

## 8. Schaltgeräte und Transformatoren

### 8.1 Schütze

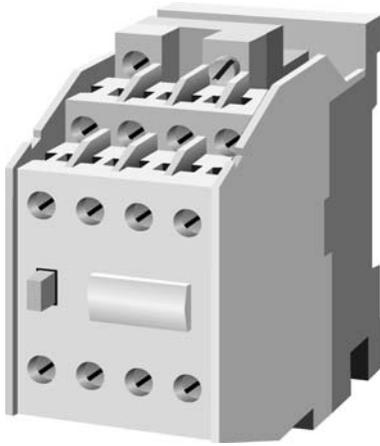


Abb. 8.1: Schütz

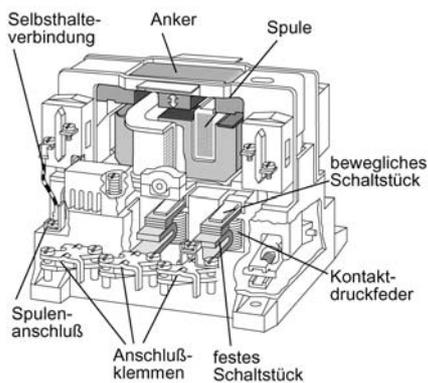


Abb. 8.2: Hilfsschütz

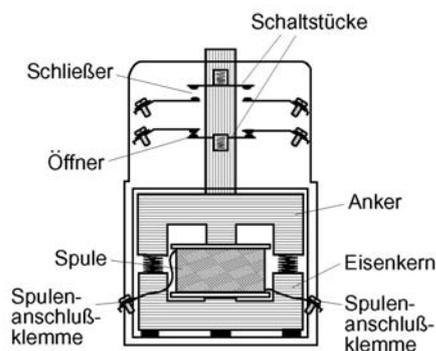


Abb. 8.3: Funktionsweise

#### **Schütze**

Schütze sind elektromagnetisch betätigte Schalter. Sie werden durch den Steuerstrom einer Magnetspule eingeschaltet und in ihrer Einschaltstellung gehalten. Dabei werden die am Anker angebrachten beweglichen Schaltstücke gegen feste Schaltstücke gepresst. Mit diesen Kontakten schaltet man Verbraucher mit größeren Leistungen, wie z. B. Motoren, Beleuchtungsanlagen.

#### **Hilfsschütze**

Hilfsschütze sind elektromagnetisch betätigte Schalter, die zum Schalten von sogenannten Hilfsstromkreisen, wie z. B. Meldeeinrichtungen, Verriegelungen, Steuerungen, u.s.w. genutzt werden.

#### **Aufbau und Funktionsweise eines Schützes**

Ein Schütz ist ein Schalter, der elektromagnetisch betätigt wird. Es besteht aus einem Gehäuse, einer Magnetspule (1), einem feststehenden Spulenkern (2), einem beweglichen Anker (3), den Schaltkontakten (4 und 5) sowie Ankerrückstellfedern (6).

Wird an der Spule Spannung angelegt, so baut sie ein Magnetfeld auf. Der Anker wird angezogen. Dadurch werden die Kontakte je nach Ausführung entweder geschlossen (Schließer) oder geöffnet (Öffner). Nimmt man die Spannung weg, so fällt der Anker wieder ab und die Ankerrückstellfedern bringen die Kontakte wieder in die Ausgangsstellung.

Schütze werden mit Betätigungsspannungen (Spulenspannungen) von 24 V, 42 V, 60 V, 115 V, 125 V, 230 V, 400 V und 500 V (50 Hz) gebaut.

#### **Merksatz:**

Kontakte, die Stromkreise schließen, nennt man Schließer.  
Kontakte, die Stromkreise öffnen, nennt man Öffner.

## Erläuterung der Kontaktbeschriftung eines Schützes

Die Hauptkontakte des Schützes werden grundsätzlich mit 1-2 / 3-4 / 5-6 bezeichnet, wobei die Anschlussklemmen mit den ungeraden Ziffern netzseitig und die Anschlussklemmen mit den geraden Ziffern verbraucherseitig angeschlossen werden. Die Steuerkontakte sind mit zweiziffrigen Zahlen beschriftet. Die erste Ziffer ist hierbei die Zählziffer. Die zweite Ziffer kennzeichnet die Kontaktart, und zwar steht  $\frac{1}{2}$  für Öffner,  $\frac{3}{4}$  für Schließer. Die Steuerkontakte werden fortlaufend nummeriert.

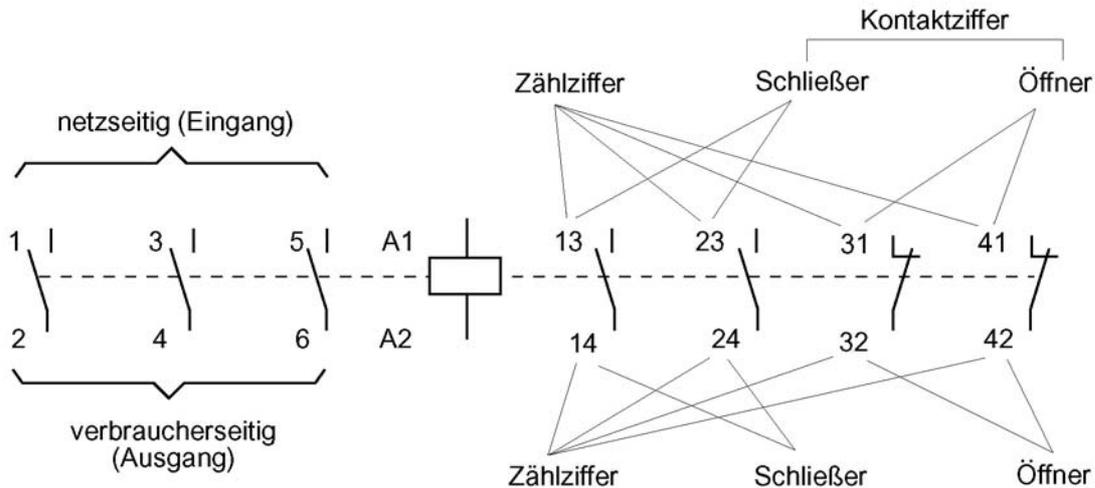


Abb. 8.4: Kontaktbeschriftung

## Typenschild eines Schützes

Um ein Schütz richtig auswählen und einsetzen zu können, muss man die technischen Angaben auf dem Typenschild interpretieren können. Diese Angaben werden am Beispiel eines SIEMENS-Hilfs-Schützes vom Typ 3 TH 82 62 – 0A näher erläutert.

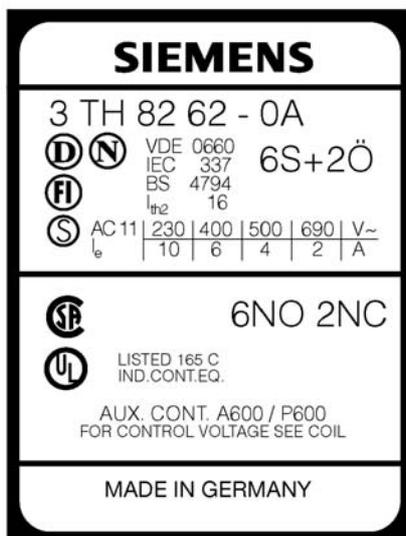


Abb. 8.5: Typenschild Siemens

3 TH 82 62 – 0A = Typen und Bestellbezeichnung

6S+2Ö = Anzahl der Schließer und Öffner

VDE 0660 = Entspricht der VDE Vorschrift 0660

IEC 337 = Entspricht der IEC – Norm

BS 4794 = Entspricht dem British Standard

$I_{th2} = 16 \text{ A}$  = thermischer Dauerstrom bei rein ohmscher Belastung

AC 11 = Gebrauchskategorie

6NO 2NC = Englische Angabe der Schließer und Öffner (NO = Normal Open, NC = Normal Closed).

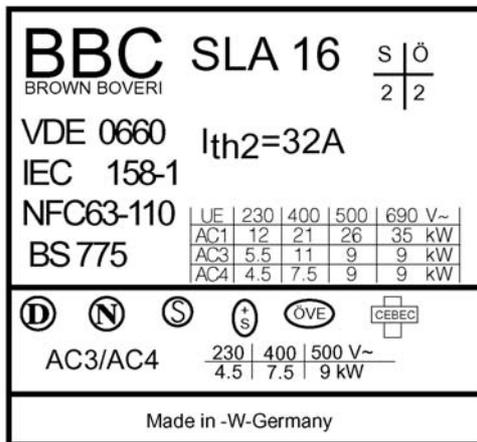


Abb. 8.6: Typenschild BBC

BBC Hersteller (Firmennamen)  
 SLA 16 Typenbezeichnung (Schütz)  
 S = Schalter / L = Luft / A = Baureihe  
 16 = Baugröße

Anzahl der Hilfskontakte  
 (2 Schließer, 2 Öffner)

VDE 0660 = Gebaut nach VDE 0660

IEC 158-1 = Gebaut nach IEC – Norm

NFC63-110 = Standard-Vorschrift

BS 775 = entspricht dem British Standard

$I_{th2} = 32 A$  = thermischer Dauerstrom bei rein ohmscher Belastung

UE = Betriebsspannung des Verbrauchers

- AC 1 = Nicht induktive oder schwach induktive Belastung  
 AC 3 = Direkteinschalten von Käfigläufermotoren, Anschalten während des Laufens  
 AC 4 = Direkteinschalten von Käfigläufermotoren, Tippen, Gegenstrombremsen, Reversieren  
 AC 11 = Steuerschalten für das Schalten von magnetischen Antrieben, Ventilen, Zugmagneten  
 Tippen ist das einmalige oder wiederholte kurzfristige Einschalten des Motors, um kleine Bewegungen zu erhalten.  
 Reversieren ist das rasche Umkehren der Laufrichtung eines Motors während des Laufes.

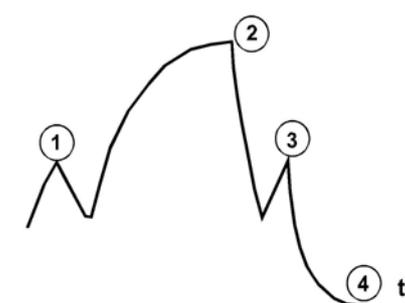
For CONTROL VOLTAGE SEE COIL = Angabe der Steuerspannung auf der Spule

## 8.2 Relais

Relais sind elektromagnetisch betätigte Schaltelemente mit geringer Schaltleistung. Man verwendet Relais für Steuerung und Regelungen. Ein Relais besteht aus einer Spule mit Eisenkern. Wird die Spule mit Strom durchflossen, so bewirkt das sich bildende magnetische Feld, dass sich Kontakte öffnen und schließen. Relais haben inzwischen an Bedeutung verloren und werden von Halbleitern und Halbleiterschaltungen ersetzt.

Schaltverhalten der Relais

Aufgrund der Mechanik eines Relais prellen die Schalter in einem Relais.



