

**** Abb. 20, Tabelle 6, Formel 2 ****

4.2 Schalter und Taster

4.2.1 Bedienelemente

Bedienelemente sind Kippschalter, Drehschalter, Schiebeschalter, Taster* usw., die von Hand betätigt werden (Abb. 4.20). Sie wirken entweder direkt oder indirekt.

*: Zum Fach-Englisch: Kippschalter = Toggle Switch; Wippenschalter = Rocker Switch; Schiebeschalter = Slide Switch; Taster = Pushbutton Switch, Tastenfeld = Keypad, Tastatur = Keyboard.

Direkt wirkende Bedienelemente sind in die Strom- oder Signalwege eingefügt. Sie schalten die jeweils benötigte Leistung oder analoge Signale, auf die es ankommt (die also nicht abgeschwächt oder verfälscht werden dürfen).

Indirekt wirkende Bedienelemente schalten Signale, die beispielsweise von einem Mikrocontroller ausgewertet werden, um die jeweils eigentlichen Wirkungen zu veranlassen.

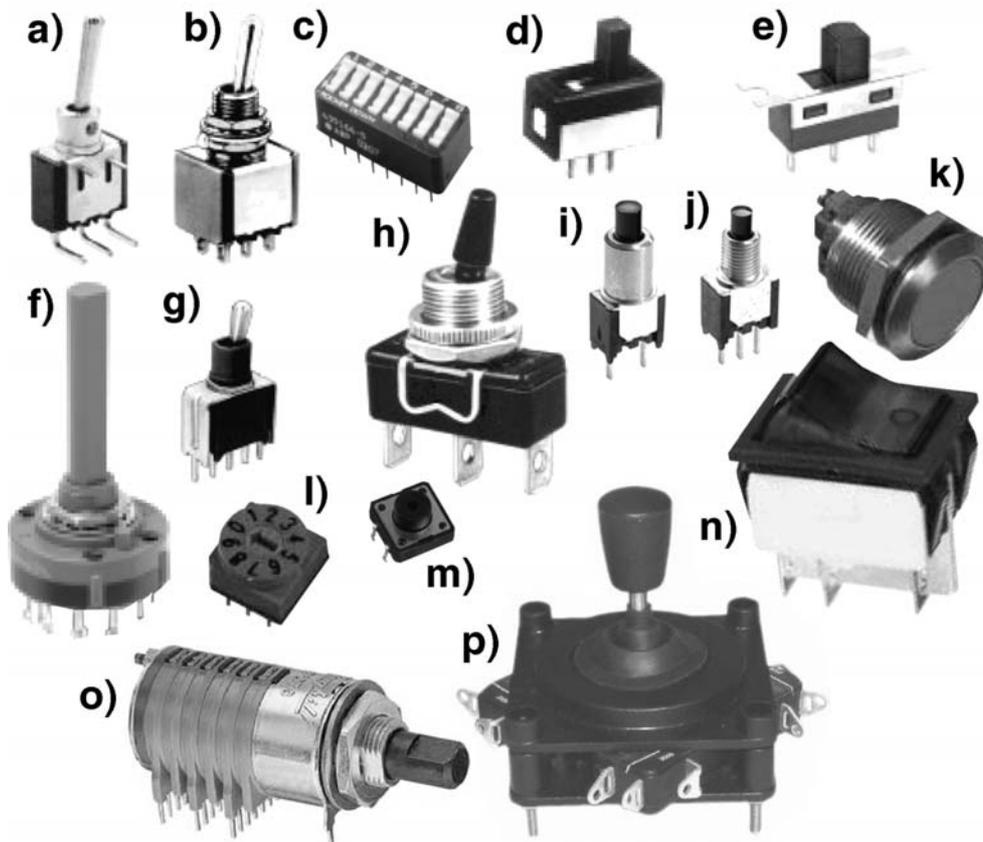
Direkt wirkende Bedienelemente sind vergleichsweise teuer – und zwar um so mehr, je höher die Anforderungen sind, die sie zu erfüllen haben*. Und es ist auch vergleichsweise mühevoll, sie einzusetzen (Befestigung in Frontplatten, Anschluß über einzeln anzulötende Drähte usw.).

*: Ausgesprochen teuer sind u. a. Drehschalter, die zur Bereichsumschaltung in Präzisionsmeßgeräten geeignet sind.

Deshalb bevorzugt man heutzutage indirekt wirkende Bedienelemente* – vor allem solche, mit denen komplette Bedienfelder usw. weitgehend automatisiert gefertigt werden können (auf Leiterplatten, mit Spritzgußverfahren usw.).

*: Nicht selten läßt man auch noch das einzige Bedienelement weg, das eigentlich unbedingt direkt wirken müßte – den Netzschalter ...

Der Funktionsumfang vieler moderner Geräte kann mit herkömmlichen Bedienvorkehrungen (Tasten, Schalter, Leuchtanzeigen) nicht mehr unterstützt werden. Der Ausweg: Bildschirmbedienung, z. B. über Menüsysteme oder graphische Bedienoberflächen. Nicht zuletzt deshalb sind mechanisch aufwendige Bedienelemente weitgehend aus der Mode gekommen.



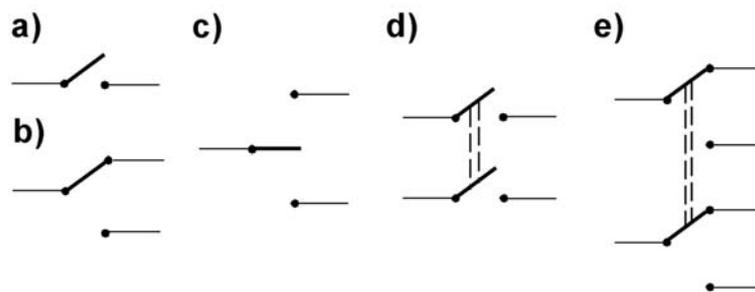
- | | |
|---|---|
| a) Kippschalter für Leiterplattenmontage (liegend) | i) Taster SPST für Leiterplattenmontage (stehend) |
| b) Kippschalter für Frontplattenmontage. Lötanschlüsse | j) Taster SPDT für Leiterplattenmontage (stehend) |
| c) DIL-Schalter. Enthält 8 einzelne Schalter SPST | k) Hochstrom-Taster für Frontplattenmontage. Schraubklemmanschlüsse |
| d) Schiebeschalter für Leiterplattenmontage | l) Codierdrehschalter |
| e) Schiebeschalter für Frontplattenmontage. Lötanschlüsse | m) Miniatur-Kurzhubtaster |
| f) Drehschalter für Frontplattenmontage. Lötanschlüsse | n) Wippenschalter für Frontplattenmontage. Flachsteckeranschlüsse. Ein typischer Netzschalter |
| g) Kippschalter für Leiterplattenmontage (stehend) | o) Mehrebenen-Drehschalter für Leiterplattenmontage (liegend) |
| h) Hochstrom-Kippschalter für Frontplattenmontage. Flachsteckeranschlüsse | p) Koordinatenschalter (Joystick). Enthält vier Mikroschalter SPDT |

Abb. 4.20 Bedienelemente. Eine (sehr) kleine Auswahl ...

**** Diese Abb. kann entfallen, wenn der Platz knapp wird (Seitenzahl) ****

Einfache Schalter und Taster

Die meisten Bedienelemente haben zwei oder drei Schaltstellungen. Viele Funktionen lassen sich mit einpoligen Ein- oder Wechselschaltern erledigen. Der Grundgedanke: Die Mechanik so einfach und kostengünstig wie möglich auslegen. Alles, was komplizierter ist, in die Software verlagern. Wenn es sein muß, einen Mikrocontroller mehr einsetzen – der kostet womöglich viel weniger als ein einziger der etwas aufwendigeren Schalter (z. B. Position o in Abb. 4.20). Abb. 4.21 veranschaulicht typische Kontaktanordnungen.



Position	Schaltweise	Ausführung	Anmerkungen
a)	Einschalter, einpolig (SPST)	Schalter oder Taster	die übliche Auslegung der einfachen Taster
b)	Wechselschalter, einpolig (SPDT)	Schalter oder Taster	Die übliche Auslegung der einpoligen Kippschalter. Diese Schaltweise ist Voraussetzung zum Entprellen mittels RS-Latch
c)	einpolig, drei Stellungen, zwei Kontakte	Kippschalter	wahlweise in einer oder in beiden Betätigungsstellungen rückfedernd (Tastfunktion). In Mittellage wird nichts durchgeschaltet
d)	Einschalter, zweipolig (DPST)	Schalter	der typische Netzschalter
e)	Wechselschalter, zweipolig (DPDT)	Schalter	

Abb. 4.21 Typische Kontaktanordnungen in Schaltern und Tastern.

Schalter mit mehreren Schaltstellungen

Sie werden vor allem als Schiebeschalter, Drehschalter und Koordinatentaster ausgeführt (Abb. 4.22). Es gibt folgende Ausführungen:

- Mehrfachschalter. In jeder Schaltstellung werden Verbindungen zwischen jeweils bestimmten Anschlüssen hergestellt.
- Auswahlschalter. In jeder Schalterstellung wird eine Verbindung zwischen einem zentralen Anschluß C (Common) und einem einzigen ausgewählten Anschluß hergestellt.
- Codierschalter. In jeder Schalterstellung wird gemäß dem jeweiligen Code eine Verbindung zwischen einem zentralen Anschluß C und den anderen Anschlüssen hergestellt.

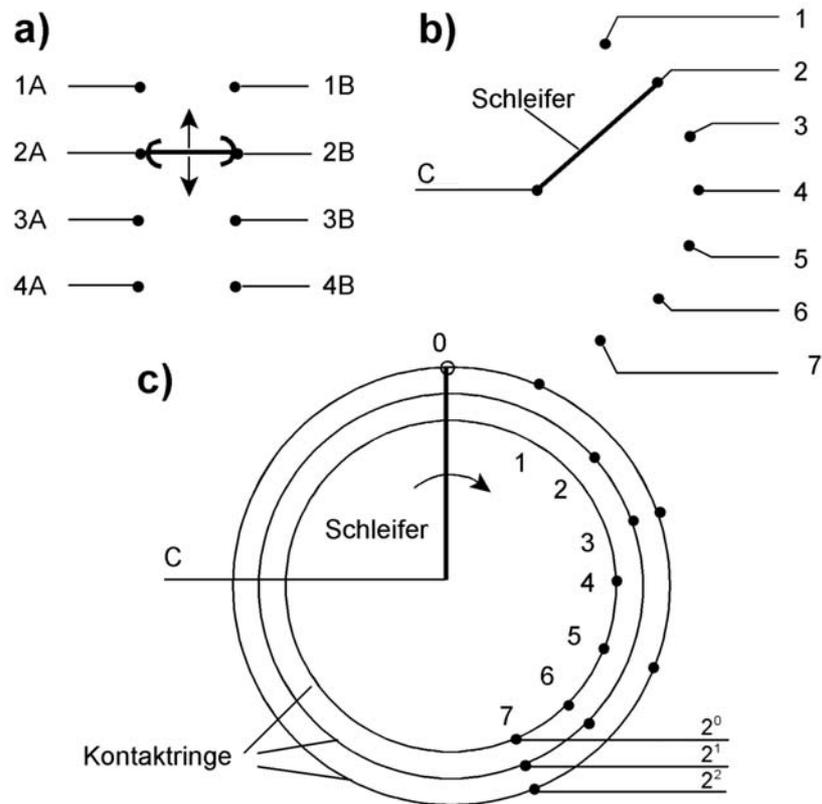


Abb. 4.22 Schalter mit mehreren Schaltstellungen. a) Mehrfachschalter. In jeder Stellung sind zwei Kontakte miteinander verbunden. b) Auswahlschalter. In jeder Stellung ist einer der Kontakte 1, 2 usw. über den Schleifer zum zentralen Anschluß C durchgeschaltet. c) Codierschalter (Prinzip). Im Beispiel werden acht Stellungen binär codiert (von 0 bis 7). Hierzu sind drei Kontaktringe vorgesehen, die an den entsprechenden Stellen (hier durch Punkte gekennzeichnet) vom Schleifer berührt werden.

Unterbrechende (non-shorting) Schaltweise

Beim Übergang von einer Schaltstellung zur nächsten wird die Verbindung unterbrochen (Break before Make (BBM); Abb. 4.23a). Anwendung:

- beim Auswählen von Spannungen (sonst Kurzschluß zwischen zwei Spannungen),
- dann, wenn das Umschalten (zwischen zwei Stellungen) erkennbar sein soll.

Kurzschließende bzw. überlappende (shorting) Schaltweise

Beim Übergang von einer Schaltstellung zur nächsten wird die Verbindung nicht unterbrochen; beide Stellungen sind zeitweise überbrückt (Make before Break (MBB); Abb. 4.22b). Anwendung: dann, wenn ein Trennen nicht zulässig ist, z. B. beim Auswählen von Stromwegen (sonst Unterbrechung des Stromkreises).

