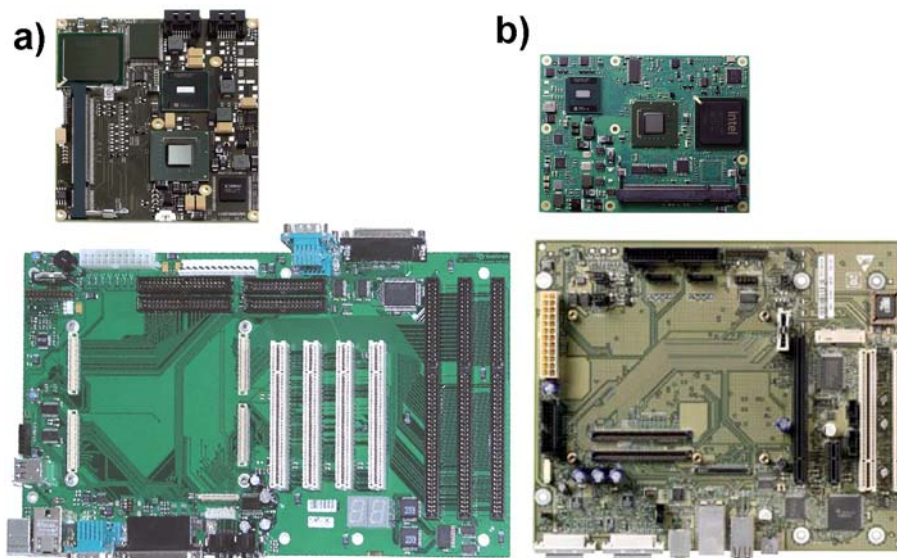


## 2. Bauweisen und Formfaktoren

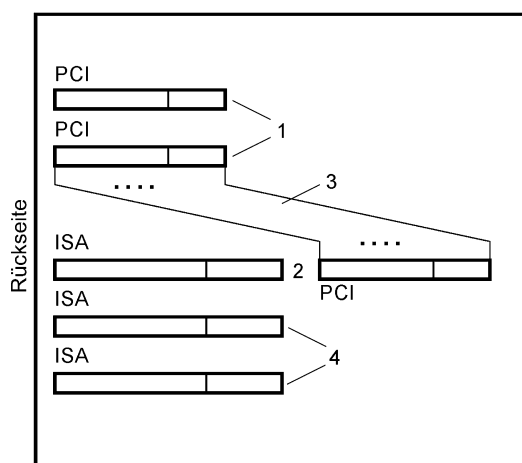
### 2.1 Die Mikrocontrollerplattform



**Abb. 2.1** Eine Hauptplatine. Hier ein Motherboard für Industrie-PCs im Formfaktor ATX.



**Abb. 2.2** CoM-Module (oben) und Basisplatinen (darunter). a) ETX (Kontron); b) COM Express (RadiSys). Die Angebote der CoM-Hersteller haben den Charakter von Starterkits. Die Personalcomputerschnittstellen (vgl. die Steckkarten-Slots) dienen aber nur zum Üben und Experimentieren. Eigenentwicklungen enthalten stattdessen anwendungsspezifische Schaltungen.

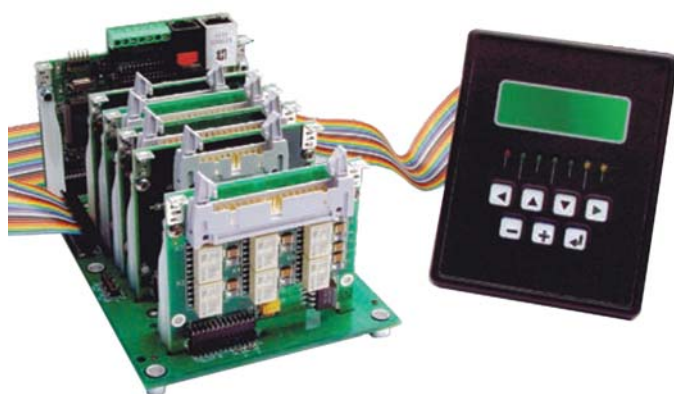


- 1 PCI-Slots
- 2 SBC-Slot (ISA + PCI)
- 3 PCI-Signalwege
- 4 ISA-Slots

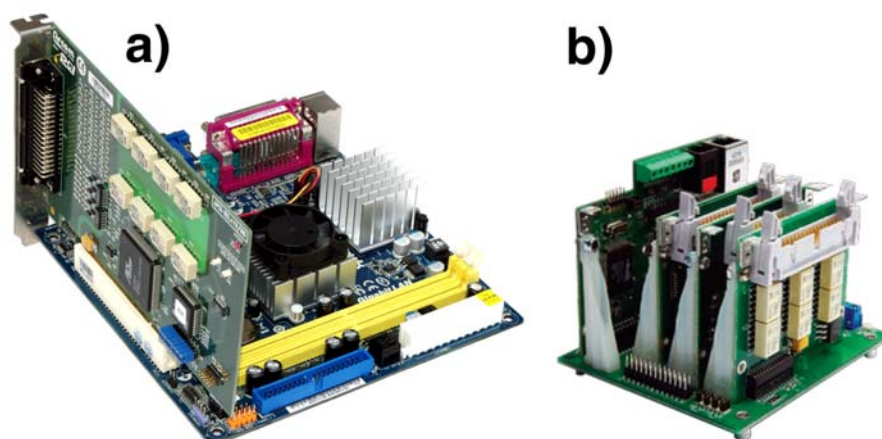
**Abb. 2.3** Der grundsätzliche Aufbau einer ISA/PCI Passive Backplane nach PICMG. Der eigentliche Computer (SBC = Single Board Computer) wird in den Slot 2 eingesteckt.



**Abb. 2.4** Beispiel einer passiven Busplatine nach PICMG. Zwei SBC-Slots ermöglichen eine flexible Bestückung. Die SBCs haben eine beträchtliche Bauhöhe. Sie überdecken wenigstens noch einen benachbarten Slot. Steckt der SBC im unteren Slot, so überdeckt er den ISA-Slot darunter, lässt aber alle PCI-Slots frei, steckt er im oberen Slot, überdeckt er den PCI-Slot darüber, lässt aber zwei ISA-Slots frei.



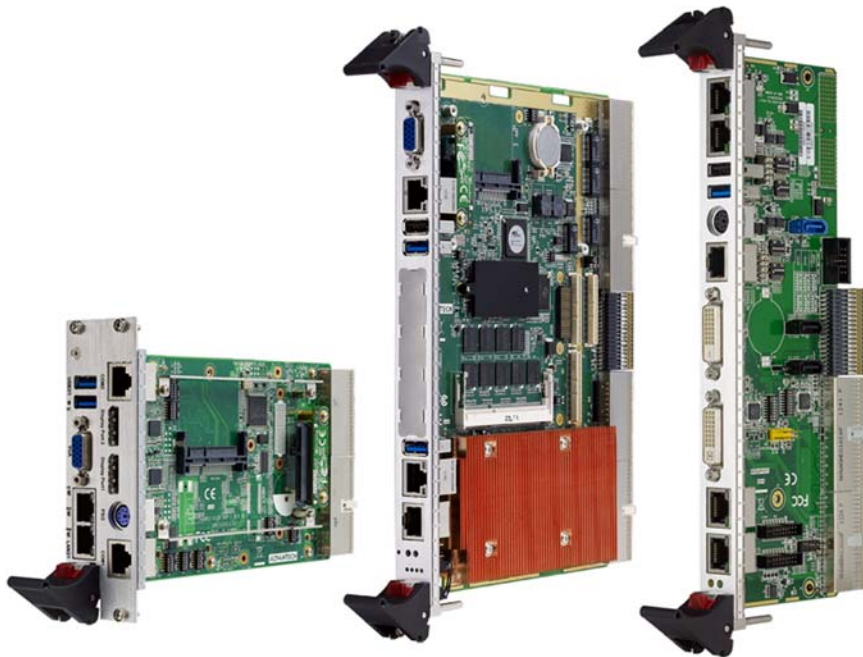
**Abb. 2.5** Ein Modulsystem zum Lernen, Experimentieren usw. auf Grundlage einer passiven Busplatine.



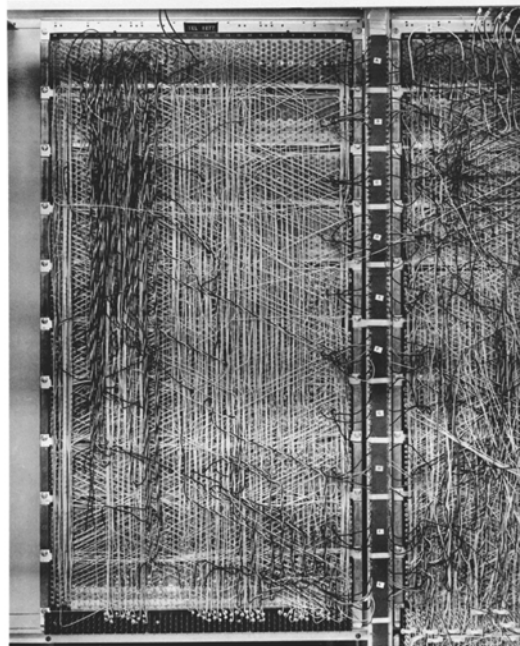
**Abb. 2.6** Befestigungsprobleme. a) Eine Steckkarte in einem Motherboard. Von selbst wird sie nicht halten, vor allem dann, wenn die Interfacekabel angesteckt sind. b) Im Modulsystem gemäß Abb. 2.5 gibt es eigens Führungsschienen, die verhindern, dass Module herausfallen oder gegeneinander schlagen.



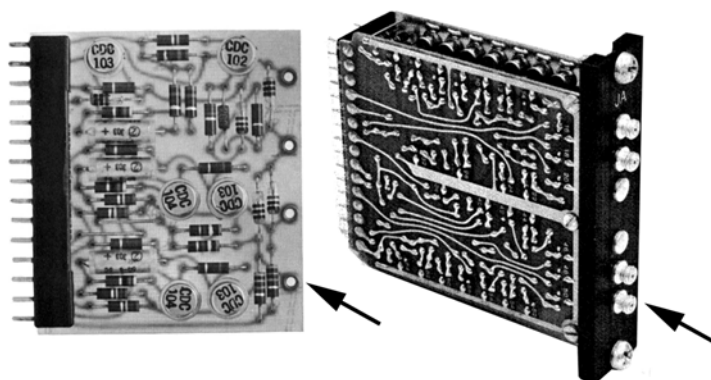
**Abb. 2.7** Ein System, das auf dem VME-Bus beruht.



**Abb. 2.8** Module für Compact-PCI-Systeme. a) ein PC im Formfaktor 3 HE, b) ein PC im Formfaktor 6 HE, c) ein ergänzendes E-A-Modul.



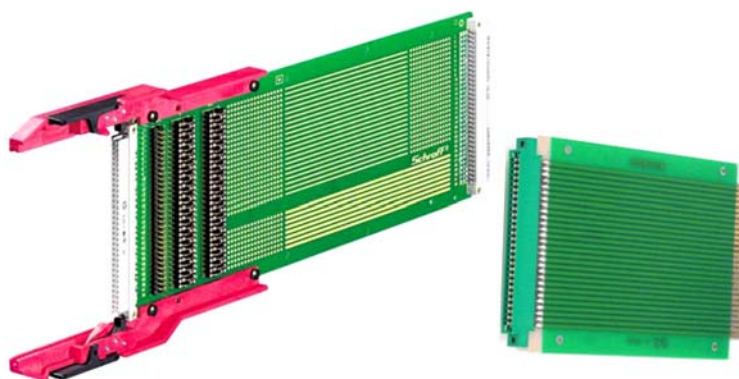
**Abb. 2.9** Die Rückverdrahtung eines Rahmens (IBM).



**Abb. 2.10** Steckkarten mit Digitalschaltungen (Control Data Corporation). Links eine einfache Leiterplatte, rechts ein sog. Cordwood-Modul. Zwei Platinen übereinander, die Transistoren und Widerstände dazwischen. Die Pfeile zeigen auf Messpunkte am Rand.



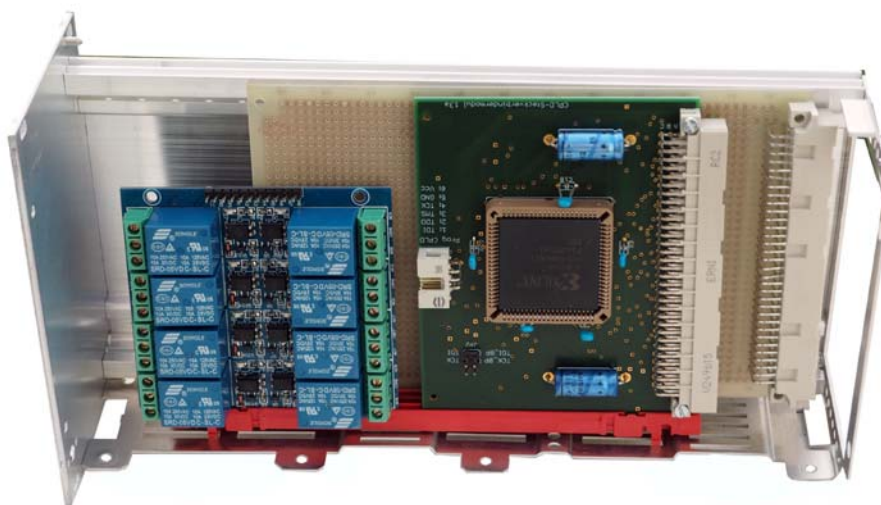
**Abb. 2.11** Steckkarten mit Schaltkreisen. Eine solche Leiterplatte enthält zumeist eine komplette Funktionseinheit.