1 = Spule zieht an

2 = Spule hat angezogen

3 = Spule fällt ab

4 = Spule ist abgefallen

Abb. 8.7: Schaltverhalten eines Relais

**Bauformen/Typen - Relais**

Bezeichnung	Verhalten	Ansteuerung	Einsatz
Kammrelais	Monostabil/Bistabil	AC / DC	Steuerrelais
Rundrelais	Monostabil	DC	Fernmelderelais
Kartenrelais	Monostabil/Bistabil	DC	gedruckte Schaltungen
Zeitrelais	keine Angaben	AC	zeitabhängige Anwendungen
Reedrelais	Monostabil	DC	elektrische Schaltungen
Elektronisches Last Relais (ELR)	keine Angaben	keine Angaben	gedruckte Schaltungen
Schütz	Monostabil	AC	Energietechnik

Abb. 8.8: Relais-Bauformen

**Kammrelais**

Kammrelais sind elektromagnetisch betätigte Schaltelemente mit geringer Schaltleistung. Sie werden für Gleich- und Wechselspannung hergestellt. Ihr Hauptanwendungsbereich ist die Steuerungstechnik. Kammrelais haben zur Kontaktbetätigung einen von der Spule angezogenen Anker. Dadurch werden die Kontaktfedern durch einen isolierenden Steg (Kamm) betätigt. Die Kontaktfedern des Kammrelais können daher nur gemeinsam öffnen oder schließen. Mehrere Kontaktfedern sind zu Kontakt-Federsätzen zusammengefasst. Je nach Spulenform unterscheidet man Rundrelais und Flachrelais. Der Relaisanker trägt ein 0,2 mm bis 5,0 mm dickes Trennblech aus nichtmagnetischem Werkstoff. Dadurch bleibt auch in Arbeitsstellung ein geringer Spalt zwischen Anker und Kern erhalten, so dass der Anker nach Abschalten der Erregerspannung wieder abfällt und nicht infolge des remanenten Magnetismus am Kern „klebt“.

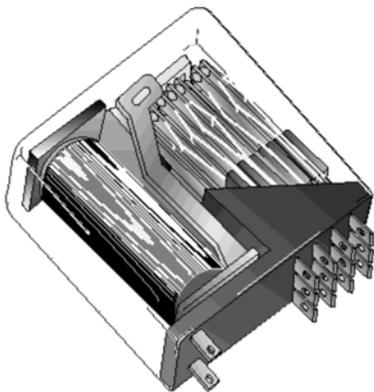


Abb. 8.9: Kammrelais

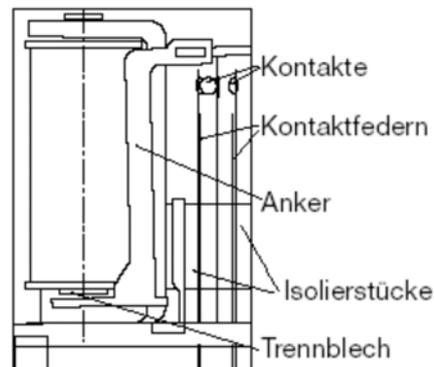


Abb. 8.10: Schnittdarstellung (Kammrelais)

**Kontaktarten**

Man unterscheidet zwischen Arbeitskontakt (Schließer), Ruhekontakt (Öffner) und Folge-Umschaltkontakt (Folge-Wechsler), sowie Kombination dieser Kontaktarten.

Ein Umschaltkontakt (Wechsler) entsteht durch die Kombination eines Öffners mit einem Schließer. Bei einem Folgewechsler sind beim Umschalten alle drei Kontakte kurzzeitig miteinander verbunden

Bezeichnung	Schaltzeichen nach DIN 40713	Kontaktbild nach DIN 41020
Schließer		
Öffner		
Wechsler		
Folgewechsler		

Abb. 8.11: Kontaktarten

### 8.3 Stromstoßschalter

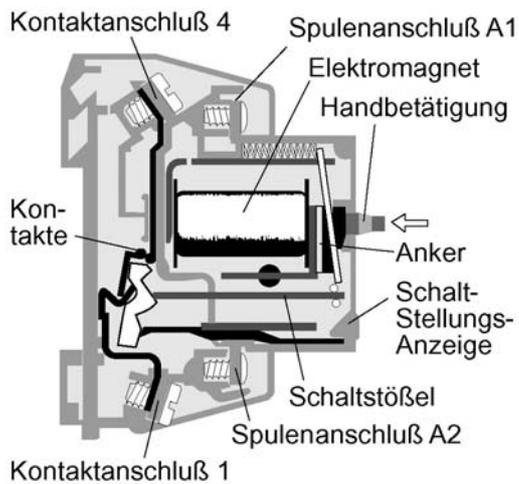


Abb. 8.12: Stromstoßschalter

Spulenstromkreis und Schaltkontakt im Schalter elektrisch getrennt sind. Es ist daher unbedingt erforderlich, auf eine getrennte Leitungsführung zu achten. Es lassen sich mit Stromstoßschalter Schaltungen errichten, für die es keine handelsüblichen Schalter gibt. Eine bereits vorhandene Stromstoßschaltung lässt sich durch Parallelschalten weiterer Taster sehr einfach erweitern.

Ein Stromstoßschalter ist ein elektromagnetisch betätigter Schalter, der bei gleichartigen Stromimpulsen abwechselnd die eine oder andere Schaltstellung einnimmt. Sie besitzen eine Antriebsmechanik, die das Kontaktsystem bei einem Impuls umschaltet und in dieser Schaltstellung hält, bis der nächste Impuls folgt. Der Schaltkontakt nimmt also beim Schalten nacheinander die Stellungen Ein, Aus, Ein, Aus usw. ein.

Stromstoßschalter werden sowohl für 230 V Netzspannung, als auch für 8 V Betätigungsspannung hergestellt, wobei der Schaltkontakt immer 230 V schaltet. Die Betätigungsspannung mit 8 V Kleinspannung ist deshalb möglich, da

### 8.4 Stromstoßrelais

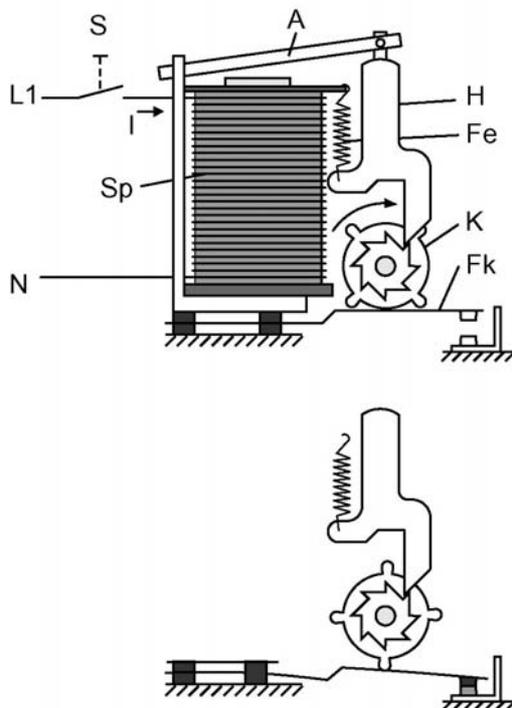


Abb. 8.13: Stromstoßrelais

Das Stromstoßrelais besitzt einen elektromagnetischen Antrieb. Wird der Tastschalter (S) betätigt, fließt ein elektrischer Strom durch die Spule (Sp). Durch die elektromagnetische Wirkung der stromdurchflossenen Spule wird der Anker (A) angezogen und der mit dem Anker mechanisch verbundene Hebel (H) nach unten bewegt. Dieser Hebel dreht den Kunststoffnocken (K) in der eingezeichneten Richtung um 45° weiter. Der Nocken drückt den Federkontakt nach unten und der Schaltkontakt des Stromstoßrelais ist geschlossen.

Durch das Loslassen des Tastschalters wird der Spulenstromkreis unterbrochen und die elektromagnetische Wirkung aufgehoben. Hebel (H) und Anker (A) werden durch die Feder (Fe) wieder in die gekennzeichnete Ruhelage gebracht. Der Schaltkontakt des Stromstoßrelais bleibt jedoch geschlossen. Er öffnet sich erst wieder, wenn sich durch erneutes Betätigen des Tastschalters (S) die oben beschriebenen Vorgänge wiederholen und dadurch der Kunststoffnocken (K) um weitere 45° weitergedreht wird. Durch jeden "Stromstoß" wird also ein Schaltvorgang verursacht – deshalb auch die Bezeichnung Stromstoßrelais.

## 8.5 Befehls- und Meldegeräte

Befehlen und Melden sind die grundlegenden Funktionen zur Steuerung von Maschinen und Prozessen. Die notwendigen Bediensignale werden entweder manuell mit Hilfe von Befehls- und Meldegeräten oder maschinell durch Positionsschalter erzeugt. Der jeweilige Anwendungsfall bestimmt dabei die Schutzart, Form und Farbe.

### **Endschalter (Endlagenschalter)**

Mit Hilfe von Endschaltern werden auf direktem Wege Funktionsstromkreise geöffnet (ausgeschaltet) oder geschlossen (um- bzw. eingeschaltet). Endschalter haben zwei stabile Schalterstellungen. Wird der Endschalter betätigt, so bleibt er auch nach dem Betätigungsende in der gewählten Schaltstellung und führt eine entsprechende Schalterfunktion aus. Durch eine zweite und entgegengesetzt wirkende Schalterbetätigung erfolgt eine Rückstellung. Endschalter werden u. a. als Sicherheitsschalter eingesetzt, so dass ein begrenzt beweglicher Anlagen- oder Maschinenteil beim unzulässigen Überschreiten einer Endposition aus- oder umgeschaltet wird.



Abb. 8.14: Endschalter (siehe Anhang)

### **Taster (Drucktaster)**

Bei funktional umfangreicheren elektrischen Betriebs- und Steuerungseinrichtungen erfolgt das Ein- / Aus- oder Umschalten vielfach durch Taster über Schütze.

Durch Betätigung des Drucktasters, als sogenanntes Befehlsgerät, werden Schütze oder Relais geschaltet. In der Regel halten Schütze und Relais nach dem Loslassen des Tasters den gewünschten Schaltzustand.

Beim Tippbetrieb arbeitet der Taster dagegen nur solange der Taster betätigt wird. Der Tippbetrieb ist z. B. notwendig beim Einrichten und Probefahren, zur Fehlersuche bei Betriebsstörungen oder aus Sicherheitsgründen bei flurbetätigten Krananlagen.



Abb. 8.15: Taster (siehe Anhang)



Abb. 8.16: Taster (siehe Anhang)

## Grenztaster

Im übertragenen Sinn gehören alle Grenztaster als Befehlsgeber zur Familie der Taster. Nachstehende Bilder zeigen einige dieser Schaltelemente. Sie werden mechanisch betätigt.