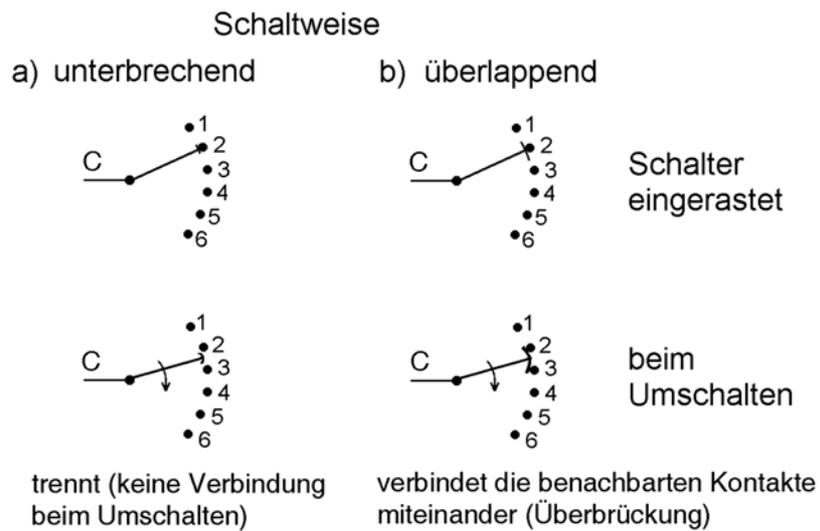
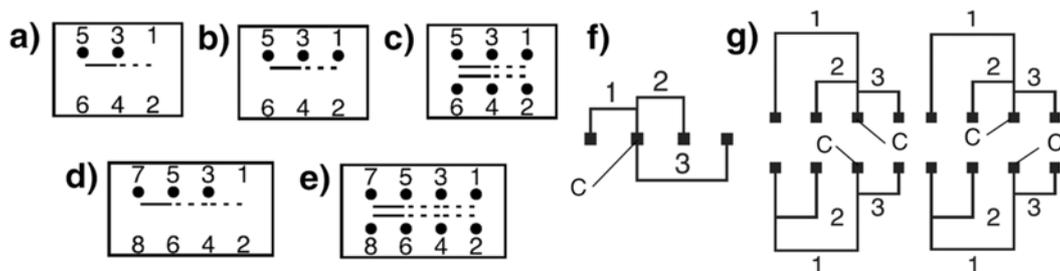


Abb. 4.23 Unterbrechende und kurzschließende (überlappende) Schaltweise. C = zentraler Anschluß (Common).

Schiebeschalter

Die Anzahl der Schaltstellungen reicht von zwei bis (Richtwert) acht. Schiebeschalter mit zwei oder drei Schaltstellungen sind als Ein-Aus-, Wechsel- oder Auswahlschalter ausgeführt (Abb. 4.24). Die einfachste Ausführung: der bewegliche Schieber überbrückt in jeder Schaltstellung nur jeweils zwei benachbarte Kontakte (Abb. 4.25). Die Abb. 4.26 und 4.27 zeigen, wie solche Schalter als Auswahlschalter eingesetzt werden können.



Position	Bezeichnung	Funktionsweise
a)	einpoliger Ein-Aus-Schalter (SPST)	in der Ein-Stellung überbrückt der bewegliche Schieber die Kontakte 5 und 3
b)	einpoliger Wechselschalter (SPDT)	Kontakt 3 ist der zentrale Anschluß. Der bewegliche Schieber verbindet Kontakt 3 entweder mit Kontakt 5 oder mit Kontakt 1
c)	zweipoliger Wechselschalter (DPDT)	
d)	einpoliger Schalter mit drei Stellungen	Stellung 1: Verbindung 7 – 5, Stellung 2: Verbindung 5 – 3, Stellung 3: keine Verbindung

e)	zweipoliger Schalter mit drei Stellungen	Stellung 1: Verbindung 7 – 5 und 8 – 6, Stellung 2: Verbindung 5 – 3 und 6 – 4, Stellung 3: Verbindung 3 – 1 und 4 – 2. Dieses Überbrücken benachbarter Kontakte ist typisch für Schiebeschalter mit mehr als zwei Stellungen
f)	einpoliger Auswahlschalter mit drei Stellungen	die Linien geben an, welche Kontakte in welchen Stellungen jeweils miteinander verbunden sind
g)	vierpoliger Auswahlschalter mit drei Stellungen	

Abb. 4.24 Schiebeschalter mit zwei und drei Schaltstellungen, dargestellt anhand der Symbolik, die in einschlägigen Katalogen, Datenblättern usw. üblich ist. Man veranschaulicht entweder den Weg des Schiebers (a bis e) oder deutet an, welche Anschlüsse in welchen Stellungen miteinander verbunden haben (f, g). C = zentraler Anschluß (Common).

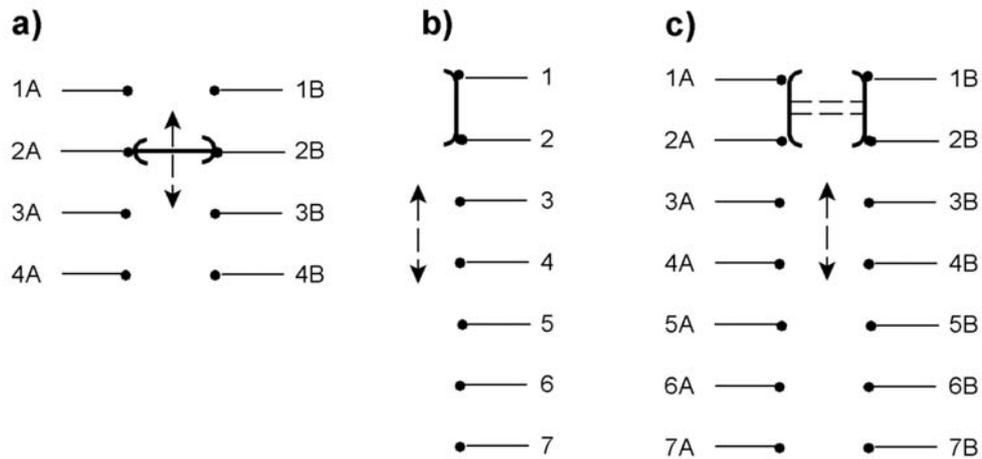


Abb. 4.25 Schiebeschalter als Mehrfachschalter. Typische Ausführungen. a) und b) einpolig, c) zweipolig.

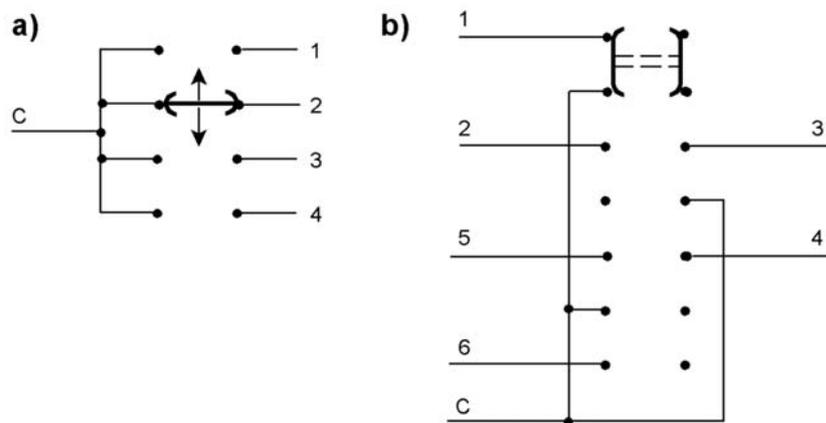


Abb. 4.26 So wird aus dem Mehrfachschalter ein Auswahlschalter. C = zentraler Anschluß (Common).

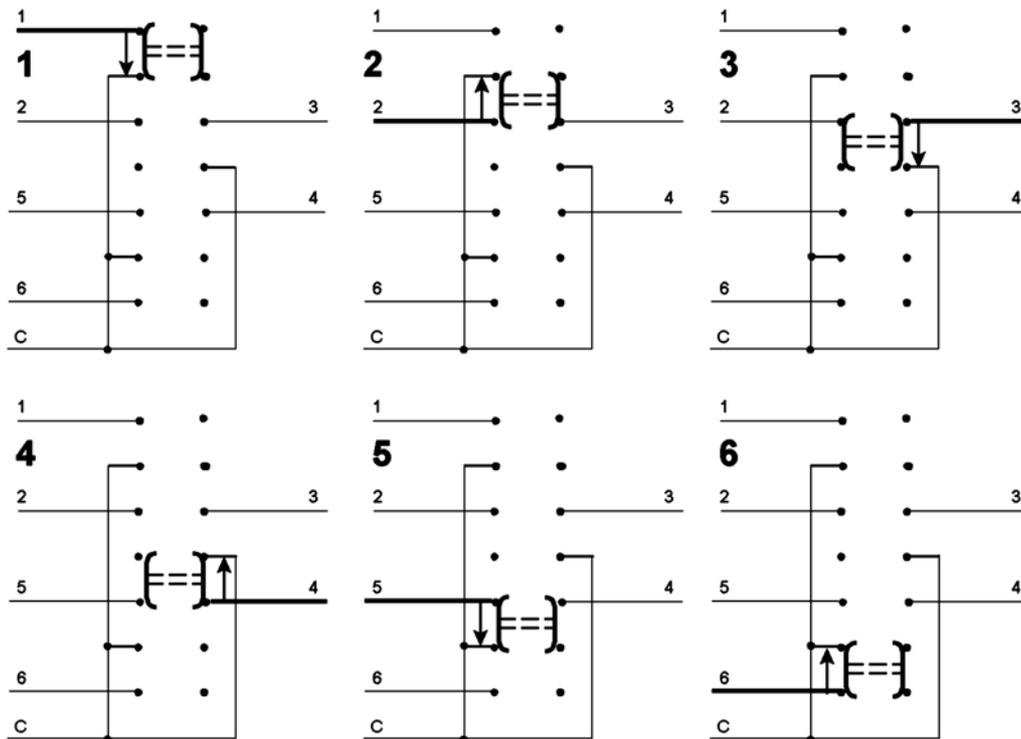


Abb. 4.27 Die Funktionsweise des Auswahlschalters im einzelnen. Während die Abwandlung gemäß Abb. 4.26a naheliegt, ist die Funktion der Abwandlung gemäß Abb. 4.26b nicht ohne weiteres einzusehen. Deshalb werden hier alle sechs Schaltstellungen gezeigt.

Drehschalter

Der Drehschalter ist der klassische Auswahlschalter. Es gibt eine Vielzahl von Ausführungen, darunter auch Baukastensysteme (mit Rastmechanismen, Schalteebenen usw.), aus denen man Schalter nach eigenen Vorstellungen zusammensetzen kann. Die offensichtlichen Vorteile des Drehschalters: die Schaltstellung ist sofort zu erkennen (auch im ausgeschalteten Zustand); die Bedeutung der einzelnen Schaltstellungen kann durch entsprechendes Beschriften der Frontplatte auf einfache Weise dargestellt werden (Leuchtanzeigen o. dergl. sind unnötig). Er ist aber als Bauelement vergleichsweise teuer, und der Einbau erfordert typischerweise einiges an manuellem Arbeitsaufwand (Befestigung, Lötanschlüsse).

Schaltstellungen

Deren Anzahl hängt vom Schalt- bzw. Rastwinkel (Angle of Throw) ab (Tabellen 4.6 und 4.7). Viele Drehschalter erlauben es, durch einstellbare Anschläge die Anzahl der Schaltstellungen beliebig zu begrenzen (Abb. 4.28).

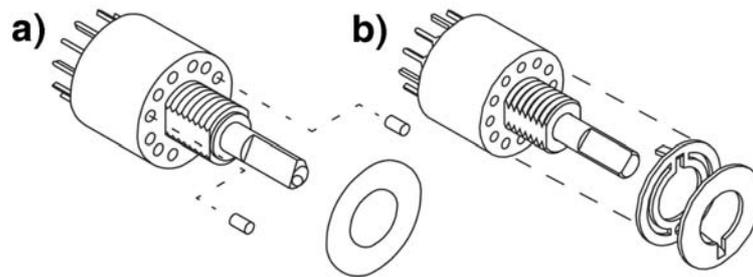


Abb. 4.28 Einstellbare Anschläge. Zwei Varianten (nach [4.4]). a) mit Anschlagstiften, b) mit Anschlagring.

Anhaltswerte zu Drehmomenten:

- Betätigungsdrehmoment: Größenordnung 0,07 bis 0,6 Nm; Richtwert ca. 0,3 Nm = 30 Ncm,
- das Drehmoment, das der Anschlag aushält (Anschlagfestigkeit): Richtwert 0,8 Nm = 80 Ncm,
- welches Drehmoment kann von Hand aufgebracht werden? Faustregel: Drehmoment in Ncm = 6...7 mal Bedienknopfdurchmesser in mm.

Bei der Befestigung des Drehschalters ist das aufzunehmende Drehmoment zu berücksichtigen. Auch bei Leiterplattenmontage den Schalter richtig befestigen, nicht nur an den Anschlüssen einlöten. Verdrehsicherungen ausnutzen (Abflachungen am Befestigungsgewinde (vgl. Abb. 4.28), Zapfen usw.).

Der Drehschalter in der modernen Gerätefertigung.

Er muß typischerweise von Hand montiert und angeschlossen werden. Abb 4.29 veranschaulicht einen Ausweg: diese Schalterbaureihe hat eine abnehmbare Bodenplatte, die die Löt- und Waschverfahren der Massenfertigung aushält (erst Bodenplatte einlöten, dann Schaltmechanik aufschnappen).

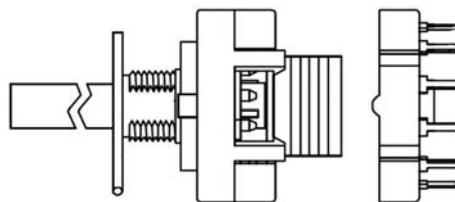


Abb. 4.29 Drehschalter mit abnehmbarer Bodenplatte (nach [4.5]).

Schaltwinkel	Schaltstellungen (maximal)	Schaltwinkel	Schaltstellungen (maximal)
15°	24	45°	8
30°	12	60°	6
36°	10	90°	4

Tabelle 4.6 Die maximale Anzahl der Schaltstellungen in Abhängigkeit vom Schaltwinkel.

Schaltwinkel	Schaltebenen (Pole)						
	1	2	3	4	5	6	7
15°	24	–	–	–	–	–	–
30°	2...12	2...7	2...5	2...4	2 o. 3	2	2
36°	2...10	2...5	2...4	2 o. 3	–	–	–
45°	2...8	–	–	–	–	–	–
60°	2...6	2...6	2 o. 3	2 o. 3	2	nur Ein–Aus	–

Tabelle 4.7 Ausführungsbeispiele anhand einer Drehschalter-Typenreihe (nach [4.6]). Die Tabelle gibt an, wieviele Schaltstellungen bei gegebenem Schalwinkel und gegebener Anzahl an Schaltebenen (Polen) vorgesehen sind.

