

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 1/17

Inhalt

1. Einführung.....	2
1.1. Funktionsweise.....	2
1.2. Ansteuerung.....	3
1.3. Funkenlöschmaßnahmen.....	3
1.4. Begriffe.....	4
2. Versuchsaufgaben.....	8
2.1. Versuchsvorbereitung (schriftlich).....	8
2.2. Kennzeichnende Eigenschaften eines mechanischen Relais.....	8
2.3. Untersuchungen im Steuerkreis eines mechanischen Relais.....	9
2.4. Untersuchungen zum Zeitverhalten eines mechanischen Relais.....	10
2.5. Untersuchungen zum Zeitverhalten eines elektronischen Relais (Halbleiterrelais).....	12
3. Ausarbeitung.....	13
4. Zusätzliche Informationen.....	14
4.1. Antrieb von Relais.....	14
4.2. Eigenschaften von Relais.....	14
4.3. Einfluss der Schaltbedingungen.....	15
4.4. Schaltungen mit Relais.....	17

Anmerkung: Punkt 4 enthält zusätzliche Informationen, die für die Versuchsdurchführung und die Auswertung **nicht** relevant sind.

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 2/17

1. Einführung

1.1. Funktionsweise

In seiner Grundausführung ist das Relais ein über seinen Eingang fernsteuerbarer, elektromagnetisch betätigter Schalter. Eine elektromagnetisch (durch Spule und Eisenkern) erzeugte Kraft betätigt unmittelbar oder über Zwischenglieder (Anker, Hebel) elektrische Kontakte. Es hat im allgemeinen zwei Schaltstellungen: eine Ausgangsstellung und eine Wirkstellung. Die Ausgangsstellung ist gegeben bei nicht erregter Spule: Schließkontakte (Schließer) sind geöffnet und Öffnungskontakte (Öffner) sind geschlossen. In der Wirkstellung bei erregter Spule sind vorhandene Schließer geschlossen und Öffner geöffnet. In Schaltplänen wird üblicherweise die Ausgangsstellung dargestellt.

Die Relaisfunktion wird bestimmt durch:

- Umwandlung des elektrischen Stromes (Spule) in einen magnetischen Fluss (es ist immer ein Magnetkreis vorhanden),
- Umwandlung des magnetischen Flusses in eine mechanische Kraft (am Anker),
- Übertragen der Ankerbewegung auf die Kontaktstücke,
- Leitung elektrischer Energie über die geschlossenen Kontakte.

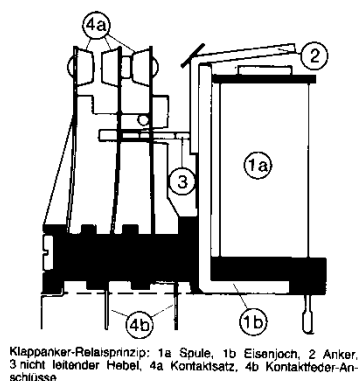


Abbildung 1: Klappankerrelais

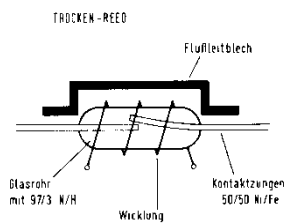


Abbildung 2: Reedrelais

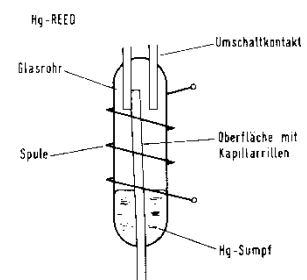


Abbildung 3: Hg-Reedrelais

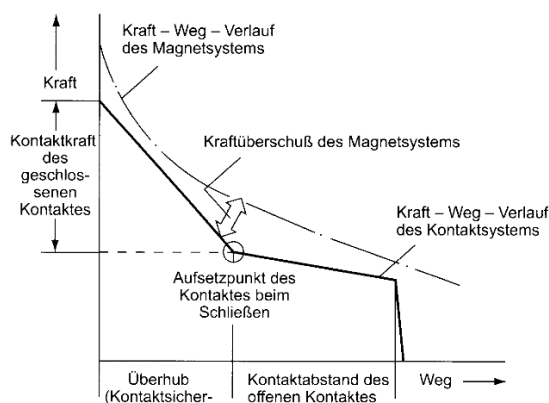


Abbildung 4: Schematischer Verlauf des magnetischen Flusses in gepolten Relais

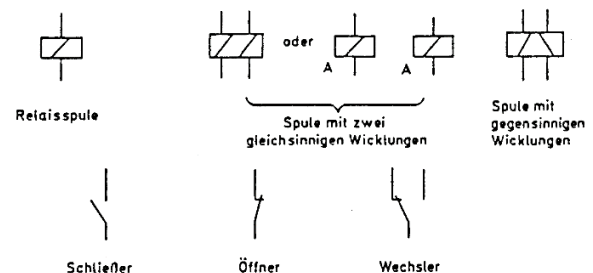


Abbildung 5: Auswahl von Schaltzeichen und Kontakten

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 3/17

1.2. Ansteuerung

Für die Steuerschaltung oder den steuernden Kontakt bei der Ansteuerung stellt das Relais selbst eine induktive Last dar. Der Stromanstieg erfolgt nach einer e-Funktion mit

$$i(t) = \frac{U_0}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad \text{wobei} \quad \tau = L / R$$

Wenn der Anker schließt, verkleinert sich der Luftspalt, damit steigt die Induktivität L . Der Stromanstieg setzt sich fort mit einer anderen e-Funktion mit einer größeren Zeit-konstante τ . Vom Anlegen der Steuerspannung bis zum Durchschalten des Relais gibt es eine kleine Verzögerung, weil der Stromanstieg in der Relaisspule nicht spontan erfolgt (siehe unten: "Ansprechzeit").

1.3. Funkenlöschmaßnahmen

Bei den Funkenlöschmaßnahmen unterscheidet man zwischen der Maßnahme über dem Schalter (im Steuerkreis) und denen über der Last (im Lastkreis).

Nachfolgend werden die Funkenlöschmaßnahmen im Steuerkreis dargestellt und erläutert.

Beim Öffnen des Stromkreises führt die Stromunterbrechung zu einer induzierten Gegenspannung, weil die im Eisenkreis gespeicherte Energie abgebaut wird. Handelt es sich um ein Gleichstromrelais, sind die in Abbildung 6 dargestellten Funkenlöschmaßnahmen denkbar. Insbesondere bei der Ansteuerung des Relais mit einer Halbleiterschaltung ist zur Unterdrückung von Schaltüberspannungen die Anwendung einer dieser Maßnahmen zwingend geboten.