Abb. 8.17: verschiedene Grenztaster (siehe Anhang)

Grenztasterbetätigungen erfolgen in der Regel durch Maschinenvorschübe oder durch Schaltnocken und lösen damit Positionier- bzw. Funktionsbefehle von Maschinen oder Anlagen aus. Oft werden Grenztaster zum Um- oder Abschalten eines Betriebsmittels oder einer Anlage eingesetzt.

Für Endpunktbegrenzungen wird vielfach statt eines Grenztasters der Endschalter verwendet.

## Näherungsschalter

Neben den Grenztastern als mechanischen Befehlsgebern gibt es u.a. die berührungslosen Näherungsschalter. Diese Bauelemente geben Schaltimpulse, wenn sich an der Schalterstirnseite ein Gegenstand nähert bzw. vorbeigeführt wird.



Abb. 8.18: Näherungsschalter (siehe Anhang)

Vorteile:

- keine mechanischen Verschleißteile
- keine mechanisch bewegten Schalterteile
- keine von der Schalthäufigkeit abhängige Lebensdauer
- unempfindlich gegen Verschmutzung
- hohe Betriebssicherheit

Nachteile:

- empfindlich gegen mechanische Belastungen
- hoher Anschaffungspreis

## Induktive Näherungsschalter

Der induktive Näherungsschalter arbeitet nach dem Prinzip des bedämpften LC-Oszillators. Dringt Metall in den Ansprechbereich des Näherungsschalters ein, wird dem System Energie entzogen. Das Metallteil ruft einen Energieverlust hervor, der durch Wirbelstrombildung verursacht wird. Die Wirbelstromverluste sind abhängig von Größe und Art des Metallteils. Die Veränderung der Schwingungsamplitude des Oszillators führt zu einer Stromänderung, die in der nachgeschalteten

Elektronik ausgewertet und in ein definiertes Schaltsignal umgesetzt wird. Für die Dauer der Bedämpfung steht ein statisches Signal am Ausgang des Gerätes zur Verfügung.

1. Oszillator
2. Gleichrichter
3. Schaltverstärker
4. Ausgang
5. Stromversorgung

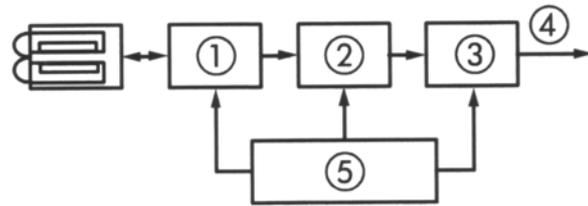


Abb. 8.19: Schaltbild  
Induktiver Näherungsschalter

#### Betriebsart Wechselspannung

Die induktiven Näherungsschalter mit Wechselspannung haben zwei Anschlüsse. Die Last ist in Reihe zum Sensor geschaltet.

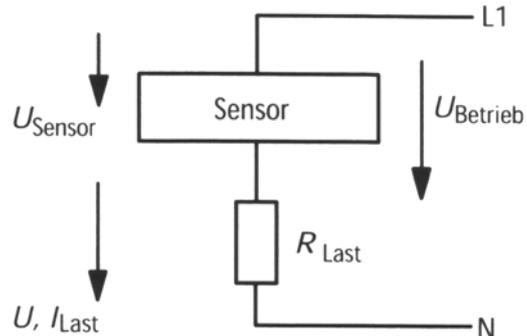


Abb. 8.20: Schaltbild  
Betriebsart Wechselspannung

#### Betriebsart Gleichspannung

Die induktiven Näherungsschalter mit Gleichspannung haben drei Anschlüsse und werden mit Schutzkleinspannung betrieben. Das Schaltverhalten lässt sich näher bestimmen, da die Last über einen getrennten Ausgang angesteuert wird und ein lastunabhängiges Verhalten zu beobachten ist.

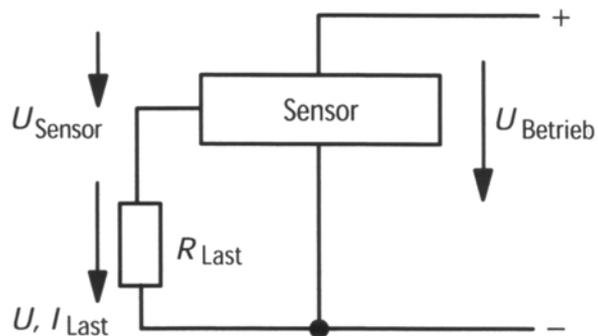


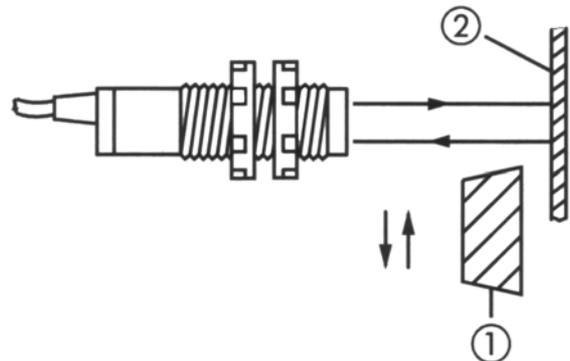
Abb. 8.21: Schaltbild  
Betriebsart Gleichspannung

### Optische Näherungsschalter

Die optoelektronischen Sensoren des Schalters arbeiten mit moduliertem Infrarotlicht. So kann sichtbares Licht ihre Funktion nicht beeinträchtigen. Infrarotlicht kann selbst starke Verschmutzungen auf der Optik durchdringen und gewährleistet dadurch eine sichere Funktion. Sender und Empfänger der optischen Näherungsschalter sind aufeinander abgestimmt. Der Empfänger des Sensors verstärkt durch einen integralen Bandpassfilter in erster Linie die Sendefrequenz. Alle anderen Frequenzen werden abgeschwächt. Das gibt den Geräten eine hohe Festigkeit gegenüber Fremdlicht. Präzisionsoptiken aus Kunststoff gewährleisten hohe Reich- und Tastweiten. Aufgrund der Funktion unterscheidet man zwei Arten von optischen Näherungsschaltern.

### Reflexions-Lichttaster

Der Reflexions-Lichttaster sendet Infrarotlicht auf das Tastobjekt, welches dieses Licht in alle Richtungen reflektiert. Der Anteil des Lichtes, das auf den Empfänger trifft, sorgt bei ausreichender Intensität für ein Schaltsignal. Ausgewertet werden die Zustände „Reflexion“ und „keine Reflexion“. Sie sind gleichbedeutend mit der An- oder Abwesenheit eines Objektes im Tastbereich. Der Reflexionsgrad der abzutastenden Objektfläche beeinflusst den Schaltbereich (Sd).



- 1.) Objekt
- 2.) Reflektor

Abb. 8.22: Optischer Näherungsschalter

### Reflexions-Lichtschranke

Das Gerät sendet einen gepulsten Infrarotlichtstrahl aus, der von einem Triple-Reflektor oder Spiegel zurückgeworfen wird. Die Unterbrechung des Lichtstrahls bewirkt eine Schaltung des Gerätes. Lichtschranken erkennen Gegenstände unabhängig von deren Oberfläche, solange sie nicht glänzend sind. Die Reflektorgröße ist so zu wählen, dass der zu erfassende Gegenstand den Lichtstrahl nahezu vollständig unterbricht. Eine sichere Erfassung ist auf

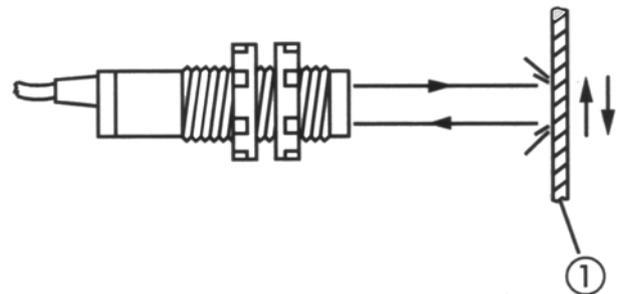


Abb. 8.23: Optischer Näherungsschalter 1) = Objekt

jeden Fall gewährleistet, wenn das Objekt die Größe des Reflektors hat. Das Gerät kann auch so eingestellt werden, dass es transparente Objekte erfasst.

## 8.6 Transformatoren

Um die Bedeutung von Transformatoren darzustellen, soll ein einfaches Beispiel aus der Energietechnik angewandt werden:

Von einem Kraftwerk soll eine Leistung von 5500 kW zu einem Stahlwerk über eine Entfernung von 100 km übertragen werden. Bei einem  $\cos \varphi = 1$  und einer Spannung von 230 V ergibt sich eine Stromstärke von ca. 24.000 A. Setzt man einen Spannungsfall von nur 10 % voraus, so ergibt sich bei einem Kupferleiter ein Querschnitt von ca. 4 m<sup>2</sup>. Dieses ist technisch nicht möglich! Erhöht man jedoch die Spannung auf 220 kV so ergibt sich bei dem o. g. Beispiel eine Stromstärke von nur 25 A und daraus resultierend ein Leitungsquerschnitt von ca. 4 mm<sup>2</sup>.

Aus diesem Beispiel ist ersichtlich, dass große Leistungen nur durch hohe Spannungen und kleinen Stromstärken übertragen werden können. Jegliche Spannungshöhen kann man mit Transformatoren erzeugen.

In den nachfolgenden Ausführungen beschränken wir uns auf den Aufbau und den Einsatz von Einphasentransformatoren.

## Einphasentransformatoren

### Aufbau und Wirkungsweise

Der grundsätzlichen Aufbau eines Einphasentransformators wird in Abbildung 8.24 dargestellt. Auf einem Eisenkern sind zwei galvanisch getrennte Wicklungen aufgebracht. Der Eisenkern ist aus gegeneinander isolierten Weicheisenblechen aufgebaut, um die Ummagnetisierungs- und Wirbelstromverluste möglichst klein zu halten. Um die Wirkungsweise eines Transformators besser verstehen zu können, wird an dieser Stelle kurz auf das Spannungsinduktionsgesetz eingegangen. Es wird immer dann in einer Spule eine Spannung induziert, wenn sich der magnetische Fluss innerhalb der Spule ändert. Dies ist mit einem Dauermagneten, der in einer Spule bewegt wird, möglich oder der mit einem sich ändernden Strom, der durch eine Spule fließt. Das nachfolgende Beispiel soll diese Aussagen bestätigen.

