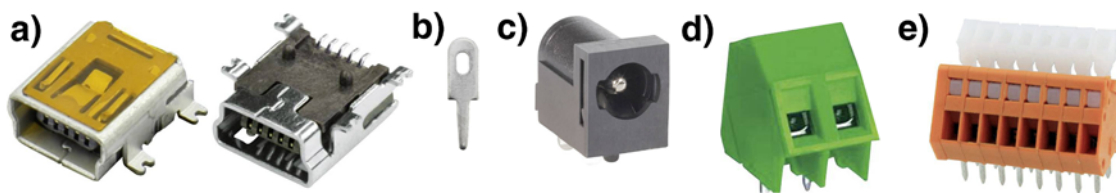
**Abb. 5.3** Wannenstiftleisten (Shrouded Pin Headers, Box Headers). a) gerade, b) abgewinkelt, c) gerade mit Auswurfhebeln, d) abgewinkelt mit Auswurfhebeln, e) gerade mit Verriegelungshebeln, f) mit Flansch.



**Abb. 5.4** Buchsen- und Stiftleisten mit Schneidklemmkontakten (IDC) zum Konfektionieren von Flachbandkabeln.

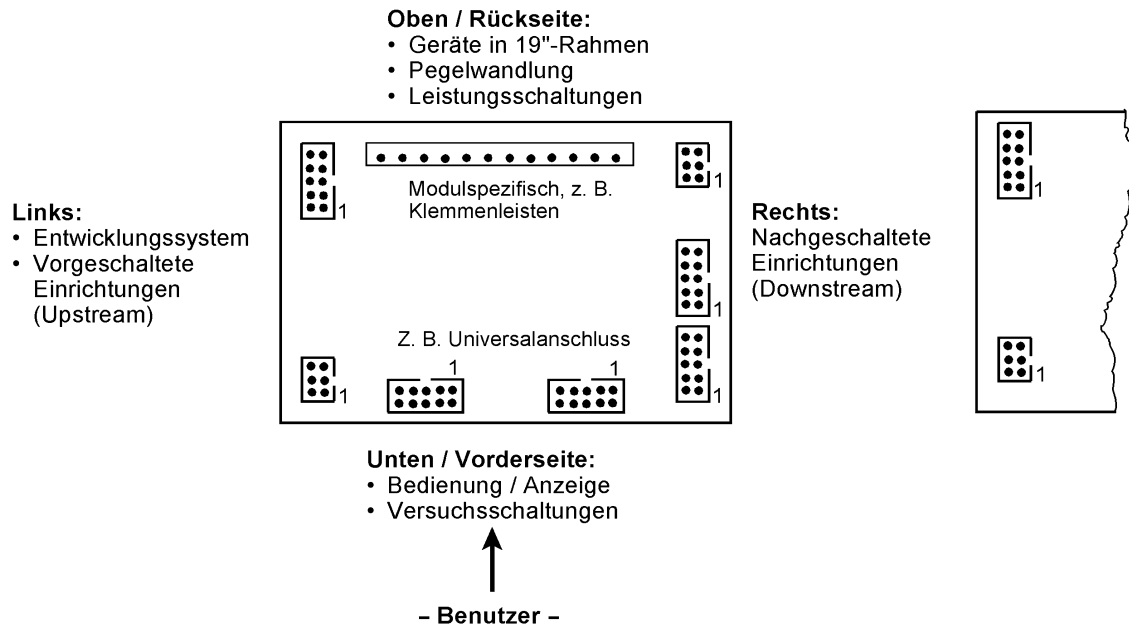


**Abb. 5.5** PC/104-Steckverbinder. a) 64polig, b) und c) 40polig.

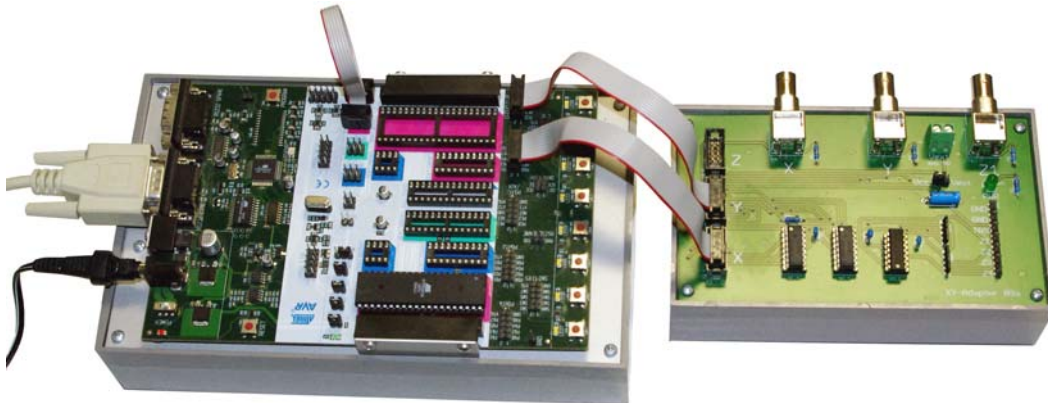


**Abb. 5.6** Eine Auswahl weiterer Steckverbinder. a) USB-Buchse Mini-B. Ansicht von oben und von unten. b) Lötstift (beispielsweise als Masse-Messpunkt). c) Niedervolt-Rundsteckverbinder für Stromversorgungsanschluss. Industriestandard für 5-V-Steckernetzteile: Steckerdurchmesser außen 5,5 mm, innen 2,1 mm. Masse außen, + 5 V innen. d) Schraubklemmenblock 5,08 mm. e) Federkraftklemmenblock 2,54 mm.