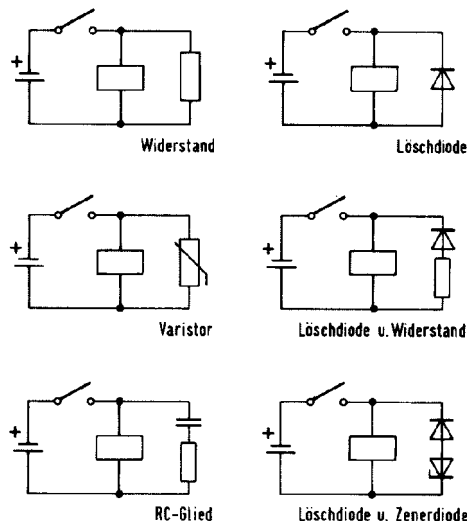


Abbildung 6: Funkenlöschglieder

Funkenlöschmaßnahmen am Wechselspannungsrelais beschränken sich auf die Verwendung eines Varistors oder eines RC-Glieds, weil diese sich polaritätsunabhängig verhalten.

Es ist zu bedenken, dass Funkenlöschmaßnahmen das zeitliche Verhalten der Relais beeinflussen können.

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 4/17

1.4. Begriffe

Abbrand

Materialverlust an den Kontaktstücken durch Schaltlichtbögen (Materialwanderung und Verdampfung von Kontaktmaterial).

Abfallspannung

Kennzeichnender Spannungswert, bei dem ein Arbeitskontakt elektrisch öffnet.

Abschaltstrom

Der Strom, der von einem sich öffnenden Relaiskontakt abgeschaltet wird.

AL-Wert

Jeder Spulenkern ist gekennzeichnet durch einen AL-Wert, aus dem sich die nötige Windungszahl N für eine bestimmte Induktivität L errechnen lässt. Dabei gilt

$$L = AL \cdot N^2$$

Besteht beispielsweise eine Spule aus einem Kern mit einem AL-Wert von 1.200 nH, und sie hat 10 Windungen, dann ist die Induktivität

$$L = 1.200 \text{ nH} \cdot 10^2 = 120.000 \text{ nH} = 120 \text{ } \mu\text{H}$$

Amperewindungen AW

Produkt aus Windungszahl und Strom (Effektivwert).

Ankerhub

Weg des Ankers zwischen Ausgangsstellung (Anker gefallen) und Wirkstellung (Anker angezogen), gemessen zwischen den Mittelpunkten der Polflächen.

Ansprechen

Vorgang, bei dem ein Relais von der Ausgangsstellung in die Wirkstellung übergeht.

Ansprechspannung

Kennzeichnender Spannungswert, bei dem eine Kraftwirkung auf den Anker einen Arbeitskontakt eben gerade schließen lässt (Kontaktkraft noch sehr klein).

Ansprechzeit

Zeit zwischen dem Anlegen der Erregerspannung und dem ersten Schließen eines Schließers oder dem ersten Öffnen eines Öffners bei unverzögertem Relais (d.h. es sind keine schaltungstechnischen Maßnahmen ergriffen, die eine Verzögerung bewirken).

Dauerstrom (eines Relaiskontaktes)

Max. Strom, den der Relaiskontakt unter festgelegten Bedingungen dauernd führen kann.

Durchzug

Wenn sich bei einem Relais mit einem Schließer der Anker bewegt, schließt sich zunächst der Kontakt. Der weitere Ankerweg wird Durchzug genannt und bewirkt, dass sich über die Kontaktfeder eine Kontaktkraft aufbaut und eine Abbrandreserve verfügbar ist.

Durchzugspannung

Kennzeichnender Spannungswert, bei dem der Anker bei bereits geschlossenem Arbeitskontakt auf den Kern aufschlägt (durch Hören feststellbar).

Einschaltdauer (relative Einschaltdauer) ED

Summe der Betriebszeiten geteilt durch eine Beobachtungszeit von 5 Minuten.

Einbaulage

Die Einbaulage von Relais ist in der Regel beliebig, wenn im Datenblatt keine einschränkenden Angaben gemacht sind (bei quecksilberbenetzten Reedkontakten meist nicht beliebig).

Elektrische Lebensdauer

Zulässige (auch: bis zu dessen Ausfall erreichbare) Schaltanzahl des Relais bei mit einer festgelegten Last beaufschlagten Relaiskontakten.

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 5/17

Enge-Widerstand

Anteil des Kontaktwiderstandes, der aufgrund der Einengung und Zusammenschnürung der Stromlinien auf die stromführungsfähigen Berührungsflächen (Stromengen) in einem Materialstück entsteht (Unterschied zwischen wirklicher und scheinbarer Berührfläche bedingt durch Kontaktform, Rauhtiefe, Kontaktkraft und Kontaktmaterial).

Freilaufdiode

Bei einer Reihe von schaltungstechnischen Anwendungen müssen Relais über Halbleiterschalter (Transistoren) angesteuert werden (z.B. Ausgänge bei SPS). Die ansteuernden Halbleiterschalter haben die angenehme Eigenschaft nicht zu prellen, sind aber gegen Überspannung höchst empfindlich. Da die zu schaltenden Relaispulen verlustbehaftete Induktivitäten darstellen, stellt sich jeweils beim Abschalten des Spulenstroms (Sperren des Steuertransistors) eine Spannungsspitze ein, die ein Zerstören des Steuertransistors herbeiführen kann. Das beschriebene Problem wird durch die Parallelschaltung einer Freilaufdiode zur Relaispule bewältigt.

Fremdschicht

Unerwünschte Substanz auf der Oberfläche eines Relaiskontaktes, die sich in ihren Eigenschaften von dem für das Kontaktstück gewählten Material unterscheidet (z.B. Oxidschicht, Sulfatschicht mit hohem Übergangswiderstand).

Funkenlöschung

Maßnahme zur Unterdrückung von Schaltlichtbögen. Geeignete Maßnahmen sind beispielsweise RC-Glieder, Dioden, spannungsabhängige Widerstände am Schalter oder über der Last. Es ist zu beachten, dass, je nach getroffener Maßnahme, das Zeitverhalten der Stromkreises mehr oder weniger stark beeinflusst wird.

Grobwanderung

Materialtransport von Kontaktmaterial im Schaltlichtbogen des Relaiskontaktes.

Halbleiterrelais

Elektronische Lastrelais schalten in der Regel Wechselstromlasten (typ. 2 ... 25 A). Potentialtrennung zwischen Steuer- und Lastkreis durch Optokoppler (Isolationsspannung typ. 4 kV).

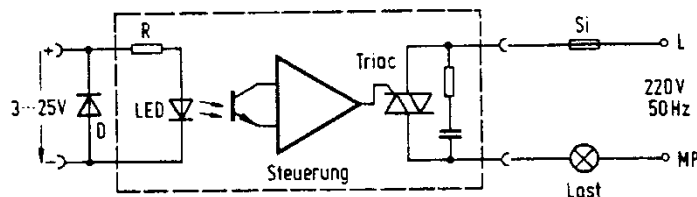


Abbildung 7: Halbleiterrelais (Solid state relays)

Halteerregung

Erregungswert, bei dem das Relais nicht rückt.