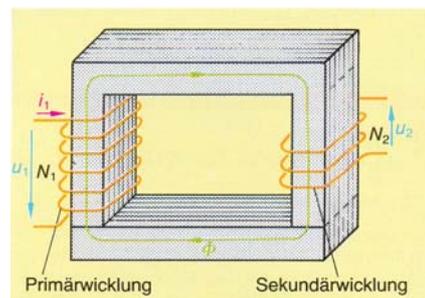


Abb. 8.24: Aufbau eines Transformators

### Beispiel: Transformatorprinzip

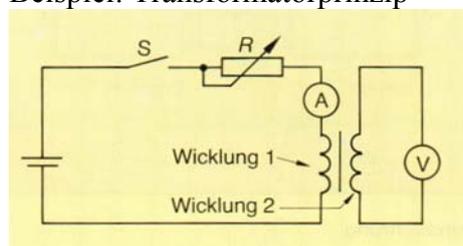


Abb. 8.25: Transformatorprinzip

Auf einem gemeinsamen Eisenkern werden zwei elektrisch getrennte Wicklungen angebracht. Wicklung 1 (Primärwicklung) wird über einen Schalter mit einer Gleichspannungsquelle verbunden. An der Wicklung 2 (Sekundärwicklung) wird ein Spannungsmessgerät angeschlossen. Der Schalter wird geschlossen und nach einigen Sekunden wieder geöffnet. Im Einschaltmoment zeigt der Spannungsmesser einen Zeigerausschlag an, der dann aber wieder in die Nullstellung zurück

geht. Dieses Phänomen lässt auf einen Spannungstoß schließen. Das gleiche Verhalten kann man im Ausschaltmoment beobachten. Doch der Zeigerausschlag erfolgt diesmal in die entgegengesetzte Richtung. Der Zeiger geht auch jetzt wieder schnell in die Nullstellung zurück.

Schaltet man einen Transformator ein, so wird durch die Zunahme des Stromes bis auf seinen Höchstwert in der Primärwicklung ein magnetischer Fluss aufgebaut. Dieser magnetische Fluss durchsetzt den Eisenkern und damit auch die Sekundärwicklung. Nach dem Induktionsgesetz wird durch die Änderung des Flusses in der Sekundärwicklung eine Spannung induziert. Das gleiche passiert beim Ausschalten des Stromes in der Sekundärwicklung. Es wird eine Spannung induziert, da sich jetzt auch wieder der magnetische Fluss ändert (Abnahme vom Höchstwert auf Null). Beim Ein- und Ausschalten ist die Richtung der induzierten Spannungen aber entgegengesetzt. Legt man eine Wechselspannung an, so ändert sich durch den Wechselstrom in der Primärwicklung dauernd der magnetische Fluss. Diese Flussänderung durchsetzt auch die Sekundärwicklung und induziert in ihr eine Wechselspannung.

### Ergebnis:

Schließt man an die Primärwicklung eines Transformators eine Wechselspannungsquelle an, so ändert sich permanent der magnetische Fluss. Dies hat zur Folge, dass in der Sekundärspule eine Wechselspannung induziert wird.

## Übersetzungsverhältnis der Spannungen

Zusammenhang zwischen Windungszahlen und Spannungen

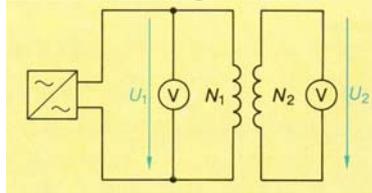


Abb. 8.26: Windungszahlen u. Spannungen

Legt man verschiedene Spannungen  $U_1$  an der Primärwicklung an und setzt unterschiedliche Windungszahlen ein, können die nachfolgend aufgeführten Spannungen an der Primär- und Sekundärwicklung gemessen werden.

Ergebnisse:

Nr.	$N_1$	$N_2$	$U_1$ in V	$U_2$ in V	$\ddot{u} = U_1 / U_2$
1	1200	1200	10	10	10 / 10
2	1200	1200	20	20	20 / 20
3	1200	600	20	10	20 / 10
4	600	1200	10	20	10 / 20

Abb. 8.27: Übersetzungsverhältnis der Spannungen

Aus den Ergebnissen kann man folgendes ableiten:

Bei einem Transformator im Leerlauf (ohne Belastung) verhalten sich die Spannungen wie die Windungszahlen.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \ddot{u} \quad \ddot{u} = \text{Übersetzungsverhältnis}$$

Gemäß DIN VDE 0532 ist das Verhältnis der Spannungen als Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  festgelegt. Das Übersetzungsverhältnis der Windungszahlen wird auch durch das Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  festgelegt.

$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2}; \quad \ddot{u} = \frac{N_1}{N_2} \quad \ddot{u} = \text{Übersetzungsverhältnis}$$

## Übersetzungsverhältnis der Ströme

Zusammenhang zwischen Windungszahlen und Stromstärken

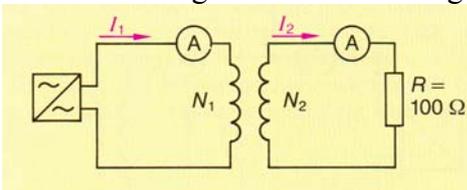


Abb. 8.28: Windungszahlen u. Stromstärken

An der Sekundärseite wird der Transformator mit einem Widerstand von  $R = 100 \Omega$  belastet. Die Stromstärken in der Primär- und Sekundärwicklung ergeben folgendes: (siehe Abb. 8.29).

Ergebnisse:

Nr.	$N_1$	$N_2$	$I_1$ in A	$I_2$ in A
1	1200	1200	0,10	0,10
2	1200	600	0,06	0,12
3	600	1200	0,34	0,17

Abb. 8.29: Übersetzungsverhältnis der Ströme

Aus den Ergebnissen kann man folgendes ableiten:

Bei einem Transformator verhalten sich die Stromstärken umgekehrt wie die Windungszahlen.

Auch das Verhältnis der Stromstärken kann durch das Übersetzungsverhältnis ausgedrückt werden:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}; \quad \ddot{u} = \frac{I_2}{I_1}$$

$\ddot{u}$  = Übersetzungsverhältnis

## 8.7 Kleintransformatoren

Nach DIN VDE 0550 werden Transformatoren mit einer Leistung bis 16 kVA als Kleintransformatoren bezeichnet.

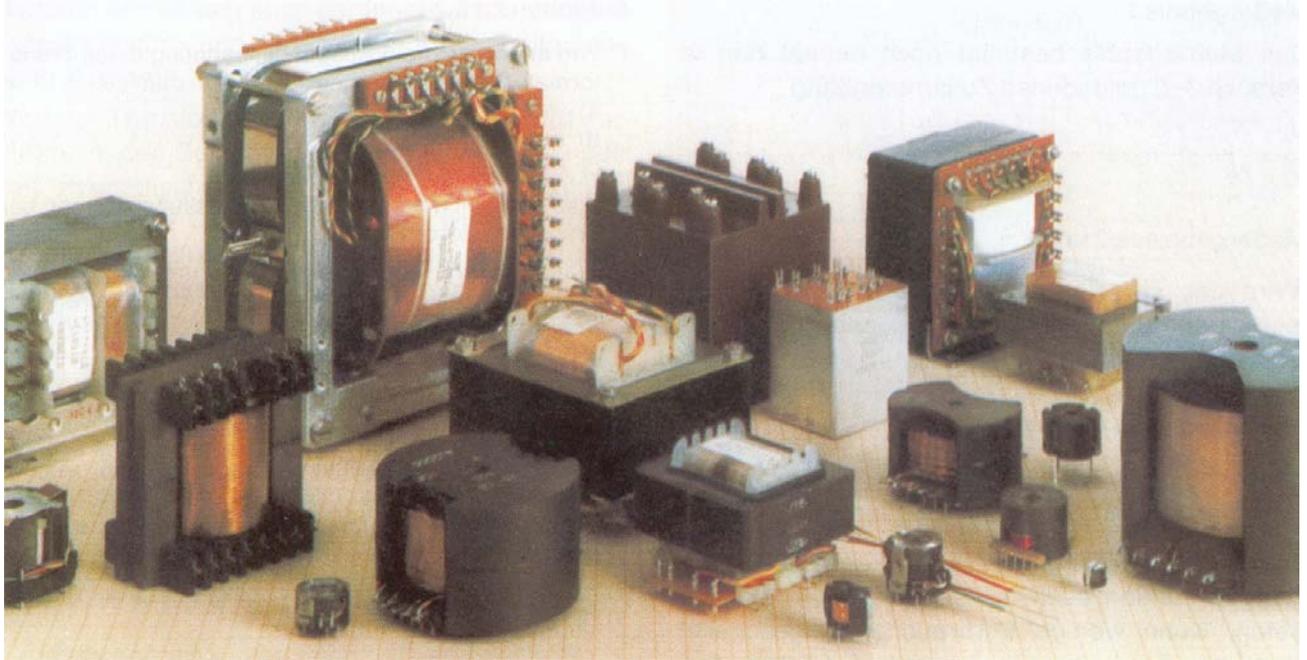


Abb. 8.30: Kleintransformatoren (siehe Anhang)

### Kurzschlussverhalten

Je nach Aufbau der Transformatoren unterscheidet man verschiedene Kurzschlussfestigkeiten und kennzeichnet sie gemäß nachfolgender Tabelle:

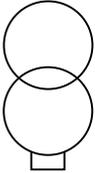
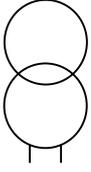
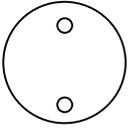
Verhalten	Zeichen	
Kurzschlussfest		
Bedingt kurzschlussfest mit elektrothermischem Überstromauslöser		
Bedingt kurzschlussfest mit Sicherung		
Nicht kurzschlussfest		

Abb. 8.31: Symbole für Kurzschlussverhalten

Kurzschlussfeste Kleintransformatoren haben kleine Kurzschlussströme. Dieser Umstand schützt sie vor zu hoher Erwärmung. Sie haben jedoch sehr hohe Kurzschlussspannungen.

Bedingt kurzschlussfeste Transformatoren werden mit Hilfe von eingebauten Sicherungen oder Überstromschaltern geschützt. Diese Organe schalten bei Kurzschluss ab.

Nicht kurzschlussfeste Transformatoren müssen stets durch vorgeschaltete Sicherungen oder andere Schutzeinrichtungen geschützt werden.

### Spezielle Kleintransformatoren

Einige Beispiele der gebräuchlichsten Kleintransformatoren sollen nachfolgend beschrieben werden:

#### Sicherheits- oder Schutztransformatoren



Abb. 8.32: Symbole Sicherheits- oder Schutztransformatoren

Sicherheitstransformatoren müssen mindestens bedingt kurzschlussfest, besser kurzschlussfest sein. Auf keinen Fall darf eine Verbindung zwischen Primär- und Sekundärseite entstehen, demnach müssen die Wicklungen durch Isolierschichten voneinander getrennt sein.

Gemäß DIN VDE 0550 müssen Sicherheitstransformatoren mit einem Symbol gekennzeichnet sein. In der Regel liefern Sicherheitstransformatoren eine Ausgangsspannung bis 42 V, wobei die Eingangsspannung maximal 500 V betragen darf. Alle Teile, die auch unter einer Spannung von weniger als 42 V stehen, sowie die Sekundärklemmen müssen gegen zufälliges Berühren abgeschottet werden. Sicherheitstransformatoren müssen allpolig vom Netz abschaltbar sein. Ortveränderliche Sicherheitstransformatoren müssen für ein Übersetzungsverhältnis gebaut sein. Die Sekundärwicklung darf nur mit einer Anzapfung versehen sein.