Codierschalter

Es gibt HEX-Schalter, BCD-Schalter, Schalter, die das Neunerkomplement im BCD-Code liefern usw. Die jeweilige Codierung ist aus dem Katalog oder Datenblatt ersichtlich (Abb. 4.30). Die Angaben in den Codetabellen betreffen die Verbindung mit dem zentralen Anschluß (vgl. Abb. 4.22c):

- 0 oder kein Kennzeichen = keine Verbindung (offener Kontakt),
- 1 oder Kennzeichen (z. B. Punkt) = Verbindung (geschlossener Kontakt).

Beispielsweise ist der BCD-Code der Stellung "6" = 0110B und der zugehörige Neuner-Komplement-Code 0011B ($9 - 6 = 3$). Bei der üblichen Anschaltung über Pull-up-Widerstände (vgl. ***) ergibt sich bei geschlossenem Kontakt aber Low-Pegel (invertierende Wirkung). Deshalb gibt es Schalter mit positiver und negativer Codierung (Tabelle 4.8). Die typische Schaltweise: Break before Make (Abb. 4.31).

Binärcode	Codetabelle und Schaltweise	
	positive Codierung	negative Codierung
"0" = 0 0 0 0	0 0 0 0 = aus - aus - aus - aus	1 1 1 1 = ein - ein - ein - ein
"9" = 1 0 0 1	1 0 0 1 = ein - aus - aus - ein	0 1 1 0 = aus - ein - ein - aus

Tabelle 4.8 Codierbeispiele.

Praxistip: Die kostengünstigste oder einfachste Mechanik wählen und ggf. erforderliche Wandlungen programmseitig erledigen (Mikrocontroller).

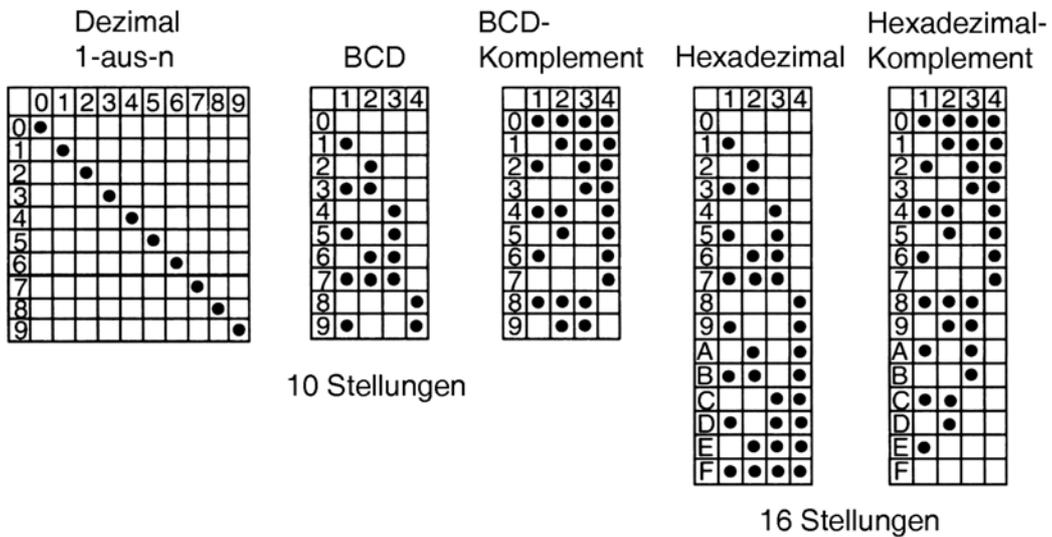


Abb. 4.30 Codetabellen von Codierschaltern (Beispiele). Zu weiteren Ausführungen vgl. beispielsweise [4.7].

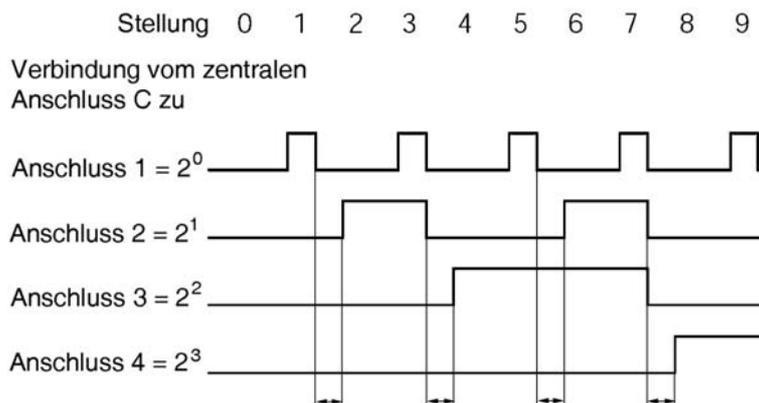


Abb. 4.31 Die Schaltweise eines typischen Codierschalters (nach [4.7]). Sind beim Wechsel zwischen zwei Schaltstellungen sowohl bestehende Verbindungen zu unterbrechen als auch neue Verbindungen zu schalten, werden erst die bestehenden Verbindungen unterbrochen und dann die neuen geschaltet (Break before Make). Hierdurch ergeben sich die eingezeichneten Intervalle (die man schaltungs- oder programmtechnisch auswerten kann, um das Betätigen des Schalters zu erkennen).

Zum Einbau in Bedienfelder vorgesehene Codierschalter werden typischerweise über ein Rändelrad (Thumbwheel Switch) oder über eine Tastenmechanik (Pushwheel Switch) betätigt (Abb. 4.32).



Abb. 4.32 Codierschalter mit Tastenbetätigung (Pushwheel Switches). Rechts eine Steckfassung zur Leiterplattenmontage (nach [4.7]).

**** Diese Abb. kann entfallen, wenn der Platz knapp wird (Seitenzahl) *****

Koordinatenschalter

Koordinatenschalter sind Bedienelemente, die mehrere Betätigungsrichtungen zulassen (z. B. nach rechts oder links und nach unten oder oben). Sie werden vor allem eingesetzt, wenn die Bedienhandlungen auf ein Positionieren in wenigstens zwei Dimensionen hinauslaufen. Das betrifft nicht nur die Steuerung von Maschinen aller Art, sondern auch das Navigieren in Bedienmenüs (z. B. von Digitalkameras). Abb. 4.33 veranschaulicht zwei gängige Ausführungen: den Steuerhebel (Joystick) und den Navigationstaster.

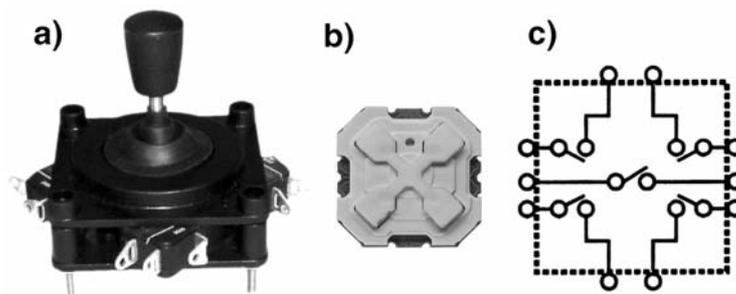


Abb. 4.33 Koordinatenschalter. a) Joystick; b) Navigationstaster in SMD-Ausführung (Kantenlänge ca. 10 mm); c) Kontaktanordnung des Navigationstasters. Der Joystick kann mit Mikroschaltern verschiedener Typen bestückt werden.

Die gängigen Koordinatenschalter unterstützen zwei Achsen (links – rechts, oben – unten), die über vier Ein-Aus- oder Wechselkontakte erfaßt werden. Dabei ist das gleichzeitige Betätigen zweier benachbarter Kontakte typischerweise zulässig (links + oben, rechts + unten usw.) Viele Typen haben zudem eine weitere Kontaktstelle, die auf senkrechten Druck anspricht.

4.2.2 Einstellelemente

Einstellelemente (Abb. 4.34) werden zumeist auf Leiterplatten montiert. Sie werden nur selten betätigt und sind typischerweise von außen nicht zugänglich. Der für Einstellvorkehrungen zu treibende Aufwand wird vor allem durch den Grad an Narrensicherheit bestimmt, der zu gewährleisten ist. Kommt es in dieser Hinsicht nicht darauf an*, genügen einfachste Steckbrücken oder Ein-Aus-Schalter (SPST). Die grundsätzliche Alternative: Programmgesteuertes Einstellen, beruhend auf Angaben, die in nichtlöschraren Speichern (z. B. EEPROMs) untergebracht sind.

*: Das ist u. a. dann der Fall, wenn es exakte Einstellvorschriften gibt und alle Einstellarbeiten von fachkundigem Personal durchgeführt werden.

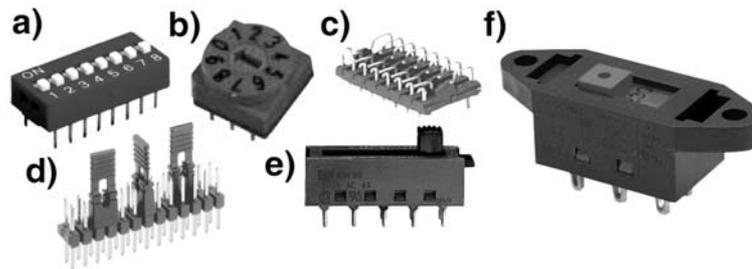


Abb. 4.34 Einstellelemente. a) DIL-Schalter; b) Codierdrehschalter; c) DIL-Kontaktbrücke; d) Steckbrücke; e) Schiebeschalter für Leiterplattenmontage; f) Netzspannungswahlschalter.

**** Diese Abb. kann entfallen, wenn der Platz knapp wird (Seitenzahl) ****

Steckbrücken

Steckbrücken (Jumper) lösen Einstellprobleme auf denkbar einfachste Weise. Jede schaltbare Verbindung entspricht einer Anordnung aus zwei Steckkontakten. Mehrpolige Schalter, Wechselschalter, Auswahlschalter usw. sind durch mehrere Steckkontaktpaare nachzubilden (ähnlich Abb. 4.26a). Die am weitesten verbreitete Ausführung beruht auf Pfostenleisten im Raster von $2,54 \text{ mm} = 0,1''$.

DIL-Schalter

DIL-Schalter sind – in ihrer Grundform – aneinandergereihte Ein-Aus-Schalter (SPST) in Miniaturausführung. Die üblichen Baureihen umfassen Bauelemente mit 1...8 Schaltern. Herkömmliche Typen entsprechen dem Formfaktor der DIL-Schaltkreisgehäuse (Anschlußabstand $2,54 \text{ mm} = 0,1''$, Abstand der beiden Anschlußreihen $7,62 \text{ mm} = 0,3''$). Des weiteren stehen SMD-Ausführungen zur Wahl.

Mehrpole Schalter, Wechselschalter, Auswahlschalter usw. können durch mehrere SPST-Kontakte nachgebildet werden (ähnlich Abb. 4.26a). Wird auf mehr Komfort (oder auf mehr Narrensicherheit) Wert gelegt, kann man entsprechende Sonderausführungen einsetzen (Abb. 4.35).

Codierdrehschalter

Codierdrehschalter in Miniaturausführung gibt es mit Drehknopf und mit Schraubendreherbetätigung. Die gängigen Codes: BCD und hexadezimal (sowohl direkt als auch invers; vgl. Abb. 4.30).

Schiebeschalter in Miniaturausführung

Einfache Schiebeschalter für Leiterplattenmontage sind kostengünstig und für größere Ströme (z. B. bis $2,5 \text{ A}$) geeignet. Zudem gibt es miniaturisierte Schiebeschalter im DIL-Formfaktor (Abb. 4.36).

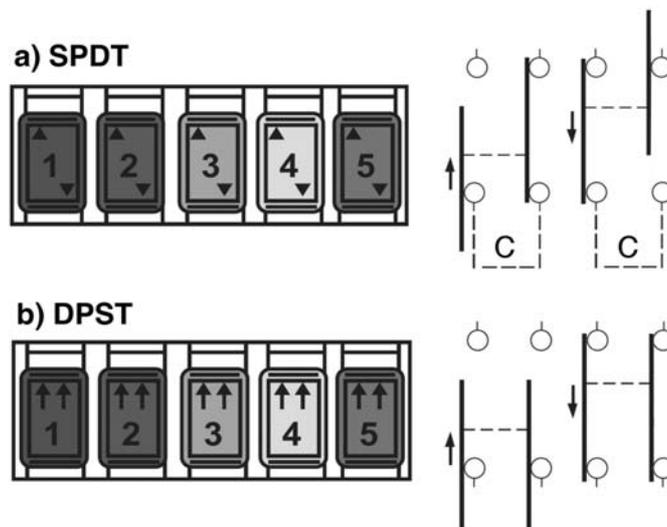


Abb. 4.35 Sonderausführungen von DIL-Schaltern (Beispiele; nach [4.9]). Jeweils zwei SPST-Schalter mit gemeinsamer Betätigung. a) Wechselschalter; b) zweipoliger Ein-Aus-Schalter. C = gemeinsamer Anschluß (Common; beide Anschlüsse sind auf der Leiterplatte miteinander zu verbinden).

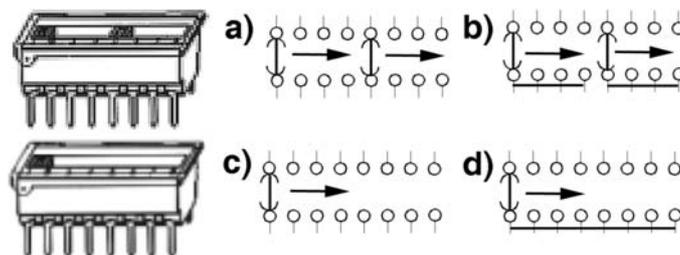


Abb. 4.36 Schiebeschalter im DIL-Formfaktor. Eine kleine Auswahl aus dem Sortiment (nach [4.10]). a) und b) zweipolig mit vier Stellungen; c) und d) einpolig mit acht Stellungen. b) und d) sind als Auswahlschalter vorgefertigt (vgl. Abb. 4.26a).