Kontaktmaterial

Je nach den gewünschten Eigenschaften des Relaiskontaktes - elektrische Belastung, Umwelteinflüsse, Kontaktwiderstand, Abbrandfestigkeit, Schalthäufigkeit, Lebensdauer usw. - werden sehr unterschiedliche Werkstoffe, insbesondere Edelmetall-Legierungen, verwendet.

Kontaktwiderstand

Der elektrische Widerstand zwischen zwei Kontaktstücken. Er setzt sich aus dem Engewiderstand, dem Eigenwiderstand (Leiter-Widerstand) und dem Fremdschicht-Widerstand zusammen.

Mechanische Lebensdauer

Zulässige (auch: bis zu dessen Ausfall erreichbare) Schaltzahl des Relais bei stromlosen Relaiskontakten.

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 6/17

Öffner (Ruhekontakt)

Relaiskontakt, der in der Ausgangsstellung des Relais geschlossen und in der Wirkstellung des Relais offen ist.

Prellen

Ein- oder mehrmaliges ungewolltes Öffnen oder Schließen der Relaiskontakte beim Betätigen des Relais (hervorgerufen durch die Masse der Kontaktstücke und die federnden Kontaktzungen). Prellen tritt bei allen mechanischen Schaltern auf und lässt sich konstruktiv kaum vermeiden.

Prellzeit

beim Vorgang des Schließens die Zeit vom ersten bis zum letzten Schließen eines Relaiskontaktes, bei Vorgang des Öffnens die Zeit vom ersten bis zum letzten Öffnen.

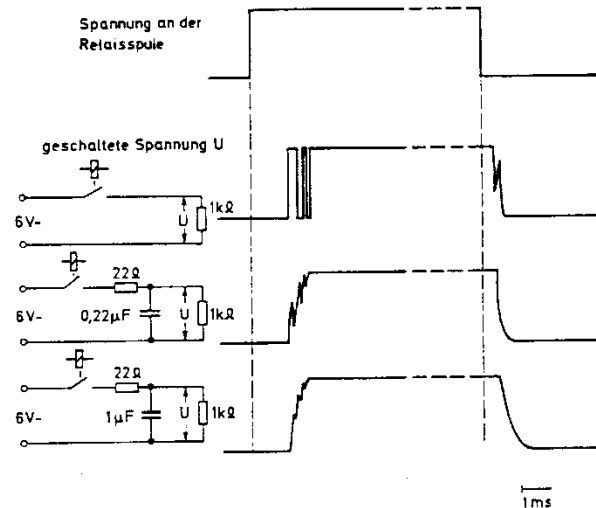


Abbildung 8: Verminderung der Auswirkung des Prellens im Lastkreis eines Relais

Quecksilberrelais

Relais, das anstelle oder zusätzlich zu den Federkontakten mit einer Quecksilberschalt-röhre versehen ist. Diese Relais eignen sich zum Schalten hoher Ströme, sind jedoch la-geabhängig und für Temperaturen unter $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ nicht geeignet. Es gibt kein Prellen.

Relaiszeiten (Zeitverhalten)

Als Folge der zeitabhängigen Stromflüsse und Magnetfelder sowie aufgrund der Trägheit der zu bewegenden Teile verlaufen die Vorgänge beim Betätigen eines Relais nicht schlagartig.

Rückfallzeit

ist die Zeit zwischen dem Aus-schalten der Erregerspannung oder dem Anlegen der Rückfal-lerregung und dem ersten Öffnen eines Schließers oder dem ers-ten Schließen eines Öffners.

Schließer (Arbeitskontakt)

Relaiskontakt, der in der Aus-gangsstellung des Relais offen und in der Wirkstellung des Re-lais geschlossen ist.

Schutzgas

Füllung von hermetisch dichten Relais und Reedkontakten zur Vermeidung einer Fremdschicht-bildung.

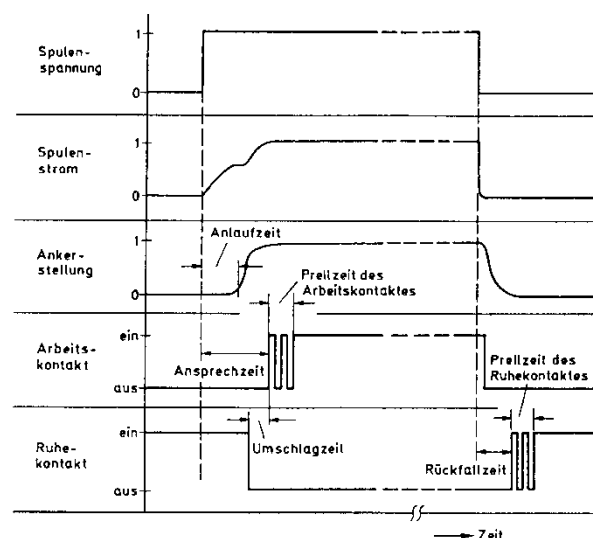


Abbildung 9: Zeitverhalten eines Relais

Schweißneigung

Unerwünschte Eigenschaft des Kontaktmaterials zu verschweißen; durch die Einwirkung von Schaltlichtbögen verursacht.

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 7/17

Steuerkreis - Lastkreis

Bei einem Relais ist zwischen dem Steuer- und dem Lastkreis zu unterscheiden. Für den Steuerschalter stellt das Relais eine induktive Last dar. Bei allen mechanischen Kontakten ist deren Prellen zu berücksichtigen, und es sind ggf. Maßnahmen zur Funkenlöschung vorzusehen. Man muss deshalb zwischen der Funkenlöschung im Steuerkreis und/oder im Lastkreis unterscheiden.

Trockenschaltung

Schalten von sehr kleinen Strömen und Spannungen ($< 80 \text{ mV}$ und $< 10 \text{ mA}$). Dabei können relativ hohe Kontaktwiderstände auftreten. Bei unterschiedlichen Kontaktmaterialien können sich außerdem unerwünschte Thermospannungen bemerkbar machen.

Wechsler

Dreifedriger Verbundkontakt, aus je einem Schließer und Öffner bestehend, bei dem beim Übergang von einer Schaltstellung in die andere zuerst der bisher geschlossene Relaiskontakt geöffnet und danach der andere Relaiskontakt geschlossen wird.