- Zu den Sicherheitstransformatoren gehören:
- Klingeltransformatoren
  - Transformatoren für Schutzkleinspannung
  - Auftautransformatoren
  - Trenntransformatoren
  - Handleuchtentransformatoren
  - Spielzeugtransformatoren
  - Transformatoren für medizinische Geräte

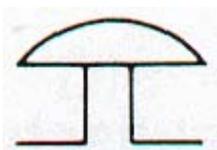


Abb. 8.33: Symbol Klingeltransformator

Gemäß DIN VDE 0550 darf die Nennsekundärlastspannung bei **Klingeltransformatoren** maximal 12 V betragen. Die Ausgangswicklung verfügt meist über mehrere Abgriffe (3 V, 5 V, 8 V, 12 V). Klingeltransformatoren dürfen nur für eine Primärspannung gebaut sein.

**Transformatoren für Schutzkleinspannungen** liefern maximal eine Spannung von 42 V. Die Schutzmaßnahme „Schutzkleinspannung“ soll das Zustandekommen gefährlicher Berührungsspannungen verhindern.

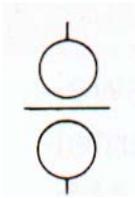


Abb. 8.34: Symbol  
Trenntransformator

Gemäß DIN VDE 100 darf an einem **Trenntransformator** nur ein einzelnes elektrisches Gerät mit einer Betriebsspannung angeschlossen werden, um das Gerät im Sinne der Schutztrennung galvanisch vom Netz zu trennen. Dabei sind die Sekundärwicklungen derart voneinander getrennt, dass auch im Falle eines Drahtbruchs keine elektrische Verbindung zwischen ihnen auftreten kann.

Die höchstzulässige Nennsekundärlastspannung beträgt für Trenntransformatoren

- bei Einphasen-Transformatoren 250 V
- bei Dreiphasen-Transformatoren 400 V

Der maximal zulässige Nenn-Sekundärstrom darf 16 A nicht übersteigen.

Ortsveränderliche Trenntransformatoren müssen stets schutzisoliert gebaut sein. Weiterhin ist der Anschluss des Verbrauchers nur über eine fest eingebaute Steckdose ohne Schutzkontakt zulässig.

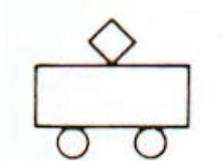


Abb. 8.35: Symbol  
Spielzeugtransformator

Gemäß DIN VDE 0550 liegt die Nennsekundärlastspannung bei **Spielzeugtransformatoren** maximal bei einer Höhe von 24 V. Allein sie dürfen nur für Kinderspielzeug verwendet werden. Es ist erforderlich, dass eine sichere elektrische Trennung zwischen Primär- und Sekundärkreis besteht. Nach Möglichkeit sollen Spielzeugtransformatoren schutzisoliert sein. Aus Sicherheitsgründen dürfen sie nur mit Spezialwerkzeugen zu öffnen sein.



Abb. 8.36: Symbol  
Handleuchtentransformator

**Handleuchtentransformatoren** sollen Handleuchten vom Netz trennen. Sie sind stets „schutzisoliert“ auszuführen.

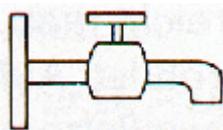


Abb. 8.37: Symbol  
Auftautransformator

**Auftautransformatoren** dienen zum Auftauen eingefrorener Leitungen. Auch sie müssen schutzisoliert sein und dürfen nur über eine Sekundärspannung von maximal 24 V verfügen.



Abb. 8.38: Symbol  
Transformator für  
medizinische Geräte

**Transformatoren für medizinische Geräte** dürfen Sekundärspannungen von maximal 24 V (Sonderfälle nur 6 V) erzeugen und müssen schutzisoliert sein.

## 8.8 Streufeldtransformatoren

Streufeldtransformatoren verfügen über eine hohe Kurzschlussspannung. Sie sind „spannungsweich“, das heißt, dass sie im Kurzschlussfall und bei großer Belastung keine großen Ströme fließen lassen, die den Transformator unter Umständen zerstören könnten.

Sie werden eingesetzt als:

- Zündtransformator
- Schutztransformator
- Spielzeugtransformator
- Klingeltransformator
- Transformator in Leuchtstoffröhrenanlagen
- Schweißtransformator

Bei Transformatoren in Vorschaltgeräten von Leuchtstoffröhrenanlagen und bei Schweißtransformatoren besteht häufig die Möglichkeit, mit Hilfe eines Streujochs die Höhe der Kurzschlussspannung einzustellen. Streufeldtransformatoren dienen bei Leuchtstoffröhrenanlagen nach der Röhrenzündung als Strombegrenzung.

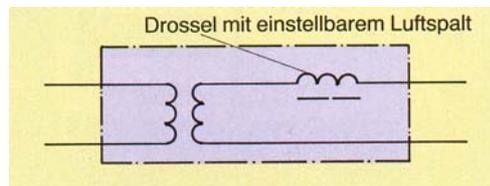


Abb. 8.39: Schweißstromeinstellung mit einer Drossel

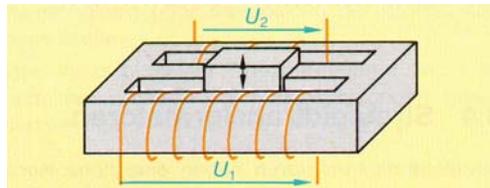


Abb. 8.40: Schweißstromeinstellung mit einem Streujoch

### **Schweißtransformatoren**

Der Betrieb von Schweißtransformatoren erfolgt praktisch im Kurzschluss. Aus diesem Grund muss der Schweißtransformator über einen großen Innenwiderstand und eine hohe Kurzschlussspannung verfügen. Um einen dementsprechend hohen Innenwiderstand zu erreichen, schaltet man entweder eine Drossel, deren Induktivität durch Verstellen des Luftspaltes verändert werden kann, in Reihe mit der Sekundärwicklung (Abb. 8.39), oder man baut den Transformator mit einem Streujoch auf, das man je nach geforderten Stromwerten verstellen kann (Abb. 8.40). Eine Veränderung des Streujoches verursacht einen mehr oder weniger großen Streufluss. Auf diese Art und Weise lässt sich der Schweißstrom beeinflussen.

Gemäß DIN VDE 0541 soll eine Leerlaufspannung von 70 V bei Schweißtransformatoren nicht überschritten werden. Besondere Bedingungen sind bei der Durchführung von Schweißarbeiten in engen Behältern zu beachten. Hierbei soll die Leerlaufspannung nicht mehr als 42 V betragen.

## 8.9 Leistungsschild eines Transformators

In der DIN VDE 0532 werden Vorgaben gemacht, die das Leistungsschild enthalten soll (Abb. 8.41).

Kurzzeichen für die Art des Transformators:

- LT: Leistungstransformator
- ZT: Zusatztransformator
- SpT: Spartransformator
- LT/S: Transformator mit Stufenschalter

Firmenname-Firmenzeichen			
3-Phasen-Transformator			
Typ	F.-Nr.	DIN VDE 0532	
Bem.-Leistung	1 000 kVA		Baujahr
St. 1	20 500 V	400 V	Bem.-Frequ.
Bem.-Spg. St. 2	20 000 V		Schaltgruppe
St. 3	19 500 V		Kühlungsart
			Ges.-Gewicht
Bem.-Strom	28,2 A	1410 A	Ölgewicht
Um	24/1.1 kV		
Kurzschl. Spg.	4,1%	Kurzschl.-Dauer max.	2 s
Dauerkurzschl.-Str.	0,5 kA	Isolierflüssigkeit	Öl

Abb. 8.41: Transformatorleistungsschild

Mit Hilfe des Stufenschalters kann die Übersetzung des Transformators unter Last eingestellt werden. Transformatoren mit Stufenschaltern verfügen über feststehende Wicklungen.

Eine wichtige Kennzahl ist die Nennleistung des Transformators (in diesem Beispiel 1.000 kVA). Die Nennspannung auf der Primärseite gibt die Anschlussspannung des Transformators an. Die Nennspannung auf der Sekundärseite des Transformators ist die im Leerlauf auftretende Spannung. Die Betriebsart gibt an, ob der Transformator im Dauerbetrieb (S1) oder im Kurzzeitbetrieb (S2) betrieben werden darf.

Bei Leistungstransformatoren erfolgt die Kennzeichnung der Reihenspannung in kV (Reihenspannung = Spannung, für die die Isolation bemessen ist).

Weiterhin wird auf dem Leistungsschild der primär- und sekundärseitige Nennstrom des Transformators angegeben. Weitere wichtige Daten sind das Baujahr, die Schaltgruppe sowie das Gesamtgewicht.

Das Leistungsschild eines Einphasentransformators (Abb. 8.42) enthält die selben Angaben wie bei einem Drehstromtransformator. Bei kleinerer Baugröße können einzelne Angaben fehlen, dieses gilt insbesondere bei Kleintransformatoren.

Das Leistungsschild eines Kleintransformators (Abb. 8.43) ist wie das bei einem Einphasentransformator, jedoch weiter vereinfacht.

Hersteller			
Typ	Nr.	Baujahr	1997
Nennleistung	kVA 20	Art LT	Frequenz Hz 50
Nennspg.	V 6000	230	Betrieb S1
Nennstrom	A 3,44	87	Schaltgr. I10
Kurzschl.-Spg.	% 5	Kurzschl.-Strom	kA

Abb. 8.42: Einphasentransformator

Hersteller			
Typ	Nennspannung	V 230	42
Nennleistung	VA 5000	Frequenz	Hz 50
Isolationsklasse	E		

Abb. 8.43: Kleintransformator

## 8.10 Weitere elektronische Bauteile in Schaltschränken



Abb. 8.44: Speicherprogrammierbare Steuerung  
(siehe Anhang)

### **Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)**

eigenständige Steuerung für Prozessabläufe



Abb. 8.45: Sanftanläufer (siehe Anhang)

### **Sanftanläufer**

Anstelle einer herkömmlichen Stern-Dreieck-Schaltung



Abb. 8.46: Thermistor Motorschutzrelais  
(siehe Anhang)

### **Thermistor Motorschutzrelais**

zur Temperaturüberwachung von Elektromotoren



Abb. 8.47: Zeitrelais (siehe Anhang)

### **Zeitrelais**

Steuerungsorgan zur Einschalt- oder Ausschaltverzögerung

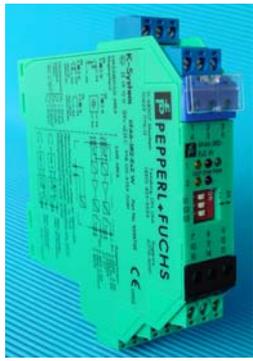


Abb. 8.48: Niveaurelais (siehe Anhang)

### Niveaurelais

zur Niveaumessung mittels Elektroden oder Schwimmer



Abb. 8.49: Überspannungsschutz (siehe Anhang)

### Überspannungsschutz

für Versorgungsstromkreise in Energienetzverteilungen



Abb. 8.50: Überspannungsschutz (siehe Anhang)

### Überspannungsschutz

für eigensichere Stromkreise explosionsgeschützter Bauteile



Abb. 8.51: Überspannungsschutz (siehe Anhang)

### Überspannungsschutz

für Steuerstromkreise und Messkreise



## Koppelrelais

zum Entkoppeln von Signalen, Trennung von Stromkreisen

Abb. 8.52: Koppelrelais (siehe Anhang)

## **8.11 Testfragen**

1. Was versteht man unter einem Schütz?
2. Erklären Sie Aufbau und Wirkungsweise eines Schützes?
3. Erläutern Sie folgende Angaben, die auf dem Typenschild eines Schützes stehen:  
 $4NO \ 2NC / I_{th2} = 16 A / AC 4$
4. Was versteht man unter einem Relais?
5. Wodurch unterscheiden sich Stromstoßschalter und Relais?
6. Erklären Sie was man unter Befehlsgeräte versteht!
7. Was versteht man unter einem Endschalter?
8. Was versteht man unter einem Näherungsschalter?
9. Wo werden bevorzugt Taster eingesetzt?
10. Nach welchem Prinzip funktioniert der induktive Näherungsschalter?
11. Welche Spannung dürfen Transformatoren für Schutzkleinspannung maximal liefern?
12. Wie viele Geräte (Verbraucher) dürfen an einem Trenntransformator angeschlossen werden?
13. Sind Kleintransformatoren stets „kurzschlussfest“ ausgelegt?
14. Sie müssen an einem Trenntransformator die fest eingebaute Steckdose erneuern. Darf die neue Steckdose über einen Schutzkontakt verfügen?
15. Wie ist das Übersetzungsverhältnis „ü“ gemäß DIN VDE 0532 definiert?

