

Inhaltsverzeichnis

1. Stromlaufplan-Erklärung (Skizzen & Prinzip)	1
2. Muster-Schaltpläne & Bauteildarstellung	2
3. Bericht: Elektrische Bauteile in Steuerungs- und Energietechnik	3
4. Deep Research: FluidSIM Simulationssoftware	4

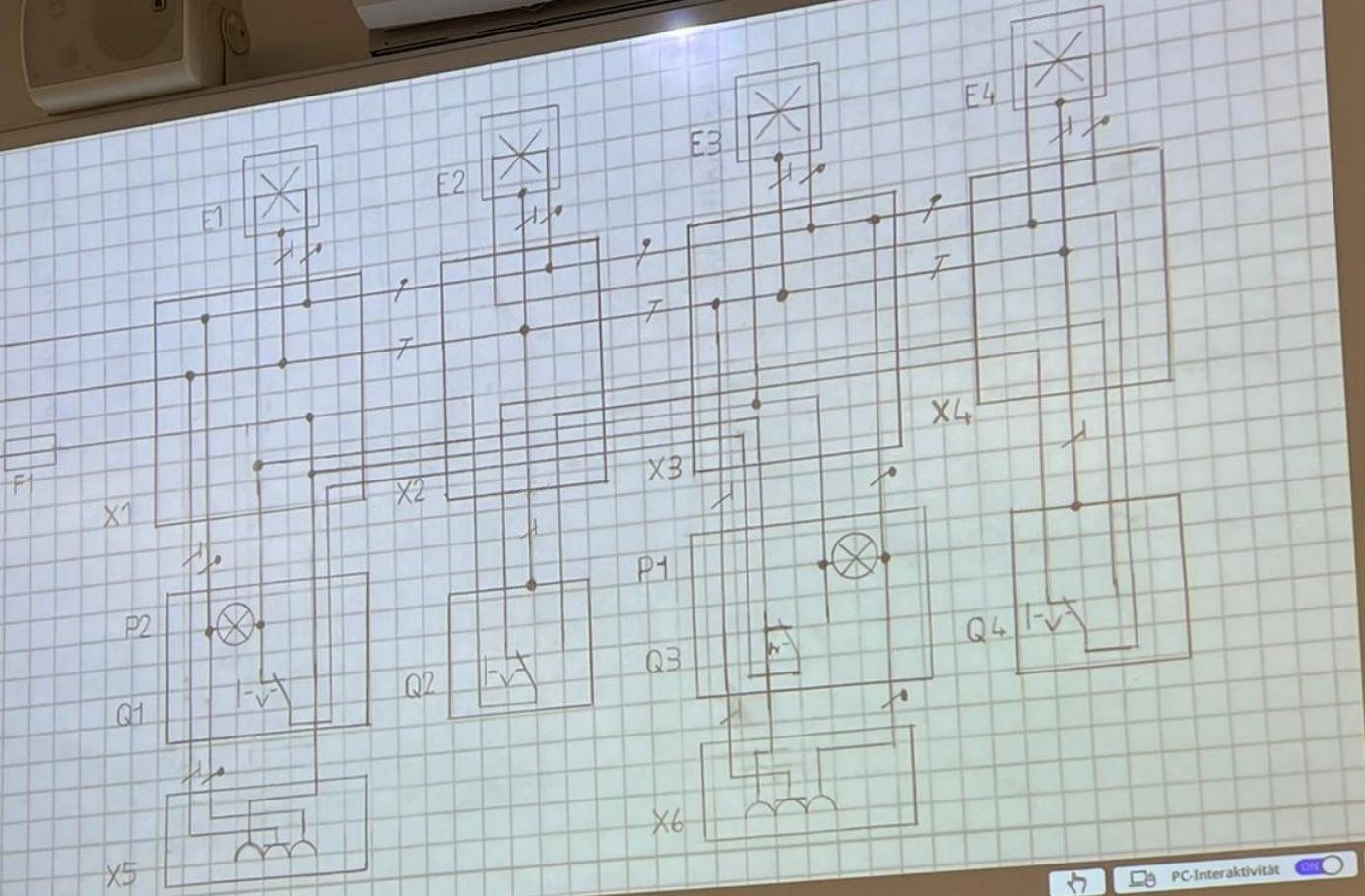
Erklärung: Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

In vielen Fachbüchern ist es üblich, dass L (Außenleiter), N (Neutralleiter) und PE (Schutzleiter) oben dargestellt werden. In der Praxis und insbesondere für den eigenen Überblick kann es jedoch hilfreich sein, eine alternative Anordnung zu wählen.

In meiner bevorzugten Darstellung verlaufen die drei Leiter L, N und PE vertikal linksbündig auf dem Papier. Die Bauteile wie Schalter, Taster, Leuchten oder Stromstoßschalter werden dann oben und unten entlang dieser drei Linien verteilt.

Diese Art der Darstellung sorgt für ein besseres Verständnis der Strompfade und ermöglicht es, den Signalfluss klarer zu verfolgen - insbesondere bei komplexeren Schaltungen wie Stromstoß- oder Treppenhausschaltungen.

Die folgenden Fotos zeigen beispielhafte eigene Zeichnungen sowie Übungsaufgaben, welche mit diesem Prinzip umgesetzt wurden. Sie dienen als Referenz, wie der Aufbau eines Stromlaufplans in zusammenhängender Darstellung in der Ausbildung aussehen kann.

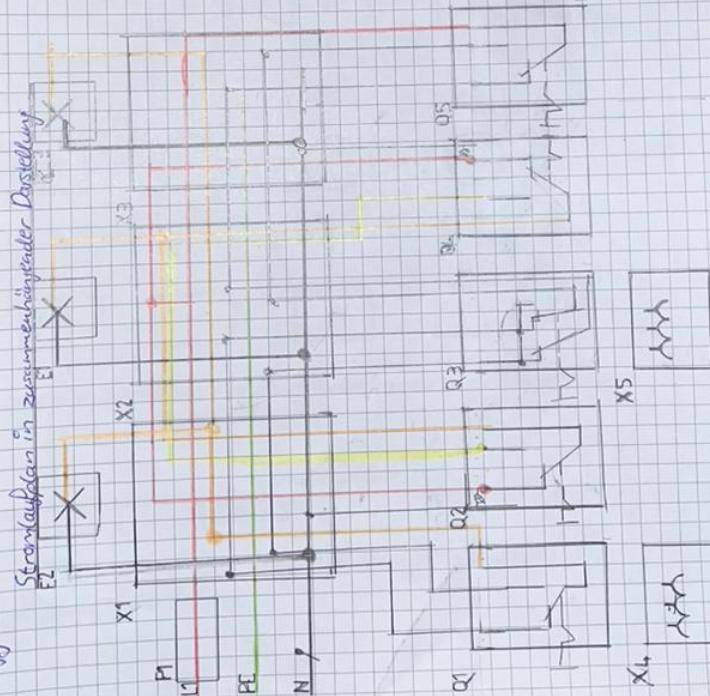
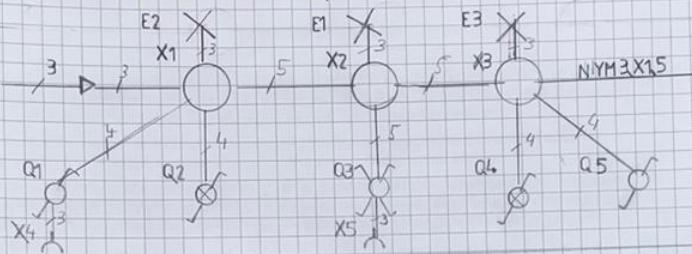


PC-Interaktivität ON

westermann

Hausaufgabe
Installationstechnik, 14. Semester; Friedrich Seidengenauer

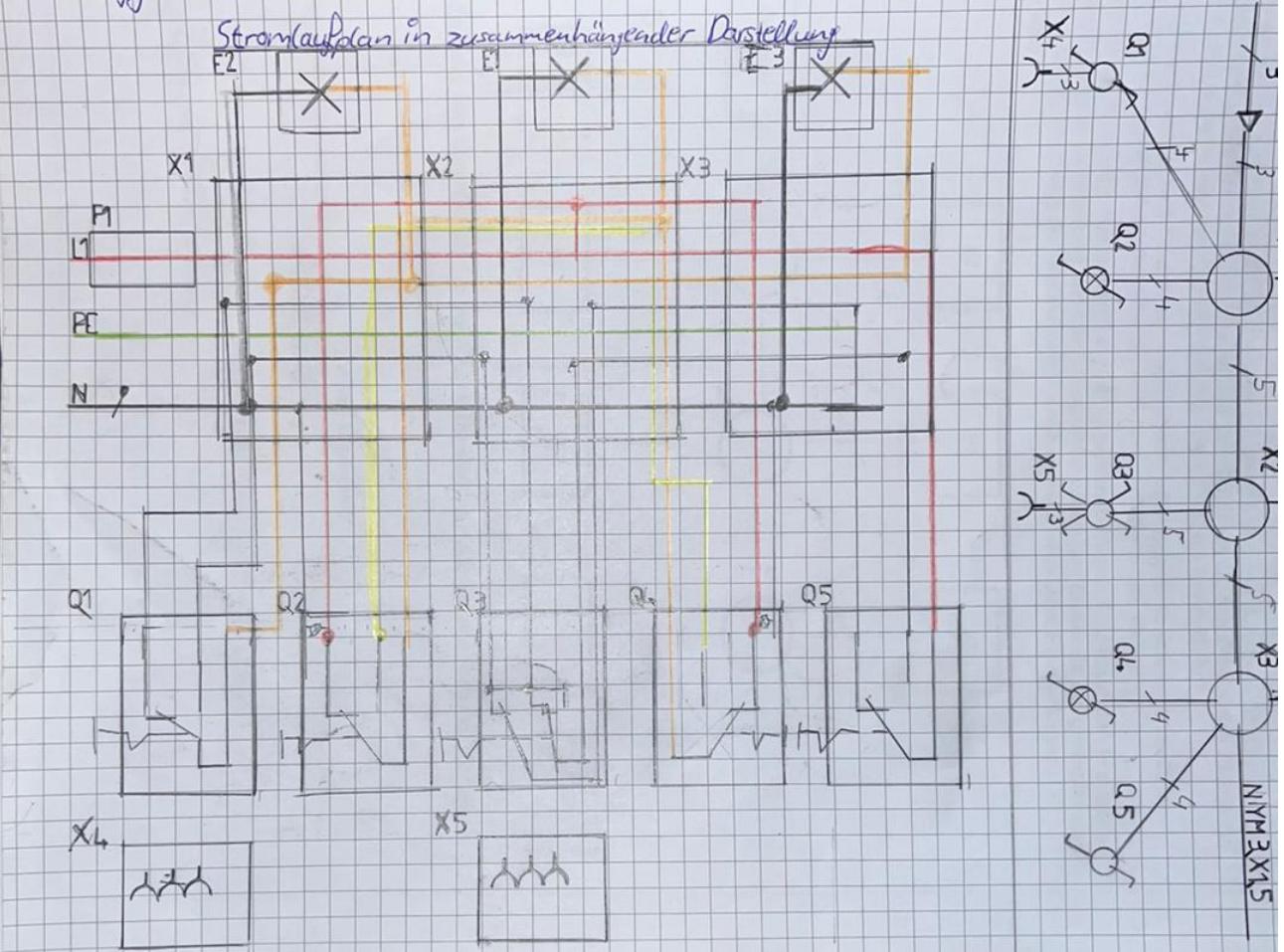
Übersichtsschaltplan
31.12.2024



Gerätetechnik

Hausaufgabe Installationstechnik, Illustrator: Friedrich Seidensticker

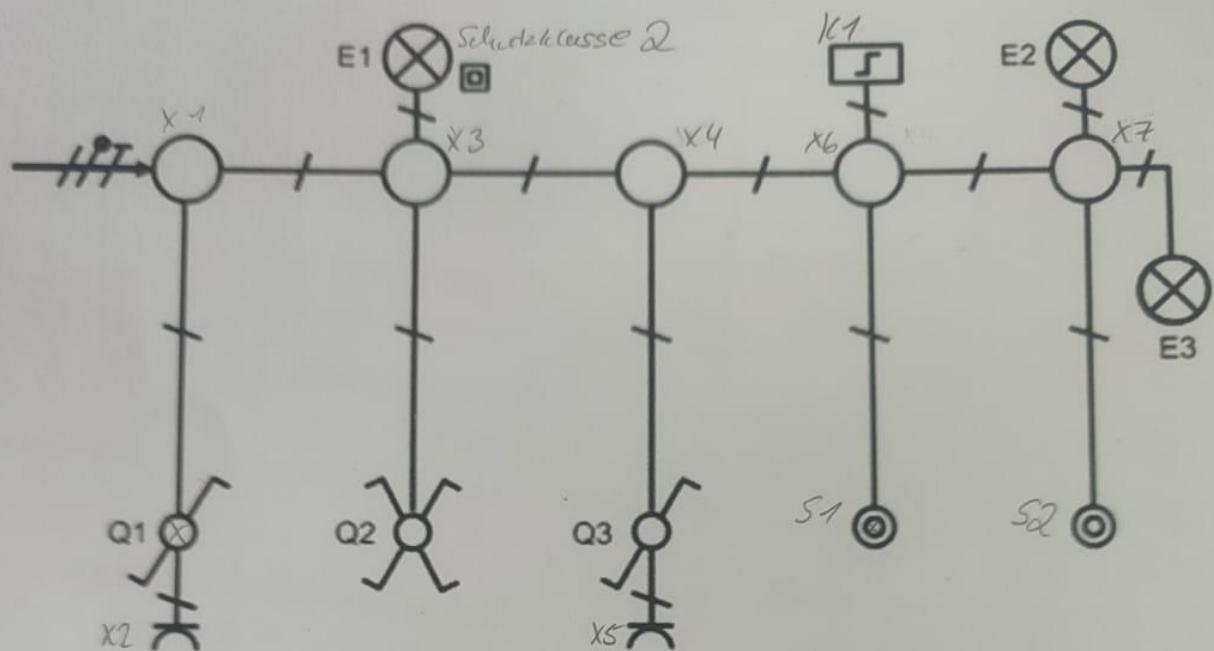
Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung



Gerätetechnik

Aufgabe 1: Beleuchtungsanlage

Zur Beleuchtung von Schlafzimmer und Flur ist eine Anlage gemäß der gegebenen Skizze einzurichten.

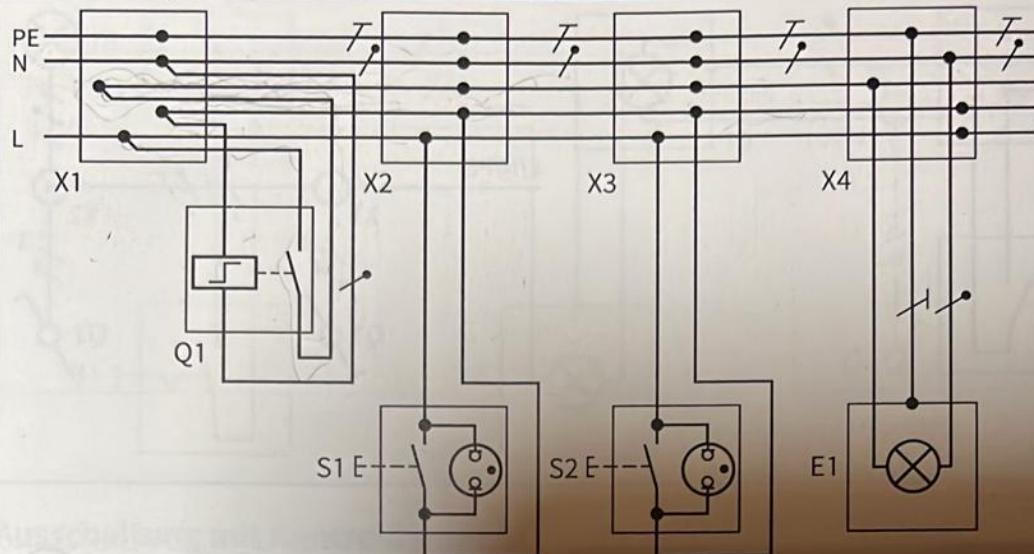


Die Schalter Q1, Q2 und Q3 sollen die Leuchte E1 schalten. Mit den beiden Tastern sollen die (immer zusammen leuchtenden) Leuchten E2 und E3 geschaltet werden.

- Bezeichne alle noch nicht bezeichneten Betriebsmittel in der Zeichnung. ✓
- Wie wird diese Art der Darstellung (die Zeichnung) genannt? = Übersichtsschaltplan
- Welche Leuchten befinden sich im Flur, welche im Schlafzimmer? Gib eine kurze Begründung.
- Schalter Q1 und der linke Taster sollen beleuchtet werden. Ergänze die Symbole entsprechend. ✓
- Welche Bedeutung hat das quadratische Symbol neben E1? Welche Folgerung ergibt sich für den Anschluss der Leuchte?
- Zeichne den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (Seite 2). Unbekannte Symbole sind im Tabellenbuch nachzuschlagen. Bezeichne alle Betriebsmittel. Das Glühlämpchen im Schalter Q1 (siehe Teilaufgabe d) leuchtet, wenn E1 ausgeschaltet ist. Das Lämpchen im linken Taster leuchtet praktisch immer (es erlischt nur kurz, während der Taster gedrückt ist).
- Trage die Anzahl der Leiter in die obige Zeichnung ein (neben die kleinen Querstriche).

Schaltungen mit elektromagnetischen Schaltern Circuits with Electromagnetic Switches

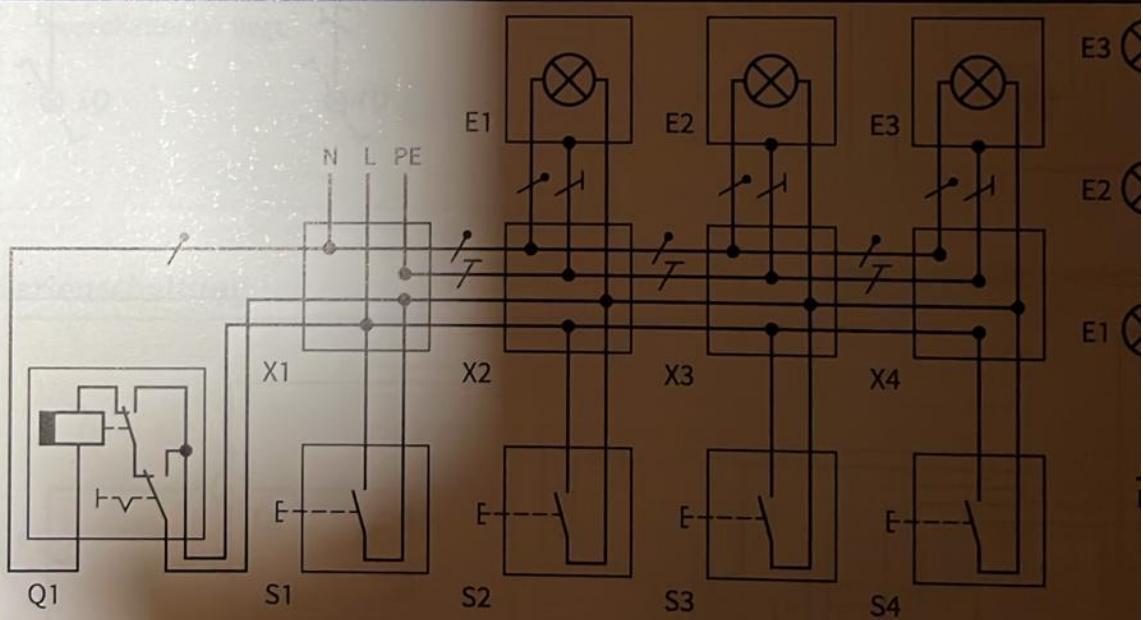
Stromstoßschaltung mit beleuchteten Tastern



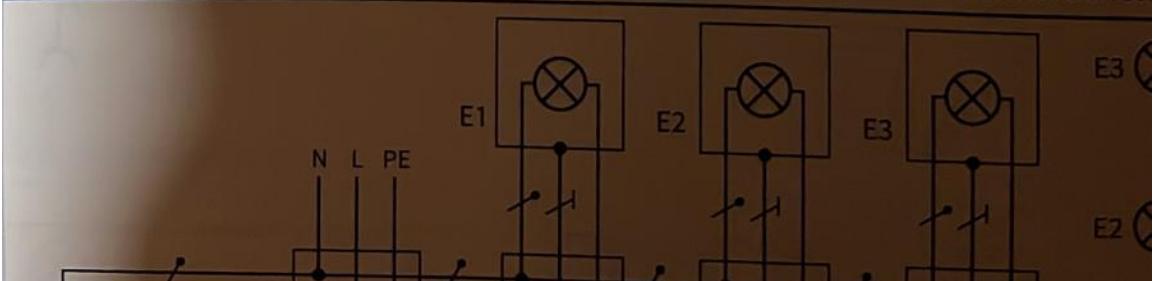
Glimmlampen

- Bei geräuscharmen Stromstoßschaltern parallel zu den Tastern (max. 30 Glimmlampen mit 1 mA) oder **Ansteuerung** von geeigneten Stromstoßschaltern auch mit Kleinspannung möglich.
- In Tastern an L- und N-Leuchtkraft und sicher

Treppenhausschaltung mit Zeitschalter (nicht nachschaltbar, d.h. Schalten schon)



Treppenhausschaltung mit Zeitschalter (nachschaltbar, d.h. Schalten schon)



Staatlich
mit Ber.

Fach: S

3.5.2.

Bei

Steuer

den S

getre

Leist

elek

mit

Au

agn

E2

E3

E1

Q1

Q2

Q3

S1

S2

S3

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

U

6 Schaltungstechnik

6.1 Schaltungsunterlagen

Schaltpläne zeigen die Funktion und das Zusammenwirken der Betriebsmittel in elektrischen Anlagen. Zur Darstellung von Betriebsmitteln, z.B. Leuchten, Schaltern oder Steckvorrichtungen, verwendet man **Schaltzeichen**.

Kennzeichnung: Elektrische Betriebsmittel bezeichnet man in Schaltplänen und in elektrischen Anlagen alphanumerisch, d.h. durch Kennbuchstaben und durch Zählnummern, z.B. Q1, X1 oder E1 (**Bild**).

Kennbuchstaben (Tabelle) geben Aufschluss über den Zweck des Betriebsmittels. Der Buchstabe M steht z.B. für das Antreiben durch Motoren.

Zählnummern sind dem Kennbuchstaben nachgestellt. Sie unterscheiden gleichartige Betriebsmittel innerhalb einer Anlage, z.B. Relais K1 oder K2.

Funktionszeichen können der Zählnummer folgen. Der Buchstabe T kennzeichnet z. B. die Zeitverzögerungsfunktion des Zeitrelais K1T.

In Schaltungsunterlagen müssen Betriebsmittel eindeutig und gleichlautend gekennzeichnet sein.

Schaltplanarten

Schaltpläne beschreiben das Zusammenwirken elektrischer Betriebsmittel in Anlagen.

Schaltpläne (Auswahl)

Einpolige Darstellungen:

- Übersichtsschaltpläne
- Installationsschaltpläne

Allpolige Darstellungen:

- Stromlaufpläne
- Klemmenpläne
- Verbindungsschaltpläne
- Funktionsschaltpläne

In einpoligen Darstellungen stellt man alle Leiter eines Leitungsabschnitts durch eine Volllinie dar (**Bild**). In allpoligen Darstellungen wird jeder Leiter einzeln gezeichnet (**Bild 3, Seite 101**).

Übersichtsschaltpläne zeigen eine Schaltung in vereinfachter, einpoliger Darstellung (**Bild**). Im Übersichtsschaltplan umfangreicher Anlagen, z.B. bei der Hauptverteilung einer Industrieanlage, steht die räumliche Lage der Betriebsmittel unberücksichtigt. In Übersichtsschaltplänen einfacher Installationsschaltungen ordnet man die Betriebsmittel möglichst lagerichtig an.

Der Übersichtsschaltplan einer Installationsschaltung (**Bild**) enthält Angaben über die Verlegungsart, das Leitungsmaterial, den Leiterquerschnitt, die Schaltungsart und über Verlegebedingungen, z.B. Installation in trockenen oder in feuchten Räumen.