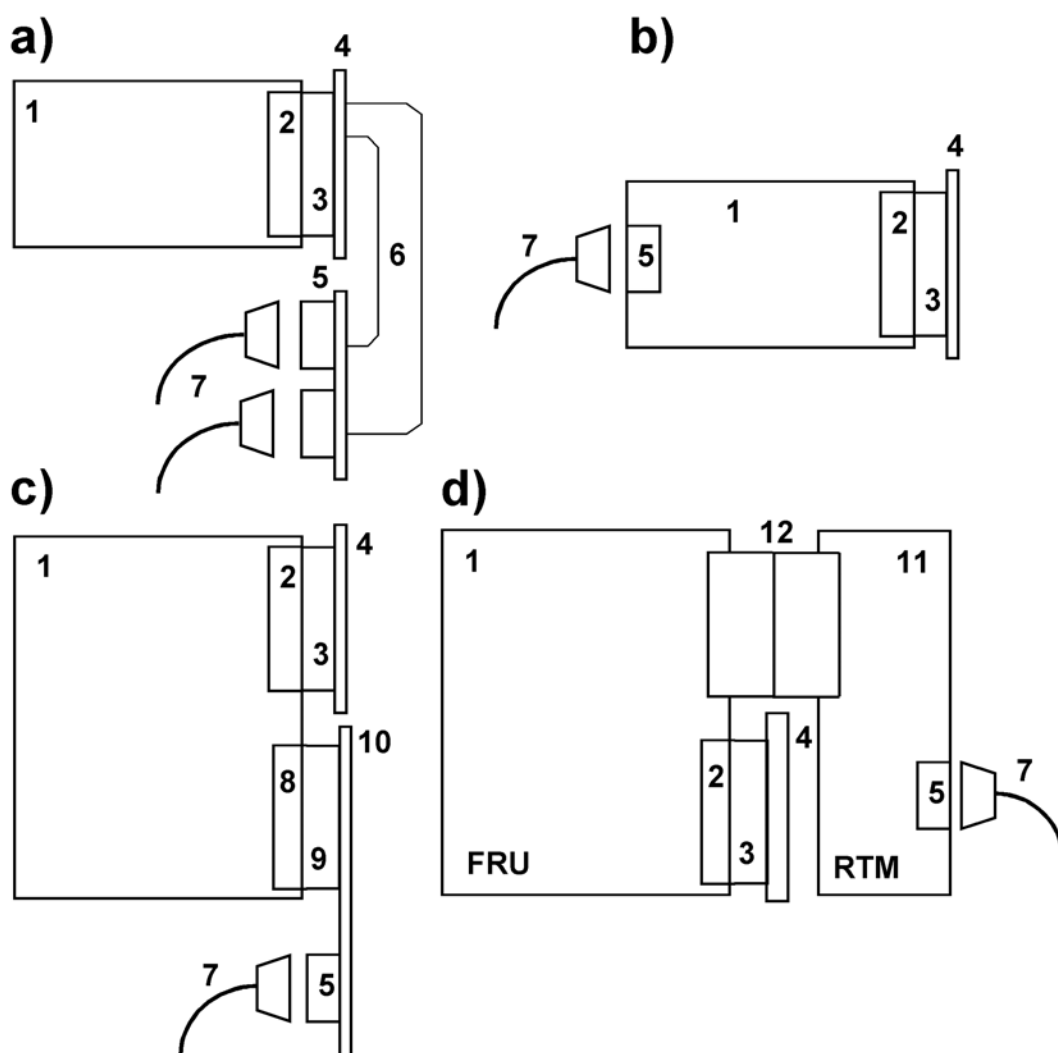
**Abb. 2.12** Adapterkarten (Extender) zum Messen (Schroff, Vector Electronics).



**Abb. 2.13** Leiterplatte mit Frontplatte (MEN GmbH).

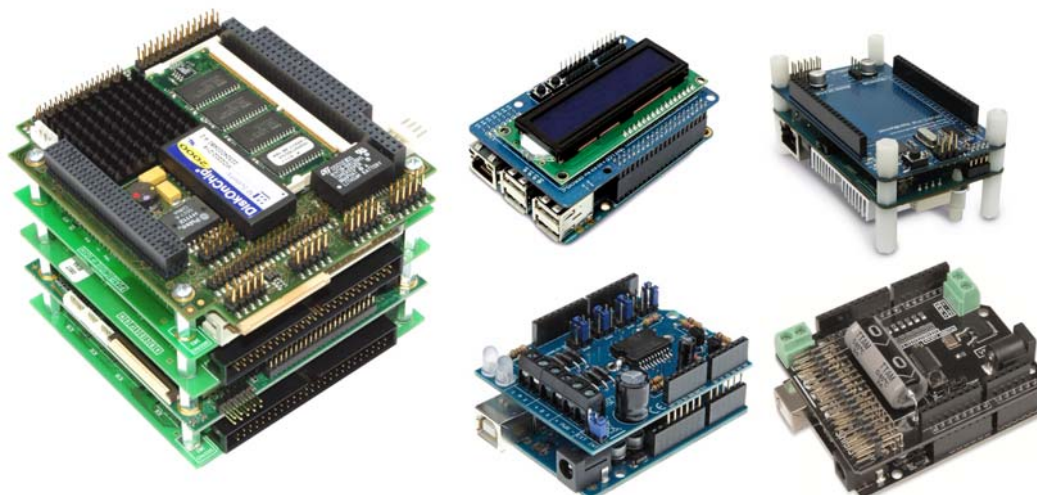


**Abb. 2.14** Dieser Blick in eine Kassette zeigt, dass sie sowohl Leiterplatten im entsprechenden Formfaktor (hier: 3 HE) als auch beliebige andere Funktionseinheiten aufnehmen kann. Eine Steckkassette (geöffnet) mit Leiterplatten.

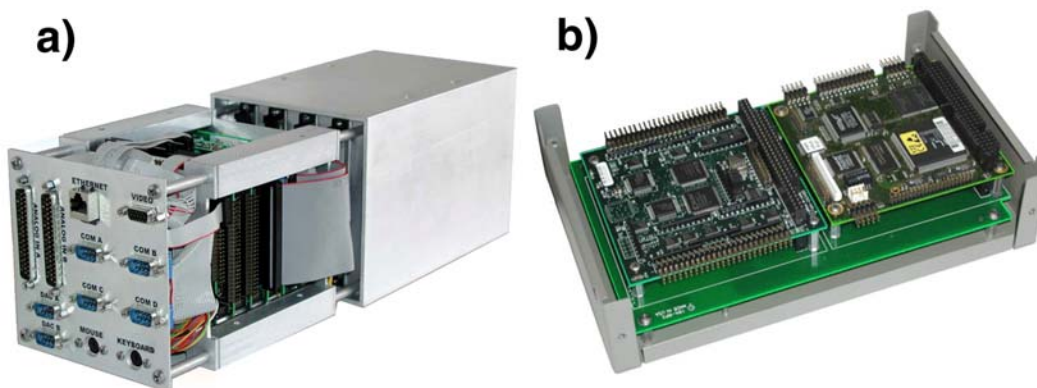


- |                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Steckkarte                    | 7 Interfacekabel o. Feldverkabelung |
| 2 Kartensteckverbinder System*  | 8 Kartensteckverbinder E-A          |
| 3 Fester Steckverbinder System* | 9 Fester Steckverbinder E-A         |
| 4 Backplane System*             | 10 Backplane E-A                    |
| 5 E-A-Steckverbinder            | 11 Erweiterungsplatine              |
| 6 E-A-Signalwege                | 12 RTM-Steckverbinder               |
- \*: Systembus oder Rückverdrahtung.

**Abb. 2.15** E-A-Anschlüsse in Einschubsystemen.



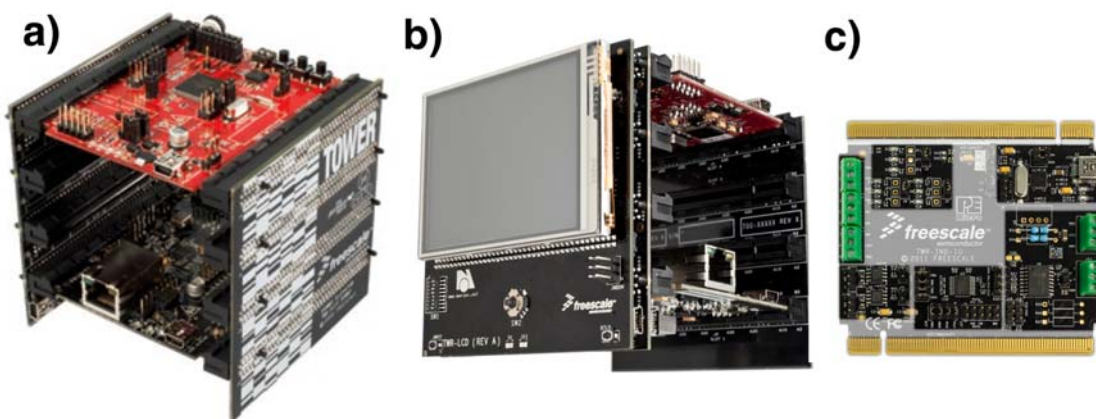
**Abb. 2.16** Übereinander gestapelte Module. Links PC/104, rechts eine kleine Auswahl aus dem Angebot der Module zum Basteln und Experimentieren.



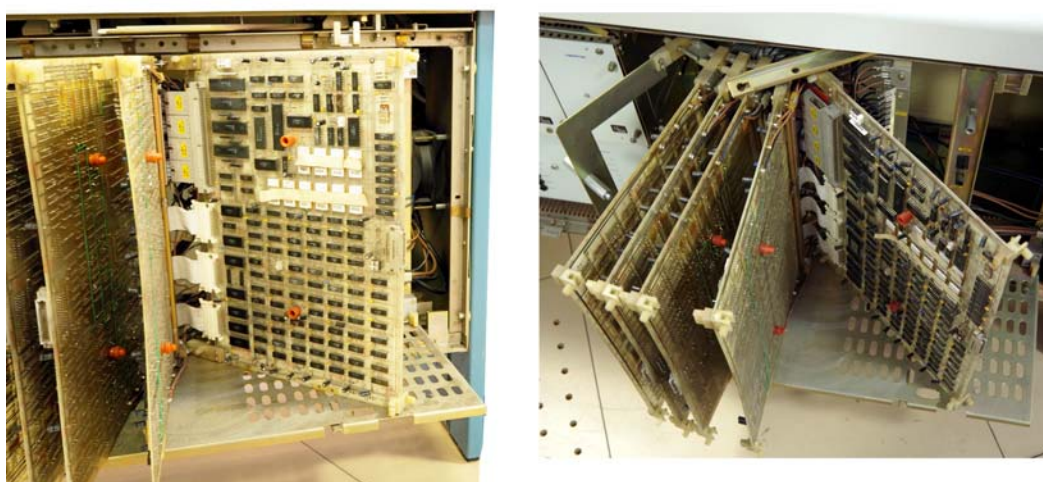
**Abb. 2.17** Anwendungssysteme mit PC/104-Modulen (Advantech). a) Man beachte die vielen Flachbandkabel. Wie lange wird es wohl dauern, eine Leiterplatte auszuwechseln? b) Hier hat man die Module nebeneinander auf eine Basisplatine gesteckt. Das ergibt eine übersichtlichere Verkabelung.



**Abb. 2.18** Der Prozessorkern eines Mainframes (Amdahl). Links der fertig montierte Turm, rechts eine der Leiterplatten. Eine Leiterplatte trägt etwa 200 hochintegrierte Schaltkreise, jeder mit eigenem Kühlkörper. Der weiße Pfeil soll andeuten, dass im Betrieb Kühlluft durch den Stapel geblasen wird.



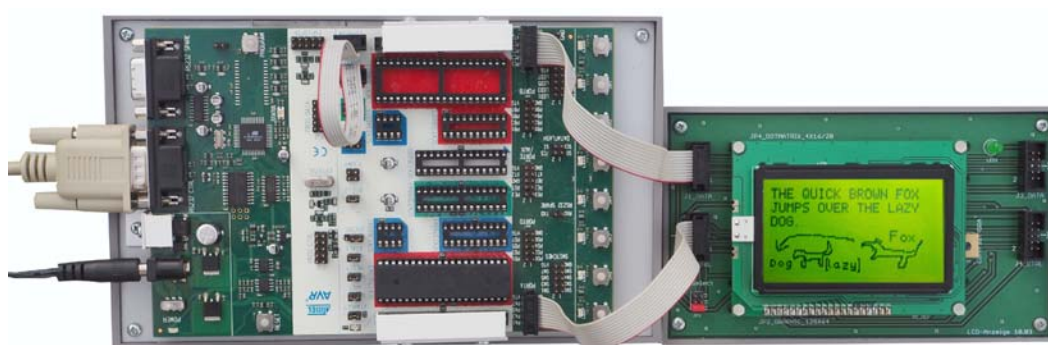
**Abb. 2.19** Ein Mikrocontroller-Experimentiersystem in Turmbauweise (Freescale / NXP). a) Gesamtansicht; b) ein Turm mit vorgehängter LCD-Anzeige; c) eine Leiterplatte.



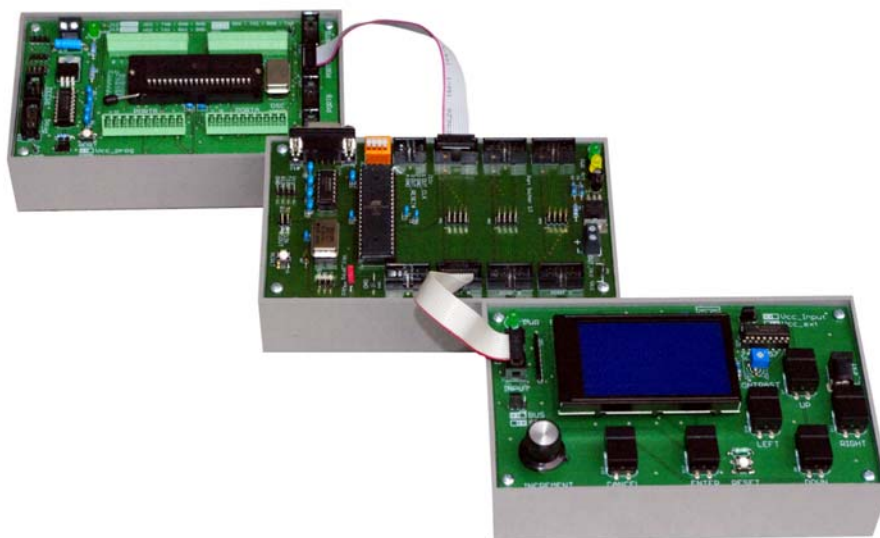
**Abb. 2.20** Die Elektronik dieses Gerätes ist auf großen Leiterplatten untergebracht, die wie ein Buch aufgeklappt werden können (auch im laufenden Betrieb).



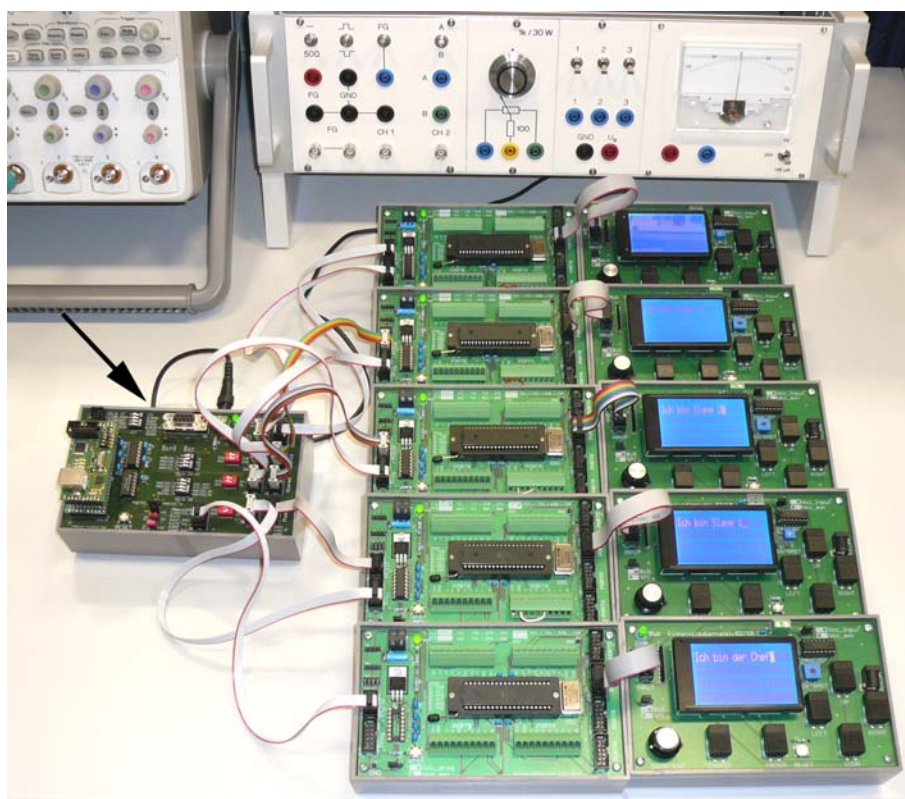
**Abb. 2.21** Zwei Module nebeneinander.