Kontaktbrücken

Kontaktbrücken sind kostengünstige Alternativen zum DIL-Schalter. Die einzelne Verbindung wird durch eine Kontaktfeder hergestellt, die in eine gegenüberliegende Öse eingehängt wird. Wechselkontakte haben zwei Ösen je Kontaktfeder. Diese Bauelemente sind vor allem dann von Vorteil, wenn nur eine einmalige Einstellmöglichkeit (in der Fertigung) gewünscht ist. Verbindungen können durch Löten gesichert, ungenutzte Kontaktfedern abgetrennt werden.

Netzspannungswahlschalter

Der herkömmliche Netzspannungswahlschalter ist im Grunde ein Auswahlschalter, der jeweils eine der Anzapfungen der Primärwicklung des Netztrafos auswählt. Diese Bauelemente müssen für die Netzspannung und den jeweiligen Netzstrom dimensioniert sein. Sie sind typischerweise von außen zugänglich. Zum Einsatz s. **** (Kapitel 3).

4.2.3 Inkrementalgeber und Winkelcodierer

Diese Bauelemente (Abb. 4.37) dienen zum Erfassen von kontinuierlichen Drehbewegungen (sie haben keine Anschlagbegrenzung). Ausführungen, die auf Kontakten beruhen, sind deutlich preisgünstiger als kontaktlose Typen (photoelektrische Abtastung, Halleffekt usw.).



Abb. 4.37 Inkrementalgeber (links und Mitte) sowie Winkelcodierer (rechts).

**** Diese Abb. kann entfallen, wenn der Platz knapp wird (Seitenzahl) ****

Inkrementalgeber

Inkrementalgeber enthalten zwei Kontaktanordnungen, die durch Drehen der Welle betätigt werden. Sie liefern Impulse, aus deren Verlauf die Drehrichtung erkennbar ist. Manche Typen haben einen weiteren Kontakt, der durch Niederdrücken der Welle betätigt wird (Abb. 4.38).

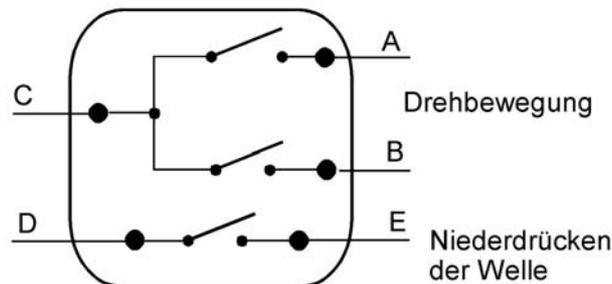


Abb. 4.38 Inkrementalgeber. Beim Drehen werden zwei Kontakte betätigt, die die Anschlüsse A und B zyklisch mit Anschluß C verbinden. Manche Typen haben zusätzlich einen Druckkontakt (Anschlüsse D, E).

Die – bei entsprechender Beschaltung (Abb. 4.39) – an den Anschlüssen A und B erscheinenden Impulse sind gegeneinander um 90° phasenverschoben (Quadraturcodierung; Abb. 4.40).

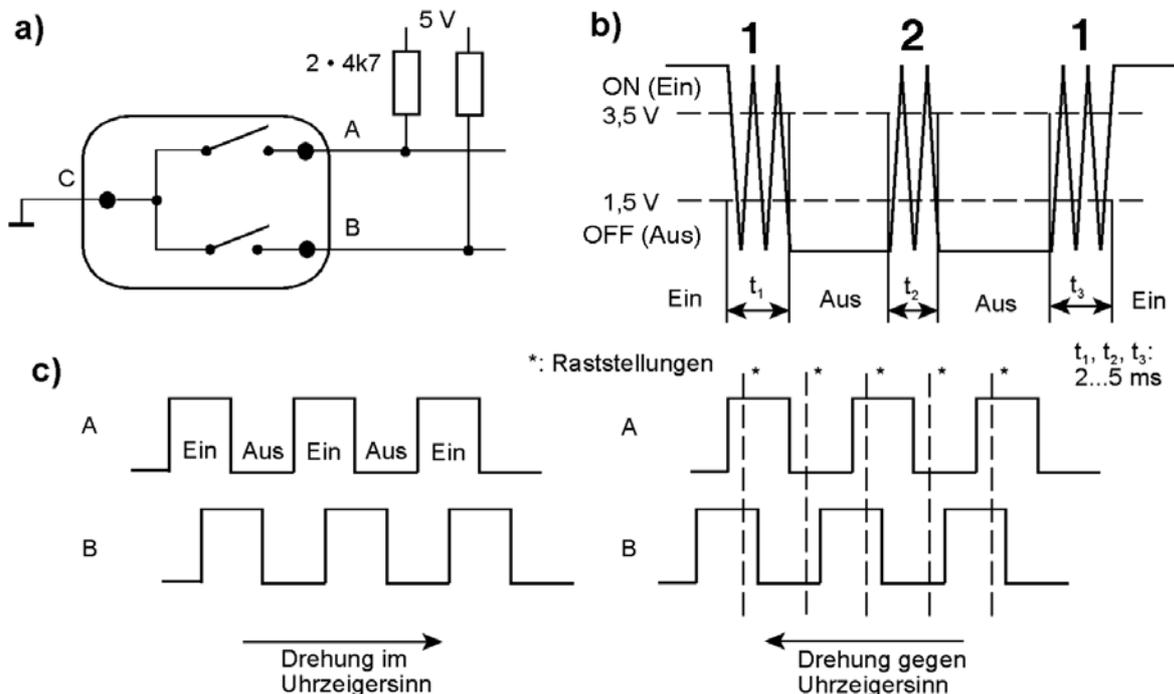


Abb. 4.39 Der typische Inkrementalgeber. a) eine übliche Beschaltung; b) ein Impulsverlauf im einzelnen; c) die Impulsverläufe in beiden Drehrichtungen. 1 - Prellen beim Umschalten (Chatter); 2 - Prellen im jeweiligen Schaltzustand (Bounce).

Allgemeine Richtwerte:

Spannung 5 V, maximaler Strom 10 mA, Mindeststrom 1 mA, Lebensdauer 20 000... 100 000 Umdrehungen.

Schaltzustände

In vielen Datenblättern* bezieht man sich auf eine Schaltung ähnlich Abb. 4.39a und ordnet die Schaltzustände den Signalpegeln zu (vgl. Abb. 4.39b):

- OFF (Aus) = Signalpegel < 1,5 V (Low-Pegel) = geschlossener Kontakt,
- ON (Ein) = Signalpegel > 3,5 V (High-Pegel) = offener Kontakt.

*: Vgl. beispielsweise [4.11].

Auflösung

Üblich sind zwischen 4 und 24 Impulse je Umdrehung (gängige Werte: 4, 6, 9, 15, 16, 20, 24). Viele Typen haben 15 Impulse je Umdrehung (Pulses per Revolution PPR). Ein Impuls entspricht einem vollständigen Quadraturzyklus gemäß Abb. 4.40, also zwei phasenverschobenen Impulsen A, B, bzw. insgesamt vier Signalfanken.

Raststellungen

Viele Inkrementalgeber haben deutlich wahrnehmbare Raststellungen (eine oder zwei je Impuls). Eine übliche Auslegung: 30 Raststellungen bei 15 Impulse/Umdrehung (beim Betätigen entsprechen zwei deutlich fühlbare Klicks einem Impuls). In jedem Rastpunkt haben beide Kontakte die gleiche Lage (entweder beide ein oder beide aus). Es gibt aber auch Typen, die sich

kontinuierlich – ohne fühlbare Rastpunkte – durchdrehen lassen.

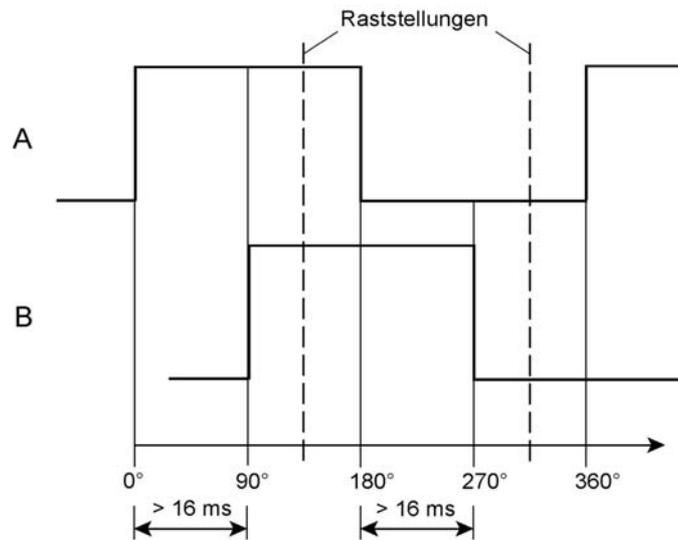


Abb. 4.40 Ein Quadraturzyklus. Eine komplette Impulsperiode entspricht 360° (hier anhand der A-Impulsfolge dargestellt). Die zweite Impulsfolge (B) hat eine Phasenverschiebung von 90° . Der Zeitversatz von näherungsweise 16 ms ergibt sich bei einer Umdrehung je Sekunde und 15 Impulsen/Umdrehung.

Drehzahl und Impulsdauer

Die hier betrachteten Bauelemente sind für den Handbetrieb vorgesehen. Die Obergrenze der Drehzahl liegt typischerweise zwischen 60 und 120 U/min bzw. 1 bis 2 Umdrehungen je Sekunde.

Überschlagsrechnung zur Zeitbestimmung:

Drehzahl in Umdrehungen je Sekunde = U_S , je Minute = U_M ; Auflösung in Impulsen je Umdrehung = P .

$$1 \text{ Quadraturzyklus } (360^\circ) \text{ in ms} = \frac{U_S}{P} \cdot 1000 = \frac{U_M}{60 \cdot P} \cdot 1000 \approx 16,67 \frac{U_M}{P} \quad (4.2)$$

$$\frac{1}{4} \text{ Impulsdauer } (90^\circ) = \frac{U_S}{P} \cdot 250 \approx 4,17 \frac{U_M}{P} \quad (4.3)$$

Prellzeiten

Die Hersteller unterscheiden zwei Arten des Prellens (vgl. Abb. 4.39b):

- Prellen beim Umschalten (Chatter),
- Prellen im jeweiligen Schaltzustand (Bounce).

Richtwerte : 2...5 ms. Abb. 4.41 zeigt eine Filterschaltung zur Prellunterdrückung. S. weiterhin Abschnitt 4.4.6.

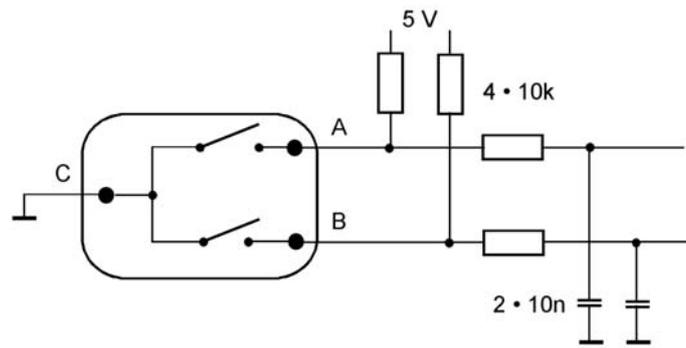


Abb. 4.41 Filterschaltung zur Prellunterdrückung (nach [4.11]).

Drehrichtungsbestimmung

Im Ruhezustand liegen beide Anschlüsse A, B auf jeweils gleichem Signalpegel. Entscheidend ist, welches Signal sich zuerst ändert. Zuordnungsbeispiel:

- wenn erst A, dann B: Drehung im Uhrzeigersinn,
- wenn erst B, dann A: Drehung gegen den Uhrzeigersinn.

Die höchste Auflösung ergibt sich, wenn man alle vier Flanken oder Zustandsübergänge des Quadraturzyklus ausnutzt* (Tabelle 4.9, Abb. 4.42 und 4.43).

gegen den Uhrzeigersinn			im Uhrzeigersinn		
A	B	Zustandsübergänge	A	B	Zustandsübergänge
0	↑	0,0 → 0,1	↑	0	0,0 → 1,0
↑	1	0,1 → 1,1	1	↑	1,0 → 1,1
1	↓	1,1 → 1,0	↓	1	1,1 → 0,1
↓	0	1,0 → 0,0	0	↓	0,1 → 0,0

Tabelle 4.9 Signalfanken und Zustandsübergänge im Quadraturzyklus. 0 = OFF oder Low-Pegel, 1 = ON oder High-Pegel.

*: Gelegentlich wird es als angenehmer empfunden, wenn beim Übergang zwischen zwei Raststellungen nur ein Impuls abgegeben wird (ausprobieren).