Tabelle: Kennbuchstaben von Betriebsmitteln in Schaltplänen (nach DIN EN IEC 81346-2, Auszug)

Kennbuchstabe	Zweck bzw. Aufgabe des Betriebsmittels (Objekts)	Beispiele
B	Erfassung und Darstellung von Informationen	Messwandler, Sensor, Thermistor-Schutzzeile, Richtung (Motorschutz)
C	Speichern für späteres Abrufen	Kondensator, Festplatte, RAM, ROM
E	Aussendeobjekte	Leuchte, Heizung, Laser, Glühlampe
F	Schutz vor Auswirkungen gefährlicher oder unerwünschter Bedingungen	Sicherung, LS-Schalter, RCD, thermischer Überlastauslöser
G	Bereitstellen eines steuerbaren Durchflusses	Signalgenerator, Generator, Solarzelle, Batterie
H	Behandlung von Stoffen	Elektrostatischer Filter, 3D-Drucker
K	Verarbeitung von Eingangssignalen und Bereitstellung eines geeigneten Ausgangs	Relais, Hilfsschütz, Zeitrelais, Binärelement, Transistor
M	Ausübung mechanischer Bewegung oder Kraft	Betätigungsplatte, Elektromotor
P	Bereitstellung wechselbarer Informationen	Meldeleuchte, Messgerät, LED, Lautsprecher
Q	Steuerung von Zugang oder Durchfluss	Leistungsschalter, Motorschutzschalter, Lastschütz, Triac, Leistungstransistor, Thyristor, IGBT
R	Begrenzen oder Stabilisieren	Diode, Widerstand, Drosselpule, Begrenzer, Diac
S	Erkennen einer menschlichen Handlung und Bereitstellung einer entsprechenden Reaktion	Steuerschalter, Wahlschalter, Taster, Bedienfeld
T	Transformieren, Umwandeln	Verstärker, Messumformer, Gleichrichter, AC-DC-Umsetzer, Transistor
U	Verortung anderer Objekte	Isolator, Kabeltragvorrichtung
W	Leiten von einem Ort zu einem anderen	Sammelschiene, Steuer-/Datenkabel
X	Bereitstellung einer Schnittstelle zu einem anderen Objekt	Klemme, Steckdose, Anschlusskasten

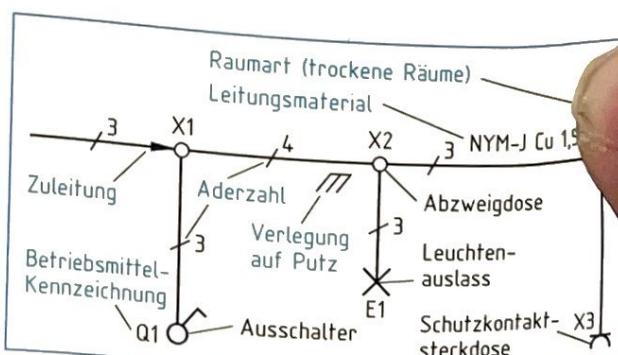


Bild: Übersichtsschaltplan einer Ausschaltung mit Schutzkontaktsteckdose

Installationsschaltpläne (Bild 1) sind wie Übersichtsschaltpläne einpolige Darstellungen. Sie werden lagerichtig und meist maßstabsgetreu in die Grundrisszeichnungen der Gebäude eingetragen. Aus ihnen kann die Elektrofachkraft alle zur Leitungsverlegung erforderlichen Angaben entnehmen, z.B. Leitungsmaterial, Leiterquerschnitt, die erforderliche Aderzahl oder die Verlegebedingung.

Übersichts- und Installationsschaltpläne sind Arbeitsunterlagen zum Verlegen von Leitungen. Sie geben aber keine Auskunft über die Funktion von Schaltungen.

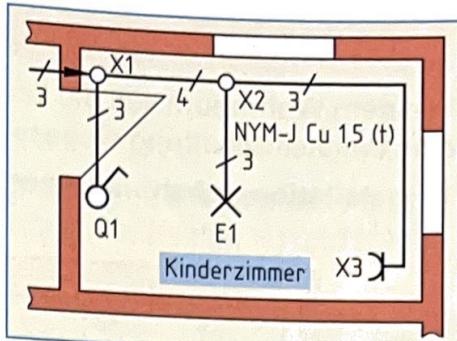


Bild 1: Installationsschaltplan

Stromlaufpläne in aufgelöster Darstellung (Bild 2) sind allpolige, nach Stromwegen aufgelöste Darstellungen einer Schaltung. Die Stromwege (Strompfade) werden waagerecht oder senkrecht und möglichst kreuzungsfrei gezeichnet. Die räumliche Anordnung der Betriebsmittel bleibt dabei unberücksichtigt. Auf die Darstellung von Steckdosen oder die Umrahmung von Betriebsmittelgehäusen verzichtet man oft, damit der Stromlaufplan übersichtlich bleibt.

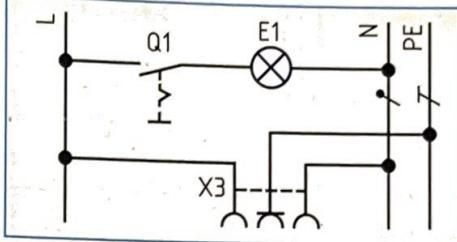


Bild 2: Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung

Stromlaufpläne in zusammenhängender Darstellung (Bild 3) zeigen die Verbindungen in Schaltungen mit allen Einzelteilen. Teile ein und desselben Betriebsmittels werden zusammenhängend gezeichnet. In Installationsschaltungen kann man zusätzlich die räumliche Anordnung der Betriebsmittel berücksichtigen.

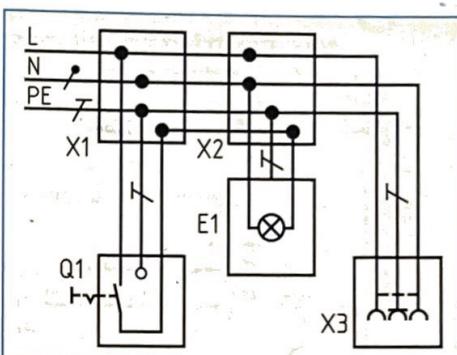


Bild 3: Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

Verbindungsschaltpläne (Bild 4) zeigen die elektrischen Verbindungen und die hierzu erforderlichen Klemmen von Betriebsmitteln. Verbindungsschaltpläne sind auch eine Hilfe beim Anschluss zusammengehörender Betriebsmittel, z. B. zwischen einem Elektrowärmespeicher und dem zugehörigen Raumthermostat. Die Verbindungen innerhalb der Betriebsmittel werden möglichst lagerichtig dargestellt.

- i** Kennzeichnung N-Leiter
- ✗ Kennzeichnung PEN-Leiter
- ✗ Kennzeichnung PE-Leiter (Schutzeleiter)

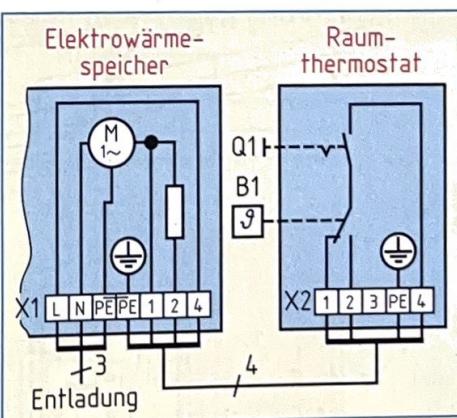


Bild 4: Verbindungsschaltplan

Geräteverdrahtungspläne (Bild 4) stellen nur die Verbindungen und Klemmen innerhalb eines Betriebsmittels oder eines Gerätes dar, z. B. innerhalb des Raumthermostats.

Klemmenpläne (Verbindungspläne) erstellt man für umfangreiche Steuerungen. Im Verbindungsplan gibt man nur die ankommenden und abgehenden Leitungen einer Klemmleiste mit der erforderlichen Zielbezeichnung an, z. B. von X1 : 4 nach Q1 : 21 (Bild 2, Seite 120).

Funktionspläne (Bild 5) verwendet man zur Darstellung von digitalen Steuerungen (Seite 234) oder zur Programmerstellung bei speicherprogrammierbaren Steuerungen (Seite 569).

Zeitablaufdiagramme stellen die Funktion einer Steuerung in Abhängigkeit von der Zeit dar. Sie sind Grundlage für Instandsetzungsarbeiten bei vielen zeit- und prozessgeführten Anlagen oder Geräten, z. B. bei Waschmaschinen oder Wäschetrocknern. Mit Zeitablaufdiagrammen (Bilder 3 und 4, Seite 112) kann man auch die Funktion von digitalen Verknüpfungssteuerungen oder die Funktion von Speichern verdeutlichen.

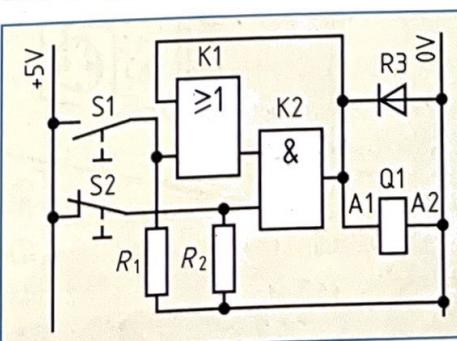


Bild 5: Funktionsplan

Praxistipp: Installation einer Wechselschaltung mit Steckdose

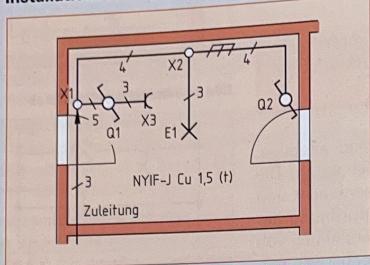


102

Situationsbeschreibung:

In einem Wohnraum soll die Leuchte E1 von zwei Stellen aus ein- oder ausgeschaltet werden. Dafür soll eine Wechselschaltung eingesetzt werden.

1. Installationsschaltplan einer Wechselschaltung mit Steckdose



Dem Installationsplan ist zu entnehmen

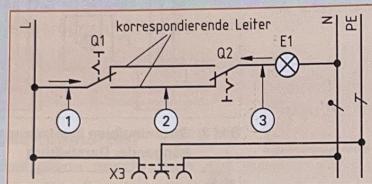
- Leitungsmaterial (hier: NYIF-J, Seite 314)
- Leiterquerschnitt (hier: 1,5 mm²)
- Zahl der benötigten Adern des Leitungsabschnittes (hier: z.B. 4 Adern zwischen X1 und X2)
- Schaltungsart (hier: Wechselschaltung)
- Leitungsverlegung (hier: Leitungsverlegung im Putz)
- Verlegeart (hier: Verlegeart C, Seite 680)

Leitungsverlegung

- / / / unter Putz
- / / / im Putz
- / / / auf Putz

i Nach DIN VDE 0100-410 ist bei Anlagen mit der Schutzmaßnahme Schutz durch Abschaltung der Stromversorgung in jedem Leitungsabschnitt ein Schutzeleiter PE erforderlich.

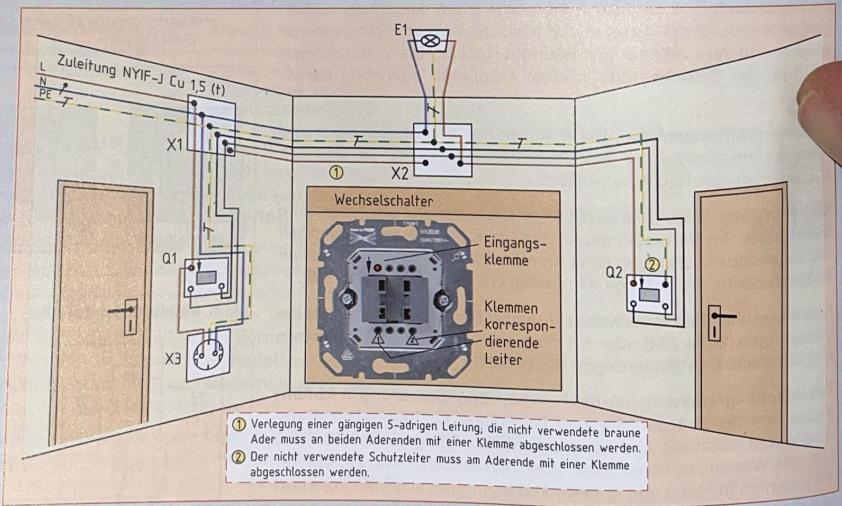
2. Stromlaufplan der Wechselschaltung mit Steckdose in aufgelöster Darstellung¹



Anschluss der Wechselschaltung:

- Außenleiter L an die Eingangsklemme von Q1
- Die korrespondierenden Leiter verbinden die noch freien Ausgangsklemmen von Q1 mit Q2
- Schaltdraht an die Eingangsklemme von Q2

3. Installation



¹ Stromlaufplan der Wechselschaltung in zusammenhängender Darstellung siehe Tabelle, Seite 104.

Wechselschaltung

Lampenschaltungen

6.2 Installationsschaltungen

6.2.1 Lampenschaltungen

Zum Schalten von Leuchten oder Leuchtmitteln unterscheidet man Schaltungen, mit denen ein Schalten von zwei oder mehreren

Tabelle 1: Merkmale von Lampenschaltungen

Schaltungen mit einer Schaltstelle:

- Ausschaltung
- Serienschaltung
- Gruppenschaltung (Seite 104)

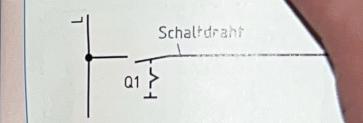
Tabelle 2: Lampenschaltungen

Die Ausschaltung kann zum Schaltplan¹



Ausschaltung

Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung



Ausschaltung setzt man ein, wenn abhängig voneinander schaltbar sein sollen. Er hat drei Anschlussklemmen

Übersichtsschaltplan 1



¹ Aderzahl bei Verlegung von Leitungen mit grüngelben

Der Schaltdraht ist immer am Fußkontakt eingeschalteten Zustand der Leuchte und damit am Gewinde der Lampe anliegen.

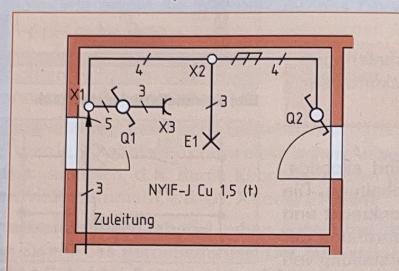
Praxistipp: Installation einer Wechselschaltung mit Steckdose

102

Situationsbeschreibung:

In einem Wohnraum soll die Leuchte E1 von zwei Stellen aus ein- oder ausgeschaltet werden. Dafür soll eine Wechselschaltung eingesetzt werden.

1. Installationsschaltplan einer Wechselschaltung mit Steckdose



Dem Installationsplan ist zu entnehmen

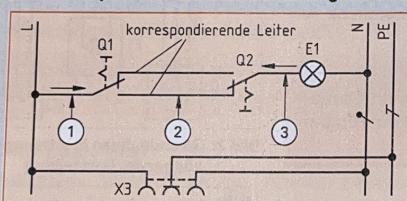
1. Leitungsmaterial (hier: NYIF-J, Seite 314)
2. Leiterquerschnitt (hier: 1,5 mm²)
3. Zahl der benötigten Adern des Leitungsabschnittes (hier: z. B. 4 Adern zwischen X1 und X2)
4. Schaltungsart (hier: Wechselschaltung)
5. Leitungsverlegung (hier: Leitungsverlegung im Putz)
6. Verlegeart (hier: Verlegeart C, Seite 680)

Leitungsverlegung

- unter Putz
- im Putz
- auf Putz

1 Nach DIN VDE 0100-410 ist bei Anlagen mit der Schutzmaßnahme Schutz durch Abschaltung der Stromversorgung in jedem Leitungsabschnitt ein Schutzleiter PE erforderlich.

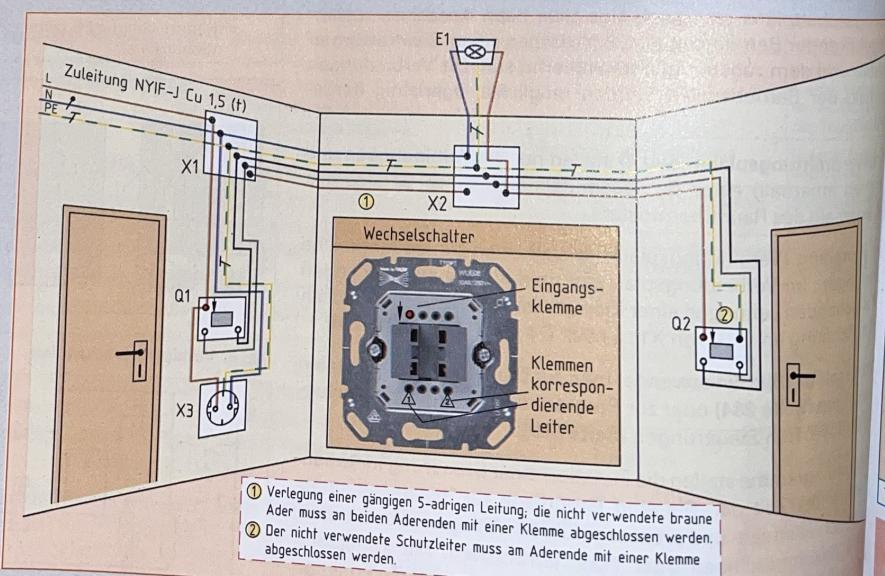
2. Stromlaufplan der Wechselschaltung mit Steckdose in aufgelöster Darstellung¹



Anschluss der Wechselschaltung:

- ① Außenleiter L an die Eingangsklemme von Q1
- ② Die korrespondierenden Leiter verbinden die noch freien Ausgangsklemmen von Q1 mit Q2
- ③ Schaltdraht an die Eingangsklemme von Q2

3. Installation



- ① Verlegung einer gängigen 5-adrigen Leitung; die nicht verwendete braune Ader muss an beiden Aderenden mit einer Klemme abgeschlossen werden.
② Der nicht verwendete Schutzleiter muss am Aderende mit einer Klemme abgeschlossen werden.

¹ Stromlaufplan der Wechselschaltung in zusammenhängender Darstellung siehe Tabelle, Seite 104.

6.2 Installations Lampenschaltung

6.2.1 Lampenschaltung

Zum Schalten von Leuchten o. a. unterscheidet Schaltung
die ein Schalten von zwei oder mehreren Leuchten erlaubt.

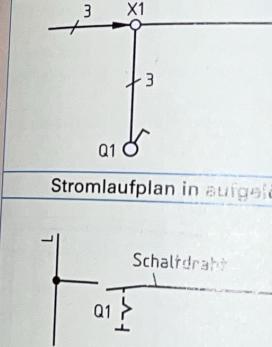
Tabelle 1: Merkmale von Lampenschaltungen

- Schaltungen mit einer Schaltstelle
- Ausschaltung
- Serienschaltung
- Gruppenschaltung (Seite 104)

Tabelle 2: Lampenschaltung

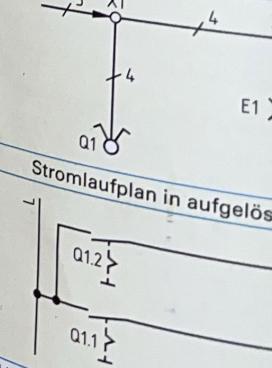
Die Ausschaltung verwendet nur einen Schalter.

Übersichtsschaltungen



Die Serienschaltung setzt man ein, wenn man zwei Leuchten abhängig voneinander schalten möchte. Er hat drei Anschlussklemmen.

Übersichtsschaltungen



¹ Aderzahl bei Verlegung von Leitungen mit grünen Schutzleitern.

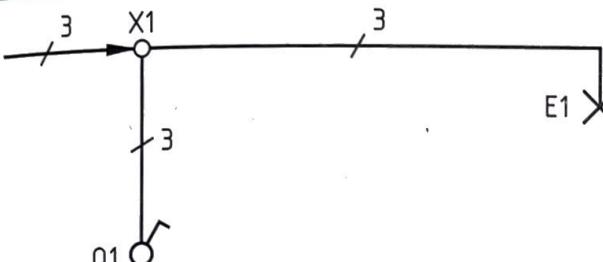
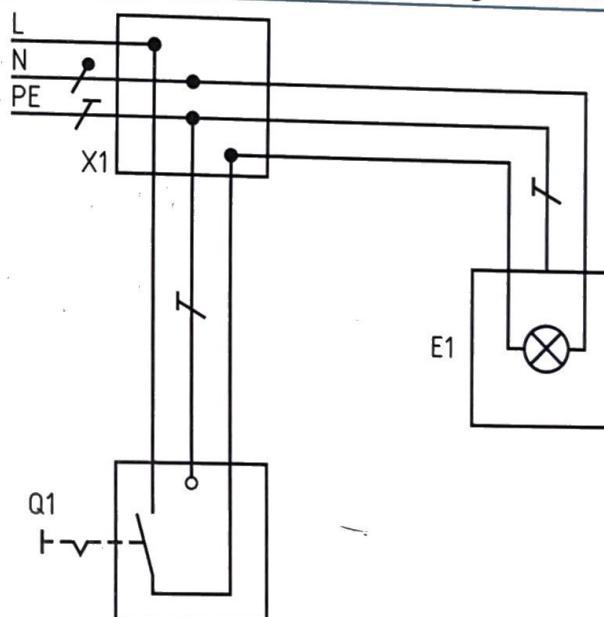
Der Schaltdraht ist immer am Fuß der Leuchte eingeschalteten Zustand der Leuchte und damit am Gewinde der Lampenfassung.

- Schalter:
 • Ausschaltung
 • Serienschaltung
 • Gruppenschaltung (**Seite 104**)

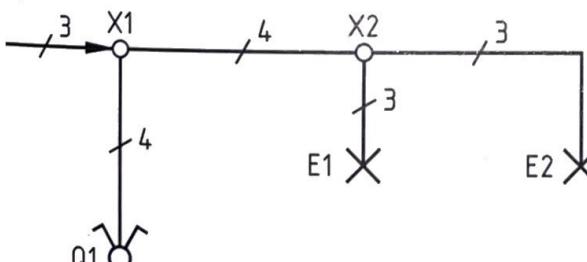
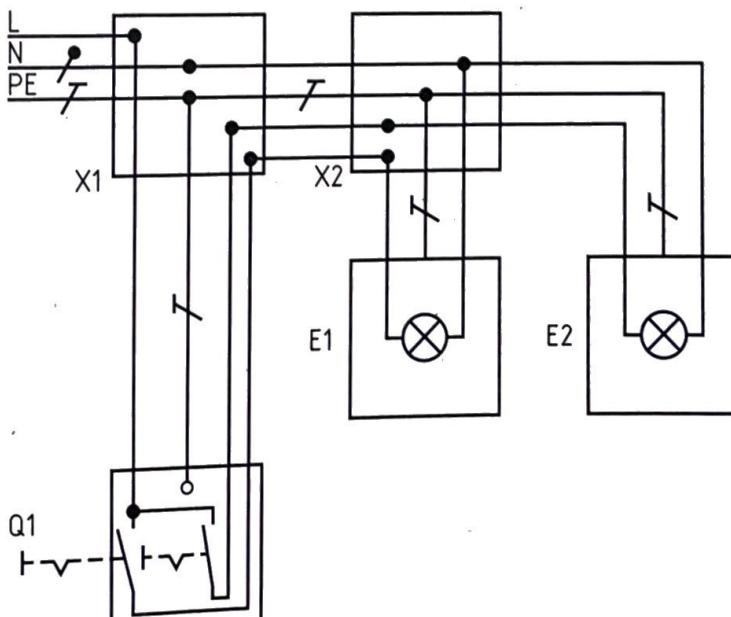
- stellen:
 • Wechselschaltung (**Seite 104**)
 • Sparwechselschaltung (**Seite 104**)

- stellen:
 • Kreuzschaltung (**Seite 105**)
 • Stromstoßschaltung (**Seite 106**)
 • Treppenlicht-Zeitschaltung (**Seite 107**)

Tabelle 2: Lampenschaltungen (1)

Ausschaltung	Übersichtsschaltplan¹	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung
		

Die Serienschaltung setzt man ein, wenn von einer Schaltstelle aus zwei Leuchten oder Leuchtengruppen, unabhängig voneinander schaltbar sein sollen. Der Serienschalter enthält zwei Ausschalter in einem Schaltergehäuse. Er hat drei Anschlussklemmen und zwei Schaltwippen.