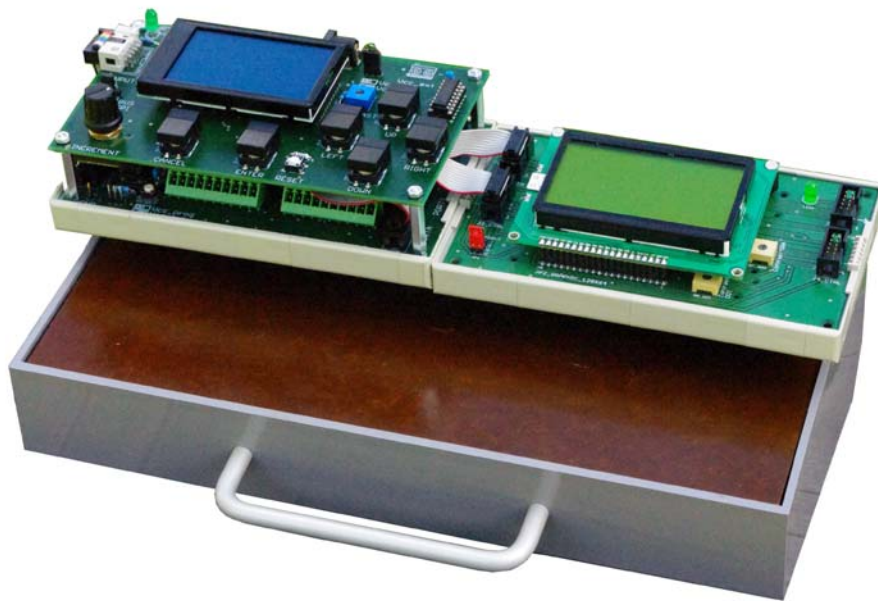
**Abb. 2.22** Die Module passen auch gut zu handelsüblichen Starterkits.



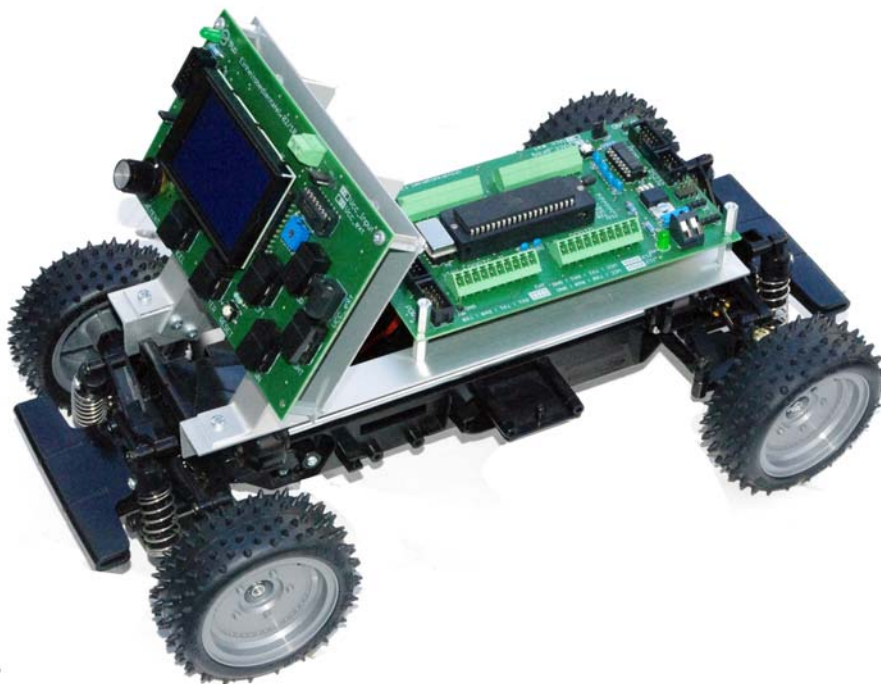
**Abb. 2.23** Drei Module in versetzter Aufstellung. Alle Verbindungen sind 1:1-Verbindungen. Um Verdrehungen usw. auszugleichen, verwenden wir Flachbandkabel, die etwas länger sind.



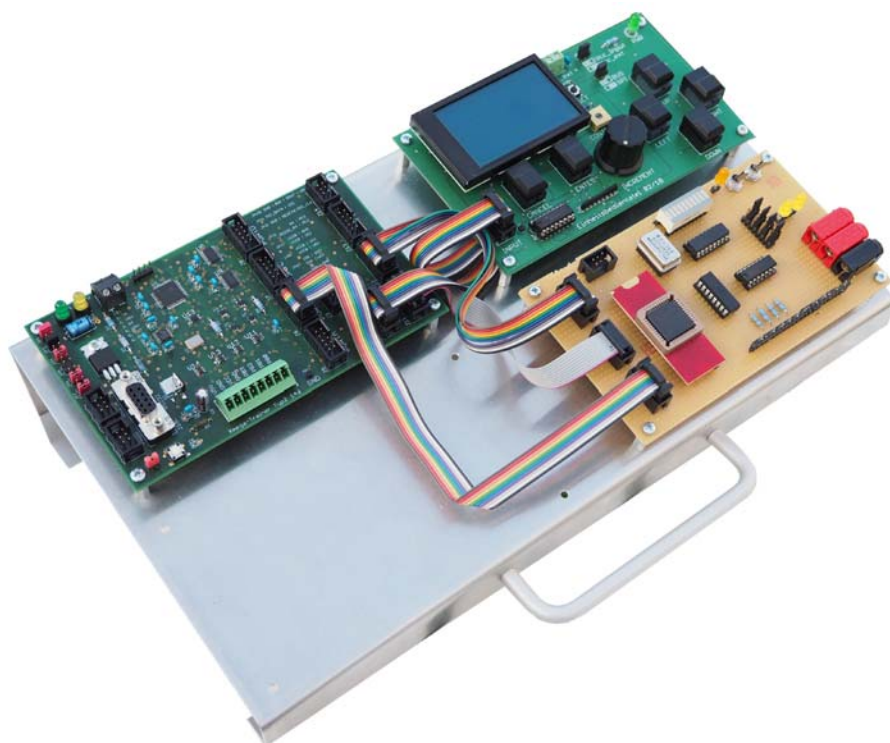
**Abb. 2.24** Dieser Demonstrationsaufbau besteht aus 11 Modulen. Betriebsspannungszuführung über das Verteilermodul (Pfeil).



**Abb. 2.25** Module auf einer DIN-Hutschiene. Links sind zwei Module übereinandergestapelt.



**Abb. 2.26** Module als OEM-Baugruppen auf einem Fahrzeugmodell.

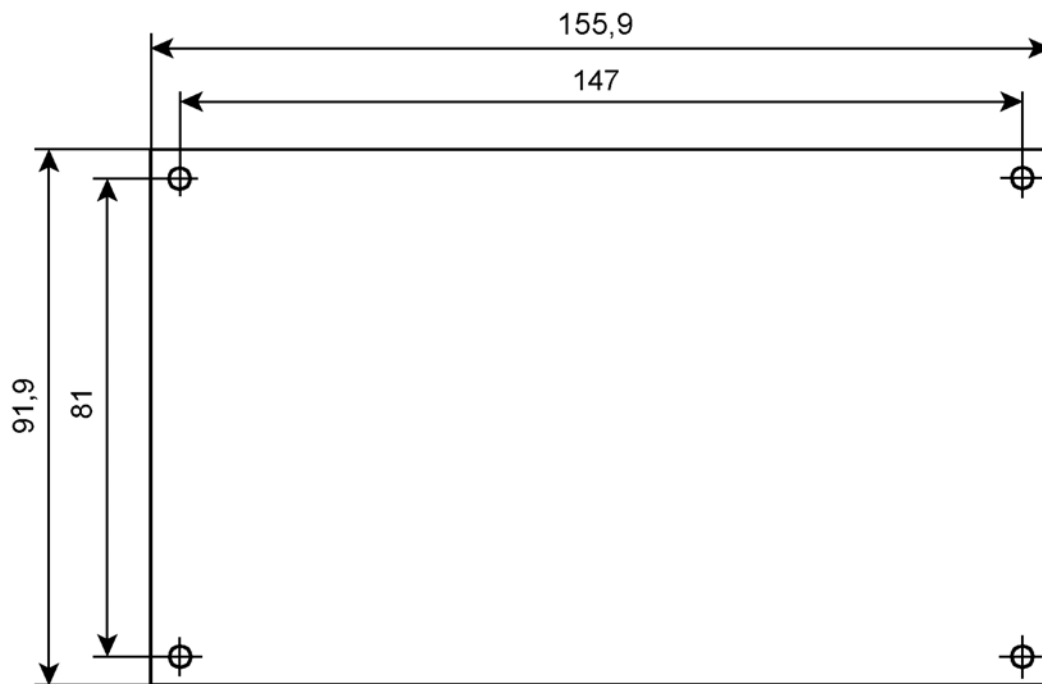


**Abb. 2.27** Dieses Chassis kann vier Module aufnehmen. Die Platine rechts unten ist eine Versuchsschaltung. Oftmals kann man die Kabel so verlegen, dass es nach etwas aussieht. Hierzu genau auf Länge konfektionieren und passend falten...

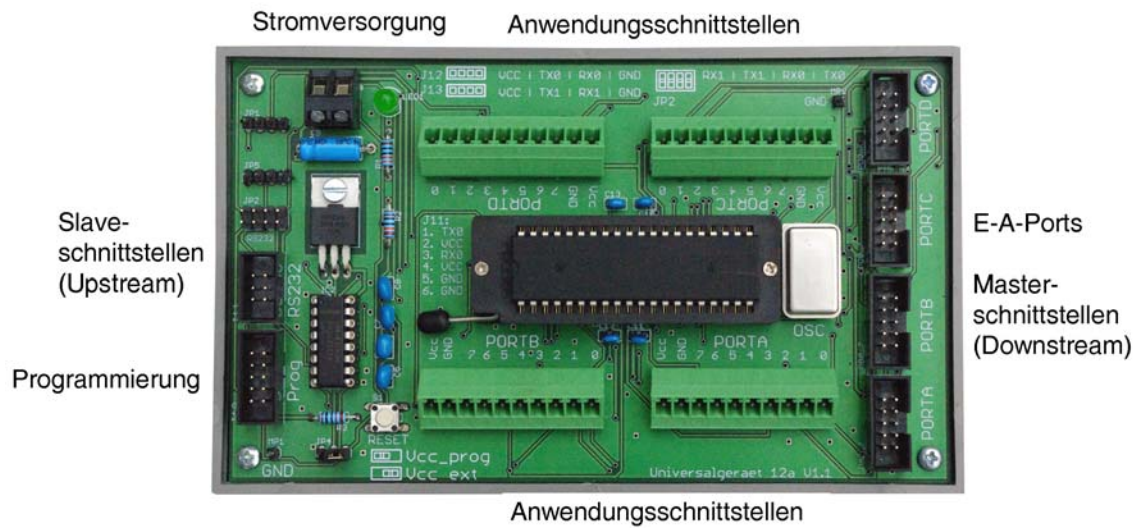
## 2.3 Formfaktoren einfacher Module



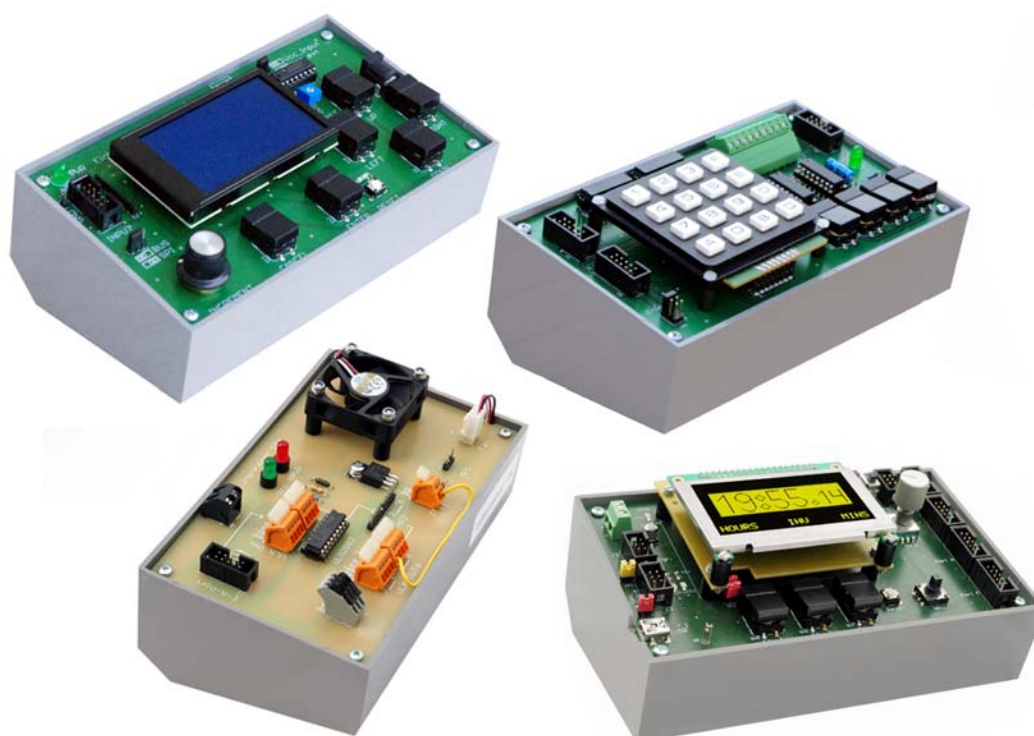
**Abb. 2.28** Das Pultgehäuse Typ 362.



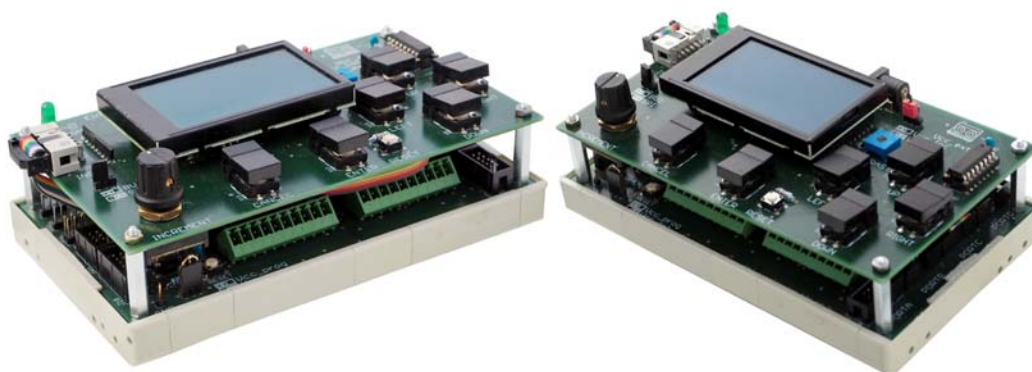
**Abb. 2.29** Die Abmessungen der Frontplatte. Sie wird durch die Leiterplatte des Moduls ersetzt.