2. Versuchsaufgaben

2.1. Versuchsvorbereitung (schriftlich)

- Lesen und verstehen Sie Abschnitt 1. Können Sie die wichtigen Inhalte Ihren Mitstudierenden und dem Praktikumsbetreuer mündlich erläutern?
- Skizzieren Sie ein Klappankerrelais in einer Handskizze und beschriften Sie die Komponenten und benennen Sie die Funktion.
- Skizzieren Sie von Hand das elektrische Schaltbild eines Relais. Wo findet sich der Steuerkreis, die Steuerspannung, Lastkreis, Lastspannung? An welchem Bild aus Abschnitt 1 erkennt man, dass der Steuerstrom der Steuerspannung instantan („augenblicklich“) folgt?
- Lesen Sie Abschnitte - 2.5 Können Sie sich den Versuchsablauf vorstellen?

2.2. Kennzeichnende Eigenschaften eines mechanischen Relais

Die mit Nr. 1a und Nr. 1b gekennzeichneten KFZ-Relais (Fa. Bosch) sind identisch. Den inneren Aufbau des Relais Nr. 1a können Sie am Relais Nr. 1b erkennen (die Kontakte sind für Aufgabe 2.2.3 absichtlich hochgebogen!).

2.2.1. Messen Sie den Spulenwiderstand von beiden Relais und berechnen Sie den zu erwartenden Strom und die zu erwartende Leistungsaufnahme bei 12 V Gleichspannung.

2.2.2. Messen Sie die Ansprech-, Durchzug- und Abfallspannung (vgl. Punkt 1.4) des Relais Nr. 1a unter Verwendung einer veränderbaren Gleichspannungsquelle mit einem Digitalvoltmeter.

Kontrollieren Sie das Schließen und Öffnen des Arbeitskontaktes mit einem Widerstandsmessgerät.

2.2.3. Die nachfolgend durchzuführenden Messungen geben Aufschluss über die Spulenimpedanz im Reihenersatzschaltbild. Die ohmschen und induktiven Anteile sind abhängig vom Luftspalt bei geschlossenem und geöffnetem Anker. Beide Anteile bestimmen das Zeitverhalten des Relais beim Ein- und Ausschalten der Ansteuerspannung.

Messen Sie am Relais Nr. 1b (ohne Gehäuse)

die Impedanz $|Z|$,

den Phasenwinkel Θ (Winkel zwischen Strom und Spannung an der Relaisspule),

den ohmschen Widerstandsanteil R_L ,

den Blindwiderstand X_L ,

die Induktivität L und

die Güte Q

mit Hilfe des LCR-Meters bei:

Die zu messenden Werte der Spule wählen Sie im Bereich *Functions* aus. Über die Tasten *L* und *R* erscheinen am Display die entsprechenden Messwerte.
 R_S bedeutet Widerstand R_L gemessen im seriellen Ersatzschaltbild.
Wenn Sie am Touch-Display *Frequency* auswählen, können Sie die Frequenz (5 Hz oder 50 Hz) einstellen.

- a) offenem Relaisanker mit 5 Hz und 50 Hz
- b) geschlossenem Relaisanker mit 5 Hz und 50 Hz, indem Sie den Anker manuell andrücken.
- c) Zeichnen Sie die Zeigerdiagramme der komplexen Widerstände des Relais von dem Reihenersatzschaltbild mit offenem und geschlossenem Anker bei 5 Hz (Ausarbeitung!).

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 9/17

- d) Eine reale Spule ist keine Induktivität, sondern muss mindestens als Kombination (z.B. Reihenschaltung aus Widerstand R_{Cu}) und Induktivität L_{Haupt}) beschrieben werden. Die unten gezeigte Schaltung beschreibt die in Ihrer Messung zu beobachtenden elektrischen Eigenschaften des Relais-Steuerkreises. Welche Bedeutung haben L_{σ} , R_{Cu} , R_{Fe} ? Erläutern Sie, warum sich die ohmschen Anteile bei 5 Hz und 50 Hz unterscheiden und auch unterschiedlich zum Gleichstromwiderstand (aus Punkt 1) sind.

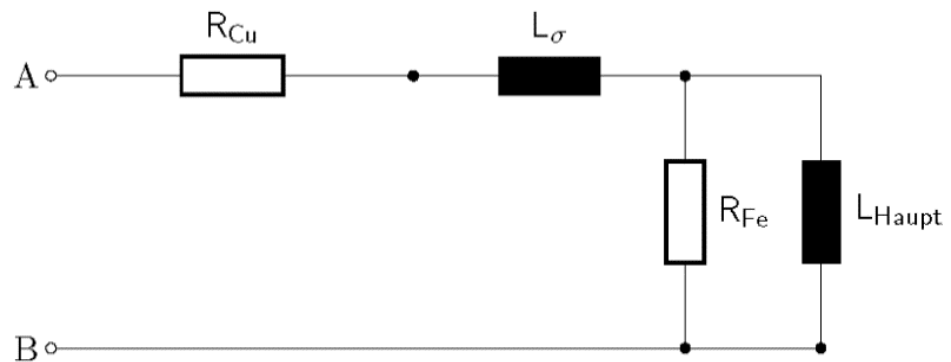


Abbildung 10: Ersatzschaltbild der Relais-Spule

Versuch 1: Relais

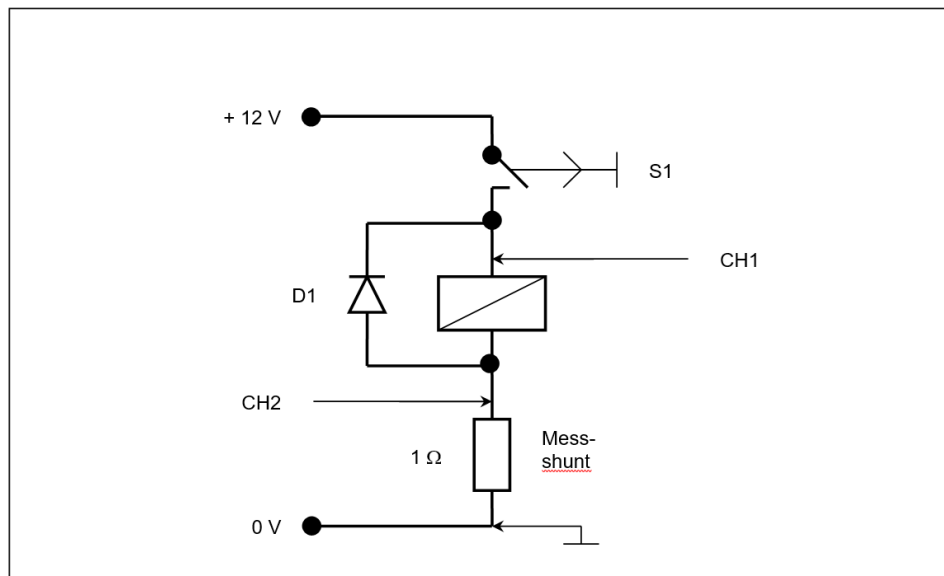
Stand: 11. August 2025

Blatt 10/17

2.3. Untersuchungen im Steuerkreis eines mechanischen Relais

2.3.1. Realisieren Sie die Mess-Schaltung (Schaltbild 1) mit dem Relais Nr. 1a, beachten Sie dabei den Teilungsfaktor der zu verwendenden Tastköpfe.