Serienschaltung	Übersichtsschaltplan¹	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung
		

¹ Aderzahl bei Verlegung von Leitungen mit grüngelber Schutzleiterader, z.B. NYM-J, in allen Leitungsabschnitten

Tabelle: Lampenschaltungen (2)

Mit der **Gruppenschaltung** wird von einer Schaltstelle aus von z.B. zwei Leuchten immer nur die eine oder die andere Leuchte eingeschaltet. Weitere Anwendung: Steuern von Jalousien oder Torantrieben.

Gruppenschaltung	Übersichtsschaltplan ¹	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung
	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung	

Die **Wechselschaltung** (Seite 102) setzt man zum wahlweisen Ein- oder Ausschalten z.B. einer Leuchte oder Leuchtengruppe von zwei Schaltstellen aus ein. Wechselschalter haben z.B. eine rot gekennzeichnete Eingangsklemme und zwei Ausgangsklemmen. An der Eingangsklemme des Schalters Q1 liegt der Außenleiter, an der Eingangsklemme des Schalters Q2 der Schaltdraht zur Lampe E1. Die korrespondierenden Leiter verbinden die Ausgangsklemmen der beiden Wechselschalter miteinander.

Wechselschaltung	Übersichtsschaltplan ¹	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung
	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung	

Die **Sparwechselschaltung** verwendet man wie die Wechselschaltung zum Schalten einer Leuchte oder Leuchtengruppe von zwei Stellen aus. Die Schaltung enthält jedoch nur einen korrespondierenden Leiter, der die beiden Eingangsklemmen der Wechselschalter verbindet. An den Ausgangsklemmen der Wechselschalter werden jeweils der Außenleiter L und der Schaltdraht angeschlossen. **Vorteil:** Weil der Außenleiter L an beiden Schaltstellen liegt, können dort Steckdosen adersparend installiert werden.

Nachteil: Eine Sparwechselschaltung lässt sich nicht zur Kreuzschaltung (Tabelle 1, Seite 105) erweitern.

Sparwechselschaltung	Übersichtsschaltplan ¹	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung
	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung	

¹ Aderzahl bei Verlegung von Leitungen mit grüngelber Schutzleiterader, z.B. NYM-J, in allen Leitungsabschnitten

Tabelle 1: Lampenschaltungen (3)

Kreuzschaltung	<p>Die Kreuzschaltung erlaubt das Schalten einer Leuchte von drei oder mehr Schaltstellen aus. Eine Kreuzschaltung besteht immer aus zwei Wechselschaltern und einer beliebigen Anzahl von Kreuzschaltern. Über die vier Klemmen des Kreuzschalters werden die korrespondierenden Leiter der Wechselschaltung geführt. Bei mehr als drei Schaltstellen setzt man aus wirtschaftlichen Gründen meist die Stromstoßschaltung (Seite 106) ein.</p>	
	Übersichtsschaltplan ¹	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

6.2.2 Schaltungen mit Meldeleuchten

In Installationsschaltern dienen Glimmlampen oder Leuchtdiodenmodule der Schalterbeleuchtung oder der Betriebszustandsanzeige.

Schalterbeleuchtungen leuchten im ausgeschalteten Zustand des Schalters. Betriebszustandsanzeigen leuchten bei eingeschaltetem Verbraucher.

Schalterbeleuchtung. Selbstleuchtende Schalter bieten eine Orientierungshilfe, z.B. in Bereitschafts- und Sanitärräumen sowie entlang von Fluchtwegen. In bestimmten Räumen und Bereichen sind gemäß DIN 18015-2 Schalter mit integrierter Meldeleuchte vorgeschrieben (**Infobox**). Im ausgeschalteten Zustand können Schalter z.B. durch parallel zum Schaltkontakt liegende Glimmlampen (**Tabelle 2**) oder LED-Module beleuchtet werden. Die als Meldeleuchte dienende Glimmlampe P1 hat eine Stromaufnahme von etwas 0,5 bis 1 mA. Die Glimmlampe P1 und die Leuchte E1 bilden eine Reihenschaltung (Beispiel in **Tabelle 2**), sodass im ausgeschalteten Zustand nahezu die gesamte Betriebsspannung an der Glimmlampe liegt, sie leuchtet. Im eingeschalteten Zustand des Schalters wird die Glimmlampe vom Schaltkontakt überbrückt und erlischt.

Betriebszustandsanzeige. Bei der Betriebszustandsanzeige schaltet man z.B. die Glimmlampe P1 an den Schaltdraht und den Neutralleiter (**Tabelle 3**). Zum Anschluss der Betriebszustandsanzeige ist deshalb an jedem Schalter zusätzlich ein Neutralleiter erforderlich.

Tabelle 2: Schalterbeleuchtung

Schaltung	Stromlaufplan	Schaltung	Stromlaufplan
Aus-Schaltung		Wechsel-Schaltung	
Serien-Schaltung		Spar-wechsel-Schaltung	
Gruppen-Schaltung		Kreuz-Schaltung	
Beispiel: Ausschaltung			

i Beleuchtete Schalter sind nach DIN 18015-2 einzubauen in: Treppen- und Treppenvorräumen, Fluren, Laubengängen, Aufzugsvorräumen, Kellern und Dachbodengängen.

Tabelle 3: Betriebszustandsanzeige

Schaltung	Stromlaufplan	Schaltung	Stromlaufplan
Aus-Schaltung		Gruppen-Schaltung	
Serien-Schaltung		Wechsel-Schaltung	



6.2.3 Stromstoßschaltung

Stromstoßschalter (Bild 1) sind elektromagnetisch betätigte Fernschalter. Sie ändern bei jeder Betätigung des Steuertasters ihren Schaltzustand, z.B. von AUS nach EIN.

Stromstoßschaltungen bestehen aus dem Steuer- und dem Hauptstromkreis.

Elektromechanische Stromstoßschalter. Der Steuerstromkreis (rot in Bild 2a) und der Hauptstromkreis (schwarz in Bild 2a) sind getrennt. Bei einer Spulenspannung von AC 230 V betreibt man beide Stromkreise an Netzspannung.

Bei Stromstoßschaltern mit Spulen für Kleinspannung, z.B. AC 8 V, wird der Steuerstromkreis meist vom Klingeltransformator der Hauseinführung (Seite 107) versorgt. Schaltungen mit Kleinspannungssteuerung (Bild 2b) setzt man aus Sicherheitsgründen bevorzugt für die Außenbeleuchtung ein.

Elektronische Stromstoßschalter gibt es meist für eine Universalsteuerspannung von 8 bis 230 V AC und 10 bis 230 V DC. Sie können zusätzlich zum Steuereingang für den Impulsbetrieb mit Eingängen für definiertes Ein- bzw. Ausschalten ausgerüstet sein. An den Impulseingang legt man die Signale der örtlichen Steuertaster. Die Steuereingänge „Zentral EIN“ und „Zentral AUS“ aller Stromstoßschalter innerhalb einer Anlage werden von einer zentralen Stelle über getrennte Steuerleitungen mit den Schaltsignalen versorgt, z.B. durch den Portier oder Hausmeister.

Die Stromstoßschaltung kann die Funktion einer Aus-, Wechsel- oder Kreuzschaltung ersetzen.

6.2.4 Infrarot-Bewegungsmelder

Infrarot-Bewegungsmelder überwachen nach dem Prinzip der Passiv-Infrarot-Technik in einem durch Linsen- und Blendenvorsätze einstellbaren Erfassungsbereich (Bild 3a) sich bewegende Wärmequellen, z.B. Menschen oder Tiere. Erkennt der Bewegungsmelder eine sich bewegende Wärmequelle, wird die Beleuchtung für eine einstellbare Zeit, z.B. 4 Minuten, eingeschaltet. Die eingestellte Zeit startet solange immer wieder neu, bis im Erfassungsbereich keine bewegte Wärmequelle mehr erkannt wird. Ein eingebauter, einstellbarer Lichtsensor (Fotowiderstand) verhindert das Einschalten der Beleuchtung bei Tag. Zusätzliche Steuertaster (Bild 3b) können durch eine kurzzeitige Spannungsunterbrechung den Bewegungsmelder ebenfalls aktivieren. **Infrarot-Präsenzmelder** erfassen die Anwesenheit von Personen in einem Raum. Sie können in Installationsbus-Systemen eingebunden werden, z.B. zur Raumtemperaturregelung mit KNX-Geräten (Bild 2, Seite 451).

Neben den Infrarot-Bewegungsmeldern gibt es noch Ultraschall- und Hochfrequenz-Bewegungsmelder.

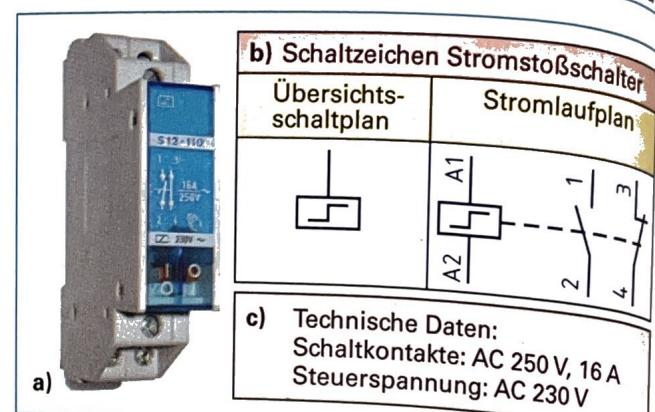


Bild 1: Stromstoßschalter a) Bauform, b) Schaltzeichen und c) technische Daten (Beispiel)

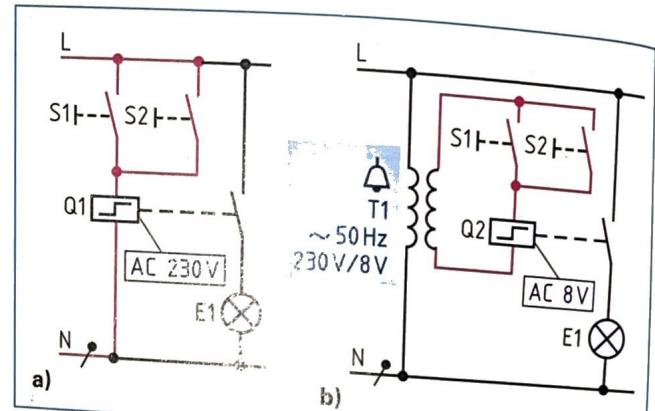


Bild 2: Stromstoßschaltung, Steuerung
a) mit Netzspannung, b) mit Kleinspannung

i Infrarot-Bewegungsmelder setzen man auch in Gefahrenmeldeanlagen (Seite 460) zur Außen- und Raumüberwachung und zur Raumüberwachung innerhalb von Gebäuden ein.

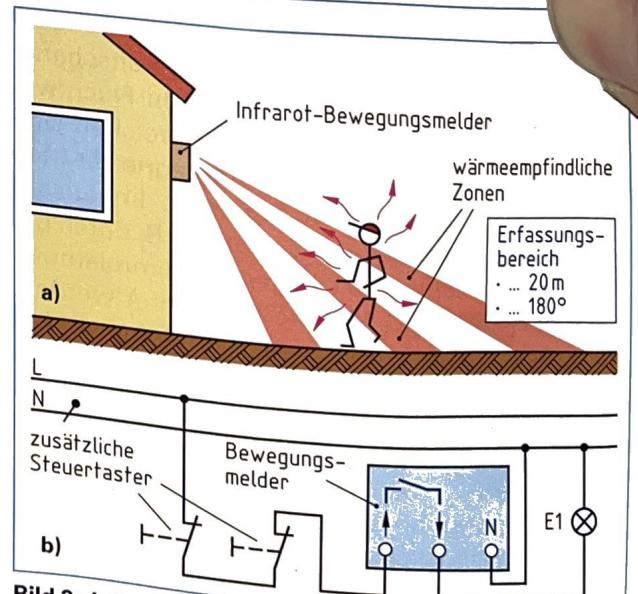


Bild 3: Infrarot-Bewegungsmelder a) Erfassungsbereich, b) Schaltung mit zusätzlichen Steuertastern

Installationsbus-Systemen eingebunden werden, z.B. zur Raumtemperaturregelung mit KNX-Geräten (Bild 2, Seite 451).



6.2.5 Treppenlicht-Zeitschaltung

Die Treppenhausebeleuchtung in Gebäuden mit mehreren Stockwerken steuert man meist mit einem Treppenlicht-Zeitschalter (**Übersicht**). Sein Schaltkontakt schließt nach dem Betätigen eines Steuertasters den Lampenstromkreis und öffnet ihn selbsttätig nach Ablauf der eingestellten Verzögerungszeit, z.B. nach vier Minuten (**Bild 1 und Bild 2**).

Nach ihrem Aufbau unterscheidet man:

- elektromechanische Treppenlicht-Zeitschalter,
- elektronische Treppenlicht-Zeitschalter.

In DIN 18015 sind für Treppenhäuser in Mehrfamilienhäusern Zeitschalter mit einer Warnfunktion vorgeschrieben. Solche Zeitschalter schalten die Beleuchtung vor dem Abschalten für eine kurze Zeit, z.B. für 40 s, in einen Blinkmodus und vermeiden damit überraschende Dunkelheit im Raum.

Treppenlicht-Zeitschalter schalten die Treppenhausebeleuchtung nach Ablauf der eingestellten Zeit selbsttätig ab.

Treppenlicht-Zeitschalter mit Umschaltkontakt (Wechsler) kann man in **Dreileiterschaltung** betreiben (**Bild 2**). Diese Schaltung lässt im Gegensatz zur **Vierleiterschaltung** (**Bild 1**) kein Nachschalten zu. Treppenlicht-Zeitschalter in Dreileiterschaltung können daher erst nach Ablauf der Verzögerungszeit erneut eingeschaltet werden. Der im Treppenlicht-Zeitschalter eingebaute Schalter Q2 ermöglicht wahlweise die Betriebsarten Tast- oder Dauerbetrieb.

Das Schalten des Neutralleiters in Steuerstromkreisen von Treppenlicht-Zeitschaltern in Dreileiterschaltung ist nur noch in bestehenden Altanlagen erlaubt (Bestandschutz).

6.2.6 Hausefanlagen

Hausefanlagen versorgt man durch Klingeltransformatoren und nur mit Kleinspannung.

Klingeltransformatoren müssen kurzschlussfest und schutzisoliert sein. Ihre Bemessungsausgangsspannung darf höchstens 24 V betragen.

Die einfachste elektrische Hausefanlage besteht aus der Reihenschaltung von Spannungsquelle, Taster und Wecker. Bei mehreren Betätigungsstellen, z.B. an Gartentor, Haus- und Wohnungstür, schaltet man die erforderlichen Taster parallel (**Bild 3**).

In Hausefanlagen mit **Türöffner** kann man bei der Installation eine Ader einsparen, wenn man die Taster S1 und S2 für die Läutwerke an einem Pol und den Taster S3 für den Türöffner am anderen Pol des Klingeltransformators anschließt (**Bild 4**).

Übersicht: Daten eines Treppenlicht-Zeitschalters



- Aufbau: elektronisch
- Betriebsspannung: AC 230 V
- Schaltleistung: 2300 W (Glüh-/Halogenlampen)
- Drei- oder Vierleiterschaltung möglich
- Schaltdauer: 0,5 ... 10 Minuten
- Ausschaltvorwarnung durch zweimaliges Doppelblitzen in den letzten 40 Sekunden

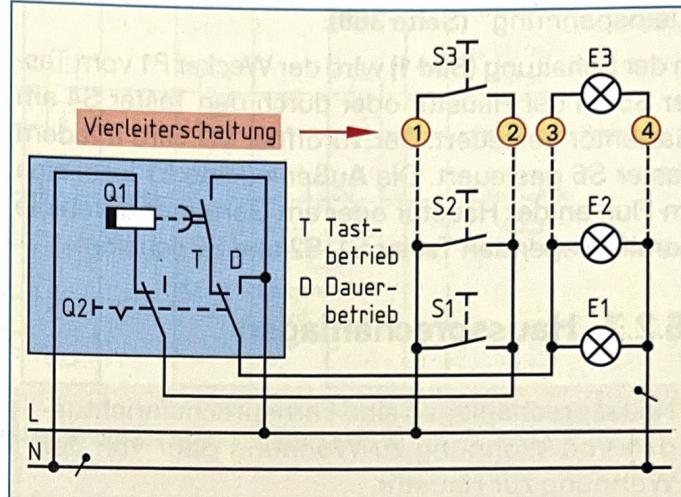


Bild 1: Treppenlicht-Zeitschalter in Vierleiterschaltung

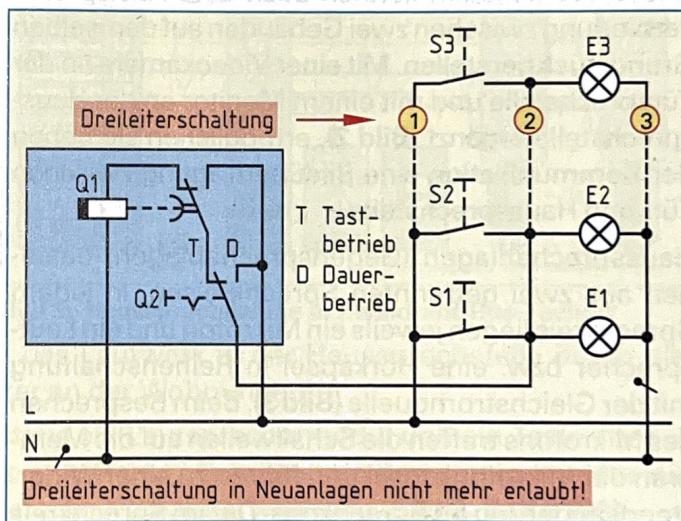


Bild 2: Treppenlicht-Zeitschalter in Dreileiterschaltung

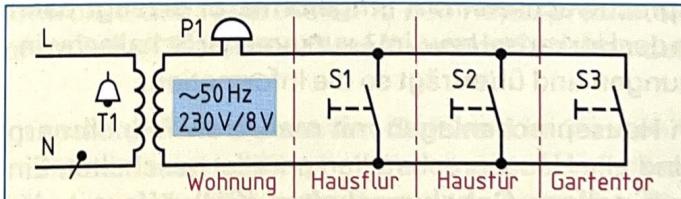


Bild 3: Hausefanlage mit drei Betätigungsstellen

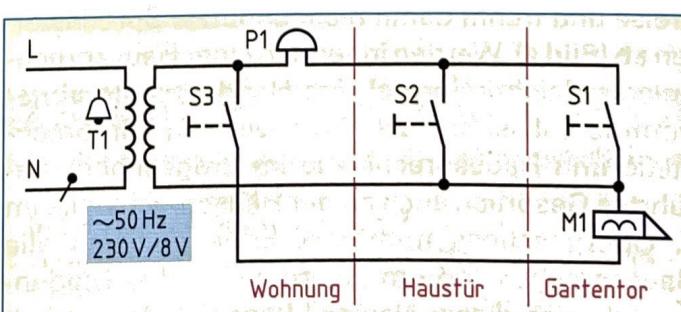
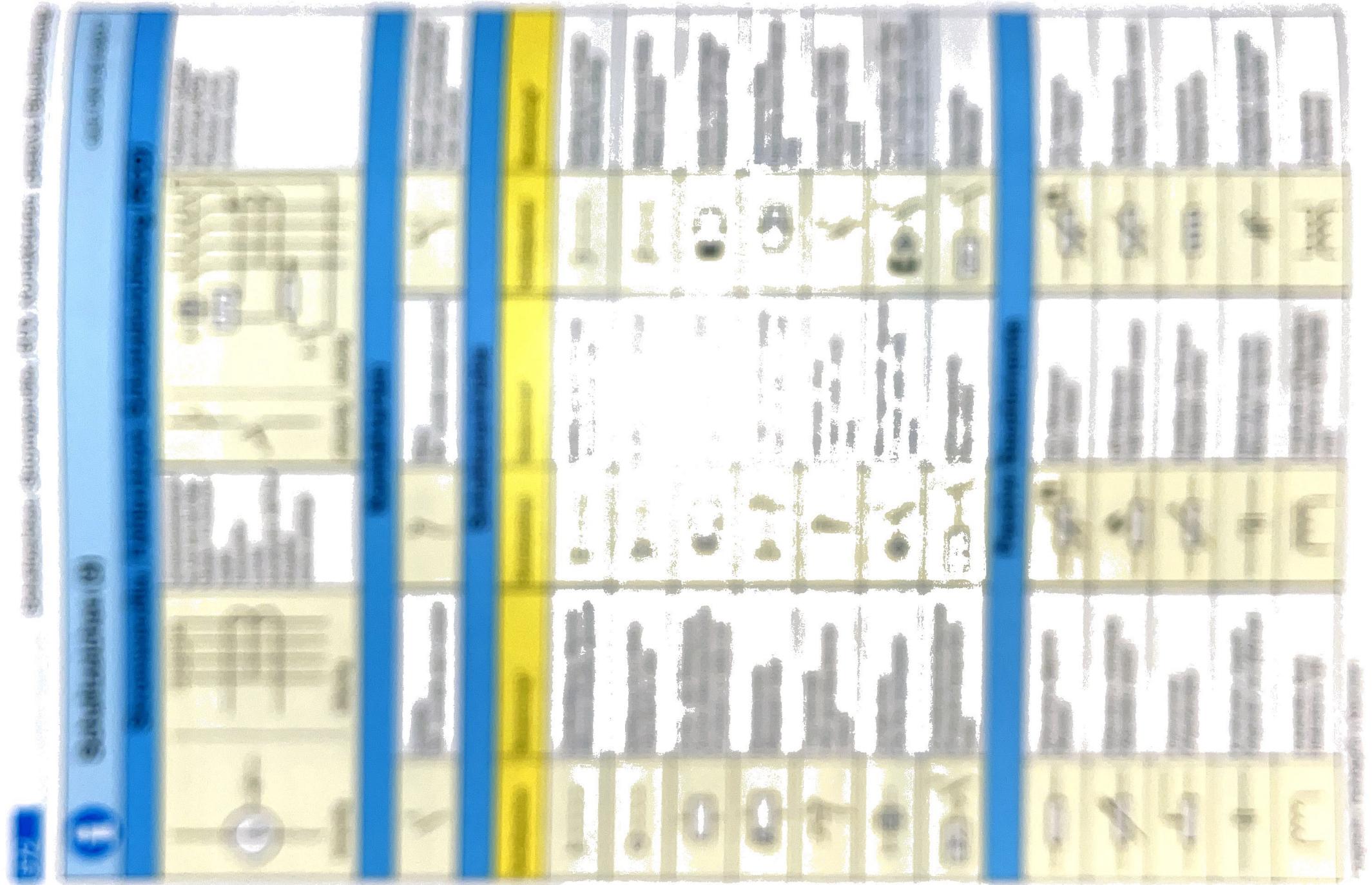


Bild 4: Rufanlage mit Türöffner

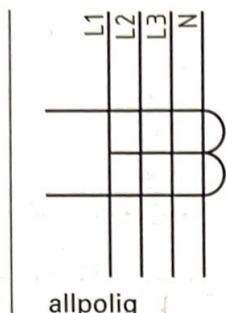
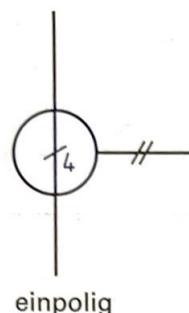




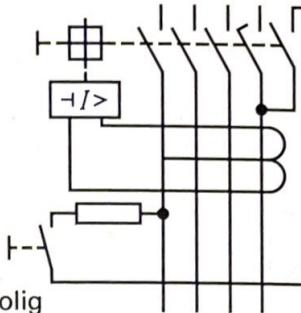
Schaltzeichen (3)

nach DIN EN 60617

Stromwandler, Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)



Summenstromwandler mit vier durchgefädelten Primärwicklungen
(Summation current transformer with four threaded primary windings)



Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)
(Residual current protective device)

Kontaktarten



Schließer
(NO, normally open contact)



Öffner
(NC, normally closed contact)



Wechsler (Umschaltkontakt)
(Change-over break before make contact)