**Abb. 2.30** Ein Modul im Gehäuse.



**Abb. 2.31** Der Formfaktor erlaubt es, Bauelemente zu bestücken, die etwas aushalten und nach etwas aussehen...



**Abb. 2.32** Übereinandergestapelte Module. Mit abgewinkelten Steckverbindern ergibt sich eine gefällige Kabelführung.

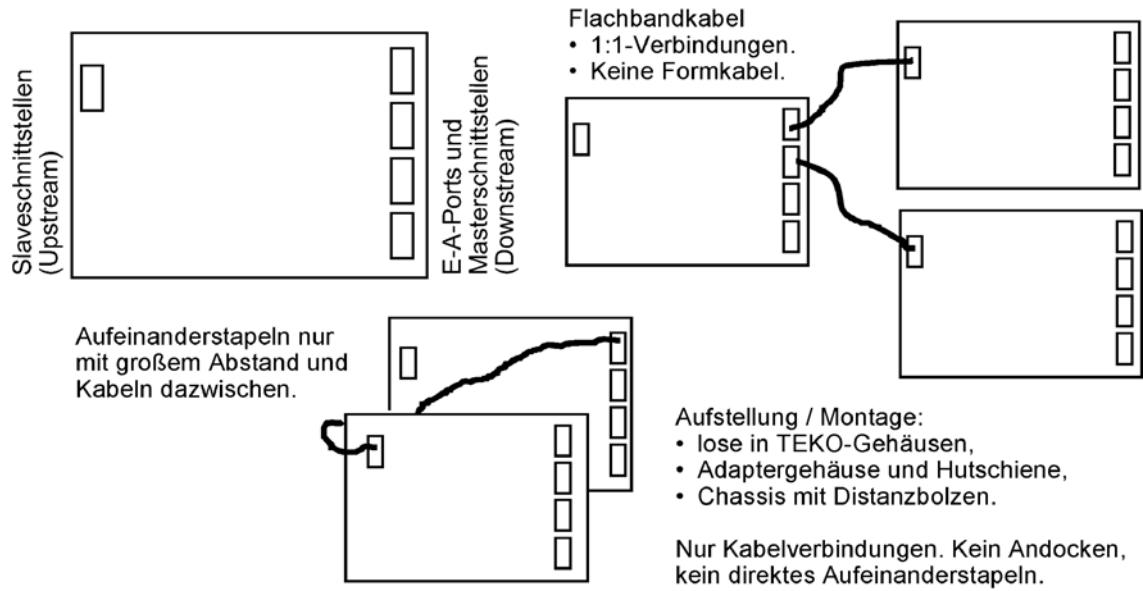
TEKO-Typ	Frontplattenabmessungen (mm)
362	155,9 • 91,9
363	209,1 • 124,9
364	304,1 • 161,5

**Tabelle 2.1** Platinenabmessungen für TEKO-Pultgehäuse.

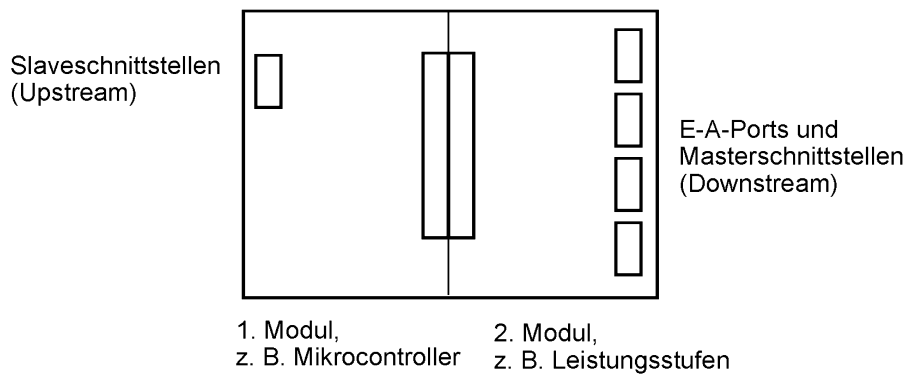


Abb. 2.33 Module in verschieden großen Pultgehäusen.

## 2.4 Alternative Bauweisen



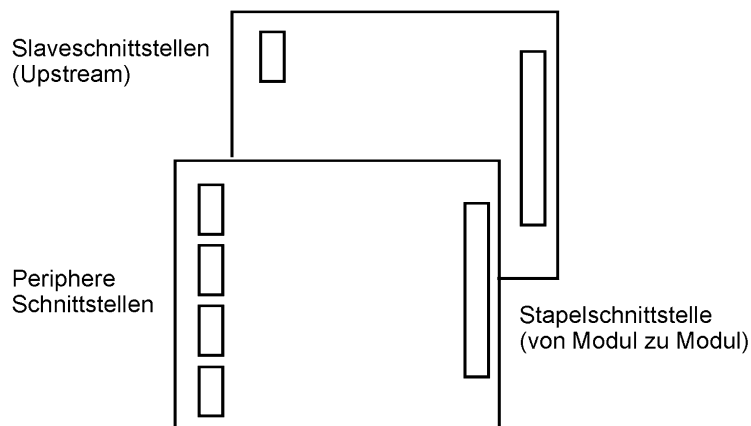
**Abb. 2.34** Einzelaufstellung. Die bevorzugte Bauweise im Überblick. Die Module werden mit Flachbandkabeln verbunden, die nicht zu breit und daher gut beweglich sind.



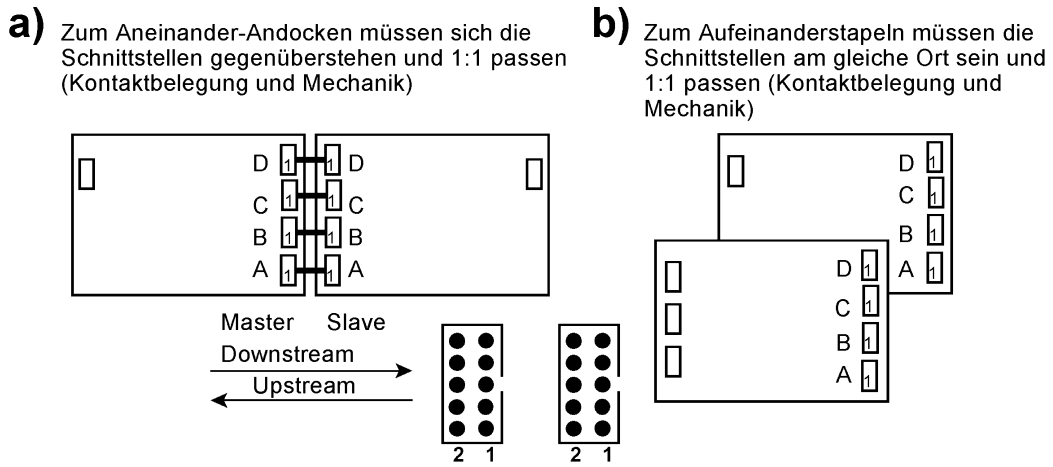
**Abb. 2.35** Module gegeneinander stecken.



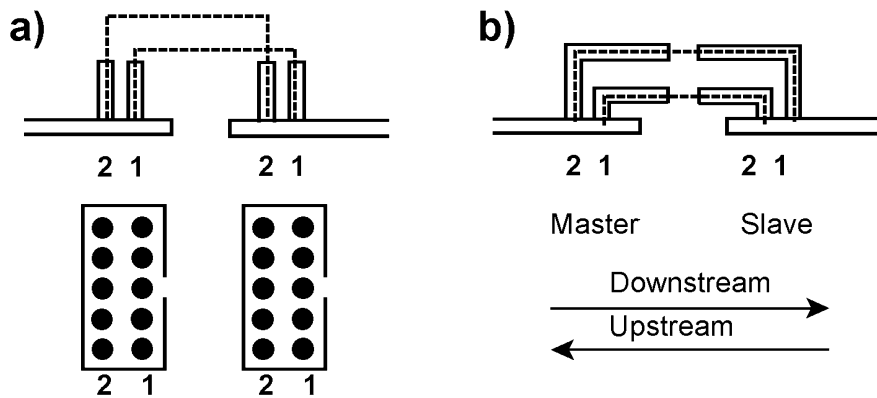
**Abb. 2.36** Module zum Gegeneinanderstecken (Labormuster). Das jeweils linke Modul ist im Gehäuse befestigt, das jeweils rechte wird gesteckt. Es gibt verschiedene Übungsmodule, die an Mikrocontroller, CPLDs usw. angeschlossen werden können. Die Pfeile zeigen auf Schienen aus Aluprofil, auf denen die Module aufliegen.



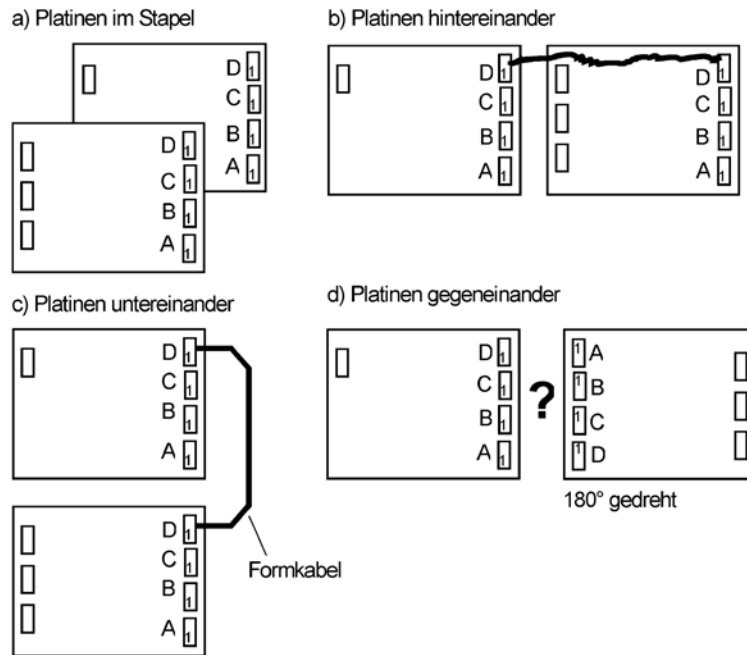
**Abb. 2.37** Module übereinander stapeln.



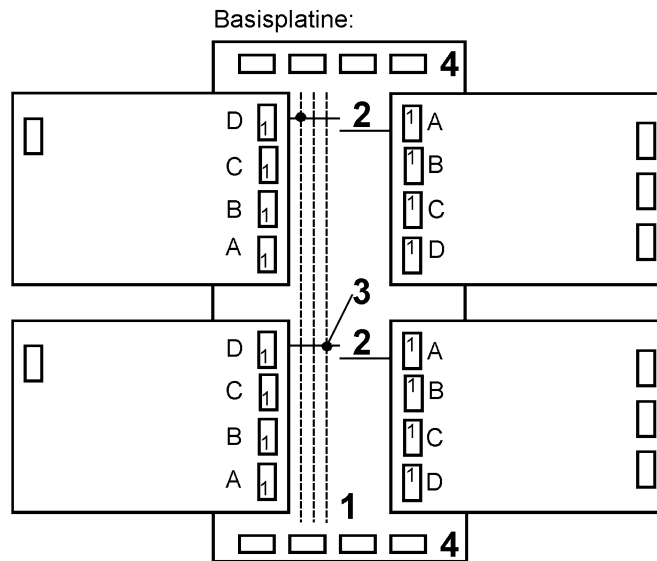
**Abb. 2.38** Steckverbinderanordnungen zum Stecken und Stapeln.



**Abb. 2.39** Vertauschungsfälle beim Stecken mit Flachbandkabeln und beim Andocken. a) Bandkabel. 1:1-Verbindung. Kein Vertauschungsfall. b) Gegeneinanderstecken. Vertauschungsfall. Kontaktreihe 1 trifft auf Kontaktreihe 2 und umgekehrt.

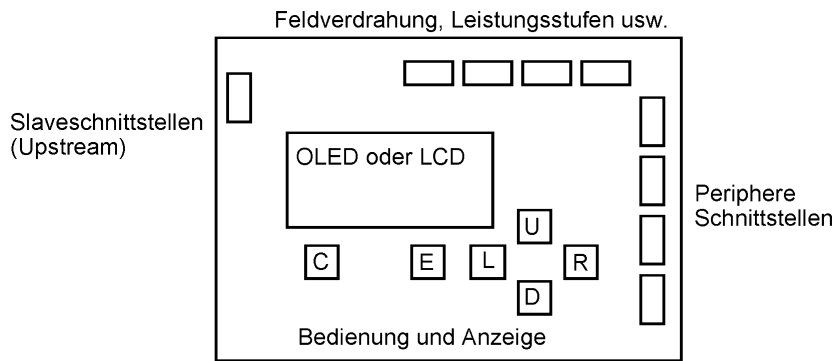


**Abb. 2.40** Platinen, die zum Stapeln vorgesehen sind, nebeneinander aufstellen.



- 1 Ebene der Verbindungswege
- 2 Ebene der Steckkontaktanschlüsse
- 3 Durchkontaktierungen zum Verbinden der Ebenen 1 und 2
- 4 Zusätzliche Steckverbinder und Bauelemente (bedarfsweise)

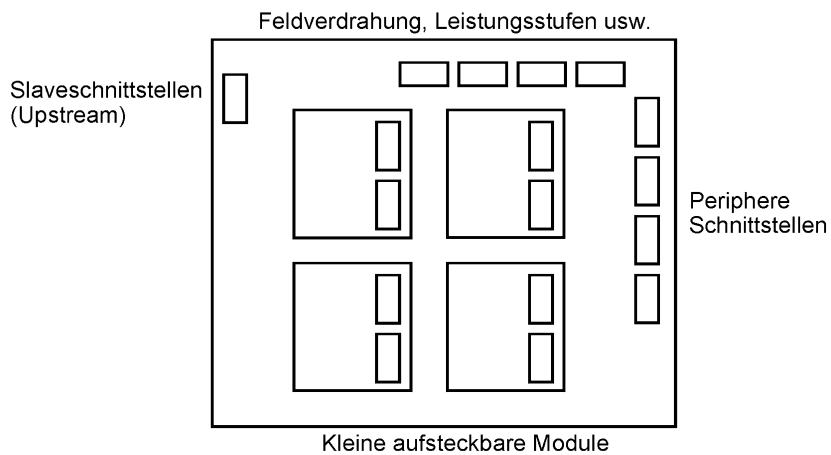
**Abb. 2.41** Platinen, die an sich zum Stapeln vorgesehen sind, werden auf eine Basisplatine gesteckt.