Der 1-Ohm-Mess-Shunt dient zur Darstellung des Spulenstromes.



Schaltbild 1

2.3.2. Oszillografieren Sie gleichzeitig Erregerspannung (CH1) und Erregerstrom (CH2) beim Anziehen und Abfallen des Relais. Beobachten Sie die Ein- und Ausschaltvorgänge, den Anstieg des Spulenstroms, das Schalterprellen und die Wirkung der Freilaufdiode D1¹ im Steuerkreis.

Protokollieren Sie den Bildschirminhalt durch Speichern auf einen USB-Stick oder/und mit Hilfe des Druckers.

Zu optimierende Erst-Einstellungen am Oszilloskop:
CH1 → 10 V/DIV DC, Tastkopf 100:1;
CH2 → 200 mV/DIV DC, Tastkopf 1:1;
Timebase → 5 ms/DIV;
Triggerung → CH1 up (bzw. down)
Triggerpegel → 2V

- a) Mechanischer Schalter S1 mit Freilaufdiode D1
Einschalten des Relais - Ausschalten des Relais
- b) Mechanischer Schalter S1 ohne Freilaufdiode D1
Einschalten des Relais - Ausschalten des Relais
- c) Quecksilberschalter² S1 mit Freilaufdiode D1 (bitte sorgsam behandeln!)
Einschalten des Relais - Ausschalten des Relais

2.3.3. Beschreiben und diskutieren Sie die Ergebnisse der vorangegangenen Messungen.

2.3.4. Erläutern Sie das Zustandekommen der Gegenspannung an der Spule beim Ausschalten ohne Freilaufdiode.

¹ Die Freilaufdiode soll die Überspannung im Relaiskreis unterdrücken (Funkenlöschung, Überspannungsbegrenzung). Sie ist unverzichtbar, wenn ein Relais durch elektronische Bauelemente angesteuert wird. In Wechselspannungskreisläufen sind zur Überspannungsbegrenzung Varistoren oder RC-Glieder üblich.

² Quecksilberschalter sind heute aus Umweltschutzgründen nur noch in Sonderfällen gebräuchlich.

Versuch 1: Relais

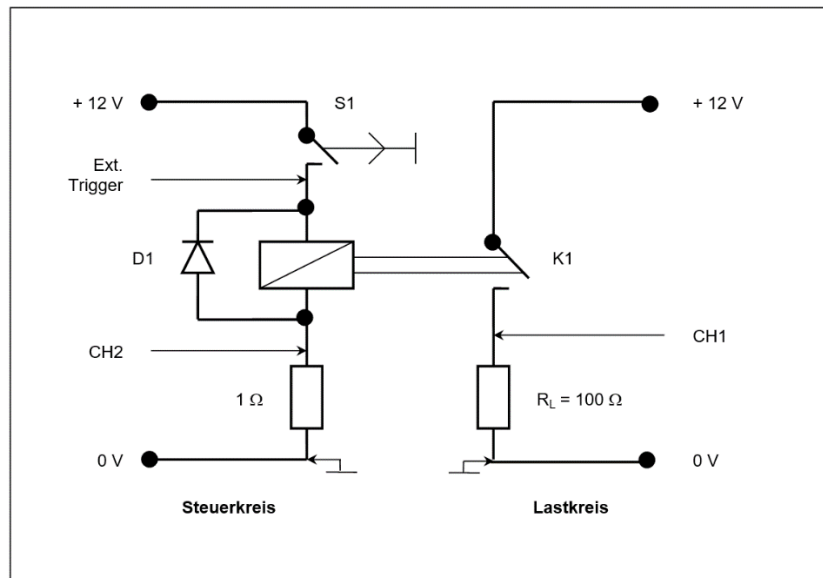
Stand: 11. August 2025

Blatt 11/17

2.4. Untersuchungen zum Zeitverhalten eines mechanischen Relais

2.4.1. Realisieren Sie die Messschaltung (Schaltbild 2) mit dem mechanischen Relais Nr. 1a, beachten Sie dabei den Teilungsfaktor der zu verwendenden Tastköpfe.

Verwenden Sie für Steuer- und Lastkreis getrennte Spannungsquellen.



Schaltbild 2

2.4.2. Oszillografieren Sie gleichzeitig die Spannung am Lastwiderstand R_L und den Spulenstrom beim Anziehen und Abfallen des Relais.

Protokollieren Sie den Bildschirminhalt durch Speichern auf einen USB-Stick oder/und mit Hilfe des Druckers.

Zu optimierende Erst-Einstellungen am Oszilloskop:
CH1 → 10 V/DIV DC, Tastkopf 100:1;
CH2 → 200 mV/DIV DC, Tastkopf 1:1;
Timebase → 5 ms/DIV;
Triggerung → Extern up (bzw. down)
Triggerpegel → 2V

2.4.3. Bestimmen Sie die Ansprech-, Rückfall- und Prellzeit des Arbeitskontakts im Lastkreis.

2.4.4. Eine Verkürzung der Ansprechzeit wird dadurch möglich, dass ein Vorwiderstand R_V in Reihe zur Relaispule geschaltet und die Steuerspannung gleichzeitig entsprechend erhöht wird. Zur Beobachtung dieses Effekts ist im einfachsten Fall ein Vorwiderstand zu wählen, der dem Spulenwiderstand entspricht. Wobei dann aber auch die Steuerspannung zu verdoppeln ist, damit im stationären Fall das Relais von dem gleichen Erregerstrom durchflossen wird wie bei Betrieb mit Nennspannung und ohne Vorwiderstand.

- Skizzieren und realisieren Sie zunächst die modifizierte Schaltung.
- Oszillografieren Sie gleichzeitig die Spannung am Lastwiderstand R_L und den Spulenstrom beim Anziehen und Abfallen des Relais. Protokollieren Sie den Bildschirminhalt durch Speichern auf einen USB-Stick oder/und mit Hilfe des Druckers.

2.4.5. Bestimmen Sie die Ansprechzeit bei der modifizierten Schaltung und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem aus Punkt 2.4.3.