Schalterantriebe

Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*
---	Handbetätigung, allgemein (Manual actuation, general))	E----	Betätigung durch Drücken (Operated by pushing)	---	Betätigung durch Ziehen (Operated by pulling)
O---	Betätigung durch Rollen (Operated by roller)	O----	Betätigung durch Schlüssel (Operated by key)	O----	Betätigung durch Drehen (Rotary actuator)
	Schütz- oder Relaisspule, Antrieb elektromechanisch (Contactor or relais coil)		Antrieb, rückfallverzögert (Delayed pull-off relay)		Thermisches Relais (Operating device of thermal relay)
	Remanenzrelais (Remanent relay)		Kontakt eines Überlastrelais (Contact of a thermal relay)		Endschalter, Schließer (Position switch, make contact)
	Thermokontakt (Self-operating thermal switch)		Endschalter, Öffner (Position switch, break contact)		Endschalter, Schließer (Position switch, make contact)
	Schalschloss (Tip-free mechanism)		Näherungsschalter allgemein (Proximity switch, make contact)		Durch Annähern von Magneten (Proximity switch, operated on the approach of magnet)
	Schutztemperaturbegrenzer (Protective temperature limiter)		Strömungswächter (Flow monitor)		Druckwächter (Manostat)

Passive Bauelemente

	Widerstand, allgemein (Resistor)		NTC-Widerstand (NTC-resistor)		PTC-Widerstand (PTC-resistor)
	Widerstand, veränderbar (Adjustable resistor)		LDR-Widerstand (Light dependent resistor)		VDR-Widerstand (Voltage dependent resistor)
	Potensiometer (Potentiometer)		Einstellbarer Widerstand (Adjustable resistor)		Heizwiderstand (Heating element)
	Kondensator, unipolt (Capacitor, non-polarized)		Elektrolyt-Kondensator (Electrolytic capacitor)		Einstellbarer Kondensator (Adjustable capacitor)
	Induktivität, Spule (Inductance, coil)		Induktivität mit Magnetkern (Inductance with magnetic core)		Transformator (Transformer)

* englischer Fachbegriff in Klammern



Schaltzeichen (4)

nach DIN EN 60617

Infoteil

Überstrom-Schutzeinrichtungen, Spannungsquellen

Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*
	Sicherung, allgemein (Fuse, general symbol)		Sicherung mit gekennz. Netzseite (Fuse with live end marked)		Leitungsschutzschalter (Line circuit breaker)
	Gleichstromquelle (Battery, DC source)		Gleichstromquelle, einstellbar (Adjustable DC power supply)		Wechselstromnetzgerät (AC power supply)
	Gleichstromnetzgerät (DC power supply)		Gleichstromnetzgerät einstellbar (Adjustable DC power supply)		Wechselstromnetzgerät einstellbar (Adjustable AC power supply)

Halbleiterbauelemente

	Diode, allgemein (Diode, general)		Leuchtdiode (Light emitting diode)		Fotodiode (Photodiode)
	Vierschichtdiode (Reverse blocking diode)		Z-Diode (Zener-Diode)		Kapazitätsdiode (Variable capacitance diode)
	NPN-Transistor (NPN transistor)		PNP-Transistor (PNP transistor)		NPN-Transistor mit Metallgehäuse (NPN transistor with collector connected to case)
	Diac, bidirektionale Diode (Diac, bidirectional diode)		P-Gate Thyristor (P-gate Thyristor)		N-Gate Thyristor (N-gate Thyristor)
	Triac (Triac)		J-FET, N-Kanal (Junction field effect transistor, N-type channel)		J-FET, P-Kanal (Junction field effect transistor, P-type channel)
	IG-FET Anreicherungstyp, P-Kanal (IG-FET enhancement type, P-type channel)		IG-FET Anreicherungstyp, N-Kanal (IG-FET enhancement type, N-type channel)		IG-FET Verarmungstyp, P-Kanal (IG-FET depletion type, P-type channel)
	IG-FET Verarmungstyp, N-Kanal (IG-FET depletion type, N-type channel)		IGBT, Bipolarer Isolierschicht-Transistor, Verarmungstyp P-Kanal (IGBT, depletion type, P-type channel)		IGBT, Bipolarer Isolierschicht-Transistor, Anreicherungstyp N-Kanal (IGBT, enhancement type N-type channel)

Binäre Elemente

	UND-Element (AND element)		ODER-Element (OR element)		Negation (Nicht-Element) (Inverter)
	NAND-Element (NAND element)		NOR-Element (NOR element)		Antivalenz-Element (Exclusive-OR-element)
	Inhibition (Inhibition)		Implikation (Implication)		Äquivalenz-Element (Logic identity element)
	RS-Kippglied (RS-flip-flop)		T-Kippglied (T-flip-flop)		D-Kippglied (D-flip-flop)
	Einfankengesteuertes JK-Kippglied, gesteuert mit steigender Taktflanke (Edge-triggered JK-flip-flop 0 → 1)		Einfankengesteuertes JK-Kippglied, gesteuert mit fallender Taktflanke (Edge-triggered JK-flip-flop 1 → 0)		Zweifankengesteuertes JK-Kippglied (Dual-edge-triggered JK flip-flop)

Englischer Fachbegriff in Klammern

**Schaltzeichen (1)**

nach DIN EN 60617 und VdS 2135

Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne

Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*
	Steckdose, allgemein (Socket outlet [power], general symbol)		Dose, allgemein (Box, general symbol)		Leuchtenauslass (Lighting outlet)
	Schutzkontaktsteckdose (Socket outlet [power] with protective contact)		Abzweigdose (Subscriber's tap-off)		Leuchte, allgemein (Lamp, general symbol)
	Schutzkontaktsteckdose (dreifach); (Triple socket outlet with protective contact)		Anschlussdose (Connection box)		Sicherheitsleuchte, Rettungszeichenleuchte (Emergency lighting luminaire)
	Drehstromsteckdose, fünfpolig (3+N+PE) (Three-phase AC plug socket)		Verteiler (Distribution centre)		Leuchtstofflampe (Fluorescent lamp)
	Steckdose, abschaltbar (Socket outlet [power] with single-pole switch)		Fernmeldesteckdose (Socket outlet [telecommunications])		Leuchtstofflampen, 2-flammig (Fluorescent lamp with 2 tubes)
	Steckdose mit Trenntrafo, z.B. für Rasierapparat (Socket outlet with isolating transformer, e.g. for shaver)		Antennensteckdose (Antenna socket)		Scheinwerfer (Projector)

Schaltzeichen für Leitungen und Leitungsverlegung

	Verbindung (Connection)	a)	Verbindung mit Aderzählangabe, Bsp.: 3 Leiter (Three connections)		Bsp.: 3 Leiter, N und PE (3-phase wiring with neutral- and protective conductor)
	Verbindung, bewegbar (Flexible connection)		Neutralleiter (N) (Neutral conductor)	a)	a) Leitung nach oben führend (Wiring going upwards)
	Leiter, geschirmt (Screened conductor)		Schutzelektrode (PE) (Protective conductor)	b)	b) Leitung nach unten führend (Wiring going downwards)
	Leiter, koaxial (Coaxial pair)		PEN-Leiter (Combined protective and neutral conductor)		Fernsprechleitung (Telephone line)
	Leitung, auf Putz verlegt (Surface-mounted line)		Leitung, im Putz verlegt (Line installed in plaster)		Leitung, unter Putz verlegt (Flush-mounted line)

Schaltzeichen für Elektrogeräte

	Elektroherd, allgemein (Electric cooker)		Durchlauferhitzer (Instantaneous water heater)		Tiefkühlgerät (Fridge)
	Mikrowellenherd (Microwave)		Waschmaschine (Washing machine)		Elektrowärmespeicher (Electric storage heater)
	Backofen (Backing oven)		Wäschetrockner (Tumble-dryer)		Klimagerät, allgemein (Air conditioner)
	Infrarot-Strahler (Infrared-heater)		Geschirrspülmaschine (Dishwasher)		Ventilator (Ventilator, fan)

Symbole für Gefahrenmeldeanlagennach VdS 2135
(Tabelle, Seite 460)

	Glasbruchmelder (Glas brackage detector)		Infrarot-Bewegungsmelder (Infrared motion detector)		Rauchmelder (Smoke detector)
--	---	--	--	--	---------------------------------

* englischer Fachbegriff in Klammern

¹ e.g., Abk. für: exempli gratia (lat.) = for example (engl.) = z.B., zum Beispiel

Schaltzeichen (2)

nach DIN EN 60617

Schaltzeichen für Installationsschaltungen

Sichts- schaltplan	Stromlaufplan	Benennung*	Übersichts- schaltplan	Stromlaufplan	Benennung*
		Ausschalter, einpolig (Single pole switch)			Schalter mit Leuchte (Single pole switch with pilot lamp)
		Ausschalter, dreipolig (Three-pole switch)			Taster (Push-button)
		Serienschalter (Multiposition single pole switch, for example for different degrees of lighting)			Taster mit Leuchte (Push-button with indicator lamp)
		Wechselschalter (Two-way single pole switch)			Stromstoßschalter (Latching relais)
		Jalousien-, Gruppenschalter (Blind switch)			Zeitrelais, z. B. Treppenhaus- Zeitschalter (Time relais, e.g. stairway timer switch)
		Kreuzschalter (Intermediate switch)			Buchse und Stecker, 2-polig (Plug and socket, 2-pole)
		Dimmer mit Ausschalter, einpolig (Dimmer with single pole switch)			Schutzkontaktsteckdose und Schutzkontaktstecker (Protective contact socket and protective contact plug)
		Sensorschalter (Sensor switch)			Bewegungsmelder, passiv infrarot (Motion sensor, passive infrared)

Schaltzeichen für Trenn-, Last- und Leistungsschalter

polig	allpolig	Benennung*	einpolig	allpolig	Benennung*
		Schütz (Contactor)			Trennschalter (Disconnector)
		Leistungsschalter (Power circuit breaker)			Lasttrennschalter (Load break switch)
		Leistungsschalter mit <ul style="list-style-type: none"> thermischem Überlastauslöser magnetischem Kurzschlussauslöser Power circuit breaker with <ul style="list-style-type: none"> thermal overload trip and electromagnetic trip 			Schaltschütz mit angebautem thermischem Überlastrelais (Contactor with thermal overload relay)

	Sicherheitsleuchte, Rettungszeichenleuchte, (Emergency lighting luminaire)
	Leuchtstofflampe (Fluorescent lamp)
	Leuchtstofflampen, 2-flammig (Fluorescent lamp with 2 tubes)
	Scheinwerfer (Projector)

Leitungsverlegung

	Bsp.: 3 Leiter, N und PE (3-phase wiring with neutral- and protective conductor)
a)	a) Leitung nach oben führend (Wiring going upwards)
b)	b) Leitung nach unten führend (Wiring going downwards)
	Leitung nach oben und unten (Wiring passing through vertically)
F	Fernsprechleitung (Telephone line)
	Leitung, unter Putz verlegt (Flush-mounted line)

geräte

	Kühlgerät (Fridge)
	Elektrowärmespeicher (Electric storage heater)
	Klimagerät, allgemein (Air conditioner)
	Ventilator (Ventilator, fan)
nach VdS 2135 (Tabelle, Seite 460)	
	Rauchmelder (Smoke detector)

	einpoliger Schalter (Single pole switch)
	zweipoliger Schalter (Two-way single pole switch)
	Jalousien-, Gruppenschalter (Blind switch)
	Kreuzschalter (Intermediate switch)
	Dimmer mit Ausschalter, einpolig (Dimmer with single pole switch)
	Sensorschalter (Sensor switch)
	Stromstoßschalter (Latching relay)
	Zeitrelais, z. B. Treppenzeitrelais (Time relais, e.g. staircase switch)
	Buchse und Stecker (Plug and socket, 2-pole)
	Schutzkontaktstelle (Protective contact, protective contact)
	Bewegungsmelder (Motion sensor, pa...)

Schaltzeichen für Trenn-, Last- und Leistungsschalter

einpolig	allpolig	Benennung*	einpolig	allpolig	Benennung
		Schütz (Contactor)			Trennschalter (Disconnector)
		Leistungsschalter (Power circuit breaker)			Lasttrennschalter (Load break switch)
		Leistungsschalter mit <ul style="list-style-type: none"> thermischem Überlastauslöser und magnetischem Kurzschlussauslöser Power circuit breaker with <ul style="list-style-type: none"> thermal overload trip and electromagnetic trip 			Schaltschütz mit thermischem Überlastauslöser (Contactor with relay)

* englischer Fachbegriff in Klammern



Schaltzeichen (5)

nach DIN EN 60617

Elektrische Antriebe

Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*
	Gleichstrom-Reihenschlussmotor (DC series motor)		Gleichstrom-Nebenschlussmotor (DC shunt motor)		Fremderregter Gleichstrommotor mit Dauermagnet-erregung (DC motor with permanent magnet excitation)
	Einphasen-Reihenschlussmotor (Single-phase series motor)		Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer (Three-phase asynchronous induction motor with slip-ring rotor)		Drehstrom-Asynchronmotor (Induction motor, threephase)

Umrichter

	Gleichstrom-Umrichter DC-DC (DC/DC converter)		Gleichrichter (Rectifier)		Wechselrichter (Inverter)
--	---	--	------------------------------	--	------------------------------

Messgeräte

	Strommesser (Ammeter)		Spannungsmesser (Voltmeter)		Leistungsmesser (Wattmeter)
	kWh-Zähler (kWh-hour meter)		Widerstandsmesser (Ohmmeter)		Oszilloskop (Oscilloscope)

Sinnbilder für Skalen und Zeitskalen

	Drehspulmesswerk (Moving-coil measuring element)		Drehspulenmesswerk (Moving-iron measuring element)		Elektrodynamisches Messwerk (Electrodynamic measuring element)
	Gebrauchslage waagerecht (Horizontal use position)		Gebrauchslage senkrecht (Perpendicular use position)		Gebrauchslage mit Neigungswinkel (Use position with angle)
	Gleichstrom (Direct current)		Wechselstrom (Alternating current)		Gleich- und Wechselstrom (Direct and alternating current)
	Drehstrom (Three-phase current)		Prüfspannung 500 V (Test voltage 500 V)		Prüfspannung 2 kV (Test voltage 2 kV)

Meldeeinrichtungen

	Wecker, Klingel (Bell)		Gong, Einschlagwecker (Single-stroke bell)		Hupe (Horn)
	Meldeleuchte (Indicator lamp)		Sirene (Siren)		Schnarre, Summer (Buzzer)
	Hörkapsel (Earphone)		Mikrofon (Microphone)		Lautsprecher (Loudspeaker)

Überspannungs-Schutzeinrichtungen

	Funkenstrecke (Spark gap)		Überspannungsableiter (Surge arrester, lightning arrester)		Überspannungsableiter in Gasentladungsröhre (Gas discharge tube arrester, GDT)
--	------------------------------	--	---	--	---

* englischer Fachbegriff in Klammern

Schaltzeichen (6)

KNX-Systemgeräte

Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*
Busankoppler (Bus coupler)		Spannungsversorgung mit Drossel (Voltage supply with choke)		KNX-IP-Schnittstelle (Gateway, KNX to IP)
Spannungsversorgung (Voltage supply)		Linienkoppler, Bereichskoppler, Linienverstärker (Coupler, line amplifier)		Verbinder (Connector)
Drossel (Choke)		Datenschnittstelle, z.B. USB (Interface, e.g. USB)		Logikmodul (Logic module)

KNX-Sensoren

Sensor, allgemein (Sensor, in general)		Jalousiensensor, z.B. 2 Kanäle (Blinds sensor, e.g. 2 channels)		CO ₂ Sensor (CO ₂ sensor)
Binärsensor, z.B. 4 Eingänge (Binary sensor, e.g. 4 channels)		Helligkeitssensor (Brightness sensor)		Bewegungsmelder (Motion detector, passive infrared)
Tastensor, z.B. 2 Eingänge (Sensor push-button, e.g. 2 channels)		Temperatursensor (Temperature sensor)		IR-Sender, z.B. 4 Kanäle (IR transmitter, e.g. 4 channels)
Anologsensor, z.B. 2 Eingänge (Analog sensor, e.g. 2 channels)		Zeitsensor, Uhr (Time sensor)		IR-Empfänger-Dekoder, z.B. 4 Kanäle (IR receiver-decoder, e.g. 4 channels)
Dimmsensor, z.B. 2 Kanäle (Dimming sensor, e.g. 2 channels)		Zeitwertschalter, Zeitschaltuhr (Time value switch, timer)		Windgeschwindigkeits- sensor (Wind speed sensor)

KNX-Aktoren

Aktor, allgemein (Actuator, in general)		Schaltaktor, z.B. 4 Binärausgänge (Actuator, e.g. 4 binary channels)		Dimmaktor (Dimming actuator)
Aktor mit Hilfsspannung, z.B. AC (Actuator with auxiliary voltage)		Jalousieaktor (Blind actuator)		Analogaktor (Analog actuator)
Aktor mit Zeitverzögerung (Actuator with time delay)		Ventilstellantrieb (Valve drive, motor operated)		Anzeigetableau (Indication unit, information display)

Ein geschweiftes Klammerzeichen umfasst einen technischen Fachbegriff.

Bericht: Elektrische Bauteile in Steuerungs- und Energietechnik

1. Wichtige elektrische Bauteile

Im Folgenden werden die zentralen **elektrischen Bauteile** vorgestellt, die in der Steuerungs- und Energietechnik – insbesondere in der Ausbildung von Elektrikern (Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik) – von Bedeutung sind. Für jedes Bauteil werden das genormte **Schaltzeichen (DIN/IEC)**, die **Funktion und das Verhalten**, typische **Einsatzbereiche**, die **Darstellung im Stromlaufplan** sowie Hinweise zur **Modellierung im Code** (z. B. als Klasse mit Zuständen und Übergängen) erläutert.

Taster (druckbetätigter Schließer/Öffner)

Ein **Taster** ist ein manuell bedientes Schaltelement, das **nur während der Betätigung** einen Stromkreis beeinflusst und danach selbsttätig in die Ausgangsposition zurückkehrt ¹. Anders als ein dauerhafter Schalter rastet ein Taster **nicht ein** („nicht einrastend, wie es beim Schalter der Fall ist“ ¹). Das genormte Symbol eines Tasters wird in Schaltplänen als federnd rückstellender **Schließer** (öffnet bei Loslassen) oder **Öffner** (schließt bei Loslassen) dargestellt – z.B. zwei offene bzw. geschlossene Kontaktlinien mit einem Pfeil, der die Betätigungsrichtung andeutet. Ein Taster kann nach DIN EN 60617 als Schaltzeichen für einen **Schließer** (Symbol für einen **Momentkontakt, der bei Druck schließt**) oder einen **Öffner** (öffnet bei Druck) gekennzeichnet werden; oft wird zur Unterscheidung eine gebogene Linie oder ein entsprechender Markierungspfeil im Symbol verwendet.

In der Praxis dienen Taster meist als **Eingabegeräte** für Steuerungen: Beispielsweise Start-/Stopptaster an Maschinen, Klingeltaster oder Lichttaster in Gebäuden usw. Beim **Stromlaufplan** wird ein Taster in **übersichtlicher Darstellung** häufig als einfacher Kontakt im Strompfad eingezeichnet. In **zusammenhängender Darstellung** (verdrahteter Plan) wird er am realen Einbauort gezeigt (etwa in einem Installationsplan an der Tür) und in **aufgelöster Darstellung** als einzelner öffnender oder schließender Kontakt symbolisch in der Steuerlogik eingezeichnet. **Programmatisch** lässt sich ein Taster als Objekt mit einem binären Zustand (gedrückt/nicht gedrückt) modellieren. Der **Zustand** ändert sich durch **Ereignisse** (Drücken/Loslassen) und wirkt z.B. in einer Simulation direkt auf den Stromfluss: Ist der Taster gedrückt (Schließer geschlossen), fließt Strom; im Code könnte dies eine Boolean-Variable `isPressed` steuern, die entsprechende Reaktionen auslöst.

Schalter (rastender Schaltkontakt)

Ein **Schalter** ist ein handbetätigtes Schaltgerät, das im Gegensatz zum Taster **einrastet** und **dauerhaft zwischen Schaltstellungen** verweilt, bis es erneut betätigt wird ¹. Schalter besitzen typischerweise zwei stabile Zustände (z. B. Ein/Aus). Es gibt verschiedene Bauformen, u.a. **Ausschalter** (1-poliger Ein/Aus-Schalter), **Wechselschalter** (Umschalter zwischen zwei Strompfaden, etwa für Wechsel-/Kreuzschaltungen in der Installationstechnik) und **Druckschalter** oder **Kippschalter**. In Schaltplänen wird ein einfacher Ausschalter als unterbrechbarer Leiter dargestellt (im ausgeschalteten Zustand offen gezeichnet) ². Wechselschalter werden als Kombination aus einem Öffner und einem Schließer an einem gemeinsamen beweglichen Kontakt symbolisiert ³.

Funktion und Verhalten: Schalter verbinden oder trennen Stromkreise dauerhaft. Einpolige Schalter schalten einen Leiter, mehrpolige können mehrere Leiter gleichzeitig schalten (z.B. zweipoliger Ausschalter für Phase und Neutralleiter). **Einsatzbereiche** sind vielfältig: Einfache Lichtschalter in Gebäuden, Geräteschalter an Maschinen, Umschalter für Betriebsarten etc. **Darstellung im Stromlaufplan:** Im **Übersichtsschaltplan** werden Schalter oft stark vereinfacht (z.B. als Schalter-Symbol mit Angabe der Schaltfunktion) dargestellt. In **zusammenhängender Darstellung** findet man Schalter an ihrem Einbauort (z.B. ein Lichtschalter neben der Tür im Installationsplan). In **aufgelöster Darstellung** werden Schalter als Kontakt-Symbole in den Strompfaden gezeichnet – etwa als *Schließer* (im Ruhezustand offener Kontakt) oder *Öffner* (im Ruhezustand geschlossener Kontakt), je nach Schaltlogik. Auf **Programmier-Ebene** kann ein Schalter ähnlich dem Taster als Klasse mit Status (z.B. `state = ON/OFF`) modelliert werden. Im Unterschied zum Taster bleibt der Status erhalten, bis er durch einen weiteren Methodenaufruf (z.B. `toggle()`) geändert wird. In einer Simulation beeinflusst der Schalter dauerhaft den Stromfluss: Im Zustand *Ein* wird der zugehörige Stromkreis geschlossen, im Zustand *Aus* unterbrochen.

Relais (elektromagnetischer Schalter)

Ein **Relais** ist ein durch elektrischen Strom fernbetätigter **elektromagnetischer Schalter** mit meist zwei Schaltstellungen ⁴. Wesentlich besteht ein Relais aus einer **Steuerspule** und einem oder mehreren **Schaltkontakten**. Fließt ein **Steuerstrom** durch die Spule, erzeugt diese ein Magnetfeld, das einen Anker bewegt und damit die Kontakte mechanisch betätigt ⁵. Auf diese Weise können mit einem *kleinen Steuerstrom* in einem Steuerstromkreis ein oder mehrere *größere Lastströme* in getrennten Stromkreisen geschaltet werden ⁵. Fällt die Spulenspannung ab, kehren Federkräfte den Anker in die Ruhelage zurück und die Kontakte gehen in ihren Ausgangszustand. Relais verfügen je nach Bauart über Schließer, Öffner oder Wechsler als Kontakte.

Normsymbol: In Schaltplänen wird die **Spule** eines Relais als kleines Rechteck oder Spulensymbol dargestellt (häufig mit Kennbuchstaben **K**). Die **Kontakte** des Relais werden als separate Schaltzeichen (Schließer/Öffner) gezeichnet und mit der Spule durch eine Kennzeichnung (z.B. gleiche Bauteilnummer) in Beziehung gesetzt ⁶. In **aufgelöster Darstellung** eines Stromlaufplans sind **Spule** und **Kontakte eines Relais getrennt** an denjenigen Stellen eingezeichnet, wo sie funktional in der Schaltung gebraucht werden, und mit gleicher Bezeichnung markiert ⁶. In einer **zusammenhängenden Darstellung** würde man hingegen ein Relais ggf. mit seinem Gehäuse und allen vorhandenen Kontakten als Einheit zeichnen (unabhängig davon, ob alle Kontakte in der aktuellen Schaltung genutzt werden) ⁷.