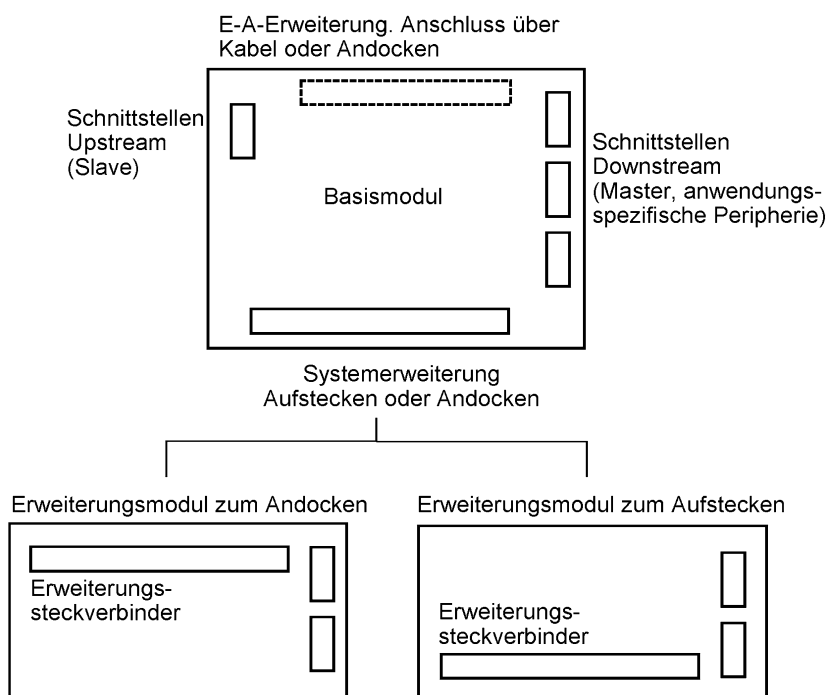
**Abb. 2.42** Eine All-in-One-Platine enthält eine großzügige Grundausstattung an Funktionseinheiten, so dass man mit ihr typische Anwendungsaufgaben lösen kann, ohne weitere Module anschließen zu müssen.



**Abb. 2.43** All-in-One-Geräte. Weshalb Drähte stöpseln, wenn man alles beieinander haben kann?



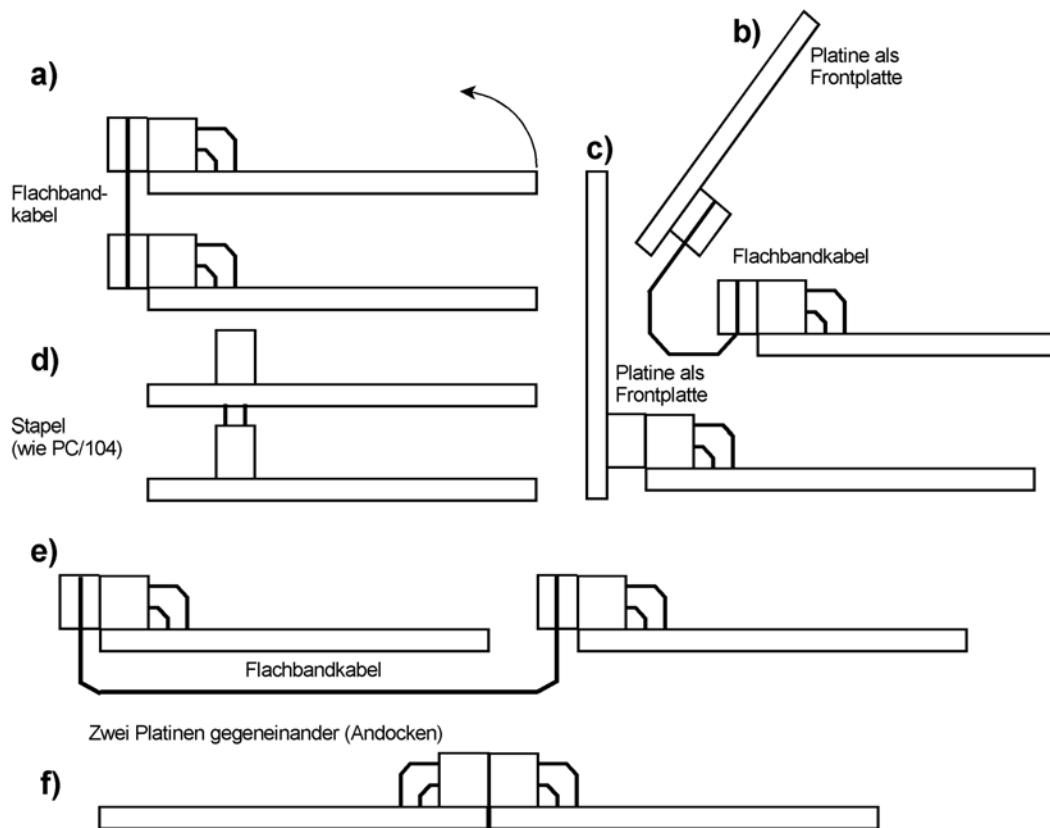
**Abb. 2.44** Basisplatine mit Aufsteckmodulen.



**Abb. 2.45** Module mit zusätzlichen Steckverbindern. An der Oberkante die E-A-Erweiterung (anwendungsspezifisch), an der Unterkante die Systemerweiterung (zusätzliche Speicher, Bluetooth, Bedienung, Anzeige usw.).

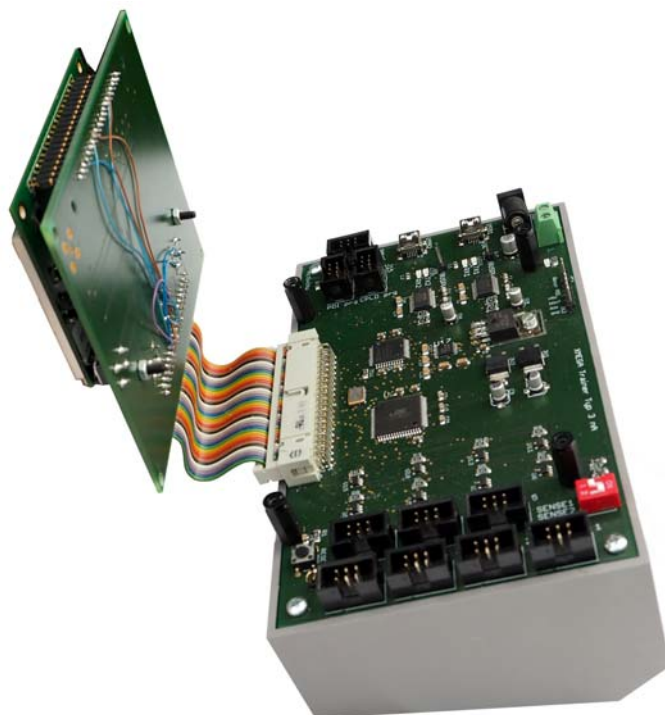


**Abb. 2.46** Ein Modul mit Universanschluss und einer aufgesetzten Bedien- und Anzeigeplatine.

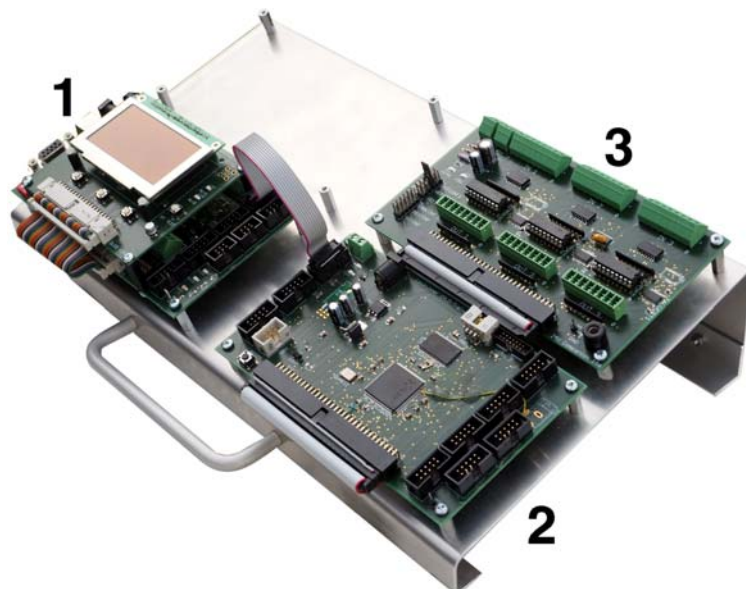


**Abb. 2.47** Der Universalanschluss. Varianten im Überblick.

- Verbindung über Flachbandkabel. Der Platinenstapel kann wie ein Buch aufgeklappt werden. Ist eine Platine hochgeklappt, kommt man an alles heran, was darunter liegt (Abb. 2.48).
- Hier ist die angeschlossene Platine nach Art einer Frontplatte aufgestellt (erfordert entsprechende Befestigungsteile).
- Hier ist eine Platine nach Art einer Frontplatte direkt angesteckt.
- Gestapelte Platinen. Hier werden die bewährten PC/104-Steckverbinder eingesetzt.
- Eine Möglichkeit, den Universalanschluss auch für anwendungsspezifische Erweiterungen zu nutzen (Pegelwandlung, Leistungsstufen usw.; Abb. 2.49). Die Basisplatine kann beispielsweise auf Distanzbolzen montiert werden, um das Flachbandkabel darunter hindurchzuführen.
- Zwei Platinen werden direkt gegeneinander gesteckt (Andocken).

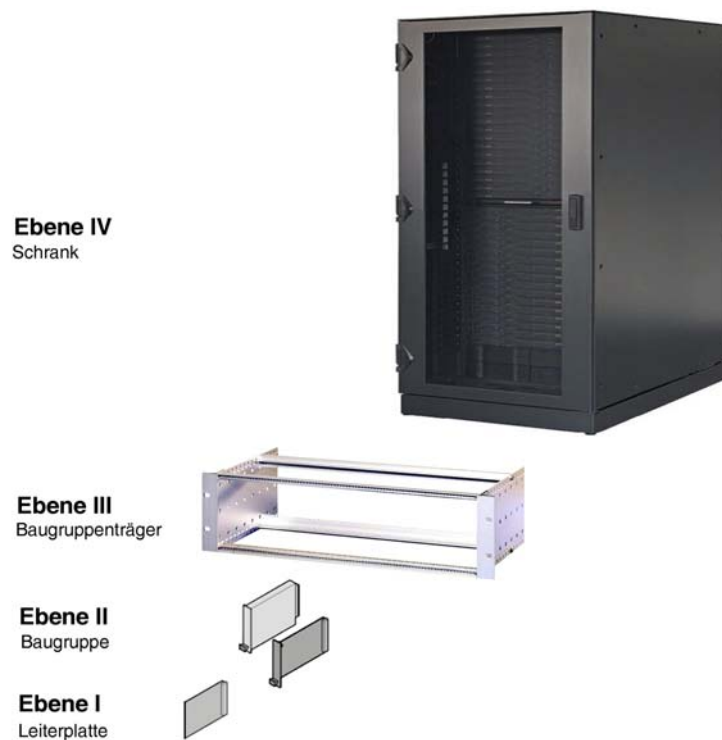


**Abb. 2.48** Ist die Bedien- und Anzeigeplatine hochgeklappt, kommt man an alle Bauelemente der Basisplatine heran. Dabei bleibt das gesamte Gerät betriebsfähig. Bei den kleinen Abmessungen dürfte man zumeist ohne Klappmechanik auskommen.

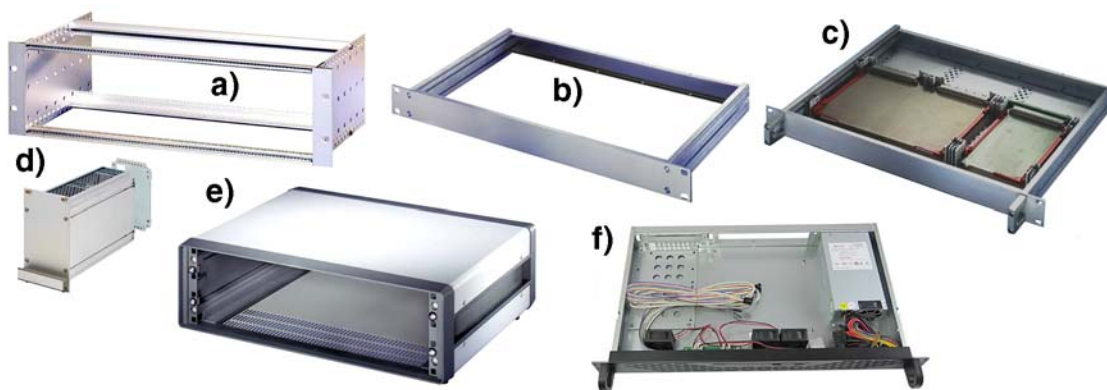


**Abb. 2.49** Ein weiteres Beispiel. Dem Mikrocontrollermodul (1) ist ein CPLD-Modul (2) nachgeschaltet (Downstream). Auch dieses Modul hat einen Universalanschluss. Hierüber ist es mit einer Pegelwandlungsplatine (dem sog. 24-V-Companion (3)) verbunden.

## 2.5 19-Zoll-Mechanik ausnutzen



**Abb. 2.50** Die 19-Zoll-Technik umfasst den gesamten Bereich der Träger und Umhüllungen elektronischer Bauelemente und Baugruppen bzw. Funktionseinheiten, von der Leiterplatte bis zum Schranksystem.

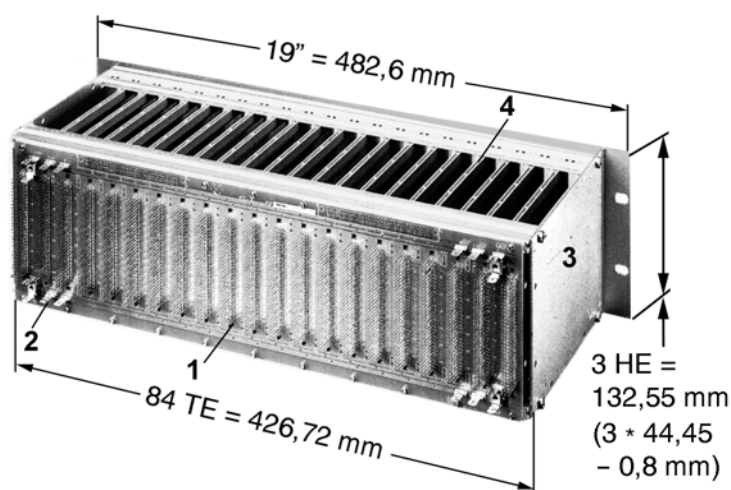


- |   |                  |
|---|------------------|
| a) Baugruppenträger (Einbaurahmen)  | d) Steckkassette |
| b) Einschub- oder Systemgehäuse, leer                                     | e) Tischgehäuse  |
| c) Einschub- oder Systemgehäuse, zur Aufnahme von Leiterplatten ausgebaut | f) PC-Gehäuse    |

**Abb. 2.51** Komponenten der 19"-Technik. Eine kleine Auswahl (Schroff).



**Abb. 2.52** Ein Blick in die Entwicklungsgeschichte. Aus steckbaren Modulen aufgebaute Systeme (Digital Equipment Corporation).