2.4.6. Erläutern Sie Ihre Beobachtungen physikalisch und durch eine mathematische Beschreibung.

Versuch 1: Relais

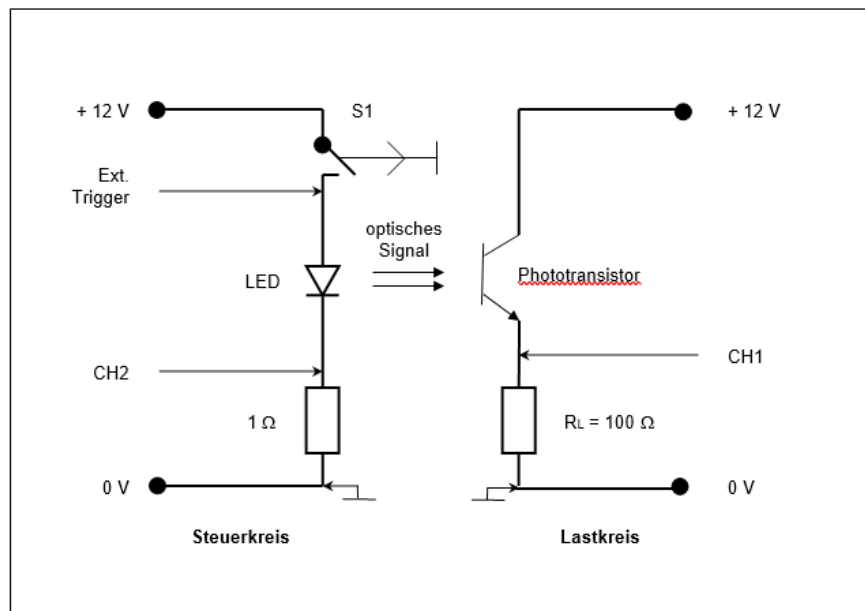
Stand: 11. August 2025

Blatt 12/17

2.5. Untersuchungen zum Zeitverhalten eines elektronischen Relais (Halbleiterrelais)

2.5.1. Tauschen Sie das mechanische Relais durch das elektronische Relais. Die Freilaufdiode D1 wird nicht mehr benötigt.

Das elektronische Relais enthält einen Optokoppler. In Schaltbild 3 sehen Sie das Ersatzschaltbild für den Optokoppler, als LED, optisches Signal und lichtempfindlicher Transistor (Phototransistor), dargestellt.



Schaltbild 3

→→ **Beachten Sie unbedingt die Polung im Steuer- und im Lastkreis.** ←←
 →→ **Beachten Sie unbedingt die Spannung im Steuerkreis (DC 12 V).** ←←

2.5.2. Oszillografieren Sie gleichzeitig die Spannung am Lastwiderstand R_L und den Spulenstrom beim Anziehen und Abfallen des Relais. Protokollieren Sie den Bildschirminhalt durch Speichern auf einen USB-Stick oder/und mit Hilfe des Druckers.

Zu optimierende Erst-Einstellungen am Oszilloskop:
 CH1 → 10 V/DIV DC, Tastkopf 100:1;
 CH2 → 10 mV/DIV DC, Tastkopf 1:1;
 Timebase → 5 ms/DIV;
 Triggerung → Extern up (bzw. down)
 Triggerpegel → 2V

2.5.3. Wieso wird in der Schaltung mit dem elektronischen Relais die Freilaufdiode D1 nicht benötigt?

2.5.4. Vergleichen Sie die hier gefundenen Ergebnisse mit den Ergebnissen aus Punkt 2.4.

2.5.5. Ermitteln Sie aus den Signalverläufen in Aufgabe 2.5.2 den Steuerstrom. Wie hoch ist dieser? Ermitteln Sie daraus die Ansteuerverlustleistung bei 12V Ansteuerspannung und vergleichen Sie den berechneten Wert mit der Ansteuerverlustleistung des elektromechanischen Relais in Aufgabe 2.2.1.

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 13/17

3. Ausarbeitung

- 3.1. Kommentieren Sie alle Messergebnisse.
- 3.2. Zeichnen Sie jeweils ein Zeigerdiagramm von dem Reihenersatzschaltbild des Relais mit offenem und geschlossenem Anker (siehe 2.2.3) und tragen sie die charakteristischen Messwerte ein.
- 3.3. Die Relaispule selbst stellt auch eine induktive Last dar. Worin unterscheiden sich die Stromverläufe bei einem Relais (siehe) und bei einer Induktivität qualitativ und warum?
- 3.4. Erläutern Sie, warum ein von einem Transistor angesteuertes Relais immer eine Freilaufdiode benötigt.
- 3.5. Warum ist ein Relais meist so konstruiert, dass die Kontaktstücke aufeinander reiben?
- 3.6. Beim Schalten von Glühlampen darf man bei der Dimensionierung der Kontakte nicht von der Glühlampennennleistung ausgehen. Warum nicht?
- 3.7. Wenn man z.B. in einer industriellen Heizeinrichtung eine genaue Temperaturregelung benötigt,, ist ein häufiges Ein- und Ausschalten des Heizstromes unumgänglich.
Erläutern Sie, warum sich mechanische Relais bzw. Schütze für diesen Anwendungsfall nicht gut eignen und man bevorzugt Halbleiterrelais verwendet.

4. Zusätzliche Informationen

4.1. Antrieb von Relais

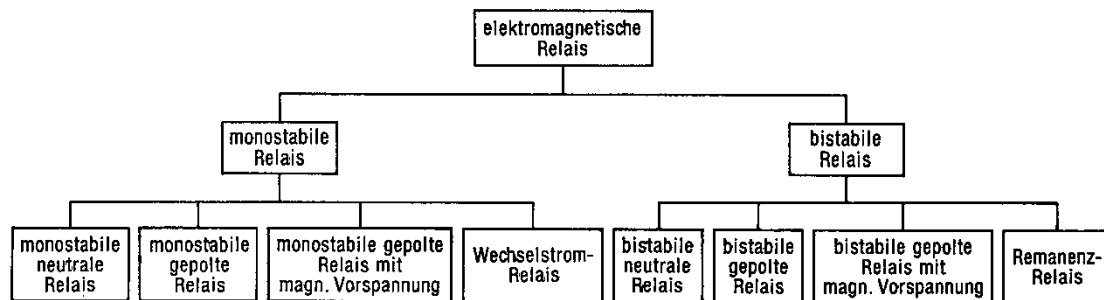


Abbildung 11: Gliederung von Schaltrelais nach ihrem Antrieb

Die Antriebe von Relais sind den jeweiligen Anwendungen angepasst. Da Relais im allgemeinen hohe Leistungsdifferenzen zwischen den Befehlen der Steuerungslogik, z.B. eines Mikrocomputers, und dem Lastkreis zu überbrücken haben, werden empfindlich reagierende elektromechanische Bauteile benötigt. Dieser Forderung entsprechen die unterschiedlichen Funktionsprinzipien elektromechanischer Schaltrelais.