## 8.12 Übungen

### 1. Einfache Motorschutzschaltung mit Selbsthaltung und Signalanzeige

Erstellen Sie die gezeigte Schützschaltung nach Zeichnung und Materialliste.

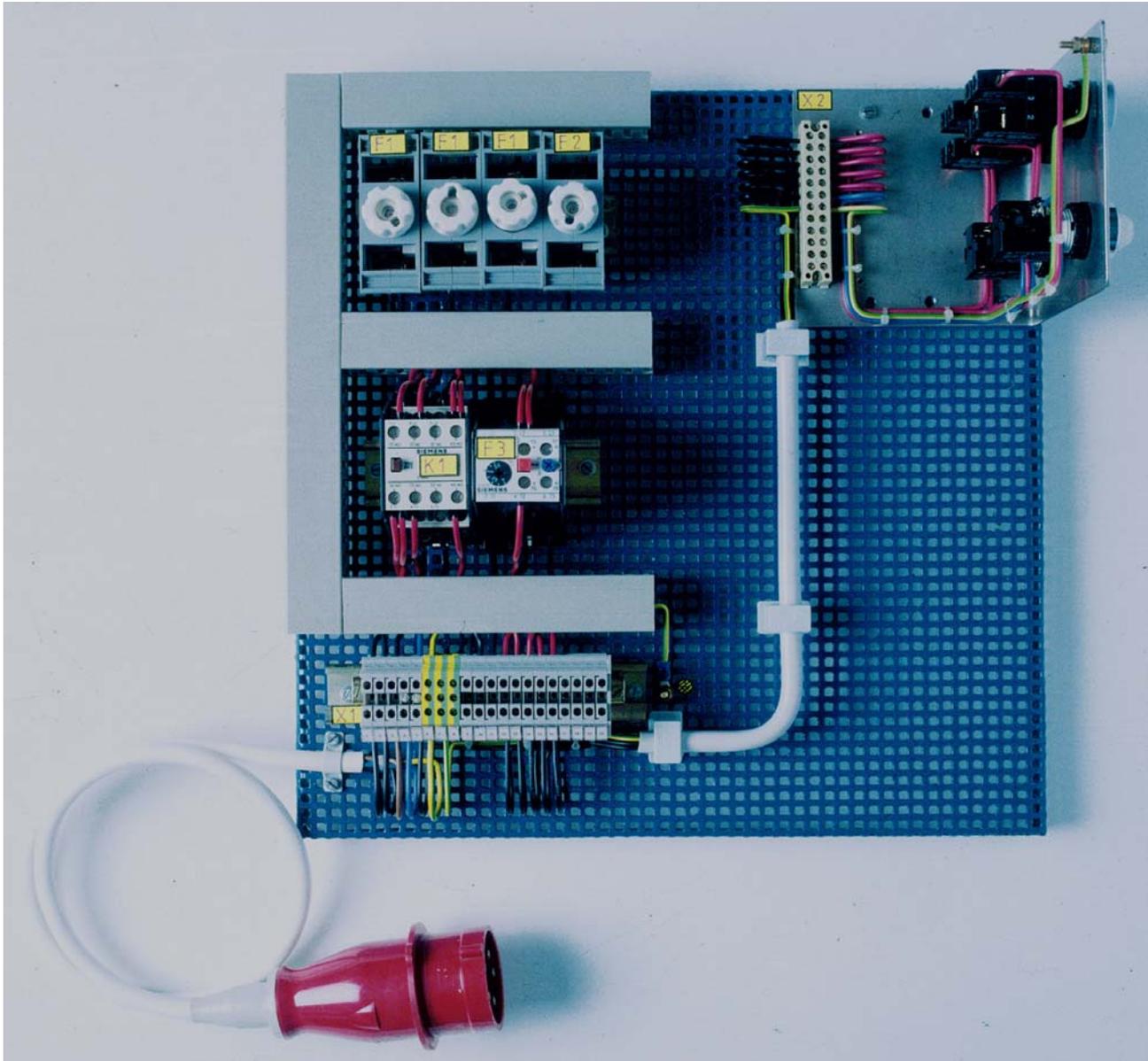


Abb. 8.53: Schaltungsaufbau auf Lochblech (siehe Anhang)

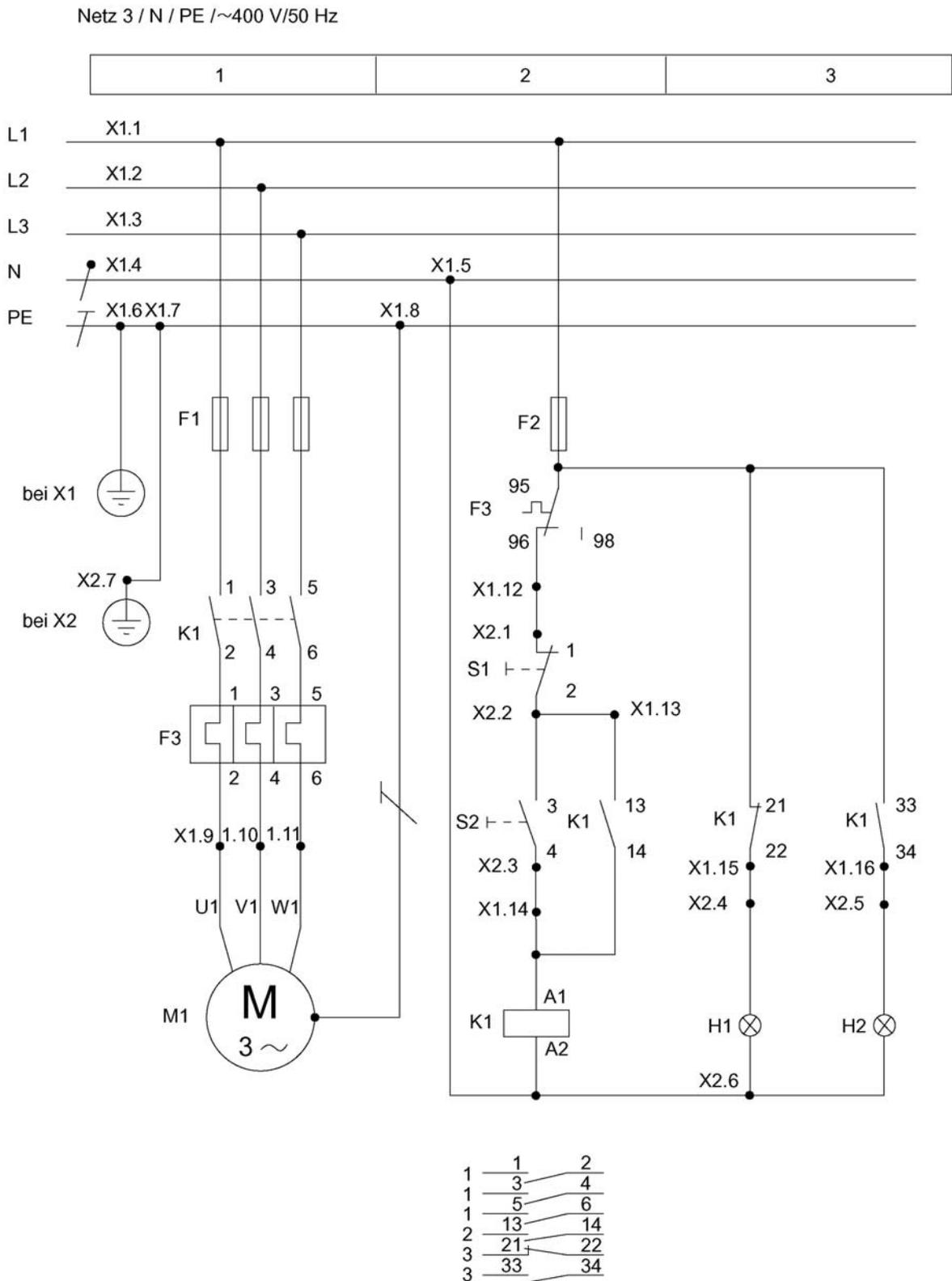


Abb: 8.54: Schaltplan

Klemmenleiste x 2			
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Ziel
			Anschluß
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Bauteil
S1.1	○	1	X1.12
S1.2	○	2	X1.13
S2.4	○	3	X1.14
H1	○	4	X1.15
H2	○	5	X1.16
H1	○	6	X1.5
PE X2	○	7	X1.7
	○	8	
	○	9	
	○	10	
	○	11	
	○	12	
	○	13	
	○	14	
	○	15	

Klemmenleiste x 1			
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Ziel
			Anschluß
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Bauteil
L1	○	1	F1.1
L2	○	2	F1.2
L3	○	3	F1.3
N	○	4	
X2.6	○	5	K1 A2
PE	○	6	PE X1
X2.7	○	7	
PE M1	○	8	
U1	○	9	F3.2
V1	○	10	F3.4
W1	○	11	F3.6
X2.1	○	12	F3.96
X2.2	○	13	K1.13
X2.3	○	14	K1 A1
X2.4	○	15	K1.22
X2.5	○	16	K1.34
	○	17	
	○	18	
	○	19	
	○	20	
	○	21	
	○	22	
	○	23	
	○	24	
	○	25	
	○	26	
	○	27	
	○	28	
	○	29	
	○	30	
	○	31	
	○	32	
	○	33	
	○	34	
	○	35	
	○	36	
	○	37	
	○	38	
	○	39	
	○	40	