- 1 Busplatine mit Steckverbindern
- 2 Stromversorgungsanschlüsse
- 3 Seitenwand
- 4 Führungsschienen für Steckkarten oder Kassetten

**Abb. 2.53** Wichtige Maße im 19-Zoll-System am Beispiel eines Baugruppenträgers mit Busplatine (Schroff). Ansicht von hinten. Der Name "19 Zoll" kommt von der gesamten Breite des Einschubs. Alles, was so breit ist wie hier dargestellt, passt in einen 19"-Schrank. Hat es die Befestigungsbohrungen an den richtigen Stellen, kann man es dort auch festschrauben...

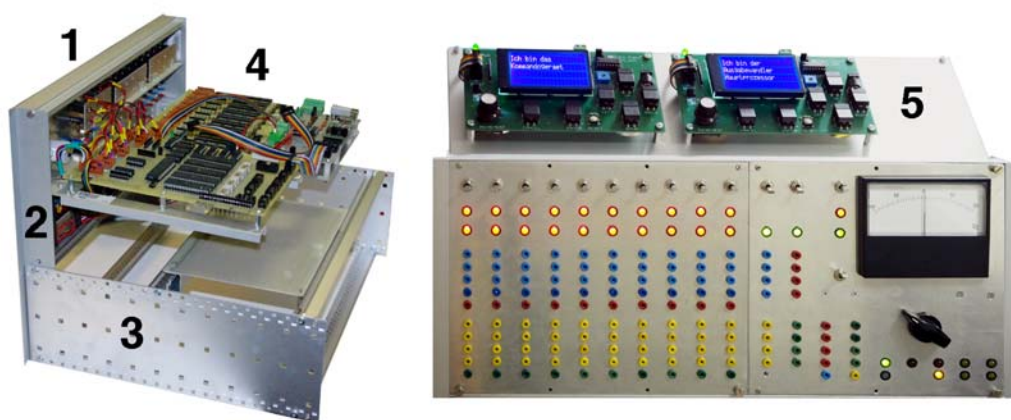


- 1 Griffe
- 2 Chassisplatte
- 3 Deckelblech

**Abb. 2.54** Was man sonst noch braucht, um ein Einschubgehäuse nutzen zu können. Eine minimale Ausstattung.

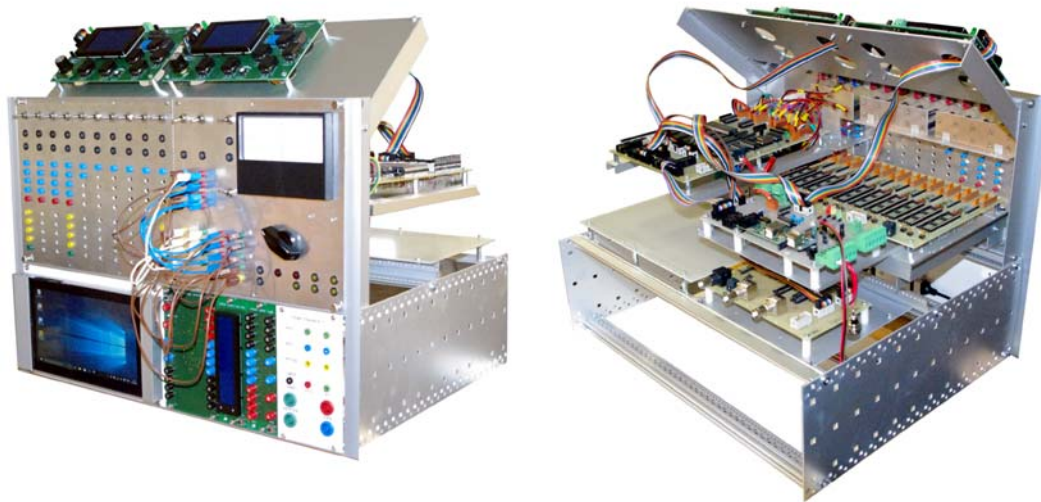


**Abb. 2.55** Ein Einbaurahmen (Geräteträger) für Experimentierzwecke. Es ist ein einfacher Baugruppenträger 3 HE mit zwei Aufstellern.

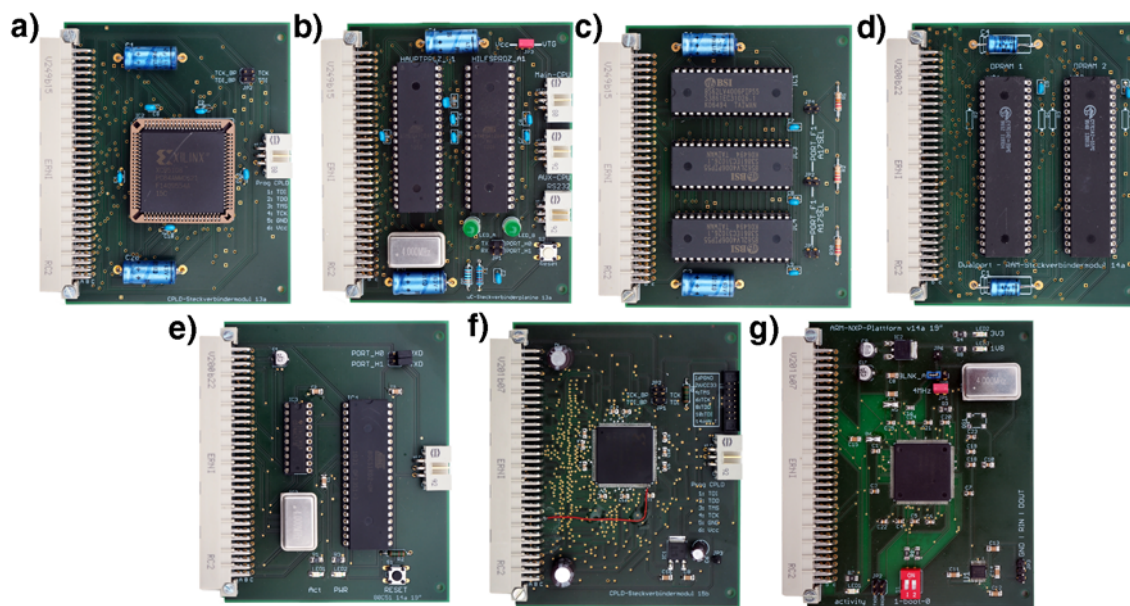


- |                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| 1 Profilschienen | 4 Leiterplatten            |
| 2 Aluprofile     | 5 Inbetriebnahmehilfsgerät |
| 3 Einbaurahmen   |                            |

**Abb. 2.56** Ein etwas ehrgeizigeres Selbstbauvorhaben. Hier in früheren Bauzuständen.

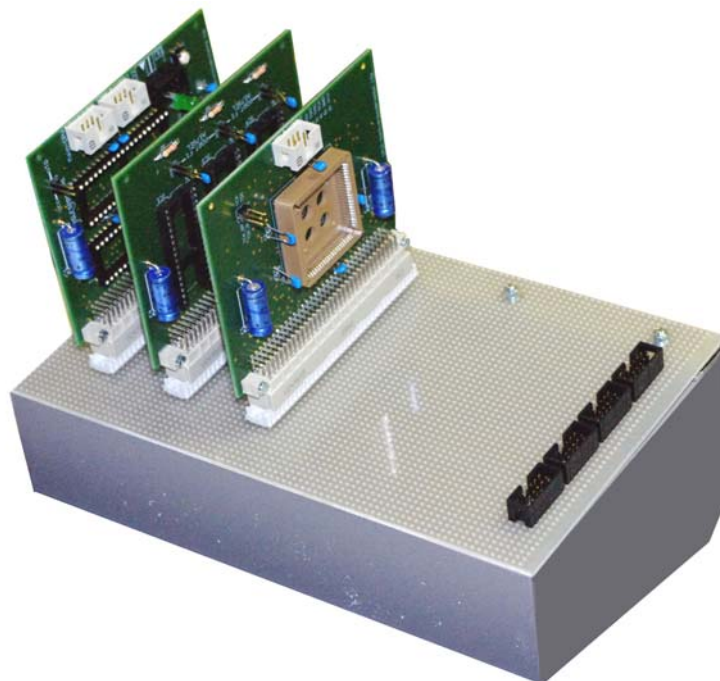


**Abb. 2.57** Weitere Ansichten. Der Einbaurahmen ist mit verschiedenen Modulen bestückt. Das Inbetriebnahmehilfsgerät oben wird abgebaut, wenn alles funktioniert.

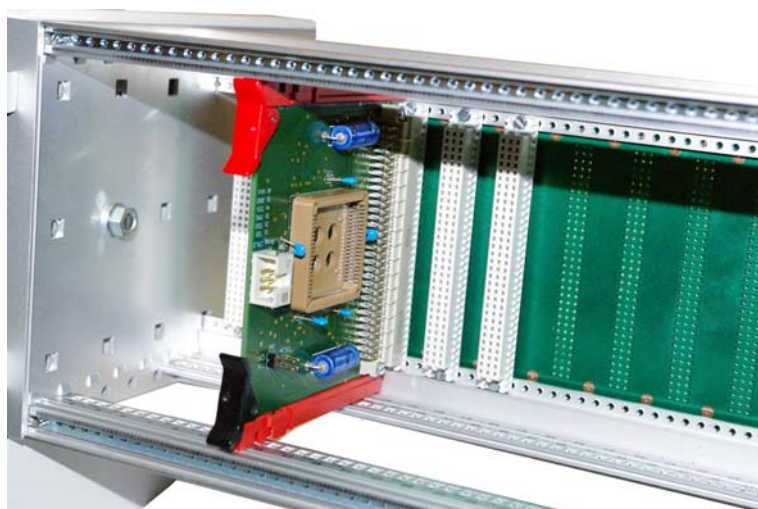


- a) CPLD Xilinx 95108 PLCC
- b) 2 • ATmega 1284
- c) 3 • SRAM 128k • 8
- d) 2 • Dual-Port-RAM 1k / 2k • 8
- e) Mikrocontroller 80C51RD2
- f) CPLD Xilinx CoolRunner XC2C384 TQFP144
- g) Mikrocontroller ARM NXP LPC2220 TQFP144

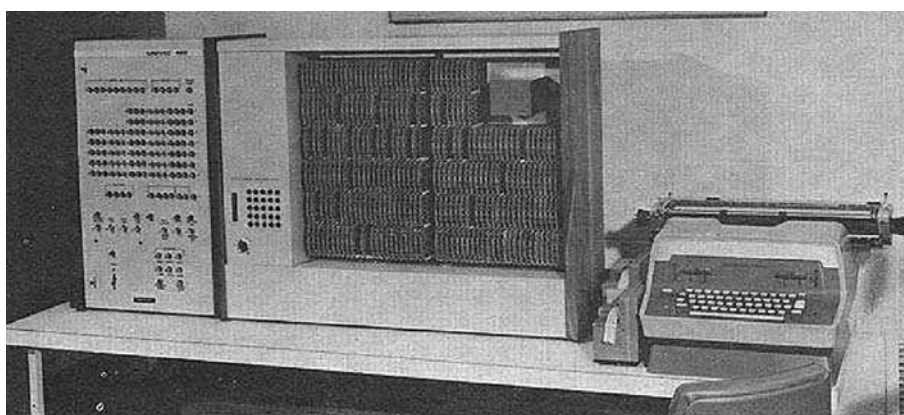
**Abb. 2.58** Module in Steckkartenform.



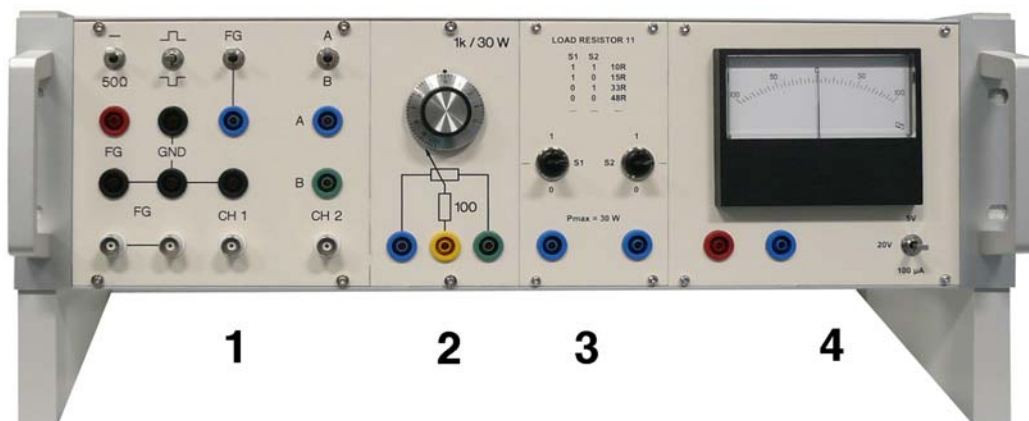
**Abb. 2.59** Steckkarten auf einer Versuchsplattform. Sie halten von allein...



**Abb. 2.60** Eine Steckkarte in einem Einbaurahmen. In dieser Bauweise sind Führungsschienen und Auswurfhebel von Vorteil. Die Steckkräfte sind doch beträchtlich.