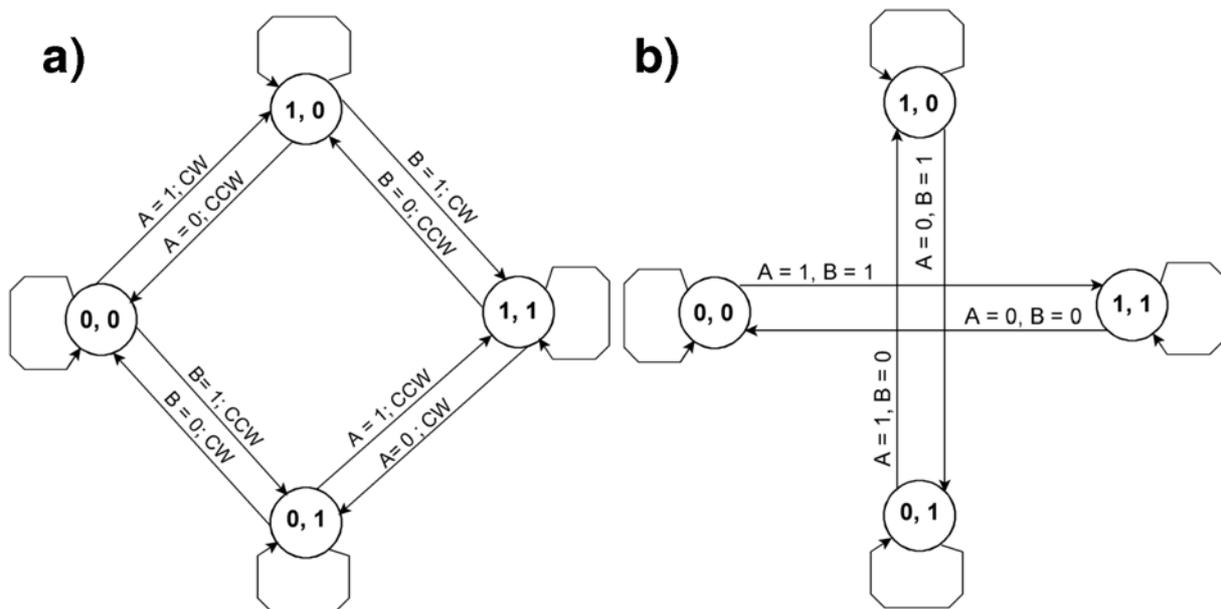


Abb. 4.42 Zustände und Zustandsübergänge im Quadraturzyklus. a) Normalfunktion; b) fehlerhafte Übergänge (können sich ergeben, wenn – beim schnellen Drehen – einzelne Übergänge nicht erfaßt werden).

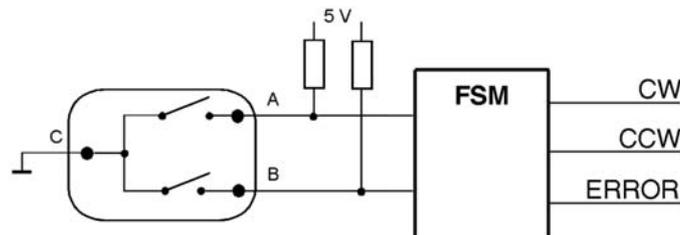


Abb. 4.43 Anwendungslösung. Die Zustandsübergänge werden von einem Zustandsautomaten FSM (Finite State Machine) erfaßt (der Zustandsautomat kann schaltungstechnisch oder als Programm realisiert werden). Entsprechen die Zustandsübergänge Abb. 4.42a, werden Schritimpulse für das Weiterschreiten im Uhrzeigersinn (CW = Clockwise) oder gegen den Uhrzeigersinn (CCW = Counterclockwise) abgegeben. Wenn der Inkrementalgeber stillsteht (vgl. die Schleifen in Abb. 4.42) oder wenn fehlerhafte Zustandsübergänge erkannt werden (vgl. Abb. 4.42b), erscheinen keine Schritimpulse. Das Ausreten fehlerhafter Zustandsübergänge wird durch ein Fehlersignal (ERROR) angezeigt.

Winkelcodierer

Winkelcodierer liefern eine absolute Winkelangabe im Graycode (Abb. 4.44). Die Schalterkennwerte entsprechen näherungsweise denen der Inkrementalgeber.

Auflösung: 16 bis 128 Winkelschritte je Umdrehung sind üblich.

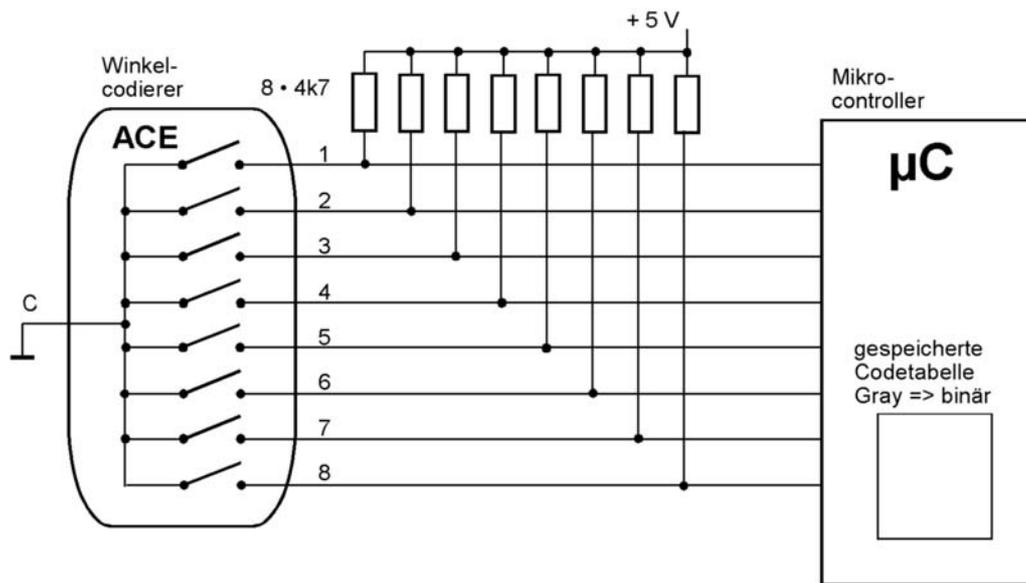


Abb. 4.44 Winkelcodierer in Einsatzschaltung. Hier der Absolute Contacting Encoder (ACE) nach [4.12]. Auflösung: 128 Winkelschritte. Der Drehwinkel wird in einem 8-Bit-Graycode geliefert. Diese Angabe kann beispielsweise in einem Mikrocontroller über eine gespeicherte Codetabelle in eine Binär- oder Dezimalzahl umgesetzt werden.

4.2.4 Mikroschalter

Mikroschalter (Abb. 4.45) sind Kontaktbauelemente, die für die mechanische Betätigung ausgelegt sind (Einsatz als Endlagenkontakte, Türkontakte usw.). Sie dienen aber auch als Kontaktsätze in manuell betätigten Schaltern vielfältiger Konstruktion (Abb. 4.41).

Schaltverhalten

Mikroschalter enthalten eine Schnappmechanik, die auch bei allmählichem Schließen oder Öffnen schlagartig umschaltet (Schnappschalter, Snap Action Switch). Die am weitesten verbreitete Ausführung ist der einpolige Wechselkontakt (SPDT).

Betätigung

Es gibt zwei grundsätzliche Ausführungen: Tasterbetätigung und Drehwellenbetätigung. Die Taststößel oder Wellen können mit verschiedenen Betätigern ergänzt werden (Abb. 4.42).



Abb. 4.45 Mikroschalter (nach [4.8]).



Abb. 4.46 Mikroschalter im Einsatz. Hier in einem Handgriff (nach [4.13]).

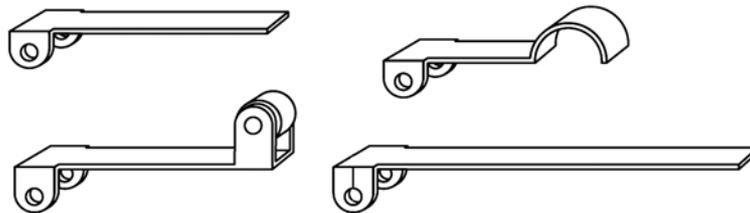
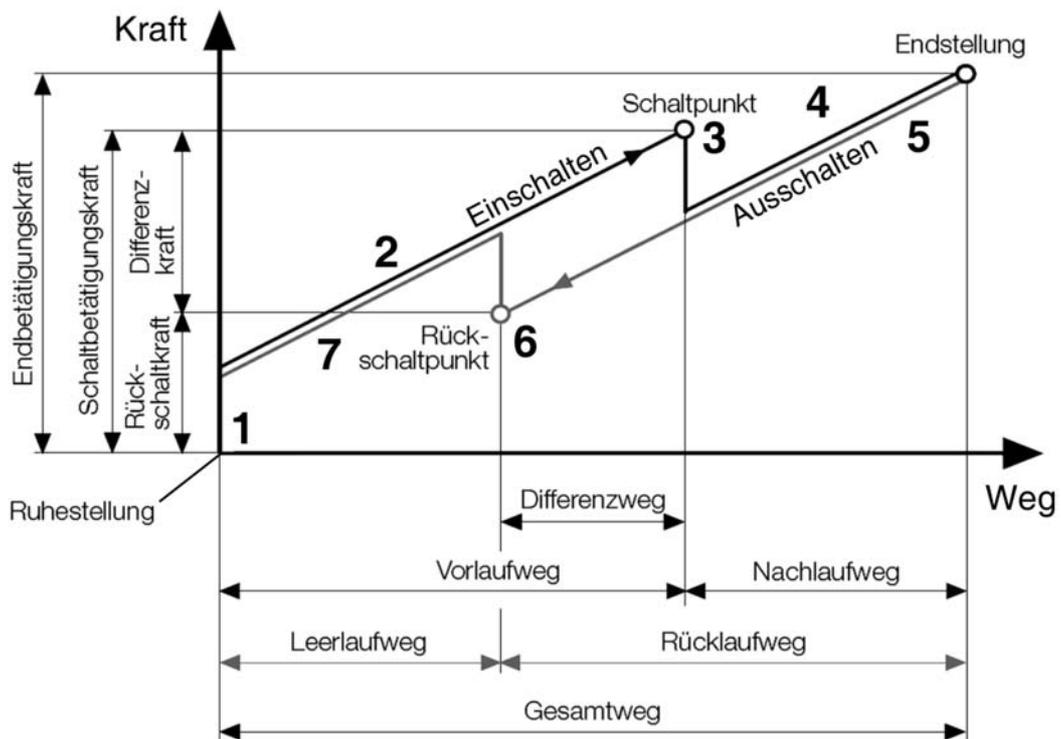


Abb. 4.47 Betätiger für Mikroschalter (nach [4.8]).

Auslegung der Mechanik

Es will vieles überlegt sein. Der Schalter muß sicher umschalten, darf aber auch nicht mechanisch überlastet werden. Die Richtwerte für die Auslegung ergeben sich aus dem Betätigungskraft-Weg-Diagramm (Abb. 4.48). Im Interesse der Schaltsicherheit sollten die die Vor- und Nachlaufwege voll ausgenutzt werden*. Die Betätigungskraft ist so in den Schalter einzuleiten, daß sie zuverlässig wirkt, aber keinen Schaden anrichtet. Abb. 4.49 veranschaulicht, was gemeint ist. Erforderlichenfalls ist mit Zusatzbetätigern ähnlich Abb. 4.47 nachzuhelfen.

*: Des weiteren wird in [4.13] empfohlen, Schalter mit möglichst hohen Kontaktkräften zu wählen. Das läuft darauf hinaus, die Betätigungskräfte, die in der Anwendungsumgebung aufgebracht werden können, sinnvoll auszunutzen (mit anderen Worten: nicht den empfindlichsten Schalter nehmen, sondern einen robusten Typ, der in der Anwendungsumgebung noch sicher betätigt werden kann).



Der Schaltzyklus:

1	Schalter in Ruhe
2	Betätigungskraft wirkt
3	nach Durchlaufen des Vorlaufwegs schaltet der Kontakt um (Ein-Stellung)
4	Um den Kontakt sicher im eingeschalteten Zustand zu halten, läuft der Betätiger weiter bis zur Endstellung (Nachlaufweg) – aber nicht noch weiter, denn sonst geht irgend etwas kaputt ...
5	die Betätigungskraft läßt nach, der Betätiger läuft zurück
6	nach Durchlaufen des Rücklaufwegs schaltet der Kontakt um (Aus-Stellung)
7	wirkt keine Betätigungskraft mehr ein, ist der Kontakt sicher ausgeschaltet. Hierzu hat der Betätiger den Leerlaufweg zurückgelegt (Ruhestellung)

Anhaltswerte (anhand von zwei typischen Baureihen):

	Bauform für max. 24 V, 2 A	Bauform für 250 V~; Kontaktöffnungsweite ≥ 3 mm
Vorlaufweg	1,3 mm	1,9 mm
Nachlaufweg	1,2 mm	0,7 mm
Differenzweg	0,4 mm	1,2 mm

Abb. 4.48 Das Betätigungskraft-Weg-Diagramm (nach [4.13]).

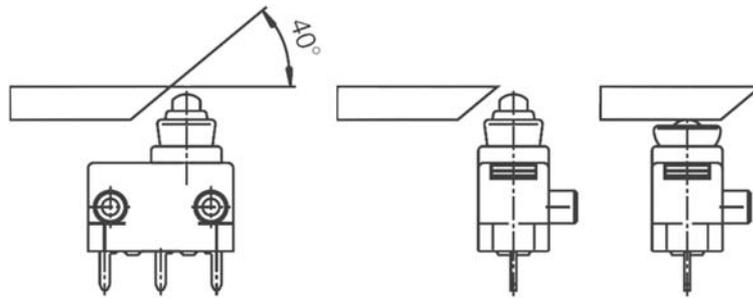


Abb. 4.49 Diese Ausführung erlaubt eine Betätigung durch Schieber oder Nocken mit einem sog. Anfahrwinkel von max. 40° (nach [4.13]). Offensichtlich klappt es nicht, wenn der Winkel steiler ist – dann wird nämlich der Schalter nicht betätigt, sondern beiseite geschoben oder zerstört ... Ob solche Lösungen in der Praxis wirklich zuverlässig funktionieren, hängt von den Werkstoff- und Oberflächeneigenschaften der mechanischen Betätigungsglieder ab (ist die Reibung zu groß, sind die 40° offensichtlich viel zuviel).