Klemmenleiste x			
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Ziel
			Anschluß
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Bauteil
	○	1	
	○	2	
	○	3	
	○	4	
	○	5	
	○	6	
	○	7	
	○	8	
	○	9	
	○	10	
	○	11	
	○	12	
	○	13	
	○	14	
	○	15	
	○	16	
	○	17	
	○	18	
	○	19	
	○	20	
	○	21	
	○	22	
	○	23	
	○	24	
	○	25	
	○	26	
	○	27	
	○	28	
	○	29	
	○	30	
	○	31	
	○	32	
	○	33	
	○	34	
	○	35	
	○	36	
	○	37	
	○	38	
	○	39	
	○	40	

Klemmenleiste x3			
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Ziel
			Anschluß
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Bauteil
	○	1	
	○	2	
	○	3	
	○	4	
	○	5	
	○	6	
	○	7	
	○	8	
	○	9	
	○	10	
	○	11	
	○	12	
	○	13	
	○	14	
	○	15	

Abb. 8.55: Klemmenleistenplan

<b>Aufgabenteil:</b>			
<b>lfd. Nr.</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Material</b>	<b>Bemerkungen</b>
1	1	Montageblech	400 x 400
2	2	Doppeldrucktaster	1 Öffner + 1 Schließer
3	1	Bedientafel	
4	2	Leuchtmelder	grün/weiß
5	1	Schütz 230 V Steuerspannung	3H+2S+1Ö
6	1	Bimetallrelais	1 Öffner
7	1	Klemmenleiste	20 Klemmen davon 4 PE
8	4	Sicherungselement	Neozed auf Phönixschiene
9	0,76m	Verdrahtungskanal	30 x 30 mm geschlitzt
10	3	ISO Druckschelle bis 16 mm	einfach
11	2	Einzelheit "Z" nach Zeichnung	
12	4,2m	Kunststoffaderleitung	H07V - U 1,5 mm <sup>2</sup> rt
13	0,7m	Kunststoffaderleitung	H07V - U 1,5 mm <sup>2</sup> bl
14	0,7m	Kunststoffaderleitung	H07V - U 1,5 mm <sup>2</sup> gnge
15	5m	Kunststoffaderleitung	H07V - K 1,5 mm <sup>2</sup> sw
16	0,4m	Kunststoffaderleitung	H07V - K 1,5 mm <sup>2</sup> bl
17	0,25m	Kunststoffaderleitung	H07V - K 1,5 mm <sup>2</sup> gnge
18	0,7m	Kunststoffmantelleitung	NYM - J 7 x 1,5 mm <sup>2</sup>
19	1	CEE Stecker 400 V 3 - N - PE	16 A
20	1m	PVC-Schlauchleitung	H05VV - F5 G 1,5
21	1	Zugentlastungsschelle	passend für Pos. 20
22		Befestigungsmaterial	
23	46	Aderendhülse	1,5 mm <sup>2</sup>
24	3m	Kunststoffaderleitung	H07 V-K 1,5 mm <sup>2</sup> rt
25			
26			
27			
28			
29	1	Hutschiene	passend für Pos. 5 und Pos. 6
30	1	Ringkabelschuh	passend für Pos. 17
31	16	Kabelband	
32			
33			

Abb. 8.56: Stückliste

## 2. Wendeschützschaltung für Räumierantrieb

Erstellen Sie die gezeigte Wendeschützschaltung nach Zeichnung und Materialliste!

Vorgehensweise:

1. Bauteile nach Foto aufbauen
2. Verdrahten und anschließen aller Bauteile
3. Funktionskontrolle nach Stromlaufplan
4. Inbetriebnahme der Schaltung
5. Prüfprotokoll erstellen

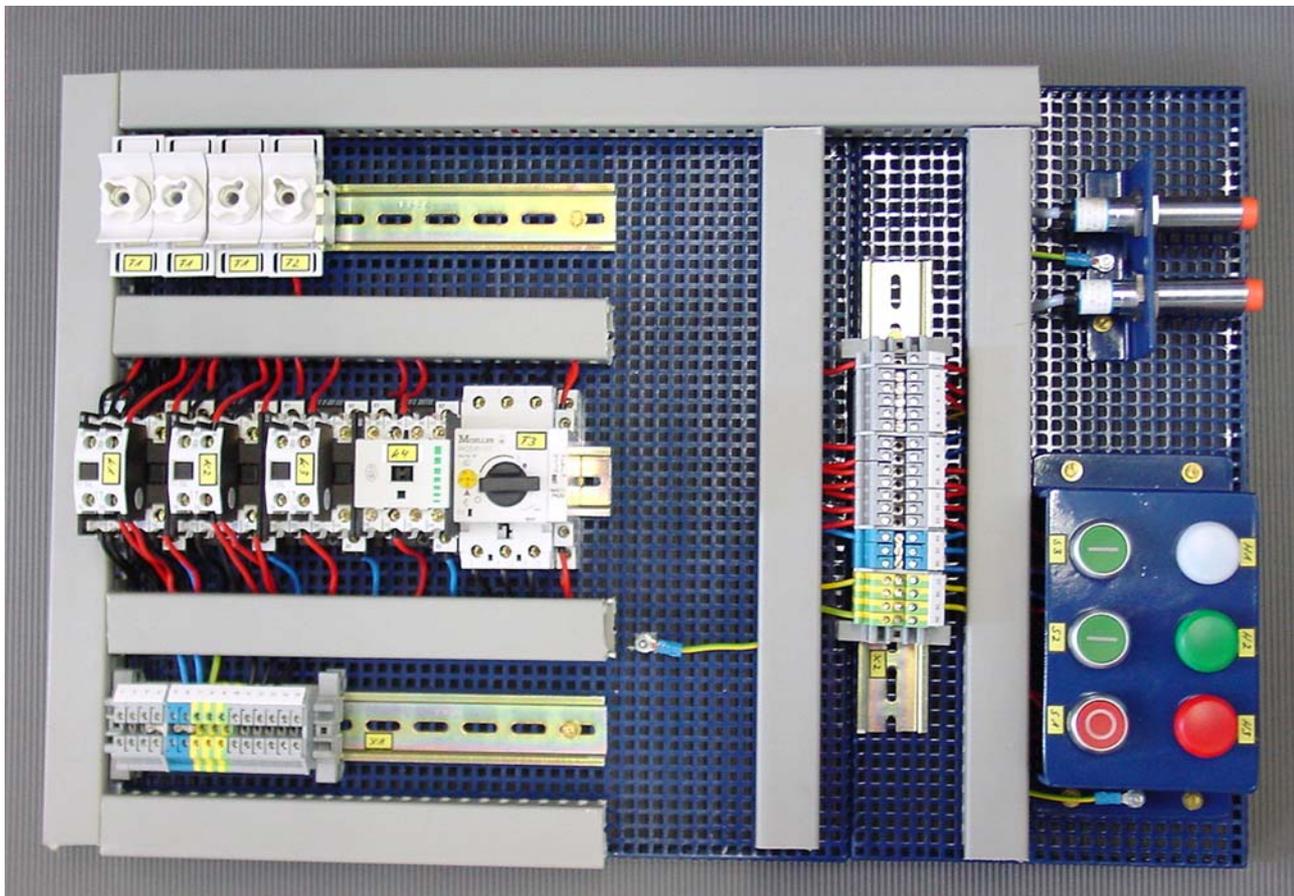
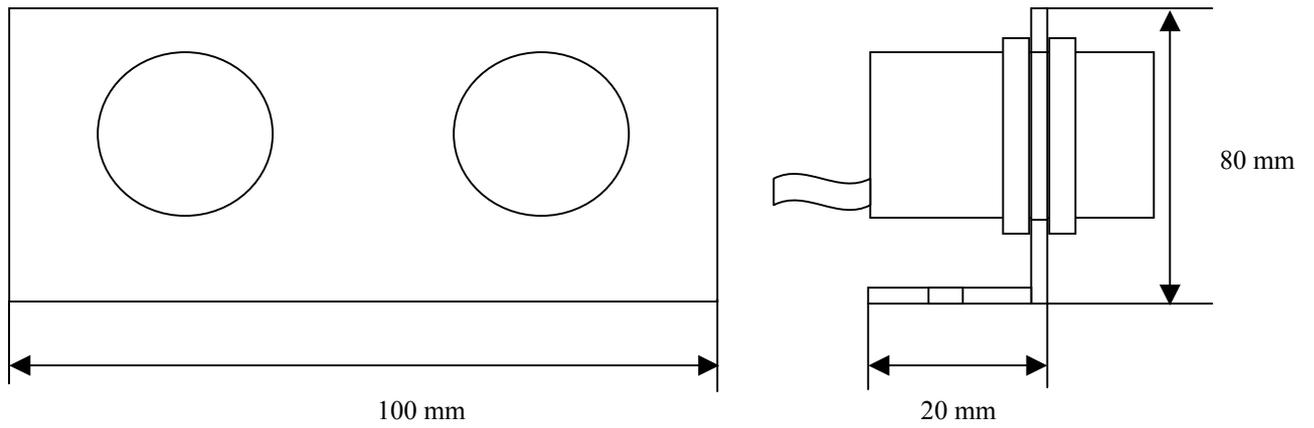


Abb. 8.57: Wendeschützschaltung (siehe Anhang)