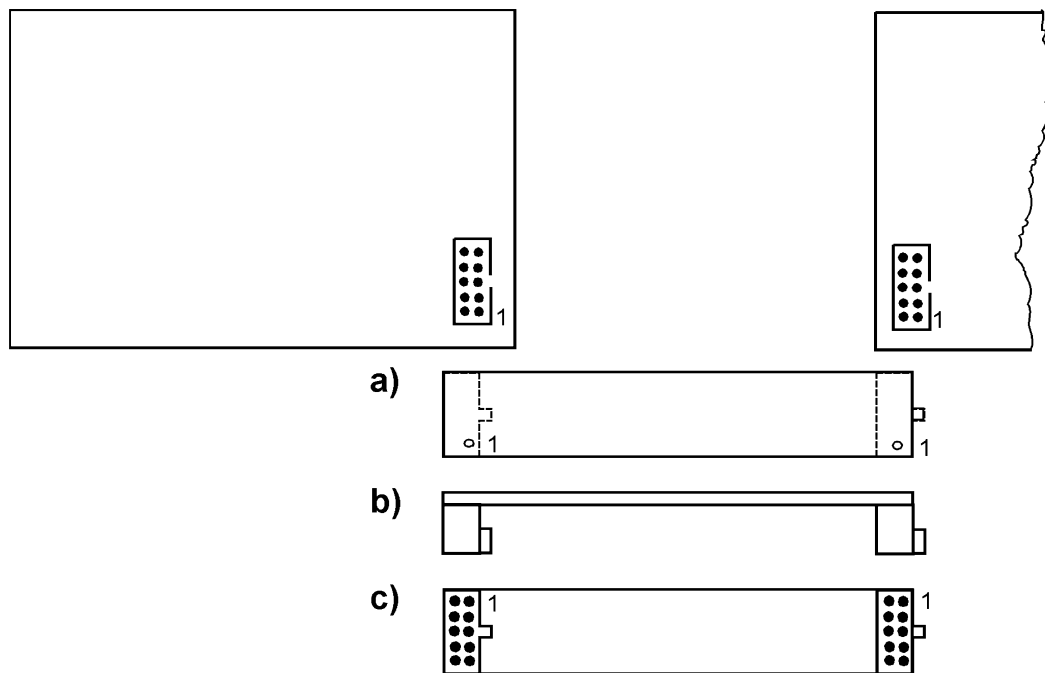
## 5.2 Flachbandkabel



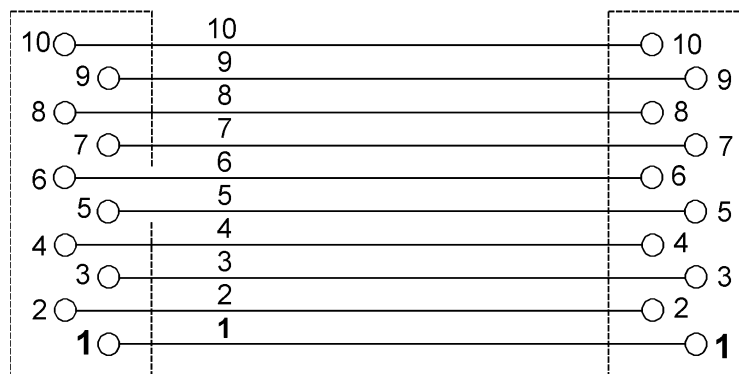
**Abb. 5.7** Die vorzugsweise Gebrauchslage der Module. Vgl. auch Abb. 1.10.



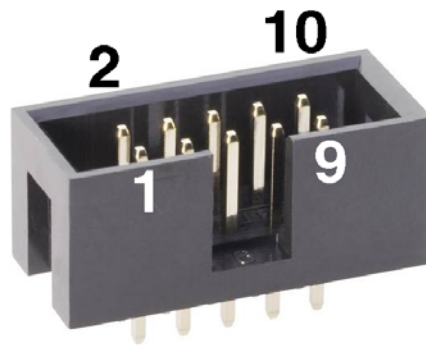
**Abb. 5.8** Ein Starterkit in gleicher Gebrauchslage. Links ist der XY-Adapter 09a angeschlossen, ein weiteres Modul aus dem Modulbaukasten. Damit das Starterkit zu den Modulen passt, wurde es auf ein Teko-Gehäuse montiert. Da diese Platine keine Befestigungsbohrungen aufweist, war eine Sonderlösung erforderlich.



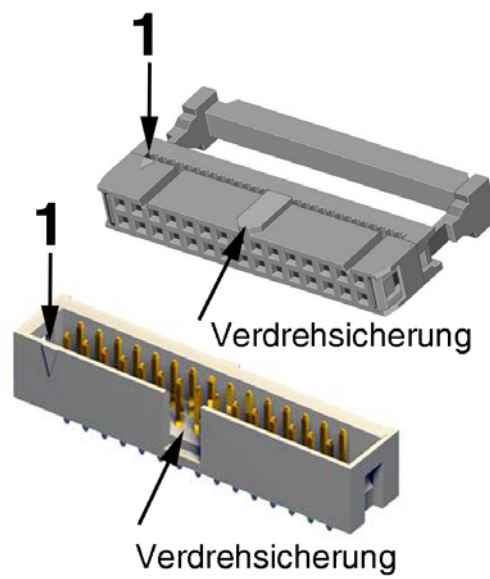
**Abb. 5.9** Wannenstiftheisen und Flachbandkabel. Die Zuordnung und Nummerierung der Kontakte. a) Blick von oben auf das Flachbandkabel. b) Flachbandkabel von der Seite. c) Flachbandkabel umgedreht. Blick auf die Buchsenleisten.



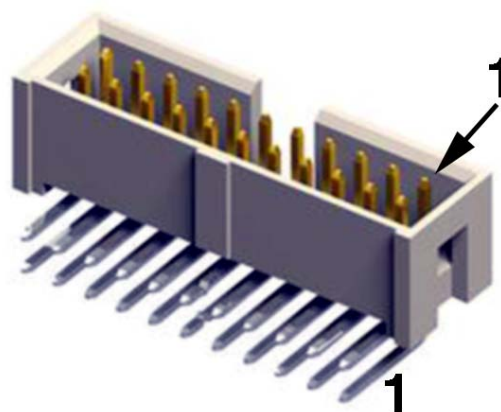
**Abb. 5.10** Ein Flachbandkabel mit zwei Steckern (Buchsenleisten). 1:1-Verbindung, Blick von oben.