4.2.5 Tastenfelder

Die gleichsam klassischen Bedienfelder und Frontplatten weisen unterschiedliche Schalter, Tasten und Anzeigen auf (Abb. 4.50). Diese Bauelemente haben unterschiedliche Bauhöhen und Befestigungsvorkehrungen. Die Aufwendungen in Konstruktion und Fertigung sind beachtlich. In der Massenfertigung bevorzugt man deshalb einfachste Lösungen, die eine weitestgehend automatisierte Fertigung ermöglichen:

- das gesamte Bedienfeld in einer Ebene (= auf einer Leiterplatte),
- Implementierung von Bedienprinzipien, die ohne mechanisch aufwendige Bedienfelder auskommen,
- Beschränkung auf einpolige Arbeitskontakte mit Tastfunktion.

Die Beschränkung auf Tastwirkungen hat allerdings zur Folge, daß man die Schaltzustände nicht mehr erkennen und auch nicht im ausgeschalteten Zustand beibehalten kann. Zudem sind kontinuierliche Einstellvorgänge mit Tastfunktionen nachzubilden*. Solche Bedienfelder müssen durch Leuchtanzeigen ergänzt werden (LEDs, LCD usw. – von der Einzelanzeige bis hin zum Bildschirm). Erforderlichenfalls sind Vorkehrungen zu treffen, den jeweiligen Schaltzustand unverlierbar abzuspeichern (z. B. in einem EEPROM).

*: Beispiel: die typischen Rauf-Runter-Tasten zum Einstellen der Lautstärke, Bildhelligkeit usw.



Abb. 4.50 Ein Gerät mit herkömmlicher Frontplattengestaltung (Rohde & Schwarz). Eine offensichtlich aufwendige Angelegenheit ...

Tastenfelder aus Einzeltasten

Die Tastenelemente werden auf einer Leiterplatte angeordnet. Kostengünstige Bedienfelder werden mit Tastenelementen in Miniaturausführung bestückt, die einen besonders kurzen Betätigungsweg haben (Kurzhubtasten). Sie können auch direkt – ohne Tastenknöpfe o. dergl. – durch eine darübergespannte elastische Folie hindurch betätigt werden (Abb. 4.51). Des Weiteren steht ein umfangreiches Sortiment an Knöpfen und Kappen zur Verfügung. Sind die Stückzahlen hoch genug, kommen auch anwendungsspezifische Tastenkappen, Rahmen usw. in Betracht (Abb. 4.52). Für höhere Ansprüche gibt es Tastenelemente, die mehr Schaltspiele zulassen und ein ausgesprochen angenehmes Betätigungsverhalten aufweisen (Schaltweg, Kräfte, Betätigungsgeräusch). Auf diese Tastenelemente lassen sich größere, bequem zu bedienende Tastenknöpfe aufsetzen. Typische Rastermaße: 15...19 mm, wobei auch breitere Tastenknöpfe verwendet werden können (Abb. 4.53).

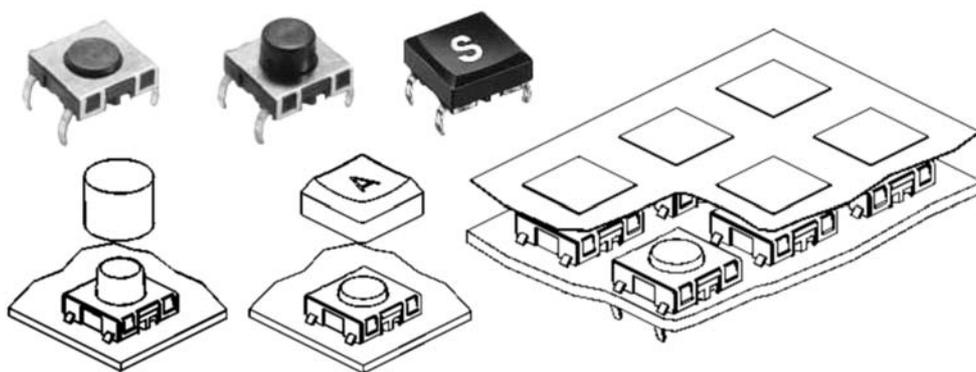


Abb. 4.51 Tastenelemente in Miniaturbauweise (nach [4.14]). Sie können mit verschiedenen Knöpfen und Kappen versehen oder mit einer Folie abgedeckt werden.

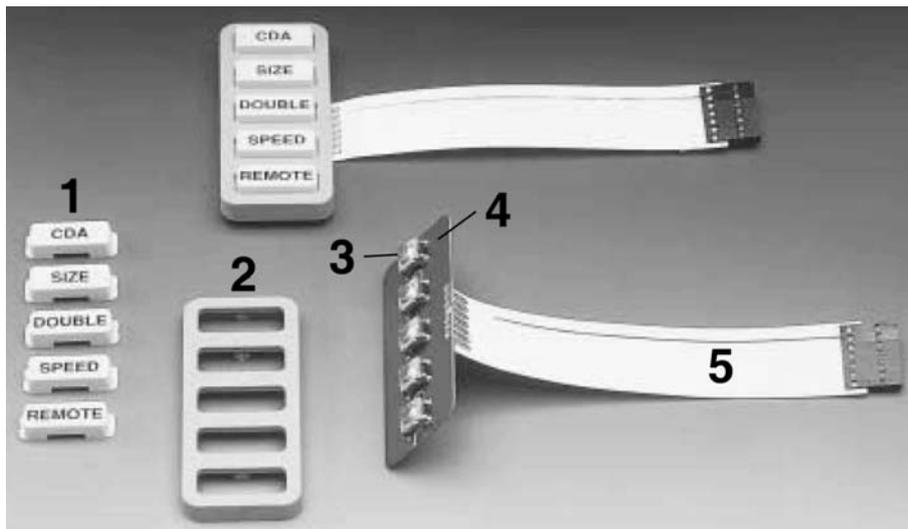


Abb. 4.52 Ein typisches Bedienfeld mit anwendungsspezifischen Kunststoffteilen nach [4.15]). 1 - Tastenkappen; 2 - Rahmen; 3 - Kurzhubtasten; 4 - Leiterplatte; 5 - Flachbandkabel.



Abb. 4.53 Ausschnitt aus einem anwendungsspezifischen Tastenfeld ([4.13]). Besonders breite Tastenknöpfe werden durch eine Zusatzmechanik (Parallelführung) unterstützt.

Folienkontakte

Folien-Kontaktanordnungen bestehen aus zwei Folien, die Kontaktflächen tragen und die durch eine Zwischenlage voneinander getrennt sind * (Abb. 4.54 und 4.55). Im Betätigungsbereich ist die Zwischenlage ausgespart, um die Kontaktgabe zu ermöglichen.

*: Alternative: eine Folie und eine starre Leiterplatte.

Vorteile:

- es lassen sich ganze Bedientafeln gleichsam aus einem Stück (= als gedruckte Schaltung) fertigen,
- guter Schutz gegen Staub und Wasser (typische Schutzart: IP65),
- weitgehende Gestaltungsfreiheit in Hinsicht auf Formgebung (Abb. 4.56*),
- kostengünstige Fertigung.

*: Vgl. weiterhin beispielsweise [4.15].

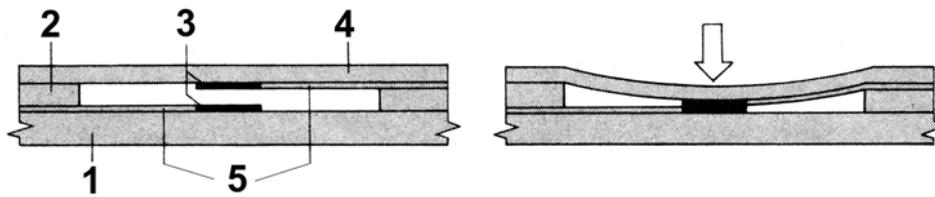
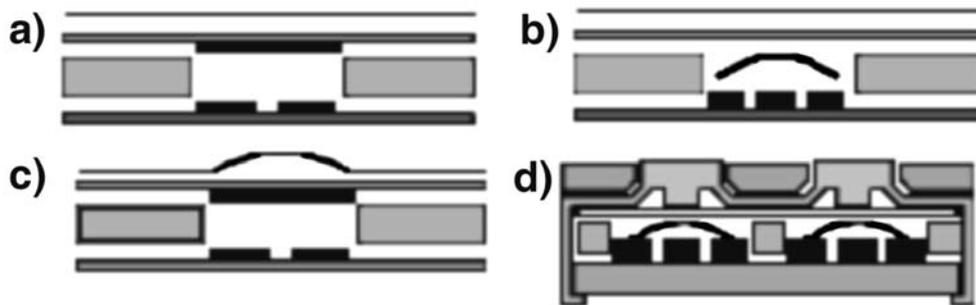


Abb. 4.54 Ein Folienkontakt im Querschnitt. 1 - Leiterplatte oder passive Folie; 2 - Abstandsfolie; 3 - Kontaktflächen; 4 - aktive Folie; 5 - Leiterbahnen.



	a)	b)	c)	d)
Betätigungskraft	2 N	2,5 N	1...4 N	0,3...2,5 N
Schaltweg	0,21 mm	0,48 mm	0,5...1 mm	0,5...3,5 mm
Lebensdauer	10 Millionen Schaltspiele	1 Million Schaltspiele	1 Million Schaltspiele	1...10 Millionen Schaltspiele (je nach Kontakt)

Abb. 4.55 Folienkontakte (nach [4.17]). a) keine taktile Rückmeldung; b) taktile Rückmeldung durch Sprungmembran (aus rostfreiem Stahl); c) taktile Rückmeldung durch Erhebung in der Abdeckfolie; d) Elastomer-Bedienelemente, die auf Metallmembranen wirken.

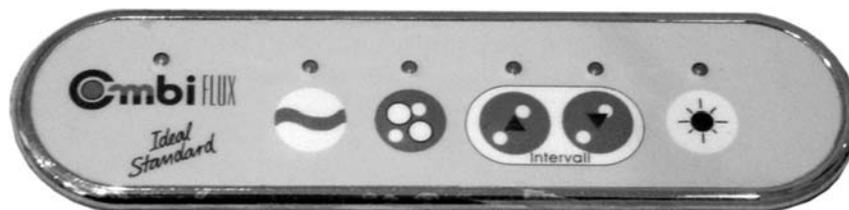


Abb. 4.56 Bedienfeld mit Folienkontakten und Leuchtdioden.

Elastomerkontakte

Ein leitfähig beschichtetes Kontaktstück aus Silikongummi dient dazu, zwei Kontaktflächen auf einer Leiterplatte miteinander zu verbinden (Abb. 4.57). Die Kontaktstücke können über Tastenknöpfe betätigt werden (Abb. 4.58a und 4.59). Da sie aus einem isolierendem Werkstoff bestehen, ist es möglich, Kontakt- und Bedienelement als Einheit auszulegen. Dies erlaubt es,

ganze Bedienfelder und Tastaturen im Spritzverfahren aus einem Stück herzustellen (Abb. 4.58b)*.

*: Vgl. beispielsweise [4.20] und [4.21].

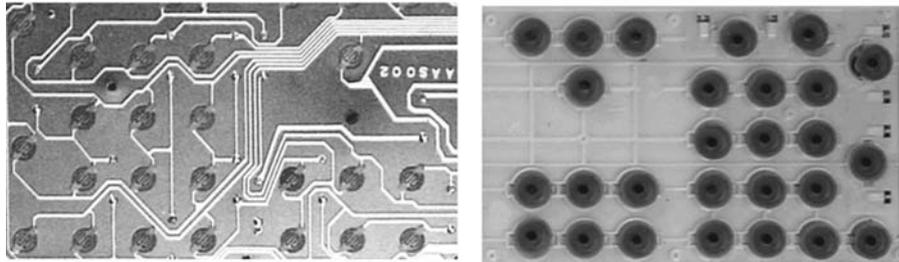


Abb. 4.57 Elastomerkontakte in einer PC-Tastatur. Links die Leiterplatte mit den Kontaktflächen; rechts die Elastomerkontakte, die von den Tastenknöpfen betätigt werden.

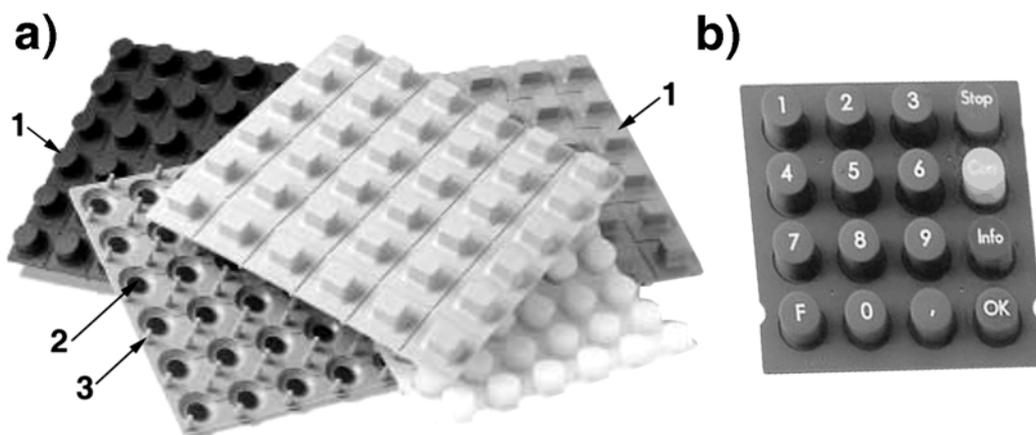


Abb. 4.58 Elastomerkontakte. a) als Meterware (nach [4.18]). Mit solchen Matten (Switchpads) können komplette Bedienfelder aufgebaut werden. 1 - Ansicht von oben. Auf diese Noppen drücken die Tastenknöpfe. 2 - Ansicht von unten. Diese Flächen sind leitfähig beschichtet (z. B. mit Kohlenstoff). Beim Betätigen drücken sie gegen die Kontaktflächen der Leiterplatte. 3 - Abstandhalter. b) dieses Bedienfeld besteht aus einem Stück (nach [4.22]).