Einsatzbereiche: Relais dienen dazu, Stromkreise galvanisch zu trennen und mit einem geringen Steuerstrom einen anderen Stromkreis zu schalten. Typische Anwendungen sind z.B. **Steuerungs- und Automatisierungstechnik**, Interface-Relais in SPS-Steuerungen, Signalrelais in der Nachrichtentechnik oder Zeitrelais zur zeitverzögerten Schaltung. **Funktion & Verhalten:** Ein Relais kennt i.d.R. zwei Zustände – *abgefallen* (Ruhezustand, Kontakte in Ruhestellung) und *angezogen* (Spule erregt, Kontakte in Arbeitsstellung). Einige Spezialrelais sind *bistabil* (halten ihre Stellung ohne Dauerstrom) oder *mit Verzögerung* (Zeitrelais). **Modellierung im Code:** Relais lassen sich als Objekte mit internem Zustand (`energized = true/false`) modellieren. Das **Zustandsmodell** umfasst, dass beim Setzen `energized=true` alle zugehörigen **Kontaktobjekte** ihren Zustand ändern (Schließer schließen, Öffner öffnen usw.). In einer Simulation reagieren Relais zeitdiskret oder -kontinuierlich: Sobald die Spule „bestromt“ wird, ändert der Simulator nach einer evtl. definierten Anzugsverzögerung die Schaltzustände der Kontakte. Auf diese Weise kann man in Software z.B. **Selbsthalteschaltungen** oder logische Verknüpfungen mit Relais nachbilden.

Schütz (Leistungsschütz)

Ein **Schütz** (auch *Schaltschütz* genannt) ist ein elektromagnetisch betätigter **Leistungsschalter** für große elektrische Ströme und Leistungen ⁸. Im Prinzip arbeitet ein Schütz ähnlich wie ein Relais, jedoch für **höhere Schaltströme** und mit robusterer Bauweise. Es besitzt ebenfalls eine oder mehrere Spulen und eine Reihe von Kontakten. Die **Hauptkontakte** sind für die Lastströme (z.B. mehrpolig für Drehstrom) ausgelegt und meist als **Schließer** ausgeführt, die hohe Ströme schalten können. Zusätzlich haben Schütze oft **Hilfskontakte** (Schließer/Öffner mit geringerer Strombelastbarkeit) für Steuer- und Signalisierungszwecke. Beim Anziehen der Magnetspule schließen die Hauptkontakte (Doppelunterbrechung zur Lichtbogenlöschung) und schalten die Last, beim Abfallen öffnen sie alle Strompfade gleichzeitig ⁹. Schütze sind i.d.R. *monostabil*, d.h. sie fallen bei Wegfall des Steuerstroms in die Ruhelage zurück (Öffnen der Lastkontakte) ⁸.

Normsymbol: Im Schaltplan wird ein Schütz meist analog zum Relais dargestellt: Das **Spulensymbol** erhält den Kennbuchstaben **K** oder **Q** (je nach Normenumgebung, K für Schaltgerät allgemein, Q speziell für Schalter/Leistungsschalter). Die **Kontakte** (Haupt- und Hilfskontakte) werden separat als Schließer/Öffner gezeichnet, oft mit dem Zusatzkennzeichen für Schütze (manchmal durch ein Symbolzusatz wie ein kleiner Elektromagnet oder das Kürzel *KM* gekennzeichnet) ¹⁰. Da ein Schütz in der Regel mehrere gleichartige Hauptkontakte hat, wird im Stromlaufplan aufgelöst oft **jeder Hauptkontakt einzeln** im entsprechenden Strompfad gezeichnet, mit Verweis auf die zugehörige Spule. In zusammenhängender Darstellung könnte man alternativ ein Schütz mit seinem Gehäuse und allen Kontakten an einem Block zeichnen.

Einsatzbereiche: Schütze werden bevorzugt in der **Steuerungs- und Automatisierungstechnik** eingesetzt, um leistungsstarke Verbraucher aus der Ferne zu schalten ¹¹. Typische Anwendungen sind das Schalten von **Motoren**, **Heizungen** oder großen **Beleuchtungsanlagen** sowie sicherheitsgerichtete Abschaltungen von Maschinen ¹¹. Durch Kombination mit Hilfskontakten lassen sich logische Funktionen wie **Selbsthaltung** (ein Hilfskontakt hält das Schütz angezogen) oder **Verriegelungen** (gegenseitige Abschaltung) realisieren ¹¹. **Darstellung im Plan:** Ein Schütz wird im **Übersichtsplan** oft als Teil einer Schütz-Kombination (z.B. Motorstarter) symbolisch angedeutet. In **ausführlichen Stromlaufplänen** werden die Steuerspule und alle genutzten Kontakte dargestellt. **Modellierung im Code:** Ähnlich wie Relais – als Objekt mit Zustand *Angezogen/Abgefallen*. Zusätzlich könnte ein Schütz-Modell Parameter für **Anzugs- und Abfallverzögerung**, **Kontaktanzahl** oder **Verschleiß** haben. In Simulationen von Motorsteuerungen ist die Zusammenarbeit von *Schütz* und *Motorschutzrelais* wichtig, um realistische Abschaltungen bei Überstrom zu simulieren.

Motorschutz (Motorschutzschalter / Überlastrelais)

Motorschutz-Einrichtungen schützen elektrische **Motoren** vor Schäden durch Überlast oder Fehler. Ein häufiger Vertreter ist der **Motorschutzschalter (MSS)**, ein Schaltgerät, das Motorstromkreise **schalten**, **schützen** und **trennen** kann ¹². Er vereint meist einen **Leistungsschalter** (Kurzschlusschutz, magnetische Auslösung) und ein **Überlastrelais** (thermischer Auslöser, z.B. Bimetall) in einem Gerät. Das genormte **Schaltzeichen** eines Motorschutzschalters zeigt oft einen kombinierten **Thermomagnet-Auslöser** – zum Beispiel ein Rechteck mit dem Symbol "I>" für den magnetischen Sofortauslöser und einer Schleifenlinie für den Bimetall-Thermoauslöser ¹³. Bei Anstieg des Motorstroms über den eingestellten Wert erwärmt sich das Bimetall und löst nach kurzer Verzögerung aus; bei starkem Kurzschlussstrom löst der Magnetauslöser nahezu sofort aus. Im Schaltplan wird der Motorschutzschalter in **Reihe vor den Motor** gezeichnet, oft mit einem Kennbuchstaben **Q** (Schutzgerät). Seine Hilfsauslösekontakte (z.B. ein Meldekontakt oder Auslösesignal) können als Öffner gezeichnet werden, der bei Auslösung öffnet und z.B. die Steuerspannung abschaltet.

Funktion und Verhalten: Motorschutzschalter und -relais überwachen den **Motorstrom**. Im Normalbetrieb halten sie diesen Durchfluss aufrecht; bei **Überstrom** (durch mechanische Überlast oder Phasenausfall) unterbrechen sie den Stromkreis, **bevor Überhitzung den Motor beschädigt** ¹⁴. Der Motorschutz reagiert also schneller als der Motor selbst Schaden nehmen würde. Ein Motorschutzschalter schützt insbesondere **Drehstrommotoren** vor **thermischer Überlastung** sowie vor **Ausfall von Außenleitern (Einphasenlauf)** ¹⁵. Viele Geräte bieten eine einstellbare Auslösestromstärke entsprechend dem Motor-Nennstrom. **Einsatzbereiche:** In nahezu allen Motorsteuerungen (z.B. Pumpen, Lüfter, Werkzeugmaschinen) ist ein Motorschutz vorgeschaltet. In der Installationstechnik kommen Motorschutzschalter in Kombination mit Schützen als **Motorstarter** vor. **Darstellung im Stromlaufplan:** Im **Übersichtsschaltplan** kann ein Motorschutzschalter als einfaches Symbol (z.B. Schmelzsicherung mit zusätzlicher Thermoauslösung) erscheinen, während in **aufgelöster Darstellung** oft der Hauptschalter (3-polige Trennung) und ein Hilfsöffner für die Abschaltung der Steuerspannung gezeigt werden. **Modellierung im Code:** Ein Motorschutz lässt sich als Komponente mit einem **Überwachungszustand** modellieren. Das Objekt könnte Parameter wie `currentThreshold` und `tripTime` haben. Die **Zustände** wären etwa *normal* vs. *ausgelöst*. In einer Simulation würde man den Motorstrom überwachen und sobald dieser länger als erlaubt über dem Schwellenwert liegt, setzt der Motorschutz sein Zustand *ausgelöst = true* und öffnet den Stromkreis. Man müsste zudem eine **Reset-Funktion** vorsehen (im Feld `real` das Rückstellen des Schalters). So kann man z.B. in Software nachstellen, dass ein **Überlastfall** den Motor abschaltet und vom Benutzer ein **Reset** betätigt werden muss.

Motoren (elektrische Antriebe)

Elektromotoren sind Aktoren, die elektrische Energie in mechanische Bewegung umwandeln. In der Energie- und Gebäudetechnik kommen vor allem **Drehstrom-Asynchronmotoren** (z. B. für Pumpen, Lüftungsanlagen, Aufzüge) und **Einphasenmotoren** (z. B. in Haushaltsgeräten) zum Einsatz. Das Schaltzeichen eines Motors in Schaltplänen ist je nach Darstellungsform entweder ein **Kreissymbol mit dem Buchstaben M** oder ein genormtes Motorsymbol (oft stilisiert mit drei Spulenwicklungen für einen Drehstrommotor). Ein Motor wird als **Verbraucher** in den Stromlaufplan eingezeichnet, üblicherweise am Ende eines Strompfades zwischen einem Außenleiter (L) und dem Neutral- bzw. Gegenleiter (N) bzw. zwischen den drei Phasen L1, L2, L3. Im **Übersichtsschaltplan** kann ein Motor als einfacher Block mit Anschlussklemmen dargestellt sein, im **Stromlaufplan (aufgelöst)** werden alle Polleiter zum Motor gezeigt (z.B. drei Leitungen für einen Drehstrommotor mit Kennzeichnung der Wicklungen U, V, W).

Funktion und Verhalten: Beim Anlegen der Versorgungsspannung erzeugt der Motor ein Drehmoment und beginnt (nach Überwindung des Anlaufstroms) sich zu drehen bzw. eine Last anzutreiben. Motoren weisen einen hohen **Anlaufstrom** auf, der durch Anlaufmethoden (Stern/Dreieck-Umschaltung, Sanftanlauf) begrenzt werden kann. Sie können in verschiedenen **Betriebsarten** (Dauerdruck, Aussetzbetrieb etc.) betrieben werden. **Einsatzbereiche:** Motoren sind omnipräsent – von Ventilatoren, Pumpen und Fördertechnik über Werkstattmaschinen bis zu Aufzügen und Rolltreppen in Gebäuden. **Darstellung im Plan:** Oft wird im **zusammenhängenden Plan** der Motor mit seiner mechanischen Lage gezeigt (etwa als Motor-Symbol in einem Anlagenlayout), während im **Stromlaufplan** alle Verbindungen elektrisch abgebildet sind. Zusätzliche Informationen wie Motordaten (Leistung, Nennstrom) und Klemmenbezeichnungen werden häufig beigefügt. **Modellierung im Code:** Ein Motor kann als Klasse mit Eigenschaften wie `isRunning` und evtl. `speed` modelliert werden. Für die Simulation wichtiger Steuerungsaspekte genügt meist ein binärer Zustand (AN/AUS). Komplexere Modelle könnten auch **Drehzahlregelung** oder **Stromaufnahme** simulieren. In einer Trainingssoftware könnte z.B. ein Motorobjekt bei *Einschalten* eine gewisse **Verzögerung** simulieren (Anlaufzeit) und einen erhöhten Anlaufstrom anzeigen. Auch eine Überwachung durch den Motorschutz (siehe oben) kann im Modell implementiert sein, sodass der Motor nach Überstrom automatisch in einen *Stop*-Zustand versetzt wird.

Sensoren (Grenzschalter und weitere Sensorik)

Sensoren dienen dazu, physikalische Größen oder Zustände zu erfassen und in elektrische Signale umzuwandeln. In der Steuerungstechnik häufig sind **binäre Sensoren**, die z.B. durch Position, Licht, Temperatur oder Bewegung ausgelöst werden und einen Kontakt schließen oder öffnen. Ein typisches Beispiel ist der **Grenzschalter** (Endlagenschalter): mechanisch betätigter Schalter, die an Maschinen Endpositionen detektieren. Das Schaltzeichen eines Grenzschalters in Plänen ist ähnlich dem eines normalen Öffners/Schließers, jedoch mit einem kleinen Schrägstreich oder einem Winkel am Symbol, der den Betätigungshebel darstellt¹⁶. Auch **Näherungsschalter** (berührungslose induktive oder kapazitive Sensoren) und **Lichtschranken** werden im Plan oft wie Öffner/Schließer gezeichnet, teils mit gestrichelten Linien oder zusätzlichen Kreisen zur Kennzeichnung ihrer Art. Für analoge Sensoren (z.B. Temperatursensoren mit 4-20 mA Ausgang) gibt es ebenfalls genormte Symbole, in der Ausbildung stehen jedoch meist digitale Sensorfunktionen im Vordergrund.

Funktion und Verhalten: Sensoren erfassen **Ereignisse oder Messgrößen**. Ein Grenztaster etwa liefert ein Signal, sobald ein Objekt einen bestimmten Punkt erreicht (Mechanik drückt Schalter). Ein Bewegungsmelder liefert ein Einschaltsignal, wenn eine Wärmebewegung detektiert wird. **Einsatzbereiche:** In der Energietechnik dienen Sensoren z.B. in Alarmanlagen (Bewegungs-/ Glasbruchsensoren), in der Gebäudetechnik für Lichtsteuerungen (Präsenzmelder, Dämmerungssensoren) oder in industriellen Steuerungen zur Positions- und Prozessüberwachung (Endschalter an Zylindern, Füllstandssensoren, Druckschalter etc.). **Darstellung im Stromlaufplan:** Im **Übersichtsschaltplan** kann ein Sensor als einfacher Indikator an der betreffenden Stelle eingezeichnet sein (z.B. Symbol einer Kamera für Bewegungsmelder im Raumplan). Im **Stromlaufplan (aufgelöst)** wird der Sensor als Kontakt eingezeichnet, der abhängig von der Sensoreinwirkung öffnet oder schließt – häufig zusammen mit Hinweisen auf die Art (z.B. Beschriftung „B1“ für Sensor mit Legende). Mehradrige Anschlüsse (bei z.B. aktiven Sensoren mit Versorgung) werden mit Klemmen dargestellt. **Modellierung im Code:** Ein Sensor wird als Eingabegröße modelliert. In einfacher Form hat er einen booleschen Zustand `active` (true/false). Der Übergang in den aktiven Zustand kann z.B. zeit- oder ereignisgesteuert erfolgen (in einer Simulationsumgebung etwa, wenn ein Objekt ein virtuelles Feld betrifft). **Zustandsmodellierung** ist hier wichtig: einige Sensoren sind *normally closed* (geschlossen in Ruhe, öffnen bei Ereignis), andere *normally open* (umgekehrt). Solche Eigenschaften können als Attribute in der Sensor-Klasse geführt werden. In einer Simulation könnten Sensoren interaktiv ausgelöst werden (z.B. Klick auf einen Endschalter-Symbol, um diesen zu „betätigen“). Das Programm muss dann alle verknüpften Aktionen entsprechend steuern (z.B. Förderband stoppt, wenn ein Endschalter „Bandende erreicht“ meldet).

Leuchtmittel (Anzeige- und Beleuchtungselemente)

Unter **Leuchtmitteln** versteht man elektrische Bauteile, die Licht emittieren – im Kontext der Steuerungs- und Installationstechnik sind dies z.B. **Signallampen**, **Kontrollleuchten**, **Glühlampen**, **Leuchtdioden (LED)** oder **Leuchtstofflampen**. Schaltzeichendarstellungen umfassen unter anderem: - **Glühlampe**: dargestellt als Kreis mit kreuzförmiger Faden-Darstellung¹⁷, - **Glimmlampe**: kleiner Kreis mit zwei quer liegenden Strichen¹⁷, - **LED**: ein Dreieck mit Pfeilspitze und zwei kleinen Pfeilen nach außen (Lichtaustritt)¹⁷, - **Leuchtstoffröhre**: längliches Rechteck mit Anschlüssen¹⁷.

Im Stromlaufplan werden Leuchtmittel als **Lasten** eingezeichnet. In **übersichtlichen Plänen** genügt häufig ein Lampensymbol mit Angabe der Art (z.B. Glühlampe 60 W). In **ausführlichen Stromlaufplänen** insbesondere bei Steuerpulten werden Signallampen oft mit einem eigenen Symbol pro Lampe und Beschriftung versehen.

Funktion und Verhalten: Leuchtmittel wandeln elektrischen Strom in Licht (und Wärme) um. **Signallampen** in Steuerungen zeigen den Betriebszustand an (z.B. grüne Lampe = „Ein“, rote = „Störung“). **Beleuchtungslampen** dienen der Ausleuchtung und werden meist manuell oder durch Sensoren geschaltet. **Einsatzbereiche:** Kontrollleuchten an Schaltgeräten, Meldeleuchten in Anlagenschaltbildern, Raumbeleuchtung in Gebäuden, Notbeleuchtung mit Akkubetrieb, usw. **Darstellung im Plan:** Leuchtmittel sind i.d.R. zwischen Phase und Neutralleiter geschaltet; im Plan aufgelöst meist am Ende eines Zweiges (Symbol mit Anschlussleitungen an L und N). Oft wird ein Kennbuchstabe **P** (für Lampe/Leuchte) oder **E** (für „Einsatz“ in Installationsplänen) genutzt. **Modellierung im Code:** Ein Leuchtmittel kann als Objekt mit Zustand **AN/AUS** modelliert sein. Bei Glühlampen könnte man optional eine **Helligkeit** (analog dimmbar) berücksichtigen, bei LEDs auch den Aspekt einer **Polarität** (LED leuchtet nur bei richtiger Polung, falls Gleichspannung simuliert wird). In einer einfachen Simulation reicht ein boolesches Attribut **isOn**. Das Verhalten – **Einschalten bei Spannung an den Anschlüssen** – kann durch das Simulationsframework automatisch erfolgen: z.B. wenn im virtuellen Stromkreis am Lampenkontakt eine Spannung >0 anliegt, wird das Lampenobjekt auf **AN** gesetzt und z.B. durch farbiges Aufleuchten am Symbol visualisiert. In Programmcode kann man diese Logik als Methode implementieren, die den Zustand anhand einer Eingangsspannung oder Steuerbit aktualisiert.

Sicherungen (Schmelzsicherungen und Leitungsschutz)

Sicherungen sind Überstromschutzeinrichtungen, die einen Stromkreis bei Überschreiten eines bestimmten Stroms automatisch unterbrechen, um Leitungen und Geräte vor Überhitzung und Schäden zu schützen ¹⁴. Die klassische Bauform ist die **Schmelzsicherung**: ein Draht in einem geschlossenen Körper (gefüllt mit Löschmittel wie Quarzsand), der bei Überstrom innerhalb definierter Zeit schmilzt und damit den Stromkreis öffnet ¹⁸. Daneben gibt es **Leitungsschutzschalter** (LS-Schalter), die thermisch-magnetisch auslösen und wie Schalter wieder eingeschaltet werden können, aber auch diese werden im Plan oft als Sicherungssymbole dargestellt. Das genormte **Schaltzeichen** einer Sicherung nach IEC/DIN 60617 ist ein Rechteck (für den Sicherungskörper) mit einem diagonalen oder S-förmigen Symbol darin. In vielen Stromlaufplänen wird eine Sicherung auch als einfacher **Schalter mit „Auslösen“-Hinweis** gezeichnet oder mit dem Symbol „F“ beschriftet. Mehrpolige Sicherungen (z.B. **NH-Trenner**) können als Kombination mehrerer Einzelsymbole oder spezieller Sammelschalter-Symbole dargestellt sein.

Funktion und Verhalten: Im Normalbetrieb fließt der Nennstrom durch die Sicherung ohne diese zu beeinflussen. Steigt der Strom durch Überlast oder Kurzschluss auf einen Wert, der höher ist als der Nenn- bzw. Auslösestrom der Sicherung, so **schmilzt der interne Draht** nach einer charakteristischen Zeit und **unterbricht den Stromkreis** ¹⁸. Damit begrenzt die Sicherung die Einwirkenergie im Fehlerfall und verhindert z.B. Kabelbrände. Sicherungen sind **einmalig** – nach dem Auslösen müssen sie ersetzt werden (Schmelzeinsätze) bzw. beim LS-Schalter von Hand wieder eingeschaltet werden. **Einsatzbereiche:** Schmelzsicherungen (DIAZED, NEOZED, NH) findet man in Hausinstallationen (Verteilung) und industriellen Anlagen als Haupt- oder Geräteschutz. Feinsicherungen schützen elektronische Geräte intern. LS-Schalter sind in modernen Installationen der Standard für Endstromkreise. **Darstellung im Plan:** Im **Übersichtsschaltplan** werden Sicherungen oft einpolig mit einem Sicherungssymbol und Angabe der Größe (z.B. „F1 16A“) dargestellt – manchmal werden parallele Sicherungen in einer Ebene mit Querstrichen oder Anzahlangabe zusammengefasst ¹⁹. In **zusammenhängenden Stromlaufplänen** sieht man z.B. bei einer Verteilung mehrere Sicherungssymbole nebeneinander für die einzelnen Strompfade. In **aufgelösten Plänen** sind Sicherungen oft direkt vor dem zu schützenden Stromkreis eingezeichnet. **Modellierung im Code:** Eine Sicherung kann als Objekt mit Attributen **currentLimit** und Zustand **intact/blown** modelliert werden. Die **Zustandsübergänge** richten sich nach dem Strom durch die Sicherung: Überschreitet der simulierte Strom den Grenzwert über eine bestimmte Zeit, so setzt die Simulation den Zustand auf

ausgelöst und öffnet den Stromkreis (z.B. indem die Sicherung als offener Schalter fungiert). In einer Lernsoftware könnte man zusätzlich die Kennlinie (Zeit-Strom-Kurve) hinterlegen, um realistisches Auslösen zu simulieren. Auch eine **Rückstellmöglichkeit** (bei LS-Schalter: „Wiedereinschalten“) sollte vorgesehen sein. Visualisiert wird eine ausgelöste Sicherung z.B. durch ein durchgebranntes Symbol oder einen Hinweis. Für den Lernenden wird so erfahrbar, dass z.B. ein zu hoher Anlaufstrom eine Sicherung zum Auslösen bringen kann.

2. Planarten: Übersicht, zusammenhängend, aufgelöst – Unterschiede und Nutzen

Schaltpläne können in unterschiedlichen **Darstellungsformen** erstellt werden, je nach Zweck und Adressat. In der Ausbildung von Elektrikern ist es wichtig, die **Unterschiede zwischen einem Übersichtsschaltplan und Stromlaufplänen in zusammenhängender oder aufgelöster Darstellung** zu kennen. Diese Planarten stellen jeweils andere Informationen in den Vordergrund. Im Folgenden werden die Formen erläutert, sowie deren Vorteile, typische Einsatzzwecke und Auswirkungen auf das **Verständnis von Schaltungen** und deren **softwaretechnische Umsetzung**.

2.1 Übersichtsschaltplan (Einpoliges Übersichtsschema)

Ein **Übersichtsschaltplan** – häufig als *Einliniendiagramm* oder *Übersichtsplan* bezeichnet – bietet einen **groben, vereinfachten Überblick** über die elektrische Schaltung ²⁰ ¹⁹. In der Regel wird hier jeder Stromkreis **einpolig** (vereinfacht auf eine Leiterführung) dargestellt, wodurch komplexe Anlagen stark vereinfacht abgebildet werden. Parallel verlaufende Zweige mit gleicher Schaltelement-Folge werden im Übersichtsschema **zusammengefasst**; anstelle aller Adern zeichnet man eine Linie und notiert Querstriche oder Ziffern, die die Anzahl der parallelen Leiter angeben ¹⁹. Man verzichtet auf genaue Verdrahtungsdarstellung und zeigt stattdessen die **räumliche Anordnung** der wichtigsten Betriebsmittel (z.B. welche Verbraucher an welcher Verteilung hängen) ²¹. Wichtig: Im Übersichtsschaltplan geht es **nicht um detaillierte Verdrahtung**, sondern um **Funktionseinheiten und Platzierung** ²¹.