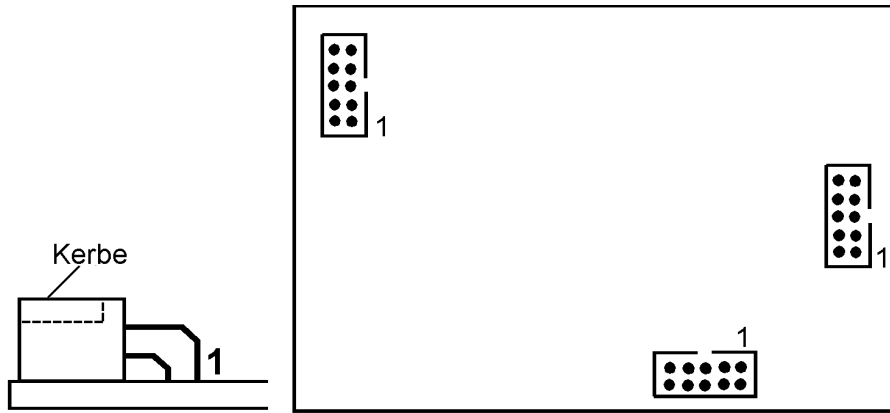
**Abb. 5.11** Eine Wannestiftleiste. Vordere Kontaktreihe mit ungeraden, hintere mit geraden Kontaktnummern.



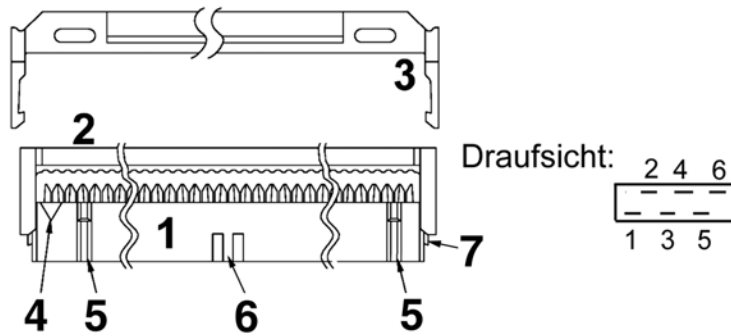
**Abb. 5.12** Buchsenleiste (Stecker) und Wannestiftleiste. Verdrehsicherung und Kennzeichnung von Kontakt Nr. 1.



**Abb. 5.13** Eine abgewinkelte Wannestiftleiste.

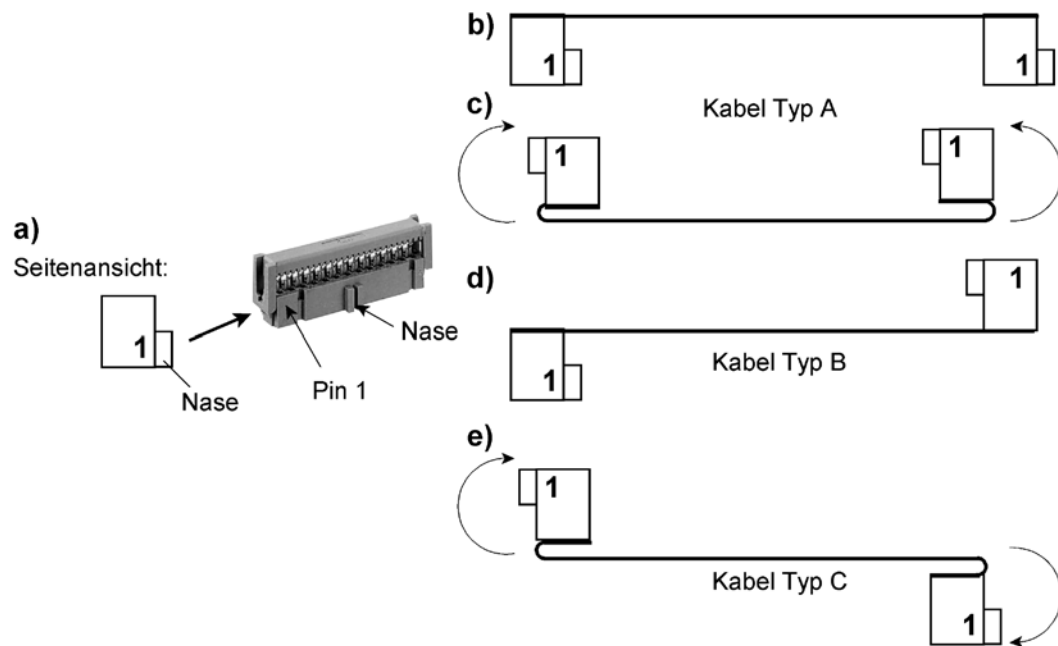


**Abb. 5.14** Abgewinkelte Wannentifteleisten auf Modulen. Pin 1 liegt in der oberen Reihe der abgewinkelten Kontaktstifte. Es passt offensichtlich links und unten, rechts aber nicht.