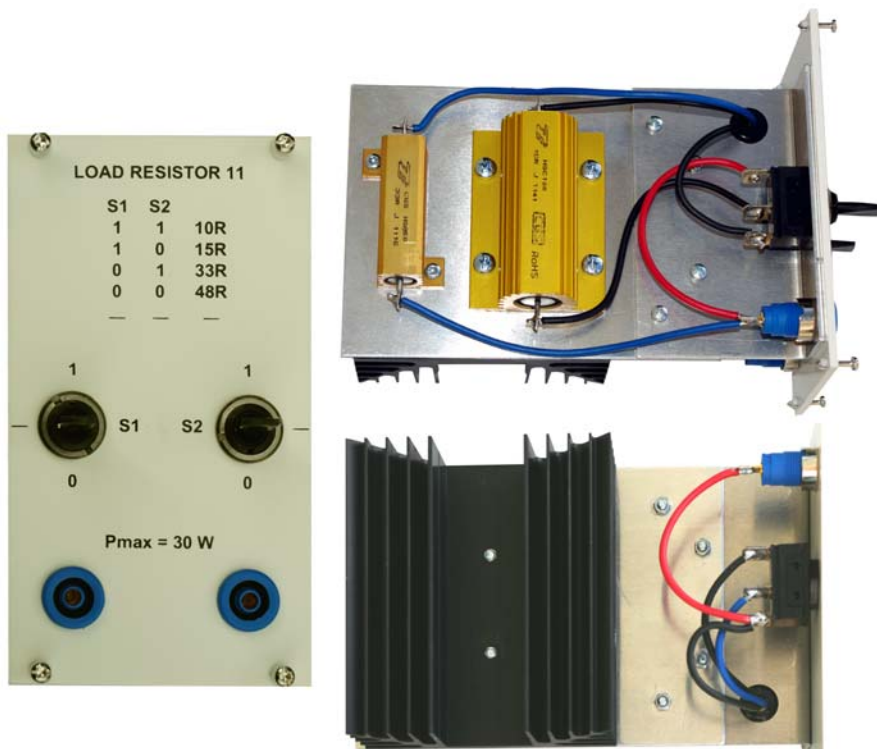


**Abb. 2.61** Ein historisches Beispiel: der Lehrcomputer Univac 422 (UNIVAC Division of Sperry Rand Corp.).

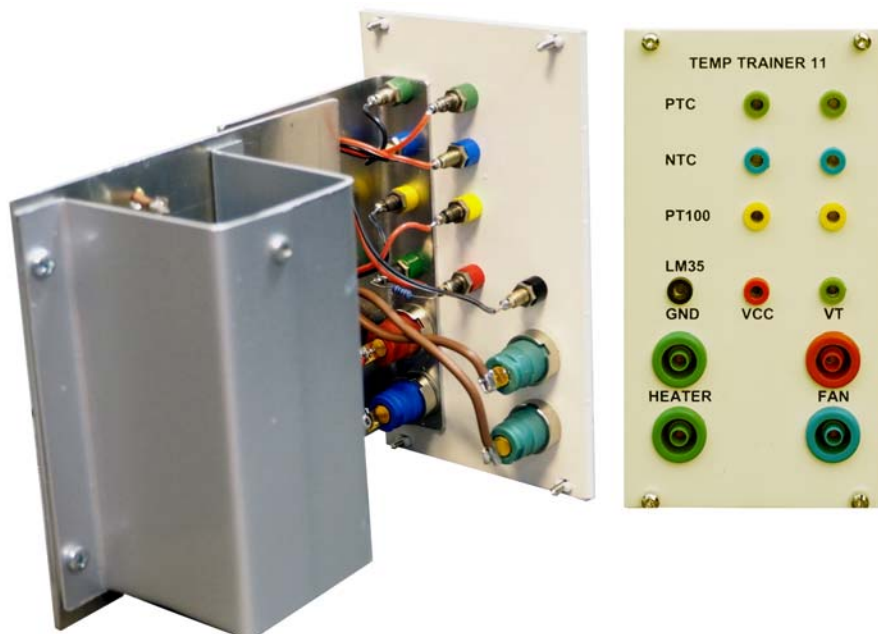


- 1 Messadapter 09b
- 2 Potentiometerplatine 09a
- 3 Lastwiderstand 11
- 4 Messinstrumententafel 12b

**Abb. 2.62** Einbaurahmen mit Prüfhilfsgeräten.



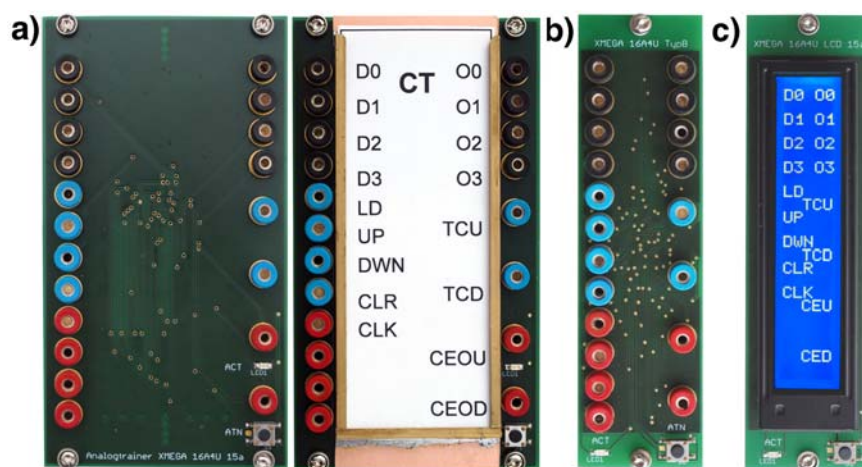
**Abb. 2.63** Der Lastwiderstand 11. Zwei Hochlastwiderstände können einzeln ausgewählt oder in Reihe oder parallel geschaltet werden.



**Abb. 2.64** Der Temperaturtrainer 11. Verschiedene Temperatursensoren werden einer bestimmten Temperatur ausgesetzt, die mit einem Heizwiderstand erhöht und mit einem Lüfter verringert werden kann.

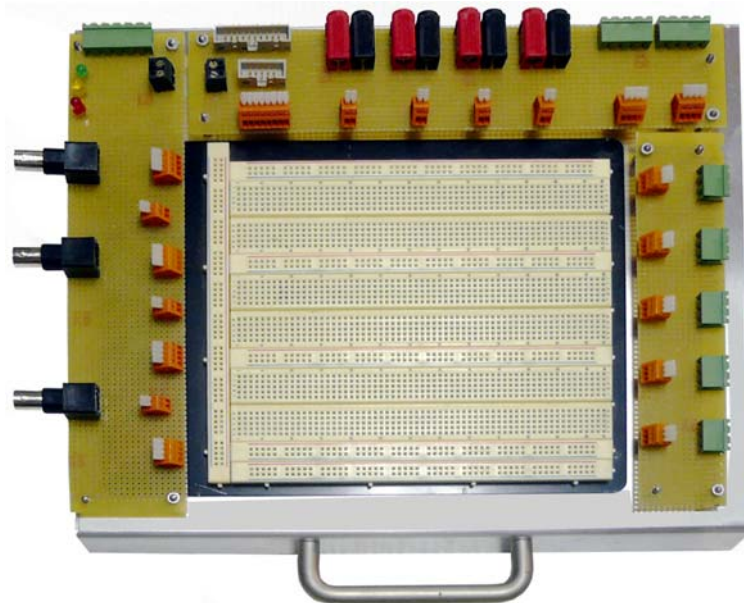


**Abb. 2.65** Module als Frontplatten in einem Einbaurahmen. Einfacher geht's nicht ...

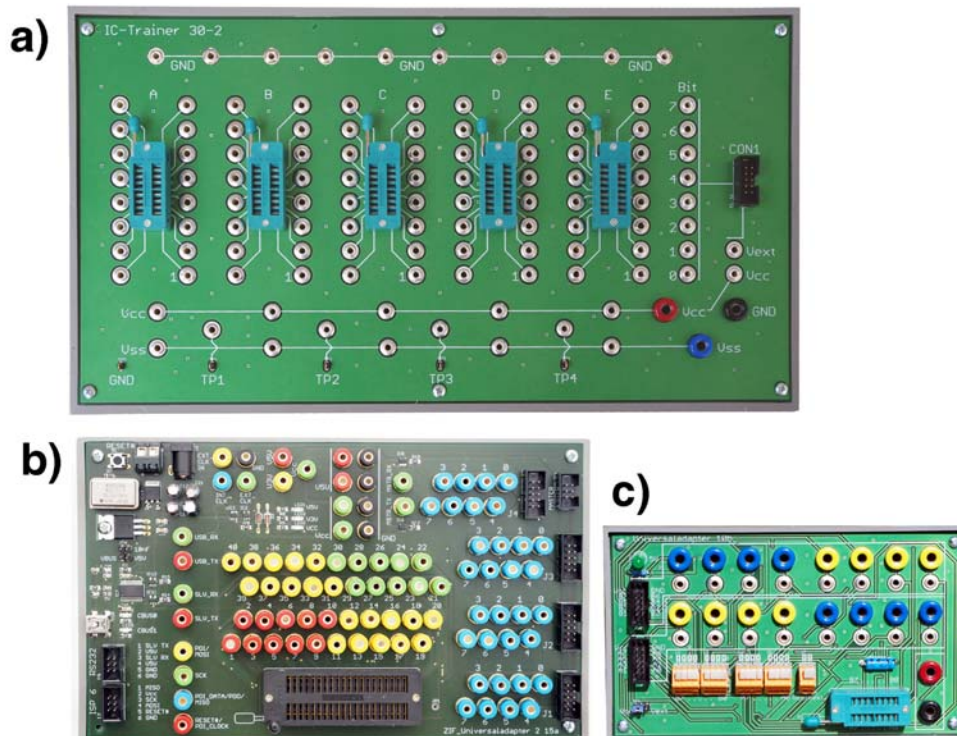


**Abb. 2.66** Module in Frontplattenbauweise. Breite 14 oder 7 TE. Die Beschriftung betrifft ein Modul, das als 4-Bit-Binärzähler programmiert ist.

## 2.7 Frei stöpseln

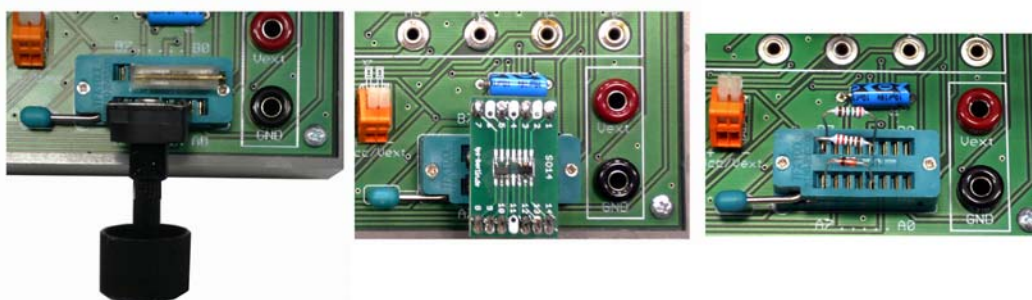


**Abb. 2.67** Diese Versuchsplattform (Labormuster) soll zuverlässige Verbindungen mit der Außenwelt gewährleisten. Kennzeichnend sind die Übergabepunkte mit Federkraftklemmen. Übergabe an BNC-Buchsen, Messbuchsen, Flachbandkabel und steckbare Schraubklemmen.

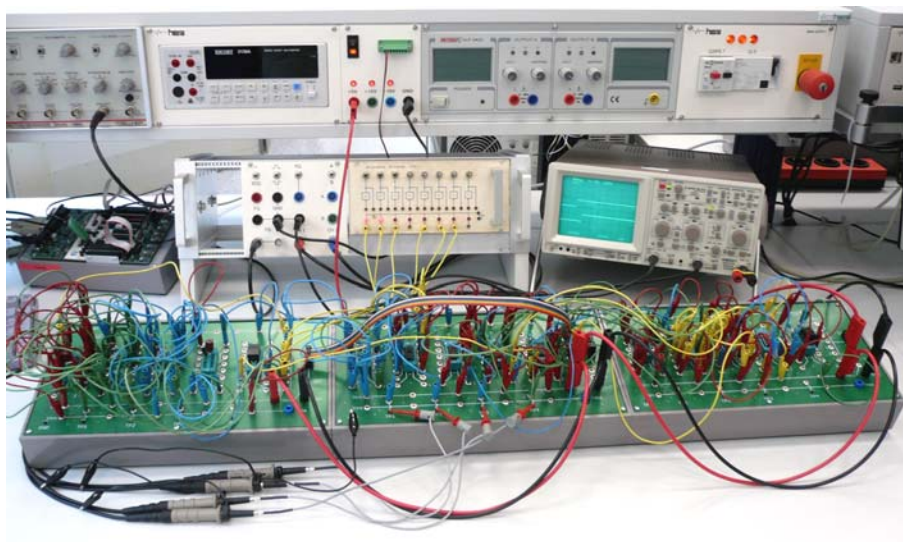


**Abb. 2.68** Stöpselplattformen im Überblick.

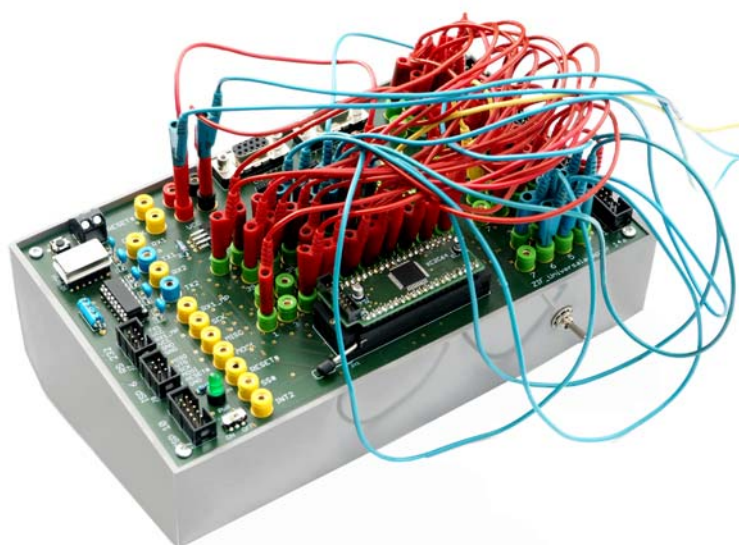
- a) IC-Trainer 10a. Fünf 16polige Fassungen. Buchsen 2 mm. Wannenstiftleiste zur Übergabe eines 8-Bit-Ports. Abb. 2.70 veranschaulicht ein Einsatzbeispiel.
- b) Universalplatine mit 40poligem ZIF-Sockel. Buchsen 2 mm. Das ist vorzugsweise eine Einsatzumgebung für einen entsprechenden Mikrocontroller, in der alles, einschließlich Betriebsspannung, Takt usw. freizügig gesteckt werden kann. Die Steckverbinder an den Rändern entsprechen denen der anderen Module. Die Verbindungen können aber frei verschaltet werden. Die Schwenkhebefassung kann beliebige Bauelemente aufnehmen. Für weitere Mikrokontrollertypen (wie Atmel Xmega) und CPLDs (wie Xilinx CoolRunner) gibt es Zwischenplatinen mit Kontaktstiften (Abb. 2.71).
- c) Universaladapter 10b. Eine 16polige Fassung, deren Kontakte mit Buchsen, Federkraftklemmen und Übergabeanschlüssen für zwei 8-Bit-Ports verbunden sind. Für jedes Signal gibt es zwei Buchsen, 2 mm und 4 mm. Dieser Adapter kann praktisch alles mit allem verbinden, beispielsweise bis zu zwei 8-Bit-Ports auf Laborkabel oder Schaltdraht umsetzen (Abb. 2.72). Die Fassung kann beliebige Bauelemente aufnehmen, um kleine Versuchsschaltungen aufzubauen (vgl. Abb. 2.69).



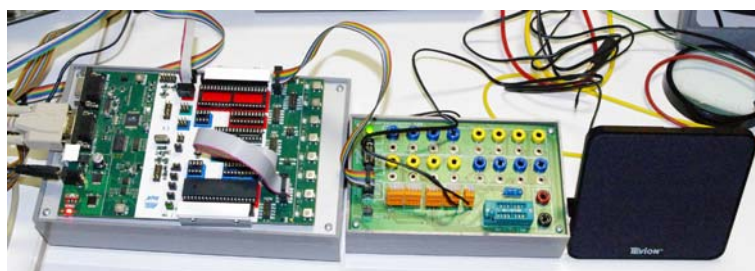
**Abb. 2.69** Adaptierung verschiedener Bauelemente in einer Schwenkhebefassung (ZIF-Sockel).