Vorteile & Zweck: Übersichtspläne eignen sich, um einem *Nicht-Fachmann* oder in frühen Planungsphasen die grundsätzliche Anlage zu verdeutlichen. Sie zeigen z.B. bei einer Gebäudeverkabelung welche Räume an welchem Stromkreis hängen, ohne alle Kabelwege einzzeichnen. In der Ausbildung helfen Übersichtspläne dem Lernenden, zunächst die **große Struktur** zu begreifen, bevor er in die Details einsteigt. Zudem dienen solche Pläne als Kommunikationsmittel zwischen Planern und Kunden, da sie relativ leicht lesbar sind. **Beispiel:** Ein Übersichtsplan einer Beleuchtungsanlage könnte eine einzige Linie von der Verteilung zu mehreren Lampen mit Schaltern darstellen, angereichert mit Symbolen für Schalter und Lampen, aber ohne jede Klemmennummer. Für die **Softwareumsetzung** liefert der Übersichtsschaltplan allerdings wenig direkte Information, da logische Abläufe und genaue Verschaltungen abstrahiert sind. Er ist eher mit einem **Blockdiagramm** zu vergleichen. Ein Entwickler würde ihn nutzen, um die groben Module zu erkennen, aber für die Programmierung einer Steuerung sind detailliertere Pläne erforderlich.

2.2 Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (verdrahtungsorientiert)

Der **Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung** – oft auch *Wirkungs- und Anschlussplan* genannt – zeigt die **Funktionszusammenhänge einer Schaltung unter Berücksichtigung des realen Aufbaus** ²². **Zusammenhängend** bedeutet hier: Die Schaltelemente (Betriebsmittel) sind so gezeichnet, wie sie in der Realität räumlich und mechanisch angeordnet und verbunden sind ²³. Man erkennt im Plan also die tatsächlichen Geräte mit all ihren Anschlüssen und Kontakten; z.B. wird ein

Stromstoßrelais mit seinem rechteckigen Spulensymbol und allen verfügbaren Kontakten **an einem Ort** dargestellt – auch die im aktuellen Stromkreis ungenutzten Kontakte werden der Vollständigkeit halber mitgezeichnet⁷. Leitungsverbindungen werden in dieser Darstellung meist **allpolig** gezeigt, d.h. Phase, Neutralleiter und Schutzleiter etc. werden mitgeführt. Dadurch entsteht ein Plan, der der realen Verdrahtung in Schaltschrank oder Installation sehr nahe kommt.

Charakteristik: Diese Planform macht **mechanische bzw. räumliche Zusammenhänge sichtbar**²². So werden z.B. in der Gebäudeinstallation Schalter, Abzweigdosen, Lampen in einer Art schematischem Grundriss dargestellt, wobei Leitungen von Gerät zu Gerät gezogen sind ähnlich dem tatsächlichen Kabelverlauf. Der zusammenhängende Plan ist dadurch hervorragend geeignet, um die **Verdrahtung vor Ort** vorzubereiten oder nachzuvollziehen. Ein Auszubildender lernt damit: „Welches Kabel geht von dieser Klemme zu jener Lampe?“ – was im Service-Fall das Auffinden von Adern erleichtert. **Vorteile & Einsatzzwecke:** Diese Darstellung wird verwendet, wenn der **räumliche Zusammenhang** wichtig ist, z.B. beim Verkabeln einer Maschine oder Hausinstallation²⁴. In vielen Installationsschaltungen (etwa klassische Wechselschaltung) kann die Anordnung direkt dem Übersichtsplan entnommen werden²⁵. Der Vorteil liegt in der anschaulichkeit der Montage: Man erkennt auf einen Blick, welche Komponenten nebeneinander sitzen und wie sie verbunden sind. Allerdings kann die Funktionslogik bei komplizierten Schaltungen schwerer zu verfolgen sein, da die Darstellung nicht streng linear dem Stromfluss folgt, sondern der örtlichen Anordnung – das Auge muss ggf. vielen Leitungsverbindungen folgen. In der **Ausbildung** wird deshalb oft vom zusammenhängenden Plan auf den aufgelösten umgezeichnet, um das Verständnis der Funktion zu prüfen²⁶. Für die **Software-/Logikentwicklung** ist der zusammenhängende Plan weniger direkt geeignet, da z.B. ein Relais mit all seinen Kontakten an einer Stelle gezeichnet ist – in einer Steuerungssoftware hingegen würde man dieselben Kontakte als einzelne logische Bedingungen an verschiedenen Stellen im Code behandeln müssen. Somit muss der Entwickler aus dem zusammenhängenden Plan erst abstrahieren, welche Kontakte in welcher Logikkette wirken.

2.3 Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung (funktionsorientiert)

Der **Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung** bildet die Schaltung **funktional nach Stromwegen geordnet** ab²⁰²⁷. „Aufgelöst“ bedeutet, dass komplexe Betriebsmittel in ihre funktionalen Teile zerlegt dargestellt sind: Jeder Kontakt, jede Spule, jeder Pol wird an der Stelle im Plan gezeichnet, wo er logisch in der Ablaufkette benötigt wird. Die **tatsächliche Lage oder Gestalt** der Elemente spielt dabei **keine Rolle**²⁷. Stattdessen ordnet man typischerweise z.B. bei Steuerungen den **Außenleiter L1 oben, den Neutralleiter N unten** an und zeichnet dazwischen **sämtliche Strompfade** von links nach rechts bzw. von L nach N²⁷. Dadurch entsteht ein **stromlaufbezogenes Diagramm** (ähnlich einem Stromlauf in einem Stundenplan), in dem man leicht von Start (Spannungsquelle) über Schalter, Spulen, Verbraucher bis zum Rückleiter folgen kann²⁰. Oft spricht man hier auch von einem **Wirkschaltplan**, da diese Form vor allem die **Wirkungsfolge** der Schaltungselemente verdeutlicht²⁰.

Charakteristik: In der aufgelösten Darstellung werden z.B. die Kontakte eines Relais **nicht beim Relais-Symbol selbst** gezeigt, sondern dort, wo sie elektrisch wirken. Sie tragen die gleiche Kennzeichnung wie die Relais-Spule, sodass man weiß, dass sie zusammengehören⁶. Beispiel: Ein Zeitrelais K1 mag eine Spule K1 und zwei zeitverzögerte Kontakte K1. Diese Kontakte erscheinen an zwei verschiedenen Stellen des Plans (etwa in zwei Strompfaden), jeweils mit der Markierung (K1) daneben – so weiß der Leser, dass beide vom selben Relais gesteuert werden. Physikalisch liegen die Kontakte vielleicht nebeneinander im Gerät, aber logisch sind sie über den Plan verteilt. **Vorteile & Einsatzzwecke:** Diese Darstellungsform **zeigt die elektrische Funktion und Ablaufreihenfolge sehr klar**²⁸. Der Leser kann beispielsweise bei einer Motorsteuerung den Pfad vom Start-Taster über einen Schütz und dessen Selbsthalte-logik bis zur Motorwicklung lückenlos nachvollziehen, ohne von physischen Layout-Details abgelenkt zu werden. Daher nutzt man aufgelöste Pläne vor allem in der

Projektierung und Fehlersuche – also wenn verstanden werden muss, wie die Schaltung arbeitet²⁹. In der Ausbildung lernt man hier das eigentliche **Lesen von Schaltlogik**: Parallele Zweige bedeuten ODER-Verknüpfungen, in Reihe liegende Kontakte UND-Verknüpfungen etc. Die **Softwareumsetzung** einer Schaltung orientiert sich meist an der aufgelösten Darstellung. Zum Beispiel ist ein **Ladderdigramm (Kontaktplan)** in der SPS-Technik im Grunde ein aufgelöster Stromlaufplan: Links die virtuelle Versorgung, rechts Masse, dazwischen Kontakte und Spulen. Ein Lehrling, der einen aufgelösten Plan lesen kann, hat also direkt einen Bezug zu Softwarelogiken. Die aufgelöste Darstellung erleichtert es, aus der Verdrahtung eine **Zustandsmaschine oder logische Abfolge** abzuleiten, was etwa für die Erstellung von SPS-Programmen, Grafsets oder Coded Modellen nötig ist.

Zusammenfassung der Unterschiede: Während der **zusammenhängende Plan** den *realen Aufbau* und Verdrahtungszusammenhänge hervorhebt, fokussiert der **aufgelöste Plan** die *funktionalen Wirkungen* (Signalfluss)^{20 27}. Der **Übersichtsplan** wiederum abstrahiert beide Details und gibt nur das große Bild der Anlage.

2.4 Auswirkungen auf Verständnis und Umsetzung

Für Lernende und Praktiker bedeutet dies: Je nach Planart muss man die Information unterschiedlich entschlüsseln. **Anfänger** profitieren oft vom zusammenhängenden Plan, um sich die *Hardware vorzustellen*: Wo liegt welches Teil, welches Kabel geht wohin. Allerdings kann ein komplexer zusammenhängender Plan unübersichtlich werden, da viele Leitungen kreuz und quer laufen. Hier hilft das **Umschalten in die aufgelöste Darstellung**, um die *Logik* klarer zu sehen – man *verfolgt den Stromlauf* systematisch, ohne von Layout beeinflusst zu sein²⁶. In der Ausbildung wird daher häufig das **Wechseln zwischen Darstellungen** geübt, um eine umfassende Verständnisfähigkeit zu entwickeln. Beispielsweise kann eine Aufgabe sein: „Zeichnen Sie den gegebenen zusammenhängenden Installationsplan in einen aufgelösten Stromlaufplan um.“ – Dies fördert das Verständnis, wie physische Verdrahtung und logische Schaltung zusammenhängen²⁶.

Für die **softwaretechnische Umsetzung** (z.B. Programmierung einer Steuerung oder Simulation in Software) ist die aufgelöste Darstellung praktisch unverzichtbar. Sie entspricht am ehesten der Art, wie in der Software Logik geschrieben wird: Jedes Schaltelement erscheint dort, wo es die Logik beeinflusst (ähnlich wie jede Kontaktabfrage im Programm an passender Stelle steht). Ein zusammenhängender Plan muss vom Entwickler erstmal „mental aufgelöst“ werden, um ein Programm daraus zu schreiben. Viele CAE-Programme bieten daher die Möglichkeit, *Geräte in aufgelöster Form* darzustellen und dennoch die *Querverweise* zu behalten (z.B. Referenzen von Kontakten zu Spule). So entsteht letztlich aus dem Plan ein Satz an Logik-Bausteinen.

Zusammengefasst: Jeder Planformat hat seinen Zweck: - *Übersichtsschaltplan*: Überblick gewinnen, Komplexität reduzieren, Einsatz in Angeboten, Konzepten, grobe Orientierung für alle Beteiligten. - *Zusammenhängender Stromlaufplan*: Montage- und Verdrahtungsplanung, realitätsnahe Darstellung für Installateure, bessere Visualisierung räumlicher Beziehungen. - *Aufgelöster Stromlaufplan*: Analyse der Schaltlogik, Fehlersuche, Grundlagen für die Programmierung und Simulation.

Ein guter Elektriker in Ausbildung lernt, **alle drei Planarten** zu lesen und ineinander zu überführen. Dadurch versteht er sowohl die *Hardware-Ebene* (reale Verdrahtung) als auch die *Logik-Ebene* (Funktionsschaltung) einer Anlage – eine Fähigkeit, die später bei der Inbetriebnahme, Fehlersuche und auch bei der Zusammenarbeit mit Softwareentwicklern (etwa bei SPS-Programmierung) enorm wichtig ist.

3. Essenzielle Bauteile und Funktionen für Lern-/Simulationssoftware

Um Elektrikern in der Ausbildung praxisnahes Lernen zu ermöglichen, gibt es spezielle **Simulations- und Lernsoftware** (z.B. *FluidSIM* von Festo Didactic). Solche Software sollte die wichtigsten **Bauteile** und **Planfunktionen** enthalten, um realistische Schaltungen virtuell nachzubauen und testen zu können. Im Folgenden eine Liste von essenziellen Komponenten-Gruppen, ihrem Verhalten und Ideen zur Interaktion/Visualisierung, die eine solche Lernsoftware bieten sollte – im Vergleich orientiert an etablierten Produkten wie FluidSIM.

3.1 Wichtige Bauteilgruppen und Beispiele

- **Schalt- und Bedienelemente:** Dazu zählen *Taster, Schalter aller Art (Ein/Aus, Wechselschalter, Druckschalter), Wahlschalter, Trittleisten* etc. – also alles, was man in der realen Installation als **Eingabe durch den Benutzer** hat. Die Software sollte diese Elemente als Objekte in einer Bibliothek haben. FluidSIM z.B. stellt in seiner Elektrotechnik-Bibliothek zahlreiche Schalter- und Tastertypen bereit ³⁰. Auch *potenzialfreie Kontakte* und *Schließer/Öffner* als Grundelemente gehören dazu, damit der Anwender eigene Kombinationen (z.B. Endschalter mit Öffner-Kontakt) abbilden kann.
- **Sensoren und Melder:** Hierunter fallen *Grenzschalter, Näherungssensoren, Lichtschranken, Bewegungsmelder, Thermostate* etc. – Bauteile, die in Steuerungsschaltungen Signale aufgrund von physikalischen Ereignissen liefern. Eine Lernsoftware sollte eine Auswahl solcher Sensoren bieten, idealerweise mit konfigurierbaren Parametern (z.B. Reichweite eines Sensors) und unterscheidbaren Symbolen. So kann der Lernende z.B. einen Endschalter in den Plan setzen, der bei Betätigung (in der Simulation durch Mausklick oder animiertes Objekt) seinen Kontaktzustand ändert.
- **Aktoren und Betriebsmittel:** Hierzu zählen *Leuchtmittel* (Signallampen, LEDs), *Motoren, Magnetventile, Heizungen* oder auch *Summer* und *Glocken*. Die Software sollte es ermöglichen, diese **Ausgabegeräte** einzufügen. Beispielsweise eine **Lampe**, die im Schaltplan platziert wird, sollte in der Simulation aufleuchten, wenn Spannung anliegt – FluidSIM demonstriert dies durch animierte Symboländerung (Lampe wechselt die Farbe oder Helligkeit). Ein Motor könnte durch ein drehendes Symbol oder zumindest durch eine Statusfarbe angezeigt werden. Wichtig ist, dass die wichtigsten Kennwerte berücksichtigt werden: bei Motoren z.B. Nennstrom, Anlaufverhalten, Drehrichtung (ggf. animiert), bei Ventilen eine Durchflussanzeige etc., falls die Software pneumatische Komponenten koppelt.
- **Schutz- und Schalteinrichtungen:** Unverzichtbar sind *Sicherungen, Leitungsschutzschalter, Motorschutzrelais, Fehlerstromschutzschalter (FI), Trennschalter* usw. Diese Komponenten dienen zum einen dem Schutz und sollen in der Simulation entsprechende Funktionen erfüllen – z.B. muss ein **virtueller Leitungsschutzschalter** auslösen können, wenn der Strom eine definierte Schwelle überschreitet. FluidSIM und ähnliche Software enthalten Fehlermodelle dafür ³⁰. Der Benutzer sollte zudem in der Lage sein, ausgelöste Schutzeinrichtungen zu „resetten“ (zurückzusetzen), um das Verhalten zu erproben. Ebenso sollte z.B. ein Motorschutzschalter als Objekt vorhanden sein, der einen Motor abschalten kann – idealerweise mit einstellbarem Auslösestrom.
- **Relais und Schütze:** Die Software sollte eine Bibliothek an *Relais (Hilfsrelais)* und *Schützen* bereitstellen, inkl. zugehöriger Kontakte. Diese Bauteile sind das Herz vieler Steuerungslogiken.

Wichtig ist, dass die Simulation erlaubt, **Relaiskontakte mit Relais-Spulen zu verknüpfen** – typischerweise durch gleiche Bezeichnung automatisch. So wie in echten Stromlaufplänen Spule und Kontakte eines Relais zusammengehören, muss auch im Programm z.B. ein Relais K1 alle seine Kontakte K1 steuern. FluidSIM bietet hierzu eine umfangreiche Komponentenbibliothek, aus der z.B. ein Relais mit x Kontakten ausgewählt werden kann³¹. Auch Zeitrelais (Anzugsverzögert, Abfallverzögert etc.) zählen hierzu.

- **Zeitglieder und Sonderbauteile:** Essenziell sind *Zeitrelais, Impulsgeber, Zähler, Speicherbausteine*. In vielen Steuerungsaufgaben (Treppenlicht-Zeitschalter, Verzögerungen für Motoranlauf etc.) werden Zeitfunktionen gebraucht. Eine gute Lernsoftware enthält daher Timer-Module, die im Plan eingesetzt werden können und sich parametrieren lassen (z.B. einstellbare Verzögerungszeit). Diese können ähnlich wie Relais aussehen, aber mit speziellen Symbolen (oft ein Uhr-Symbol im Kontakt). Ebenso können einfache *Logikbausteine* (UND, ODER, NICHT) Teil der Bibliothek sein, um digitale Verknüpfungen jenseits von Relaisschaltungen zu ermöglichen – so lassen sich auch moderne Steuerungen anschaulich simulieren.
- **Stromquellen und Messgeräte:** Selbstverständlich braucht es Komponenten wie *Spannungsquellen (AC/DC), Transformatoren, Netzteile* sowie *Massepunkte*. Genauso wichtig: *Messinstrumente* wie Voltmeter, Ampermeter, Ohmmeter, sowie Indikatoren für z.B. Stromfluss. FluidSIM stellt z.B. virtuelle Messgeräte zur Verfügung, die man in den Stromlauf einfügen oder während der Simulation anschließen kann³². Diese zeigen Spannungen, Ströme oder Zustände an, ohne die Schaltung zu beeinflussen³² – ideal für Lernzwecke, damit der Auszubildende an beliebigen Punkten „messen“ und beobachten kann, wie sich die Werte verhalten.

3.2 Bauteilverhalten und Zustandsmodellierung in der Simulation

Die bloße Präsenz von Bauteilen in der Bibliothek genügt nicht – **entscheidend ist, dass ihr Verhalten echtistisch nachempfunden wird**. Dazu gehören:

- **Schaltlogik und Kontaktverhalten:** Jedes Schaltelement muss im Simulator so funktionieren wie in Wirklichkeit. Ein Taster z.B. schließt seinen Kontakt nur, solange er „gedrückt“ ist. Ein Wechselschalter leitet bei Stellung 1 den Strom zum Kontakt A, bei Stellung 2 zu Kontakt B. Ein Relais zieht an, wenn die Spulenspannung den Anzugswert erreicht, und schaltet dann sämtliche zugehörigen Kontakte; fällt die Spannung ab, fallen die Kontakte wieder zurück. Die Simulation muss diese Kopplungen intern modellieren (z.B. über gemeinsame Bezeichner). Das ermöglicht komplexe Schaltungen wie Selbstthalteschaltungen oder Verriegelungen mit mehreren Relais – der Lernende sieht, wie beim Drücken von Start sich das Halterelais selbst einschaltet usw. All das bildet eine **virtuelle Schütz- oder Relaisschaltung** nach. Wichtig ist auch die Möglichkeit, **Mehrfachkontakte** zu haben: Ein Schütz etwa hat 3 Hauptkontakte für die Leistung und Hilfskontakte für die Steuerung – die Software sollte beides unterstützen. In FluidSIM wird dies durch die Komponente *Schütz* realisiert, die passende Hauptkontakte im Schaltplan generiert, wenn man den Schütz platziert.
- **Zeitverzögerungen und dynamisches Verhalten:** Einige Bauteile haben zeitabhängiges Verhalten – z.B. **Zeitrelais, Motorschutz (thermische Trägheit), Kondensatoren/Spulen (in AC-Netzen)**, oder schlicht die **Glühlampe** mit Kaltleiter-Effekt. Eine Lernsimulation sollte zumindest die wichtigsten Zeitfunktionen beherrschen. Beispielsweise kann man ein Einschaltverzögertes Relais (Ton) einstellen: In der Simulation zieht es erst an, *nachdem* die Spule für eine eingestellte Zeit ununterbrochen Spannung hatte. Oder ein Ausschaltverzögertes (Toff): Es fällt erst eine gewisse Zeit *nach* Wegfall der Spannung ab. Solche Funktionen lassen sich dem Lernenden schön demonstrieren, wenn etwa eine Lampe erst nach 5 Sekunden erlischt, obwohl der Sensor

schon aus ist – so versteht man das Prinzip einer Nachlaufzeit. Auch das **Prellen von Kontakten** könnte in einer sehr detaillierten Simulation als Option vorhanden sein, ebenso **Induktionsverzögerungen** (z.B. Nachlauf eines Motors durch Schwungmasse, sichtbar in der Messkurve). In der Regel fokussiert man jedoch auf idealisierte Schalter mit klar definiertem Verhalten, um die Schaltalgebra zu verdeutlichen.

- **Zustandsmodellierung komplexer Geräte:** Komponenten wie **Motorschutzschalter** oder **FI-Schutzschalter** haben interne Zustände (*bereit, ausgelöst*). Die Software sollte interne Flags führen, die anzeigen, ob z.B. ein FI ausgelöst hat. Das Verhalten müsste sein: Hat der Summenstrom ein bestimmtes Ungleichgewicht, wird der Zustand *ausgelöst* und der Schalter öffnet (in der Simulation z.B. durch automatisch Öffnen der internen Kontakte dargestellt). Solche Bauteile sollten nur manuell wieder in *bereit* gestellt werden können (z.B. durch Klick auf das Symbol – analog zum Hebelumlegen beim echten FI). FluidSIM implementiert solche Fehlermodelle und lässt den Benutzer verschiedene **Fehlerzustände auswählen**, die Einfluss auf die Simulation haben ³³. Beispielsweise kann man einen „defekten Schließer“ einstellen, der dann unabhängig von der Spule nicht schließt, sodass der Lernende den Fehler finden muss. Dies ist Teil der Zustandsmodellierung: Jedes Bauteil kann neben seinem normalen Zustand auch **Fehlerzustände** einnehmen (z.B. *Kontakt klemmt, Spule unterbrochen*), was didaktisch für Fehlersuche-Übungen verwendet wird.
- **Leistungs- und Energieverhalten:** In einer fortgeschrittenen Simulation könnte man auch Ströme, Spannungsabfälle und Leistungen berechnen. So würde z.B. der **Spannungsfall** an einem längeren Kabel oder der **Anlaufstrom** eines Motors simuliert. Für die Grundlagenausbildung reicht oft eine vereinfachte Darstellung (entweder idealspannungsquelle oder nominalwerte). Allerdings sollte zumindest das Prinzip der **Stromaufteilung und Spannungsmessung** möglich sein: Daher sind Messgeräte unabdingbar (siehe unten), und die Software sollte z.B. Kirchhoff'sche Regeln intern berücksichtigen, falls parallele Pfade vorhanden sind. Viele Lernprogramme behandeln zunächst rein logische Schaltungen (Strom fließt oder nicht), doch insbesondere in der Energietechnik sind echte Werte relevant (z.B. $\cos \varphi$ bei Motoren, Leistungsfaktor, selektive Auslösung von Sicherungen). FluidSIM Electrical z.B. erlaubt auch das Messen von Strömen und Spannungen in Echtzeit, um solche Effekte zu beobachten, allerdings in Grenzen (eine echte Netzsimulation ersetzt es nicht). Für eine Ausbildungssimulation im Bereich Installations-/Steuerungstechnik sind detaillierte analoge Simulationen optional; wichtiger ist die richtige **Schaltlogik**.

3.3 Interaktive Bedienung und Visualisierung

Ein großer Vorteil von Lernsoftware ist die **Interaktivität**: Der Benutzer kann im virtuellen Schaltplan Bauteile bedienen und das Verhalten direkt beobachten. Dafür sollten folgende Funktionen und Visualisierungen umgesetzt sein:

- **Manuelles Bedienen von Schaltern und Tastern:** Der Nutzer muss per Mausklick o.Ä. einen Taster drücken oder einen Schalter umlegen können. In der Simulation sollte das Bauteilsymbol erkennbar den Wechsel zeigen (z.B. Taster gedrückt dargestellt, Schalterhebel in neuer Position). Dies löst in der Software den entsprechenden logischen Vorgang aus – vergleichbar dem Betätigen in echt. So kann ein Auszubildender gefahrlos ausprobieren: Was passiert, wenn ich **NOT-Halt drücke**, während der Motor läuft? Die Software schaltet dann z.B. das Schütz ab und zeigt das an.
- **Animation des Schaltzustands:** Es ist hilfreich, den **Stromfluss visuell hervorzuheben**. Viele Programme markieren aktive Leitungen farbig (z.B. rot) und inaktive schwarz. Auch Bauteile

ändern ihre Darstellung: Eine **Lampe** könnte gelb aufleuchten, ein **Relais** könnte eine LED am Symbol zeigen, wenn die Spule angezogen ist, oder der Kontakt könnte sich „bewegen“. FluidSIM beispielsweise färbt Symbole oder zeigt kleine Bewegungen an, um zu signalisieren, welcher Zustand vorliegt. Solche Animationen machen abstrakte Vorgänge sichtbar – der Lernende sieht z.B., dass nach Anlaufverzögerung ein Kontakt umspringt (vielleicht durch Blinkzeichen angekündigt). Diese Visualisierung steigert das Verständnis ungemein, da in realen Schaltschränken der Strom ja unsichtbar ist – hier sieht man ihn fließen.