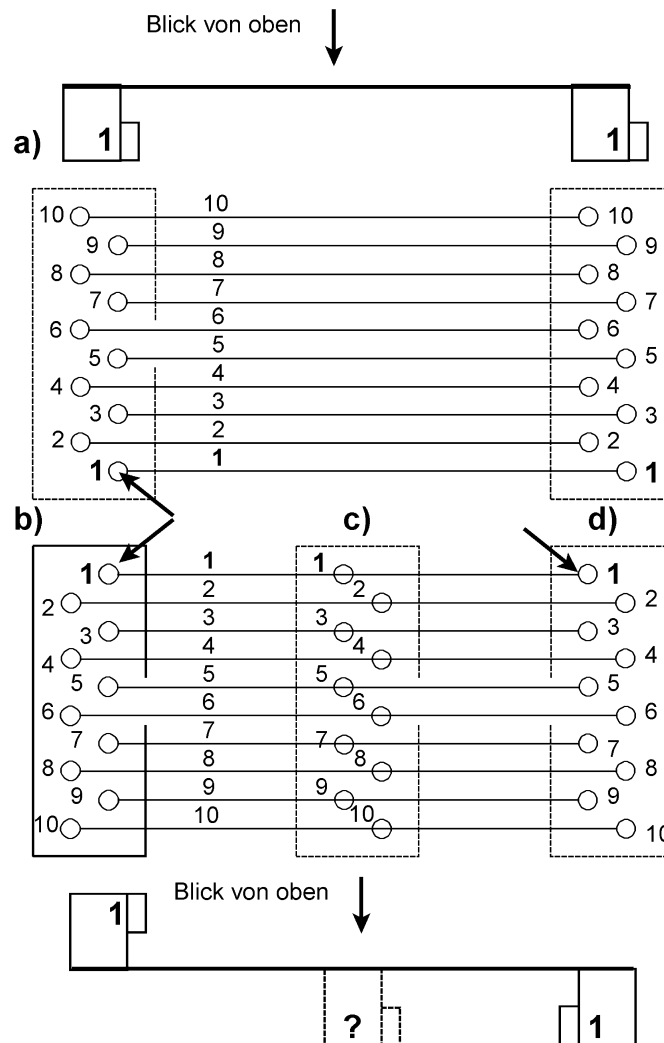


- |                            |          |
|----------------------------|----------|
| 1 Steckverbinder           | 5 Kerben |
| 2 Andruckbügel             | 6 Nase   |
| 3 Zugentlastungsbügel      | 7 Sperre |
| 4 Kennzeichnung des Pins 1 |          |

**Abb. 5.15** Ein IDC-Steckverbinder für Flachbandkabel. Die Kerben 5 und die Nase 6 gewährleisten die Verdrehsicherung. Die Sperre 7 hält den Andruckbügel 2 fest, nachdem er den aufs Kabel gepresst wurde.

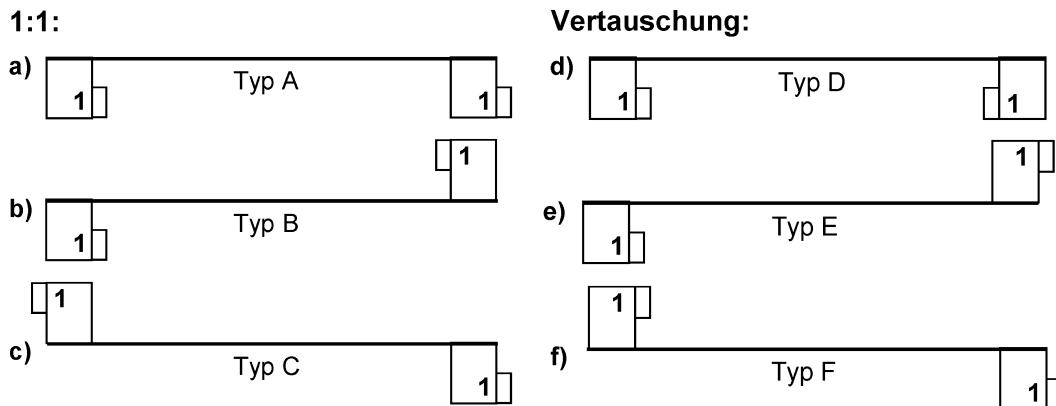


**Abb. 5.16** Konfektionierung von Flachbandkabeln für 1:1-Verbindungen. Zu den Kabeltypen A, B, C vgl. Abb. 5.18.



**Abb. 5.17** Flachbandkabel mit Steckern (Buchsenleisten).

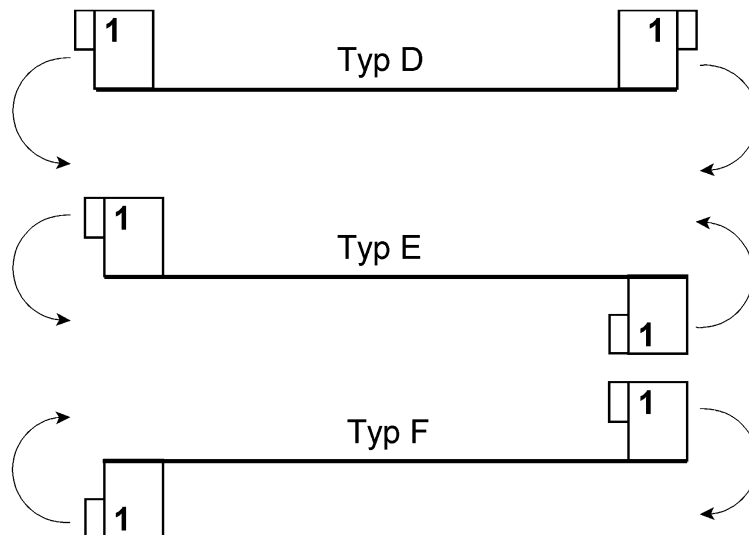
- Die 1:1-Verbindung seitlich und von oben gesehen. Beide Stecker auf derselben Seite des Kabels.
- Das Kabel wurde umgedreht. Der linke Stecker zeigt nach oben. Pin 1 liegt in der äußersten Ecke der Stecker, und zwar auf der Seite mit der Verdrehsicherung. Leitung 1 liegt im Kabel ganz außen.
- Wenn der Stecker so angeschlossen wird, ergibt sich ein Vertauschungsfall. Leitung 1 wird in der anderen Reihe kontaktiert (Vertauschung der geraden mit den ungeraden Kontaktnummern).
- Wenn der Stecker 180° gedreht angeschlossen wird, bekommt Leitung 1 wieder Verbindung zum Kontakt in der äußersten Ecke auf der Seite mit der Verdrehsicherung. Dann ergibt sich wieder die 1:1-Verbindung.