4.2. Eigenschaften von Relais

Eine Reihe charakteristischer Schaltaufgaben lassen sich entweder nur mit Relais oder allenfalls - jedoch nur durch unverhältnismäßig hohen, oft wirtschaftlich nicht vertretbaren Aufwand - mit anderen Bauelementen erfüllen:

- Galvanisches Trennen des Verbrauchers vom Netz z.B. bei Büro- und Haushaltsgeräten. Das Öffnen der Kontakte (ein- oder mehrpolig) garantiert die sichere galvanische Trennung.
- Das Umschalten, z.B. von Messstellen oder von Verbrauchern, ist mit einem Wechslerkontakt problemlos durchführbar.
- Vervielfachung des Steuersignals bei gleichzeitiger Leistungsverstärkung in mehrere galvanisch voneinander getrennte Ausgangssignale bei Überwachungs- und Steueraufgaben.
- Logische Verknüpfung von Steuersignalen.
- Sichere Trennung der Bezugspotentiale bei Steuer- und Lastkreis.
- Überlastbarkeit sowohl auf der Spulen- als auch auf der Kontaktseite.

Das Einsatzgebiet der Relais liegt zwischen den Schaltanforderungen der „trockenen Schaltkreise“ im Bereich von μA und μV und Starklast-Schaltungen mit Einschalt-Spitzenströmen von etwa 100 A bei zulässigen Schaltspannungen von 400 V AC. Auch bei der durch Elektronik bedingten energiearmen Ansteuerung können Relais mit geringen Erregerströmen zuverlässig ihre Funktion erfüllen. Leiterplattenrelais lassen sich von integrierten Schaltungen problemlos ansteuern, da sie an die Kennwerte von Halbleiter-Bauelementen sowie an die vorgegebenen Schaltaufgaben optimal angepasst sind.

Dort, wo die Nachteile der elektronischen Lösung liegen, bietet das Schaltrelais eine Reihe bedeutender Vorteile: minimaler Spannungsabfall im geschalteten Zustand und deshalb geringe Wärmeabfuhr (deshalb kein Kühlkörper wie bei Halbleitern), kein Leckstrom, sichere galvanische Trennung der Last, Überbelastbarkeit durch Schaltstrom und Umgebungstemperatur, Überspannungsfestigkeit. Relais haben eindeutige Schaltzustände (ein oder aus).

Wesentliche Kriterien für die Auswahl von Relais sind:

- Erreger- (Betätigungs-)spannung (Größe und Art)

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 15/17

- Anzahl und Art der benötigten Kontakte
- Schaltleistung (bei ohmscher, induktiver, kapazitiver Last)
- Lebensdauer und Schalthäufigkeit
- Umgebungsbedingungen (Temperatur, Schock)
- Anschlussart, Schutzart (Gehäuse), Bauform.

Die vorgenannten Kriterien bestimmen wesentlich die im Relais verwendeten Kontaktwerkstoffe. Diese müssen dem jeweiligen Verwendungszweck angepasst sein, wenn eine dauerhafte zuverlässige Funktion erfolgen soll. Engewiderstand, Fremdschichten, mechanischer (Abrieb, Kleben, Kaltverschweißung) und elektrischer Verschleiß (Materialwanderung, Abbrand, Verschweißen) sind weitere beeinflussende Faktoren.

Weiterführende ausführliche Angaben finden Sie z.B. in E. Vinaricky: Elektrische Kontakte, Werkstoffe und Anwendungen, Springer-Verlag, ISBN 978-3-642-45427-1.

Kontaktmaterialien und ihre Eigenschaften

Kontaktwerkstoff	wichtige Kontakteigenschaften
Gold	niedriger, konstanter Kontaktwiderstand R_k , bei μV bis 24 V, μA bis 0,2 A max. 5 W, für trockene Kreise (etwa < 80 mV und < 10 mA), reines Gold neigt zum Kleben
Silber	hohe elektrische/thermische Leitfähigkeit, für 6 bis 220 V, 1 mA bis 5 A, max. 100 W, schwefelempfindlich, nicht für kleinste Spannungen, bei hohen Strömen Schweißneigung
Silber-Palladium	abbrandfester und härter als Silber, chemisch beständiger, höherer Kontaktwiderstand R_k , katalytische Reaktionen mit organischen Stoffen
Silber-Nickel	geringe Schweißneigung, thermisch belastbar, für Lampenlasten, nicht für trockene Kreise
Silber-Cadmium- Oxid	geringe Schweißneigung bei großen Schaltleistungen, wird eingesetzt in Netzstromkreisen, auch für Schütze
Wolfram	sehr hart, abbrandfest, 24 V bis 220 V, 0,5 bis 5 A, 20....200W, nicht für niedrige Lasten und feuchtes Klima

4.3. Einfluss der Schaltbedingungen

Die **Spannung** ist für die Einschaltsicherheit von Kontakten entscheidend. Je höher die Spannung ist, desto leichter werden Fremdschichten aller Art schon rein elektrisch durchschlagen. Die Spannungen, welche die Kontakte beim Ein- und Ausschalten beanspruchen, beeinflussen das Kontaktverhalten stärker als die Betriebsspannung.

Die Einschaltspannung ist von erheblicher Bedeutung für die Kontaktsicherheit. Je höher die **Einschaltspannung** ist, desto geringer wird die Gefahr von Einschaltversagern. Andererseits nimmt mit zunehmender Einschaltspannung die Gefahr des Verschweißens der Kontakte zu, wenn bei hoher Stromstärke die Einschaltspannung die Lichtbogengrenze überschreitet, da mit zunehmender Einschaltspannung der Einschaltlichtbogen früher zündet.

Die **Ausschaltspannung** beeinflusst neben der Einschaltspannung oberhalb der Lichtbogengrenze die Kontaktlebensdauer mit wachsender Größe durch steigenden Abbrand und Materialwanderung. Bei Unterschreitung der Lichtbogengrenzspannung ist grobwanderungsfreies Schalten und bei noch tieferen Werten funkenfreies Schalten ohne nennenswerten elektrischen Verschleiß möglich.

Die Größe des **Einschaltstromes** zusammen mit der dazugehörigen Spannung beeinflusst in erster Linie die Schweißneigung von Kontakten. Es gibt Geräte, deren Einschaltstrom 5-20 Mal größer ist als der Dauerstrom und deren Kontakte hinsichtlich des Schweißens und Abbrandes

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 16/17

vor allem beim Einschalten beansprucht werden. Dies ist z. B. bei Motorschaltern oder auch bei Glühlampen der Fall. Bei solchen Kontakten ist stets das Schweißverhalten beim Einschalten entscheidend.

Der Dauer- oder **Betriebsstrom** bestimmt die Dauererwärmung geschlossener stromführender Kontakte. Seine Größe ergibt sich aus dem Quotienten des Spannungsabfalls an einer Kontaktstelle und dem Kontaktwiderstand nach dem Ohmschen Gesetz. Durch entsprechende Abstimmung beider Größen lässt sich daher die Dauererwärmung beeinflussen.