- **Messpunkte und Diagnose:** Essenziell ist die Möglichkeit, **Messgeräte** in die laufende Simulation einzubringen ³². Der Nutzer sollte virtuelle **Voltmeter** zwischen zwei Knoten anklammern können und dann die Spannung ablesen, oder einen **Strommesser** in Serie schalten, um den fließenden Strom zu sehen. Diese Messwerte sollten in Echtzeit angezeigt werden, idealerweise als Zahlen oder als Zeigerinstrument. Virtuelle Messgeräte beeinflussen das System nicht (keinen Kurzschluss verursachen etc.) ³², wodurch gefahrlos experimentiert werden kann. Darüber hinaus sind evtl. **Oszilloskop-Funktionen** interessant, um z.B. einen zeitlichen Ablauf (Spannungsverlauf bei AC, Schaltflanken) darzustellen. In einer Lernsoftware für Energietechnik könnten z.B. die Netzspannung als Sinus und die Stromaufnahme eines Motors phasenverschoben dargestellt werden – das ist allerdings eher fortgeschritten. Minimalkriterium: Spannungs- und Strommessung DC und AC, ggf. Widerstandsmessung im spannungsfreien Zustand.
- **Fehlersimulation und -Visualisierung:** Ein besonders wertvoller Aspekt ist die Möglichkeit, **Fehlerzustände** einzubauen ³³. Die Software sollte erlauben, gezielt Fehler zu setzen, wie z.B. *Leiterbruch, Kurzschluss, Spule defekt, Kontakt klemmt offen/geschlossen, Sicherung ausgelöst* etc. FluidSIM bietet ein Diagnosekonzept, wo man vor der Simulation eine Fehlerkonfiguration auswählt (z.B. "Leitung X unterbrochen") und dann während der Simulation diesen Fehler erleben kann ³³. Der Lernende sieht z.B., dass trotz Betätigung eines Schalters keine Reaktion erfolgt – und muss mit den virtuellen Messmitteln den Fehler finden. Die Visualisierung kann hier unterstützen: Ein defekter Bauteil könnte durch ein spezielles Icon (rotes Kreuz o.ä.) markiert sein, sobald man z.B. eine Diagnosehilfe aktiviert. Alternativ können Fehler auch versteckt bleiben, um echte Fehlersuche zu üben. Wichtig ist, dass die Software diese Option bietet, denn Fehlersuche ist ein Kernbestandteil der Ausbildung. Ein Beispiel: Man schaltet eine Lampe ein, aber sie leuchtet nicht – im Simulator könnte die Glühlampe „durchgebrannt“ sein (Fehlerflag), oder eine Sicherung offen. Der Auszubildende kann dann am Schaltplan messen, wo die Spannung fehlt, und den Fehler lokalisieren, genau wie in der Realität.
- **Benutzerführung und didaktische Hilfen:** Neben der technischen Simulation sind Funktionen sinnvoll, die dem Lernen dienen: z.B. **Beschriftungsmöglichkeiten** (der Nutzer kann jedem Bauteil Labels geben wie in echten Plänen, um z.B. A1, K2, Q1 etc. zu notieren), **Tabellen oder Listen** der Bauteile (Stückliste), automatische **Nummerierung von Verbindungen** (Klemmen- und Aderbezeichnungen) etc. Diese Planfunktionen helfen, den simulierten Plan wie einen echten Stromlaufplan aufzubauen. Einige Software (FluidSIM inklusive) ermöglicht auch das Hinterlegen von **Hintergrundbildern** (z.B. Schaltschrankaufbau), um den Plan auf das reale Layout zu mappen. Didaktisch wertvoll sind **Schritt-für-Schritt Modi** (langsame Fortschreiten der Simulation), oder **Fehler-Einblendungen**, die erklären, warum etwas nicht geht („Kurzschluss zwischen X und Y erkannt“ – natürlich optional, damit der Lernende nicht immer gespoilt wird).

Zusammenfassend sollte eine Lern-/Simulationssoftware für Elektriker eine **umfangreiche Komponenten-Bibliothek** bieten – analog zu echten Klemmenkästen hunderte von Komponenten ³¹ – und diese mit **authentischem Verhalten** in einer **interaktiven Umgebung** verbinden. FluidSIM z.B.

zeichnet sich durch die **interaktive Simulation in Echtzeit** aus, bei der man Veränderungen sofort beobachten kann ³⁴. Der Schüler kann Schaltungen erstellen, **Fehler verhindern und erkennen lernen** (etwa keine Kurzschlüsse bauen, da sonst sofort Warnungen/Fehlauslösungen auftreten), und iterativ optimieren ³⁴. All dies geschieht gefahrlos am PC, bereitet aber auf die Realität vor. Die **Visualisierung** – fließende Ströme, leuchtende Lampen, schaltende Relais – vermittelt die Dynamik elektrischer Anlagen anschaulich und fördert ein tiefgehendes Verständnis der Steuerungs- und Energietechnik, bevor der Auszubildende in der echten Werkstatt Hand anlegt.

Vergleich mit FluidSIM: FluidSIM ist seit Jahren ein Quasi-Standard in der technischen Bildung und enthält all die oben genannten Aspekte. Es bietet eine komfortable Schaltplan-Erstellung mit branchentypischen Symbolen, interaktive Simulation, realitätsnahe Komponentenkataloge aus Pneumatik, Hydraulik und Elektrotechnik sowie Messinstrumente und Fehlermodelle ³⁵ ³⁶. Eine gute Lernsoftware für Elektriker sollte sich an diesen Funktionen orientieren. Gerade die **Fehlersuche mittels Fehlermodellen** ³³ und die **sofortige Rückmeldung durch Echtzeitsimulation** ³⁴ sind Dinge, die in traditionellen Lehrmethoden nur schwer zu realisieren waren, nun aber essentieller Bestandteil sein können. Die Software fungiert sozusagen als virtuelles Labor: Alle essenziellen Bauteile vom einfachen Taster bis zum komplizierten Zeitrelais stehen bereit, ihr Verhalten entspricht der Realität, und der Lernende kann **risikolos experimentieren**, seine eigenen Steuerungsprogramme am „digitalen Zwilling“ einer Anlage testen und verstehen, **wie Schaltungen gelesen und in Code umgesetzt** werden können – bevor er sich an die echte Verdrahtung wagt.

Quellen: Die Inhalte wurden unter Verwendung von Norminformationen und Fachliteratur zusammengestellt. Wichtige Definitionen und Fakten sind belegt, u.a. durch die Wikipedia-Artikel zu den genannten Bauteilen (z.B. Relais ⁴, Schütz ⁸ ¹¹), durch Tutorial-Texte zur Plan-Darstellung ²² ²⁷ und durch Herstellerinformationen zur Lernsoftware FluidSIM ³⁰ ³² ³³. Diese Quellen bestätigen die technischen Details und untermauern die didaktischen Empfehlungen für die Ausbildungspraxis.

1 5 6 Schaltungstechnik P1bis P9 - Einführung in die Schaltungstechnik Praktische Übungsvorlesung Prof. - Studocu

<https://www.studocu.com/de/document/hochschule-bonn-rhein-sieg/mess-und-regelungs-technik/schaltungstechnik-p1bis-p9/15249339>

2 3 10 16 17 Liste der Schaltzeichen (Elektrik/Elektronik) – Wikipedia

[https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Schaltzeichen_\(Elektrik/Elektronik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Schaltzeichen_(Elektrik/Elektronik))

4 Relais – Wikipedia

<https://de.wikipedia.org/wiki/Relais>

7 23 25 26 Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung | ET-Tutorials.de

<https://et-tutorials.de/15254/stromlaufplan-in-zusammenhaengender-darstellung/>

8 9 11 Schütz (Schalter) – Wikipedia

[https://de.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%BCtz_\(Schalter\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%BCtz_(Schalter))

12 Motorschutzschalter - Die Grundlagen - Eaton

<https://www.eaton.com/ch/de-de/products/controls-drives-automation-sensors/Motor-protection-and-overload-relays/motorschutzschalter-die-grundlagen.html>

13 15 Motorschutz (Elektrotechnik) – Wikipedia

[https://de.wikipedia.org/wiki/Motorschutz_\(Elektrotechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Motorschutz_(Elektrotechnik))

14 18 Sicherung (Schmelzsicherung)

<https://www.elektrikerwissen.de/sicherung-schmelzsicherung/>

19 20 22 24 27 28 29 Stromlaufplan lesen und zeichnen: So geht's | VERIVOX

<https://www.verivox.de/strom/themen/stromlaufplan/>

21 Was ist der Unterschied zwischen einem Übersichtsschaltplan, Anschlussplan und Stromlaufplan? (Elektronik, Schaltung)

<https://www.gutefrage.net/frage/was-ist-der-unterschied-zwischen-einem-uebersichtsschaltplan-anchlussplan-und-stromlaufplan>

30 31 32 33 34 36 Simulationssoftware FluidSIM | Festo DE

https://www.festo.com/de/de/e/technische-bildung/digitales-lernen/virtuelle-simulation-und-modellierung/fluidsim-id_1663056/

35 Simulation software FluidSIM | Festo USA

https://www.festo.com/us/en/e/technical-education/digital-learning/virtual-simulation-and-modeling/fluidsim-id_1663056/

Deep Research: FluidSIM Simulationssoftware (Elektrische Schaltungen)

Überblick und Einsatzzweck

FluidSIM ist eine etablierte Simulationssoftware von Festo Didactic für die Erstellung und Simulation von Schaltplänen in Pneumatik, Hydraulik *und* Elektrotechnik ¹. Seit über 25 Jahren wird FluidSIM weltweit in der technischen Ausbildung eingesetzt und hat sich mit über 300.000 Installationen als Standard in der Mechatronik-Schulung etabliert ². Die Software ermöglicht das **zeichnerische Erstellen DIN-gerechter Stromlaufpläne** (z.B. nach IEC-Norm) und führt darauf basierend eine **realistische, dynamische Simulation** der Schaltung durch ³. Dadurch können Auszubildende und Studierende **gefährlos komplexe Schaltungen erlernen**, ohne reale Hardware zu gefährden. Insbesondere in der Ausbildung von Elektronikern/Elektrikern (z.B. Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik) wird FluidSIM genutzt, um Steuerungsschaltungen (etwa mit Relais und Schützen) virtuell aufzubauen und zu testen, bevor man sie in der Praxis umsetzt.

FluidSIM vereint einen intuitiven Schaltplan-Editor mit umfangreichen Hintergrundinformationen: Zu vielen Bauteilen gibt es Beschreibungen, Fotos, Animationen von Schnittmodellen und teils Videos ⁴. Daher eignet sich das Programm nicht nur zum **Simulieren**, sondern auch zum **Lernen** – Nutzer können die Funktion von Komponenten visuell nachvollziehen. FluidSIM wurde für diesen didaktischen Ansatz mehrfach ausgezeichnet (u.a. Worlddidac Award, Deutscher Bildungssoftware-Preis) ⁵.

Hinweis: FluidSIM beherrscht **Mehrbereichssimulation** – es können pneumatische, hydraulische und elektrische Komponenten in einer gemeinsamen Schaltung kombiniert werden ⁶. Für diesen Deep Research liegt der Fokus allerdings ausschließlich auf der **elektrischen Simulation** (Steuerungs- und Stromlaufpläne mit Relais, Schützen usw.), da dies dem Anwendungsfall *Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik* entspricht.

Komponentenbibliothek für elektrische Schaltungen

FluidSIM stellt dem Anwender eine **umfangreiche Bibliothek elektrischer und elektronischer Bauteile** zur Verfügung ⁷. Diese Bibliothek deckt sowohl die **klassische Elektrotechnik/Elektronik** (AC/DC-Schaltungen, analoge und digitale Bauteile) als auch die **Steuerungstechnik** ab (z.B. Industriesteuerungen mit Relais, Schützschaltungen). Die in FluidSIM verfügbaren Komponenten lassen sich in Kategorien einteilen:

- **Stromversorgung und Anschlüsse:** Spannungsquellen und Verbindungen für Gleich- und Wechselspannung. Für Steuerungsschaltungen typisch ist eine *24 V DC Versorgung* – FluidSIM bietet z.B. eine **“Electrical connection 24V”** als Bauteil an, das standardmäßig 24 V liefert (Spannung einstellbar von -400 V bis +400 V) ⁸. Ebenso gibt es den 0-V-Referenzpunkt (Masse) und weitere Quellelemente, etwa *Funktionsgeneratoren* für Wechselspannungssignale (Sinus, Rechteck etc.) als speicherprogrammierbare Quellen ⁹. Auch Netzanschlüsse (z.B. eine **Steckdose mit Schuterdung**) sind vorhanden ¹⁰, um z.B. 230 V AC symbolisch darzustellen.

- **Passive Bauteile:** Klassische elektronische Bauelemente wie **Widerstände, Kondensatoren, Induktivitäten** etc. gehören ebenfalls zur Bibliothek (unter *Electronics* geführt). Damit können z. B. RC-Glieder, Filter oder auch Lampen/Heizwiderstände simuliert werden. Jedes Bauteil hat Parameter (Widerstandswert, Kapazität, Induktivität usw.), die vom Nutzer angepasst werden können, um unterschiedliche Betriebsbedingungen zu simulieren. Insbesondere Induktivitäten und Kapazitäten ermöglichen Transienten wie Lade- und Entladevorgänge realistisch darzustellen – wichtig, wenn etwa das Abschalten eines Relais (induktive Last) oder Anlaufströme betrachtet werden.
- **Halbleiter und Elektronik:** In der Kategorie *Semiconductors* und *Electronics* finden sich **Dioden (z. B. Gleichrichter, Z-Dioden)**, Transistoren (BJT, FET), Operationsverstärker, Thyristoren, Optokoppler und ähnliche Bauteile. Dies erlaubt grundlegende Elektronikschaltungen in FluidSIM aufzubauen, etwa Gleichrichterschaltungen, Transistorschalter oder einfache Verstärker. Auch Logik-ICs oder digitale Gatter können je nach Version enthalten sein. Damit deckt FluidSIM nicht nur elektromechanische Steuerungen ab, sondern auch elektronische Schaltungen, falls im Unterricht gefragt.
- **Schalter und Sensoren:** Eine sehr breite Palette an Schaltgeräten ist verfügbar. Unter anderem:
 - **Manuell betätigte Schalter:** Taster (Tastschalter) und Schalter (Ein/Aus, Umschalter) sowohl als *Öffner* wie *Schließer*. Diese gibt es als einzelne Kontaktelemente, die im Stromlaufplan frei platziert werden können ¹¹. Der Zustand (geschlossen/offen) kann im Simulationmodus vom Benutzer per Mausklick umgeschaltet werden, was einen echten Tasterdruck simuliert ¹².
 - **Grenzschalter (Endschalter):** Mechanische Schalter, die typischerweise von einer Maschine oder einem Zylinder betätigt werden. In FluidSIM lassen sie sich mit beweglichen Teilen (z. B. Zylinder in der Pneumatik) koppeln, sodass sie *automatisch umschalten*, wenn z. B. ein Zylinder den Endanschlag erreicht. Diese sind z. B. unter *Limit Switches* zu finden ¹³.
 - **Druck- und Näherungsschalter:** Für elektropneumatische/hydraulische Szenarien gibt es Druckschalter (die bei bestimmtem Druck ein elektrisches Signal schalten) und Näherungssensoren. Sie erlauben das Zusammenspiel von Fluid- und Elektrik, sind aber auch für rein elektrische Simulationen relevant, z. B. um einen Sensor in einer Steuerung zu simulieren (etwa ein Bewegungsmelder als Näherungsschalter). FluidSIM bietet z. B. induktive Näherungsschalter, kapazitive etc., insbesondere im Automotive-Kontext (z. B. Türkontakt).
 - **Schaltelelemente mit Verzögerung:** Es existieren fertige **Zeitglieder** bzw. Zeitrelais. Unter *Delay Switches* finden sich etwa Anzugs- und Abfallverzögerer als einzelne Schaltkontakte ¹⁴. Diese können z. B. als *Ein- oder Ausschaltverzögerte Kontakte* in Schützschaltungen genutzt werden (ähnlich einem Zeitrelais, das nach einer gewissen Zeit schaltet). Sie lassen sich in ihren Verzögerungszeiten parametrieren.
 - **Relais und Schütze:** Die Software enthält umfangreiche Relaismodelle, da sie zentral für Steuerungsschaltungen sind. In der Kategorie *Relays* (IEC-Bibliothek) finden sich z. B.:
 - **Standard-Relais:** Das *einfache Relais* besteht aus einer Spule, der bei Ansteuerung beliebig viele Kontakte zugeordnet werden können. Die **Relais-Spule** wird im Schaltplan als eigenes Symbol platziert; sie zieht an, sobald Strom darüber fließt, und fällt ab, sobald der Spulenstrom wegfällt ¹⁵. FluidSIM simuliert hierbei realistische Kenngrößen: Eine Spule hat einen ohmschen Widerstand (Standard z. B. $550\ \Omega$) und benötigt eine Mindestspannung (z. B. 20 V), um sicher anzuziehen ¹⁶. Außerdem werden standardmäßig kleine Verzögerungen von wenigen Millisekunden berücksichtigt (z. B. 10 ms Anzugs-, 8 ms Abfallverzögerung) ¹⁷, um die Mechanik

eines echten Relais nachzuempfinden. Diese Werte kann man auch verändern, falls man z. B. ein trügerisches Relais simulieren will.

- **Relaiskontakte:** Zu jeder Relais-Spule können entsprechende Kontakte in den Schaltplan eingefügt werden – als **Schließer (NO)**, **Öffner (NC)** oder Wechsler. FluidSIM ermöglicht es, Spule und Kontakt über eine Bezeichnung zu koppeln, sodass beim Anziehen der Spule alle zugehörigen Kontakte simultan ihren Zustand ändern ¹⁸. Damit lassen sich auch komplexe Schützschaltungen mit mehreren gleichzeitig betätigten Kontakten abbilden. (In großen Schaltplänen auf mehreren Seiten gibt es eine *Kontaktabbild*-Funktion, die anzeigt, wo überall die Kontakte einer bestimmten Spule sitzen – so behält man den Überblick, ähnlich wie Querverweise in professionellen Stromlaufplänen.)
- **Zeitrelais:** Mehrere Varianten sind vorhanden, z. B. *Relais mit Anzugsverzögerung* oder *mit Abfallverzögerung*. Wählt man etwa „**Relay with switch-on delay**“, zieht die Spule erst *nach* einer einstellbaren Verzögerungszeit an, sobald Strom anliegt ¹⁹ (Standard z. B. 5 s Verzögerung). Fällt der Strom weg, fällt dieses Relais sofort ab. Umgekehrt gibt es Abfallverzögerer, die sofort anziehen, aber nachlaufend abfallen. Die zugehörigen Kontakte werden analog verzögert geschaltet. So kann man typische Zeitrelais in Steuerungen simulieren (z. B. Ausschaltverzögerung für Ventilnachlauf etc.). Diese Zeitparameter sind frei wählbar (von Millisekunden bis vielen Sekunden).
- **Spezial-Relais:** In FluidSIM 6 wurden auch **automotive Relais** ergänzt, z. B. ein **Blinkrelais** (Warnblinkgeber) und ein **Wischermotor-Intervallrelais** ²⁰. Das Blink-Relais etwa sorgt für periodisches Ein/Aus-Schalten der Blinkleuchten und kann in Frequenz und Spannung parametrisiert werden (z. B. 1,5 Hz bei 12 V) – intern modelliert als astabile Kippstufe ²¹. Diese Kfz-Komponenten verdeutlichen, dass FluidSIM neben industrieller Steuerung auch Fahrzeugtechnik abdeckt (Version 6 enthält einen Automotive-Bibliotheksbereich ²²). Für die Energie- und Gebäudetechnik sind sie weniger zentral, zeigen aber die Bandbreite der Simulation.
- **Schütze:** Ein **Schütz** ist im Prinzip ein kräftiges Relais, meist mit Spule auf einer Phase (z. B. 230 V AC) und mehreren Leistungskontakten. FluidSIM hat keine eigene Kategorie namens „Schütz“, aber man bildet es durch eine **Relais-Spule (ggf. als AC-Spule)** und mehrere Kontakte ab. Die **Relais-Spule (AC)** ist als separates Bauteil verfügbar, die speziell für Wechselspannung ausgelegt ist ²³. Im Simulationmodell wird eine AC-Spule als **Reihenschaltung aus Widerstand und Induktivität** gerechnet; aus den Parameter-Eingaben des Nutzers (Nennspannung, Scheinleistung, $\cos\varphi$, Frequenz) berechnet FluidSIM den erforderlichen Spulenwiderstand und -induktivität automatisch ²⁴. Eine AC-Schützspule kann auch mit DC betrieben werden, was FluidSIM entsprechend mit höherem Gleichstrom (ohne induktiven Blindwiderstand) abbildet ²⁵. Man kann also z. B. ein 230 V-50 Hz-Schütz simulieren, inklusive Spulenstrom und Auslöseverzögerungen. Die Hauptkontakte des Schützes würden als separate Schließer eingefügt und mit derselben Spulenbezeichnung versehen werden – genauso auch Hilfskontakte (Öffner für Selbsthaltung etc.). Damit lassen sich authentische Stromlaufpläne von Motorsteuerungen bauen (z. B. ein Hauptschütz mit Selbstthaltekreis, Überlastrelais siehe unten).
- **Zähl- und Sonderrelais:** Es gibt u. a. ein *Relaiszähler*-Bauteil (vermutlich ein Relais, das nach einer bestimmten Anzahl Schaltspiele reagiert) ²⁶, einen *Anlaufstrombegrenzer* ²⁷ und ähnliche Spezialfälle. Diese sind für sehr spezifische Lernsituationen gedacht (z. B. Motor-Anlaufstrombegrenzung). Im Standard-Steuerungsalltag kommen sie weniger vor, zeigen aber, dass FluidSIM auch für Nischenthemen Komponenten bereithält.
- **Schutz- und Steuereinrichtungen:** In realen Stromlaufplänen für Antriebe fehlen auch **Überstromschutz** und **Motorschutz** nicht. FluidSIM enthält in der Bibliothek (meist unter *Contacts/Switches* oder *Measuring devices*) Bauteile wie *Sicherungen (Fuses)*, *Motorschutzrelais*/Überlastschalter, *Thermostate* etc. Diese fungieren als Schalter, die z. B. bei Überschreiten eines

Stromes öffnen. Zwar wurden solche Teile in obiger Liste nicht explizit aus dem Quelltext sichtbar, doch anhand der Vollständigkeit der Bibliothek kann man annehmen, dass gängige Schutzgeräte verfügbar sind. (Beispielsweise erwähnt die Doku an anderer Stelle, dass Fehlermodelle für defekte Sicherungen etc. existieren, was impliziert, dass Sicherungsbauteile vorhanden sind.)