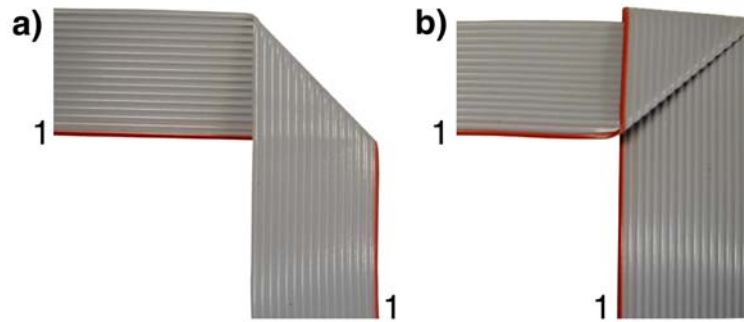
**Abb. 5.18** So können die Stecker an den Enden der Flachbandkabel angebracht werden.

Vertauschungsfälle	Beide Stecker auf derselben Seite	Jeder Stecker auf der jeweils anderen Seite
1:1. Keine Vertauschung	Nasen in gleiche Richtung. Abb. 5.18a	Nasen einander entgegengesetzt. Abb. 5.18b, c
Vertauschen der geraden und ungeraden Kontaktnummern	Nasen einander entgegengesetzt. Abb. 5.18d	Nasen in gleiche Richtung. Abb. 5.18e, f

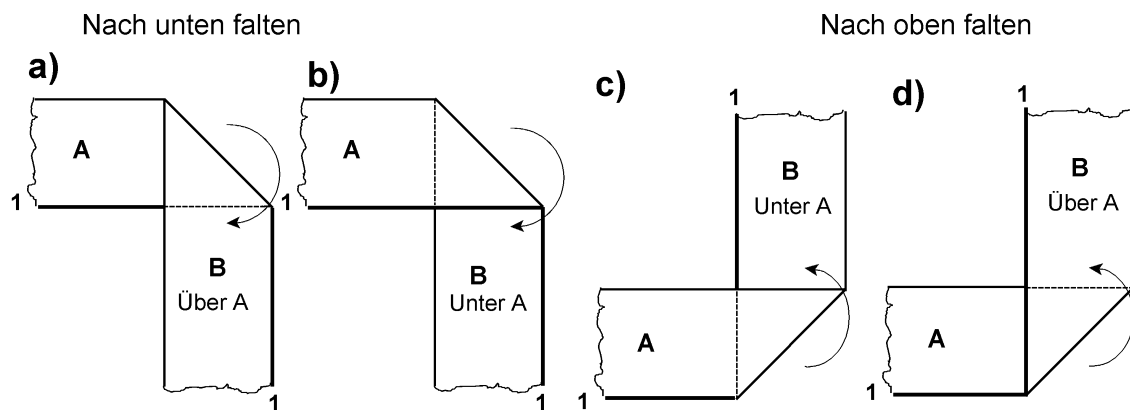
**Tabelle 5.1** Die Vertauschungsfälle.



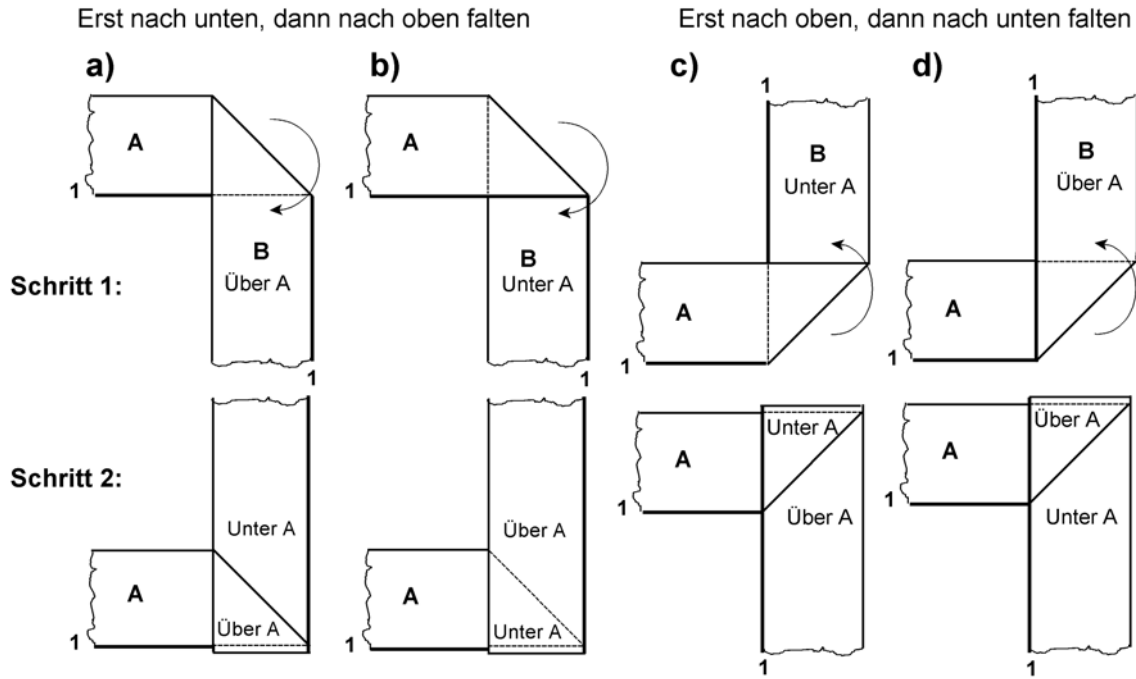
**Abb. 5.19** So werden die Kabeltypen D, E, F mit Zugentlastung konfektioniert.