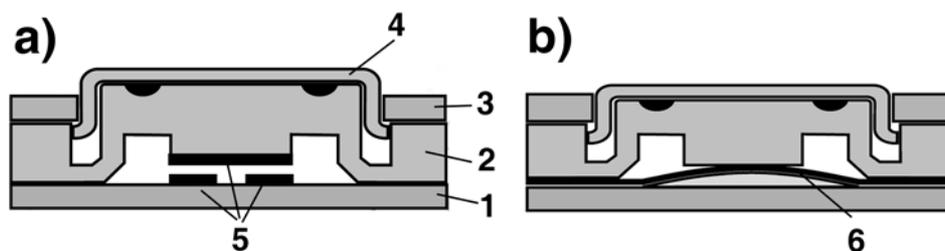


Abb. 4.59 Elastomerkontakte in hartem Einsatz. Bedienfelder aus Stahl (nach [4.19]). a) ohne taktile Rückmeldung; b) taktile Rückmeldung durch Sprungmembran. 1 - Leiterplatte; 2 - Elastomer-Matte; 3 - Frontplatte (Stahl); 4 - Tastenkappe (Stahl); 5 - Kontaktflächen; 6 - Sprungmembran.

4.2.6 Schutzrohrkontakte (Reedkontakte)

Schutzrohrkontakte (Reedkontakte) werden berührungslos betätigt. Der Schutzrohrkontakt besteht aus beweglichen Kontaktzungen (Reeds) aus ferromagnetischem Material, die in ein mit Schutzgas gefülltes Glasröhrchen eingeschmolzen sind (Abb. 4.60 bis 4.62). Werden die Kontaktzungen von einem Magnetfeld durchflutet, so bilden sich an den offenene Enden entgegengesetzte Magnetpole. Die Kontaktzungen ziehen einander an. Dadurch bewegen sie sich aufeinander zu; der Kontakt wird geschlossen.

Das Magnetfeld kann durch Dauer- oder Elektromagnete hervorgerufen werden. Für die Nutzung als berührungsloser Schalter kommt vor allem die Dauermagneterregung in Betracht. (Anwendungsbeispiel: Es soll überwacht werden, ob ein Gerätegehäuse geschlossen ist oder nicht. Dazu kann man am beweglichen Teil des Gehäuses einen Dauermagneten anordnen und am festen Teil einen Schutzrohrkontakt. Auch die Tür- und Fensterkontakte der gängigen Alarmanlagen arbeiten nach diesem Prinzip.)

Arbeitskontakt (SPST NO bzw. Form A)

Der typische Schutzrohrkontakt ist – aufgrund des vorstehend beschriebenen Wirkprinzips – ein einpoliger Arbeitskontakt (Abb. 4.62a).

Wechselkontakt (SPDT bzw. Form C)

Der Ruhekontakt wird durch eine dritte Kontaktzunge gebildet, die nicht ferromagnetisch ist (Abb. 4.62b). Wirkt das Magnetfeld ein, so bewegen sich die beiden ferromagnetischen Kontaktzungen aufeinander zu, wobei der Ruhekontakt getrennt wird.

Ruhekontakte (SPST NC bzw. Form B)

Diese Ausführung ist vergleichsweise selten. Es gibt verschiedene Lösungen:

- Einsatz eines Wechselkontakts, dessen Arbeitskontakt nicht genutzt wird,
- Einsatz eines Arbeitskontakts, der durch einen Dauermagneten geschlossen gehalten wird (Abb. 4.62c). Das erregende Magnetfeld muß dem Feld des Dauermagneten entgegenwirken.
- die beiden Kontaktzungen sind am selben Ende des Glasröhrchen eingeschmolzen. Ohne magnetische Erregung berühren sie einander. Im Magnetfeld bilden sich gleichartige Magnetpole, so daß die Kontaktzungen voneinander abgestoßen werden und somit den Kontakt trennen.



Abb. 4.60 Ein typischer Reedkontakt. Schaltweise: SPST NO.

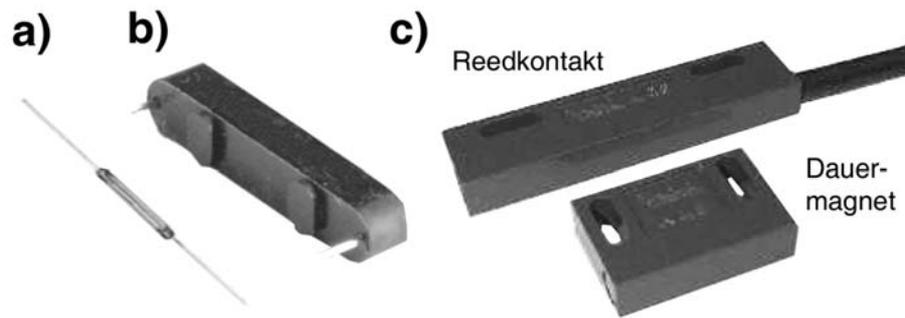


Abb. 4.61 Reedkontakte. a) das typische Glasröhrchen; b) in Gehäuse; c) Näherungsschalter (Proximity Switch) mit verkapseltem Reedkontakt und zugehörigem Dauermagneten.

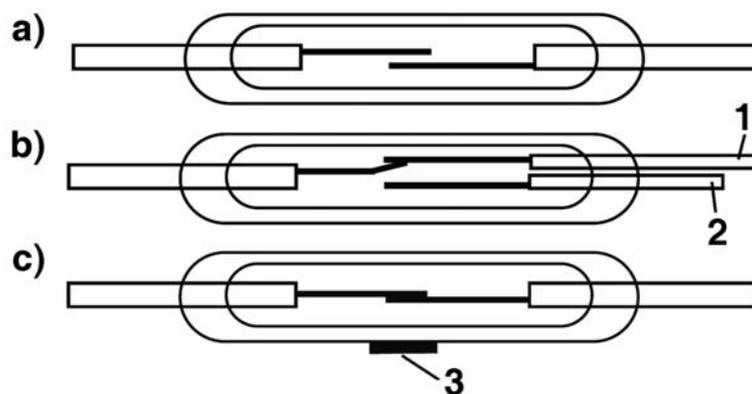


Abb. 4.62 Reedkontakte (nach [4.25]). a) Arbeitskontakt (SPST NO); b) Wechselkontakt (SPDT); c) Ruhekontakt (SPST NC). 1 - Ruhekontakt (nicht ferromagnetisch); 2 - Arbeitskontakt (ferromagnetisch); 3 - Dauermagnet.

Die Füllung des Glasröhrchens

Es ist typischerweise eine Stickstofffüllung, die unter Überdruck steht. Hiermit ergibt sich eine höhere Durchbruchspannung, so daß man mit entsprechenden Reedkontakten – trotz der kleinen Abmessungen – auch 240 V Wechselspannung schalten kann. Ausgesprochene Hochspannungstypen (Beispiel: Schaltspannung bis zu 7500 V, Schaltstrom bis zu 3 A*) haben gar keine Gasfüllung – die Kontaktzungen arbeiten im Vakuum.

*: Bei rein ohmscher Last.

Erregerkennwerte

Diese Kennwerte betreffen das Betätigen des Kontakts, also das Einschalten (Anziehen, Ansprechen) und das Freigeben (Abschalten, Rückfallen). Sie werden typischerweise in Amperewindungen (Aw; Ampere Turns AT) angegeben. Die Werte werden durch Messungen mit standardisierten Testspulen ermittelt. Beispiel: Einschalten 15...50 Aw; Abfallen 5...45 Aw. Bezieht man sich auf Dauermagnete, gibt man gelegentlich die Durchflutung in Gauß, Millitesla oder Tesla an (G, mT, T), manchmal auch als Abstand (in mm) zu einem bestimmten Magneten.

Anzugsempfindlichkeit

Die Anzugsempfindlichkeit (AWan, Pull-in Value, Pull-in Sensitivity PI, Operate Value)

kennzeichnet die Größenordnung der magnetischen Durchflutung, von der an der Kontakt schaltet (Pull-in, Operate Point). Je geringer der Wert, desto empfindlicher der Reedkontakt.

Abschaltempfindlichkeit

Die Abschalttempfindlichkeit (A_{Wab} , Drop-out Value, Drop-out Sensitivity DO, Release Value) kennzeichnet die Größenordnung der magnetischen Durchflutung, bei deren Unterschreitung der Kontakt sicher zurückfällt (Drop-out, Release Point).

Die Werte hängen vor allem von der verwendeten Testspule* und vom zeitlichen Verlauf der Erregung ab. Sie werden u. a. vom Restmagnetismus der Kontaktzungen beeinflusst. Um in dieser Hinsicht für gleichbleibende Anfangsbedingungen zu sorgen, wird die Testspule vor der eigentlichen Messung mit einer Sättigungsdurchflutung erregt (Abb. 4.63). Richtwert für die zeitliche Änderung der Erregung beim eigentlichen Meßvorgang: 0,1 Aw/ms.

*: Vgl. beispielsweise [4.30].

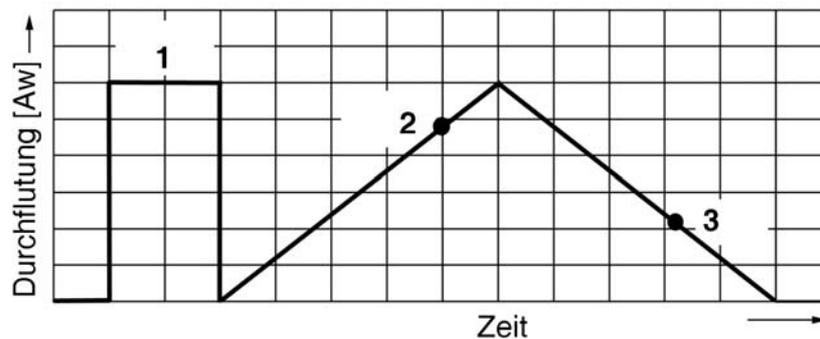


Abb. 4.63 So wird die Anzugs- und Abschalttempfindlichkeit gemessen (nach [4.32]). 1 - Sättigungsimpuls. Hierzu wird eine Durchflutung gewählt, die so stark ist, daß eine weitere Erhöhung keinen Einfluß auf den Reedkontakt hat. 2 - Anzugsempfindlichkeit (Operate Point; Kontakt spricht an); 3 - Abschalttempfindlichkeit (Release Point; Kontakt fällt zurück).

Zeit-, Kontakt- und Isolationskennwerte

Sie entsprechen im Grunde den einschlägigen Kennwerte der Relais (Abschnitt 4.3) und der Kontakte im allgemeinen (Abschnitt 4.1). Zu Einzelheiten und Spitzfindigkeiten muß auf die jeweiligen Herstellerangaben verwiesen werden*.

*: Vgl. beispielsweise [4.26] bis [4.32]).

Zum Handwerk

Die Glas-Metall-Verbindungen sind empfindlich, und die heraustretenden Anschlüsse der Kontaktzungen sind in den magnetischen Kreis einbezogen. Daraus ergibt sich*:

- beim Abtrennen oder Abbiegen der Anschlüsse vorsichtig arbeiten – an den Anschlüssen halten, nicht am Glas (Abb. 4.64a, b). Gelegentlich eine Alternative: Reedkontakte mit fertig gebogenen Anschlüssen (Abb. 4.65).
- bei Leiterplattenmontage das Glasröhrchen nicht direkt auf der Leiterplatte aufliegen lassen; es könnte Risse bekommen oder gar brechen, wenn sich die Leiterplatte verbiegt (Abb.

- 4.64c),
- werden die Anschlüsse gekürzt, so ist typischerweise eine höhere magnetische Erregung aufzubringen (Abb. 4.66).

*: Näheres in [4.23] bis [4.26].

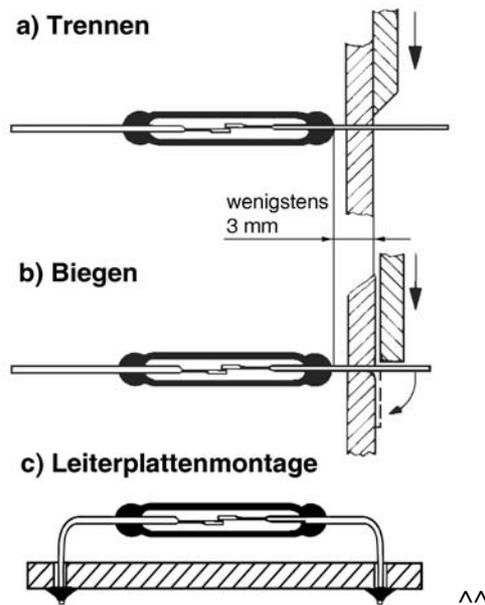


Abb. 4.64 Vorsicht beim Trennen, Biegen und Bestücken von Reedkontakten (nach [4.24] und [4.26]).

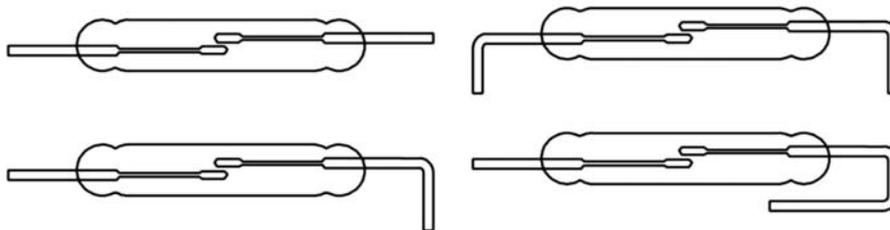


Abb. 4.65 Reedkontakte mit fertig gebogenen Anschlüssen (nach [4.23]).