- **Aktoren und elektrische Maschinen:** Neben den Steuerbauteilen gibt es auch **Ausgabegeräte und Lasten**, die von der Schaltung beeinflusst werden. Beispiele:

- **Leuchtmittel & Signale:** Lampen (Glühlampen, LEDs), Summer, Hupen oder andere Signalantriebe, die leuchten oder tönen, wenn sie Spannung erhalten. Damit kann man z. B. Warnlampen in Schaltungen simulieren.
- **Magnete und Spulen:** Ein *Solenoid*-Aktuator repräsentiert einen Magneten (z. B. ein Ventilmagnet). Dieser kann direkt durch Strom betätigt werden und in FluidSIM mechanische Aktionen auslösen (z. B. ein Magnet, der ein Ventil schaltet, sofern man Elektropneumatik koppelt). Für rein elektrische Betrachtungen kann ein Solenoid als Stellglied dienen, das bei Ansteuerung „einrastet“ oder eine Wirkung symbolisiert.
- **Elektromotoren:** FluidSIM bietet eine breite Auswahl an Motor-Modellen unter *Machines*: z. B. verschiedene **Drehstrom-Asynchronmotoren** (Käfigläufer), **Synchronmotoren**, **Gleichstrommotoren** (Reihe, Nebenschluss, permanent erregt) usw.²⁸ ²⁹. Auch spezielle Automotive-Motoren wie *Startermotor mit Einzugsrelais* oder *Scheibenwischer-Motor (1- oder 2-stufig)* sind enthalten³⁰. Diese Motor-Modelle simulieren das elektrische Verhalten und zum Teil das mechanische Verhalten (z. B. ein Motor dreht, hat ein Anlaufmoment, kann als Generator fungieren, es gibt ein *Prüfstand*-Objekt um Motoren zu beladen etc.). So kann man komplett Antriebsschaltungen nachbilden: etwa einen Drehstrommotor, der über ein Schütz und Motorschutzrelais betrieben wird. Im Simulationsmodus lässt sich z. B. der Strom beim Anlauf beobachten oder ein Überstromfall durch Blockieren des Motors (ggf. simuliert via Prüfstandslast) erzeugen.
- **Controller & Regelung:** In der Kategorie *Controller/Regler* gibt es Komponenten für offene und geschlossene Regelkreise. Beispielsweise P-/PI-/PID-Regler als Blockbausteine, die ein Analogsignal verarbeiten (für Prozessautomation-Lehrversuche). Auch *Vergleichselemente*, *Sollwertgeber* usw. sind vorhanden (der Eintrag *Setpoint value card* im Power-Supply-Menü³¹ lässt vermuten, dass man Sollwerte vorgeben kann). Diese Bausteine ermöglichen es, in FluidSIM einfache Analogsteuerungen oder Regelschaltungen abzubilden (z. B. eine Drehzahlregelung, Temperaturregelung mit Fühler und Heizer etc.). Für die Gebäudetechnik-Ausbildung sind solche Regelungsfunktionen (z. B. Heizungsregelung) interessant, könnten aber den Rahmen sprengen – FluidSIM bietet jedoch prinzipiell auch dafür Werkzeuge.
- **Digitale Technik und Logikbausteine:** FluidSIM deckt auch digitale Schaltungen ab. In der *Digital*-Bibliothek finden sich **Logikgatter** (UND, ODER, NICHT usw.), **Flip-Flops**, Zähler und ähnliche Bausteine, die mit elektrischen Signalen (High/Low, oft als 24 V = High interpretiert) arbeiten³² ³³. Damit kann man kombinatorische und sequentielle Logikschaltungen aufbauen – z. B. eine einfache Speichersteuerung mit RS-Flipflop oder eine Und-Verknüpfung von Sensorsignalen. Praktisch lassen sich somit auch *Relaislogik-Schaltungen* entweder tatsächlich mit Relais oder abstrakt mit Logik-Gattern realisieren. Für Lernzwecke in der Elektroausbildung kann beides relevant sein (Relais als Hardware-Logik vs. digitale Logik). Zudem unterstützt FluidSIM den Entwurf von **GRAFCET**-Ablaufsteuerungen (nach EN 60848)³⁴ – es gibt einen eigenen Editor, um Ablaufpläne zu zeichnen, und man kann diese mit der Schaltung verknüpfen. So ließen sich komplexere Sequenzen (Schrittketten) planen, wie man sie in SPS oder Steuerrelais verwenden würde.

• **Mess- und Prüfmittel:** Ein wesentlicher Bestandteil für das Verständnis elektrischer Schaltungen ist das Messen von Strömen, Spannungen etc. FluidSIM stellt **Messgeräte** in zwei Formen bereit:

- **Reale Messgeräte:** Das sind Bauteile, die man vor Start der Simulation in den Schaltplan einsetzen kann, z. B. ein **Ampermeter** in Serie, ein **Voltmeter** parallel, ggf. ein Ohmmeter, Leistungs- oder Drucksensoren. Diese verhalten sich wie echte Messgeräte (d. h. sie beeinflussen den Stromkreis durch Innenwiderstände). Solche Geräte kann man nutzen, um gezielt bestimmte Stromzweige zu beobachten.
- **Virtuelle Messgeräte:** Zusätzlich bietet FluidSIM bequeme **virtuelle Messpunkte**, die während der Simulation an jeden beliebigen Knoten oder Leiter angeklemmt werden können ³⁵. Über ein Diagnose-Werkzeugfenster kann der Nutzer z. B. einen Spannungsprüfer anlegen und an einen Punkt im Schaltplan halten, um die aktuelle Spannung gegen Masse zu sehen – ohne dass dies die Schaltung beeinflusst ³⁶. Ebenso lassen sich virtuelle Strommesszangen an Leiter setzen, um den fließenden Strom anzuzeigen, oder Druckmessungen in Pneumatikleitungen durchführen. Die Messwerte werden in Echtzeit angezeigt. In der Werkzeugleiste sind gängige Messgrößen (Spannung, Strom, Druck, Durchfluss) direkt auswählbar und können mit einem Klick als Messinstrument platziert werden ³⁷.
- **Oszilloskop:** Für die Elektronik besonders hilfreich ist das integrierte **4-Kanal-Oszilloskop** in FluidSIM ³⁸. Es ermöglicht, zeitabhängige Signalverläufe aufzuzeichnen, z. B. Spannungen an Knoten oder Stromkurven. Da FluidSIM sehr schnelle Signale unterstützt (elektrische Signale bis ca. 100 kHz können simuliert werden) ³⁹, kann man mit dem Oszilloskop auch z. B. PWM-Signale, Schaltflanken von Logikgattern oder Anlauftransienten von Motoren sichtbar machen. Das Oszilloskop wird wie ein virtuelles Messgerät verbunden und kann während der Simulation laufen, um Kurven auf dem Bildschirm zu zeichnen.

Zusammenfassend bietet die Komponentenbibliothek von FluidSIM **Hunderte von Bauteilen** aus allen Bereichen der Elektrotechnik ⁷. Sie wird kontinuierlich erweitert und aktualisiert, sodass auch neue Technologien (wie z. B. die Automotive-spezifischen Komponenten in Version 6) verfügbar sind ⁴⁰. Wichtig für den Anwender: FluidSIM unterstützt sowohl **IEC-/DIN-Symbole** (üblich in Europa, z. B. Schaltzeichen nach EN 60617) als auch **ANSI/NEMA-Symbole** (US-amerikanische Norm) in separaten Bibliotheken, wodurch man Schaltpläne in der jeweils passenden Darstellung entwerfen kann. Die Software kann sogar zwischen Darstellungen wechseln, da die Komponenten logische Modelle hinter den Symbolen sind – in der Praxis bleibt man aber in einem Plan bei einer Norm. Für deutsche Azubis ist natürlich die IEC-gerechte Darstellung maßgeblich, was FluidSIM vollständig erfüllt.

Simulationsverhalten und wichtige Funktionen

Die Stärke von FluidSIM liegt darin, dass es nicht bloß statische Schaltpläne zeichnet, sondern diese auch **lebendig simuliert**. Im Folgenden die wichtigsten Eigenschaften der Simulation:

- **Interaktive Echtzeit-Simulation:** Sobald der Benutzer in den Simulationsmodus schaltet, wird das gezeichnete Schaltbild „zum Leben erweckt“. FluidSIM berechnet fortlaufend den Zustand der Schaltung in Echtzeit. **Schaltzustände ändern sich automatisch** aufgrund der Schaltungslogik und der Benutzer kann aktiv eingreifen, um z. B. manuelle Schalter zu betätigen ¹². Ein Beispiel: Hat man ein Relais mit Selbstthalteschaltung aufgebaut, kann man im Simulationsmodus per Mausklick den Start-Taster drücken – das Relais zieht an, seine Kontakte wechseln (im Schaltplan sichtbar), der Strom fließt durch die Selbsthaltung und das Relais bleibt angezogen, bis man z. B. den Stop-Taster klickt. FluidSIM reagiert auf solche Eingriffe **sofort** und berechnet den veränderten Zustand des Systems nahtlos weiter ⁴¹. Auch während der

Simulation kann man Bauteilwerte ändern (z. B. einen Schieberegler drehen oder den Wert eines Potentiometers verstellen), um Einfluss auf den Schaltungsverlauf zu nehmen.

- **Physikalisch genaue Modelle:** Jeder elektrischen Komponente in FluidSIM liegt ein einfaches physikalisches Modell zugrunde. **Ströme, Spannungen, Leistungen und Zustände werden realistisch nachgebildet.** So fließt z. B. durch eine Relaisspule entsprechend Ohmschem Gesetz ein Strom $I = U/R$ (ggf. begrenzt durch Induktivität bei AC), es entstehen Spannungsabfälle an Widerständen, Kondensatoren laden sich mit einer e-Funktion auf etc. Die Simulation ist *dynamisch*: Zeitabhängige Vorgänge laufen in Echtzeit (oder beschleunigt, je nach Rechenleistung). Insbesondere werden **Verzögerungen und Grenzwerte** berücksichtigt – ein Relais zieht eben erst an, wenn seine Spulenspannung über dem Mindestwert liegt und die Verzugszeit abgelaufen ist ¹⁵ ¹⁶. Wenn die Spannung zu niedrig ist, bleibt es ab und die Kontakte ändern sich nicht. Dies schult den Anwender, tatsächliche elektrische Verhältnisse zu verstehen (z. B. Spannungsfall, zu geringer Steuerstrom etc.). FluidSIM nutzt physikalische Bauteilbeschreibungen, um ein **realitätsnahe, dynamisches Verhalten** zu simulieren ³ – im Gegensatz zu vereinfachten Logiksimulationen, die nur Zustandsfolgen kennen. Dennoch ist die Simulation robust und schnell: Der Kern wurde auf Performance optimiert, sodass selbst hohe Signalfrequenzen (~100 kHz) verarbeitet werden können, **ohne die Genauigkeit zu verlieren** ³⁹. Somit können nicht nur langsame Relaissteuerungen, sondern auch schnell schaltende elektronische Schaltungen korrekt nachgebildet werden.
- **Visualisierung des Schaltungszustands:** FluidSIM hilft dem Verständnis, indem es den aktuellen Zustand im Schaltplan sichtbar macht. Fließt durch ein Bauteil Strom, wird z. B. die *Leiterleitung farblich hervorgehoben* oder ein kleiner Flusspfeil angezeigt (je nach Einstellung). Auch Druckluft- oder Hydraulikleitungen ändern die Liniengröße oder Farbe entsprechend Druck/Füllung. Bei elektrischen Komponenten bewegen sich animierte Teile: Ein **Schalter klappt** von „offen“ auf „geschlossen“, ein **Relaiskontakt schwenkt** um, wenn die Spule anzieht, ein Ventil wechselt die Stellung usw. Diese Animationen laufen synchron mit der Berechnung. So erkennt der Nutzer sofort, welche Teile aktiviert sind. Zudem können **Messwerte direkt an Bauteilen** angezeigt werden – z. B. kann man einstellen, dass an einer Spule der momentane Strom als Text erscheint, oder an einem Motor die Drehzahl. Diese *Overlay-Anzeigen* erleichtern es, die Größen im Blick zu haben, ohne jedes Mal ein Messgerät anschließen zu müssen. (Die spezifische Ausgestaltung dieser Visualisierung kann der Nutzer in den Optionen anpassen – z. B. farbliche Hervorhebung ein/aus, welche Größen angezeigt werden etc.)
- **Fehlersimulation und Diagnosetools:** Ein besonderes Feature von FluidSIM ist die Möglichkeit, **typische Fehlerbilder** in die Schaltung einzubauen, um das **Fehlersuchen** zu üben ²¹. Für viele Komponenten gibt es vordefinierte *Fehlermodelle* ²¹: z. B. kann man eine Leitung als *unterbrochen* markieren, einen Relaiskontakt *klemmen* (mechanisch defekt), eine Spule *durchgebrannt* oder *Kurzschluss* simulieren, Ventile können *lecken* oder *festhängen* etc. Diese Fehler lassen sich vor der Simulation in einem speziellen Dialog zu einer **Fehlerkonfiguration** zusammenstellen ²¹. Startet man die Simulation mit aktiviertem Fehler, zeigt FluidSIM ein realitätsgetreues Bild des Defekts: z. B. „*Relay coil broken*“ – der Stromkreis der Spule ist offen, kein Strom fließt, das Relais zieht folglich nicht an ⁴². Oder ein „*shorted coil*“ würde einen Kurzschluss erzeugen ⁴³. Der Clou ist, dass der Lernende nun mit den **virtuellen Messmitteln** die Ursache finden kann – etwa Spannung über der Spule messen (0 V abfallend, obwohl anliegend sein sollte, deutet auf Unterbrechung hin) usw. Defekte Bauteile werden außerdem auf Wunsch *farblich markiert*, nachdem man sie entdeckt/repariert hat, um die richtigen Befunde zu bestätigen ²¹. Ein Ausbilder kann Fehler sogar mit Passwort setzen, sodass der Schüler nicht weiß, was sabotiert wurde ⁴⁴. Diese Diagnosetools schulen die Fehlersuche in Schaltungen, was für Praxis (z. B. Anlage läuft nicht – welcher Kontakt ist defekt?) sehr wertvoll ist ⁴⁵. Die Software

bietet somit eine sichere Umgebung, um Fehler provozieren zu können, ohne echte Geräte zu zerstören.

- **Messung und Auswertung:** Wie oben beschrieben, können zu jeder Zeit Spannungen, Ströme, etc. gemessen werden – entweder über eingebaute reale Messgeräte oder **ohne Einfluss via virtuelle Messfühler** ³⁵. Mehrere Messwerte können gleichzeitig verfolgt werden. Gerade das Oszilloskop erlaubt es, zeitliche Abläufe zu analysieren (z.B. Einschaltstromstoß eines Motors, Schwingungen, PWM-Signalformen). Zudem gibt es ein **Zustandsdiagramm** (Kurvendiagramm), das bestimmte Werte über der Zeit aufzeichnen kann ³⁸ – dies ergänzt oder ersetzt das Oszilloskop für langsamere Prozesse und erlaubt die grafische Darstellung von z.B. Druck- oder Geschwindigkeitsverläufen in Fluidik und Mechanik *parallel* zu elektrischen Größen.
- **Automatische Schaltungsprüfung:** Schon bevor man in die Simulation wechselt, prüft FluidSIM den gezeichneten Schaltplan auf einige **logische Fehler**. Beispielsweise, ob es irgendwo isolierte Anschlusspunkte gibt, oder ob versehentlich ein Kurzschluss zwischen Plus und Minus gezeichnet wurde. Werden solche Widersprüche erkannt, **warnet** das Programm den Nutzer und **hervorhebt die kritischen Stellen** im Plan ⁴⁶. So wird z.B. ein rot markierter Bereich oder ein Hinweis angezeigt, falls zwei unterschiedliche Potentiale direkt verbunden wurden. Diese Prüfung hilft besonders Einsteigern, Zeichnungsfehler zu vermeiden, die sonst zu Verwirrung in der Simulation führen würden. Dennoch kann man natürlich bewusste „Kurzschlüsse“ simulieren, etwa um das Ansprechen einer Sicherung zu testen – FluidSIM lässt dem Nutzer die Freiheit, muss dann aber mit sehr kleinen Zeitkonstanten rechnen (was es kann). Die Software erzwingt also keine Korrektur, sondern informiert, wodurch Lerneffekte entstehen (z.B. „*Warum fließt unendlich hoher Strom? – Ach, da ist ein Kurzschluss, der markiert ist.*“).
- **Mehrseitige Pläne und Querverweise:** Für umfangreichere Anlagen kann man mit FluidSIM auch Projekte erstellen, die aus mehreren Stromlaufplan-Seiten bestehen. Die Software unterstützt **Seitennummerierung und Querverweistechnik** ähnlich professioneller CAE-Programme. Beispielsweise kann ein Relais auf Seite 1 gezeichnet sein, die dazugehörigen Kontakte auf Seite 3 – FluidSIM kann an den Kontaktssymbolen automatisch Referenzen anzeigen („Spule K1 befindet sich auf Seite 1/A3“) und umgekehrt an der Spule anzeigen, wo ihre Kontakte liegen. Über den Befehl „Jump to target“ kann man sogar direkt zur anderen Seite springen ⁴⁷. Diese Funktionen sind zwar fortgeschritten, aber gerade in der Ausbildung zum Elektrotechniker wichtig, da reale Schaltpläne oft mehrere Seiten umfassen. FluidSIM ermöglicht es somit, von einfachen einseitigen Schaltungen bis zu komplexen Anlagenplänen das volle Spektrum zu üben.
- **Didaktische Begleitmaterialien:** Über die Simulation hinaus stellt FluidSIM integrierte Lernhilfen bereit. Es gibt einen interaktiven Tutorial-Lehrgang „*Simulieren mit FluidSIM*“, der Schritt für Schritt die Grundlagen erklärt ⁴⁸. Darüber hinaus sind **fertige Übungsbeispiele, Präsentationen und Videos** zu vielen Themen enthalten, die es Ausbildern und Lernern erleichtern, tiefer in die Materie einzusteigen ⁴⁸. Man kann beispielsweise eine vorgefertigte Simulation eines Hydraulik- oder Elektropneumatiksystems laden und daran Experimente durchführen. Für Lehrzwecke kann der Dozent auch Profile anlegen (Expertenmodus), um den Umfang der verfügbaren Komponenten zu beschränken – so bekommen Anfänger nur relevante Bauteile angezeigt und werden nicht von Komplexität überrollt ⁴⁹. Solche Profile kann man z.B. je nach Lehrjahr oder Thema zuschneiden. Insgesamt versteht sich FluidSIM also als Rundum-Paket für den Unterricht: **Zeichenwerkzeug, Simulations-Engine und multimediales Lehrbuch in einem.**

Fazit und Bedeutung für die Ausbildung

FluidSIM bietet eine **einzigartige Umgebung**, um elektrische Schaltungen sowie elektro-pneumatische Systeme gefahrlos zu entwickeln und zu testen. Für angehende Elektriker (insb. Energie- und Gebäudetechnik) bedeutet das: Sie können **Stromlaufpläne mit Relais-/Schützsteuerungen am PC erstellen und live ausprobieren**, ohne teure Aufbauten oder Verletzungsrisiken. Bauteilverhalten, das in der realen Werkstatt oft verborgen im Gehäuse abläuft (z.B. das Anziehen eines Relais oder der Anlaufstrom eines Motors), wird durch Visualisierung und Messung in FluidSIM transparent. Dabei entspricht die Darstellung dem in der Berufsschule Gelernten (genormte Symbole, z.B. Spule K1, Kontakt K1 etc.), sodass sich die Schüler direkt in der Software zurechtfinden.

Aus der tiefgehenden Recherche ergeben sich folgende Kernpunkte zu FluidSIM:

- Es stellt **Hunderte von Komponenten** aus Elektrotechnik und Elektronik bereit (von einfachen Widerständen über Schalter/Sensoren bis zu komplexen Relais, Steuerungen und Motoren) [7](#), die sich flexibel zu Stromlaufplänen kombinieren lassen.
- Die Software erlaubt **normgerechte Schaltplanerstellung** und simuliert das Schaltverhalten **physikalisch realitätsnah** in Echtzeit [3](#). Benutzer können Schaltungen **interaktiv beeinflussen**, was Experimentieren und Fehlersuche in sicherer Umgebung ermöglicht [12](#).
- **Typische Steuerungskomponenten** wie **Relais und Schütze** sind detailliert nachgebildet – inklusive Spulenkenndaten, Kontaktverhalten und sogar Sonderfunktionen (Zeitrelais, Blinkgeber) [15](#) [19](#). So lassen sich praktische Schaltungen (Motorsteuerungen, Selbstthaltekreise, Zeitsteuerungen etc.) originalgetreu nachbilden.
- Umfangreiche **Mess- und Diagnosewerkzeuge** (Voltmeter, Ampermeter, Oszilloskop, Fehlerimplementierung) sind integriert, um das Verständnis zu vertiefen und **Troubleshooting** zu schulen [35](#) [21](#).
- FluidSIM ist dadurch zu einem unverzichtbaren Werkzeug in vielen Berufsschulen und Ausbildungsstätten geworden. Lediglich die **Lizenziierung** (kommerzielles Produkt von Festo Didactic) begrenzt mitunter die Verfügbarkeit – was den Anstoß gibt, über frei zugängliche Alternativen nachzudenken (wie im beschriebenen Projekt des Anwenders). Aktuell gibt es sogar eine **Web-Version „FluidSIM 365“**, die über Browser nutzbar ist [50](#), was die Geräteabhängigkeit verringert – jedoch bleibt auch diese kostenpflichtig (zeitlich lizenzierte Zugänge) [51](#).

Abschließend lässt sich sagen: **FluidSIM simuliert das Verhalten elektrischer Bauteile und Schaltungen so anschaulich wie kaum ein anderes Tool**, was es ideal für Lernzwecke macht. Ein freies Nachbau-Projekt sollte sich daher an den genannten Kernfunktionen orientieren – insbesondere an der einfachen Schaltplanerstellung, dem reichhaltigen Komponentenangebot und der Echtzeit-Simulation mit Interaktions- und Messmöglichkeit. Die hier zusammengetragenen Detailinformationen zu FluidSIM können als *Feature-Liste* und *Benchmark* dienen, um die Entwicklungs-Roadmap einer eigenen Web-Anwendung zu gestalten. Mit Fokus auf die **elektrische Simulation** (Relais, Schütze, Stromlaufpläne etc.) liefert FluidSIM einen Maßstab dafür, was didaktisch und technisch möglich ist – von dem man sich für ein Open-Source-Projekt inspirieren lassen kann.

Quellen: Die obigen Ausführungen basieren auf der offiziellen Dokumentation und Produktinformationen zu FluidSIM (Festo Didactic), insbesondere auf der Online-Komponentenbibliothek und dem Benutzerhandbuch. Einige Schlüsselaussagen sind den folgenden Quellen entnommen:

- Festo Didactic Produktseite FluidSIM (Überblick, Vorteile, Lernziele) [1](#) [7](#)
- Art Systems FluidSIM 6 Produktinfo (Details zu Komponenten, Geschwindigkeit, Fehlerdiagnose) [12](#) [39](#) [21](#)

- FluidSIM Komponenten-Onlinehilfe (Beispiele: 24V Versorgung ⁸, Relais-Verhalten ¹⁵, Verzögertes Relais ¹⁹, AC-Spule Modell ²⁴)
- FluidSIM Benutzerhandbuch, Version 5/6 (DIN-gerechte Darstellung und physikalische Simulation ³, Fehlererkennung im Schaltplan ⁴⁶, etc.)

Diese umfassende Recherche soll sicherstellen, dass sämtliche relevanten **Bauteile und Verhaltensweisen** der Software FluidSIM bekannt sind, um sie für das eigene Projekt nutzbar zu machen. Viel Erfolg bei der weiteren Planung und Umsetzung!

1 2 7 45 49 50 51 **Simulation software FluidSIM | Festo USA**

https://www.festo.com/us/en/e/technical-education/digital-learning/virtual-simulation-and-modeling/fluidsim-id_1663056/

3 24 25 42 43 46 47 **wm.umg.edu.pl**

https://wm.umg.edu.pl/sites/default/files/zalaczniki/fluidsim5_en_0.pdf

4 5 6 12 21 22 34 35 36 37 38 39 40 41 44 48 **FluidSIM 6**

<https://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/>

8 **Electrical connection 24V**

https://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/comp-lib/html/p4_1_1_2.html

9 10 31 **Power supply**

https://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/comp-lib/html/p4_1_1_1.html

11 13 14 32 33 **FluidSIM 6 Component Library**

<https://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/components.html>

15 16 17 18 **Relay**

https://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/comp-lib/html/p4_1_1_10_1.html

19 **Relay with switch-on delay**

https://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/comp-lib/html/p4_1_1_10_3.html

20 23 26 27 **Relays**

https://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/comp-lib/html/p4_1_1_10.html

28 29 30 **Machines**

https://www.art-systems.de/www/site/en/fluidsim/comp-lib/html/p3_1_1_7.html