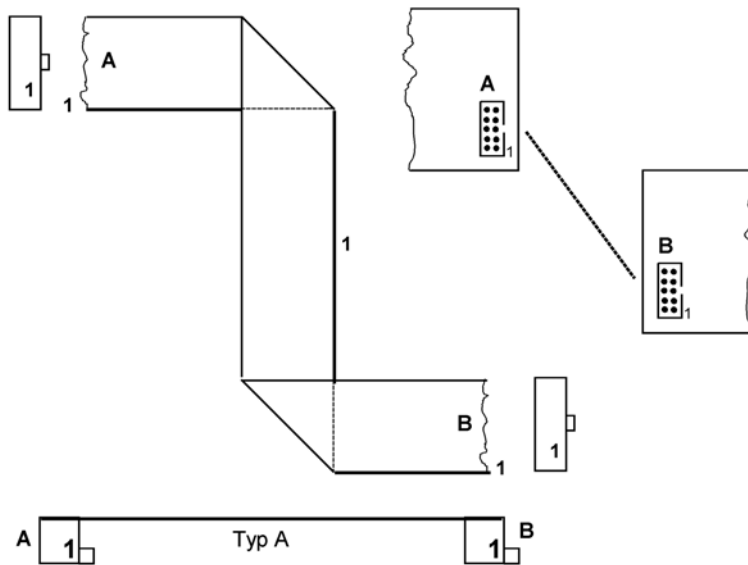
**Abb. 5.20** Gefaltete Flachbandkabel. a) einfach. b) doppelt.



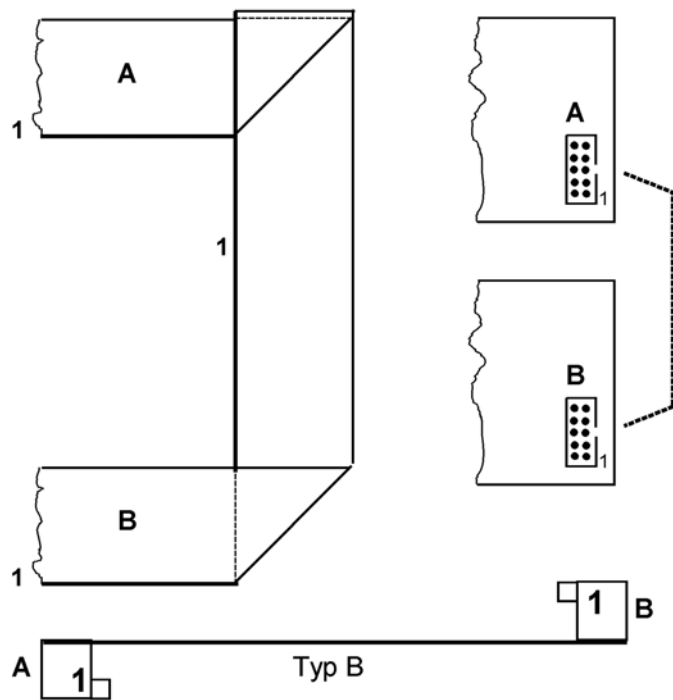
**Abb. 5.21** Einfach gefaltete Flachbandkabel. Das Kabel kommt von links und wird nach unten oder oben im Winkel von 90° geknickt.



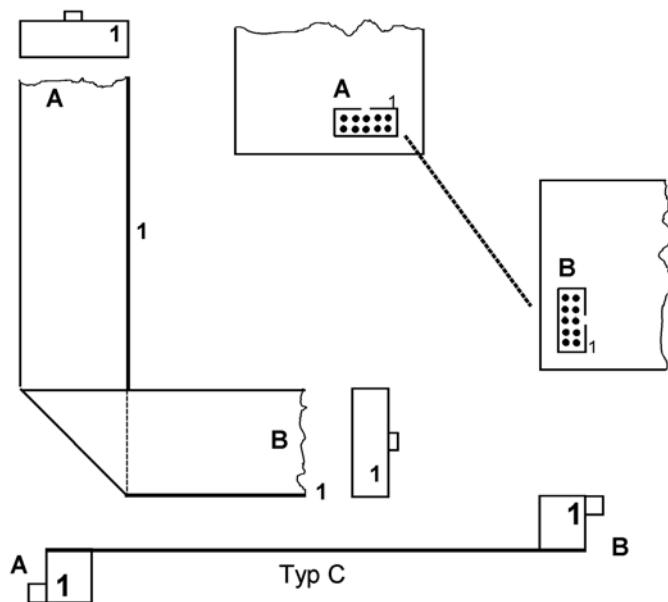
**Abb. 5.22** Doppelt gefaltete Flachbandkabel. Die gemäß Abb. 5.21 gefalteten Kabel werden nochmals gefaltet.



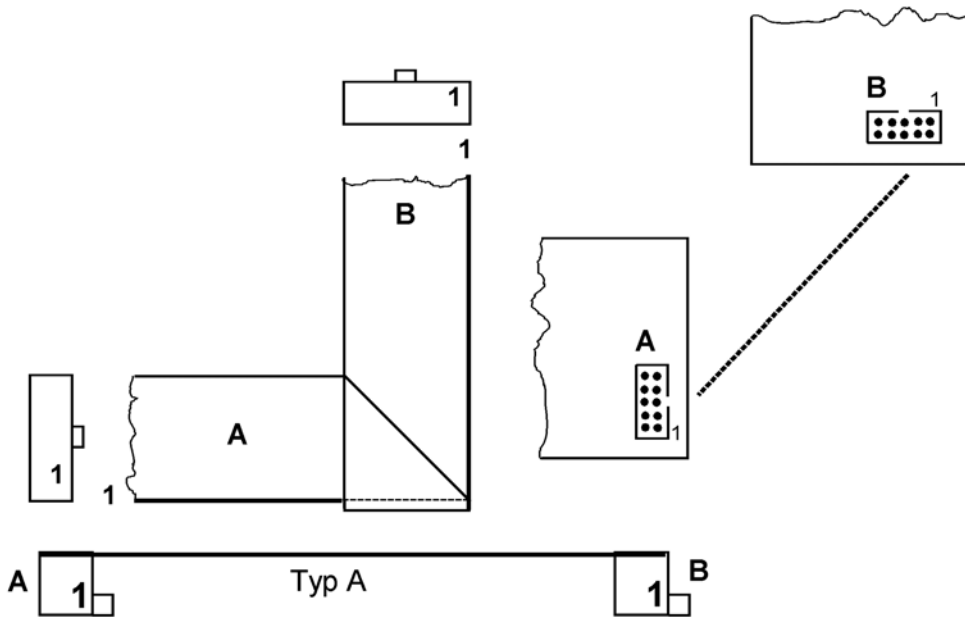
**Abb. 5.23** Von einem Modul A zu einem nachgeschalteten Modul B. Konfiguration wie in den Abb. 5.7 und 5.9, nur versetzt.