**Montageblech für Näherungsinitiatoren**



**Montageblech für Taster und Meldeleuchten**

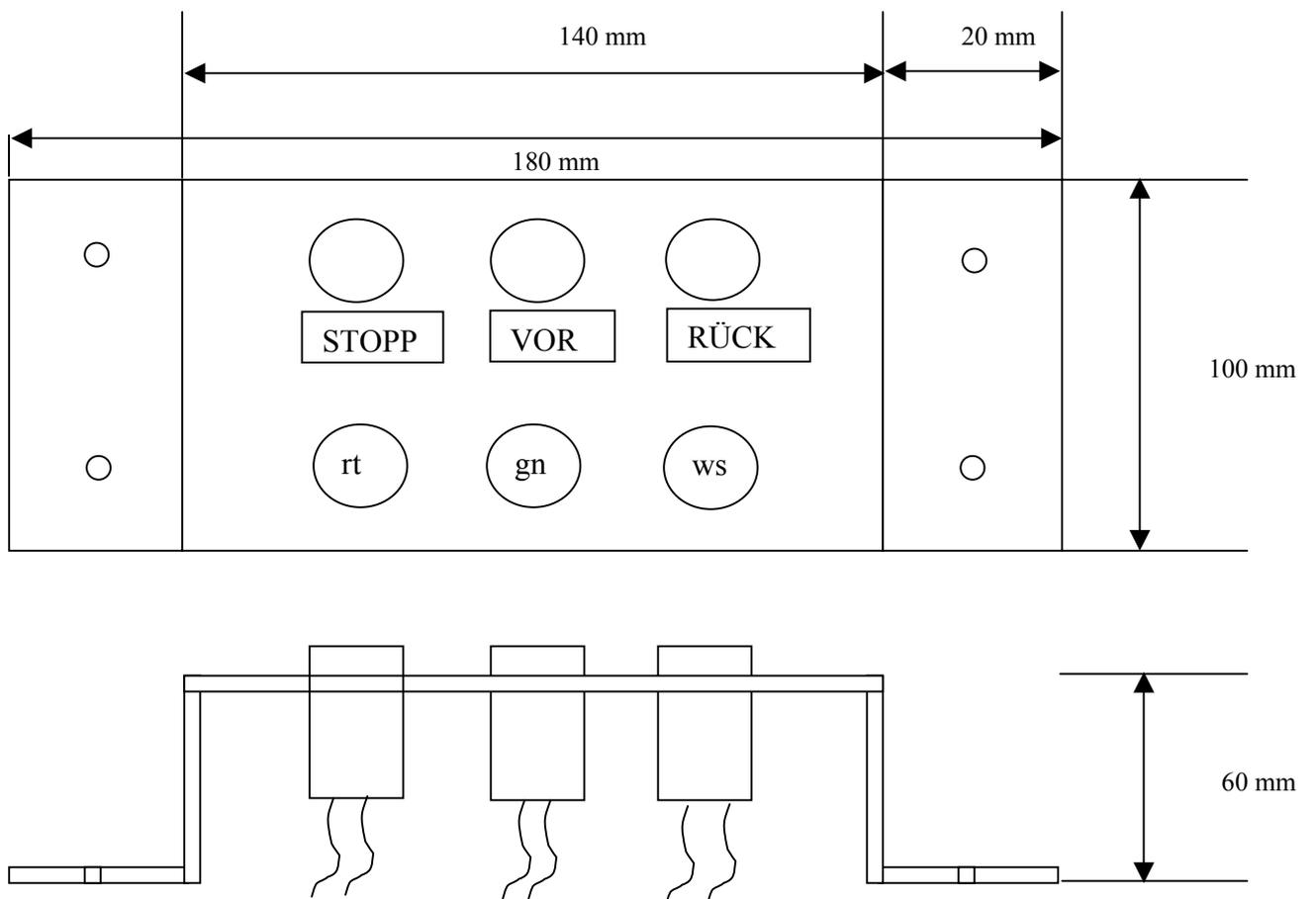


Abb. 8.58: Schema Wendeschützschaltung

Schaltplan Wendeschützschaltung

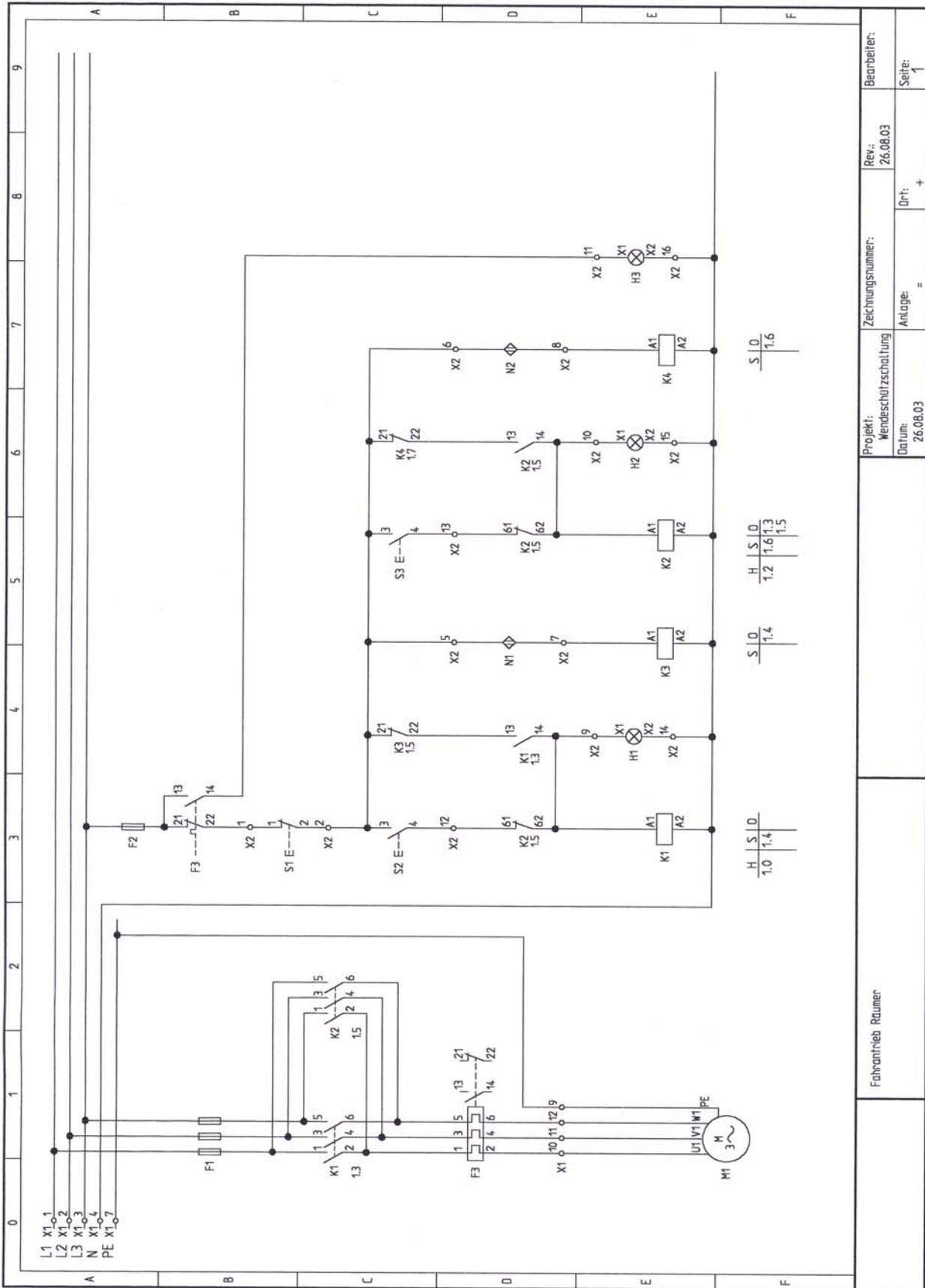


Abb. 8.59: Schaltplan Wendeschützschaltung

Projekt:	Wendeschützschaltung	Zeichnungsnummer:		Rev.:	26.08.03	Beurteilert:	
Datum:	26.08.03	Anlage:	=	Ort:	+	Seite:	1
Fahrttrieb Räumer							

## Klemmleistenplan: Wendeschützschtaltung für Räumierantrieb

## Klemmleistenplan Wendeschützschtaltung

Klemmleiste X 1				
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Anschluss	
			Bauteil	
L1	O	1	F1.1	
L2	O	2	F1.2	
L3	⊗	3	F1.3	
L3	⊗	4	F2.1	
N	⊗	5	K1	A2
	⊗	6	H1	X2
PE	⊗	7	PE X2.12	
	⊗	8		
PE M1	⊗	9		
U1	O	10	F3	2
V1	O	11	F3	4
W1	O	12	F3	6
	O	13		
	O	14		
	O	15		

Klemmleiste X 2					
Ziel	Verbindungsbrücke	Klemmen-Nr.	Anschluss		
			Bauteil		
F3	98	O	1	S1	1
		⊗	2	S1	2
		⊗	3	S2	13
		⊗	4	S3	13
K3	22	⊗	5	N1	1
K4	21	⊗	6	N2	1
K3	A1	O	7	N1	2
K4	A1	O	8	N2	2
K1	14	O	9	H1	X1
K2	14	O	10	H2	X1
F3	96	O	11	H3	X1
PE X1.7		O	12		
		O	13		
		O	14		
		O	15		

Abb. 8.60: Klemmleistenplan Wendeschützschtaltung

**Stückliste: Wendeschützschtaltung für Räumierantrieb**

lfd. Nr.	Anzahl	Material	Bemerkungen
1	1	Montageplatte (Holz)	1 m x 1 m z.B. Tischlerplatte
2	3	Doppeldrucktaster	1Ö + 1S
3	3	Leuchtmelder	grün/weiß/rot
4	2	Schütz 230V Steuerspannung	3H + 1S + 1Ö
5	2	Hilfsschütz 230V	2S + 2Ö
6	2	Näherungsinitiator 250V kapazitiv od. induktiv	z.B NBN15-30GKK-WÖ von Pepperl&Fuchs
7	1	Motorschutzrelais	1S+1Ö
8	4	Sicherungselement	Neozed
9	1	Klemmleiste	30 Klemmen davon 4 PE
10	3 m	Verdrahtungskanal	30 x 30 mm geschlitzt
11	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm <sup>2</sup> rt
12	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm <sup>2</sup> bl
13	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm <sup>2</sup> gnge
14	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm <sup>2</sup> sw
15	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm <sup>2</sup> rt
16	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm <sup>2</sup> bl
17	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm <sup>2</sup> gnge
18	100	Aderendhülsen	1,5 mm <sup>2</sup>
19	3 m	Kunststoffmantelleitung	NYM - J 7 x 1,5 mm
20	1	CEE Stecker 400 V 3 - N -PE	16 A
21	1	Zugentlastungsschelle	passend für Pos.19
22	1 m	Hutschiene	passend für Pos.5/6/8
23	2	Ringkabelschuh	passend für Pos. 17
24		Kabelbinder	
25	1	Montage-Blech für Pos.6	100x100x2 mm
26	1	Montage-Blech für Pos.3	100x200x2 mm
27			
28			
29			
30			

Abb. 8.61: Stückliste Wendeschützschtaltung

### 3. Austausch eines defekten Steuertransformators

- Problem: In einer Niederspannungsschaltanlage ist keine Steuerspannung mehr vorhanden.
- Benötigte Werkzeuge: Zweipoliger Spannungsprüfer evtl. Vielfachmessgerät, Spitzzange, verschiedene Schraubendreher sowie Maul- / Ringschlüssel 10/13
- Fehlersuche: Ist die Absicherung des Steuertransformators eingeschaltet?  
Liegt an beiden Seiten der Sicherung Spannung an?  
Liegt an der Primärseite des Steuertransformators die richtige Nennspannung an (siehe Typenschild)?  
Liegt an der Sekundärseite des Steuertransformators die richtige Spannung an (siehe Typenschild)?
- Fehlerursache: Der Steuertransformator gibt an der Sekundärseite keine Spannung ab.
- Instandsetzung:
1. „Freischalten“ des Steuertransformators gemäß den „Fünf Sicherheitsregeln“
  2. Beschriftung der Leitungen auf der Primär- und Sekundärseite => falls nicht vorhanden
  3. Abklemmen der Leitungen
  4. Demontage des Transformators aus dem Niederspannungsfeld
  5. Beschaffung eines Steuertransformators mit gleichen Nenndaten (siehe Typenschild)
  6. Montage und Anschluss des Steuertransformators
  7. Aufheben der „Fünf Sicherheitsregeln“ in umgekehrter Reihenfolge
  8. Inbetriebnahme und Test des Transformators