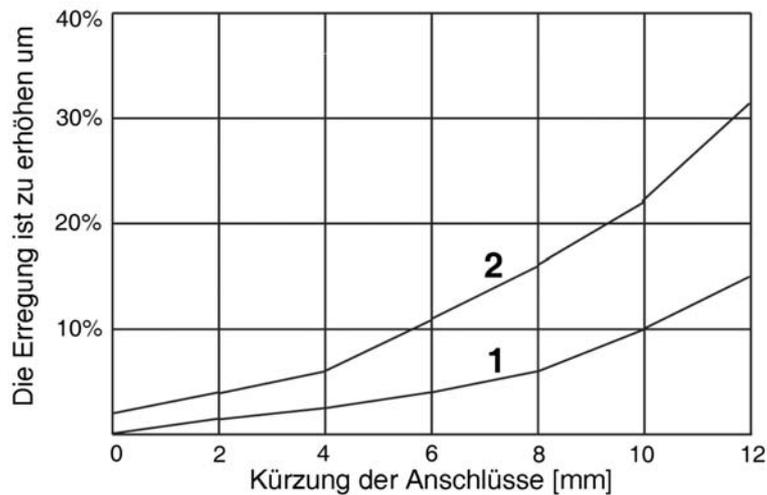


Abb. 4.66 Werden die Anschlüsse gekürzt, ist eine höhere magnetische Erregung (in A_w) erforderlich (nach [4.25]). 1 - Ansprechen; 2 - Abfallen.

Die magnetische Erregung

Der Reedkontakt schaltet dann, wenn die Kontaktzungen in Längsrichtung von einem magnetischen Feld durchflutet werden. In vielen Anwendungen wird das Magnetfeld von Dauermagneten erzeugt. Lage, Abstand und Feldstärke des Dauermagneten entscheiden darüber, ob der Reedkontakt schaltet oder nicht. Dies wird anhand sog. Steuerkennlinien (Drive Characteristics) dargestellt (Abb. 4.67 bis 4.69). Abb. 4.70 veranschaulicht typische Einsatzfälle.

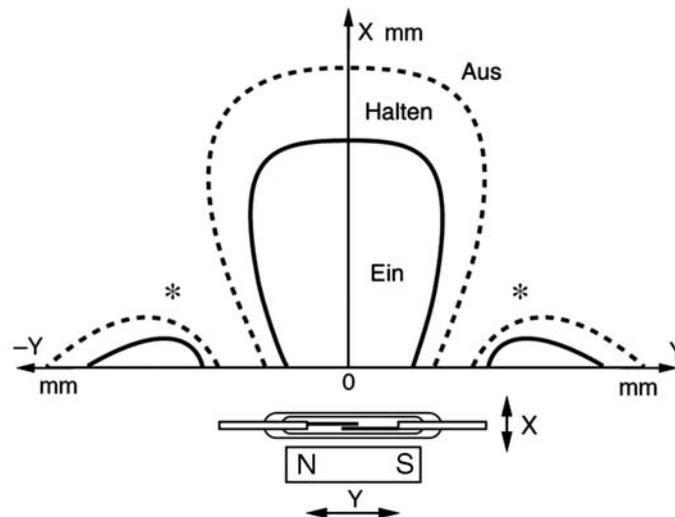


Abb. 4.67 Typische Steuerkennlinien (1). Magnet längs zum Reedkontakt (nach [4.26]). Es kann sein, daß der Kontakt auch an den mit * gekennzeichneten Stellen anspricht. X-Koordinate: Höhe über dem Reedkontakt = Bewegungsrichtung der Kontaktzungen; Y-Koordinate in Längsrichtung des Reedkontakts = Richtung der Relativbewegung zwischen Reedkontakt und Magnet. Aus = Kontakt sicher abgefallen; Ein = Kontakt sicher betätigt; Halten = es kann sein, daß der zuvor betätigte Kontakt noch nicht abfällt.

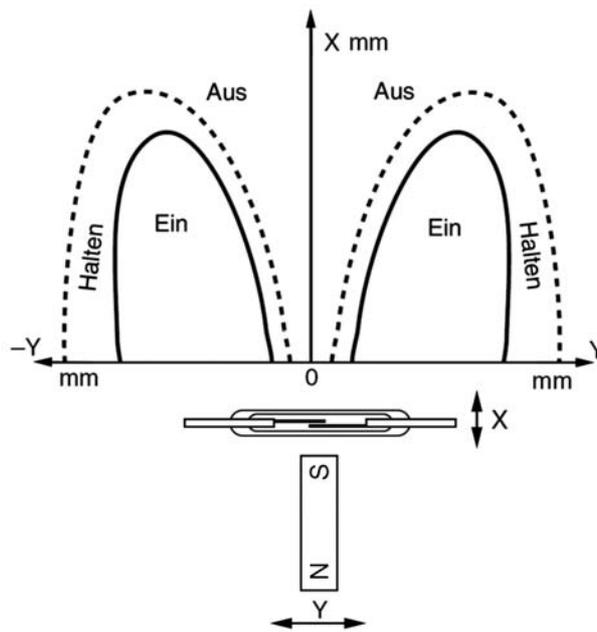


Abb. 4.68 Typische Steuerkennlinien (2). Magnet quer zum Reedkontakt (nach [4.26]). Zu weiteren Erläuterungen vgl. Abb. 4.67.

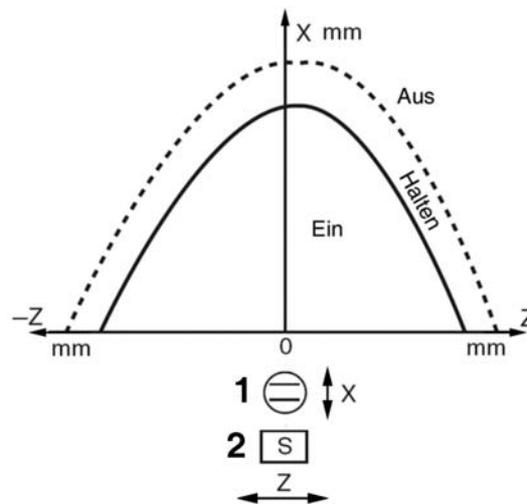
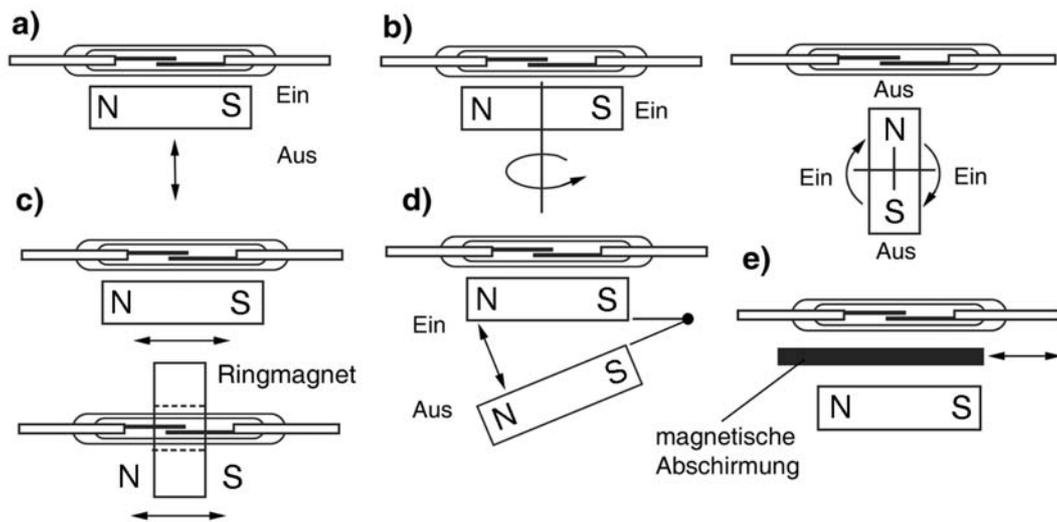


Abb. 4.69 Typische Steuerkennlinien (3). Die Anordnung im Querschnitt (nach [4.26]). 1 - Reedkontakt; 2 - Magnet; Z-Koordinate in Querrichtung des Reedkontakts = Richtung der Relativbewegung zwischen Reedkontakt und Magnet. Zu weiteren Erläuterungen vgl. Abb. 4.67.



Position	Erläuterung	Kontakt spricht an, ...	Kontakt fällt zurück, ...
a)	Magnet wird quer zum Reedkontakt bewegt	wenn Magnet unmittelbar neben Reedkontakt	wenn Magnet hinreichend weit entfernt
b)	Drehbewegung. Zwei Schaltvorgänge je Umdrehung	wenn Magnet parallel zum Reedkontakt	wenn Magnet quer zum Reedkontakt
c)	Magnet wird längs zum Reedkontakt bewegt. Es können bis zu drei Schaltvorgänge auftreten	wenn Magnet unmittelbar neben oder (Ringmagnet) über Reedkontakt. Wenn der Magnet den Bereich des Reedkontaktes verläßt, kann es nochmals zum Schalten kommen (insgesamt bis zu dreimal – vgl. * in Abb. 4.67)	wenn Magnet hinreichend weit entfernt
d)	Schwenkbewegung des Magneten	wenn Magnet unmittelbar neben Reedkontakt (eingeschwenkt)	wenn Magnet hinreichend weit entfernt (abgeschwenkt)
e)	bewegliche magnetische Abschirmung	wenn keine Abschirmung im Bereich zwischen Magnet und Reedkontakt	wenn Abschirmung zwischen Magnet und Reedkontakt

Abb. 4.70 Betätigung eines Reedkontakts mittels Dauermagneten (nach [4.25]).

Näherungsschalter sind einbaufertige Kombinationen von Reedkontakten und Dauermagneten (Abb. 4.71; vgl. auch Abb. 4.61c). Im Gegensatz zum mechanisch betätigten Mikroschalter ist die konstruktive Auslegung einfacher, denn es ist im Grunde nur ein entsprechender Luftspalt (Schaltabstand, Switching / Operating Distance) zwischen Reedkontakt und Dauermagnet einzuhalten*. Richtwert: 3...10 mm.

*: Die Auswahl der Bauelemente sowie die Planung der relativen Positionen von Magnet und Reedkontakt (vgl. Abb. 4.67 bis 4.69) bereiten allerdings doch einige Mühe.

Welchen Magneten auswählen, wie den zulässigen Schaltabstand bestimmen?

Die Datenblätter der Hersteller beziehen sich meist auf bestimmte Magneten. Manchmal kann man sich an einschlägigen Diagrammen orientieren (Abb. 4.72). Zumeist muß allerdings der Versuch entscheiden.

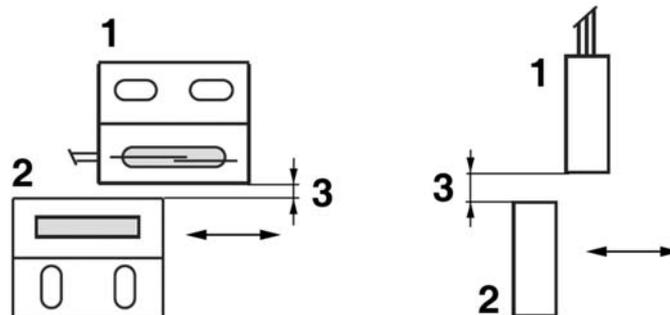


Abb. 4.71 Näherungsschalter (nach [4.26]). Links in rechteckiger, rechts in zylindrischer Bauform. 1 - Reedkontakt; 2 - Dauermagnet; 3 - Schaltabstand.

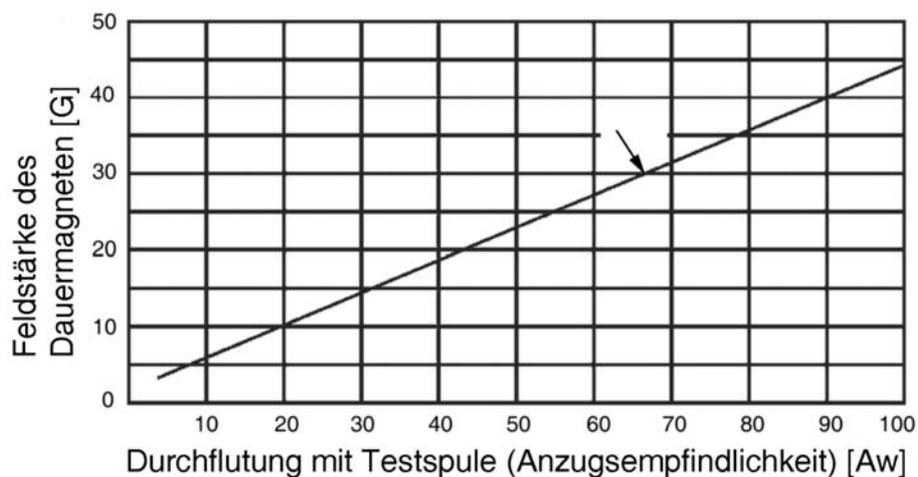


Abb. 4.72 Welcher Dauermagnet, welcher Abstand? Hier – zu Orientierungszwecken – ein entsprechendes Diagramm (nach [4.28]). Anwendung: (1) Aussuchen eines Magneten, (2) Bestimmen des Schaltabstandes bei gegebenem Reedkontakt; (3) Aussuchen eines Reedkontakts bei gegebener Feldstärke (Typ des Magneten, Schaltabstand). Die Feldstärke in Gauß ergibt sich aus dem Datenblatt des Dauermagneten; die Durchflutung in Aw ist eine Datenblattangabe des Reedkontakts. Bei allen Wertekombinationen oberhalb der Kennlinie wird der Kontakt sicher ansprechen. Ablesebeispiel (Pfeil): bei einer Feldstärke von 30 G darf die Anzugsempfindlichkeit nicht mehr als ca. 65 Aw betragen. In der Praxis wird man einen etwas empfindlicheren Kontakt wählen, also mit der Anzugsempfindlichkeit noch etwas heruntergehen – aber nicht allzu weit, denn sonst kann es sein, daß der Kontakt auch an Stellen anspricht, an denen er eigentlich nicht soll (vgl. Abb. 4.67).