Der werkstoffabhängige Kontaktwiderstand kann vor allem durch die Wahl **der Kontaktkraft**, aber auch der **Kontaktgröße** und **Kontaktform** in weiten Grenzen verändert werden, so dass weder die Kontakte noch die umgebende Isolation, Stromleiter und andere Geräteteile gefährdet werden. Je stärker die Kontaktflächen aufeinander gepresst werden, umso mehr stromleitende Berührungspunkte entstehen und umso kleiner wird der Kontaktwiderstand (Unterscheidung: Scheinbare Kontaktfläche → wirkliche Kontaktfläche).

Der **Ausschaltstrom** bestimmt zusammen mit der Ausschaltspannung die Grenze der lichtbogenfreien Ausschaltung und ist damit von wesentlichem Einfluss auf den für die Lebensdauer der Kontakte wichtigen elektrischen Verschleiß durch Abbrand. Während der Ausschaltstrom bei Schaltung kleiner Gleichströme oftmals zu einer störenden Materialwanderung führt, die sich durch Wahl geeigneter Kontaktwerkstoffe wirksam bekämpfen lässt, ist bei Gleichstrom größerer Stromstärke sowie bei Wechselstrom allgemein die Materialwanderung gegenüber dem Abbrand klein.

Die Stromart (Gleichstrom oder Wechselstrom) beeinflusst Werkstoffwahl und Dimension von Kontakten wegen des unterschiedlichen Löschverhaltens der auftretenden Schaltlichtbögen. Zur Schaltung von Gleichstrom werden hierbei Kontakte mit erheblich größerer Abbrandreserve als zur Schaltung von Wechselstrom gleicher Größenordnung benötigt. Auch muss bei Gleichstrom die Materialwanderung berücksichtigt werden, bei Wechselstrom nur in Ausnahmefällen.

Die Art der Stromkreisbelastung ist ebenfalls für die Kontaktlebensdauer von entscheidender Bedeutung. Stromkreise mit rein ohmscher Belastung lassen sich am leichtesten beherrschen. Solche mit induktiver Last wirken sich in der Regel beim Einschalten auf die Lebensdauer der Kontakte günstiger, beim Ausschalten aber ungünstiger aus, während für kapazitive Stromkreise das Umgekehrte gilt. In induktiven Stromkreisen wird die Schweißneigung beim Einschalten durch Vermeidung oder Verringerung des Einschaltlichtbogens herabgesetzt, aber die Materialwanderung und der Abbrand nehmen beim Ausschalten zu. In kapazitiven Kreisen führen die hohen Einschaltspitzen leichter zum Verschweißen der Kontakte, während beim Ausschalten Kapazitäten im Stromkreis lichtbogenlöschend wirken.

Eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für die wirksame Herabsetzung des elektrischen Verschleißes von Kontakten kommt bei Schwachstromgeräten den Funkenlöscheinrichtungen und entsprechend bei Starkstromgeräten den Verfahren der Lichtbogenlöschung (z.B.: Löschkammer) zu.

Versuch 1: Relais

Stand: 11. August 2025

Blatt 17/17

4.4. Schaltungen mit Relais

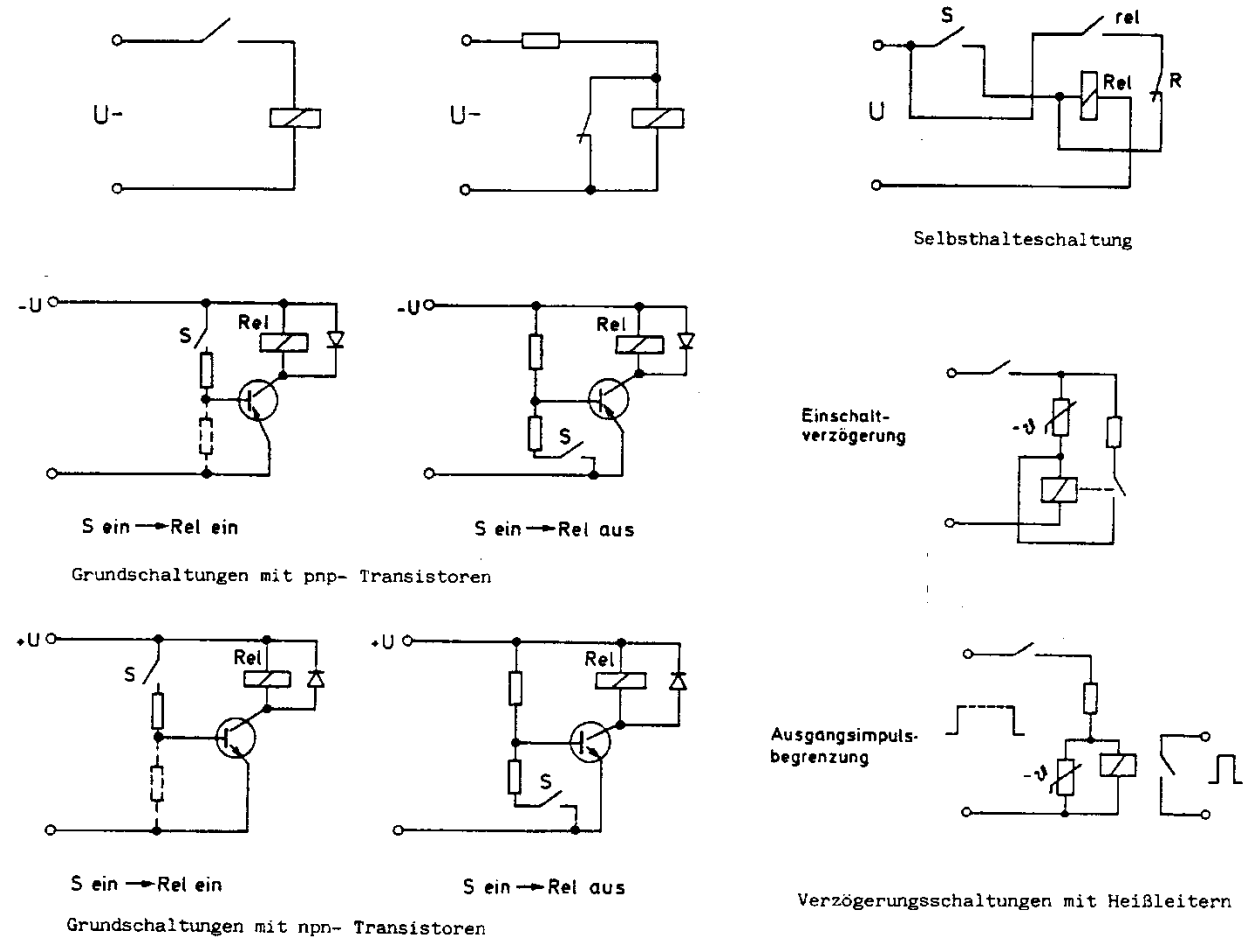


Abbildung 12: Beispiele von Relaischaltungen