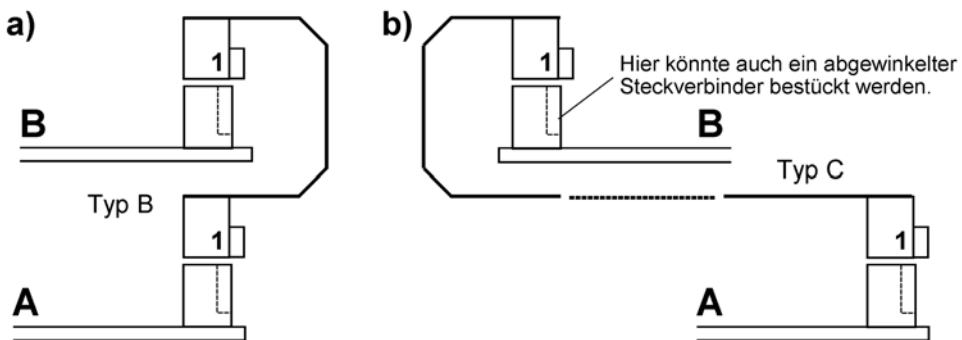
**Abb. 5.24** Von einem Modul A zu einem Modul B darunter. Beispiel: zwei Mikrocontrollermodule, eines als Experimentierplattform, das andere als Peripherienachbildung bzw. Tester. Erfordert eine doppelte und eine einfache Faltung sowie ein Kabel mit Steckern auf beiden Seiten.



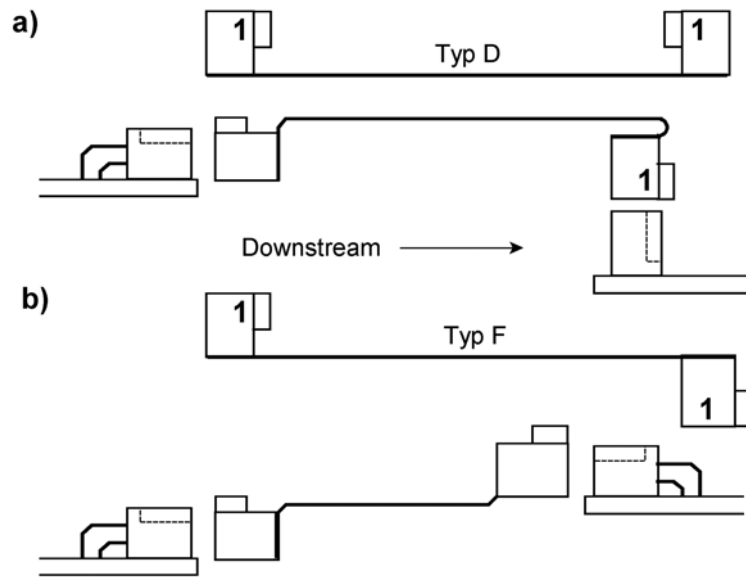
**Abb. 5.25** Von einem Universalanschluss an der unteren Kante zu einem nachgeschalteten Modul. Eine einfache Faltung genügt, das Kabel muss aber Stecker auf beiden Seiten haben.



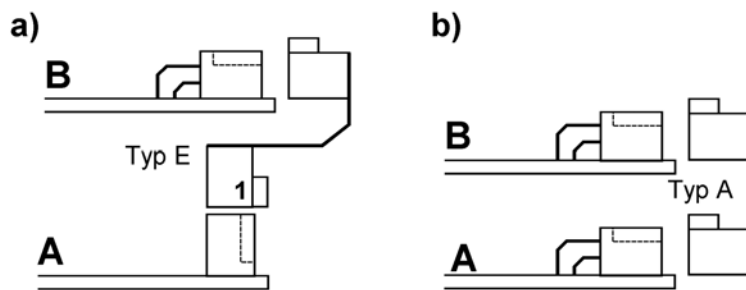
**Abb. 5.26** Von einem vorgeschalteten Modul zu einem Universalanschluss an der unteren Kante. Dies erfordert ein einfaches 1:1-Kabel, aber eine doppelte Faltung.



**Abb. 5.27** Von einem Modul A zu einem darüber gestapelten Modul B. a) beide Steckverbinder rechts, b) Steckverbinder oben links (Downsteram) und unten rechts. In beiden Fällen braucht man 1:1-Kabel mit Steckern auf beiden Seiten.

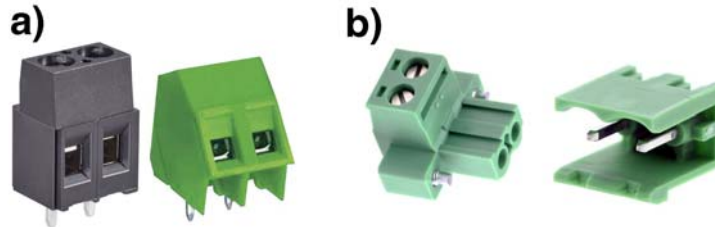


**Abb. 5.28** Abgewinkelte Wannensteckverbinder für Downstream-Anschlüsse. Diese Kabel gewährleisten die 1:1-Verbindung gemäß dem Anschlussschema (Footprint) auf den Platinen. Die Kabelführung richtet sich nach dem Steckverbinder auf der Downstream-Platine. a) gerade, b) abgewinkelt.