**Abb. 2.70** IC-Trainer 10a im Großeinsatz.

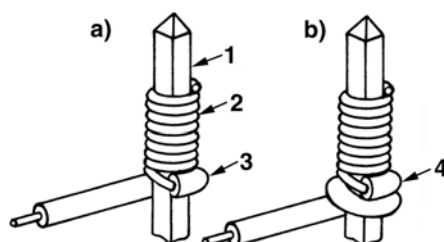


**Abb. 2.71** Ein Versuchsaufbau mit CPLD (auf Zwischenplatine). Man stelle sich diesen Drahtverhau auf einer der weißen Tafeln vor...



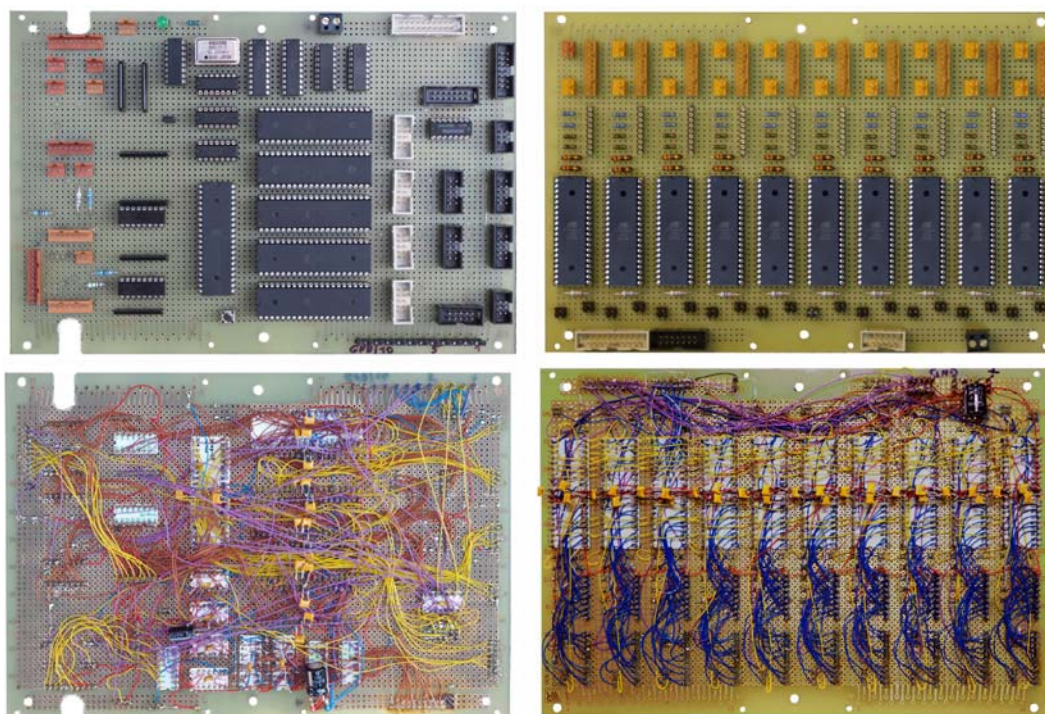
**Abb. 2.72** Hier wurde ein Lautsprecher an ein Starterkit angeschlossen.

## 2.8 Verbindungen, die wirklich halten: Draht wickeln



- 1 Wickelstift
- 2 Der typische Wickel besteht aus 6 bis 8 Windungen mit blankem Draht.
- 3 Standardverbindung. Die Isolation endet am Anfang der ersten Windung.
- 4 Modifizierte Verbindung. Die Isolation wird ca. eine Windung um den Wickelstift gezogen.

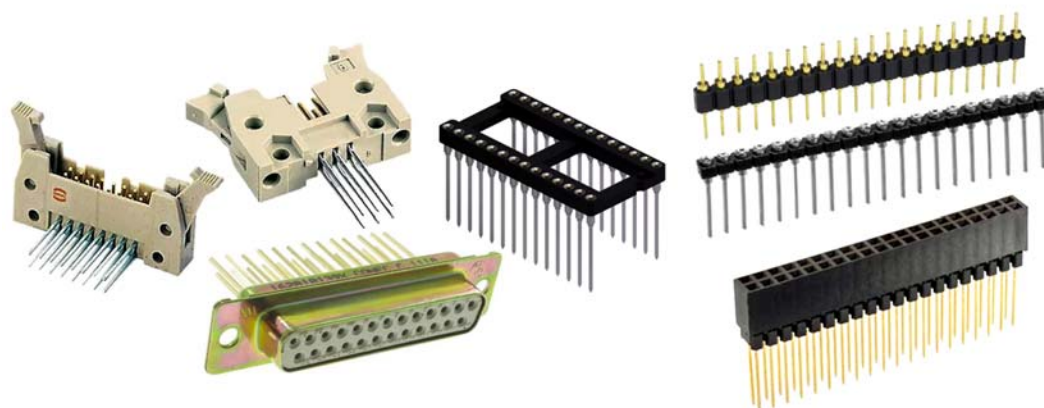
**Abb. 2.73** Eine Wickelverbindung. a) Standardverbindung, b) modifizierte Verbindung. Ein Wickelstift kann typischerweise zwei bis drei solcher Verbindungen aufnehmen.



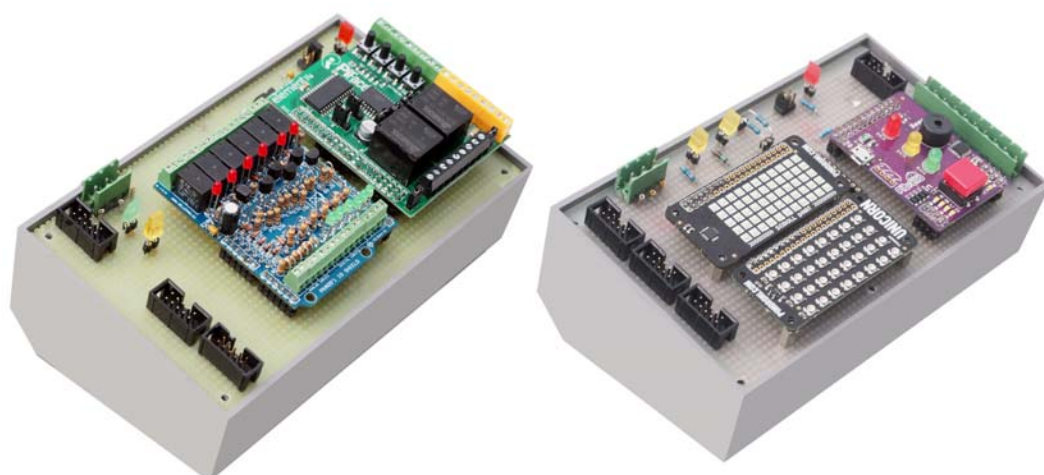
**Abb. 2.74** Draht als Programmiersprache. Die linke Platine enthält 6 Mikrocontroller, die rechte 10.



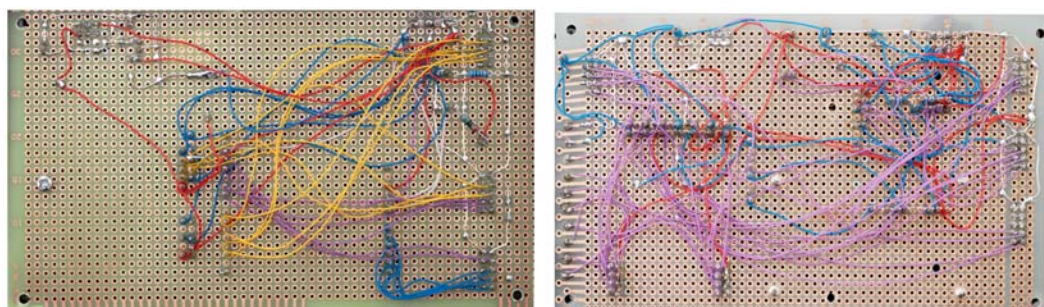
**Abb. 2.75** Wickelwerkzeuge. a) Handwickelnadeln, b) Wickelpistole für Handbetätigung, c) elektrische Wickelpistole. Die Wickelpistolen werden mit nadelförmigen Einsätzen bestückt.



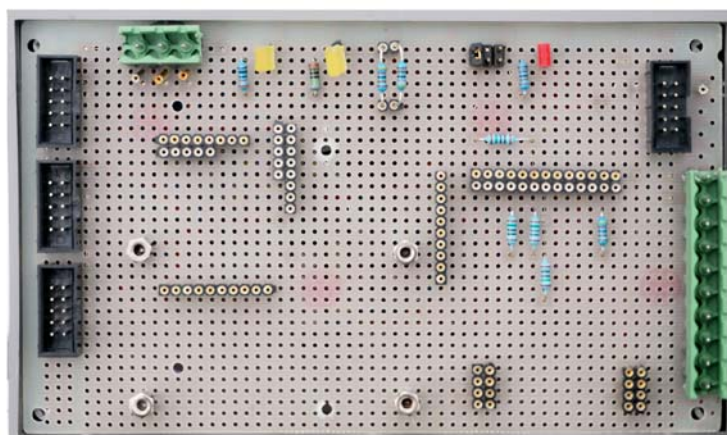
**Abb. 2.76** Steckverbinder und Schaltkreisfassungen mit Wickelstiften. Wir verwenden vor allem die Bauelemente, die rechts außen dargestellt sind.



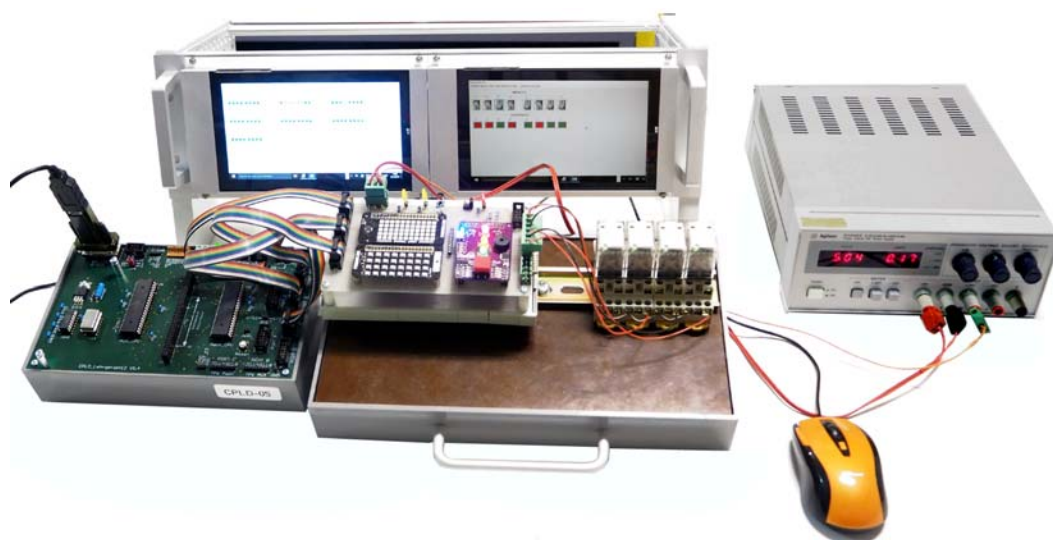
**Abb. 2.77** Zwei experimentelle Module mit Leistungsstufen und LED-Arrays. Alles ganz ohne Drahtverhau...



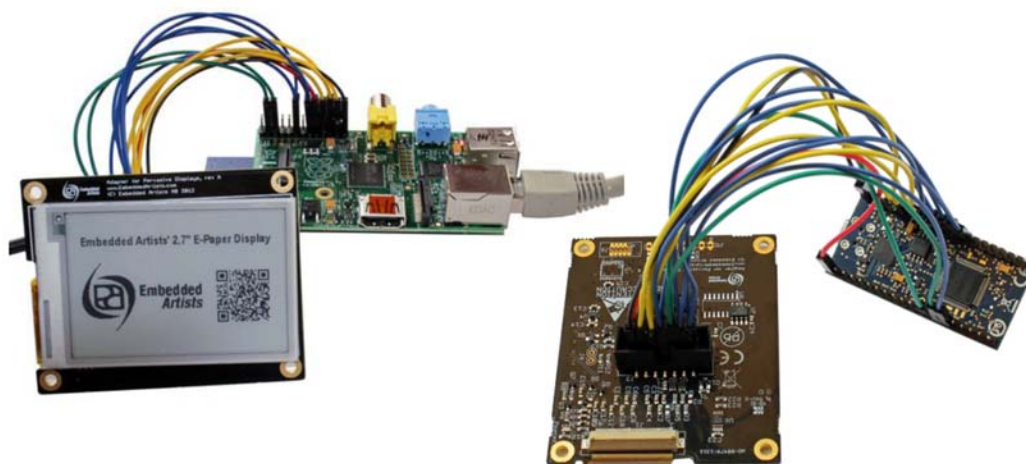
**Abb. 2.78** Der Drahtverhau steckt hinten. Hier wird nichts locker, hier fällt nichts auseinander...



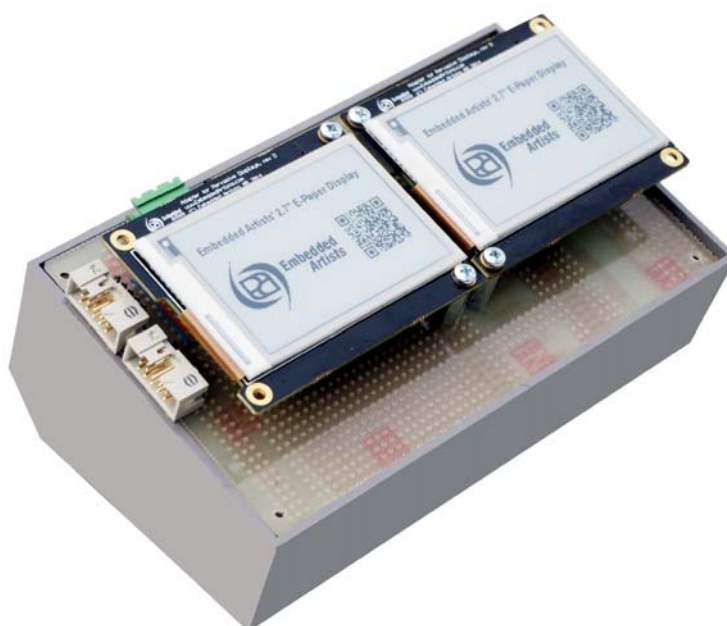
**Abb. 2.79** Die Platine des LED-Trainers ohne Module. Die LED-Arrays können waagrecht oder senkrecht gesteckt werden; letzteres, um beispielsweise Bargraph-Anzeigen darzustellen.



**Abb. 2.80** Erprobung von Leistungsstufen.



**Abb. 2.81** Das empfiehlt der Hersteller, um ein E-Paper-Display mit einem Mikrocontrollermodul zu verbinden (Embedded Artists AB.).



**Abb. 2.82** Und das wäre unsere Alternative...