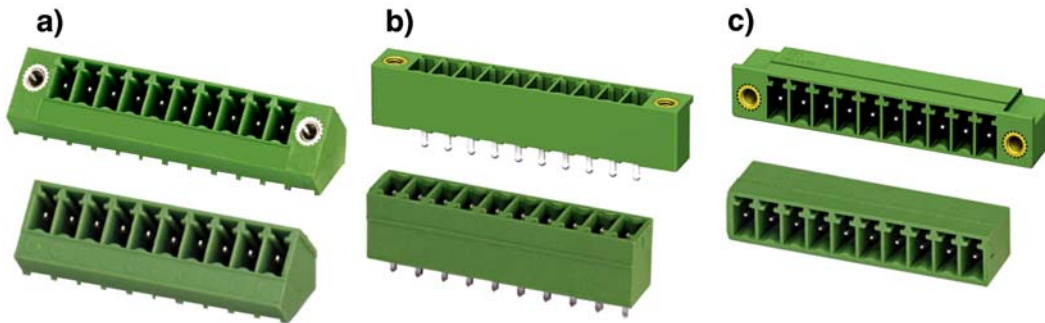


**Abb. 5.29** Abgewinkelte Wannensteckverbinder auf gestapelten Modulen. a) abgewinkelt und gerade, b) zweimal abgewinkelt. Diese Bestückung ermöglicht einen geringeren Abstand zwischen den Platinen.

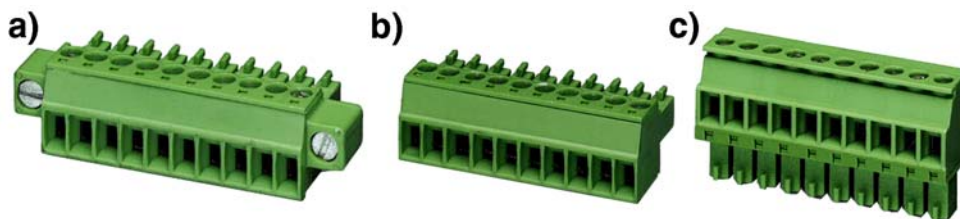
### 5.3 Klemmenleisten



**Abb. 5.30** Stromversorgungsanschlüsse 5,08 mm. a) Schraubklemmen, b) zweiteiliger Anschlussklemmenblock (Phoenix Contact). Steckverbindung verdrehsicher. Es gibt Typen mit und ohne Schraub- oder Gewindeflansch.



**Abb. 5.31** Leiterplattengrundgehäuse (Grundleisten). Hier 10polig mit und ohne Gewindeflansch. Vgl. Tabelle 5.2.



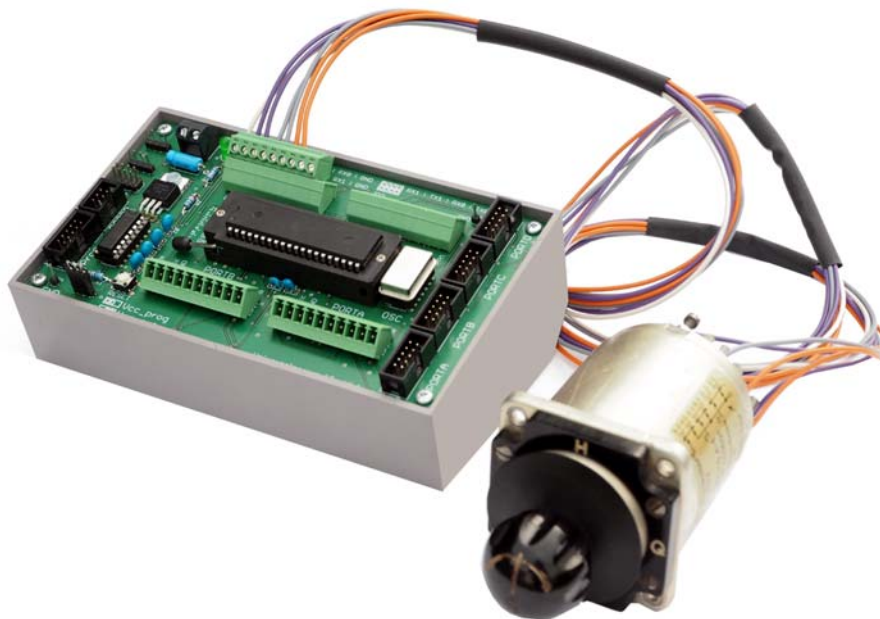
**Abb. 5.32** Leiterplattenstecker. Hier 10polig. Vgl. Tabelle 5.2.

Art	Ausführung	Katalogbezeichnung
Steckfassungen (zum Einlöten)	Leiterplattengrundgehäuse (Grundleiste, Base Strip) abgeschrägt (Abb. 5.31a)	SMC 1,5/10-GF-3,81 - 1827509* SMC 1,5/10-G-3,81 - 1827350
	Leiterplattengrundgehäuse vertikal (Abb. 5.31b)	MCV 1,5/10-GF-3,81 - 1830677* MCV 1,5/10-G-3,81 - 1803507
	Leiterplattengrundgehäuse horizontal (Abb. 5.31c)	MC 1,5/10-GF-3,81 - 1827949* MC 1,5/10-G-3,81 - 1803358

Art	Ausführung	Katalogbezeichnung
Steckbare Schraubklemmen	Leiterplattenstecker (Printed-circuit board connector) mit verschraubbarem Flansch (Abb. 5.32a)	MC 1,5/10-STF-3,81 - 1827787
	Leiterplattenstecker (Abb. 5.32b)	MC 1,5/10-ST-3,81 - 1803659
	Leiterplattenstecker (Abb. 5.32c)	MCVR 1,5/10-ST-3,81 - 1827208

\*: GF= mit, G= ohne Gewindeflansch.

**Tabelle 5.2** Klemmenleisten mit steckbaren Schraubklemmen. Typenbeispiele 10poliger Steckfassungen und Schraubklemmen (nach Phoenix Contact).



**Abb. 5.33** Die Schraubklemmen ermöglichen es, auf einfachste Weise auch ungewöhnliche Einrichtungen anzuschließen – und zwar so, dass es hält. Hier ist es ein historischer Joystick. Dessen Betätigung kann beispielsweise über ein Bedienterminal oder einen Personalcomputer angezeigt werden.